

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS MÉTODOS CRACKING
Y TUBERÍA POLIMERIZADA IN SITU EN REHABILITACIONES
DE REDES DE ALCANTARILLADO-SECTOR 349-COMAS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. MONTES HORNA, Jose Hilario

ASESORES:

ING. Bullón Rosas, Juan José

ING. Mallaupoma Reyes, Christian

Línea de Investigación Institucional: Nuevas tecnologías y procesos

Huancayo - Perú

2023

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera
Presidente

Mg. Javier Reynoso Oscanoa
Jurado

Mg. Lidia Leonor Almonacid Ordoñez
Jurado

Mg. Gerson Dennis Parejas Sinchitullo
Jurado

Ing. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario

DEDICATORIA

A Dios por todo lo que me ha dado hasta ahora, a mis padres quienes me aconsejaron e impulsaron a terminar esta carrera profesional, a mis hermanos por su apoyo incondicional, a mi esposa que es mi fortaleza y parte fundamental en mi vida, a mi hija Joselin quien es el motivo para seguir esforzándome día a día.

Bach. Jose Hilario Montes Horna

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi casa de estudios por darme las herramientas necesarias para poder desarrollarme profesionalmente, a los docentes por sus enseñanzas y compartir sus experiencias y a mis asesores que me ayudaron a culminar esta investigación.

Bach. Jose Hilario Montes Horna

CONSTANCIA TURNITIN



NUEVOS TIEMPOS
NUEVOS DESAFÍOS
NUEVOS COMPROMISOS

CONSTANCIA 086

DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, hace constar por la presente, que el informe final de tesis titulado:

“ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS MÉTODOS CRACKING Y TUBERÍA POLIMERIZADA IN SITU EN REHABILITACIONES DE REDES DE ALCANTARILLADO-SECTOR 349-COMAS”

Cuyo autor (a) : Jose Hilario, Montes Horna.

Facultad : Ingeniería

Escuela Profesional : Ingeniería Civil

Que, fue presentado con fecha 09.02.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 10.02.2023; con la siguiente configuración de software de prevención de plagio Turnitin:

- Excluye bibliografía.
- Excluye citas.
- Excluye cadenas menores de a 20 palabras.
- Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **29%**. En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el **30%**. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud. Observaciones: modalidad de Suficiencia Profesional.

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presenta constancia.

Huancayo 13 de febrero del 2023



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

INDICE GENERAL

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
CONSTANCIA TURNITIN	v
INDICE GENERAL	vi
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
INTRODUCCION.....	xviii
CAPITULO I.....	21
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	21
1.2 Delimitación del Problema	23
1.2.1 Espacial.....	23
1.2.2 Temporal.....	24
1.2.3 Económica	25
1.3 Formulación y del problema	25
1.3.1 Problema General	25
1.3.2 Problemas Específicos	25
1.4 Justificación	26
1.4.1 Social o práctica.....	26
1.4.2 Científica o teórica.....	26
1.4.3 Metodológica	26
1.5 Limitaciones.....	26
1.6 Objetivos.....	27

1.6.1	Objetivo General.....	27
1.6.2	Objetivos Específicos	27
CAPITULO II.....		28
2	MARCO TEORICO	28
2.1	Antecedentes (nacionales e internacionales)	28
2.1.1	Antecedentes Nacionales	28
2.1.2	Antecedentes Internacionales	30
2.2	Bases Teóricas o Científicas	33
2.2.1	Parámetros hidráulicos de redes de alcantarillado.....	33
2.2.2	Tubería de Alcantarillado	36
2.2.3	Método de rehabilitación cracking	40
2.2.4	Método de tubería polimerizada in situ	43
2.2.5	Elaboración de matriz de aspectos económicos, sociales y ambientales.....	45
2.3	Marco Conceptual.....	45
a)	Redes de alcantarillado.....	45
CAPITULO III		47
3	HIPOTESIS	47
3.1	Hipótesis General.....	47
3.2	Hipótesis Especificas	47
3.3	Variables	47
3.3.1	Definición conceptual de la variable	47
3.3.2	Definición operacional de la variable	48
3.3.3	Operacionalización de variables	49
CAPITULO IV		50
4	METODOLOGIA	50
4.1	Método de investigación	50
4.2	Tipo de investigación.....	50
4.3	Nivel de investigación	51
4.4	Diseño de la investigación	51

4.5	Población y muestra.....	51
4.5.1	Población	51
4.5.2	Muestra	51
4.6	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	52
4.6.1	Técnicas y análisis de datos.....	52
CAPITULO V		54
5	RESULTADOS	54
5.1	Descripción del diseño.....	54
5.1.1	Propiedades hidráulicas entre los métodos sin zanja.....	55
5.1.2	Aspectos economicos, sociales y ambientales entre los metodos sin zanja. .	63
5.1.3	Proceso constructivo cracking y tubería polimerizada in situ	90
5.2	Descripción de Resultados.....	105
5.2.1	Analizando de las propiedades hidráulicas entre los métodos sin zanja	105
5.2.2	Analizando los aspectos económico sociales y ambientales	110
5.2.3	Analizando el proceso constructivo entre los métodos sin zanja	118
CAPITULO VI.....		120
6	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	120
6.1	Propiedades hidráulicas entre los métodos sin zanja	120
6.2	Impactos en los aspectos económicos y socioambientales	121
6.3	Procesos constructivos entre los métodos sin zanja.....	122
CONCLUSIONES.....		123
RECOMENDACIONES		124
BIBLIOGRAFIA		125
ANEXOS		129
Anexo 01 - Matriz de Consistencia		130
Anexo 02 - Matriz de operacionalización de variables		131
Anexo 03 - Instrumento de Investigación.....		132
Anexo 04-Confiability del Instrumento		144

Anexo 05 – Clasificación de impactos 145

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Área de influencia del proyecto Lima Norte II	23
Tabla 2 Longitud de tuberías a rehabilitar por método constructivo-Sector 349	24
Tabla 3 Longitud de tuberías a rehabilitar según diámetro-Sector 349.....	24
Tabla 4 Dimensiones de Polietileno de Alta Densidad	38
Tabla 5 Coeficientes de rugosidad de Manning según el material	38
Tabla 6 Coeficientes de rugosidad de Manning considerados para el calculo	39
Tabla 7 Diámetro interno para mangas	40
Tabla 8 Operacionalización de la variable	49
Tabla 9 Rango de Alfa de Cronbach	53
Tabla 10 Estadísticos de Fiabilidad	53
Tabla 11 Síntesis de los resultados de la inspección con CCTV en Sector 349.....	54
Tabla 12 Cálculo de la relación tirante-diámetro	55
Tabla 13 Cálculo de Pendiente según parámetros hidráulicos	56
Tabla 14 Cálculo de Propiedades Hidráulicas	58
Tabla 15 Parámetros Hidráulicos usando la metodología Cracking	60
Tabla 16 Parámetros Hidráulicos usando la metodología Tubería Polimerizada in situ.....	61
Tabla 17 Especialistas que conocen los Métodos sin Zanja	63
Tabla 18 Nivel de Conocimiento de procesos constructivos.....	63
Tabla 19 Reducción de Intensidad de Ruido	64
Tabla 20 Uso de Maquinarias	65
Tabla 21 Disminución de movimiento de tierras usando métodos sin zanja	66
Tabla 22 Porcentaje que disminuye la contaminación ambiental.....	67
Tabla 23 Porcentaje que disminuye el impacto urbano	68

Tabla 24 Porcentaje que disminuye los costos según el método sin zanja.....	69
Tabla 25 Porcentaje que disminuye los tiempos de ejecución	70
Tabla 26 Nivel de incomodidad de los habitantes	71
Tabla 27 Horas que se limita el tráfico vehicular.....	72
Tabla 28 Horas que se limita el tráfico peatonal	73
Tabla 29 Nivel que afecta en las zonas comerciales	74
Tabla 30 Costo por metro lineal en rehabilitaciones	75
Tabla 31 Horas por metro lineal en ejecución de tramos de rehabilitación	76
Tabla 32 Grado de perjuicio económico de los negocios	77
Tabla 33 Magnitud de daño de paisajismo	78
Tabla 34 Nivel de decibeles que afecta a los pobladores	79
Tabla 35 Niveles de Humo y gases método cracking.....	80
Tabla 36 Niveles de Humo y gases método tubería polimerizada in situ.....	81
Tabla 37 Niveles de partículas de polvo al realizar actividades en el método cracking	82
Tabla 38 Niveles de partículas de polvo al realizar actividades en el método CIPP.....	83
Tabla 39 Niveles de vibraciones al usar maquinaria y equipo por el método cracking	84
Tabla 40 Niveles de vibraciones al usar maquinaria y equipo por el método CIPP.....	84
Tabla 41 Métodos Cracking usados para rehabilitación de alcantarillado	85
Tabla 42 Tipo de curado usando método CIPP	86
Tabla 43 Tipo de instalacion usado en CIPP.....	87
Tabla 44 Nivel de impacto negativo de metodo cracking	88
Tabla 45 Nivel de impacto del metodo CIPP	89
Tabla 46 Comparación de Velocidades	105
Tabla 47 Comparación de Tensión Tractiva.....	107

Tabla 48 Comparación de tirantes entre los métodos aplicados.....	109
Tabla 49 Posibles Impactos entre Tecnologías sin zanja	111
Tabla 50 Matriz de Identificación y Valoración de Impactos-Método Cracking.....	112
Tabla 51 Matriz de Identificación y Valoración de Impactos-Método CIPP	113
Tabla 52 Resumen de impactos con el método cracking.....	115
Tabla 53 Resumen de impactos con el método tubería polimerizada in situ	116
Tabla 54 Impactos Negativos con el método Cracking.....	117
Tabla 55 Impactos negativos con el método Tubería polimerizada in situ	117
Tabla 56 Resumen de procesamiento de casos.....	144
Tabla 57 Estadística de fiabilidad - Cronbach.....	144
Tabla 58 Rango de Alfa de Cronbach	144
Tabla 59 Impacto positivo y negativo	145
Tabla 60 Intensidad de Impacto.....	145
Tabla 61 Extensión del Impacto	145
Tabla 62 Momento del Impacto.....	146
Tabla 63 Persistencia del impacto	146
Tabla 64 Reversibilidad del impacto	147
Tabla 65 Efectos del Impacto	147
Tabla 66 Periodicidad del Impacto	147
Tabla 67 Acumulación del Impacto.....	148
Tabla 68 Sinergia del Impacto.....	148
Tabla 69 Recuperabilidad del impacto	148
Tabla 70 Clasificación de Impacto Positivo y Negativo	149

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Proyecto	23
Figura 2 Tubería parcialmente llena	34
Figura 3 Definición de parámetros para tensión tractiva de un colector circular.....	35
Figura 4 Dimensión de Tubería CSN	36
Figura 5 Tubería PVC-gris	37
Figura 6 Rehabilitación de tubería por el Método Cracking	40
Figura 7 Componentes del método Cracking	41
Figura 8 Esquema método cracking dinámico	42
Figura 9 Esquema método cracking estático	43
Figura 10 Esquema método tubería polimerizada in situ	44
Figura 11 Componentes del método tubería polimerizada in situ (CIPP).....	45
Figura 12 Nivel de Conocimiento de Procesos Constructivos	64
Figura 13 Reducción de Intensidad de Ruido.....	65
Figura 14 Representación de usos de maquinarias	66
Figura 15 Disminucion de movimiento de tierras usando métodos sin zanja	67
Figura 16 Porcentaje que disminuye la contaminación ambiental	68
Figura 17 Porcentaje que disminuye el impacto urbano.....	69
Figura 18 Porcentaje que disminuye los costos según el método sin zanja	70
Figura 19 Porcentaje que disminuye los tiempos de ejecución.....	71
Figura 20 Nivel de incomodidad de los habitantes	72
Figura 21 Horas que se limita el tráfico vehicular.....	73
Figura 22 Horas que se limita el tráfico peatonal.....	74
Figura 23 Nivel que afecta en las zonas comerciales	75

Figura 24 Costo por metro lineal en rehabilitaciones.....	76
Figura 25 Horas por metro lineal en ejecución de tramos de rehabilitación	77
Figura 26 Grado de perjuicio económico de los negocios.....	78
Figura 27 Magnitud de daño de paisajismo.....	79
Figura 28 Nivel de decibeles que afecta a los pobladores	80
Figura 29 Niveles de Humo y gases método cracking	81
Figura 30 Niveles de Humo y gases método tubería polimerizada in situ	81
Figura 31 Niveles de partículas de polvo al realizar actividades en el método cracking	82
Figura 32 Niveles de partículas de polvo al realizar actividades en el método CIPP	83
Figura 33 Niveles de vibraciones al usar maquinaria y equipo por el método cracking	84
Figura 34 Niveles de vibraciones al usar maquinaria y equipo por el método CIPP	85
Figura 35 Métodos Cracking usados para rehabilitación de alcantarillado.....	86
Figura 36 Tipo de curado usando método CIPP.....	87
Figura 37 Tipo de instalacion usado en CIPP.....	88
Figura 38 Nivel de impacto negativo de metodo cracking.....	89
Figura 39 Nivel de impacto del metodo CIPP.....	90
Figura 40 Señalización de interferencia	91
Figura 41 Levantamiento Topográfico	91
Figura 42 Corte de Ventanas	92
Figura 43 Corte de Ventana.....	93
Figura 44 Termofusión o Soldadura de Tuberías	93
Figura 45 Traslado de equipo Cracking	94
Figura 46 Colocación de equipo en ventanas del buzón	94
Figura 47 Empalmes de tubería HDPE.....	95

Figura 48 Empalmes de tubería HDPE.....	96
Figura 49 Relleno y compactación	96
Figura 50 Verificación de nivelación para reposición de pavimento	97
Figura 51 Proceso Constructivo Cracking.....	98
Figura 52 Limpieza de red preparando para la rehabilitación	99
Figura 53 Video Inspección CCTV	100
Figura 54 Instalación	101
Figura 55 Curado	103
Figura 56 Proceso constructivo de Tubería Polimerizada in Situ	104
Figura 57 Comparativa de Velocidades	107
Figura 58 Grafica de Impactos en Cracking	115
Figura 59 Grafica de Impactos en CIPP	116

RESUMEN

La presente investigación analizó los métodos sin zanja cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado. El objetivo principal de la presente tesis fue realizar un análisis comparativo entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ esto se resolverá mediante el cálculo de sus propiedades hidráulicas, identificación de los impactos en el aspecto socioambiental, económico y sus procesos constructivos. Para el desarrollo de la presente investigación, Se hará uso del método científico, el tipo de investigación es aplicada y el nivel de la investigación es descriptivo comparativo, correspondiendo al diseño no experimental ya que no se manipularán variables. Los resultados calculando las propiedades hidráulicas mejoraron en cuanto a la velocidad en método Cracking de un 52.17% y Tubería Polimerizada in Situ 50.00% En cuanto al tirante hubo una disminución de 7.70% en Cracking y 5.36% en Tubería Polimerizada in Situ, por otra parte los resultados conseguidos y verificando los procesos constructivos se puede determinar que el método sin zanja de Tubería Polimerizada in Situ genera un menor impacto socioambiental durante la rehabilitación, ya que presenta 7.86% de impactos moderados en comparación con un 17.27% que presenta el método Cracking.

En conclusión, entre las dos metodologías se puede determinar que la Tubería Polimerizada in Situ es más ventajosa en cuanto aspecto socioambiental y procesos constructivos sin embargo debería haber una mayor difusión e interés por las entidades ejecutoras de proyectos por estos métodos que son muy beneficiosos para la realidad del País.

Palabras claves: Método cracking, tubería polimerizada in situ, procesos constructivos, propiedades hidráulicas, aspectos socioeconómicos y ambientales.

ABSTRACT

The present research analyzes the trenchless cracking and in situ polymerized pipe methods in sewer network rehabilitation. The main objective of this thesis is to carry out a comparative analysis between the cracking and in situ polymerized pipe methods. This will be solved through the calculation of their hydraulic properties, identification of the impacts on the socio-environmental and economic aspects, and their construction processes. For the development of the present investigation, the scientific method will be used, the type of investigation is applied and the level of the investigation is descriptive comparative, corresponding to the non-experimental design since variables will not be manipulated. The results calculating the hydraulic properties improved as for the velocity in Cracking method of 52.17% and Polymerized Pipe in Situ 50.00%. As for the tension, there was a decrease of 7.70% in Cracking and 5. The results obtained and verifying the construction processes, it can be determined that the trenchless method of in situ polymerized pipe generates a lower socio-environmental impact during rehabilitation, since it has 7.86% of moderate impacts compared to 17.27% for the Cracking method.

In conclusion, between the two methodologies it can be determined that the in situ polymerized pipe is more advantageous in terms of socio-environmental aspect and constructive processes, however there should be a greater diffusion and interest by the project executing entities for these methods that are very beneficial for the reality of the country.

Key words: Trenchless method, cracking, in situ polymerized pipe, construction processes, hydraulic properties, economic, social and environmental aspects.

INTRODUCCION

Las metodologías sin zanja son los sistemas y procesos utilizados para ejecutar todos los trabajos que estén relacionados con los servicios subterráneos, como redes de gas, electricidad, fibra óptica, telecomunicaciones, sistemas alcantarillado y conducción de agua, así como subterráneos de infraestructuras como: carreteras, ferrocarriles, ríos, aeropuertos, etc.

Esta metodología se caracteriza porque aminora el tiempo de realización de los proyectos, las

molestias a los pobladores, y los costos económicos (hasta un 25%) respecto a los métodos tradicionales, Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja (2013).

Estos métodos sin zanja se encuentran normados en países como Estados Unidos, España y Colombia; sin embargo, en el Perú aún se usan los métodos convencionales o zanja abierta. Métodos que por momentos generan problemas a los pobladores y al ambiente. Todos estos problemas conllevan a elevados tiempos de ejecución, más inversiones y mayores problemas socioambiental. Luna & Gonzales (2018)

La presente investigación estudió los métodos sin zanja, en concreto, los métodos Cracking y Tubería Polimerizada in situ y analiza como estas afectan a la sociedad, economía y al medio ambiente durante los procesos constructivos como también el cálculo de propiedades hidráulicas para rehabilitaciones de redes del alcantarillado, si bien estas metodologías vienen siendo empleadas cada vez más en el Perú, aun no se encuentran consolidadas.

El método Cracking viene siendo utilizado en las obras de saneamiento a nivel nacional por lo que permite tener una mejor comprensión de ello, pero en cambio el método de Tubería Polimerizada in situ no se ha empleado en el Perú por lo que se recabará información de investigaciones de otros países para describir su procedimiento constructivo y saber su impacto positivo y negativo que tiene esta metodología. Además, se analizará que tan

beneficioso son ambas metodologías para las rehabilitaciones de redes de alcantarillado. En la presente tesis encontraremos lo siguientes capítulos.

CAPITULO I: en este capítulo se describió el planteamiento del problema; donde se sabe que el método Cracking posee más beneficios que el método tradicional, existe una metodología poco conocida y aun no ejecutada en el Perú, pero ya está siendo realizada en otros países como Estados Unidos, España y Colombia, este método se llama Tubería polimerizada in situ. Estos dos métodos serán objeto de investigación y comparación ya que ambos nos ofrecen una solución más eficiente que el método tradicional bajo ciertas condiciones en las que se encuentra el sistema de alcantarillado. Para ello se recabará información del sector 349-Comas según expediente de Lima Norte II, además se plantea el problema general y específicos, los objetivos generales y específicos, la justificación, por último, la delimitación.

CAPITULO II: Marco teórico; se desarrolló los estudios previos y la literatura necesaria para nuestra investigación es decir un compendio de artículos, libros o documentos que describen el estado pasado y actual del conocimiento sobre el problema de estudio en este caso mediante los antecedentes como el marco conceptual y bases teóricas como el RNE, Organización Panamericana de la salud, Asociación Ibérica de Tecnología sin zanja IBSTT, entre otros.

CAPITULO III: Hipótesis; se desarrolló la hipótesis General y específicas como también la identificación de las variables dependiente e independiente y su definición conceptual y operacional

CAPITULO IV: Metodología; se planteó la estructura medular de una investigación siendo en esta caso con el método científico, tipo de investigación básica, nivel de estudio descriptivo comparativo, diseño no experimental, población serán las redes secundarias de alcantarillado ubicada en el Lote 1 -Sector 349 del Proyecto Lima Norte II – Comas., espacio

muestral será 46 tramos del sector 349 – Comas técnicas Encuesta, instrumentos de recolección es el cuestionario la Validez por juicio de expertos la confiabilidad por el alfa de Cronbach y análisis de datos será mediante MS-Excel y SPSS 27

CAPITULO V: Resultados; estos se separan en tres subtítulos que son descripción del diseño donde se presentó la manera de resolver los objetivos de la investigación, descripción de resultados donde se interpretan comparativamente las propiedades hidráulicas, se establece valores de impacto para saber cuáles son las actividades que me dan resultados significativos y se presenta las ventajas y desventajas de entre estos dos métodos sin zanja y contrastación de hipótesis, en esta parte hallamos la prueba de normalidad para luego saber qué tipo de estadístico usar

CAPITULO VI: Discusión; en este capítulo se contrastó los resultados adquiridos con los antecedentes nacionales e internacionales como también con las bases teóricas en esta investigación el uso del RNE, Guia Metodologica de Conesa, entre otros para encontrar la diferencia o la similitud de las conclusiones para enriquecer el método científico.

Al finalizar, se describe las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

Bach. Jose Hilario Montes Horna

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Perú ocupa el octavo lugar en el ranking mundial de países con mayor cantidad de agua y posee cerca del 1,89% del agua dulce mundial, según informa la Autoridad Nacional de Agua (ANA). Sin embargo, cerca de 11 millones carecen de alcantarillado, soportando así una mala calidad de vida. En el caso de Lima la población es poco más de 9 millones de habitantes donde 1,5 millones de estos no cuenta con los servicios básicos de agua potable ni alcantarillado.

En los últimos años estos servicios de agua potable y desagüe se han mostrado en una etapa de crisis notoria, los distritos limeños en específico se han visto afectados por los desgastes, roturas y diversos desperfectos. Las causas de estos daños en las redes de tuberías pueden tener diversos motivos como las pendientes, la edad de la red y las prácticas de operación y mantenimiento. Los sistemas de redes más antiguas tienen más riesgos de deterioro ya sea por el desgaste del material en el tiempo o por la falta de un programa de mantenimiento. Así mismo, los materiales de construcción más susceptibles a la corrosión como las tuberías no reforzadas con concreto, aumentan el potencial de deterioro o de derrumbamiento de la red. (Sedapal, 2016)

Las tuberías que se ubican en áreas de poca inclinación sufren riesgos de inundaciones, otro factor de daño en la red se da por la acumulación de material en las tuberías que generalmente se trata de arena, otras obstrucciones son dadas por grasas, plásticos, piedras, raíces entre otros. Entre estos tipos de obstrucciones una resaltante, pues es la que frecuentemente acapara noticiarios limeños, son las roturas de tuberías cuyas causas puede ser el soporte inapropiado del tubo, fallas debido a cargas vivas como

sobrecargas impuestas por el tráfico, tractores pesados, camiones pesados o furgones que se estacionen sobre las tuberías. Los movimientos sísmicos, que implican la reconstrucción total del tramo fallado, y los daños causados por otras instituciones cuando se reparan calles o se colocan líneas de electricidad o líneas de telefónicas. (Sedapal, 2016)

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014), en gran parte los sistemas de agua potable en los distritos limeños superan los 60 años de antigüedad, por lo que se puede estimar que el mismo tiempo tienen las redes de alcantarillado ya que dicha red es construida al mismo tiempo con las redes de agua potable.

Debido a la antigüedad de las redes de alcantarillado en Lima Metropolitana que están en funcionamiento, Sedapal, ha tomado medidas para las rehabilitación de estos sistemas en los últimos años, es así que en el 2014 se aprueba el Proyecto Integral para Lima Norte – Etapa I,II, y III, este proyecto se ha implementado en muchos de sus tramos el método Cracking que es una de las metodologías sin zanja, en donde se reducen la ejecución de excavaciones que se realizan en el proceso constructivo y aminoran el impacto socioambiental que producen el método convencional.

Si bien es cierto que el método Cracking posee más beneficios que el método convencional, existe una metodología poco conocida y aun no ejecutada en el Perú, pero ya está realizada en otros países como Estados Unidos, España y Colombia, este método se llama Tubería polimerizada in situ, que permite una rápida rehabilitación de la tubería in situ mediante un revestimiento interno con una manga polimerizada. Estos dos métodos serán objeto de investigación y comparación ya que ambos nos ofrecen una solución más eficiente que el método tradicional bajo ciertas condiciones en las que se encuentra el sistema de alcantarillado. Cabe resaltar que en nuestro país no existe obras o proyectos donde se realicen rehabilitaciones con la tecnología Tubería polimerizada in situ.

Esta investigación permitirá conocer más sobre otras tecnologías sin zanja (Cracking Tubería polimerizada in situ) y tener más alternativas a las que podemos recurrir cuando se presente una situación donde se requiera la rehabilitación de una red de alcantarillado de manera más eficiente y de poco impacto negativo.

La evaluación comparativa tomará en cuenta las propiedades hidráulicas, el aspecto económico, social, ambiental y sus procesos constructivos que generan cada uno de estos métodos.

1.2 Delimitación del Problema

1.2.1 Espacial

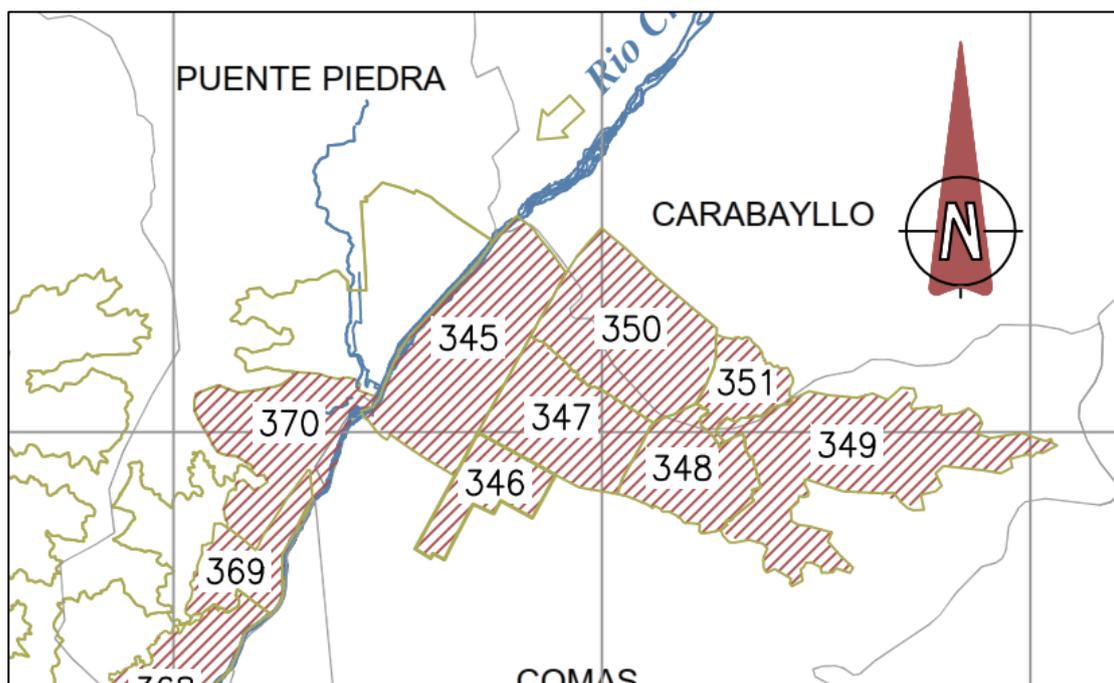
El estudio de análisis se desarrollará en el Distrito de Comas, Provincia y Departamento de Lima Lote 1-Sector 349, Proyecto Lima Norte II.

Tabla 1 Área de influencia del proyecto Lima Norte II

Distrito	Sectores incluidos en el área de influencia	Sectores no incluidos en el área de influencia
Comas	345, 346, 347, 348, 349	
Carabaylo	350, 351	
Los Olivos	83,84,85	
Puente Piedra	368A,369A, 370	361, 368B, 369B
San Martín de Porres	212, 213	251, 252, 253, 254, 255, 257
Callao	259	256,258
Ventanilla	259	260,261,262,263,264,265,266

Fuente: Proyecto Lima Norte II

Figura 1 Ubicación del Proyecto



Fuente: (Sedapal, 2015)

Tabla 2 Longitud de tuberías a rehabilitar por método constructivo-Sector 349

Sector	Total N.º actuaciones	Método con zanja		Método sin zanja		Longitud total a rehabilitar(m)
		N.º actuaciones	Longitud a rehabilitar (m)	N.º actuaciones	Longitud a rehabilitar (m)	
Paquete B-1						
349	78	26	3000.32	52	10,811.44	13,811.76

Fuente: (Sedapal, 2015)

Tabla 3 Longitud de tuberías a rehabilitar según diámetro-Sector 349

Sector	Longitud a colocar (m) según diámetros propuestos					Longitud Total (m)
	160mm	200 mm	250 mm	315 mm	355 mm	
Paquete B-1						
349	1,061.32	7,544.85	4,471.76	733.83	-	13,811.76

Fuente: (Sedapal, 2015)

La longitud total de tuberías a rehabilitar en el Sector 349 es de 13,811.76m. y de acuerdo con el método constructivo la proporción es como se indica a continuación:

Método con zanja: 3000.32 m. que representa el 21.72% del total del Sector 349

Método sin zanja: 10,811.44 m. que representa el 78.28% del total del Sector 349

La obra de rehabilitación de las tuberías de alcantarillado en el Sector 349, beneficiaran a las siguientes habilitaciones urbanas:

- Sector 349: Colligue III zona, Colligue IV zona, Colligue V zona, A.H. Milagro de Jesús y P.J. Nueva Esperanza

1.2.2 Temporal

La presente tesis se desarrolló entre los meses de Setiembre 2022 – Enero del 2023 Los trabajos desarrollados durante el tiempo mencionado son los siguientes:

Setiembre: Se desarrolló el problema de investigación (planteamiento del problema, formulación del problema, delimitación, limitación y objetivos) del proyecto de investigación.

Octubre: Se desarrolló el marco teórico donde se realizó la recopilación de los antecedentes nacionales e internacionales, base teórica, marco conceptual, el desarrollo de la hipótesis y el desarrollo operacional de las variables.

Noviembre: Se desarrolló la metodología que se empleó (método, tipo, nivel y diseño de investigación), junto a ello se desarrolló la población, muestra, técnicas de recolección de datos e instrumentos de procesamiento de datos.

Diciembre: Se desarrolló los resultados, discusión de resultados y la elaboración y presentación del informe final.

Enero: Realización de la sustentación del informe final.

1.2.3 Económica

El presupuesto abarco al empleo de materiales como: documentos, pasajes, viáticos y asesoramiento profesional.

1.3 Formulación y del problema

1.3.1 Problema General

¿Cuáles son los beneficios al realizar el análisis comparativo entre los métodos cracking vs tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado- Sector 349-Comas?

1.3.2 Problemas Específicos

1. ¿Como analizar las propiedades hidráulicas entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado- Sector 349-Comas?
2. ¿Como realizar una matriz de consistencia de los aspectos económicos sociales y ambientales entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado- Sector 349-Comas?
3. ¿Como describir los procesos constructivos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado- Sector 349-Comas?

1.4 Justificación

1.4.1 Social o práctica

Según Bernal (2010), La investigación tiene justificación práctica si su desarrollo ayuda a resolver un problema, o al menos sugiere estrategias que, cuando se aplican, ayudan a resolver un problema. La presente tesis justifica su importancia en brindar información relevante sobre el método de cracking y el método tubería polimerizada in situ, este análisis determinará los beneficios y dificultades que presentan cada una de ellas.

1.4.2 Científica o teórica

Según Bunge (1959) Nos explica que en la investigación científica se traza problemas y prueba las soluciones propuestas. En ocasiones, puede alcanzarse una verdad con sólo consultar un texto. Los científicos piden a menudo una explicación: lo hacen cuando emplean datos prácticos o formales, realizados por otras investigaciones

El análisis comparativo que llevará a cabo este trabajo de investigación proporcionará conocimientos y conceptos sobre los tipos de excavación, como el desarrollo de las tecnologías sin zanja. Estos aportes servirán para establecer las diferencias entre ambos métodos que tendrán como finalidad mostrar los beneficios de optar por uno de estos métodos sin zanja

1.4.3 Metodológica

Según Bernal (2010), una investigación se justifica metodológicamente cuando se propone o desarrolla un nuevo método o estrategia que permita obtener conocimiento válido o confiable.

