

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
UTILIZANDO EL MÉTODO DE CRACKING, PARA LA
SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS EN EL CENTRO CÍVICO DE LA
CIUDAD DE TRUJILLO.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA

AUTORES:

Br. ECHEVERRÍA LUCANO CLEVER MARTÍN

Br. MANTILLA LEÓN URIEL ANDREW

ASESOR:

Ing. SAGASTEGUI PLASENCIA FIDEL GERMÁN

TRUJILLO – PERÚ

2019

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, APRUEBAN la tesis desarrollada por (los) bachiller (es), Br. ECHEVERRIA LUCANO, CLEVER MARTIN y Br. MANTILLA LEÓN, URIEL ANDREW; denominada: **“PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE UTILIZANDO EL MÉTODO DE CRACKING, PARA LA SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS EN EL CENTRO CÍVICO DE LA CIUDAD DE TRUJILLO.”**

Presidente

Ing. Ricardo Narváez Aranda
CIP 58776

Secretario

Ing. Guillermo Cabanillas Quiroz
CIP 17902

Vocal

Ing. Marcelo Merino Martínez
CIP 77111

Asesor

Ing. Fidel Sagastegui Plasencia
CIP 32720

DEDICATORIA

A Dios.

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A Mis padres.

Manuel y Herodita quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, gracias a mi madre por apoyarme de manera incondicional con cada larga y agotadora noche de estudio con dedicación y amor, gracias a mi padre por siempre desear y anhelar lo mejor en mi vida, por cada consejo y palabra que fueron motor de lucha diaria.

A mi hermana.

Marisela y sobrinos Diego y Valentina por su confianza, apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona.

A mis amigos.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas mis amistades, que de una u otra manera estuvieron presentes en distintas formas, gracias por apoyarme constantemente cuando los necesitaba.

Mantilla León Uriel Andrew

DEDICATORIA

A Dios.

Por darme la vida y la salud y sobre todo por acompañarme
en el día a día para lograr mis metas.

A mis padres Corina y Martín.

*Por el apoyo incondicional, consejos, perseverancia,
paciencia, amor, educación, y la confianza que tienen
para verme llegar donde me encuentro ahora.*

A mis hermanos.

*Por su confianza, comprensión y apoyo permanente en
todo aspecto y momento.*

A mi hijo Thiago.

*Por ser mi alegría día a día y el motivo por quien
realizo todas las metas que me trazo.*

Echeverría Lucano Clever Martín

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza con cada uno de nosotros los tesisistas en aquellos momentos de dificultad y de debilidad por levantarnos y permitirnos continuar.

Agradecemos a nuestros docentes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, que deja como resultado a aquella ardua labor a este grupo de graduados, y como prueba vidente de ello; esta tesis, que permanecerá para el desarrollo y colaboración de los conocimientos de las siguientes generaciones por llegar.

RESUMEN

En la presente tesis brindamos nuevas opciones a la ejecución de los trabajos que en la actualidad vienen congestionando demasiado tráfico, contaminando el medio ambiente, ocasionando malestar a los vecinos del área afectada, tal es el caso de las excavaciones de zanjas realizadas para el cambio de tuberías tanto de agua potable como alcantarillado, especialmente de la red matriz, para disminuir estos malestares consideramos como una buena opción, ejecutar estos trabajos utilizando el método de CRACKING la cual consiste en realizar el cambio de tubería pero sin realizar una excavación de zanja, por el cual obtendremos como resultado la reducción de los impactos que normalmente ocasionamos con el método tradicional (excavación de zanjas).

PALABRAS CLAVES: Método de Cracking, Excavación, medio ambiente, zanjas, tuberías, tráfico, alcantarillado.

ABSTRACT

In the present thesis we offer new options in the execution of the works that at present are congesting too much traffic, contaminating the environment, causing discomfort to the neighbors of the service area, as it is the case of the excavations of ditches for the change to reduce the bad weather, consider as a good option, execute the work of CRACKING which is to make the change of edge but without digging a ditch, by which we will obtain as a result the reduction of the impacts that we normally cause with the traditional method (digging ditches).

KEYWORDS: Cracking Method, Excavation, environment, ditches, pipes, traffic, sewer.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego, para el título profesional de Ingeniero Civil, es grato de nuestra parte poner a vuestra consideración, la presente tesis titulada: “PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE UTILIZANDO EL MÉTODO DE CRACKING, PARA LA SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS EN EL CENTRO CÍVICO DE LA CIUDAD DE TRUJILLO.”

Atentamente:

Br. Echeverría Lucano, Clever Martín

Br. Mantilla León, Uriel Andrew

INDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
PRESENTACIÓN.....	viii
INDICE.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1.1. Realidad Problemática.....	4
1.1.2. Formulación del Problema.....	6
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.2.1. Objetivo General.....	7
1.2.2. Objetivos Específicos.....	7
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	8
II. MARCO DE REFERENCIA.....	10
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	11
2.1.1. Aportes Internacionales.....	13
2.1.2. Aportes Nacionales.....	18
2.2 MARCO TEÓRICO.....	19
2.2.1. La Tecnología sin Zanja.....	21
2.2.2. Método de Renovación de Instalaciones existentes.....	23
2.2.3. Ecuaciones de Conservación.....	32
2.2.4. Resistencia a la Corrosión.....	34
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	36
2.4 HIPÓTESIS.....	38
2.4.1. Hipótesis General.....	38
2.4.2. Variables: Operacionalización de la Variable.....	38
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	40
3.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	41
3.1.1. Diseño de Investigación.....	41
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	41

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	42
3.3.1 Diseño de Investigación de Campo.....	42
3.3.2 Trabajos de Gabinete.....	43
3.3.3 Información Cartográfica, Hidrométrica, Corrosión.....	44
3.3.4 Procedimientos.....	44
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN DE INVESTIGACIÓN.....	44
3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	44
IV. RESULTADOS.....	46
4.1 PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....	47
4.1.1 Método Tradicional o Zanja Abierta.....	47
4.1.2 Método de Cracking o Método sin Zanja.....	54
4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	65
4.3 DOCIMASIA DE LA HIPOTESIS.....	78
V. DISCUSION DE LOS RESULTADOS.....	83
VI. CONCLUSIONES.....	85
VII. RECOMENDACIONES.....	88
VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	90
IX. ANEXOS.....	92

INDICE DE CUADROS

Tabla 01	Operacionalización de las variables.....	39
Tabla 02	Tabla de diámetros de ancho de zanjas.....	50
Tabla 03	Análisis de Costos, Renovación del método Tradicional.....	72
Tabla 04	Análisis de Costos, Renovación del método Tradicional.....	73
Tabla 05	Análisis de Costos, Renovación del método Cracking.....	74
Tabla 06	Análisis de Costos, Renovación del método Cracking.....	75
Tabla 07	Resumen de los costos entre los métodos Zanja Abierta y el método Cracking.....	76
Tabla 08	Comparativos entre el método con zanja y el método sin zanja.....	79
Tabla 09	Comparativos entre el método con zanja y el método sin zanja.....	80
Tabla 10	Comparativos entre el método con zanja y el método sin zanja.....	81
Tabla 11	Cuadro de resumen en costo y porcentajes con el método Cracking...	82
Tabla 12	Cuadro de resumen en costos y porcentajes con el método Tradicional.....	82

INDICE DE FIGURAS

Figura 01	Sustitución de tuberías para agua potable con zanja y sin zanja.....	03
Figura 02	Vista de excavación sin zanja en áreas congestionadas.....	04
Figura 03	Clasificación de los métodos de excavación sin zanja.....	20
Figura 04	Instalaciones en una zona céntrica de una ciudad.....	22
Figura 05	Ejemplo de ampliador tipo cónico para la ruptura de tuberías, mientras se coloca al mismo tiempo la tubería nueva.....	24
Figura 06	Proceso de colocación de una tubería, por el método de fractura de tubería.....	25
Figura 07	Proceso del uso del método de fractura de tubería, visto en una tubería en el suelo.....	26
Figura 08	Proceso constructivo del método de reentubado.....	27
Figura 09	Colocación del polímero en la tubería para su posterior puesta en servicio.....	29
Figura 10	Maquinaria utilizada para la colocación de la tubería de poliéster en obra.....	30
Figura 11	Tubería doblada en “U”, siendo colocada.....	31
Figura 12	Volumen de control simplificado.....	32
Figura 13	Diagrama de Moody, coeficiente de fricción para cualquier tipo y tamaño de los tubos que conducen agua potable.....	33
Figura 14	Sector de análisis.....	37
Figura 15	Plano de calles para la renovación de tuberías.....	42
Figura 16	Trazo y replanteo.....	48
Figura 17	Ancho de la zanja.....	50
Figura 18	Refine de la zanja.....	51

Figura 19 Colocación de cama de apoyo.....	52
Figura 20 Colocación de tuberías.....	53
Figura 21 Trabajos de compactación de zanja.....	54
Figura 22 Identificar los alineamientos requeridos.....	55
Figura 23 Ventana para fragmentación.....	56
Figura 24 Desvío de aguas.....	57
Figura 25 Colocación de tuberías en la máquina termofusión.....	58
Figura 26 Traslado del equipo fragmentador.....	60
Figura 27 Posicionamiento del equipo fragmentador.....	60
Figura 28 Fragmentador y Cabezal de roti.....	61
Figura 29 Pasado de barras.....	62
Figura 30 Fragmentación y jalado de tubería nueva.....	62
Figura 31 Equipo de Fragmentación lateral.....	64
Figura 32 Acoplamiento de accesorios domiciliario con abrazaderas.....	64
Figura 33 Ejecución de obra por el método Tradicional.....	66
Figura 34 Ejecución de obra por el método Cracking.....	67
Figura 35 Recorrido de agua desde los reservorios.....	68
Figura 36 Distribución de abastecimiento de agua de los 4 sectores.....	68
Figura 37 Cuadro comparativo de valores totales.....	77

I. INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A medida que las tuberías de sistemas de agua potable van llegando al fin de su vida útil, ya sea por uso continuo o por alguna falla inesperada, se generan problemas en las características y propiedades iniciales de las mismas, lo que ocasiona pérdidas en la capacidad hidráulica, fugas de agua, y lo más importante, se originan serios problemas para los habitantes de los sectores en los que dichas tuberías están fallando. (Sotelo, A. G. 1997).

Actualmente, cuando es necesario llevar a cabo algún proceso de renovación y/o rehabilitación para cierto sistema de tuberías de agua potable, en gran parte del mundo, y sobre en los países subdesarrollados, se tiene como primera opción utilizar el método convencional de zanja abierta, puesto que su complejidad es muy baja y los operarios están completamente familiarizados con el mismo. (Valdez, E. 1990).

Desde hace más de dos décadas se han desarrollado un sin número de alternativas para llevar a cabo procedimientos de renovación y/o rehabilitación sin zanja, los cuales brindan grandes ventajas, no solo para los operarios y habitantes de las zonas en las cuales se estén interviniendo las tuberías, sino para las mismas empresas encargadas de llevar a cabo el procedimiento, puesto que dichas prácticas aseguran la reducción del costo total de la obra, disminuyen el riesgo de accidentalidad para los operarios y proporcionan una alternativa de bajo impacto ecológico.(OPS. 2012).

La Influencia del envejecimiento de la tubería, con el correr del tiempo, la capacidad de transporte de agua en las tuberías de hierro fundido y acero (sin revestimientos especiales) va disminuyendo. (Tzatchkov, V.G. 2014).



Figura N° 01: Sustitución de tuberías para agua potable con zanja y sin zanja.

Por otra parte estudios han demostrado que la rugosidad aumenta con el tiempo en tuberías expuesta a corrosión, en el caso de tubos de fierro fundido y acero galvanizado. Tal fue el reporte hecho por Ippen, quien por observaciones hechas en tuberías de acero galvanizado, encontró que el valor de e era el doble después de 3 años como resultado de un uso moderado. Por su parte Freeman determinó que para tuberías muy viejas se tenía valores de rugosidad de 20 a 60 veces que los obtenidos por Nikuradse en una tubería nueva. (AWWA.2012).

Los tubos empleados en los sistemas de agua potable en nuestro país, han sido de materiales: fierro fundido, Eternit y PVC; lo que nos permite afirmar que en Trujillo (centro cívico), todavía están instaladas tuberías de fierro fundido, transportando agua potable, cuyo envejecimiento se evaluará en el presente trabajo de investigación (SEDALIB. 2016).

Los diámetros de las tuberías de las redes primarias varían entre 100 mm (4") a 400 mm (16"), siendo su material de fierro fundido, PVC y asbesto cemento. En Trujillo Metropolitano se cuentan con aproximadamente 88,1 km de redes primarias instaladas. (SUNASS. 2014).

El diámetro de las tuberías de las redes secundarias varía de 50 mm (1 1/2") a 250 mm (10'), siendo de fierro fundido, PVC y asbesto cemento. Para su operación y regulación diaria, cuenta con diversos tipos de válvulas. La longitud de las redes de distribución es 1062 km. Según la empresa, 295 km de redes de agua potable requieren ser rehabilitadas. (SUNASS. 2014).

Por eso la gran importancia del trabajo de investigación, para la construcción del sistema de agua potable utilizando Tecnología sin Zanja, para sustitución de tuberías en la Ciudad de Trujillo.