La importancia metodológica de este trabajo de investigación se basa en proporcionar el procedimiento necesario para efectuar la labor de una excavación sin zanja en la rehabilitación de tuberías que permita actualizar y optimizar las formas de futuras labores semejantes que mejoren los indicadores de tiempo, costo y eficacia en esta área.

1.5 Limitaciones

El conocimiento y ejecución de las metodologías sin zanja es muy escasa, eso se puede visualizar en nuestros expedientes técnicos a nivel nacional donde se sigue realizando el método convencional como primera alternativa, a su vez no existen estándares establecidos en el Perú para la aplicación de los métodos sin zanja y los parámetros para su

ejecución por lo que se emplea normas e investigaciones internacionales, sin embargo, estas no están adaptadas a la realidad del Perú

En la actualidad estas metodologías en el Perú no tienen mucha información en cuanto a su procedimiento de ejecución, a su vez son pocas las empresas que se encuentran capacitadas para brindar un servicio óptimo para las rehabilitaciones de redes de alcantarillado

Por otro lado, al no estar acreditados en la Asociación Internacional de Tecnologías Sin Zanja – ISTT dificulta tener una información verídica o las últimas investigaciones que se realizan sobre estas tecnologías, esto dificulta en la información que no sea la más completa.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Establecer los beneficios al realizar el análisis comparativo entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - Sector 349 – Comas

1.6.2 Objetivos Específicos

1. Analizar las propiedades hidráulicas entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - Sector 349 – Comas.
2. Elaborar una matriz de consistencia de los aspectos económicos sociales y ambientales entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - Sector 349 – Comas.
3. Describir los procesos constructivos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - Sector 349 – Comas.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes (nacionales e internacionales)

Los antecedentes de investigación tomados en cuenta se basan en cuatro tesis, donde dos de ellas son peruanas, una colombiana y la última ecuatoriana. Cabe mencionar que Colombia es uno de los dos países que integran la IBSTT “(Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja)”.

2.1.1 Antecedentes Nacionales

Perez (2020), para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo, Lima-Perú desarrollo la tesis titulada “Análisis Comparativo del Método Tradicional y Cracking para el cambio de tuberías de agua y desagüe”. Tiene como objetivo establecer las ventajas entre el método convencional y cracking para el cambio de tuberías de agua y desagüe, Los resultados indican un el metodo cracking tiene una reduccion economica hasta un 40% en comparacion con el metodo convencional de igual manera con el impacto ambiental reduce un 80% las excavaciones en zanja abierta. Se concluye que el metodo cracking disminuye los efectos negativos en el ambito ambiental, no interrumpen las actividades comerciales y economicas

Huanaco (2020), para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte, Lima-Perú, desarrollo el trabajo de suficiencia profesional titulada “Análisis comparativo del método tradicional y Pipe Bursting para la rehabilitación de tuberías de alcantarillado en el sector 350 del distrito de Comas y Carabayllo”. Tiene como objetivo determinar la diferencia que existe entre el método convencional y el método de fragmentación para la rehabilitación del alcantarillado con respecto al costo, tiempo y producción, y también a los

parámetros ambientales. Tiene un nivel de investigación descriptivo, haciendo uso de la información del expediente técnico del proyecto y datos tomados en campo. Los resultados muestran que el método más apropiado es el pipe bursting o fragmentación. Concluye el autor que los casos de tuberías entre 200mm, a 355mm de diámetro, se halló un ahorro en costos de hasta 39% y 18%, respectivamente, como también el indicador de parámetros, relacionado al impacto ambiental, para la rehabilitación del alcantarillado, muestra un ahorro del 85% cuando se ejecuta el método pipe bursting comparando con el método convencional.

Pulido&Angulo (2020), para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Ricardo Palma, en la tesis titulada “Análisis comparativo de los métodos constructivos sin zanja en rehabilitaciones de redes de alcantarillado, Santiago de Surco, tiene como objetivo comparar la tecnología Pipe Bursting y Cured In Place Pipe, De acuerdo al análisis de resultados indica que la tecnología Cured In Place Pipe genera un menor impacto ambiental con un 5% que son impactos moderadamente significativos en comparación con la tecnología Pipe Bursting que es de 26%, en cuanto a las propiedades hidráulicas hay una mejora de velocidad entre 35% y 55% y su tirante disminuye entre 20% a 30%, Concluye que el método Cured in place pipe al describir los procesos constructivos y analizar las propiedades hidráulicas determina que es la mejor opción entre estas dos tecnologías”

Pérez & Ramos (2017), para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana los Andes, Huancayo-Perú, desarrollo la tesis titulada “Métodos constructivos tradicional V.S Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015”. Como objetivo tiene de establecer las ventajas de los métodos constructivos tradicionales vs Pipe Bursting para determinar su influencia en las obras de agua potable y alcantarillado en el Distrito de Moquegua

La tesis analiza cada actividad: trazo y replanteo, rotura de pavimento, excavación de zanja y/o ventanas (inicio – fin), tendido de tubería, relleno de zanja y/o ventanas y reposición de pavimento. Los resultados obtenidos nos indica que, en redes de alcantarillado, la actividad de rotura de pavimento con el método tradicional da 108.93 m² y con el método Pipe Bursting 24.00m², habiendo una diferencia de 83.93 m² en rotura de pavimento, para la excavación de zanja el método tradicional el volumen es de 163.39 m³ y para el método pipe Bursting 36.00 m³ , con una diferencia de 127.39 m³, para la instalación de la tubería

con el método convencional es en 02 días con 136.16 ml y con el método pipe Bursting en 01 día con un avance de 156.19 ml, en el relleno de zanjas el método convencional tenemos 204.24 m³ y con la tecnología pipe Bursting es 45.00 m³, con una diferencia de 159.24 m³ y por último en la reposición de pavimento con el método convencional restaura 108.93m² y con el método Pipe Bursting es 24.00 m², con una diferencia de 83.93 m² en reposición. La conclusión de este estudio nos indica que con el Método Pipe Bursting, hay mejores ventajas ante el convencional y en los procesos constructivos: por apertura de ventanas, minimizando el movimiento de tierras e impactos ambientales y sociales.

Ojeda (2015), para optar el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima – Perú, desarrollo la tesis titulada “Análisis comparativo entre el método Pipe Bursting y el método tradicional en la renovación de tuberías de desagüe”. Tiene como objetivo Identificar y comparar las ventajas que tienen ambos métodos en factores de tiempo, costo y el impacto que estos ocasionan. La tesis analiza los rendimientos y costo tanto del pipe bursting como del sistema tradicional, se realizan además análisis del impacto social de ambos métodos con respecto a la etapa de renovación. Los resultados obtenidos son que los beneficios que tiene el pipe bursting en cuanto al proceso constructivo frente al método tradicional, el costo directo es de 73.19 soles por metro lineal en comparación con el método tradicional es de S/.126.15 soles. Como conclusión el pipe bursting en tiene una amplia ventaja frente al método tradicional, este tiene una diferencia de S./47.21 soles por cada metro lineal de tubería renovada, es decir el que el método tradicional cuesta un 65% más que el pipe bursting, según el análisis cuantitativo realizado en la investigación.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

Velásquez (2021), Para optar el título profesional de Magister en Ingeniería Civil, sustentó en la Universidad Pontificia Universidad Javeriana, la tesis “Evaluación de las propiedades mecánicas de revestimientos Cured-In-Place Pipe (CIPP) utilizados en la rehabilitación de tuberías de alcantarillado”. El objetivo es evaluar las propiedades de los materiales usados para la rehabilitación de alcantarillado mediante la tecnología sin zanja “Cured In Place Pipe” (CIPP). Los resultados obtenidos demostraron que el 67% de las muestras de revestimientos CIPP usados en la rehabilitación de tres proyectos de la ciudad de Bogotá, cumplen con los valores mínimos determinados por la ASTM F1216-16 y ASTM F2019-

20, Con los datos resultantes, se hizo el análisis comparativo de resultados y como conclusión nos indica que el proceso constructivo es importante en relación de las propiedades estructurales del producto final del CIPP y no solo depende la calidad. El procedimiento en obra del CIPP es similar a nivel mundial, el autor recomienda realizar control estricto durante las siguientes actividades en la instalación: transporte y almacenamiento de la manga, temperaturas y presiones durante el curado y el mezclado e impregnación de la resina debe ser monitoreado.

Cáceres (2021), Para optar el título profesional de Ingeniero Civil, sustentó en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil la tesis “Evaluar comparativamente la rehabilitación de tuberías con metodología tradicional (zanja abierta) y metodología cipp (cured in place pipe) del colector principal parson norte sector prosperina”. Como objetivo tiene de evaluar comparativamente la rehabilitación de tuberías con metodología tradicional y el método CIPP-Cured in place pipe del colector principal PARSON NORTE sector Prosperina. Se evaluó comparativamente la metodología convencional con el método CIPP Cured In Place Pipe. En el tramo analizado e de diámetro 500 mm de hormigón armado ubicado en el sector de la Prosperina. Los resultados obtenidos demuestran que usando la tecnología CIPP tiene un costo directo de 55,961.56 y un tiempo de ejecución proyectado de 3 días, mientras que si se usa la metodología de rehabilitación tradicional de zanja abierta tiene un costo directo de 100,482.18 y un tiempo de ejecución de 7 días. Como conclusión la metodología de rehabilitación CIPP es económicamente mejor y rápida comparado con el Método de rehabilitación tradicional a zanja abierta.

Martínez (2019), Para optar el título de especialista en gerencia de obras, sustentó en la Universidad Católica de Colombia, la tesis “Análisis técnico y factibilidad económica, sistema pipe bursting vs sistema a zanja abierta para renovación de redes de alcantarillado y acueducto”. Su objetivo es determinar el costo, beneficio y su viabilidad de un proyecto en Bogotá. Los resultados obtenidos El sistema Pipe Bursting, tiene un ahorro en el proceso constructivo del 30%, comparándolo con el sistema tradicional de excavación a zanja abierta. El costo en el impacto social y ambiental según el autor indica que estas actividades es un 90% mayor en el sistema convencional en comparación con el Pipe Bursting. Se llegó a la conclusión que la tecnología Pipe Bursting, usa menos recursos y es mejor en su

ejecución, en comparación con el método convencional para rehabilitación de alcantarillado, lo que quiere decir menores costos.

Celi (2018), Para optar el título de Ingeniero Civil, sustentó en la Universidad de Guayaquil, la tesis “Análisis comparativo entre los métodos de zanja abierta y Pipe Bursting en la rehabilitación de tubería de AA.SS de la Av. Martha B. Roldós E 13R Cjon. 17B y Calle 1era.”. Tiene como objetivo contrastar las ventajas y desventajas de las metodologías entre zanja abierta y pipe bursting en rehabilitación de colectores sanitarios. Se realizó un análisis para valorar costos y rendimientos de cada una de las metodologías, evidenciando que el método pipe bursting resulta un 48,61% más económica que la metodología convencional, costo por metro por el método pipe bursting es de \$63.48 y de \$123.54 en el método convencional. En conclusión no dice que el método pipe bursting presenta menor riesgo, minimizando el desprendimiento del material en la zanja en comparación al método con zanja abierta, igualmente indica menor impacto social a menor costo.

Buitrago (2021), Para optar el título de Ingeniero Civil, sustentó en la Universidad de Guayaquil, la tesis “Análisis comparativo entre los métodos de zanja abierta y Pipe Bursting en la rehabilitación de tubería de AA.SS de la Av. Martha B. Roldós E 13R Cjon. 17B y Calle 1era.”. La investigación tiene como objetivo comparar la factibilidad en este caso de dos tecnologías sin zanja, como son Pipe Bursting y Perforación Horizontal Dirigida (PHD) para las circunstancias de Bogotá D.C, ya que los métodos sin zanja son ejecutados en menor proporción para la instalación y renovación de redes de alcantarillado en Colombia, y se presenta como alternativa para disminuir el impacto al tránsito y contaminación visual, entre otras afectaciones con respecto al método convencional.

Para realizar el análisis comparativo, se identificaron medidas técnicas, además de costos y tiempos a fin de determinar cuál es más viable entre las dos tecnologías sin zanja, en las circunstancias de la ciudad de Bogotá D. C. Los resultados nos muestran que las metodologías PHD y Pipe Bursting son adecuadas para las redes nuevas en cruces viales y renovación de redes de alcantarillado existentes en la ciudad de Bogotá logrando menguar el impacto social y ambiental en estos trabajos.

2.2 Bases Teóricas o Científicas

2.2.1 Parámetros hidráulicos de redes de alcantarillado.

Las redes de alcantarillado deben cumplir ciertos parámetros hidráulicos mínimos y máximos que permitan su adecuado funcionamiento, dichos parámetros se mencionan a continuación:

a) Velocidad.

El cálculo de la velocidad de la red de alcantarillado será el siguiente de acuerdo como se muestra en la ecuación (1), (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

$$V = \frac{1}{n} * R h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (1)$$

De acuerdo con la norma OS. 070 (R.N.E.) el nivel del caudal final, igual o inferior debe ser como máximo 75% del diámetro del colector.

Para conservar un flujo uniforme debe tener un número de Froude en el intervalo de 0.7 a 1.5 para el estado del flujo uniforme (epm, 2009).

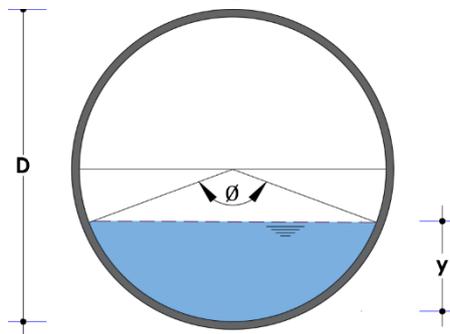
Cuando la velocidad final es superior a la velocidad crítica, la mayor altura de lámina de agua admisible debe ser 50% del diámetro del colector, asegurando la ventilación del tramo (epm, 2009). La velocidad crítica es definida por la siguiente expresión en la ecuación (2) la cual se encuentra expresada en función de la gravedad (g) y el radio hidráulico (R).

$$V = 6 * \sqrt{g * R} \dots \dots \dots (2)$$

De acuerdo con el reglamento peruano OS. 070 (RNE), se considera de 5 m/s como velocidad máxima. En cuanto a la velocidad mínima la norma peruana considera 0.60 m/s (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2019).

b) Radio Hidráulico.

Figura 2 Tubería parcialmente llena



Fuente: Elaboración Propia

$$A = \frac{r^2}{2} (\phi - \sin\phi) \dots\dots\dots(3)$$

$$P = r * \phi \dots\dots\dots(4)$$

Según las ecuaciones (3) y (4), se logra deducir en la siguiente ecuación (5).

$$R = \frac{r}{2 * \phi} (\phi - \sin\phi) \dots\dots\dots(5)$$

Se concluye de la ecuación (1) y (5), la velocidad se representa según la ecuación (6)

$$V = \frac{0.397 * D^{2/3}}{n} * \left(1 - \frac{360 \sin\phi}{2\pi\phi}\right)^{2/3} * S^{1/2} \dots\dots\dots(6)$$

c) Tensión Tractiva

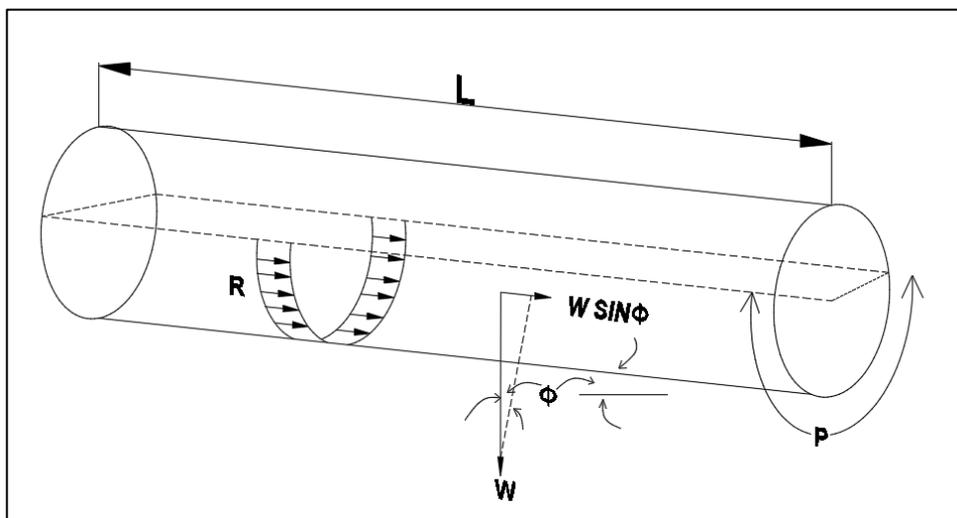
Según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070 la tensión tractiva tiene un valor mínimo de 1,0 Pa para evitar obstrucciones en las tuberías a consecuencia de los sedimentos.

$$\tau_{\min} = 1\text{Pa}$$

La tensión tractiva se halla mediante la siguiente ecuación:

$$t = p * g * R * S.....(7)$$

Figura 3 Definición de parámetros para tensión tractiva de un colector circular



Fuente: Elaboración Propia

d) Caudal

$$Q = V * A(8)$$

El caudal quedara expresado según la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{A}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}(9)$$

Según R.N.E.O.S.070 indica que el caudal mínimo debe ser de 1,5 l/s

e) Pendiente de Alcantarillado

Para redes de alcantarillado existentes, la pendiente se calcula con la diferencia de cotas sobre la longitud entre ambos buzones

$$S = \Delta CF/L(9)$$

De no lograr las condiciones de flujo favorables, se deberá conservar una pendiente mínima del 0,8% (Organización Panamericana de la Salud, et al., 2005).

2.2.2 Tubería de Alcantarillado

2.2.2.1 Concreto simple normalizado (CSN)

Las tuberías de concreto más utilizado en el mundo se emplea particularmente para redes de alcantarillado ya que posee muchas ventajas, que son su alta resistencia mecánica, su durabilidad y lo fácil de conseguir la materia prima para elaborarlo (IMCYC | Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C., 2015)

Figura 4 Dimensión de Tubería CSN

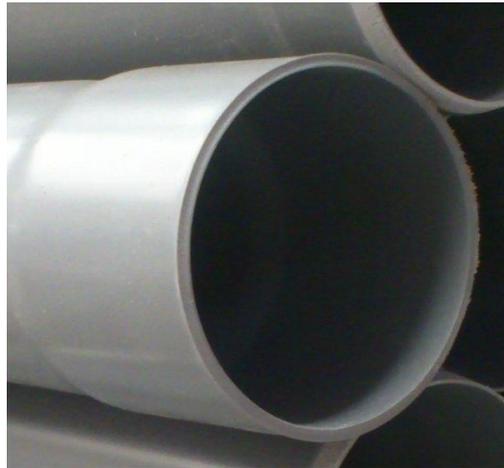


Fuente: (Grupo Traber, s.f)

2.2.2.2 Tubería de policloruro de vinilo (PVC)

Ofrece una combinación única de flexibilidad, durabilidad, bajo peso y una excepcional resistencia a la corrosión, ahorros en instalación y mantenimiento. (Viga-Innovación Hidráulica, s/f)

Figura 5 Tubería PVC-gris



Fuente: (Acorsa Perú, s.f)

2.2.2.3 Tubería de polietileno

Se trata de un polímero termoplástico que mediante distintos procesos de polimerización puede ser empleado en muchas aplicaciones entre las principales características del polietileno, es ser flexible y resistencia, ligero, no es buen conductor de calor y electricidad. (jardinday, s.f)

2.2.2.4 Tipos de uniones en tuberías PEAD

a) Electrofusión

Este es el proceso de unión en caliente, donde cada conexión se realiza con una resistencia eléctrica ya integrada. Estas conexiones tienen dos terminales a los que se les debe conectar un voltaje, permitiendo que la resistencia interna derrita ese material y lo fusione con la tubería. Como tal, es el único proceso de fusión en caliente que no requiere movimiento longitudinal de las piezas a unir.

b) Termofusión

La Termofusión es un proceso de soldadura simple y rápido, para unir tuberías de polietileno y sus accesorios. Las superficies de las piezas que se van a unir se calientan hasta la temperatura de fusión y, dependiendo del tamaño de la tubería, se unen por presión, mecánica o hidráulicamente sin el uso de elementos de unión adicionales. Se usa para la unión de tuberías, con diámetros a partir de 32 mm hasta 630 mm.

Tabla 4 Dimensiones de Polietileno de Alta Densidad

Espesor (mm) /Peso (kg/m)								
Diámetro Externo (mm)			SDR 33 SN 2		SDR 26 SN 4		SDR 21 SN 8	
Mínimo	Máximo	Medio	e_{min}	Peso	e_{min}	Peso	e_{min}	Peso
110	110	110.5	----	----	4.2	1.45	5.3	1.81
160	161.5	160.75	4.9	2.49	6.2	3.12	7.7	3.84
200	201.8	200.9	6.2	3.93	7.7	4.84	9.6	5.98
250	252.3	251.15	7.7	6.1	9.6	7.55	11.9	9.26
315	317.9	316.45	9.7	9.68	12.1	11.98	15	14.71
355	358.2	356.6	10.9	12.26	13.6	15.18	16.9	18.68
400	403.6	401.8	12.3	15.59	15.3	19.24	19.1	23.78
450	454.1	452.05	13.8	19.68	17.2	24.34	21.5	30.12
500	504.5	502.25	15.3	24.24	19.1	30.03	23.9	37.2
630	633.8	631.9	19.3	38.53	24.1	47.74	30	58.85
800	808.1	804.05	24.5	62.11	30.6	76.97	38.1	94.9

Fuente: (Pavco, s.f)

2.2.2.5 Rugosidad de las tuberías

La rugosidad de las tuberías es el parámetro mediante el cual se define la resistencia que se ejerce para el avance del flujo

Tabla 5 Coeficientes de rugosidad de Manning según el material

Tipo de Tubería	Coefficiente
Acero	0.015
Arcilla Vitrificada	0.010
Fibro Cemento	0.010
Fierro Fundido	0.013
Policloruro de Vinilo (PVC)	0.009
Polietileno de Alta Densidad (HDPE ó PEAD)	0.009
Polietileno Reforzado con Fibra de Vidrio (GRP)	0.009

Fuente: (Sedapal, 2015)

Los valores anteriores corresponden a tuberías nuevas, que no es el caso que nos ocupa al ser naturaleza del presente proyecto la rehabilitación de tuberías en uso. En efecto, la rugosidad para el cálculo hidráulico, no solo depende del material del que está fabricada una tubería, sino también de su estado de conservación, Es por ello que una tubería nueva tiene rugosidad (resistencia al flujo del agua) menor que otra que, aun siendo del mismo material esta envejecida. Existe abundante literatura técnica al respecto, coincidiendo la mayoría de autores (Chow, Engman) y reglamentos de entidades públicas (Federal Highway

Administration, CEDEX) en que para el caso del concreto se le debe otorgar un coeficiente de Manning entre 0.012 y 0.020. La elección del valor a emplear debe basarse en factores como el estado físico de la tubería (a peor estado, mayor coeficiente), su diámetro (debe considerarse valores algo mayores para las tuberías de menores diámetros), su edad (a mayor edad, mayor degradación del material de la pared de las tuberías y por tanto, mayor rugosidad) o la limpieza (a mayor sedimentación, mayor rugosidad).

Teniendo en cuenta estos datos sobre el estado de la red que se dispone (visitas de campo, consulta a expertos de O&M de Comas y SEDAPAL, inspección de tuberías mediante CTV) se considera adecuado emplear valores de rugosidad altos, incrementándose así la seguridad de los diseños.

A tal efecto, se han contemplado los siguientes valores de rugosidad de Manning:

Tabla 6 Coeficientes de rugosidad de Manning considerados para el calculo

Material	n Manning tubería actual	n Manning tubería propuesta
PVC	0.013	-
CSN (concreto)	0.02	-
PEAD	-	0.009

Fuente: (Sedapal, 2015)

2.2.2.6 Rugosidad en mangas

En el caso de las mangas el coeficiente de rugosidad de Manning mejora su capacidad hidráulica gracias a un coeficiente de rugosidad más reducido, la manga de rehabilitación posee un revestimiento interior de Polipropileno, que estará en contacto con el efluente circulante, el cual posee un coeficiente de Manning del 0,010 frente al 0,015 de las tuberías de hormigón (Insituform, s.f)

2.2.2.7 Mangas o encamisado de tubería polimerizada in situ

a) Manga o encamisado de fibra de vidrio

Las mangas de fibra de vidrio para renovación de conducciones Tubería polimerizada in situ se suministran pre impregnadas con resina de poliéster instaurado (UP) confinado entre diferentes capas protectoras, confinando el disolvente. El material tiene altos

valores de resistencia mecánica, presenta un módulo de elasticidad cerca a los 20.000 MPa y una tensión inicial de rotura de aproximadamente 300 MPa. (PANATEC, s.f)

b) Manga de fieltro

Las mangas de fieltro a base de tejido de poliéster representan materiales tradicionalmente utilizados para la restauración de tuberías de redes de alcantarillado. Mangas con recubiertos de poliuretano (PU) o PVC son para aplicaciones que requieren una excelente flexibilidad a través de curvas y adaptabilidad a diámetros cambiantes. (PANATEC, s.f)

Tabla 7 Diámetro interno para mangas

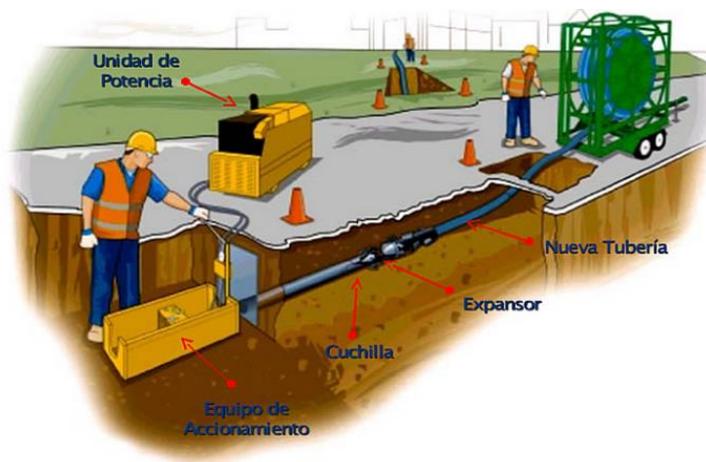
Material de CIPP	Diámetro (mm)	Espesor (mm)	Esfuerzo a Flexión (MPa)	Módulo de Elasticidad a Flexión (MPa)	Esfuerzo a Tracción (MPa)
tipo 1	200	5.36	44.3	1674.7	17.2

Fuente: Velásquez (2021)

2.2.3 Método de rehabilitación cracking

Los métodos de rehabilitación sin zanja se utilizan para reemplazar rápida y fácilmente las tuberías existentes en malas condiciones con tuberías nuevas, generalmente de PEAD, de forma rápida y sencilla. A diferencia de otros métodos y sistemas, la trituración de tuberías permite la instalación de tuberías de un diámetro incluso mayor que la tubería original.

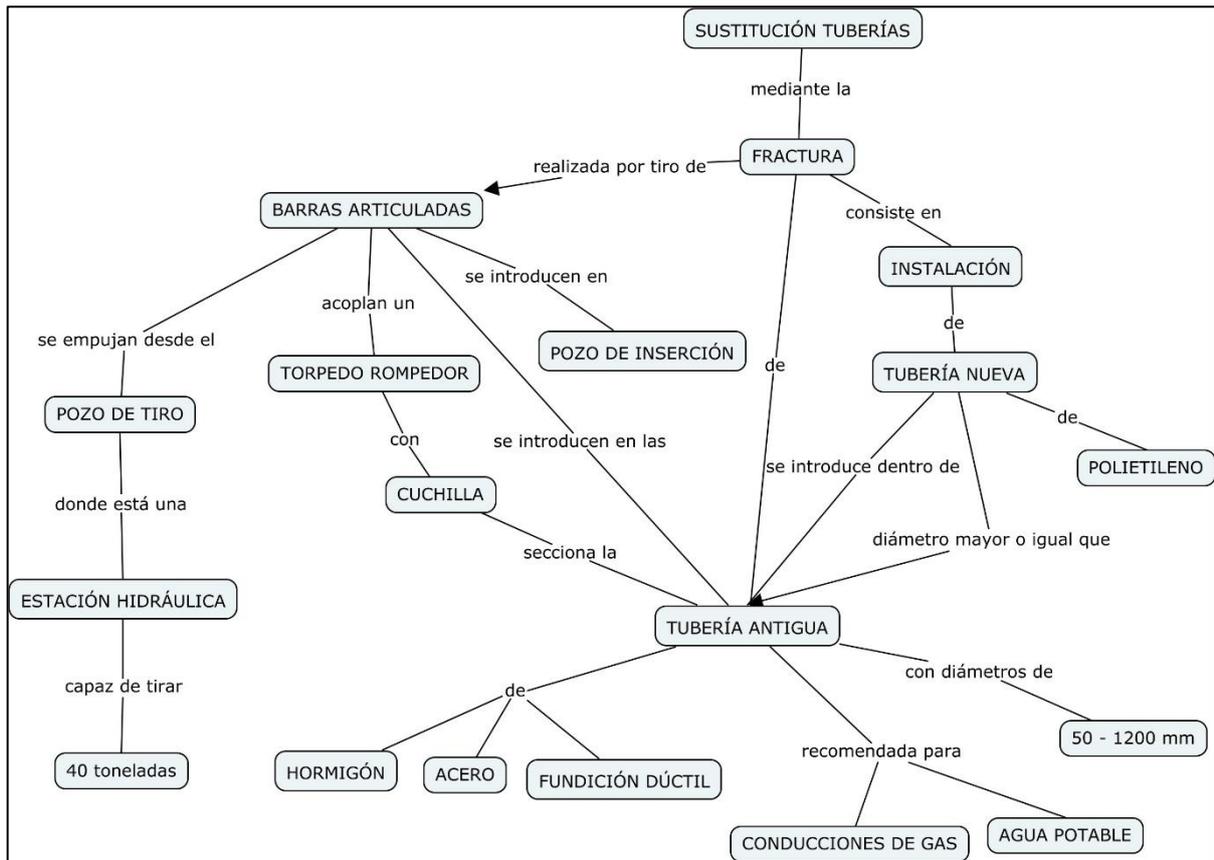
Figura 6 Rehabilitación de tubería por el Método Cracking



Fuente: (Treltec Ingeniería Ltda, s.f)

Dado que este trabajo cortará la línea antigua al tender la nueva línea, es necesario cortar la conexión a la red local antes de la construcción para reemplazar correctamente la línea troncal. Después de instalar la nueva tubería, la conexión debe repararse y volver a conectarse a la red. Hay dos tipos de rotura de tuberías: estática y dinámica.

Figura 7 Componentes del método Cracking



Fuente: (Yepes Piqueras, s.f)

Esta tecnología, de acuerdo con el tipo de fractura de la tubería, se clasifica en:

a) Cracking dinámico

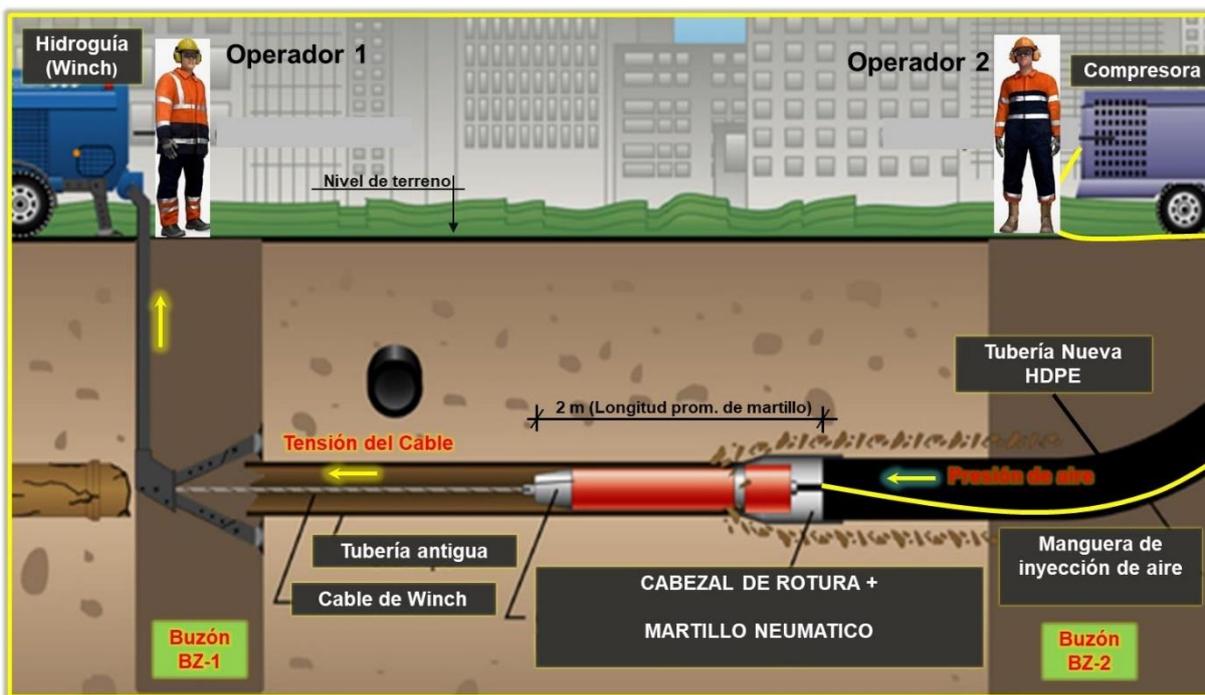
Consiste en una central hidráulica con un sistema de cabrestante incorporado, apisonadores neumáticos, compresores y herramientas como cables de acero, cuchillas de corte, cuchillas trituradoras, expansores y extractores de tuberías. Todos los puntos de conexión a la red deben excavarse antes de la renovación. También deberá perforar el eje de entrada donde se encuentra la máquina y el eje de salida por donde se drenan las tuberías.