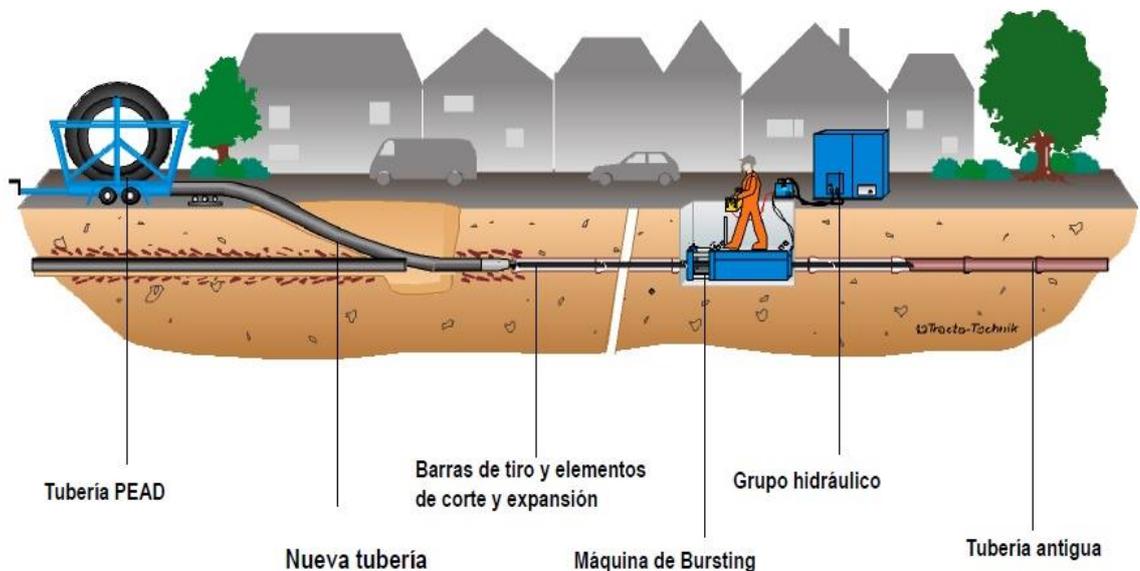


Figura N° 02: Vista de excavación sin zanja en áreas congestionadas.

Fuente: MINGUEZ SANTIAGO FELICIDAD. 2016.

1.1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El centro cívico sobrepasa los 80 años de antigüedad. Son tuberías casi desde su inicio de creación (del sistema de alcantarillado) de Trujillo y se debe cambiar todo, ya que el cambio por partes no soluciona el problema.

Se necesita 50 millones para cambiar el sistema del centro cívico, utilizando innovaciones para que tenga una duración de más de 50 años” (Sedalib. 2017).

El problema del envejecimiento y deterioro de las redes de agua potable, hacen que haya muchas fugas y pérdida del líquido elemento importante y con riesgos de contaminación para todos los usuarios.

- Los Sistemas Actuales de Agua para consumo humano y de Alcantarillado fueron construidos aproximadamente el año 1,930, desde esa fecha el mejoramiento ha sido mínimo por lo que se presenta deficiencias en el servicio tanto en cantidad de agua como en calidad por la obsolescencia y destrucción de las tuberías matrices que son de fierro fundido y tuberías de plomo para las conexiones domiciliarias.

Las tuberías de la red de agua de distribución del servicio existente en el Centro Cívico es de \varnothing 3” a \varnothing 8” – Fierro fundido y se encuentran a una profundidad que varía desde 0.80m a 1.80m. Las tuberías de fierro fundido fueron instaladas en el año 1,930 aproximadamente. Adicionalmente el sistema existente presenta tuberías de conducción a lo largo de la calle Gamarra \varnothing 12”-FC y en la calle Grau \varnothing 10”-FC. Estas tuberías de fibrocemento se instalaron hace 20 años aproximadamente.

El sistema se abastece a través de dos líneas que en sus tramos finales es de \varnothing 12”. Las Líneas parten desde el reservorio los Gemelos, la primera recorre la Av. Miraflores y empalma a la red en la intersección de la Av. España con la Av. Miraflores, la segunda viene por la calle Sinchi Roca y empalma a la red en la intersección de las calles Gamarra y Grau. El agua que abastece al Centro Cívico es de la Planta de Tratamiento Chavimochic que ingresa por gravedad al Reservorio los Gemelos y Nuevo Pesqueda; también existe la alternativa de bombeo directo desde los pozos Laredo mediante la línea de Conducción \varnothing 16” que hace el ingreso por la Av. Eguren y llega a empalmar a las redes en la Av. España. El total de redes que se plantea renovar es de 3,746ml (Sedalib 2018).

Cuando Sedalib realiza labores de reparación o sustitución de tubos, demoran un excesivo tiempo e impiden el tránsito de vehículos y peatones, dado que siempre realizan las obras con el método tradicional que viene a ser con zanja, como consecuencia genera excesiva cantidad de material que necesita ser transportado, generando ruido y polvo en la ciudad. Los trabajos que son realizados para la renovación de tuberías, interrumpen a los vehículos y a los peatones.

El Estado no implementa un sistema integrado de atención de riesgos, pues actualmente hay una mala gestión porque cada sector toma sus medidas y no se manejan los proyectos de forma integral.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el proceso constructivo del sistema de agua potable utilizando el método de cracking, para la sustitución de tuberías en el centro cívico de la ciudad de Trujillo?

a. Problema General

Trujillo es una ciudad metrópoli y por su congestión, las obras sobre sustitución de tuberías envejecidas del sistema de agua potable, ya no deben hacerse con zanja abierta, porque generan más congestión y mayor contaminación.

b. Problemas Específicos

- La ciudad de Trujillo es antigua desde su creación que fue en 1534 y a la fecha tiene una antigüedad de 484 años (Trujillo, Leyenda e Historia, Trujillonewport).
- SUNASS, mediante el informe N° INFORME N° 018 -2014-SUNASS-110; indica que es urgente el cambio o la sustitución de los tubos que comprende las redes de agua potable y alcantarillado en la Ciudad de Trujillo.

- El Estado no implementa un sistema integrado de atención de riesgos, pues actualmente hay una mala gestión porque cada sector toma sus medidas y no se manejan los proyectos de forma integral.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo General

Conocer el proceso constructivo del sistema de agua potable utilizando el método de cracking, para la sustitución de tuberías en el centro cívico de la Ciudad de Trujillo.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar la distribución de tuberías existentes a través de un previo estudio topográfico: Se utilizara una estación total con sus respectivos prismas para recopilar la información requerida y posteriormente realizar el trabajo de gabinete.
- Determinar el envejecimiento de tuberías que conducen agua potable en el centro cívico de la ciudad de Trujillo: Es necesario recopilar esta información con la entidad encargada, SEDALIB.
- Determinar los tramos críticos que requieren sustitución de tuberías para conducir el agua potable que corresponden a la zona del centro cívico de la ciudad de Trujillo: Se realizará visitas continuas al centro cívico para determinar estos tramos.
- Evaluación de las técnicas de construcción actuales y elección de la más adecuada para la construcción del sistema de agua potable utilizando tecnologías sin zanja, para la sustitución de tuberías en el centro cívico de la ciudad de Trujillo: Se realizará un comparativo entre ambas técnicas como es la técnica tradicional y la propuesta que es la tecnología sin zanja.
- Aplicar cuales son las metodologías y/o tecnologías para la renovación y rehabilitación de sistemas de tuberías de agua potable sin zanja más promisorias, a nivel local: Propondremos la mejor metodología para el tipo de trabajo que necesitamos realizar.