Antes de bajar el equipo, interrumpa la operación, afloje las conexiones y extraiga un tramo de tubería vieja de los ejes de entrada y salida.

Realizada la operación anterior, se posiciona el grupo de rodillos en la entrada del tubo y se alinea el eje de la máquina con el eje del equipo. Luego, introduzca gradualmente el cable metálico hasta que llegue a la cámara de combustión. A continuación, se acopla a la punta una cuchilla de corte o trituración (dúctil o triturable según el tipo de tubería a sustituir), se añade un expansor para ensanchar el túnel, y finalmente se conecta el extractor de tubería a la tubería de HDPE con un pisador en su interior. Agregar Se activa un apisonador neumático, se aplica tensión constante mediante un cabrestante, se instala una tubería nueva y el golpe rompe la tubería vieja.

Finalmente, ambos extremos de la tubería están conectados y todas las conexiones están conectadas a la red local. (Zilper, s.f)

Figura 8 Esquema método cracking dinámico



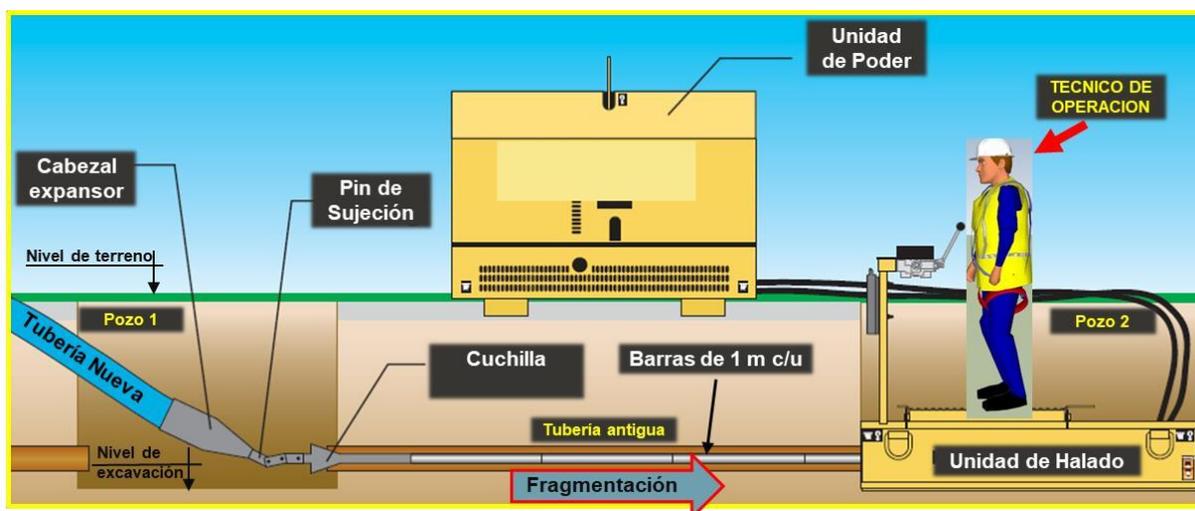
Fuente: (Huanaco Yance, 2020)

b) Cracking estático

Consta de un paquete de energía hidráulica, una unidad de empujar/tirar y herramientas como varillas, cuchillas de corte, cuchillas trituradoras, expansores y

extractores de tuberías. Antes de la renovación, es necesario excavar todos los puntos de conexión de la red y el pozo de entrada donde se encuentra la máquina y el pozo de salida donde se lanzan las tuberías. Deténgase antes de bajar el equipo, afloje las conexiones, extraiga parte de la tubería vieja de los ejes de entrada y salida y alinee el equipo de empuje/tracción con el eje de la varilla una vez finalizado el trabajo anterior. maquinaria y maquinaria de planta. Luego, inserte gradualmente la varilla hasta que llegue al orificio de la bala. Luego se une una hoja cortante o cortadora (extensible o cortable, según el tipo de tubería que se reemplace) a la punta de la primera varilla, se agrega un expansor para expandir el túnel y finalmente se une un extractor de tubería al aumento de tubería. Instale la tubería de HDPE. La dirección de inserción se invierte y todo el sistema extrae una tubería nueva para volver a excavar el pozo de entrada. Finalmente, los dos extremos de la tubería están conectados y todas las conexiones están conectadas a la red local. Este método es más adecuado para la restauración de redes de agua potable, pero también se usa para redes de alcantarillado”. (Zilper, s.f)

Figura 9 Esquema método cracking estático



Fuente: (Huanaco Yancce, 2020)

2.2.4 Método de tubería polimerizada in situ

Este proceso, conocido como recubrimiento CIPP, básicamente aplica una funda de fieltro hecha de fibras de poliéster y la cubre con una película impermeable de PE (polietileno) o poliuretano (PU). El conjunto se impregna con una resina resistente al calor antes de la instalación. Los manguitos se fabrican en la medida necesaria para la recuperación de un tramo o tramo de red o tubería, es decir, del mismo diámetro y longitud.

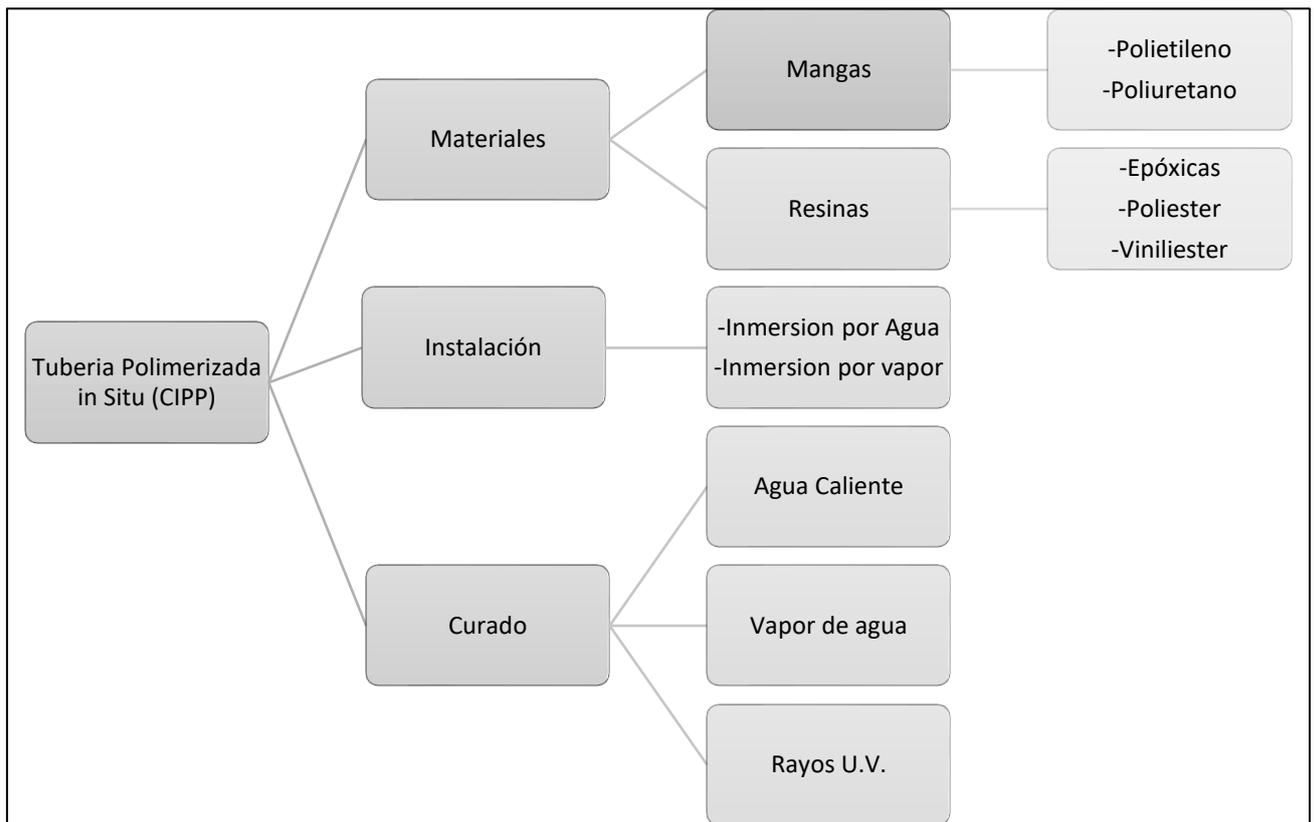
La manga impregnada con resina se inserta en las tuberías a través de pozos de visita, pozos de visita u otros accesos existentes. La columna de agua creada por la tubería invertida impulsa el manga a lo largo de la tubería, invirtiéndolo y presionándolo firmemente contra la pared de la tubería existente. El agua utilizada para invertir la manga luego se hace circular a través de una caldera. El agua caliente acelera el curado de la resina, creando efectivamente una nueva tubería dentro de la tubería existente. Hasta que la resina esté efectivamente polimerizada, la unidad formada por la resina y el manguito de fieltro tiene una excelente flexibilidad. Esto no solo se adapta a los contornos existentes y sella las juntas, sino que permite que el revestimiento avance a través del tubo cuando se invierte. , partes agrietadas o dañadas. La tubería continúa formada por la carcasa restaura y mejora la resistencia de la tubería existente. También garantiza una mejora significativa en la capacidad de conducción. Otra característica importante es la alta resistencia sobre los efectos de la corrosión y el deterioro. (Insituform, s.f)

Figura 10 Esquema método tubería polimerizada in situ



Fuente: (Insituform, s.f)

Figura 11 Componentes del método tubería polimerizada in situ (CIPP)



Fuente: (Elaboración Propia)

2.2.5 Elaboración de matriz de aspectos económicos, sociales y ambientales

Para elaborar una de consistencia se tomará de referencia la Guía Metodológica para la evaluación del Impacto Ambiental de V. Conesa Fdez. -Vítora (4ta edición)

Se describirán cada símbolo que es parte del elemento tipo que conformará esta matriz y sus impactos en el Anexo 06.

2.3 Marco Conceptual

a) Redes de alcantarillado

Sistema de estructuras y equipos de recolección utilizados para recolectar y transportar aguas residuales, industriales y pluviales desde su origen hasta donde se descargan al medio natural o son tratadas por la población. (Hidrotec, s.f)

b) Tubería

Conductos prefabricados o montados en campo de hormigón, hormigón armado, plásticos, poliuretano de alta densidad, fibrocemento, fundición, arcilla vitrificada, PVC, plásticos reforzados con fibra de vidrio u otros materiales, técnicas y procesos de fabricación Del cual, cumple con las normas técnicas pertinentes. Su sección transversal es generalmente circular. (Barbosa,2013)

c) Tecnología sin zanja

La tecnología sin zanja es una familia de métodos, materiales y equipos para la instalación, el reemplazo, traslado, diagnostico, localización, renovación y rehabilitación de servicios subterráneos con una mínima excavación e interrupción de la superficie. (ISTT, s.f)

d) Polímero

Los polímeros se crean combinando muchas moléculas pequeñas llamadas monómeros. Los plásticos son modelos de polímeros. (Química General, s.f)

e) Mangas

Fabricación de una tubería nueva dentro del colector, para restaurar y mejorar su capacidad estructural e hidráulica. (Veolia, s.f)

f) Resina

La resina en estado bruto es un líquido de consistencia translúcida o transparente. Al agregar dos ingredientes, un catalizador y un acelerador, tiene lugar una reacción química llamada polimerización y la resina gelifica o se endurece. (proasur, s.f)

CAPITULO III

HIPOTESIS

3.1 Hipótesis General

Al realizar el análisis comparativo entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ se determinará cual es el más beneficioso para la rehabilitación de redes de alcantarillado - sector 349-Comas.

3.2 Hipótesis Especificas

1. Al analizar se verificará los cambios de las propiedades hidráulicas entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - sector 349-Comas
2. Al elaborar una matriz de consistencia de los aspectos económicos sociales y ambientales se podrá evaluar los impactos positivos y negativos entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - sector 349-Comas.
3. Al describir los procesos constructivos se conocerá las ventajas y desventajas de los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - sector 349-Comas.

3.3 Variables

3.3.1 Definición conceptual de la variable

Variable Dependiente (Y):

METODOS CRACKING Y TUBERIA POLIMERIZADA IN SITU

Estas tecnologías usan materiales y equipos para la rehabilitación de infraestructura subterránea existente que por sus condiciones estructurales han llegado a su límite de servicio, pero sin necesidad de abrir zanjas a cielo abierto, estos métodos utilizan el colector existente como una “tubería anfitriona” para proceder a la rehabilitación. (MVCS, 2014)

Variable Independiente (X):

REDES DE ALCANTARILLADO

Conjunto de dispositivos y tuberías instaladas con el propósito de recolectar, conducir y depositar en un lugar determinado las aguas residuales usadas por la comunidad para satisfacer sus necesidades higiénicas.

Evitando con esto la propagación de enfermedades, malos olores, reducción de las áreas de contaminación, etc. (MVCS, 2014)

3.3.2 Definición operacional de la variable

Métodos Cracking y Tubería Polimerizada In Situ

La aplicación de estos métodos en las redes de alcantarillado evaluó el impacto que genera en el proceso constructivo y su conducta durante la rehabilitación

Rehabilitación de Redes de Alcantarillado

Intervenciones destinadas a restaurar el funcionamiento normal de las redes de alcantarillado utilizando medidas implementadas y funcionando dentro de las mismas

3.3.3 Operacionalización de variables

En la siguiente tabla se muestra la operacionalización de las variables en estudio

Tabla 8 Operacionalización de la variable

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FUENTES	INSTRUMENTOS
Variable Dependiente					
• Cracking	Métodos de instalación, reparación o sustitución de tuberías que no implica la remoción de cantidades considerables	Aspectos económicos, sociales, ambientales	- Costo de rehabilitación - Contaminación ambiental - Afectación Social	Libros, Revistas	Encuestas a Especialistas
• Tubería Polimerizada in Situ	de tierra, causando el mínimo de problemas y destrucción de áreas.	-Procesos constructivos	- Ventajas - Desventajas	Libros, Revistas	Encuestas a Especialistas
Variable Independiente					
Redes de Alcantarillado	Intervenciones destinadas a restaurar el funcionamiento normal de las redes de alcantarillado.	-Propiedades Hidráulicas	- Tirante - Diámetro efectivo - Velocidad - Pendiente - Coeficiente de Manning - Caudal - Fuerza Tractiva	RNE. OS 070 Teorías Hidráulicas	Hojas de calculo

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV

METODOLOGIA

4.1 Método de investigación

Según Sánchez et al. (2015), afirma que el método es el proceso de indagación para tratar un conjunto de problemas que no conocemos y es la manera sistematizada de hacer uso del pensamiento reflexivo; incluyendo la solución de problemas de la sociedad que aún no han sido investigados o llevan hacia otra dirección.

En ese sentido, la presente investigación es científica ya que se desarrolló de manera organizada y sistemática la información y los resultados necesarios para hacer posible la investigación.

4.2 Tipo de investigación

Según Tam et al. (2008), afirma que la investigación básica tiene como objetivo mejorar el conocimiento per se, más que generar resultados o tecnologías que beneficien a la sociedad en el futuro inmediato, este tipo de investigación es esencial para el beneficio socioeconómico a largo plazo.

Razón por la cual, en la presente investigación se obtuvo los conocimientos y criterios para la comparación de los métodos sin zanja que se encuentra en el servicio de alcantarillado del Sector 349 -Comas.

4.3 Nivel de investigación

Según Vara (2012), El nivel descriptivo comparativo tienen como objetivo lograr la identificación de diferencias o semejanzas con respecto a la aparición de un evento en dos o más grupos.

Entonces de acuerdo al proyecto de investigación se usó el nivel descriptivo comparativo dado que el estudio se trata de dos métodos sin zanja Cracking y Tubería polimerizada in Situ.

4.4 Diseño de la investigación

Según Hernández (2014), el diseño no experimental podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. En ese sentido, son estudios en los que no cambia en forma intencional las variables independientes para las tuberías. Se trata de un polímero que mediante procesos de polimerización se emplea en distintas aplicaciones.

Entre las principales características del polietileno, destaca por ser un material flexible y de gran resistencia térmica y química a temperaturas normales, es flexible, ligero, además de no ser buen conductor de calor y electricidad. (jardinday, s.f)

Por todo ello, esta investigación se presentó como no experimental, dado que las variables independientes no serán manipuladas pues ya se han efectuado en la realidad.

4.5 Población y muestra

4.5.1 Población

Ya que analizamos el estudio comparativo entre los métodos de excavación sin zanja para la rehabilitación de tuberías en el distrito de Comas, se tomó como población Redes secundarias de alcantarillado ubicada en el Lote 1 -Sector 349 del Proyecto Lima Norte II – Comas.

4.5.2 Muestra

La muestra es por conveniencia ya que se tiene toda la información de las redes de alcantarillado de nuestra población, del cual se divide en tres grupos de acuerdo con el daño que muestran las tuberías, esta agrupación se hará de la siguiente manera: bien, regular y mal.

Se tomarán en cuenta 46 tramos del Sector 349 (según expediente técnico)

Se tomarán encuesta a 10 especialistas de la materia

4.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La información se procesa con el fin de organizar la información recibida. Del trabajo en gabinete y presentación en el informe final de investigación, realizado en un programa específico. En este sentido, el presente estudio utilizó MS-Excel para procesar los datos, utilizó SPSS 27 para realizar pruebas estadísticas de las hipótesis propuestas y presentó la información obtenida en tablas para facilitar la comprensión, gráficos y matrices tabulares.

4.6.1 Técnicas y análisis de datos

- **Técnica**

Se utilizó la encuesta para formularle las preguntas a la muestra calculada, se ha definido las preguntas considerando que puedan responder con la escala de Likert.

Según Malhotra (2004) la encuesta: Es un cuestionario de forma organizada que se aplica a la muestra y se ejecuta con el fin de recolectar información específica. (p.321)

- **Instrumento**

Se utilizó el cuestionario que consta de 26 preguntas a las variables Cracking y Tubería polimerizada in Situ.

Según Malhotra (2004) Es un documento informativo que contiene preguntas de manera organizada relacionadas a las variables y que nos ayudará a interpretar nuestros resultados” (p. 322).

- **Validez:**

La validez se realizó con el juicio de especialistas, y se determinó si presenta una validez significativa, encontrando Pertinencia, Relevancia y claridad.

Kerlinger (1979) indica que “La validez es un factor más complejo que debe lograrse en todo instrumento de medición que se aplique”. (p. 138)

- **Confiabilidad**

Se utilizó el alfa de Cronbach para determinar la fiabilidad del instrumento según los niveles.

Hernández, Fernández y Batista (1998) nos dicen que “La confiabilidad refiere al grado de estudio de un instrumento al mismo sujeto produce similares resultados”. (p.21)

Para la confiabilidad del instrumento en este caso el cuestionario realizado a especialistas, interpretando las 26 preguntas disgregadas en 61 ítems sobre las metodologías Cracking y Tubería polimerizada in situ, con un valor de 0.987 este valor se encuentra entre 0.90 a 0.95 y según la Tabla 5 se encuentra en excelente grado de confiabilidad.

Tabla 9 Rango de Alfa de Cronbach

Alfa de Cronbach	Consistencia
$\alpha \geq 0.9$	Excelente
$0.8 \leq \alpha < 0.9$	Buena
$0.7 \leq \alpha < 0.8$	Aceptable
$0.6 \leq \alpha < 0.7$	Cuestionable
$0.5 \leq \alpha < 0.6$	Pobre
$\alpha < 0.5$	Inaceptable

Fuente: (Frias Navarro, 2022)

Fórmula para hallar el Alfa de Cronbach:

$$\alpha = \frac{K}{k-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

Tabla 10 Estadísticos de Fiabilidad

Símbolo	Descripción	Valores
α	Coefficiente de confiabilidad del cuestionario	0.987
K	Número de ítems del instrumento	61
S_i^2	Sumatoria de las varianzas de los ítems.	32.58
S_T^2	Varianza total del instrumento.	1116.6

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1 Descripción del diseño

Se tomo los datos de 46 tramos mediante el expediente técnico del Sector 349, donde se evaluó la condición de la tubería, y se pudo extraer los datos necesarios para el cálculo hidráulico y el tirante del flujo de las redes de alcantarillado de la muestra.

Tabla 11 Síntesis de los resultados de la inspección con CCTV en Sector 349

Descripción	Paquete B-1 349
Longitud total red (m)	45,720.00
Longitud inspeccionados(m)	2,013.91
Porcentaje (%)	4.4%
N.º de tramos inspeccionados	46
Estado de la tubería	
Atención Inmediata (m)	0.00
(% por metro evaluado)	0.00
N.º de ocurrencias por tramo	0.00
Mal (m)	678.39
(% por metro evaluado)	33.69%
N.º de ocurrencias por tramo	15
Regular (m)	487.84
(% por metro evaluado)	24.22%
N.º de ocurrencias por tramo	14

Bien (m)	487.71
(% por metro evaluado)	24.22%
N° de ocurrencias por tramo	17

Fuente: (Sedapal, 2015)

5.1.1 Propiedades hidráulicas entre los métodos sin zanja

Tabla 12 Cálculo de la relación tirante-diámetro

N°	SECTOR	CALLE	N.º FICHA	DIAMETRO (mm)	y/D (m)	TIRANTE (m)	ESTADO
1	349 B-3	Ca. 28 De Julio	2	200	0.0450	0.090	REGULAR
2	349 B-2	Jr. Jose Carlos Mariátegui	8	200	0.0100	0.020	BIEN
3	349 B-2	Ca. Lima	9	200	0.0200	0.040	REGULAR
4	349 B-3	Ca. Los Próceres	10	200	0.0250	0.050	REGULAR
5	349 B-3	Jr. Francisco De Zela	14	200	0.0050	0.010	REGULAR
6	349 B-1	Jr. Húsares De Junín	16	200	0.0150	0.030	BIEN
7	349 B-2	Jr. Loreto	17	200	0.0050	0.010	BIEN
8	349 B-2	Jr. Mariano Melgar	19	200	0.0300	0.060	REGULAR
9	349 B-3	Jr. Micaela Bastidas	20	200	0.0150	0.030	BIEN
10	349 B-3	Jr. Vista Alegre	29	200	0.0050	0.010	REGULAR
11	349 B-3	Av. Revolución 5 Etapa	31	200	0.0050	0.010	BIEN
12	349 B-3	Jr. San Pedro	32	200	0.0050	0.010	BIEN
13	349 B-3	Ca. Cesar Vallejo	71	200	0.0250	0.050	BIEN
14	349 B-2	Jr. Arequipa	72	200	0.0200	0.040	BIEN
15	349 B-1	Jr. Cuzco	73	200	0.0150	0.030	BIEN
16	349 B-1	Jr. Gerónimo	75	200	0.0100	0.020	MAL
17	349 B-1	Jr. Lima	76	200	0.0150	0.030	BIEN
18	349 B-2	Jr. Micaela Bastidas	97	200	0.0050	0.010	MAL
19	349 B-2	Jr. Huayna Cápac	120	200	0.0050	0.010	MAL
20	349 B-2	Jr. Mantaro	121	200	0.0200	0.040	MAL
21	349 B-3	Av. Revolución	137	200	0.0150	0.030	MAL
22	349	Av. Revolución	146	200	0.0100	0.020	REGULAR
23	349 B-1	Jr. Cajamarca	153	200	0.0100	0.020	MAL
24	349 B-1	Jr. Ciro Alegría	154	200	0.0250	0.050	MAL
25	349 B-1	Jr. Húsares De Junín	155	200	0.0100	0.020	MAL

26	349 B-1	Jr. San Gerónimo	157	200	0.0150	0.030	MAL
27	349	Av. Revolución	173	200	0.0100	0.020	BIEN
28	349-A	Jr. Jorge Chávez N.º 07	0A	200	0.0100	0.020	REGULAR
29	349-A1	Ca. Cesar Vallejo	5	200	0.0050	0.010	BIEN
30	349 A-3	Jr. Loreto	18	200	0.0400	0.080	REGULAR
31	349-A1	Jr. San Joaquín	23	200	0.0100	0.020	BIEN
32	349-A1	Jr. Santa Martha	25	200	0.0050	0.010	BIEN
33	349-A1	Jr. Santo Toribio	26	200	0.0400	0.080	BIEN
34	349-A1	Jr. Felipe Pinglo	74	200	0.0050	0.010	BIEN
35	349-A1	Jr. Pacasmayo	77	200	0.0100	0.020	BIEN
36	349-A1	Jr. Santa Rosa	78	200	0.0150	0.030	REGULAR
37	349 A-3	Jr. T.Amaru	122	200	0.0050	0.010	MAL
38	349 A-2	Av. Santos Chocano	145	200	0.0150	0.030	REGULAR
39	349	Jr. Felipe P Alva	147	200	0.0200	0.040	REGULAR
40	349	Av. Santa Rosa	148	200	0.0050	0.010	MAL
41	349-A1	Av. Milagro De Jesús	149	200	0.0300	0.060	MAL
42	349	Av. Santa Rosa	156	200	0.0200	0.040	MAL
43	349	Jr. Arnaldo Márquez	158	200	0.0050	0.010	MAL
44	349-A1	Jr. Pacasmayo	159	200	0.0100	0.020	MAL
45	349	Jr. Cerro De Pasco	160	200	0.0050	0.010	REGULAR
46	349	Jr. Bernardo Alcedo	161	200	0.0050	0.010	REGULAR

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se hallará el ángulo, área, perímetro mojado, radio hidráulico, caudal, velocidad, pendiente mínima y tensión tractiva de las redes de alcantarillado representados en la tabla 13

Tabla 13 Cálculo de Pendiente según parámetros hidráulicos

Nº	LONGITU D (M)	DIAMETR O	MATERIA L	COTA DE	COTA DE	S(%)	TIRANT E
				FONDO AGUAS ARRIBA (Msnm)	FONDO AGUAS ABAJO (Msnm)		
1	18.46	200	CSN	40822.00	40823.00	8.126%	90.000
2	50.61	200	CSN	40772.00	40826.00	3.517%	20.000
3	58.75	200	CSN	32160.00	32161.00	2.689%	40.000
4	26.14	200	CSN	40826.00	40825.00	5.930%	50.000
5	36.84	200	CSN	32151.00	32149.00	4.479%	10.000
6	60.78	200	CSN	295159.00	32351.00	2.550%	30.000

7	54.59	200	CSN	32380.00	32254.00	3.077%	10.000
8	14.06	200	CSN	32159.00	32158.00	10.811%	60.000
9	40.97	200	CSN	40723.00	40752.00	3.905%	30.000
10	37.55	200	CSN	40756.00	40757.00	4.261%	10.000
11	58.97	200	CSN	40710.00	40711.00	2.917%	10.000
12	57.71	200	CSN	40843.00	40707.00	2.980%	10.000
13	25.23	200	CSN	40830.00	40829.00	5.351%	50.000
14	62.21	200	CSN	32242.00	32241.00	2.186%	40.000
15	46.98	200	CSN	32371.00	32261.00	3.661%	30.000
16	1.19	200	CSN	32275.00	32376.00	124.370%	20.000
17	53.24	200	CSN	32350.00	32362.00	3.381%	30.000
18	47.08	200	CSN	40952.00	40955.00	3.760%	10.000
19	44.02	200	CSN	40951.00	40949.00	4.021%	10.000
20	38.94	200	CSN	41363.00	41037.00	4.545%	40.000
21	60.04	200	CSN	40708.00	40709.00	2.249%	30.000
22	48.29	200	CSN	40938.00	40937.00	3.148%	20.000
23	45.85	200	CSN	32370.00	32262.00	3.228%	20.000
24	27.02	200	CSN	29515.10	32347.00	6.107%	50.000
25	65.62	200	CSN	29515.80	32359.00	1.996%	20.000
26	37.26	200	CSN	32369.00	32376.00	4.750%	30.000
27	54.98	200	CSN	6330.00	40708.00	2.510%	20.000
28	31.00	200	CSN	41160.00	43555.00	5.484%	10.000
29	49.04	200	CSN	43552.00	43553.00	3.161%	80.000
30	21.76	200	CSN	43754.00	43750.00	6.801%	20.000
31	64.20	200	CSN	48369.00	48365.00	2.445%	10.000
32	47.58	200	CSN	30318.00	47818.00	2.942%	80.000
33	15.40	200	CSN	48372.00	48371.00	8.896%	10.000
34	59.58	200	CSN	48839.00	43548.00	2.182%	20.000
35	45.64	200	CSN	48150.00	48145.00	3.177%	30.000
36	11.56	200	CSN	48150.00	48143.00	12.370%	10.000
37	50.05	200	CSN	41065.00	43628.00	2.957%	30.000
38	52.30	200	CSN	39399.00	39409.00	2.581%	40.000
39	51.50	200	CSN	41163.00	43742.00	3.534%	10.000
40	59.54	200	CSN	47474.00	47473.00	2.519%	60.000
41	52.98	200	CSN	47809.00	47910.00	2.718%	40.000
42	61.60	200	CSN	48231.00	48148.00	2.338%	10.000
43	44.27	200	CSN	48147.00	48148.00	3.750%	20.000
44	42.93	200	CSN	48151.00	48152.00	5.101%	10.000
45	33.80	200	CSN	48040.00	48359.00	4.112%	10.000

46	45.80	200	CSN	48032.00	48151.00	2.926%	36.000
----	-------	-----	-----	----------	----------	--------	--------

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de las propiedades hidráulicas de la red existente se hace uso de las ecuaciones descritas en el marco teórico teniendo como resultado la tabla 14 donde se muestra el ángulo, el área, perímetro mojado, pendiente, radio hidráulico, caudal, velocidad y la tensión tractiva. En el caso del coeficiente de Manning (n) se tomará el valor 0.02 de la tabla 3 ya que las tuberías de concreto (CSN) se encuentran en malas condiciones según expediente técnico. A continuación, se muestran los datos obtenidos en la tabla 14.