- Evaluar un comparativo de costos en función al método convencional y el método cracking: Realizaremos el comparativo de acuerdo a los costos actuales.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Este proyecto se justifica porque el problema global que se quiere resolver es el escaso desarrollo de la región a través del conocimiento del proceso constructivo del sistema de agua potable utilizando tecnología sin zanja, para la sustitución de tuberías, en el centro cívico de la Ciudad de Trujillo.

Este último método hace la sustitución de la tubería existente mediante tecnología sin zanja (Cracking), se basa en la instalación de una tubería de polietileno de menor diámetro dentro de la tubería antigua.

Es por ello que el conocimiento del proceso del sistema de agua potable utilizando tecnologías sin zanjas, para la sustitución de tuberías, en el centro cívico de la Ciudad de Trujillo, se justifica ya que es una tecnología sin zanja para la sustitución de tuberías que están envejecidas y deterioradas, en tiempo menor y con costos menores y menor contaminación.

El desarrollo que ha tenido nuestro país en los últimos años ha demandado tecnologías capaces de entregar soluciones a los requerimientos en los servicios básicos, tales como agua potable, alcantarillado, gas natural, telefonía, electricidad, etc.

Estos servicios, debido a la demanda creciente de transporte y al deterioro normal de sus materiales, requieren ser renovados por nuevos materiales y en diámetros mayores a los existentes. La tecnología que ha desplazado los métodos tradicionales de renovación ha sido el CRACKING, esto debido a la reducción de costos, a la gran velocidad de su aplicación y a la disminución de la contaminación inmediata al momento de utilizarla.

Empleando un sistema tradicional para reemplazar 100 mts. de una tubería se utiliza una semana y se debe romper toda una calle con todo lo que esto

implica en ciudades con alto tráfico, v/s este sistema subterráneo el cual requiere sólo de un día y a un valor inferior al 50% de un método tradicional.

Con la aplicación de la tecnología sin zanja mejoraría la productividad en el desarrollo de la rehabilitación de agua potable y/o redes de alcantarillado así como también el factor socioeconómico que repercutirá de manera favorable debido a que se incrementaría el tiempo de vida útil de las tuberías.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

“Las primeras perforaciones horizontales datan de principios de siglo en los estados Unidos y vienen dadas por la necesidad de realizar instalaciones de tuberías bajo infraestructuras ya condicionadas (vías urbanas, carreteras) o de salvar barreras geomorfológicas. Fue a partir de 1950 cuando se difundió su uso, siendo hoy en día una práctica generalizada en toda Europa”. (AWWA C200. 2012; 24 pp)

“La demanda de la instalación de nuevos sistemas de servicios públicos subterráneos en áreas congestionadas con líneas de servicios públicos existentes ha aumentado la necesidad de sistemas innovadores y económicos para ir por debajo y al lado de las instalaciones ya existentes en el lugar. Las preocupaciones ambientales, los costos sociales (indirectos) y nuevos desarrollos en los equipos han aumentado la demanda de éste tipo de tecnologías”. (Ruiz y Gonzales. 2012; 24 pp)

“La tecnología sin zanjas, que permite el diseño de renovación del sistema de agua potable, es un conjunto de métodos, materiales y equipos usados para rehabilitar tubería existente o instalar nueva tubería subterránea con el mínimo de problemas y destrucción típicamente asociados con métodos convencionales”. (OPS. 2016; 46 pp).

“El método sin zanja, representa un eje principal en el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles, esto es un claro ejemplo de como la investigación permite desarrollar nuevas tecnologías que sean innovadoras y que sean de uso y beneficio de la población en general. Esto será un paso más de la humanidad para poder llegar a la economía verde y lograr detener el impacto negativo que genera el ser humano contra el planeta, pues no solo de debe buscar una economía que mejore la comodidad de las personas si no también que reduzca o mitigue el impacto ambiental y las escaseces ecológicas”. (Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja, 2017).

“El término Tecnología sin Zanja es relativamente nuevo. Ha sido muy utilizado durante los últimos diez años de un modo global para describir este segmento fuerte y dinámico de la industria subterránea de construcción.

Los principales métodos de tecnologías sin zanja para rehabilitación, son (EPA. 2017; 48 pp):

1.- Tubería Curada en Sitio (Cured in place pipe - CIPP).

CIPP involucró la construcción de una nueva tubería dentro de una tubería anfitriona existente en el sitio de trabajo, invirtiendo una manguera flexible se ha impregnado con una resina. Cuando la resina se restaura mediante el uso de vapor y presión, se forma la tubería de plástico.

2.- Tubería Plegada y Desplegada (Foid & Formed - F&F).

F&F significa modificar la forma de una tubería plástica circular, a una forma de U para facilitar su colocación dentro de la tubería anfitriona existente. Cuando la tubería plegada está en su lugar, se utiliza el calor y presión para desplegar dicha tubería para que esta se adapte ajustadamente contra la tubería anfitriona.

3.- Tubería Insertada (Slipining - SL).

SL comprende la colocación de una tubería de revestimiento parcial o continuo, dentro de una tubería anfitriona existente. Este método resulta en una reducción importante en la sección transversal de la tubería anfitriona. El espacio anular entre la tubería insertada y la tubería anfitriona se rellena con mortero de cemento.

4.- Fragmentación de Tubería (Pipe Bursting - PB).

PB involucró la fragmentación de la tubería existente, consiste en colocar una nueva tubería destruyendo la tubería antigua y a su vez va empujando los pedazos rotos en el terreno circundante, instalando simultáneamente una nueva tubería, acoplada al elemento que va fragmentado la tubería existente.

5.- Reparación Puntual (Ponit Source Repair - PSR).

PSR es el uso de robots, tapones inflables a control remoto, revestimiento corto de tubería curada en sitio, etc. Para reparar problemas puntuales.

6.- Revestimiento con Mortero de Cemento (Cement Mortar Lining - CML).

CML es el procedimiento de jalar una herramienta rotatoria de salpicado a través de una tubería a una velocidad controlada, para aplicar un espesor deseado de mortero de cemento sobre las paredes de la tubería anfitriona existente, la cual ha sido anteriormente raspada y limpiada.