Tabla 14 Cálculo de Propiedades Hidráulicas

Nº	θ rad	A (m ²)	P (m)	R (m)	n CSN	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Frode (F)	Flujo	Tensión Tractiva
1	2.941	0.0137	0.2941	0.0466	0.02	0.02531	1.8461	1.9648	Supercrítico	37.160
2	1.287	0.0016	0.1287	0.0127	0.02	0.00083	0.5105	1.1526	Supercrítico	4.383
3	1.855	0.0045	0.1855	0.0241	0.02	0.00306	0.6845	1.0927	Supercrítico	6.363
4	2.094	0.0061	0.2094	0.0293	0.02	0.00711	1.1578	1.6532	Supercrítico	17.058
5	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00022	0.3689	1.1779	Supercrítico	2.860
6	1.591	0.0030	0.1591	0.0186	0.02	0.00165	0.5600	1.0323	Supercrítico	4.647
7	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00018	0.3058	0.9764	Subcrítico	1.965
8	2.319	0.0079	0.2319	0.0342	0.02	0.01373	1.7317	2.2572	Supercrítico	36.258
9	1.591	0.0030	0.1591	0.0186	0.02	0.00205	0.6930	1.2775	Supercrítico	7.116
10	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00021	0.3599	1.1489	Supercrítico	2.721
11	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00017	0.2977	0.9506	Subcrítico	1.863
12	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00018	0.3010	0.9609	Subcrítico	1.903
13	2.094	0.0061	0.2094	0.0293	0.02	0.00676	1.0999	1.5704	Supercrítico	15.393
14	1.855	0.0045	0.1855	0.0241	0.02	0.00276	0.6171	0.9852	Subcrítico	5.172
15	1.591	0.0030	0.1591	0.0186	0.02	0.00198	0.6710	1.2369	Supercrítico	6.672
16	1.287	0.0016	0.1287	0.0127	0.02	0.00496	3.0359	6.8539	Supercrítico	154.998
17	1.591	0.0030	0.1591	0.0186	0.02	0.00191	0.6448	1.1886	Supercrítico	6.161
18	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00020	0.3380	1.0792	Supercrítico	2.401
19	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00021	0.3496	1.1161	Supercrítico	2.568
20	1.855	0.0045	0.1855	0.0241	0.02	0.00398	0.8899	1.4206	Supercrítico	10.755
21	1.591	0.0030	0.1591	0.0186	0.02	0.00155	0.5259	0.9694	Subcrítico	4.097
22	1.287	0.0016	0.1287	0.0127	0.02	0.00079	0.4830	1.0904	Supercrítico	3.923

23	1.287	0.0016	0.1287	0.0127	0.02	0.00080	0.4891	1.1042	Supercrítico	4.023
24	2.094	0.0061	0.2094	0.0293	0.02	0.00722	1.1750	1.6777	Supercrítico	17.567
25	1.287	0.0016	0.1287	0.0127	0.02	0.00063	0.3846	0.8684	Subcrítico	2.488
26	1.591	0.0030	0.1591	0.0186	0.02	0.00226	0.7644	1.4090	Supercrítico	8.656
27	1.287	0.0016	0.1287	0.0127	0.02	0.00071	0.4313	0.9737	Subcrítico	3.128
28	1.287	0.0016	0.1287	0.0127	0.02	0.00104	0.6375	1.4392	Supercrítico	6.834
29	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00018	0.3099	0.9895	Subcrítico	2.019
30	2.739	0.0117	0.2739	0.0428	0.02	0.01874	1.5966	1.8023	Supercrítico	28.587
31	1.287	0.0016	0.1287	0.0127	0.02	0.00070	0.4257	0.9611	Subcrítico	3.048
32	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00018	0.2990	0.9547	Subcrítico	1.879
33	2.739	0.0117	0.2739	0.0428	0.02	0.02143	1.8260	2.0612	Supercrítico	37.391
34	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00015	0.2575	0.8222	Subcrítico	1.394
35	1.287	0.0016	0.1287	0.0127	0.02	0.00079	0.4852	1.0955	Supercrítico	3.959
36	1.591	0.0030	0.1591	0.0186	0.02	0.00364	1.2334	2.2737	Supercrítico	22.542
37	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00018	0.2998	0.9571	Subcrítico	1.889
38	1.591	0.0030	0.1591	0.0186	0.02	0.00166	0.5634	1.0386	Supercrítico	4.704
39	1.855	0.0045	0.1855	0.0241	0.02	0.00351	0.7846	1.2526	Supercrítico	8.361
40	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00016	0.2767	0.8834	Subcrítico	1.609
41	2.319	0.0079	0.2319	0.0342	0.02	0.00688	0.8683	1.1318	Supercrítico	9.116
42	1.855	0.0045	0.1855	0.0241	0.02	0.00285	0.6382	1.0187	Supercrítico	5.531
43	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00020	0.3376	1.0778	Supercrítico	2.395
44	1.287	0.0016	0.1287	0.0127	0.02	0.00101	0.6149	1.3881	Supercrítico	6.358
45	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00021	0.3535	1.1287	Supercrítico	2.626
46	0.902	0.0006	0.0902	0.0065	0.02	0.00018	0.2982	0.9520	Subcrítico	1.869

Fuente: Elaboración propia

De manera equivalente se realizará los parámetros hidráulicos para la rehabilitación de redes de alcantarillado usando el método cracking, teniendo en consideración que para este tipo de metodologías las pendientes se mantienen al igual que el caudal de aporte de la red a corto plazo, siendo parámetros constantes.

El coeficiente de rugosidad de Manning se tomará 0.009 para tuberías propuestas (Poliétileno de alta densidad), de esta manera se hallará los parámetros hidráulicos para el método cracking.

Tabla 15 Parámetros Hidráulicos usando la metodología Cracking

N°	DPEAD	A (m²)	P (m)	R (m)	n CSN (MALO)	Q (m³/s)	V (m/s)	Tensión Tractiva
1	184.60	0.0117	0.2715	0.0430	0.009	0.02531	2.1670	34.299
2	184.60	0.0014	0.1188	0.0117	0.009	0.00083	0.5993	4.046
3	184.60	0.0038	0.1712	0.0223	0.009	0.00306	0.8034	5.873
4	184.60	0.0052	0.1933	0.0271	0.009	0.00711	1.3591	15.745
5	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00022	0.4331	2.640
6	184.60	0.0025	0.1468	0.0171	0.009	0.00165	0.6574	4.289
7	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00018	0.3590	1.814
8	184.60	0.0068	0.2140	0.0316	0.009	0.01373	2.0327	33.466
9	184.60	0.0025	0.1468	0.0171	0.009	0.00205	0.8135	6.568
10	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00021	0.4224	2.512
11	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00017	0.3495	1.719
12	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00018	0.3533	1.757
13	184.60	0.0052	0.1933	0.0271	0.009	0.00676	1.2910	14.208
14	184.60	0.0038	0.1712	0.0223	0.009	0.00276	0.7244	4.774
15	184.60	0.0025	0.1468	0.0171	0.009	0.00198	0.7877	6.158
16	184.60	0.0014	0.1188	0.0117	0.009	0.00496	3.5636	143.063
17	184.60	0.0025	0.1468	0.0171	0.009	0.00191	0.7569	5.687
18	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00020	0.3968	2.216
19	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00021	0.4103	2.370
20	184.60	0.0038	0.1712	0.0223	0.009	0.00398	1.0445	9.926
21	184.60	0.0025	0.1468	0.0171	0.009	0.00155	0.6173	3.782
22	184.60	0.0014	0.1188	0.0117	0.009	0.00079	0.5669	3.621
23	184.60	0.0014	0.1188	0.0117	0.009	0.00080	0.5741	3.713
24	184.60	0.0052	0.1933	0.0271	0.009	0.00722	1.3792	16.215
25	184.60	0.0014	0.1188	0.0117	0.009	0.00063	0.4515	2.296
26	184.60	0.0025	0.1468	0.0171	0.009	0.00226	0.8972	7.990
27	184.60	0.0014	0.1188	0.0117	0.009	0.00071	0.5062	2.887
28	184.60	0.0014	0.1188	0.0117	0.009	0.00104	0.7483	6.308
29	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00018	0.3638	1.863
30	184.60	0.0100	0.2528	0.0395	0.009	0.01874	1.8741	26.386
31	184.60	0.0014	0.1188	0.0117	0.009	0.00070	0.4997	2.813
32	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00018	0.3510	1.734
33	184.60	0.0100	0.2528	0.0395	0.009	0.02143	2.1434	34.512
34	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00015	0.3023	1.286

35	184.60	0.0014	0.1188	0.0117	0.009	0.00079	0.5696	3.655
36	184.60	0.0025	0.1468	0.0171	0.009	0.00364	1.4478	20.806
37	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00018	0.3519	1.743
38	184.60	0.0025	0.1468	0.0171	0.009	0.00166	0.6614	4.342
39	184.60	0.0038	0.1712	0.0223	0.009	0.00351	0.9210	7.718
40	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00016	0.3248	1.485
41	184.60	0.0068	0.2140	0.0316	0.009	0.00688	1.0192	8.414
42	184.60	0.0038	0.1712	0.0223	0.009	0.00285	0.7491	5.105
43	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00020	0.3962	2.210
44	184.60	0.0014	0.1188	0.0117	0.009	0.00101	0.7217	5.868
45	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00021	0.4150	2.424
46	184.60	0.0005	0.0833	0.0060	0.009	0.00018	0.3500	1.725

Fuente: Elaboración propia

Para el caso de rehabilitaciones con el método de Tubería polimerizada in situ se mantiene la pendiente y caudal como constantes. El diámetro interno se reduce en 10.72mm según la Tabla 4 para diámetros de 200 mm el espesor es de 5.36mm.

El coeficiente de rugosidad de Manning se tomará el dato según la empresa Inituform, cuyo valor es de 0.010

Tabla 16 Parámetros Hidráulicos usando la metodología Tubería Polimerizada in situ

Nº	D MANGA	A (m ²)	P (m)	R (m)	n CSN	Q (m ³ /s)	V (m/s)	Tensión Tractiva
1	189.28	0.0123	0.2784	0.0441	0.010	0.02531	2.0612	35.168
2	189.28	0.0015	0.1218	0.0120	0.010	0.00083	0.5700	4.148
3	189.28	0.0040	0.1755	0.0228	0.010	0.00306	0.7642	6.022
4	189.28	0.0055	0.1982	0.0278	0.010	0.00711	1.2927	16.144
5	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00022	0.4119	2.707
6	189.28	0.0026	0.1506	0.0176	0.010	0.00165	0.6253	4.398
7	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00018	0.3414	1.860
8	189.28	0.0071	0.2194	0.0324	0.010	0.01373	1.9335	34.315
9	189.28	0.0026	0.1506	0.0176	0.010	0.00205	0.7738	6.735
10	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00021	0.4018	2.575
11	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00017	0.3324	1.763

12	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00018	0.3360	1.801
13	189.28	0.0055	0.1982	0.0278	0.010	0.00676	1.2280	14.568
14	189.28	0.0040	0.1755	0.0228	0.010	0.00276	0.6890	4.895
15	189.28	0.0026	0.1506	0.0176	0.010	0.00198	0.7492	6.314
16	189.28	0.0015	0.1218	0.0120	0.010	0.00496	3.3895	146.690
17	189.28	0.0026	0.1506	0.0176	0.010	0.00191	0.7199	5.831
18	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00020	0.3774	2.272
19	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00021	0.3903	2.430
20	189.28	0.0040	0.1755	0.0228	0.010	0.00398	0.9935	10.178
21	189.28	0.0026	0.1506	0.0176	0.010	0.00155	0.5871	3.878
22	189.28	0.0015	0.1218	0.0120	0.010	0.00079	0.5392	3.713
23	189.28	0.0015	0.1218	0.0120	0.010	0.00080	0.5461	3.807
24	189.28	0.0055	0.1982	0.0278	0.010	0.00722	1.3118	16.626
25	189.28	0.0015	0.1218	0.0120	0.010	0.00063	0.4294	2.355
26	189.28	0.0026	0.1506	0.0176	0.010	0.00226	0.8534	8.192
27	189.28	0.0015	0.1218	0.0120	0.010	0.00071	0.4815	2.960
28	189.28	0.0015	0.1218	0.0120	0.010	0.00104	0.7117	6.468
29	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00018	0.3460	1.910
30	189.28	0.0105	0.2592	0.0405	0.010	0.01874	1.7826	27.055
31	189.28	0.0015	0.1218	0.0120	0.010	0.00070	0.4753	2.884
32	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00018	0.3339	1.778
33	189.28	0.0105	0.2592	0.0405	0.010	0.02143	2.0387	35.387
34	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00015	0.2875	1.319
35	189.28	0.0015	0.1218	0.0120	0.010	0.00079	0.5417	3.747
36	189.28	0.0026	0.1506	0.0176	0.010	0.00364	1.3771	21.334
37	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00018	0.3347	1.787
38	189.28	0.0026	0.1506	0.0176	0.010	0.00166	0.6291	4.452
39	189.28	0.0040	0.1755	0.0228	0.010	0.00351	0.8760	7.913
40	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00016	0.3089	1.523
41	189.28	0.0071	0.2194	0.0324	0.010	0.00688	0.9695	8.627
42	189.28	0.0040	0.1755	0.0228	0.010	0.00285	0.7125	5.234
43	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00020	0.3769	2.266
44	189.28	0.0015	0.1218	0.0120	0.010	0.00101	0.6865	6.017
45	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00021	0.3947	2.486
46	189.28	0.0005	0.0854	0.0062	0.010	0.00018	0.3329	1.768

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Aspectos economicos, sociales y ambientales entre los metodos sin zanja.

Se realizo la encuesta a 10 especialistas de los métodos sin zanja, las cuales son los métodos Cracking y Tubería polimerizada in situ

- Preguntas realizadas en la encuesta

1. **¿Conoce los métodos sin zanja aplicados para rehabilitaciones de redes de alcantarillado?**

Tabla 17 Especialistas que conocen los Métodos sin Zanja

Conoce los Métodos sin Zanja	N. Especialistas	%
Si	10	100
No	0	0
Total	10	100

Fuente: Elaboración propia

R.1: La tabla 17 nos muestra que todos los especialistas conocen los metodos sin zanja aplicados en esta investigacion.

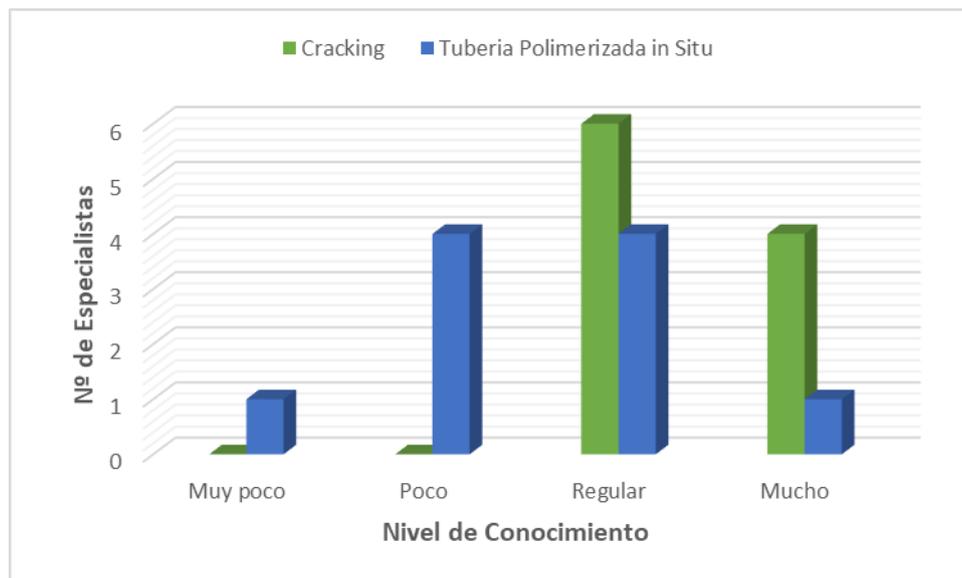
2. **¿Cuál es el nivel de conocimiento en los procesos constructivos de los metodos sin zanja?**

Tabla 18 Nivel de Conocimiento de procesos constructivos

Métodos Sin Zanja	Muy poco	Poco	Regular	Mucho
Cracking	0	0	6	4
Tubería Polimerizada in Situ	1	4	4	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Nivel de Conocimiento de Procesos Constructivos



Fuente: Elaboración propia

R.2: La tabla 18 nos muestra que todos los especialistas conocen los procesos constructivos de la metodología Cracking y en cuanto a Tubería polimerizada in situ conoce poco la mitad de los encuestados.

Analizando el proceso constructivo de rehabilitación con zanja y los métodos sin zanja, responda lo siguiente:

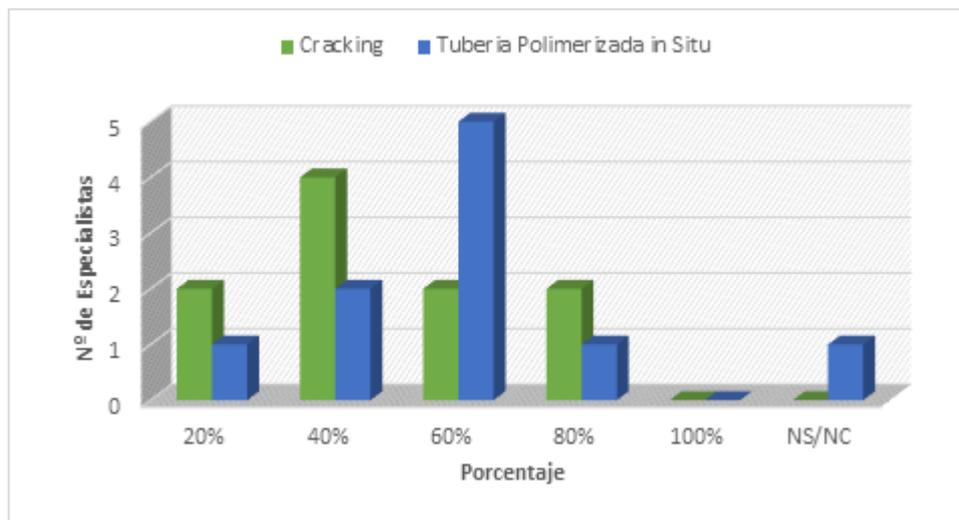
3. ¿En cuánto porcentaje se reduce la intensidad del sonido al aplicar los métodos?

Tabla 19 Reducción de Intensidad de Ruido

Métodos Sin Zanja	20%	40%	60%	80%	100%	NS/NC
Cracking	2	4	2	2	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	1	2	5	1	0	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 13 Reducción de Intensidad de Ruido



Fuente: Elaboración propia

R.3: La tabla 19 nos muestra que el 40% de especialistas indican que reduce la intensidad de ruido en la metodología cracking y el 60% en tubería polimerizada in situ

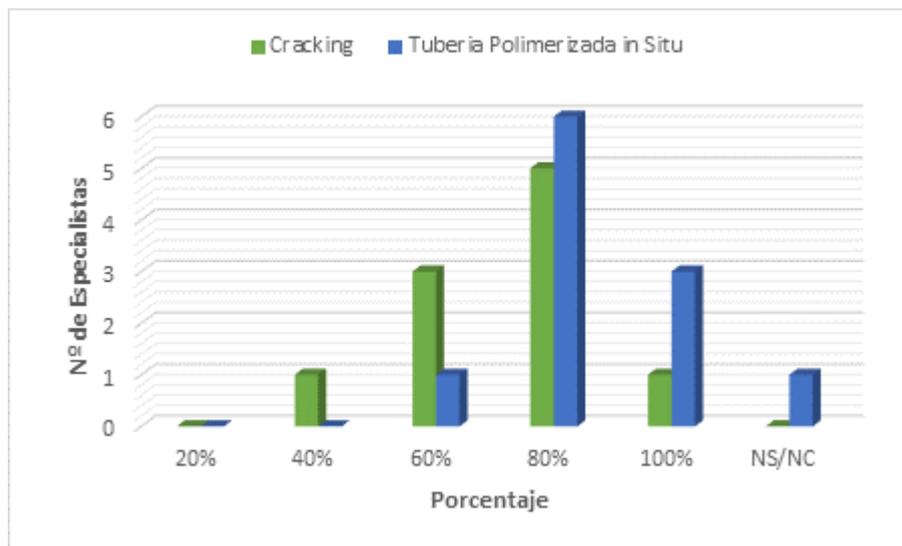
4. ¿Según su experiencia en cuánto porcentaje disminuye en el uso de maquinarias?

Tabla 20 Uso de Maquinarias

Métodos Sin Zanja	20%	40%	60%	80%	100%	NS/NC
Cracking	0	1	3	5	1	0
Tubería Polimerizada in Situ	0	0	1	6	3	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Representación de usos de maquinarias



Fuente: Elaboración propia

R.4: La tabla 20 nos muestra que el 60% y 80% de especialistas indican que reduce la intensidad de ruido usando el método cracking y el 80% a 100% usando tubería polimerizada in situ

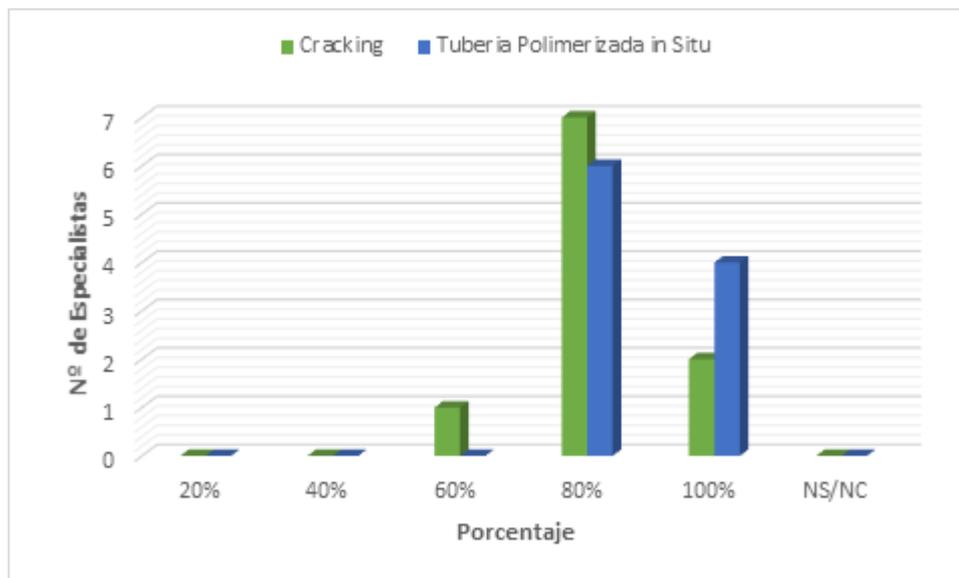
5. ¿En que porcentaje disminuye el movimiento de tierras en estas metodologías?

Tabla 21 Disminución de movimiento de tierras usando métodos sin zanja

Métodos Sin Zanja	20%	40%	60%	80%	100%	NS/NC
Cracking	0	0	1	7	2	0
Tubería Polimerizada in Situ	0	0	0	6	4	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 15 Disminucion de movimiento de tierras usando métodos sin zanja



Fuente: Elaboración propia

R.5: La tabla 21 nos muestra que el 80% usando el método cracking disminuye el movimiento de tierras y entre el 80% y 100% en la metodología tubería polimerizada in situ.

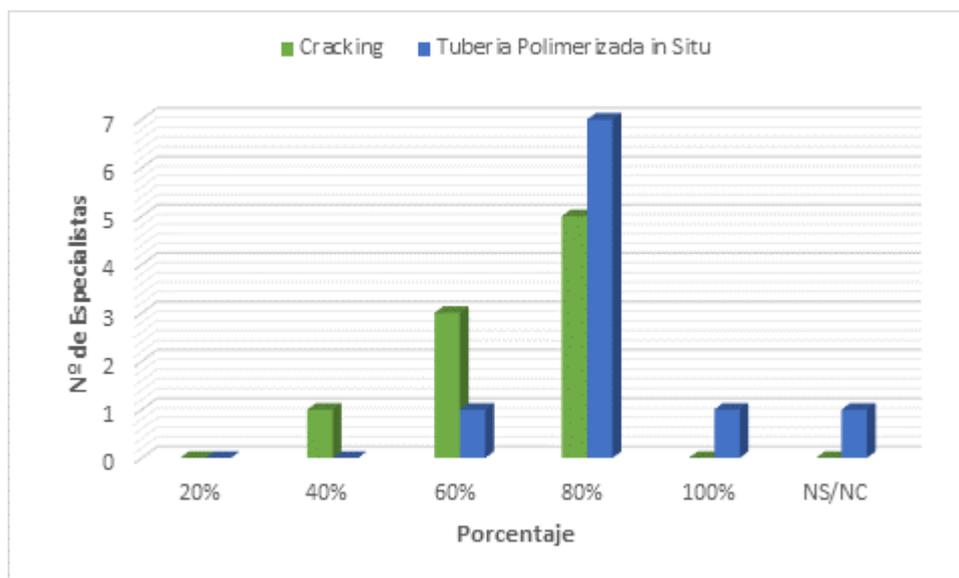
6. ¿En que porcentaje disminuye la contaminación ambiental?

Tabla 22 Porcentaje que disminuye la contaminación ambiental

Métodos Sin Zanja	20%	40%	60%	80%	100%	NS/NC
Cracking	0	1	3	6	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	0	0	1	7	1	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 16 Porcentaje que disminuye la contaminación ambiental



Fuente: Elaboración propia

R.6: La tabla 22 nos muestra que para los especialistas el 60% y 80% usando el metodo cracking disminuye la contaminacion ambiental y la mayoría de especialistas indica que el 80% disminuye usando la metodologia tubería polimerizada in situ.

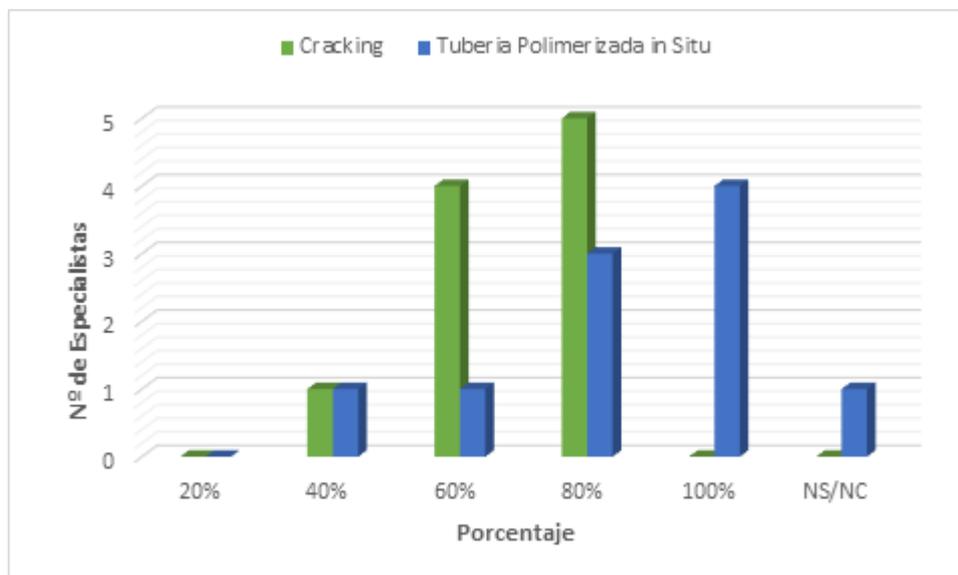
7. ¿En que porcentaje disminuye el impacto del paisaje urbano?

Tabla 23 Porcentaje que disminuye el impacto urbano

Métodos Sin Zanja	20%	40%	60%	80%	100%	NS/NC
Cracking	0	1	4	5	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	0	1	1	3	4	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 17 Porcentaje que disminuye el impacto urbano



Fuente: Elaboración propia

R.7: La tabla 23 nos muestra que para los especialistas el 60% y 80% usando el método cracking disminuye la contaminación ambiental y la mayoría de especialistas indica que el 80% disminuye usando la metodología tubería polimerizada in situ.

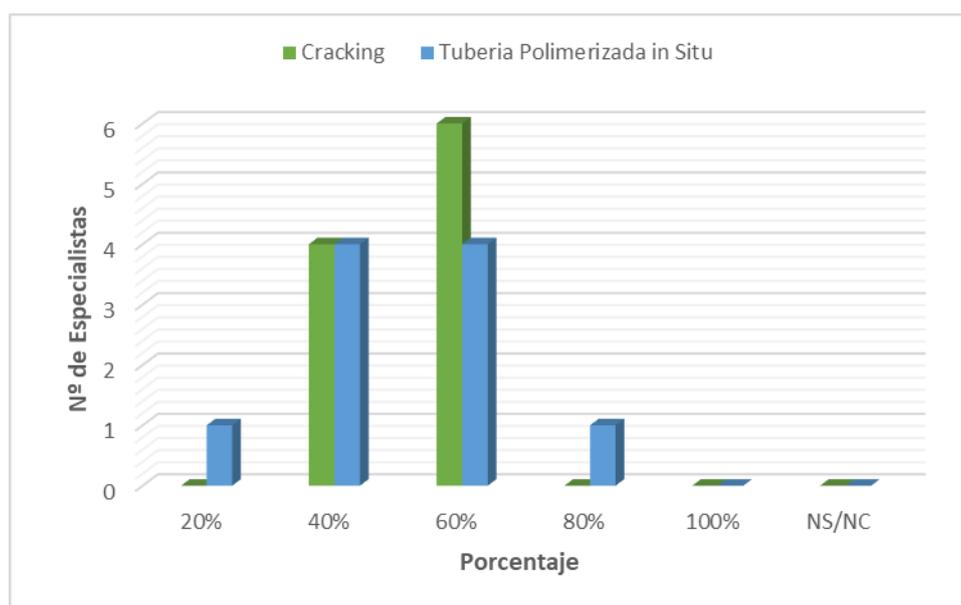
8. ¿En que porcentaje disminuye los costos según los métodos sin zanja?

Tabla 24 Porcentaje que disminuye los costos según el método sin zanja

Métodos Sin Zanja	20%	40%	60%	80%	100%	NS/NC
Cracking	0	4	6	0	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	1	4	4	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 18 Porcentaje que disminuye los costos según el método sin zanja



Fuente: Elaboración propia

R.8: La tabla 24 nos muestra que para los especialistas entre 20% y 40% se aminora los costos usando el metodo cracking y tubería polimerizada in situ.

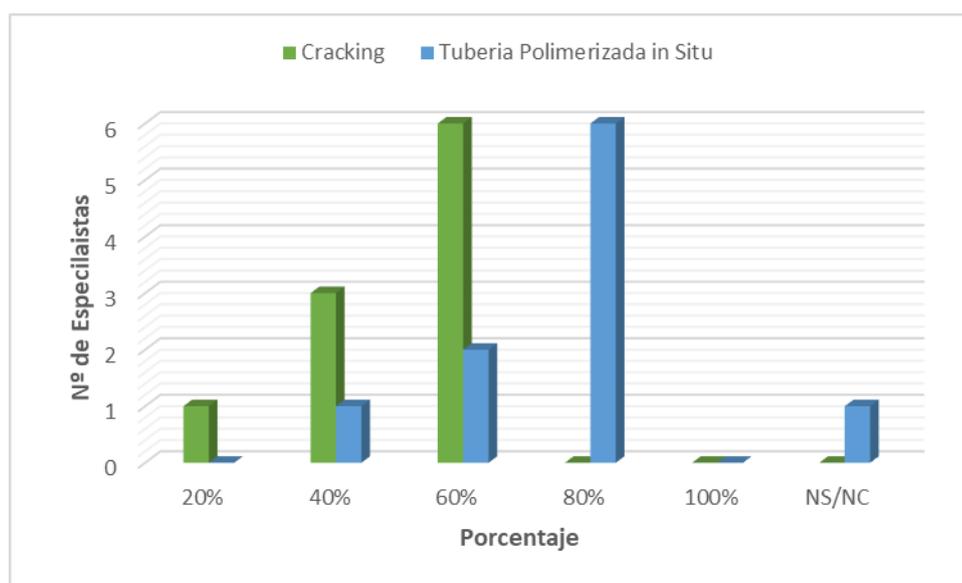
9. ¿En que porcentaje disminuye los tiempos de ejecución según los métodos?

Tabla 25 Porcentaje que disminuye los tiempos de ejecución

Métodos Sin Zanja	20%	40%	60%	80%	100%	NS/NC
Cracking	1	3	6	0	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	0	1	2	6	0	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 19 Porcentaje que disminuye los tiempos de ejecución



Fuente: Elaboración propia

R.9: La tabla 25 nos muestra que para los especialistas los porcentajes que disminuye los tiempos de ejecución son entre 20%, 40% y 60% usando el método cracking y la mayoría de especialistas indica que el 20% y 40% disminuye usando la metodología tubería polimerizada in situ.

En el Aspecto Social responda las siguientes preguntas:

Aspecto Social

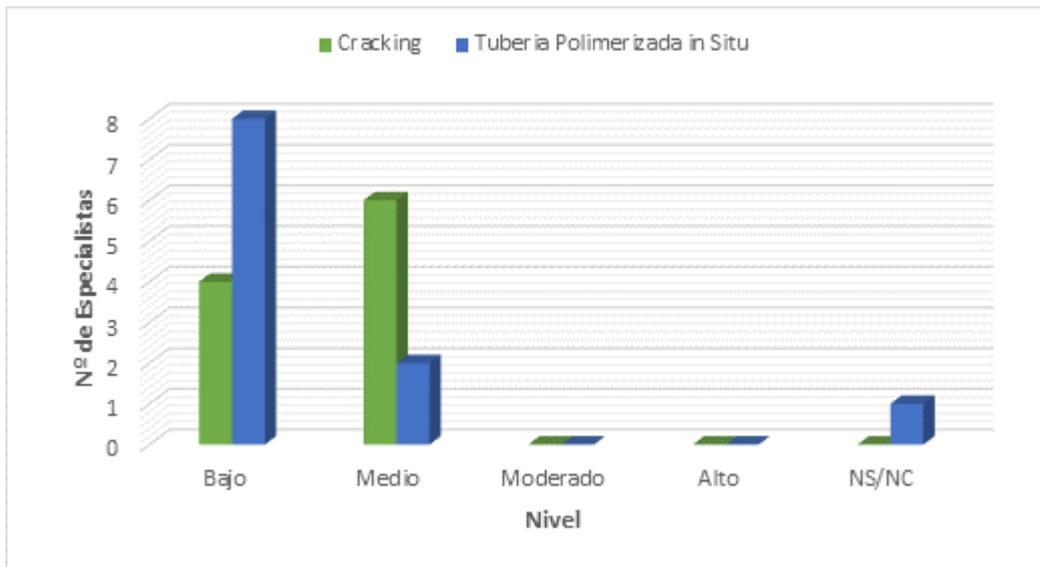
10. ¿Cuál es el nivel de incomodidad de los habitantes durante las actividades que se generan según su criterio?

Tabla 26 Nivel de incomodidad de los habitantes

Métodos Sin Zanja	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Cracking	4	6	0	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	8	2	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 20 Nivel de incomodidad de los habitantes



Fuente: Elaboración propia

R.10: La tabla 26 nos muestra que para los especialistas el nivel de incomodidad que se genera es de bajo a medio en ambos metodos sin zanja.

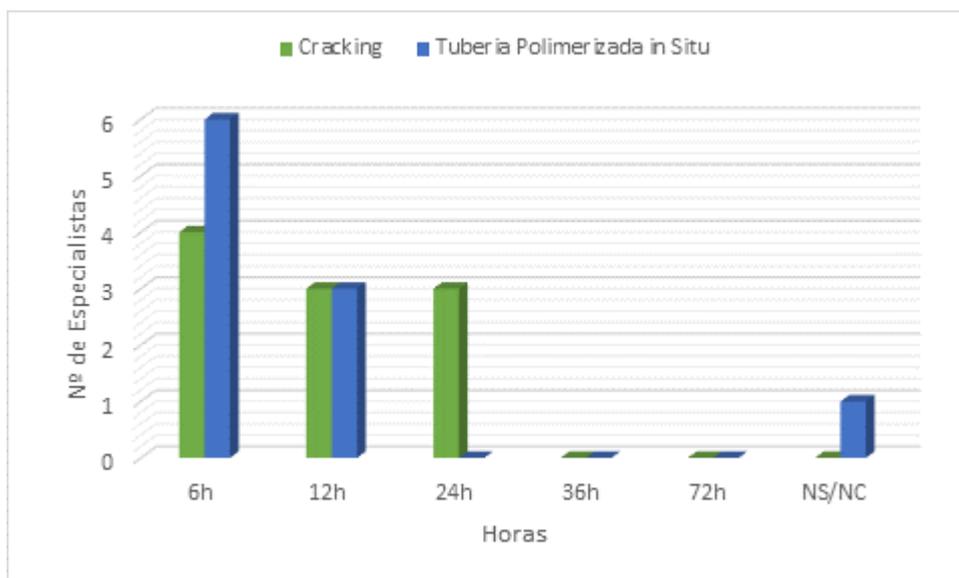
11. ¿Cuántas horas se limita el tráfico vehicular durante la ejecución de las actividades ?

Tabla 27 Horas que se limita el tráfico vehicular

Métodos Sin Zanja	6h	12h	24h	36h	72h	NS/NC
Cracking	4	3	3	0	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	6	3	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 21 Horas que se limita el tráfico vehicular



Fuente: Elaboración propia

R.11: La tabla 27 nos muestra que para los especialistas se limita el tráfico entre 6 a 24 horas usando el método Cracking y entre 6 y 12 horas usando la metodología tubería polimerizada in situ.

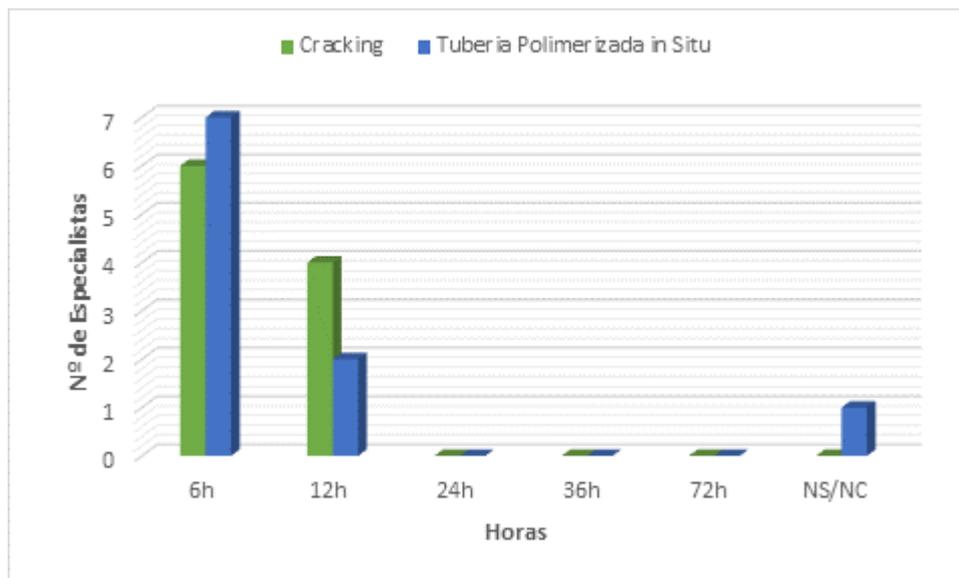
12. ¿Cuántas horas se limita el tráfico peatonal durante la ejecución de las actividades?

Tabla 28 Horas que se limita el tráfico peatonal

Métodos Sin Zanja	6h	12h	24h	36h	72h	NS/NC
Cracking	6	4	0	0	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	7	2	0	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 22 Horas que se limita el tráfico peatonal



Fuente: Elaboración propia

R.12: La tabla 28 nos muestra que para los especialistas se limita el tráfico peatonal entre 6 a 12 horas usando el método Cracking al igual que usando la metodología tubería polimerizada in situ.

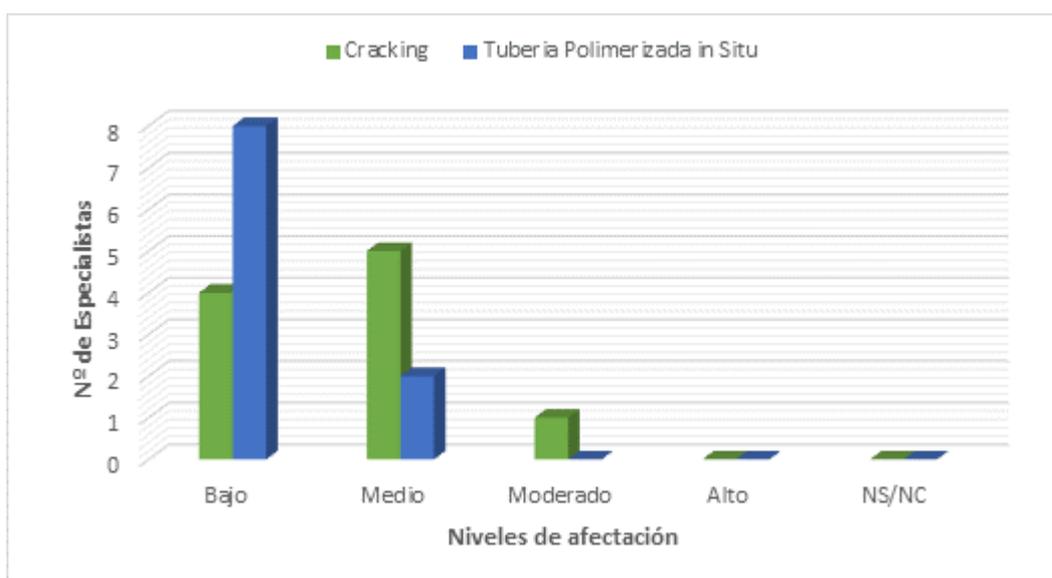
13. ¿Cual es el nivel en que afecta a los negocios durante el tiempo de trabajo en las zonas comerciales?

Tabla 29 Nivel que afecta en las zonas comerciales

Métodos Sin Zanja	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Cracking	4	5	1	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	8	2	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 23 Nivel que afecta en las zonas comerciales



Fuente: Elaboración propia

R.11: La tabla 29 nos muestra que para los especialistas en nivel que el trabajo afecta a los negocios comerciales es de bajo a medio usando la metodología Cracking y la metodología tubería polimerizada in situ.

Aspecto Económico

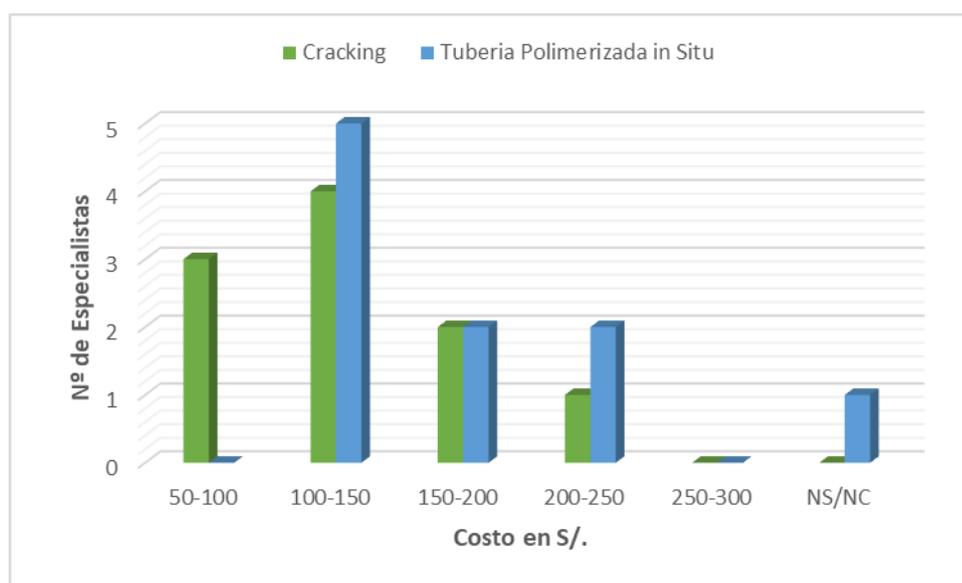
14. ¿Cuanto oscila el costo por metro lineal en rehabilitaciones de tuberías de alcantarillado?

Tabla 30 Costo por metro lineal en rehabilitaciones

Métodos Sin Zanja	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	NS/NC
Cracking	3	4	2	1	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	0	5	2	2	0	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 24 Costo por metro lineal en rehabilitaciones



Fuente: Elaboración propia

R.14: La tabla 30 nos muestra que para los especialistas el costo por metro lineal de rehabilitación de tuberías de alcantarillado S/.100.00 a S/.200.00 soles al igual que usando la metodología tubería polimerizada in situ.

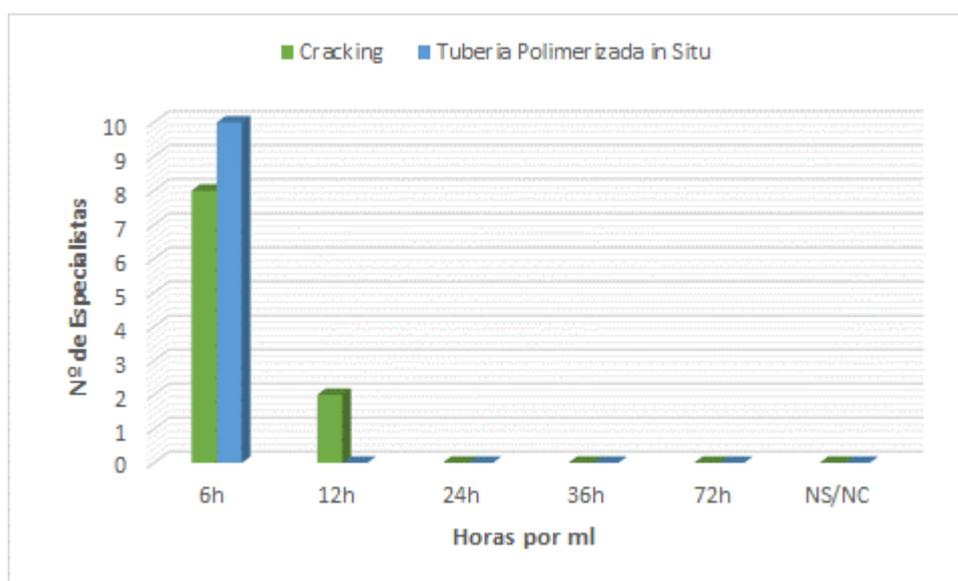
15. ¿Cuántas horas por metro lineal equivale la ejecución de tramos de rehabilitación de tuberías de alcantarillado?

Tabla 31 Horas por metro lineal en ejecución de tramos de rehabilitación

Métodos Sin Zanja	6h	12h	24h	36h	72h	NS/NC
Cracking	8	2	0	0	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	10	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 25 Horas por metro lineal en ejecución de tramos de rehabilitación



Fuente: Elaboración propia

R.15: La tabla 31 nos muestra que para los especialistas las horas que se emplea por metro lineal de tramos rehabilitados es en su mayoría de 6 horas a 12 horas y en el método tubería polimerizada in situ indica que son 6 horas.

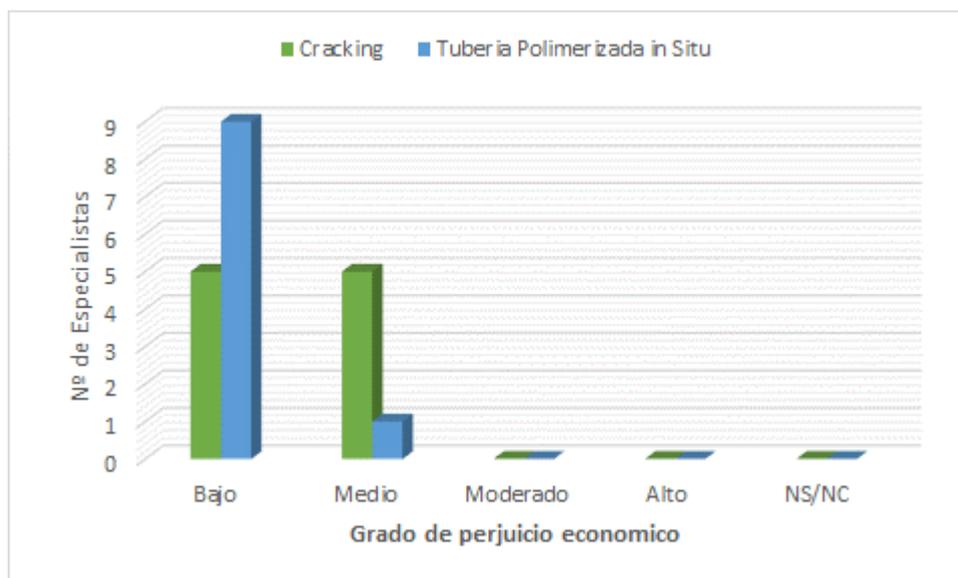
16. ¿Cuanto es el grado de perjuicio económico de los negocios, durante ejecución en rehabilitación de tuberías de alcantarillado?

Tabla 32 Grado de perjuicio económico de los negocios

Métodos Sin Zanja	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Cracking	5	5	0	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	9	1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 26 Grado de perjuicio económico de los negocios



Fuente: Elaboración propia

R.16: La tabla 32 nos muestra que para los especialistas el grado de perjuicio económico de los negocios de bajo a medio usando método Cracking y bajo con el método de tubería polimerizada in situ.

Aspecto Ambiental

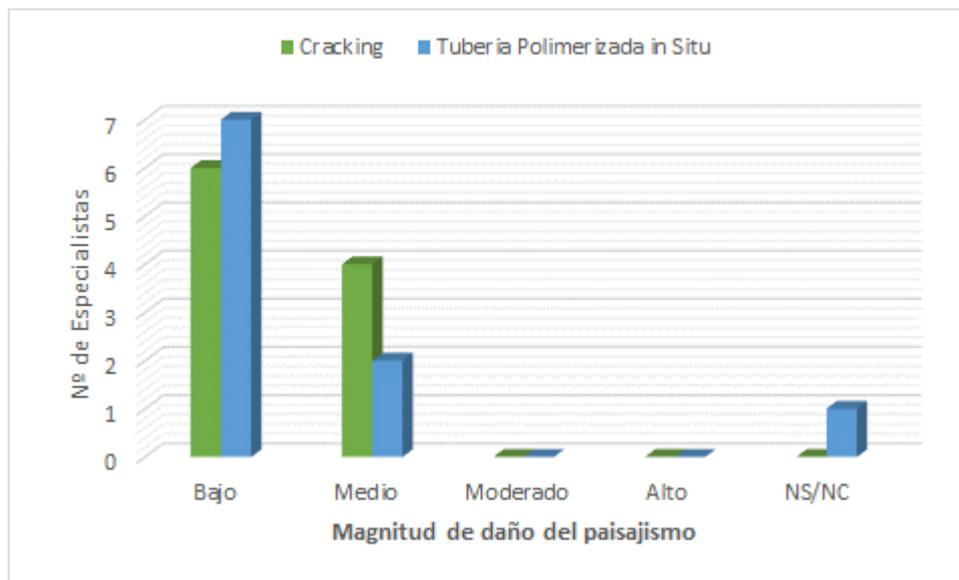
17. ¿Cual es la magnitud de daño del paisajismo urbano durante las actividades de rehabilitación de tuberías de alcantarillado?

Tabla 33 Magnitud de daño de paisajismo

Métodos Sin Zanja	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Cracking	6	4	0	0	0
Tubería Polimerizada in Situ	7	2	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 27 Magnitud de daño de paisajismo



Fuente: Elaboración propia

R.17: La tabla 33 nos muestra que para los especialistas la magnitud de daño al paisajismo durante las actividades de rehabilitación usando el método Cracking es de Bajo y Medio al igual que con el método de tubería polimerizada in situ.

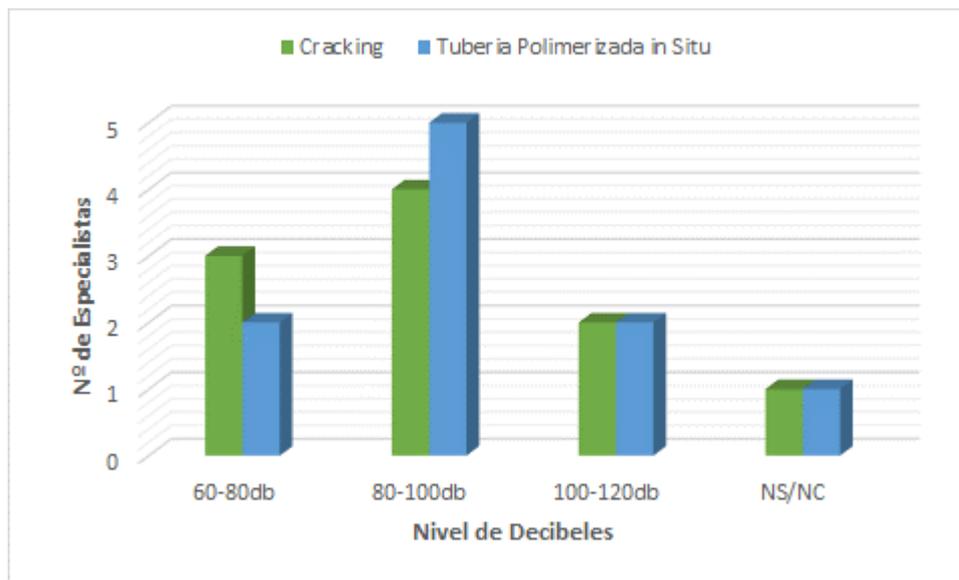
18. ¿A Cuanto oscila el nivel de decibeles que afecta a los pobladores durante la rehabilitación ?

Tabla 34 Nivel de decibeles que afecta a los pobladores

Métodos Sin Zanja	60-80db	80-100db	100-120db	NS/NC
Cracking	3	4	2	1
Tubería Polimerizada in Situ	2	5	2	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 28 Nivel de decibeles que afecta a los pobladores



Fuente: Elaboración propia

R.18: La tabla 34 nos muestra que para la mayoría de especialistas el nivel de decibeles que afecta a los pobladores durante la rehabilitación usando método Cracking es de 80 a 100 decibeles de igual forma para el método de tubería polimerizada in situ.

19. ¿Cuales son los niveles de humo y gases que se genera al usar maquinarias y equipos en la metodologías sin zanja?

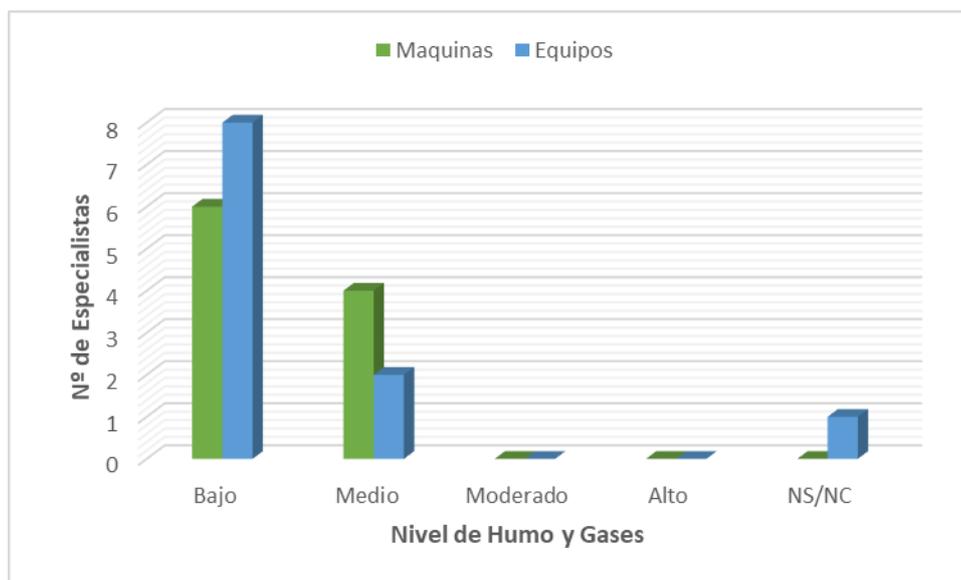
- **Cracking**

Tabla 35 Niveles de Humo y gases método cracking

Cracking	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Maquinas	6	4	0	0	0
Equipos	8	2	0	0	1

Fuente: Elaboración propia

Figura 29 Niveles de Humo y gases método cracking



Fuente: Elaboración propia

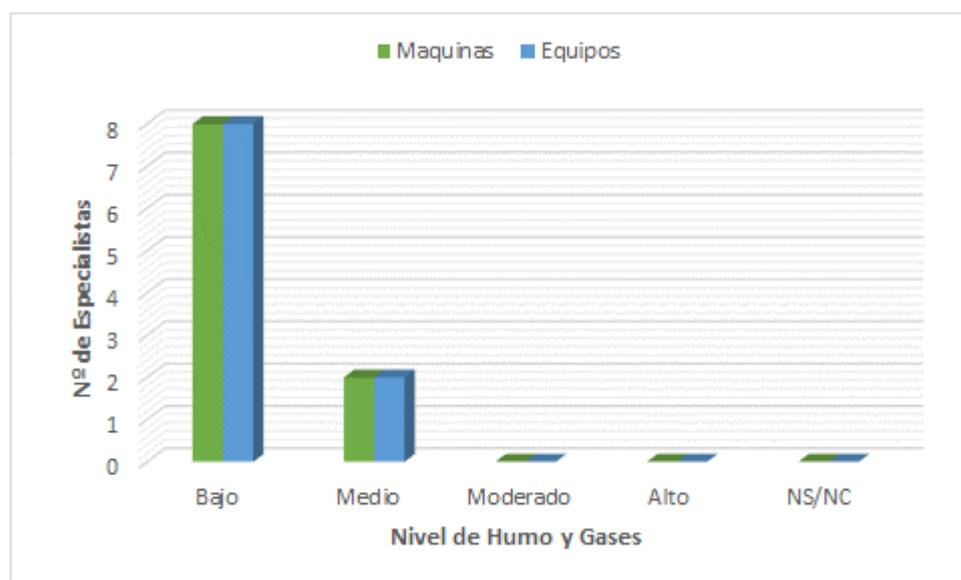
- **Tubería Polimerizada in Situ**

Tabla 36 Niveles de Humo y gases método tubería polimerizada in situ

Tubería Polimerizada in situ	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Maquinas	8	2	0	0	0
Equipos	8	2	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 30 Niveles de Humo y gases método tubería polimerizada in situ



Fuente: Elaboración propia

R.19: La tabla 35 y 36 nos muestra que para los especialistas los niveles de humo y gases que se genera al usar maquinarias y quipos es Bajo usando metodo Cracking de igual forma con el metodo de tuberia polimerizada in situ.

20. ¿Cuales son los niveles de partículas de polvo que se produce al realizar las siguientes actividades?

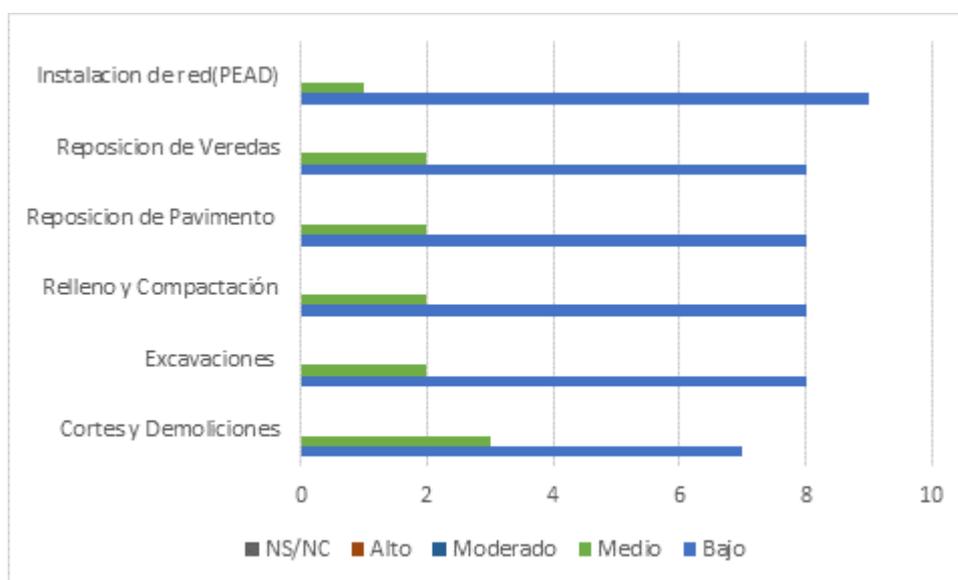
- **Cracking**

Tabla 37 Niveles de partículas de polvo al realizar actividades en el método cracking

Actividades Método Cracking	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Cortes y Demoliciones	7	3	0	0	0
Excavaciones	8	2	0	0	0
Relleno y Compactación	8	2	0	0	0
Reposición de Pavimento	8	2	0	0	0
Reposición de Veredas	8	2	0	0	0
Instalación de red (PEAD)	9	1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 31 Niveles de partículas de polvo al realizar actividades en el método cracking



Fuente: Elaboración propia

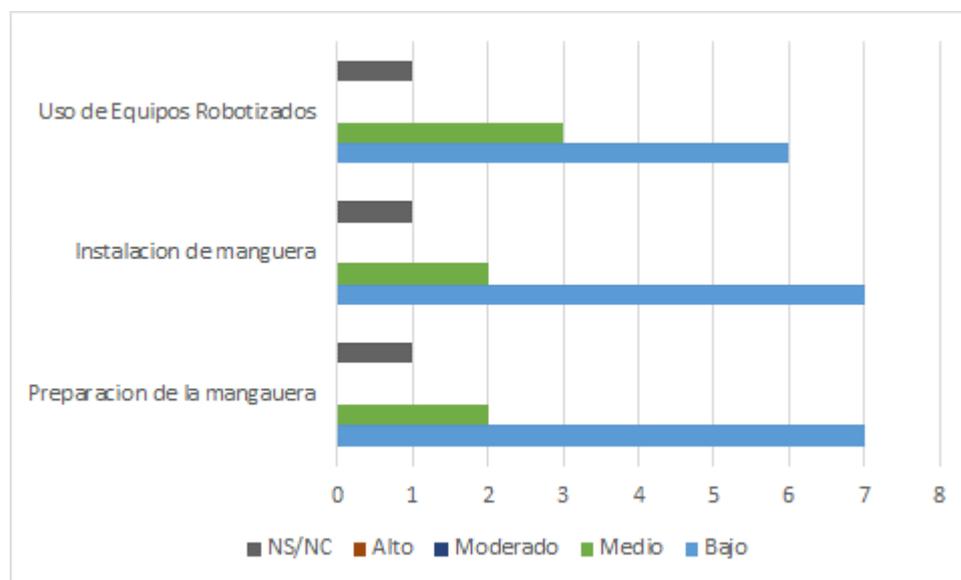
- **Tubería Polimerizada in Situ**

Tabla 38 Niveles de partículas de polvo al realizar actividades en el método CIPP

Actividades Método CIPP	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Preparación de la manguera	8	2	0	0	0
Instalación de manguera	9	1	0	0	0
Uso de Equipos Robotizados	8	2	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 32 Niveles de partículas de polvo al realizar actividades en el método CIPP



Fuente: Elaboración propia

R.20: La tabla 37 y 38 nos muestra que para la mayoría de especialistas los niveles de partícula de polvo al realizar actividades es Bajo usando método Cracking de igual forma con el método de tubería polimerizada in situ.

21. ¿Cuál es los niveles de vibraciones que se producen al utilizar maquinaria y equipos?

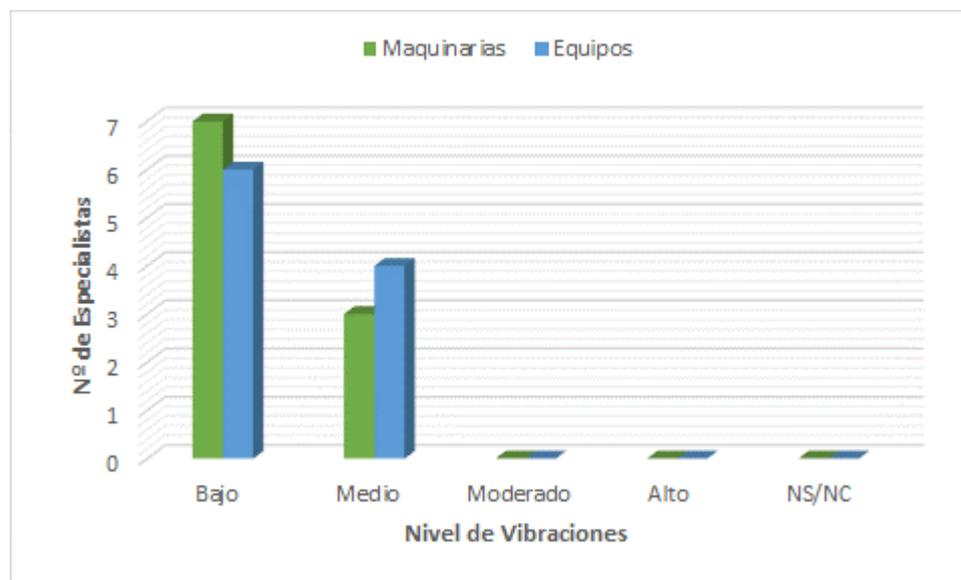
- **Cracking**

Tabla 39 Niveles de vibraciones al usar maquinaria y equipo por el método cracking

Actividades Método Cracking	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Maquinarias	7	3	0	0	0
Equipos	6	4	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 33 Niveles de vibraciones al usar maquinaria y equipo por el método cracking



Fuente: Elaboración propia

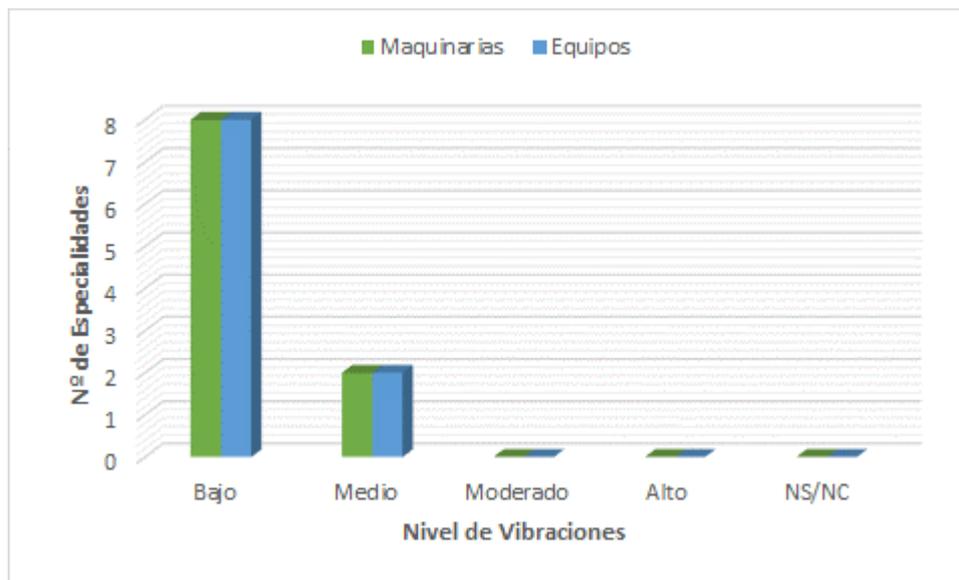
- **Tubería Polimerizada in Situ**

Tabla 40 Niveles de vibraciones al usar maquinaria y equipo por el método CIPP

Actividades Método CIPP	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Maquinarias	8	2	0	0	0
Equipos	8	2	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 34 Niveles de vibraciones al usar maquinaria y equipo por el método CIPP



Fuente: Elaboración propia

R.21: La tabla 39 y tabla 40 nos muestra que para la mayoría de los especialistas los niveles de vibraciones al usar maquinaria y equipo es Bajo usando metodo Cracking de igual forma con el metodo de tuberia polimerizada in situ.