Las innovadoras 'Tecnologías sin Zanja', también conocidas como Trenchless o 'NODIG', pueden emplearse en una amplia variedad de proyectos de instalación y rehabilitación de tuberías para agua potable en ciudades, incluso en las áreas más congestionadas, convirtiéndose en una solución perfectamente sostenible para la conservación y desarrollo de complejas infraestructuras subterráneas urbanas”.

2.1.1. Aportes Internacionales

“GUSTAVO LACRANPE H. (2018). Chile. Realizo una investigación: **RENOVACIÓN DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO MEDIANTE SISTEMA DE FRAGMENTACIÓN NEUMÁTICA O CRACKING** en la que concluyo en lo siguiente:

- Tradicionalmente, los costos de los proyectos han sido calculados basándose en los costos reales implicados en la realización del trabajo.
- En general, los costos sociales y virtuales no se tienen en cuenta cuando se realiza el estudio de factibilidad. Estos costos se advierten cuando se ha terminado el trabajo y surgen como reclamos de seguros por pérdidas, tanto económicas, sociales y medio ambientales o como responsabilidad por trabajos de reparación de la superficie de la calle como por ejemplo daños a terceros, etc.

- Cuando los proyectistas consideran los costos, es evidente que deberán tener en cuenta el uso de la tecnología Cracking, ya que ello permitirá grandes ahorros potenciales. Resta entonces, como tema pendiente, la creación de los marcos regulatorios Técnico-Legales que nos permitan adecuar la normativa vigente con el avance tecnológico para minimizar los costos sociales y virtuales en beneficio de la comunidad.
- En metería medio ambiental, es un sistema amigable ya que no produce daños estéticos al paisaje natural, donde se esté realizando la obra, debido a que es un sistema limpio y seguro por lo cual, brinda mayor comodidad y evita las molestias a los usuarios y residentes del barrio.
- En un tema netamente económico el sistema tradicional o zanja y el Cracking, son levemente similares, sin embargo, la diferencia es notoria en el costo tiempo, donde el sistema Cracking es claramente más rápido que el sistema tradicional”.

“FREDY ESTUARDO VIANA VIDAL (2015). Guatemala. Realizo una investigación: TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN FUNDAMENTADAS EN LA TECNOLOGÍA SIN ZANJAS y que concluyo en lo siguiente:

- La tecnología sin zanjas ha demostrado ser, en los países desarrollados donde se aplica, una herramienta de mucho valor económico y social, ya que los trabajos que implican abrir el terreno y levantar la carpeta de rodadura de las calles o la acera ocasiona molestias mayores imposibles de cuantificar.
- Con los diferentes métodos planteados en este trabajo y desarrollados a la fecha se pueden realizar tareas de instalación, renovación y reparación de tuberías que prestan los servicios de agua potable, alcantarillado, electricidad, gas y cable televisivo.
- Las técnicas de construcción basadas en la tecnología sin zanjas son varias y con diferentes fines, por lo que con la presente investigación el lector puede hacerse una idea general de lo que

abarca esta nueva forma de construir y utilizarla como guía para determinar que técnica es la que más le conviene.

- El tema es nuevo en el país y prácticamente desconocido para muchos profesionales de la ingeniería, no digamos para otras personas ligadas o no al tema de los servicios entubados.
- Las técnicas planteadas dan una opción para realizar trabajos necesarios en los servicios enterrados bajo avenidas o calles importantes sin el consecuente congestionamiento vehicular y molestia a chóferes y peatones.
- La utilización de los métodos de construcción sin canales ha resultado ventajoso, rápido y más barato que con los tradicionales trabajos de zanjeo”.

“FELICIDAD MINGUEZ SANTIAGO (2015), Universidad Politécnica de Madrid. Realizó una investigación y estudio de maestría: MÉTODOS DE EXCAVACIÓN SIN ZANJA., en el cual concluyó lo siguiente:

- Las tecnologías sin zanjas están demostrando ser, en los países desarrollados, donde más han sido aplicadas hasta la actualidad, una herramienta de gran valor económico y social, ya que los trabajos que implican la apertura del terreno y la rotura de firmes carreteras e infraestructuras ferroviarias ocasionan grandes molestias que son imposibles de cuantificar en términos económicos y que se consideran socialmente inaceptables.
- Las técnicas de construcción basadas en las tecnologías sin zanjas son muy variadas, y versátiles, tanto en el método de utilización, como en los fines a los que aplican.
- Con los diferentes métodos existentes se pueden realizar tareas de instalación, renovación y reparación de tuberías que prestan los servicios de agua potable, alcantarillado, electricidad, gas, cables, e incluso túneles.
- Se resalta la gran importancia que pueden llegar a tener en nuestros y el gran avance que las distintas tecnologías presentan, ya sea en

requerimientos de servicios como en rapidez, economía, seguridad y eficacia a la hora de crear o mejorar dichas infraestructura.

- No se puede dejar de tener en cuenta la gran importancia medioambiental que presentan estos métodos, ya que mejoran y evitan las principales problemáticas que se producen con la excavación de zanjas en las ciudades como pueden ser, la generación de polvo, los problemas de ruidos por el exceso de maquinaria, la acumulación de grandes cantidades de tierra, etc. que generan malestares y molestias en las grandes urbes. Igualmente evitan las afecciones que pueden producirse a lo negocios, áreas comerciales, accesos a hospitales, salidas de cuerpos de emergencias, pistas aéreas, etc...”.

“MAZZINI MITE NESTOR RUBEN, TORRES ORTIZ CARLOS RICARDO (2015), Guayaquil, Ecuador. Maestría en Ingeniería de la Construcción: CRITERIOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN DE REHABILITAR O RENOVAR LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA CON EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL SECTOR “URDESA”, EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL. Donde concluyeron lo siguiente:

- La evolución de las tecnologías sin zanja en las últimas tres décadas, ha sido de gran consideración, con más experiencias en el mundo y sobretodo en la región, esto ha demostrado que es una solución técnica, práctica, económicamente alcanzable y amigable con el medio ambiente.
- En base al análisis hidráulico de los tramos en estudio, se concluye en decir que las secciones de las tuberías son suficientes para la evacuación a gravedad de los volúmenes sanitarios.
- Que el 53% de los tramos de tuberías han cumplido su vida útil, considerando que las redes tienen más de 30 años de operación y es ya urgente el remplazo de ciertos tramos, en base al análisis estructural, realizado en el presente trabajo de investigación.