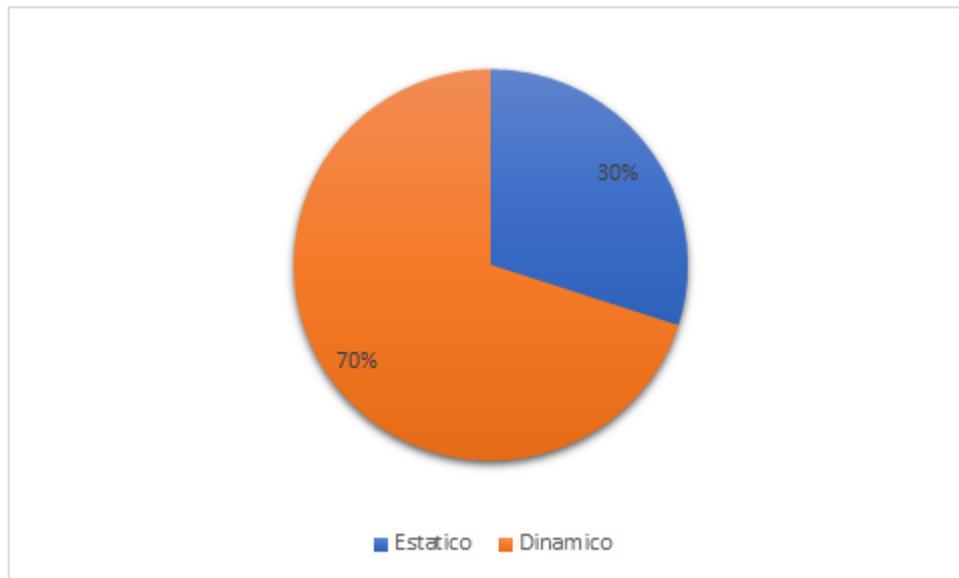
22. ¿Cuáles de los métodos Cracking es el más adecuado para la rehabilitación de las redes de alcantarillado?

Tabla 41 Métodos Cracking usados para rehabilitación de alcantarillado

Métodos Cracking	Nº	%
Estático	3	30
Dinámico	7	70
Total	10	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 35 Métodos Cracking usados para rehabilitación de alcantarillado



Fuente: Elaboración propia

R.22: La tabla 41 nos muestra que para la mayoría de especialistas el método cracking más usado es el dinámico con un 70%

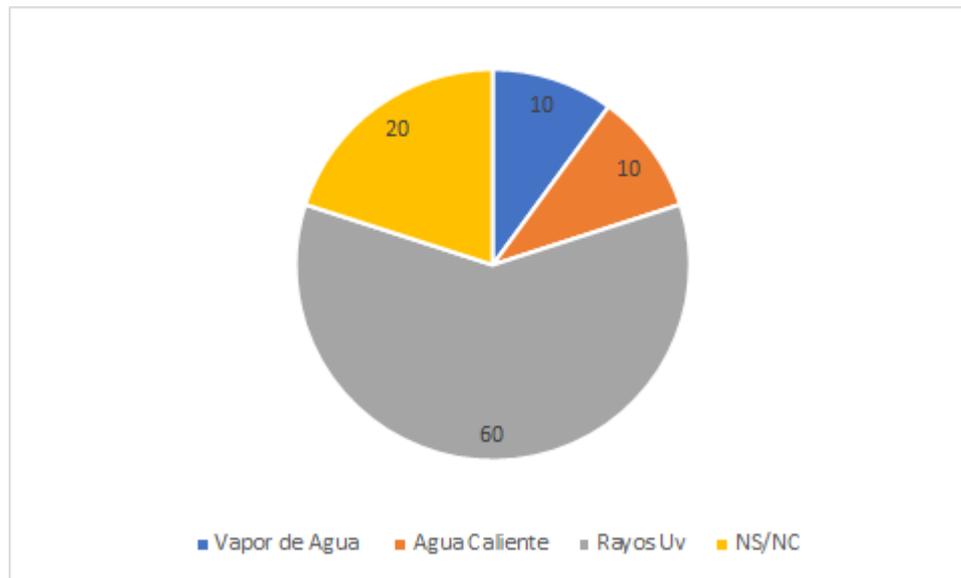
23. ¿Que tipo de curado en Tubería Polimerizada in Situ es el más adecuado para la rehabilitación de redes de alcantarillado?

Tabla 42 Tipo de curado usando método CIPP

Curados CIPP	Nº	%
Vapor de Agua	1	10
Agua Caliente	1	10
Rayos Uv	6	60
NS/NC	2	20
Total	10	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 36 Tipo de curado usando método CIPP



Fuente: Elaboración propia

R.23: La tabla 42 nos muestra que para la mayoría de especialistas el el curado en tubería polimerizada in situ más usado es el de Rayos UV con un 60%.

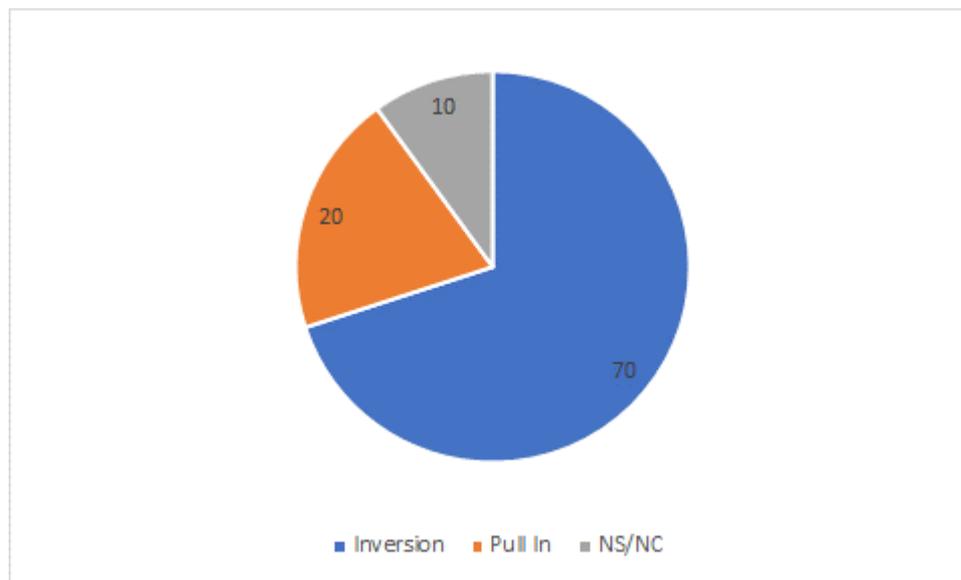
24. ¿Qué tipo de instalación usados en Tubería Polimerizada in Situ es el más adecuado en rehabilitación de las Redes de Alcantarillado?

Tabla 43 Tipo de instalación usado en CIPP

Instalación CIPP	Nº	%
Inversión	6	60
Pull In	2	20
NS/NC	1	10
Total	10	100

Fuente: Elaboración propia

Figura 37 Tipo de instalacion usado en CIPP



Fuente: Elaboración propia

R.24: La tabla 43 nos muestra que para la mayoría de especialistas el tipo de instalación más usada en tuberías polimerizadas in situ es el de Inversion con un 60% .

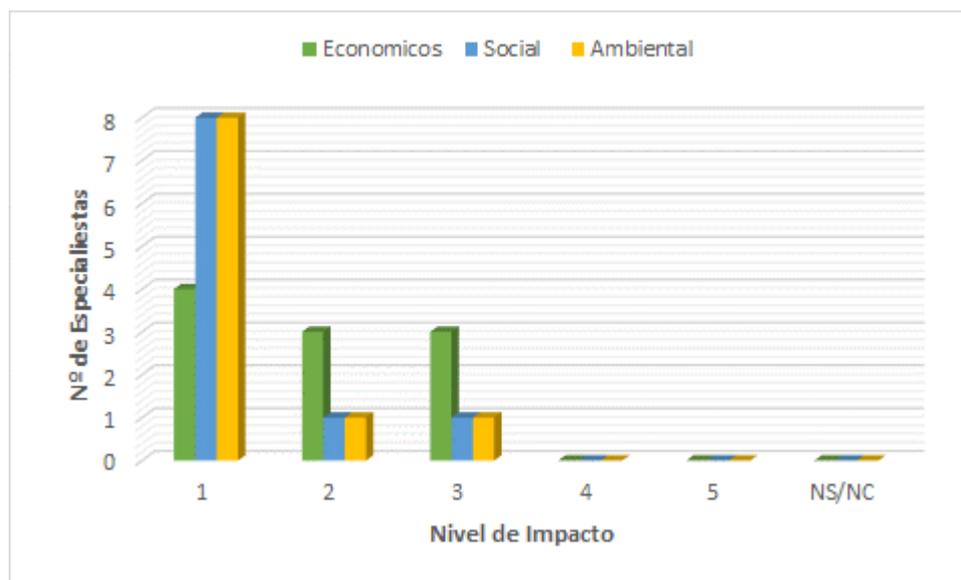
25. ¿Cual cree q sea el nivel del impacto negativo del metodo cracking de los siguientes aspectos? (Califique de 1 al 5, siendo 1 el más bajo y 5 el más alto)

Tabla 44 Nivel de impacto negativo de metodo cracking

Aspectos Método Cracking	1	2	3	4	5	NS/NC
Económicos	4	3	3	0	0	0
Social	8	1	1	0	0	0
Ambiental	8	1	1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 38 Nivel de impacto negativo de metodo cracking



Fuente: Elaboración propia

R.25: La tabla 44 nos muestra que para la mayoría de especialistas el nivel de impacto negativo usando el metodo Cracking es el 1 que representa el impacto mas bajo en los aspectos economicos, social y ambiental.

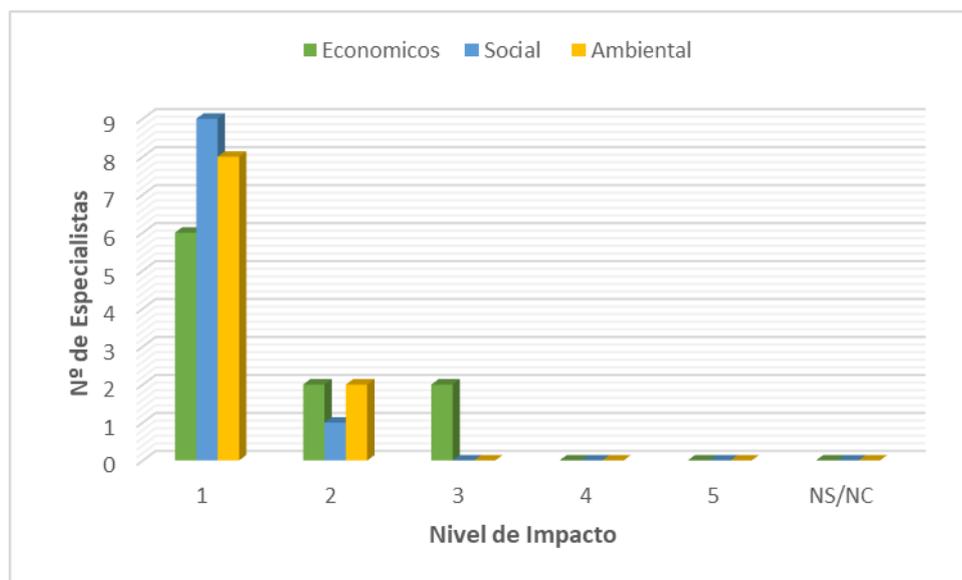
26. ¿Cuál cree que sea el nivel del impacto negativo del metodo CIPP de los siguientes aspectos? (Califique del 1 al 5, siendo 1 más bajo y el 5 el más alto)

Tabla 45 Nivel de impacto del metodo CIPP

Aspectos Método CIPP	1	2	3	4	5	NS/NC
Económicos	6	2	2	0	0	0
Social	9	1	0	0	0	0
Ambiental	8	2	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 39 Nivel de impacto del metodo CIPP



Fuente: Elaboración propia

R.26: La tabla 45 nos muestra que para la mayoría de especialistas el nivel de impacto negativo usando el metodo tubería polimerizada in situ es el 1 que representa el impacto mas bajo en los aspectos economicos, social y ambiental.

5.1.3 Proceso constructivo cracking y tubería polimerizada in situ

5.1.3.1 Proceso Constructivo Cracking

a. Señalización del área de trabajo

Los cachacos, mallas y cintas se utilizan para marcar zonas o zonas de paso de peatones y vehículos. Se usan comúnmente para cercar zanjas, aceras rotas, agregados vertidos en sitios de construcción, limpieza de terrenos, etc. Los letreros y machones se utilizan para advertir a los peatones y vehículos de los cierres de avenidas o calles, desvíos y zonas de peligro.

El área de trabajo debe estar siempre señalizado dándole preferencia al peatón y que se puedan trasladarse con la seguridad del caso evitando accidentes.

Figura 40 Señalización de interferencia

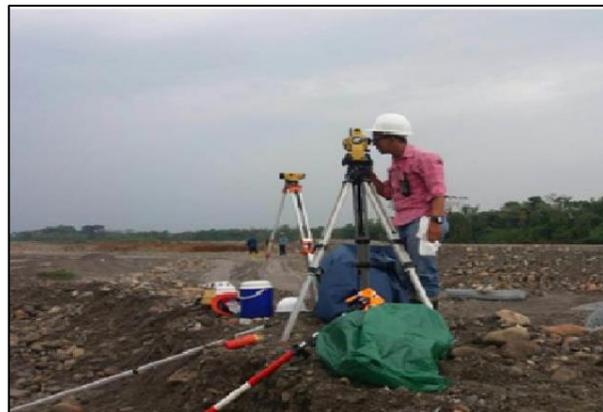


Fuente: Elaboración Propia

b. Trazo y replanteo

Esta actividad se realizan los levantamientos topográficos, como también toma de niveles se ejecuta los trabajos según los planos del expediente técnico.

Figura 41 Levantamiento Topográfico



Fuente: Elaboración Propia

c. Corte

Después del trazo, se corta las ventanas marcadas en los buzones inferior y superior y el pavimento marcado donde se procederá a realizar la instalación de conexiones domiciliaras.

Además, las aceras se cortan a lo largo de los contornos de las bruñas delimitando el paño, con cajas de registro de propiedad colocadas en su interior.

Figura 42 Corte de Ventanas



Fuente: Elaboración Propia

d. Rotura

Para realizar la rotura en veredas y pavimento se hace con los siguientes equipos:

- Martillo neumático utilizado en pavimento de concreto.
- Martillo eléctrico, utilizado para veredas y pavimento hecho de asfalto.

e. Excavación

Las excavadoras remueven y extraen el suelo a una profundidad donde la red de recolección está en la ventana, y se realiza la misma acción con las conexiones de la vivienda, teniendo en cuenta las interferencias que existen debajo de la superficie, como redes de agua, luz, gas y comunicaciones pueden dañarse por acción mecánica. Por lo tanto, la excavación debe realizarse con sumo cuidado y siempre por personal capacitado, tanto en el manejo de la máquina como en el personal que la guía. La excavación también debe realizarse en la conexión domiciliaria, tal como se muestra en la Figura 43

Figura 43 Corte de Ventana



Fuente: Elaboración Propia

f. Termofusión

El método, también llamado fusión en caliente o soldadura, se realiza utilizando equipos de fusión en caliente en los siguientes pasos: soldar. La acción hidráulica une y alinea los tubos para eliminar los espacios de adhesivo.

Se continúa fresando la tubería después de la alineación. Esto pulirá ambos extremos y le dará al tubo un acabado cuadrado. Use la base de alineación para conectar el tubo a la placa de fresado y pula ambos extremos del tubo. Una vez que se realiza el trabajo, la tubería se limpia de escombros y ambos extremos de la tubería se limpian.

Figura 44 Termofusión o Soldadura de Tuberías



Fuente: Elaboración Propia

g. Instalación de equipo Cracking

El equipo Cracking es llevado con una grúa hasta la ventana del buzón que se encuneta aguas arriba. Una vez colocado al costado de la ventana se procede a bajar los equipos de fragmentación con ayuda de la grúa.

Figura 45 Traslado de equipo Cracking



Figura 46 Colocación de equipo en ventanas del buzón



Fuente: Elaboración Propia

h. Rehabilitación de la red de alcantarillado

El equipo de Cracking inserta las varillas neumáticamente en la red. Para ello se coloca las barras una por una se introduce en la tubería hasta llegar a la ventana del buzón aguas abajo.

Se instalará en la tubería ya soldada el topo y se anclará a esta, luego se traslada la tubería con la retroexcavadora hacia el interior de la ventana, que se encuentra en el buzón aguas abajo, para conectar el topo con la varilla. Se iniciará la rehabilitación de la red de alcantarillado con el equipo de Fragmentación tirando las barras de acero el topo, este a su

vez introducirá la tubería PEAD en el interior de la tubería existente como se aprecia en la figura 47. El topo fragmentará la tubería mientras se vaya trasladando por el interior de ella hasta su salida por la ventana ubicada aguas arriba.

Figura 47 Empalmes de tubería HDPE



Fuente: Elaboración Propia

i. Instalación de conexiones domiciliarias de desagüe

La instalación procede de la siguiente manera:

- Se coloca una abrazadera en el punto donde habrá la descargar de aguas servidas del predio, se marca y se procede a perforar un orificio en la tubería HDPE y para su instalación.
- Se instala un codo de PVC de 45° o 90° en la abrazadera, se coloca un anillo de jebe que protege la posible filtración desde la vivienda hasta la red.
- Una vez colocado el codo se instala la tubería PVC hasta la ubicación de la caja de registro de la vivienda.
- Se realiza la instalación en la caja de registro.
- Se realiza el anclaje de la tubería con la caja de registro con una mezcla de concreto de 175 cm²/kg.
- Por último, se resana la vereda con concreto de 175 cm²/kg.

Figura 48 Empalmes de tubería HDPE



Fuente: Elaboración Propia

j. Relleno y compactación

Después de colocar los tubos y las acometidas, se tapa la zanja, para realizarlo se utiliza confitillo como material de soporte de tubería, esto se ejecuta si es que hay una filtración el confitillo no deja que el agua filtre para que el suelo no termine asentado. Después se realiza el relleno con material seleccionado con un espesor de 30 cm.

Posteriormente se compacta con afirmado un espesor de 10 a 15 cm al alcanzar el nivel del pavimento, esta operación se realiza en las ventanas excavadas de igual forma en los empalmes.

Figura 49 Relleno y compactación



Fuente: Elaboración Propia

k. Reposición de pavimento

En caso la superficie de rodadura halla pavimento rígido se realizará la reposición usando los siguientes equipos:

- Rodillo compactador
- Plancha compactadora

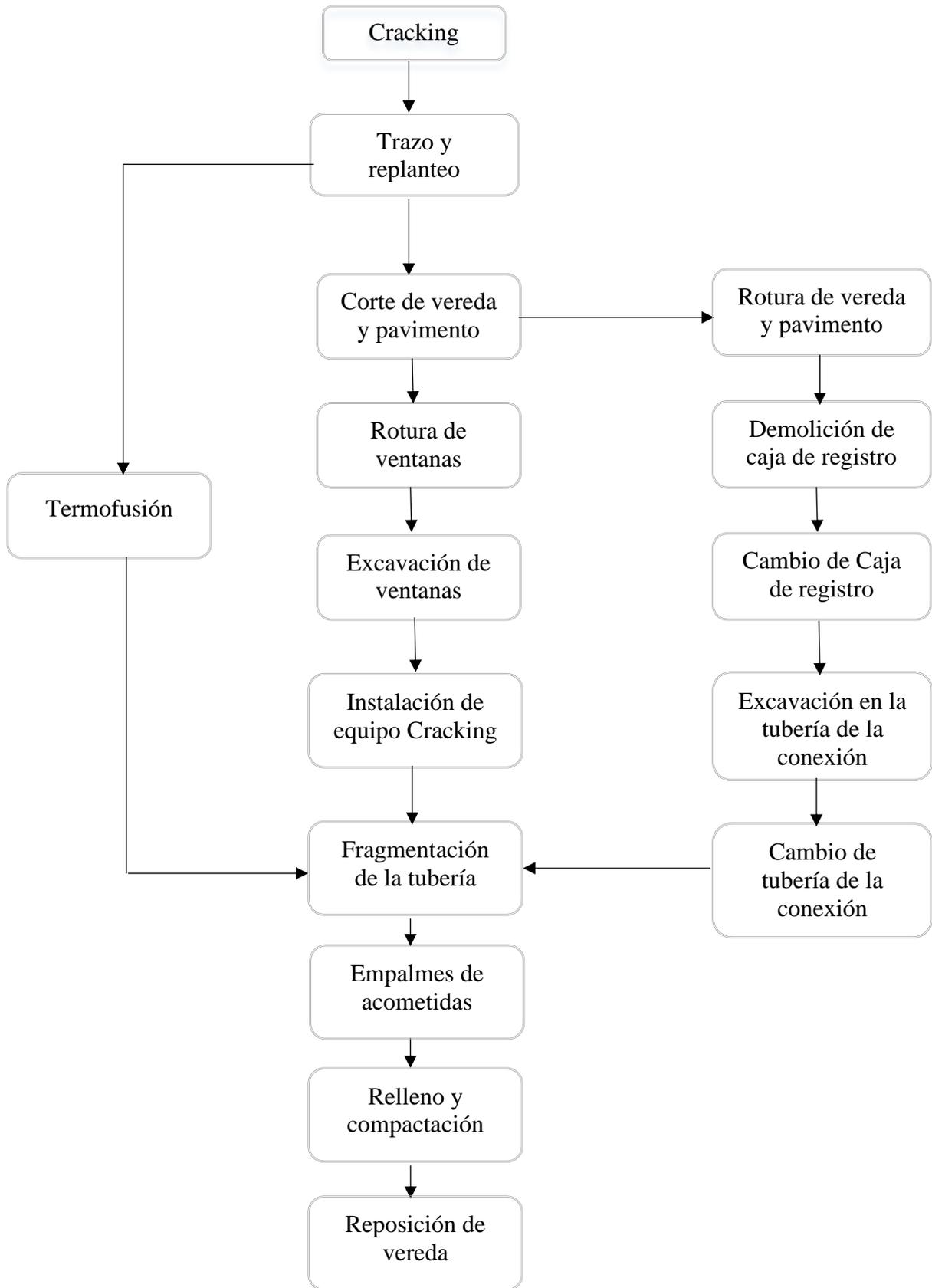
Figura 50 Verificación de nivelación para reposición de pavimento



Fuente: Elaboración Propia

l. Eliminación de desmonte

El exceso de material que genera por la excavación o demolición de veredas y pavimentos, debe retirarse del área de trabajo y limpiarse los residuos generados.



Fuente: Elaboración Propia

5.1.3.2 Proceso constructivo de la metodología tubería polimerizada in situ

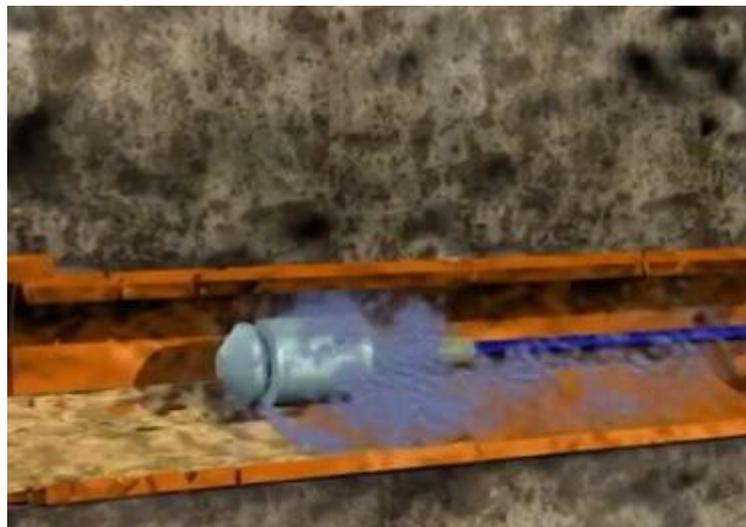
a. Señalización

Se inicia con la señalización de los puntos de accesos hacia los pozos y se realizará la apertura en los tramos donde se ejecuta la rehabilitación.

b. Limpieza de redes de alcantarillado

El proceso constructivo para la metodología de Tubería polimerizada in situ, inicia la limpieza en la red de alcantarillado donde se ejecuta la rehabilitación, esto se realiza con el equipo hidrojet que por su alta presión de agua, removerá los sedimentos y obstrucciones en el interior de la tubería.

Figura 52 Limpieza de red preparando para la rehabilitación



Fuente: (E&E Construccion, s.f)

c. Inspección televisa

Se realiza la inspección televisada con equipos según el diámetro de la tubería y es manipulado por personal capacitado, esta inspección será en todo el tramo de la tubería que se realizará la rehabilitación, los resultados nos muestra el estado de la tubería, si presenta obstrucciones, filtraciones o grietas, que pueda disminuir las propiedades hidráulicas.

Figura 53 Video Inspección CCTV



Fuente: (E&E Construccion, s.f)

d. Resina

Se procede al compuesto de resina in situ con la proporción adecuada, estas proporciones son dependiendo del material de la tubería existente. Esta resina se mantiene a temperatura ambiente. Los tipos de resinas que se utilizan para la tubería polimerizada in situ son epoxis, poliésteres y viniléster, y este proceso es principalmente epoxi. Cabe señalar que el tiempo de trabajo de la resina afectará el tiempo de curado. Cuanto más tiempo se manipule la resina, más similar será el tiempo de curado de la resina.

e. Instalación

Existen dos formas de colocar la manga en la tubería de alcantarillado las cuales son:

Mediante arrastre/empuje, la manga necesitara de guías para que se introduzca internamente por el alcantarillado por ello es necesario un cabrestante, la resina con esto puede ser arrastrada por la tubería. Este método no tan conveniente ya que puede traer complicaciones al realizar el curado debido a que al quedarse sin resina en alguna parte de la tubería puede producir efectos de deformidad u ovalidad. Este método se aplica cuando por alguna razón no se puede instalar el método de inversión de la manga.

Inversión de la manga, este es el más óptimo de los dos, debido a que la resina no se derrocha o se queda en la tubería del alcantarillado. Luego debemos de generar un vacío dentro de la manga para asegurar la impregnación de la resina, para ello se debe conocer la forma de la tubería para que a manga sea instalada de manera adecuada.

Figura 54 Instalación



Fuente: (E&E Construcción, s.f)

f. Saturación al vacío de la manga

Se procede a realizar el vaciado de la resina al interior de la manga esto será manualmente con mucha precaución que no haya derramamiento la resina.

g. Impregnación de resina en la manga

Teniendo la resina vaciada en la manga, se colocará la resina mediante la mesa de impregnación, esta posee rodillos a presión calibrados para que se introduzca una proporción de resina en la manga su función de esparcir toda la resina de manera igualitaria por toda el manga y dejándola lista para su posterior introducción en el tambor inversor donde se empleara para su instalación.

h. Inserción de manga en red de alcantarillado

Se instalará la manga en las tuberías con el método de Inversión o Pull-In que son procesos de inflado y extracción. Se colocará la boquilla del tambor junto a la red o se puede dar el caso que tenga una conexión que ayude a conectar el tambor a la red.

Esto se sujeta para comenzar a revestir la tubería que se está reparando. Esto debe hacerse a presión constante para permitir que la manga experimente esta reacción de expansión.

i. Curado

Esta metodología se puede realizar mediante tres opciones:

- **Curado por agua caliente:** es el más versátil para las secciones, longitudes y diámetros y está diseñado para conducciones con dificultades de permeabilidad. Este tipo de procedimiento usa un calentador de agua.

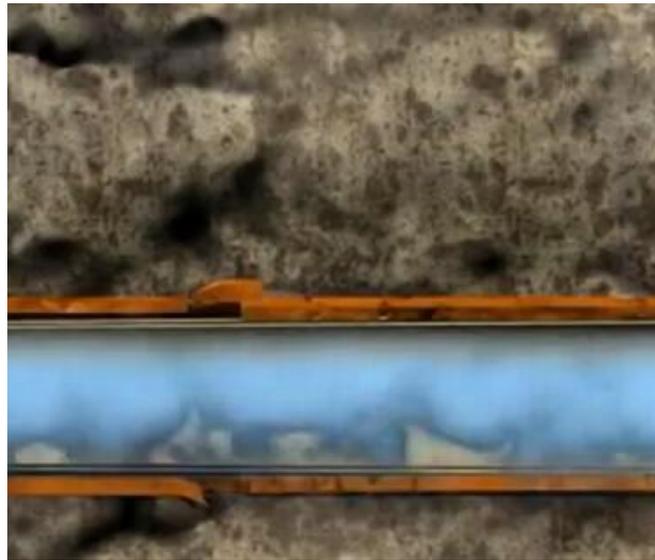
-**Vapor de agua:** se acomoda mejor a la longitud y el diámetro medianos. Este tipo de tratamiento utiliza un generador de vapor como el Trelleborg Steam Gen 200-800 Este dispositivo genera vapor y lo dirige a la manga para su procedimiento.

-**Curado por rayos ultravioleta UV.**

Este tipo de curado es más conveniente para diámetros y longitudes cortos donde los tiempos de instalación y curado se reducen significativamente porque el curado de la resina es proporcional al tamaño de la manga.

Este tratamiento utiliza un dispositivo robótico en la que ingresa al tubo y la resina es curada por los rayos UV. El dispositivo tiene ruedas que permiten su desplazamiento eficiente por la tubería.