- El área en donde se desarrollará el Proyecto (Urdesa), tiene usos de suelo que permiten diferentes actividades comerciales que se vienen desarrollando desde hace más de 50 años.
- El análisis Económico conlleva a dar como resultado que el período de retorno de esta inversión se produce a los 5 años 6 meses desde que se ponga en marcha el proyecto.
- Que la selección óptima de las alternativas se inclina por la del mínimo impacto (menor tiempo) y mejor costo.
- Posterior a la rehabilitación del sistema de Alcantarillado Sanitario, se producirán impactos positivos, ya que con el sistema rehabilitado se ofrecerán mejores condiciones Sanitarias, incrementando el nivel de calidad de la vida de la población beneficiada”.

“ANGEL ORTEGA SUREDA (2016), Madrid, España. Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid. Executive MBA IESE. MIT School of Engineering, **Director General** de Radiopoint systems, **Presidente** de la Asociación Ibérica de Tecnología SIN Zanja **IBSTT**. Sustentó lo siguiente:

- Las Tecnologías SIN Zanja, Tecnologías No Dig, Trenchless Technology están aprobadas por la ONU (Programa 21, Capítulo 34) como unas tecnologías ecológicamente racionales y ambientalmente sostenibles, que abarcan Tecnologías que ofrecen un rendimiento medioambientalmente mejorado en comparación con las tecnologías tradicionales que requieren de la apertura de zanjas en las ciudades.
- Garantizan el compromiso con la sociedad al evitar ruido, polvo, escombros, materiales de relleno, o roturas del pavimento. No perjudican la vida del ciudadano de a pie, comercios, circulación, tráfico.
- Su empleo reduce hasta el 25% los costes económicos de la obra frente al empleo de las tecnologías tradicionales, disminuyen un 30% la duración de la obra, facilitan la elaboración de los proyectos, y reducen en un 20% las emisiones de CO2, los costes sociales y ambientales en un 80%, así como los accidentes en un 70%,

contribuyendo de ese modo a la conservación del planeta y a la promoción del desarrollo sostenible, jugando un importante papel en el nuevo marco de la **ECONOMÍA CIRCULAR**, que persigue reducir el consumo y preservar las materias primas, el agua y la energía, al tratarse de soluciones limpias e eficientes con un alto componente tecnológico.

Entonces, **¿POR QUE ABRIR ZANJAS SI HAY SOLUCIONES MEJORES?** Es incomprensible, las Tecnologías **SIN ZANJA** tienen entre otras muchas, 2 ventajas principales respecto a la construcción tradicional que las hace **ÚNICAS** e **IMPRESINDIBLES** en una **CIUDAD** que presuma de actual, moderna e inteligente:

1. Reducen significativamente los costes sociales.
2. Son un factor clave en la lucha contra el cambio climático.

2.1.2. Aportes Nacionales

“JULIO CESAR OJEDA GARAYAR (2015), de la Universidad UPC. Lima, realizó una investigación : **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL MÉTODO PIPE BURSTING Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA RENOVACIÓN DE TUBERÍAS DE DESAGÜE.**, que llegó a las siguientes conclusiones:

- Uno de los beneficios que tiene el Pipe Bursting en cuanto al proceso constructivo frente al método tradicional, es la seguridad que les brinda a los trabajadores, ya que al no tener que estar dentro de la zanja, debido a que en su proceso no se requiere excavar todo el tramo a renovar, se evita la posibilidad que algunos de los trabajadores quede atrapado dentro de esta, a causa de un colapso o desprendimiento del terreno.
- Además, el tener la zanja abierta, en el caso del método tradicional, hasta el momento en que se coloque la tubería y se tape la zanja, puede ocurrir que algunos de los trabajadores o en el peor de los

casos algún transeúnte pueda caer dentro de esta, a pesar de contar con una correcta señalización. Cuanto mayor es el tiempo en que se tiene la zanja abierta, aumentan las posibilidades que ocurra algún accidente.

- El rendimiento en el caso del método tradicional, en parte depende de la habilidad y experiencia que tengan los trabajadores, ya que la mano hombre en este método está más involucrada tanto en el proceso de excavación, como al colocar la tubería, es por eso que la habilidad de los operarios influye mucho en el rendimiento y por lo tanto en el costo del proyecto, sin embargo, en el caso del pipe bursting el rendimiento se basa en mayor porcentaje en los equipos empleados, ya que en el proceso de fragmentación de la tubería no interviene la mano hombre, por lo tanto se tiene menor variabilidad en cuanto a rendimientos en el pipe bursting que en el método tradicional.
- Dicho esto, el pipe bursting en cuanto a costos tienen una amplia ventaja frente al método tradicional, como se analizó en el capítulo 3, este tiene una diferencia de 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.
- Otra ventaja es en cuanto a costos sociales, se ha demostrado que el pipe bursting genera menos costos que el método tradicional y menos incomodidades a la población y sus actividades. Además que tiene un menor impacto visual en el entorno. En proyectos donde se emplea el pipe bursting se tiene un impacto mucho menor en la zona del proyecto, no sólo la reducción de la perturbación que causaría si se empleara el método tradicional, sino también la tensión y el efecto sobre el estilo de vida de la comunidad que habita, en particular durante la ejecución de grandes proyectos”.

2.2. MARCO TEÓRICO

Durante el estudio y recopilación de datos e información de todos los tipos de métodos que se realizan sin excavación de zanjas, se ha visto

conveniente realizar una serie de clasificaciones en la que se presenta a continuación como:

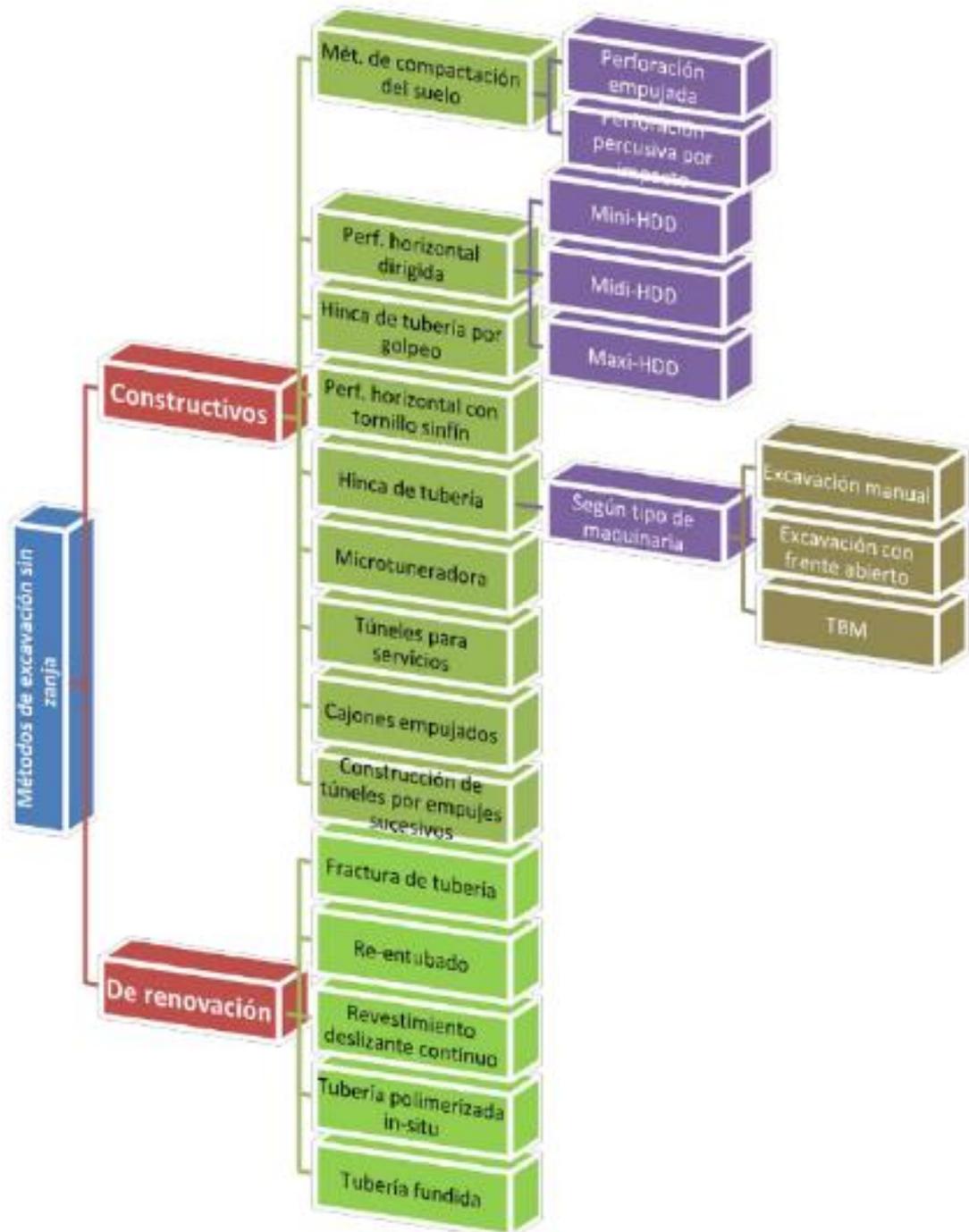


Figura N° 03: Clasificación de los métodos de excavación sin zanjas
Fuente: MINGUEZ SANTIAGO FELICIDAD. 2015.

2.2.1 La Tecnología sin Zanja.

“La tecnología sin zanja (trenchless technology) es un método de renovación de tuberías, sin necesidad de retirar la tubería antigua, en el que se utiliza un cabezal de corte o fractura para quebrar o cortar la tubería existente, con un desplazamiento mecánico, permitiendo la instalación simultánea de la nueva tubería que viene adosada en la parte posterior del cabezal. Esta nueva tubería puede ser del mismo diámetro o uno mayor” (Ojeda, 2015).

“La Tecnología sin Zanja es un conjunto de métodos, materiales y equipos usados para rehabilitar tubería existente o instalar nueva tubería subterránea con el mínimo de problemas y destrucción típicamente asociados con métodos convencionales”. (RUIZ & GONZALES (2012; 128 pp).

“El método sin zanja, representa un eje principal en el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles, esto es un claro ejemplo de como la investigación permite desarrollar nuevas tecnologías que sean innovadoras y que sean de uso y beneficio de la población en general. Esto será un paso más de la humanidad para poder llegar a la economía verde y lograr detener el impacto negativo que genera el ser humano contra el planeta, pues no solo de debe buscar una economía que mejore la comodidad de las personas si no también que reduzca o mitigue el impacto ambiental y las escaseces ecológicas”. (Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja, 2017).

“Generalmente en zonas urbanizadas la rehabilitación de redes de alcantarillado con la metodología con zanja genera problemas de tráfico con vehículos pesados, tráfico peatonal y numerosos servicios subterráneos existentes; por ello la metodología sin zanja ofrece una ventaja frente al método tradicional, pues ya no se requiere de la construcción de las zanjas a tajo abierto mitigando de esta forma los problemas de tránsito vehicular y otros. Además, la tecnología sin zanja tiene la versatilidad que puede ser usado en muchos proyectos como

atravesar carreteras, corredores de transporte, ríos y cursos de agua. Así como también se puede utilizar para instalar, rehabilitar o sustituir servicios ubicados en zonas ambientalmente sensibles y lugares donde métodos invasivos como el método con zanja generaría mucho impacto y por ello, no pueden ser aplicados, por la presencia de vegetación o ya sean zonas ambientalmente sensibles. A menudo, por no decir que en la actualidad la metodología sin zanja está teniendo mucha acogida no solo por generar menor impacto ambiental, sino también porque el avance de la tecnología hace que estos equipos necesarios sean más económicos y esto reduce el costo directo del proyecto”. (Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja, 2017)

Aquí hay un cruce típico de la ciudad. Nótese cómo el tráfico es fluido.

Pero mira lo invisible "tráfico", agua, aguas residuales, gas, electricidad y telecomunicaciones que también están utilizando la unión.

Ahora es desenterrar a trabajar en este otro tipo de tráfico!

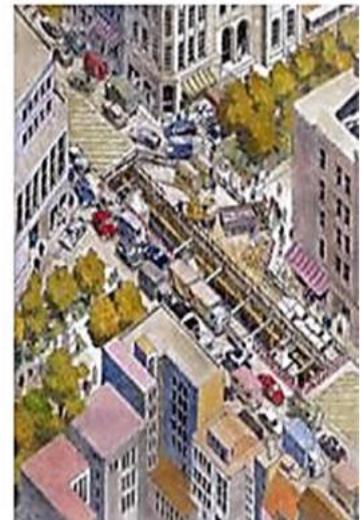
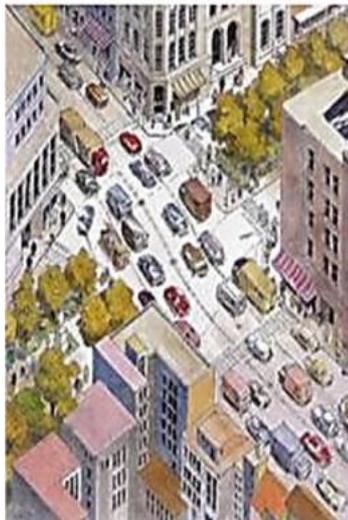


Figura Nº 04: Instalaciones en una zona céntrica de una ciudad
Fuente: (Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja, 2017).

“La tecnología sin zanja no solo requiere de definir bien la metodología sino también de equipos y herramientas y estas con el pasar de los años también se han ido perfeccionando y de esta forma hacer más eficiente y económica la rehabilitación de la tubería existente o instalar una nueva

tubería subterránea con el mínimo de problemas y destrucción que generalmente se presenta con el método tradicional o método con zanja. El término “tecnología sin zanja” en la actualidad ya está dejando de ser un término nuevo por la gran acogida que está teniendo.