Figura 55 Curado



Fuente: (E&E Construccion, s.f)

j. Enfriamiento del proceso de curado

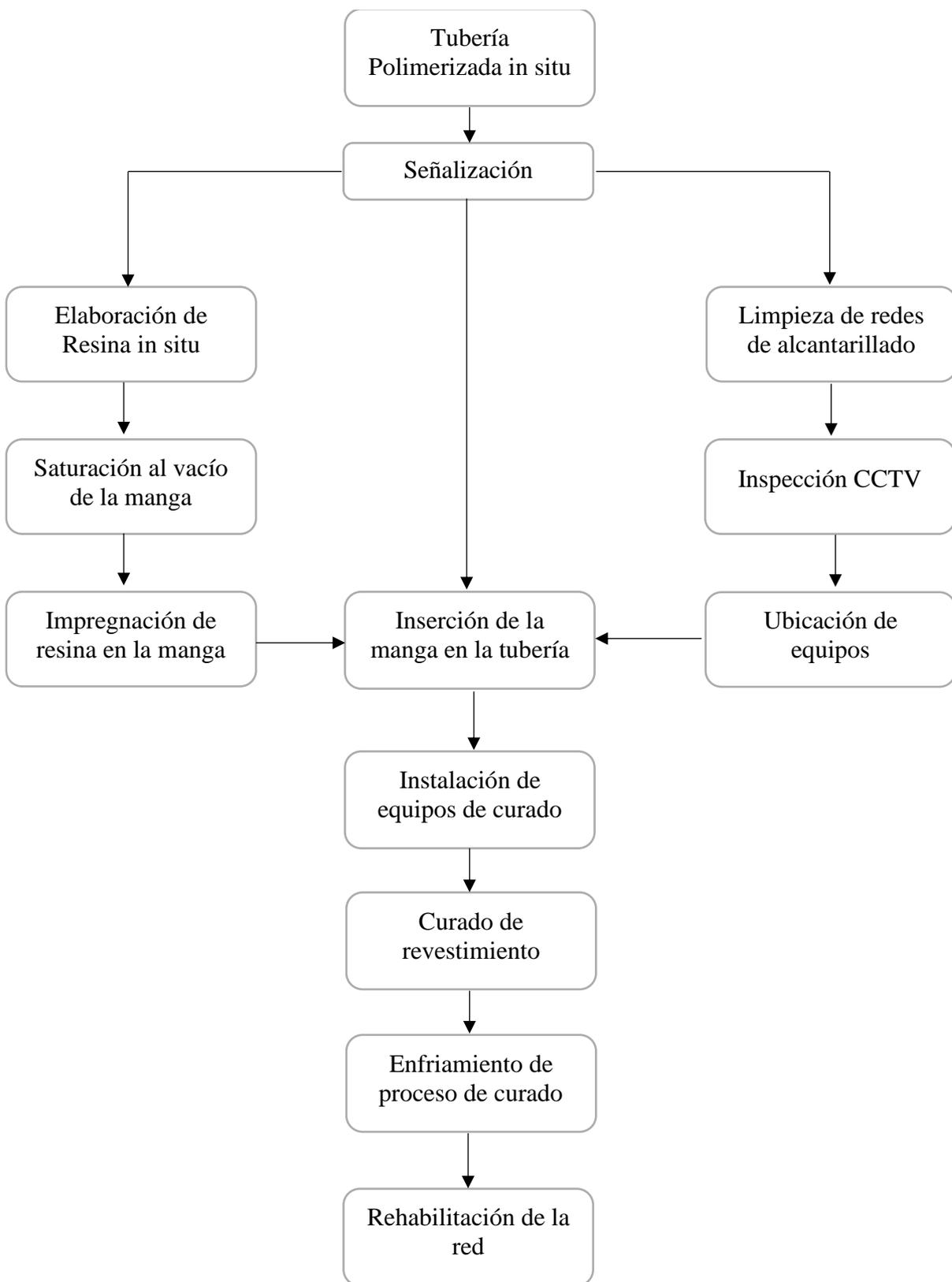
Después de realizar el curado procede con el enfriamiento de la tubería, esta debe tener de una temperatura constante y menor al curado. Este trabajo es monitoreado por técnicos capacitados.

Después del enfriamiento, se procede a desinstalar los accesorios empleados para la rehabilitación y se corta las puntas del manga para su apertura.

k. Inserción de robot fresador

Se insertará en la tubería rehabilitada el robot fresador para que aperture la descarga de las conexiones de alcantarillado. Luego se realiza una última inspección CCTV para verificar el estado de la tubería.

Figura 56 Proceso constructivo de Tubería Polimerizada in Situ



Fuente: Elaboración Propia

5.2 Descripción de Resultados

5.2.1 Analizando de las propiedades hidráulicas entre los métodos sin zanja

Se da un aumento teórico de la velocidad luego de las rehabilitaciones de las redes de alcantarillado, esto en gran medida por el nuevo material de la tubería.

Tabla 46 Comparación de Velocidades

N°	V CSN(m/s)	Validar	V PEAD(m/s)	Validar	V MANGA(m/s)	Validar
1	1.8461	SI CUMPLE	2.1670	SI CUMPLE	2.0612	SI CUMPLE
2	0.5105	NO CUMPLE	0.5993	NO CUMPLE	0.5700	NO CUMPLE
3	0.6845	SI CUMPLE	0.8034	SI CUMPLE	0.7642	SI CUMPLE
4	1.1578	SI CUMPLE	1.3591	SI CUMPLE	1.2927	SI CUMPLE
5	0.3689	NO CUMPLE	0.4331	NO CUMPLE	0.4119	NO CUMPLE
6	0.5600	NO CUMPLE	0.6574	SI CUMPLE	0.6253	SI CUMPLE
7	0.3058	NO CUMPLE	0.3590	NO CUMPLE	0.3414	NO CUMPLE
8	1.7317	SI CUMPLE	2.0327	SI CUMPLE	1.9335	SI CUMPLE
9	0.6930	SI CUMPLE	0.8135	SI CUMPLE	0.7738	SI CUMPLE
10	0.3599	NO CUMPLE	0.4224	NO CUMPLE	0.4018	NO CUMPLE
11	0.2977	NO CUMPLE	0.3495	NO CUMPLE	0.3324	NO CUMPLE
12	0.3010	NO CUMPLE	0.3533	NO CUMPLE	0.3360	NO CUMPLE
13	1.0999	SI CUMPLE	1.2910	SI CUMPLE	1.2280	SI CUMPLE
14	0.6171	SI CUMPLE	0.7244	SI CUMPLE	0.6890	SI CUMPLE
15	0.6710	SI CUMPLE	0.7877	SI CUMPLE	0.7492	SI CUMPLE
16	3.0359	SI CUMPLE	3.5636	SI CUMPLE	3.3895	SI CUMPLE
17	0.6448	SI CUMPLE	0.7569	SI CUMPLE	0.7199	SI CUMPLE
18	0.3380	NO CUMPLE	0.3968	NO CUMPLE	0.3774	NO CUMPLE
19	0.3496	NO CUMPLE	0.4103	NO CUMPLE	0.3903	NO CUMPLE
20	0.8899	SI CUMPLE	1.0445	SI CUMPLE	0.9935	SI CUMPLE
21	0.5259	NO CUMPLE	0.6173	SI CUMPLE	0.5871	NO CUMPLE
22	0.4830	NO CUMPLE	0.5669	NO CUMPLE	0.5392	NO CUMPLE
23	0.4891	NO CUMPLE	0.5741	NO CUMPLE	0.5461	NO CUMPLE
24	1.1750	SI CUMPLE	1.3792	SI CUMPLE	1.3118	SI CUMPLE
25	0.3846	NO CUMPLE	0.4515	NO CUMPLE	0.4294	NO CUMPLE
26	0.7644	SI CUMPLE	0.8972	SI CUMPLE	0.8534	SI CUMPLE
27	0.4313	NO CUMPLE	0.5062	NO CUMPLE	0.4815	NO CUMPLE
28	0.6375	SI CUMPLE	0.7483	SI CUMPLE	0.7117	SI CUMPLE

29	0.3099	NO CUMPLE	0.3638	NO CUMPLE	0.3460	NO CUMPLE
30	1.5966	SI CUMPLE	1.8741	SI CUMPLE	1.7826	SI CUMPLE
31	0.4257	NO CUMPLE	0.4997	NO CUMPLE	0.4753	NO CUMPLE
32	0.2990	NO CUMPLE	0.3510	NO CUMPLE	0.3339	NO CUMPLE
33	1.8260	SI CUMPLE	2.1434	SI CUMPLE	2.0387	SI CUMPLE
34	0.2575	NO CUMPLE	0.3023	NO CUMPLE	0.2875	NO CUMPLE
35	0.4852	NO CUMPLE	0.5696	NO CUMPLE	0.5417	NO CUMPLE
36	1.2334	SI CUMPLE	1.4478	SI CUMPLE	1.3771	SI CUMPLE
37	0.2998	NO CUMPLE	0.3519	NO CUMPLE	0.3347	NO CUMPLE
38	0.5634	NO CUMPLE	0.6614	SI CUMPLE	0.6291	SI CUMPLE
39	0.7846	SI CUMPLE	0.9210	SI CUMPLE	0.8760	SI CUMPLE
40	0.2767	NO CUMPLE	0.3248	NO CUMPLE	0.3089	NO CUMPLE
41	0.8683	SI CUMPLE	1.0192	SI CUMPLE	0.9695	SI CUMPLE
42	0.6382	SI CUMPLE	0.7491	SI CUMPLE	0.7125	SI CUMPLE
43	0.3376	NO CUMPLE	0.3962	NO CUMPLE	0.3769	NO CUMPLE
44	0.6149	SI CUMPLE	0.7217	SI CUMPLE	0.6865	SI CUMPLE
45	0.3535	NO CUMPLE	0.4150	NO CUMPLE	0.3947	NO CUMPLE
46	0.2982	NO CUMPLE	0.3500	NO CUMPLE	0.3329	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Nota:

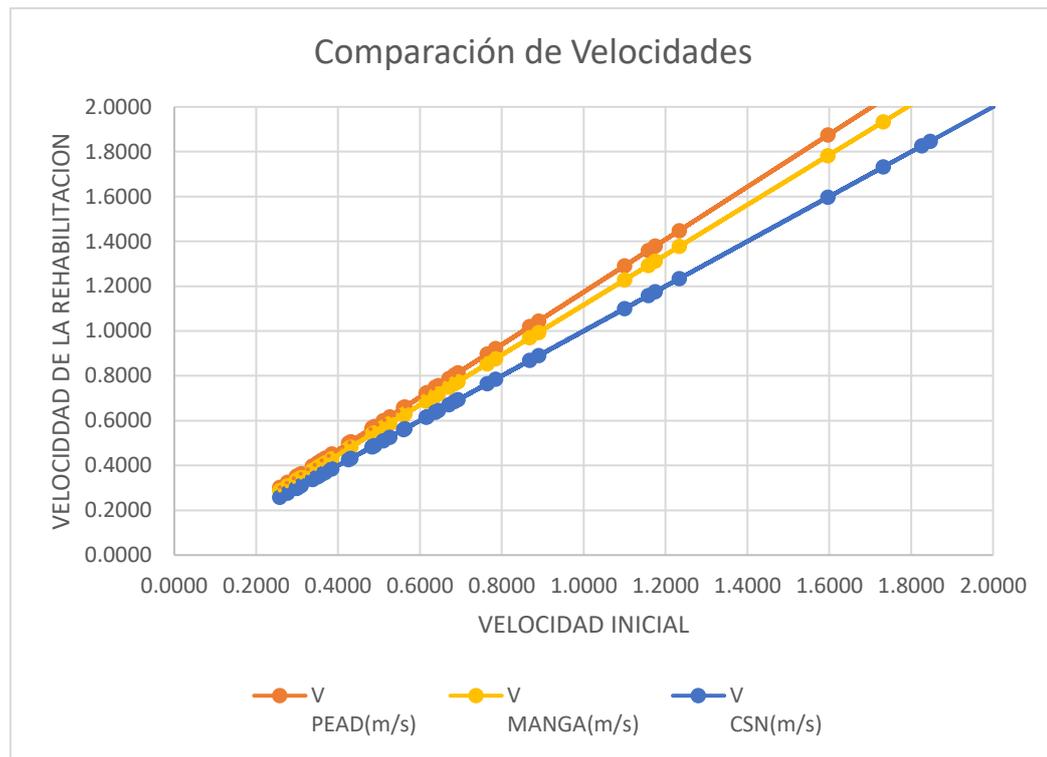
V-CSN: velocidad del flujo en la tubería de concreto

V-PEAD: velocidad del flujo usado en el Cracking

V-MANGA, velocidad del flujo usado con la Tubería polimerizada in situ

Se puede apreciar gráficamente en la figura 57, como la velocidad de ambas metodologías sin zanja aumenta en comparación a la velocidad con tubería de CSN.

Figura 57 Comparativa de Velocidades



Fuente: Elaboración propia

Tabla 47 Comparación de Tensión Tractiva

N°	TENSION	VALIDAR	TENSION	VALIDAR	TENSION	VALIDAR
	TRACTIVA INICIAL		TRACTIVA CRACKING		TRACTIVA CIPP	
1	37.1599	SI CUMPLE	34.2986	SI CUMPLE	35.1681	SI CUMPLE
2	4.3832	SI CUMPLE	4.0457	SI CUMPLE	4.1483	SI CUMPLE
3	6.3630	SI CUMPLE	5.8731	SI CUMPLE	6.0220	SI CUMPLE
4	17.0583	SI CUMPLE	15.7448	SI CUMPLE	16.1440	SI CUMPLE
5	2.8604	SI CUMPLE	2.6402	SI CUMPLE	2.7071	SI CUMPLE
6	4.6471	SI CUMPLE	4.2893	SI CUMPLE	4.3980	SI CUMPLE
7	1.9655	SI CUMPLE	1.8141	SI CUMPLE	1.8601	SI CUMPLE
8	36.2580	SI CUMPLE	33.4661	SI CUMPLE	34.3145	SI CUMPLE
9	7.1165	SI CUMPLE	6.5685	SI CUMPLE	6.7350	SI CUMPLE
10	2.7213	SI CUMPLE	2.5118	SI CUMPLE	2.5754	SI CUMPLE
11	1.8628	SI CUMPLE	1.7194	SI CUMPLE	1.7629	SI CUMPLE
12	1.9035	SI CUMPLE	1.7569	SI CUMPLE	1.8014	SI CUMPLE
13	15.3931	SI CUMPLE	14.2078	SI CUMPLE	14.5680	SI CUMPLE
14	5.1724	SI CUMPLE	4.7741	SI CUMPLE	4.8952	SI CUMPLE
15	6.6715	SI CUMPLE	6.1578	SI CUMPLE	6.3139	SI CUMPLE

16	154.9977	SI CUMPLE	143.0628	SI CUMPLE	146.6898	SI CUMPLE
17	6.1609	SI CUMPLE	5.6865	SI CUMPLE	5.8307	SI CUMPLE
18	2.4011	SI CUMPLE	2.2162	SI CUMPLE	2.2724	SI CUMPLE
19	2.5680	SI CUMPLE	2.3702	SI CUMPLE	2.4303	SI CUMPLE
20	10.7546	SI CUMPLE	9.9265	SI CUMPLE	10.1781	SI CUMPLE
21	4.0973	SI CUMPLE	3.7819	SI CUMPLE	3.8777	SI CUMPLE
22	3.9228	SI CUMPLE	3.6207	SI CUMPLE	3.7125	SI CUMPLE
23	4.0228	SI CUMPLE	3.7131	SI CUMPLE	3.8072	SI CUMPLE
24	17.5674	SI CUMPLE	16.2147	SI CUMPLE	16.6258	SI CUMPLE
25	2.4880	SI CUMPLE	2.2964	SI CUMPLE	2.3546	SI CUMPLE
26	8.6565	SI CUMPLE	7.9899	SI CUMPLE	8.1925	SI CUMPLE
27	3.1281	SI CUMPLE	2.8873	SI CUMPLE	2.9605	SI CUMPLE
28	6.8344	SI CUMPLE	6.3081	SI CUMPLE	6.4680	SI CUMPLE
29	2.0186	SI CUMPLE	1.8632	SI CUMPLE	1.9104	SI CUMPLE
30	28.5874	SI CUMPLE	26.3862	SI CUMPLE	27.0551	SI CUMPLE
31	3.0477	SI CUMPLE	2.8130	SI CUMPLE	2.8844	SI CUMPLE
32	1.8792	SI CUMPLE	1.7345	SI CUMPLE	1.7785	SI CUMPLE
33	37.3914	SI CUMPLE	34.5123	SI CUMPLE	35.3872	SI CUMPLE
34	1.3935	SI CUMPLE	1.2862	SI CUMPLE	1.3188	SI CUMPLE
35	3.9594	SI CUMPLE	3.6546	SI CUMPLE	3.7472	SI CUMPLE
36	22.5418	SI CUMPLE	20.8061	SI CUMPLE	21.3335	SI CUMPLE
37	1.8885	SI CUMPLE	1.7431	SI CUMPLE	1.7873	SI CUMPLE
38	4.7037	SI CUMPLE	4.3415	SI CUMPLE	4.4516	SI CUMPLE
39	8.3614	SI CUMPLE	7.7176	SI CUMPLE	7.9132	SI CUMPLE
40	1.6090	SI CUMPLE	1.4851	SI CUMPLE	1.5227	SI CUMPLE
41	9.1158	SI CUMPLE	8.4139	SI CUMPLE	8.6272	SI CUMPLE
42	5.5309	SI CUMPLE	5.1050	SI CUMPLE	5.2345	SI CUMPLE
43	2.3948	SI CUMPLE	2.2104	SI CUMPLE	2.2664	SI CUMPLE
44	6.3576	SI CUMPLE	5.8681	SI CUMPLE	6.0168	SI CUMPLE
45	2.6264	SI CUMPLE	2.4242	SI CUMPLE	2.4856	SI CUMPLE
46	1.8686	SI CUMPLE	1.7247	SI CUMPLE	1.7684	SI CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 48 Comparación de tirantes entre los métodos aplicados

Nº	TIRANTE INICIAL	TIRANTE CRACKING	DISMINUCION (%)	TIRANTE CIPP	DISMINUCION (%)
1	0.090	0.083	0.077	0.085	0.054
2	0.020	0.018	0.077	0.019	0.054
3	0.040	0.037	0.077	0.038	0.054
4	0.050	0.046	0.077	0.047	0.054
5	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
6	0.030	0.028	0.077	0.028	0.054
7	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
8	0.060	0.055	0.077	0.057	0.054
9	0.030	0.028	0.077	0.028	0.054
10	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
11	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
12	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
13	0.050	0.046	0.077	0.047	0.054
14	0.040	0.037	0.077	0.038	0.054
15	0.030	0.028	0.077	0.028	0.054
16	0.020	0.018	0.077	0.019	0.054
17	0.030	0.028	0.077	0.028	0.054
18	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
19	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
20	0.040	0.037	0.077	0.038	0.054
21	0.030	0.028	0.077	0.028	0.054
22	0.020	0.018	0.077	0.019	0.054
23	0.020	0.018	0.077	0.019	0.054
24	0.050	0.046	0.077	0.047	0.054
25	0.020	0.018	0.077	0.019	0.054
26	0.030	0.028	0.077	0.028	0.054
27	0.020	0.018	0.077	0.019	0.054
28	0.020	0.018	0.077	0.019	0.054
29	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
30	0.080	0.074	0.077	0.076	0.054
31	0.020	0.018	0.077	0.019	0.054
32	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
33	0.080	0.074	0.077	0.076	0.054
34	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
35	0.020	0.018	0.077	0.019	0.054

36	0.030	0.028	0.077	0.028	0.054
37	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
38	0.030	0.028	0.077	0.028	0.054
39	0.040	0.037	0.077	0.038	0.054
40	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
41	0.060	0.055	0.077	0.057	0.054
42	0.040	0.037	0.077	0.038	0.054
43	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
44	0.020	0.018	0.077	0.019	0.054
45	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054
46	0.010	0.009	0.077	0.009	0.054

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los tirantes hallados luego de las rehabilitaciones por método Cracking y Tubería polimerizada in situ se observa una disminución respecto al tirante inicial de 7.7% y 5.36% respectivamente, esto se puede apreciar en la tabla 49

5.2.2 Analizando los aspectos económico sociales y ambientales

De la encuesta realizada a los especialistas con los datos obtenidos se elaborará una matriz de consistencia de impactos positivos y negativos que genera el proceso constructivo de los métodos Cracking y Tubería Polimerizada in Situ para desarrollar esta matriz se tomará de referencia la Guía Metodológica para la evaluación del Impacto Ambiental de (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)

Tabla 49 Posibles Impactos entre Tecnologías sin zanja

Componente	Sub-componente	Factor	Posibles Impactos
Físico	Atmosfera	Ruido	Aumento de niveles de ruido por uso de maquinaria que ocasiona molestias a los pobladores
		Vibración	Daño en base de viviendas antiguas o en mal estado
		Humos y gases	Enfermedades a los pobladores de la zona
		Polvo	Afectación a pulmones, alergias a pobladores
	Suelo	Modificación del relieve	Obstaculiza y genera molestias al transitar
		Contaminación	En la ejecución dejan la actividad de limpieza al final generando molestias a lugareños
Bióticos	Flora	Cobertura vegetal	Daño al paisaje urbano
Socio-económico	Social	Molestias	Conflictos sociales con la comunidad inmersa y cercana a la actividad
		Salud e higiene	Al dejar desmonte genera que malos ciudadanos arrojen basura ocasionando problemas en la salud
		Bienestar de la población	Los pobladores, con distintas molestias y estrés por todos los factores que conlleva la ejecución de estas actividades
		Accesibilidad peatonal	Poco acceso para pobladores
	Economía	Transito	Generación de tránsito vehicular por mala planificación
		Zona comercial	Se afecta a las bodegas o negocios de los alrededores

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50 Matriz de Identificación y Valoración de Impactos-Método Cracking

ASPECTO ECONOMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL			PROCESO CONSTRUCTIVO CRACKING											Cantidad de impactos negativos	Cantidad de impactos positivos
			Señalización de zona de trabajo	Corte y rotura de pavimentos	Corte y rotura de veredas	Excavación de ventanas y conexiones domiciliarias	Soldadura de tuberías	Instalación de equipo de fragmentación	Rehabilitación de la red de alcantarillado	Instalación de tuberías de conexiones domiciliarias	Instalación de cajas de registros	Relleno y compactación de zanjas	Reposición de pavimento		
Físico	Atmosfera	Ruido	-	-	-		-				-	-		6	0
		Vibración	-	-	-			-			-	-		6	0
		Humos y gases				-					-			2	0
		Partículas de Polvo	-	-	-			-	-	-	-		-	9	0
	Suelo	Movimiento de tierras	-	-	-						+			3	1
		Contaminación	-	-	-				-	-				5	0
Bióticos	Flora	Paisaje Urbano	-	-	-								3	0	
Socio-económico	Social	Molestias	-	-	-	-	-		-	-	-	-		9	0
		Salud e higiene	-	-	-				-	-				5	0
		Bienestar de la población	-	-	-	-	-				+	+	+	4	3
		Accesibilidad peatonal	-	-	-	-		-			+	+	+	5	3
		Transito	-	-		-	-	-	-	-	+	+	+	8	3
	Economía	Comercios	-	-	-		-	-	-	-	+	+	+	7	3
Cantidad de impactos negativos			2	12	11	13	3	5	5	6	6	5	3	1	72
Cantidad de impactos positivos			0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	4		13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51 Matriz de Identificación y Valoración de Impactos-Método CIPP

ASPECTO ECONOMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL		PROCESO CONSTRUCTIVO												
		TUBERIA POLIMERIZADA IN SITU												
		Señalización de zona de trabajo	Inspección televisiva	Ubicación de acometidas	Impregnación de resina a manga de revestimiento	Ubicación de equipos	Inserción de manga acometida	Instalación del equipo	Curado con rayos UV	Enfriamiento de la manga	Inserción de robot fresado	Cantidad de impactos negativos	Cantidad de impactos positivos	
Físico	Atmosfera	Ruido			-	-		-	-	-	-	7	0	
		Vibración				-			-			2	0	
		Humos y gases		-				-	-			3	0	
		Partículas de Polvo			-						+	1	1	
	Suelo	Movimiento de tierras			-							1	0	
		Contaminación		-	-	-				-	-	5	0	
Bióticos	Flora	Paisaje Urbano							+			0	1	
Socio-económico	Social	Molestias		-	-	-	-	-	-	-	-	9	0	
		Salud e higiene		-	-	-	-			+	-	5	1	
		Bienestar de la población			-	-						+	2	1
		Accesibilidad peatonal	-		-		-	-	-	+		+	5	2
		Transito	-		-		-	-	-	+	-	+	6	2
	Economía	Comercios							-	+		+	1	2
Cantidad de impactos negativos			2	4	9	6	4	5	7	3	5	2	47	
Cantidad de impactos positivos			0	0	0	0	0	0	0	5	0	5		10

Fuente: Elaboración propia

- De la matriz mostrada en la Tabla 51 se puede establecer el impacto por los movimientos de tierra, los ruidos generados por los equipos y maquinarias, la accesibilidad peatonal y tráfico vehicular y los residuos generados durante el proceso constructivo del método Cracking dan valores significativos de impactos negativos en el entorno social, pero predominan los impactos pocos significativos en dicho proceso constructivo.

Los resultados que se consiguen para el método Cracking son que durante los trabajos de corte y excavaciones se generan los mayores impactos negativos con un promedio de 82%, mientras que los impactos positivos se manifiestan durante la reposición de veredas, pavimento, relleno y compactación en el aspecto social y económico con un promedio de 15%

- De la matriz mostrada en la Tabla 52 podemos establecer el impacto por accesibilidad peatonal y tráfico vehicular generados durante el proceso constructivo usando la Tubería polimerizada in Situ dan valores moderadamente significativos de impactos negativos en el entorno social, pero predominan, en su gran mayoría, los impactos pocos significativos en dicho proceso constructivo.

Los resultados que se consiguen para el método Tubería Polimerizada in situ se muestra que durante las actividades de ubicación de acometidas se generan los mayores impactos negativos en la población con un 82%, mientras que los impactos positivos se reflejan durante el curado con rayos UV con un 18% en el ámbito social y económico.

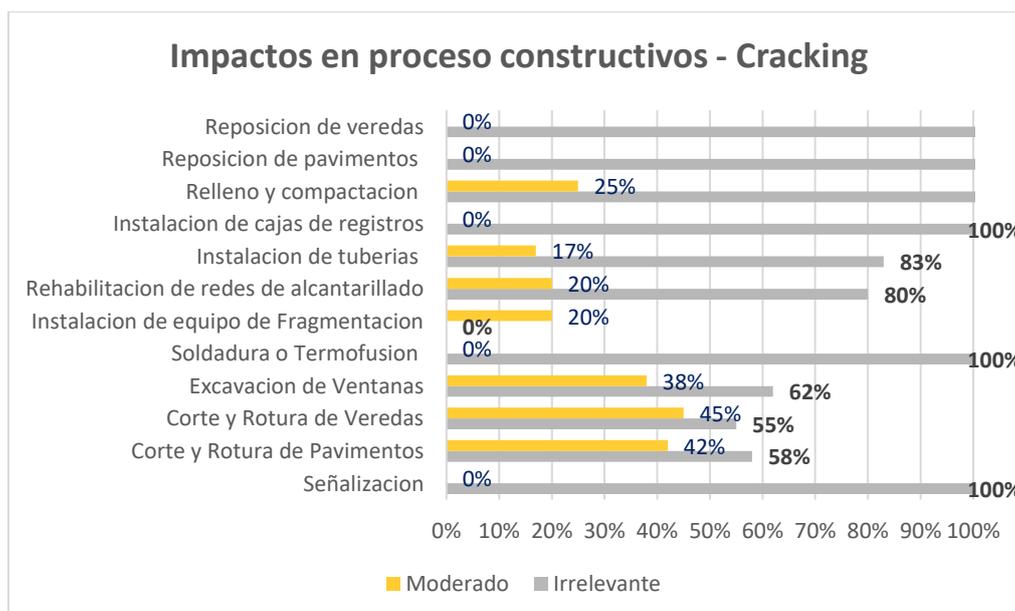
Con los valores dados en las tablas que anteceden y los valores definidos, con la identificación de impactos según la guía metodológica de Conesa, se tendrá los valores de cada factor, logrando así la matriz para los métodos Cracking y Tubería polimerizada in Situ mostradas en el anexo 07 y 08 resumido en porcentajes en las tablas 53 y 54 que se ven a continuación.

Tabla 52 Resumen de impactos con el método cracking

Proceso Constructivo (Cracking)	Irrelevante (%)	Moderado (%)
Señalización	100%	0%
Corte y Rotura de Pavimentos	58%	42%
Corte y Rotura de Veredas	55%	45%
Excavación de Ventanas	62%	38%
Soldadura o Termofusión	100%	0%
Instalación de equipo de Fragmentación	80%	20%
Rehabilitación de redes de alcantarillado	80%	20%
Instalación de tuberías	83%	17%
Instalación de cajas de registros	100%	0%
Relleno y compactación	75%	25%
Reposición de pavimentos	100%	0%
Reposición de veredas	100%	0%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 58 Grafica de Impactos en Cracking



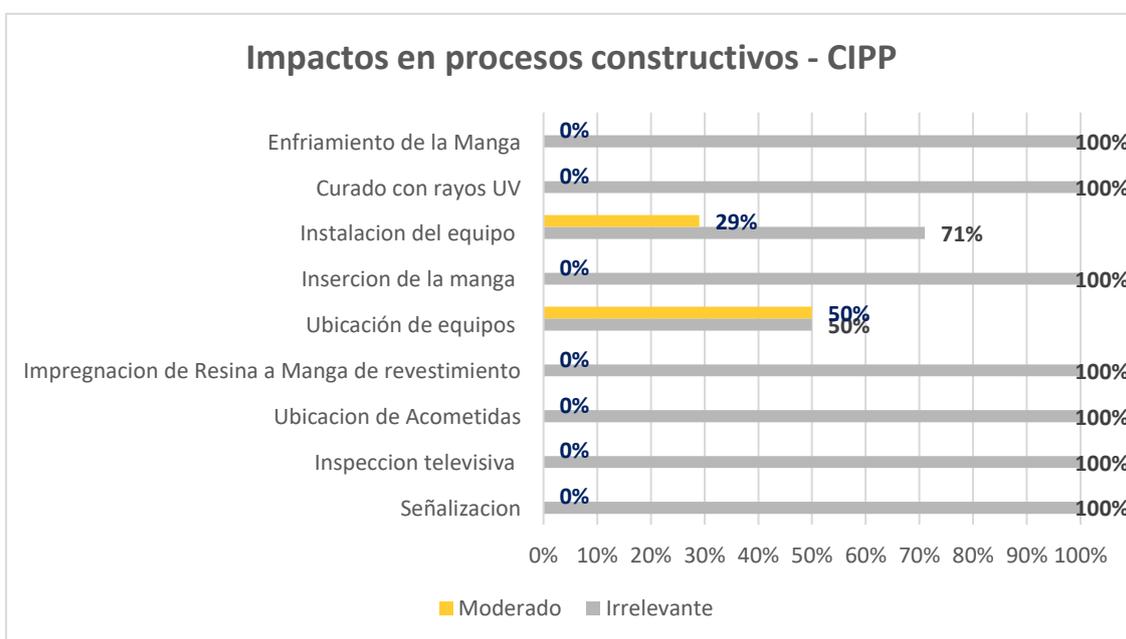
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 53 Resumen de impactos con el método tubería polimerizada in situ

Proceso Constructivo (Tubería Polimerizada in situ)	Irrelevante (%)	Moderado (%)
Señalización	100%	0%
Inspección televisiva	100%	0%
Ubicación de Acometidas	100%	0%
Impregnación de Resina a Manga de revestimiento	100%	0%
Ubicación de equipos	50%	50%
Inserción de la manga	100%	0%
Instalación del equipo	71%	29%
Curado con rayos UV	100%	0%
Enfriamiento de la Manga	100%	0%
Inserción del Robot Fresador	100%	0%

Fuente: Elaboración Propia

Figura 59 Grafica de Impactos en CIPP



Fuente: Elaboración Propia

De los resultados de impactos más significativos se puede observar en las tabas 55 y 56 lo siguiente:

Tabla 54 Impactos Negativos con el método Cracking

Impacto	Cracking	%
Irrelevante	53	82.73%
Moderado	19	17.27%
Total	72	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados que nos muestra tabla 55 son las cantidades que representa los impactos negativos en el método cracking según el anexo 06 que es de 82.73% de impactos negativos irrelevantes y 17.27% de impactos moderados esto según los valores de importancia de los potenciales impactos que se muestran clasificados en la tabla 19.

Tabla 55 Impactos negativos con el método Tubería polimerizada in situ

Impacto	CIPP	%
Irrelevante	52	92.14%
Moderado	4	7.86%
Total	56	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados que nos muestra tabla 56 son las cantidades que representa los impactos negativos en el método tubería polimerizada in situ según el anexo 07 que es de 92.14% de impactos negativos irrelevantes y 7.86% de impactos moderados esto según los valores de importancia de los potenciales impactos que se muestran clasificados en la tabla 19.

5.2.3 Analizando el proceso constructivo entre los métodos sin zanja

Al analizar los procedimientos constructivos de los métodos Cracking y Tubería Polimerizada in Situ se puede identificar las ventajas y desventajas las cuales se describen a continuación:

5.2.3.1 Ventajas del Método Cracking

- Reducción de tiempo en cuanto la ejecución en relación al método convencional de rehabilitación. Tomando una jornada laboral el tiempo de la rehabilitación y hasta dos días el cambio de las conexiones domiciliarias de desagüe que empalman a la red.
- El costo para su realización disminuye en comparación a los métodos con zanja abierta ya que intervienen menor trabajadores y menor cantidad de maquinaria y la rehabilitación se hace en menos tiempo.
- Mejora las características hidráulicas de la red de alcantarillado a pesar de la disminución de su diámetro interno de la tubería. Sin embargo, la aplicación de esta metodología permite el aumento del diámetro si así el proyecto lo requiera.
- Según las encuestas a los especialistas se reduce en un 80% el uso de excavaciones con respecto a los métodos convencionales de excavación.
- Esta metodología viene siendo ejecutada en el Perú.

5.2.3.2 Desventajas del Método Cracking

- En la metodología Cracking es necesario el uso de excavaciones en las ventanas y conexiones lo que genera un impacto negativo a los pobladores, negocios y medio ambiente circundante, aunque con un tiempo de impacto menor.
- Los trabajos de fragmentación de la tubería existente podrían crear problemas leves o inconvenientes en los servicios continuos a la red de alcantarillado.

5.2.3.3 Ventajas del método -tubería polimerizada in situ

- La instalación dura en promedio un día aproximadamente o una jornada laboral y en comparación con los métodos convencionales el tiempo se reduce en un 80 %. Según las acuestas a los especialistas

- La metodología no involucra ocupar grandes áreas para las actividades, por lo que no causa malestar en la vida diaria de los pobladores y los negocios circundantes.
- Esta metodología en comparación con el método con zanja abierta se reduce en un 100% el uso de excavaciones, según encuesta de especialistas.
- Este método es el más beneficioso si se quiere la conservación del medio ambiente en el área de trabajo.
- Los equipos robotizados en cuanto a tiempo aportan significativamente para la para el control de calidad de las tuberías instaladas

5.2.3.4 Desventajas del Método -Tubería Polimerizada in Situ

- Hay un aumento en costos por los equipos robotizados que se utilizan para su rehabilitación y puede ser más al método convencional
- Esta metodología aún no ha sido ejecutada en el Perú
- Se requiere a trabajadores capacitados con un nivel superior a los utilizados en las rehabilitaciones con zanja.

CAPITULO VI

ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados mostrados con anterioridad en la presente investigación muestran la comprobación de las hipótesis que se explicaran a continuación contrastando la información con los antecedentes y base teórica

6.1 Propiedades hidráulicas entre los métodos sin zanja

Se planteo como primer objetivo específico analizar las propiedades hidráulicas entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado, Según la norma O.S.0.7.0. del Reglamento Nacional de Edificaciones la velocidad mínima no debe ser menor a 0.60m/s, mencionada, se estaría incumpliendo la condición de auto limpieza, ocasionando que los desechos y partículas inorgánicas se depositen en las tuberías hasta ocasionar las obstrucciones, Según la norma la tensión tractiva no debe ser menor a 1pa, con la finalidad de evitar que los desechos y sedimentos lleguen a depositarse dentro de las tuberías ocasionando las obstrucciones. En la investigación se encontró que usando los métodos sin zanja en cuanto al Cracking aumento la velocidad en un 52.17% lo que mejora la velocidad inicial que se encontraba por debajo de lo que indica el RNE OS070, en cuanto a la Tubería Polimerizada in Situ aumento la velocidad a un 50.00 % de la velocidad inicial, La tensión tractiva con el método cracking se mantiene el valor de la tensión tractiva dentro del valor mínimo equivalente a 1 Pa al igual que usando Tubería Polimerizada in situ, para el caso del tirante con la metodología cracking hay una disminución del 7.70% esto permite un aumento del caudal proyectándose a la población a futuro, en el caso con tubería polimerizada in situ disminuye un 5.36%

En la investigación de Pulido&Angulo (2020) en cuanto al Cracking aumentó la velocidad en un 51.26% lo que mejora la velocidad inicial que se encontraba por debajo de lo que indica el RNE OS070, en cuanto a la Tubería Polimerizada in Situ aumentó

la velocidad a un 39.72 % de la velocidad inicial, La tensión tractiva con el método cracking se mantiene el valor de la tensión tractiva dentro del valor mínimo equivalente a 1 Pa al igual que usando Tubería Polimerizada in situ, para el caso del tirante con la metodología cracking hay una disminución del 23.56% esto permite un aumento del caudal proyectándose a la población a futuro, en el caso con tubería polimerizada in situ disminuye un 24.11%, dado esto los resultados en comparación con la presente investigación concuerdan en su mayoría, en el caso del tirante hay una diferencia es porque en mi investigación se usó los datos del expediente técnico y la de Pulido&Angulo fue según una relación analizando el video de inspección televisiva pero en términos generales se hallan resultados con gran similitud.

6.2 Impactos en los aspectos económicos y socioambientales

Se planteo como segundo objetivo específico realizar una matriz de consistencia de los aspectos económicos sociales y ambientales entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ. Segun Conesa (2010) en su guia metodologica se establece la valoración de cada una de las acciones que han sido causa de impacto y a su vez factores que han sido objeto de impacto En la investigación se encontro que existe un 85.00% de impactos negativos (durante las actividades de corte y excavación) y un 15.00% de impactos positivos (durante las actividades de reposición de veredas, relleno y compactación) con el método Cracking, un 82.00% de impactos negativos(durante la ubicación de acometidas) y un 18.00% de impactos positivos (durante el curado con rayos UV) utilizando tuberia polimerizada in situ, estos porcentajes hallados en promedio de todas las actividades que ser realiza da como resultado un 17.27% de impacto moderado en el metodo Cracking y un 7.86% de impacto moderado con el metodo Tuberia polimerizada in situ

El estudio realizado por Pérez & Ramos (2017), menciona que existe un 70.37% de impactos negativos (durante las actividades suministro e instalacion, eliminacion de material excedente ,corte y excavacion) y un 29.63% de impactos positivos(durante las actividades de reposicion de veredas, relleno y compactación), esta diferencia esta dado principalmente por que algunos factores no son considerados en esta investigacion y el criterio de valoracion no esta determinado como la presente tesis ya que los resultados se estan contastando con las encuestas a los especialistas y la guia metodologica de Conesa, los cuales son los que avalan este estudio, cabe mencionar que en cuanto a

metodo de tuberia polimerizada in situ no se encontró información nacional ni internacional para comparar los impactos obtenidos.

6.3 Procesos constructivos entre los métodos sin zanja

Se planteo como tercer objetivo es describir los procesos constructivos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado, En la investigación el tiempo de ejecución disminuye un 60% aplicando el método Cracking y u 80% con Tubería polimerizada in situ en relación con el método convencional, en cuanto al costo usando el metodo Cracking hay una disminucion de costo de un 60% y en cuanto al metodo de tuberia polimerizada in situ según los especialistas indican una reduccion del 50% en relacion al método convencional Según Rodríguez(2021), el tiempo de rehabilitación con el método tubería polimerizada in situ disminuye un 74% en relación con el método convencional, Según Herrera (2020) en su investigacion indica que hay una reduccion en tiempo en comparacion con el metodo convencional de un 66% aplicando el metodo Craking, Según Ojeda (2015), menciona que usando el metodo Cracking el costo directo equivale a 63% menos que ejecutando con el metodo convencional. Esta diferencia es comprensible por el tiempo que se realizo la investigación, En el estudio realizado por Cáceres Sellán (2021), determinó que hay un 56% de reduccion del costo usando el metodo de tuberia polimerizada in situ en comparacion con la tradicional, Los resultados obtenidos se presentan las reducciones en los materiales principalmente ya que si bien es cierto el costo de equipos para ejecutar los metodos sin zanja son mas elevados, en general no logra tener mayor costo que el metodo convencional es por ello la diferencia que existe entre los metodos sin zanja con los tradicionales.

CONCLUSIONES

1. Al comparar el método cracking y el método de tubería de polimerización in situ, se ha demostrado que este último método tiene mayores ventajas ambientales y sociales en términos de proceso constructivo, y mejora sus propiedades hidráulicas en las redes de alcantarillado.
2. Las propiedades hidráulicas dan un aumento de velocidad para ambas metodologías, la velocidad inicial con material de concreto (CSN) mejora ya que se halla menos del valor mínimo según norma OS. 070 del RNE indica que es 0.6 m/s, en cuanto a la tensión tractiva hay una disminución, pero no considerable para ambos métodos sin zanja. Estos parámetros mejoran al disminuir el tirante, debido al coeficiente de rugosidad de Manning, este permite un aumento de demanda esto quiere decir a futuro una mayor demanda de caudal.
3. La matriz desarrollada en la presente tesis nos demuestra que el método Cracking tiene un mayor impacto ambiental ya que aumenta sus valores moderados (17.27% del proceso constructivo) que los desarrollados con la metodología CIPP (7.86% del proceso constructivo), esto quiere decir que el método CIPP es mejor ya que genera menos impactos negativos en el aspecto socioambiental y económico.
4. El proceso constructivo del método CIPP posee mayor ventaja ambiental y social que la metodología Cracking esto es porque ejecuta sus actividades usando maquinaria pesada, ya que las excavaciones dañan el paisaje urbanístico y estructuras en el área de trabajo, mientras que la metodología CIPP su procedimiento es más efectivo sin realizar excavaciones ya que todas las actividades se ejecuta en los buzones y en la tubería pero internamente, por ello demanda una menor área de trabajo, de igual forma el tiempo y costo se reducen considerablemente en ambos métodos obteniendo con CIPP mejores resultados.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que el método sin zanja de tubería polimerizada in situ en el Perú sea implementado y haya capacitaciones, conferencias, cursos entre otros para innovar los proyectos de este tipo ya que en la presente tesis se logra demostrar que, al ser comparado con el cracking, el método tubería polimerizada in situ reduce los impactos sociales, ambientales y económicos en su ejecución.
2. Con respecto a las propiedades hidráulicas y los resultados obtenidos es recomendable la aplicación de las metodologías sin zanja Cracking y Tubería Polimerizada in Situ ya que, al evaluar los resultados de las tuberías CSN (concreto), estos no cumplen con el reglamento OS. 070 del RNE, sin embargo, cuando se aplica teóricamente las metodologías Cracking y Tubería Polimerizada in Situ estas muestran resultados que están dentro de lo admitido.
3. Se recomienda que haya una evaluación a nivel nacional para verificar en qué estado se encuentran las tuberías de alcantarillado, al tener esa información se debe estudiar y analizar para que al tener los resultados determinar que método sin zanja es el más adecuado para la rehabilitación, en este caso el Cracking o Tubería Polimerizada in Situ tal como se ha indicado en la presente tesis.
4. Para el caso de los procesos constructivos se debe incentivar a las empresas nacionales a innovar con estos métodos que son eficientes e internacionalmente se debería pertenecer a la Asociación Internacional de Tecnologías sin Zanja (ISTT), para estar actualizados con las últimas técnicas que se usan para estos tipos de métodos.

BIBLIOGRAFIA

- Acorsa Perú. (s.f). Tubería PVC Standard. Obtenido de <https://acorsaperu.com/linea-industrial/tuberias-de-pvc>
- Bernal Torres , C. A. (2010). Metodología de la Investigación-administración, economía, humanidades y ciencias sociales (Tercera ed.). Bogotá, Colombia.
- Buitrago Montañez, W. A. (2021). Análisis de la efectividad de los métodos sin zanja (pipe bursting y perforación horizontal dirigida phd) para renovación de redes y cruces viales de redes de acueducto y alcantarillado en Bogotá D.C.[Tesis.Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional, Bogota, Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11349/28504>
- Cáceres Sellán, J. E. (2021). Evaluar comparativamente la rehabilitación de tuberías con metodología tradicional zanja abierta y metodología CIPP cured in place pipe del colector principal Parson Norte sector Prosperina[Tesis.Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]. Repositorio Institucional, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4699>
- Celi Andrade, M. F. (2018). Análisis comparativo entre los métodos de zanja abierta y Pipe Bursting en la rehabilitación de tubería de AA.SS de la la Av. Martha B. Roldós E 13R Cjon. 17B y Calle 1era.[Tesis pregrado,Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/32701>
- Conesa Fdez.-Vitora, V. (2010). Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental (4ta ed.). Ediciones Munid-Prensa.
- E&E Construccion. (s.f). Obtenido de <https://eeconstruccion.com/cipp.html#:~:text=Es%20el%20proceso%20en%20el,e1%20di%C3%A1metro%20de%20la%20tuber%C3%ADa.>
- Frias Navarro, D. (2022). Apuntes de estimación de la fiabilidad de consistencia interna de los ítems de un instrumento de medida [Universidad de Valencia]. Valencia. Obtenido de <https://www.uv.es.friasnav/AlfaCronbach.pdf>
- Grupo Traber. (s.f). Tubos de Concreto. Obtenido de <https://www.grupotraber.com/tubos-concreto/>

- Herrera Cerna, E. D. (2020). Método convencional y el método fragmentación de tuberías, en la rehabilitación del sistema de alcantarillado de la ciudad de Cajamarca[Tesis pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional, Cajamarca, Perú.
- Huanaco Yance, C. V. (2020). Análisis comparativo del método tradicional y Pipe Bursting para la rehabilitación de tuberías de alcantarillado en el sector 350 del distrito de Comas y Carabayllo[Tesis pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional, Lima, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/26442>
- IMCYC | Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C. (2015). Tuberías de Concreto .
- Insituform. (s.f). Reparación tuberías con manga continua sin obra ni zanja. Obtenido de <https://insituform.es/reparacion-tuberias-con-manga-continua-sin-obra-ni-zanja/>
- jardinday. (s.f). Tuberías de Polietileno, tipos y características. Obtenido de <https://jardinday.com/tipos-y-caracteristicas-de-las-tuberias-de-polietileno/>
- Luna Escalante, J. G., & Gonzales Mendoza, C. E. (2018). Descripción, Análisis comparativo y evaluación de las tecnologías: sin zanja y convencional para la renovación del sistema de alcantarillado en el sector bajo de Miraflores-Distrito de Miraflores.[Tesis,Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional, Arequipa, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6730>
- Martínez Javier, O. (2019). Análisis técnico y factibilidad económica, sistema pipe bursting vs sistema a zanja abierta para renovación de redes de alcantarillado y acueducto.[Tesis pregrado,Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/24111?mode=full>
- Ojeda Garayar, J. C. (2015). Análisis comparativo entre el método pipe bursting y el método tradicional en la renovación de tuberías de desagüe[Tesis pregrado.Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional, Lima, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/556449>

- Organización Panamericana de la Salud. (2005). Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CEPISO~1.PDF
- PANATEC. (s.f). Mangas y Resinas. Obtenido de <http://www.panatec-agua.com/mangas-resinas.php>
- Pavco. (s.f). Sistemas de Alcantarillado, Canales y Drenaje. Obtenido de <https://cormaplast.pe/wp-content/uploads/2017/07/PAVCO-POLIETILENO-HDPE..pdf>
- Pérez Fernández, J. C., & Ramos Chumbes, M. (2017). Métodos constructivos tradicional V.S Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015 [Tesis pregrado.Universidad Peruana los Andes]. Repositorio Institucional, Huancayo, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12848/992>
- Perez Manihuari, R. (2020). Análisis Comparativo del Método Tradicional y Cracking para el cambio de tuberías de agua y desagüe[Tesis Pregrado. Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/75633>
- Perez Manihuari, R. (2020). Análisis Comparativo del método tradicional y cracking para el cambio de tuberías de agua y desagüe[Tesis pregrado.Universidad Cesar Vallejo]. Perú: Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/75633>
- proasur. (s.f). La resina: variedades, factores a tener en cuenta y recomendaciones para su uso. Obtenido de <https://proasur.com/es/blog/resina-en-los-procesos-productivos-de-proasur/>
- Química General. (s.f). Polimeros. Obtenido de <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/82-polimeros.html>
- Romero Saldaña, M. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. Enfermería del trabajo. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5633043>

Sedapal, C. I. (2015). Estudios Definitivos de Construcción, para las obras de sectorización, Rehabilitación y Catastro de redes de Agua Potable y Alcantarillado, preparación de Expediente Técnico-Lima Norte II (Vol. 11). Perú.

Treltec Ingeniería Ltda. (s.f). PIPE BURSTING (P.B.). Obtenido de <https://www.treltec.com/>

Velásquez, A. J. (2021). Evaluación de las propiedades mecánicas de revestimientos Cured-In-Place Pipe (CIPP) utilizados en la rehabilitación de tuberías de alcantarillado [Tesis Magister en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional, Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10554/55658>

Veolia. (s.f). Tecnología sin zanja. Obtenido de <https://www.veolia.es/soluciones/agua/tecnologia-sin-zanja>

Viga-Innovación Hidráulica. (s.f). ¿Qué son las tuberías PVC? Obtenido de <http://www.vigaferretera.com/notas-de-interes/que-son-las-tuberias-pvc.htm>

Yepes Piqueras, V. (s.f). Sustitución de tuberías con torpedo rompedor (pipe bursting).[Blogs.Universidad Politecnica de Valencia]. Obtenido de <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/fractura-de-tuberia/>

Zilper. (s.f). Pipe Bursting. Obtenido de <https://zilpertrenchless.com/pipe-bursting/>

ANEXOS

Anexo 01 - Matriz de Consistencia

“Análisis comparativo entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado-Sector 349-Comas”				
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	VARIABLES	Metodología
¿Cuáles son los beneficios al realizar el análisis comparativo entre los métodos cracking vs tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado- Sector 349-Comas?	Establecer los beneficios al realizar el análisis comparativo entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - Sector 349 – Comas	Al realizar el análisis comparativo entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ se determinará cual es el más beneficioso para la rehabilitación de redes de alcantarillado - sector 349-Comas.	Variable independiente: <ul style="list-style-type: none"> • Redes de Alcantarillado 	Método: Científico Tipo: Básica Nivel: Descriptivo-comparativo Diseño: No experimental
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	VARIABLES	Población
¿Como analizar las propiedades hidráulicas entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado- Sector 349-Comas?	Analizar las propiedades hidráulicas entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - Sector 349 – Comas	Al analizar se verificará los cambios de las propiedades hidráulicas entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - sector 349-Comas	Variable Dependiente: <ul style="list-style-type: none"> • Cracking • Tubería Polimerizada in Situ 	Redes secundarias de alcantarillado ubicada en el Lote 1 Sector 349 del Proyecto Lima Norte II - Comas
¿Como realizar una matriz de consistencia de los aspectos económicos sociales y ambientales entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado- Sector 349-Comas?	Elaborar una matriz de consistencia de los aspectos económicos, sociales y ambientales entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - Sector 349 – Comas	Al elaborar una matriz de consistencia de los aspectos económicos sociales y ambientales se podrá evaluar los impactos positivos y negativos entre los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - sector 349-Comas.	Dimensiones: <ul style="list-style-type: none"> • Propiedades Hidráulicas • Aspectos Económicos, sociales y ambientales 	Muestra La muestra es por conveniencia ya que se tiene toda la información de las redes de alcantarillado de nuestra población. Se tomaron en cuenta 46 tramos del Sector 349 (según expediente técnico)
¿Como describir los procesos constructivos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado- Sector 349-Comas?	Describir los procesos constructivos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - Sector 349 – Comas	Al describir los procesos constructivos se conocerá las ventajas y desventajas de los métodos cracking y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado - sector 349-Comas.	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos constructivos 	Técnicas y Análisis de Datos Técnica: Encuesta Instrumento: Cuestionario Análisis de Datos: Ms-Excel

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 02 - Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FUENTES	INSTRUMENTOS
Variable Dependiente					
Cracking y Tubería Polimerizada in Situ	Métodos de instalación, reparación o sustitución de tuberías que no implica la remoción de cantidades considerables de tierra, causando el mínimo de problemas y destrucción de áreas.	Aspectos económicos, sociales, ambientales	- Costo de rehabilitación - Contaminación ambiental - Afectación Social	Libros, Revistas	Encuestas a Especialistas
		-Procesos constructivos	- Ventajas - Desventajas	Libros, Revistas	Encuestas a Especialistas
Variable Independiente					
Rehabilitación de Redes de Alcantarillado	Intervenciones orientadas a la recuperación de la capacidad normal de prestación del servicio, con acciones realizadas en las redes existentes, trabajando en el interior de las mismas.	-Propiedades Hidráulicas	- Tirante - Diámetro efectivo - Velocidad - Pendiente - Coeficiente de Manning - Caudal - Fuerza Tractiva	RNE. OS 070 Teorías Hidráulicas	Hojas de calculo

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 03 - Instrumento de Investigación

ENCUESTA PARA TESIS PROFESIONAL

Análisis comparativo entre los métodos cracking
y tubería polimerizada in situ en rehabilitaciones de redes de alcantarillado-Sector
349-Comas

 kofitec@gmail.com (no se comparten) [Cambiar cuenta](#)



*Obligatorio

Apellidos y Nombres *

Tu respuesta

Especialidad y/o carrera *

Tu respuesta

Colegiatura - CIP *

Tu respuesta

1. ¿Conoce el término "Metodología Sin Zanja en rehabilitaciones de redes de alcantarillado?"

Marcar con un aspa

Sí

No

2. ¿Cuánto conoce usted sobre el proceso constructivo de los metodos sin Zanja? *

	Nada	Poco	Regular	Mucho
Cracking	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tuberia Polimerizada in situ	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Analizando el proceso constructivo de rehabilitación con zanja y los metodos sin zanja, responda lo siguiente:

3 ¿En cuánto porcentaje se reduce la intensidad del sonido al aplicar los metodos?

	20%	40%	60%	80%	100%
Cracking	<input type="radio"/>				
Tuberia Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

4. ¿Según su experiencia en cuánto porcentaje disminuye el uso de maquinarias ?

	20%	40%	60%	80%	100%
Cracking	<input type="radio"/>				
Tuberia Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

5. ¿En que porcentaje disminuye el movimiento de tierras en estas metodologías?

	20%	40%	60%	80%	100%
Cracking	<input type="radio"/>				
Tubería Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

6. ¿En que porcentaje disminuye la contaminación ambiental?

	20%	40%	60%	80%	100%
Cracking	<input type="radio"/>				
Tubería Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

7. ¿En que porcentaje disminuye el impacto del paisaje urbano?

	20%	40%	60%	80%	100%
Cracking	<input type="radio"/>				
Tubería Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

8. ¿En que porcentaje disminuye los costos según los métodos sin zanja?

	20%	40%	60%	80%	100%
Cracking	<input type="radio"/>				
Tubería Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

9. ¿En que porcentaje disminuye los tiempos de ejecución según los métodos?

	20%	40%	60%	80%	100%
Cracking	<input type="radio"/>				
Tubería Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

En el Aspecto Social responda las siguientes preguntas:

**Aspecto
Social**

10 ¿Cuál es el nivel de incomodidad de los habitantes durante los actividades que se

	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Cracking	<input type="radio"/>				
Tubería Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

11 ¿Cuántas horas se limita el tráfico vehicular durante la ejecución de las actividades ?

	6 horas	12 horas	24 horas	36 horas	72 horas
Cracking	<input type="radio"/>				
Tubería Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

12 ¿Cuántas horas se limita el tráfico peatonal durante la ejecución de las actividades?

	6 horas	12 horas	24 horas	36 horas	72 horas
Cracking	<input type="radio"/>				
Tubería Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

16 ¿Cuanto es el grado de perjuicio economico del los negocios, durante ejecucion en rehabilitacion de tuberias de alcantarillado?

	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Cracking	<input type="radio"/>				
Tuberia Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

Aspecto Ambiental

17 ¿Cual es la magnitud de daño del paisajismo urbano durante las actividades de rehabilitacion de tuberias de alcantarillado?

	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Cracking	<input type="radio"/>				
Tuberia Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

18 ¿A Cuanto oscila el nivel de decibeles que afecta a los pobladores durante la rehabilitacion ?

	60-80 db	80-100 db	100-120 db	+120 db	NS/NC
Cracking	<input type="radio"/>				
Tuberia Polimerizada in Situ	<input type="radio"/>				

19 ¿Cuales son los niveles de humo y gases que se genera al usar maquinarias y equipos en la metodologias sin zanja?

Cracking

	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Maquinarias	<input type="radio"/>				
Equipos	<input type="radio"/>				

Tuberia Polimerizada in situ

	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Maquinarias	<input type="radio"/>				
Equipos	<input type="radio"/>				

20 Cuales son los niveles de particulas de polvo que se produce al realizar las siguientes actividades

Cracking

	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Cortes y Demoliciones	<input type="radio"/>				
Excavaciones	<input type="radio"/>				
Relleno y compactacion	<input type="radio"/>				
Reposición de pavimentos	<input type="radio"/>				
Reposición de veredas	<input type="radio"/>				
Instalacion de Pead	<input type="radio"/>				

Tubería Polimerizada in Situ

	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Preparación de manga	<input type="radio"/>				
Instalacion de manga	<input type="radio"/>				
Uso de equipos robotizados	<input type="radio"/>				

21 ¿Cuál son los niveles de vibraciones que se producen al utilizar maquinaria y equipos?

Cracking

	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Maquinarias	<input type="radio"/>				
Equipos	<input type="radio"/>				

Tubería Polimerizada in Situ

	Bajo	Medio	Moderado	Alto	NS/NC
Maquinarias	<input type="radio"/>				
Equipos	<input type="radio"/>				

22. ¿Cuáles de los métodos Cracking es el más adecuado para la rehabilitación de las redes de alcantarillado?

- Estático
- Dinámico
- NS/NC

26. ¿Cuál cree que sea el nivel del impacto negativo del metodo CIPP de los siguientes aspectos? (Califique del 1 al 5, siendo 1 más bajo y el 5 el más alto)

	1	2	3	4	5	NS/NC
Economico	<input type="radio"/>					
Social	<input type="radio"/>					
Ambiental	<input type="radio"/>					

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 04-Confiabilidad del Instrumento

Tabla 56 Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	10	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	10	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Tabla 57 Estadística de fiabilidad - Cronbach

Alfa de Cronbach	N de elementos
,987	61

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 58 Rango de Alfa de Cronbach

Alfa de Cronbach	Consistencia
$\alpha \geq 0.9$	Excelente
$0.8 \leq \alpha < 0.9$	Buena
$0.7 \leq \alpha < 0.8$	Aceptable
$0.6 \leq \alpha < 0.7$	Cuestionable
$0.5 \leq \alpha < 0.6$	Pobre
$\alpha < 0.5$	Inaceptable

Fuente: (Frias Navarro, 2022)

- El instrumento tiene según los datos ingresados en el SPSS 27 un coeficiente de confiabilidad de 0.987 y según el rango de Alfa de Cronbach que se puede observar en la tabla 65 el instrumento es de excelente confiabilidad

Anexo 05 – Clasificación de impactos

6.3.1.1 Signo

El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

El impacto se considera positivo cuando el resultado de la acción sobre el factor ambiental considerado produce una mejora de la calidad ambiental de este último.

El impacto se considera negativo cuando el resultado de la acción produce una disminución de la calidad ambiental del factor ambiental considerado. (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)

Tabla 59 Impacto positivo y negativo

Impacto	Símbolo
Impacto beneficioso	+
Impacto perjudicial	-

Fuente: Elaboración propia

Se prosigue describiendo los atributos con su cuadro de calificación a continuación:

a) Intensidad (IN)

La intensidad del impacto es el grado de incidencia de la actividad sobre el factor ambiental

Tabla 60 Intensidad de Impacto

Valor numérico	Denominación
1	Baja: Afectación mínima y poco significativa
2	Media: El grado de afectación será notable
4	Alta: Grado de destrucción significativa
8	Muy Alta: Destrucción casi total del favor evaluado
12	Total 1: Expresa una destrucción total del factor en el área que se produce el efecto

Fuente: (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)

6.3.1.2 Extensión (EX)

Es la fracción de área de estudio que será potencialmente afectada por el impacto.

Tabla 61 Extensión del Impacto

Valor numérico	Denominación
----------------	--------------

1	Puntual: efecto muy localizado
2	Parcial: Efecto en situaciones intermedias
4	Amplio o extenso: Efecto generalizado en gran parte del entorno del proyecto
8	Total: Efecto de influencia generalizada en todo el entorno del proyecto
(+4)	Critico: en caso el efecto sea puntual o parcial se produzca en un lugar crucial o critico

Fuente: (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)

6.3.1.3 Momento (MO)

El momento es el tiempo transcurrido entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental.

Tabla 62 Momento del Impacto

Valor numérico	Denominación
1	Largo Plazo: el efecto tarda en manifestarse más de 5 años
2	Mediano Plazo: El tiempo de la aparición del efecto sea de 1 a 5 años
3	Corto Plazo: El tiempo de la aparición del efecto sea inferior a 1 año
8	Inmediato: El tiempo de aparición del efecto sea nulo
(+4)	Critico: Si concurriese alguna circunstancia que hiciese critico el plazo de manifestación del impacto, cabría atribuirle un valor de una a cuatro unidades.

Fuente: (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)

6.3.1.4 Persistencia (PE)

Es el tiempo de permanencia del efecto sobre el factor, desde el momento de su aparición hasta su desaparición o recuperación, ya sea por la acción de medios naturales o mediante la aplicación de medidas correctivas

Tabla 63 Persistencia del impacto

Valor numérico	Denominación
1	Fugaz o momentáneo: el tiempo de manifestación es mínima o nula, menos de 1 año
2	Temporal o transitorio: Permanece por un tiempo entre 1 a 10 años.
3	Pertinaz o persistente: Permanece por un tiempo entre 11 a 15 años
4	Permanente: Superior a 15 años.

Fuente: (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)

6.3.1.5 Reversibilidad (RV)

Es la posibilidad de que el factor ambiental afectado, regrese a su estado natural inicial, por medios naturales.

Tabla 64 Reversibilidad del impacto

Valor numérico	Denominación
1	Corto Plazo: Se retornará a condiciones iniciales en un tiempo inferior a 1 año
2	Mediano Plazo: Se retornará a condiciones iniciales en un tiempo inferior de 1 a 10 años.
3	Largo Plazo: Se retornará a condiciones iniciales en un tiempo inferior de 11 a 15 años.
4	Irreversible: No puede retornar a condiciones iniciales a un periodo inferior de 15 años.

Fuente: (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)

6.3.1.6 Efecto (EF)

Se refiere a la relación causa-efecto; esto es, a la manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de la ejecución de una actividad del proyecto.

Tabla 65 Efectos del Impacto

Valor numérico	Denominación
1	Indirecto: Impactos secundarios o adicionales que podrían ocurrir sobre el ambiente como resultado de una acción humana
4	Directo: Impactos primarios de una acción humana que ocurren al mismo tiempo y en el mismo lugar que ella.

Fuente: (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)

6.3.1.7 Periodicidad (PR)

Es la regularidad de la manifestación del efecto. Esta periodicidad puede ser irregular, periódica o continua.

Tabla 66 Periodicidad del Impacto

Valor numérico	Denominación
1	Irregular o discontinuo: El efecto se repite de manera discontinua e imprevisible
2	Periódico: El efecto se manifiesta con un modo de acción periódico, cíclico o intermitente cuando los plazos de manifestación presentan una regularidad.
4	Continuo: Alteración constante en el tiempo

Fuente: (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)

6.3.1.8 Acumulación (AC)

Se refiere al incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste en forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Tabla 67 Acumulación del Impacto

Valor numérico	Denominación
1	Simple: No produce efectos acumulativos
2	Acumulativo: Produce efectos acumulativos

Fuente: (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)

6.3.1.9 Sinergia (SI)

Contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples.

Tabla 68 Sinergia del Impacto

Valor numérico	Denominación
1	Sin Sinergia: No produce efectos acumulativos
2	Sinérgico: Produce efectos acumulativos
4	Muy sinérgico: Cuando actúan varias acciones sobre un factor y el efecto se potencia de manera sostenible

Fuente: (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)

6.3.1.10 Recuperabilidad (MC)

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, sea por acción natural o humana.

Tabla 69 Recuperabilidad del impacto

Valor numérico	Denominación
1	Inmediata: El efecto es totalmente recuperable inmediatamente
2	Corto Plazo: El efecto es recuperable a corto plazo.
3	Mediano Plazo: El efecto es recuperable a mediano plazo
4	Largo Plazo: El efecto es recuperable a largo plazo

4	Mitigable: Si es recuperable parcialmente o irrecuperable, pero con introducción de medidas compensatorias.
8	Irrecuperable: Acción imposible de reparar, tanto por medios naturales como por intervención humana

Fuente: (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)

La matriz de evaluación dará como resultado los valores de importancia de los potenciales impactos mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$\text{IMPORTANCIA} = [+/- (3(\text{IN}) + 2(\text{EX}) + \text{MO} + \text{PE} + \text{RV} + \text{EF} + \text{PR} + \text{AC} + \text{SI} + \text{MC})]$$

Se obtendrá un valor que representará el tipo de impacto en relación a su importancia

Los tipos de impacto se detallan a continuación:

Tabla 70 Clasificación de Impacto Positivo y Negativo

IMPACTO POSITIVO		
Tipo de impacto	Código de colores	Rango
Ligero		Importancia ≤ 25
Moderado		25 < Importancia ≤ 50
Bueno		50 < Importancia ≤ 75
Muy Bueno		75 > Importancia
IMPACTO NEGATIVO		
Irrelevante y/o leve		-25 ≤ Importancia
Moderado		-50 ≤ Importancia < -25
Severo		-75 ≤ Impacto < -50
Critico		Impacto > -75

Fuente: (Conesa Fdez.-Vitora, 2010)