Ha sido muy utilizado durante los últimos 10 años de un modo global para describir este segmento fuerte y dinámico de la industria subterránea de construcción”. (Sedapal, 2016).

“La tecnología CIPP o curado en sitio, por sus siglas en inglés (cured in place pipe), es un compuesto tubular impregnado con resina epóxica de última generación que se utiliza como revestimiento interior de la tubería existente y que se instala por reversión con presión de aire. Una vez finalizada la inserción de la resina se cura usando vapor de agua que se distribuye a través de la tubería receptora”. (PAVCO, 2017).

“Según Mínguez, S.; en el año 2015 indica que el término Tecnología sin Zanja es relativamente nuevo. Ha sido muy utilizado durante los últimos 10 años de un modo global para describir este segmento fuerte y dinámico de la industria subterránea de construcción. Consiste en el reemplazo de la tubería existente vieja o defectuosa por otra nueva.

Entre estas metodologías se destacan:

- a) Fractura de Tubería (Pipe Bursting).
- b) Reentubado (Relining).
- c) Revestimiento deslizante continuo (Slipining).
- d) Tubería polimerizada in situ (Cure in place PIPE).
- e) Tubería Fundida (Thermoformed pipe).

2.2.2 Método de Renovación de instalaciones existentes

Hace referencia a cada uno de los distintos métodos que se puedan emplear para la rehabilitación de tuberías que ya hayan perdido su capacidad estructural o que una manera u otra no estén correctamente operativas o que ya hayan excedido su periodo de vida útil, sin la

utilización directa de zanjas abiertas. En la actualidad se siguen perfeccionando el método sin zanja, pero entre los más representativos tenemos: (Mínguez, F. 2015, p. 6).

a) Fractura de Tubería (Pipe Bursting)

La fractura de tuberías por tiro con barras, o “reventamiento” de las tuberías, (pipe bursting), consiste en la instalación de una nueva tubería en el espacio ocupado por el tubo antiguo, la característica de este proceso es que a medida que se va destruyendo la tubería antigua a la misma vez se va instalando la tubería nueva y el los residuos de la tubería antigua pasa a formar parte del suelo.

Esta tecnología sin zanja es recomendada para la sustitución de líneas de agua potable y gas en suelos sensibles, en donde existen otras canalizaciones subterráneas o edificios cercanos. Es capaz de sustituir tuberías de hormigón, acero o fundición dúctil sin disminución de sección, permitiéndose incluso ciertos incrementos de sección.



Figura N° 05: Ejemplo de ampliador tipo cónico para la ruptura de tuberías, mientras se coloca al mismo tiempo la tubería nueva.

Fuente: MINGUEZ SANTIAGO FELICIDAD. 2015

Las barras articuladas de tiro son empujadas desde el pozo de tiro a través de la vieja tubería hacia el pozo de inserción de la nueva tubería. Una de las principales características es que una vez que llegan las barras a este pozo, se acopla una cuchilla de corte, un cono expansor y

la nueva tubería, del material que sea necesario. Con respecto a la capacidad de los equipos se encuentran entre 40 y 400 toneladas de capacidad de tiro.

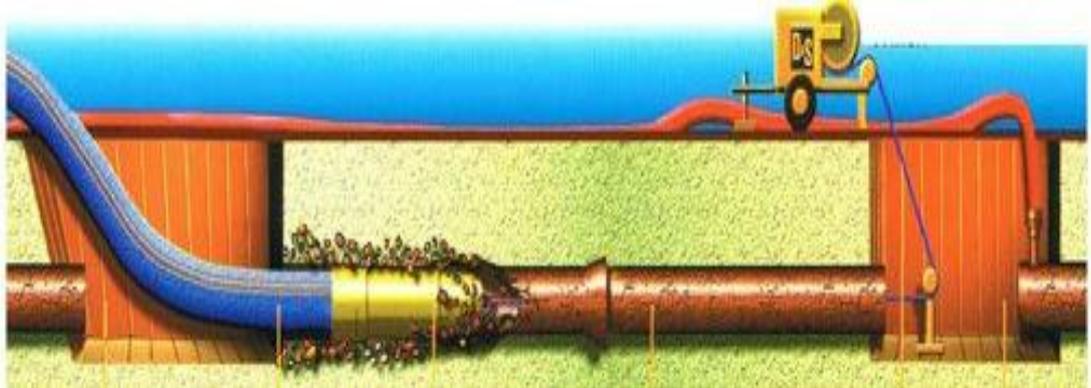


Figura N° 06: Proceso de colocación de una tubería, por el método de fractura de tubería.

Fuente: MINGUEZ SANTIAGO FELICIDAD. 2015

Por lo tanto, la tubería a reemplazar se rompe con una cabeza de ruptura o es cortada con un rodillo de corte. Los fragmentos residuales de la tubería antigua se desplazan contra el terreno circundante y de esta forma la cavidad se amplía, de tal forma que un nuevo tubo pueda ingresar en ella. La tubería de reemplazo puede tener el mismo diámetro que la antigua o incluso ser de un diámetro mayor.

El equipo de trabajo que permite romper la tubería antigua está formado por un cabezal rompedor en forma de cuchilla, ésta tiene la suficiente capacidad de triturar o seccionar la tubería antigua e instalar la nueva. Esta fuerza de empuje necesaria para romper la tubería es situada en una estación hidráulica de unas 40 toneladas de tiro, ésta fuerza es capaz de seccionar las tuberías existentes. Además, si el pozo de registro cuenta con la dimensión suficiente podrá realizarse el reemplazo desde ellos sin necesidad de realizar excavaciones.

Por ello, para realizar la sustitución se realiza la excavación de las pozas de tiro e inserción. Los trabajos de instalación de maquinaria, sustitución y retirada tienen una duración aproximada de 3 horas, por lo que la

sustitución completa de un tramo de 150-200 m puede llevarse a cabo en una jornada de trabajo.



Figura N° 07: Proceso del uso del método de fractura de tubería, visto en una tubería en el suelo.

Fuente: MINGUEZ SANTIAGO FELICIDAD. 2015

b) Reentubado (Relining).

Esta técnica consiste en la introducción de la tubería nueva dentro la tubería antigua. Esta técnica de relining es adecuada en zonas urbanas para la renovación y rehabilitación de tuberías antiguas o que ya han cumplido con su periodo de vida útil, ésta técnica ofrece una serie de ventajas frente al método tradicional (método con zanja) debido a que con ella no genera impacto ambiental y evita la congestión de las personas y obviamente el sistema vehicular.

La utilización de esta técnica está limitada a conducciones donde pueda disminuirse el diámetro de la tubería existente.

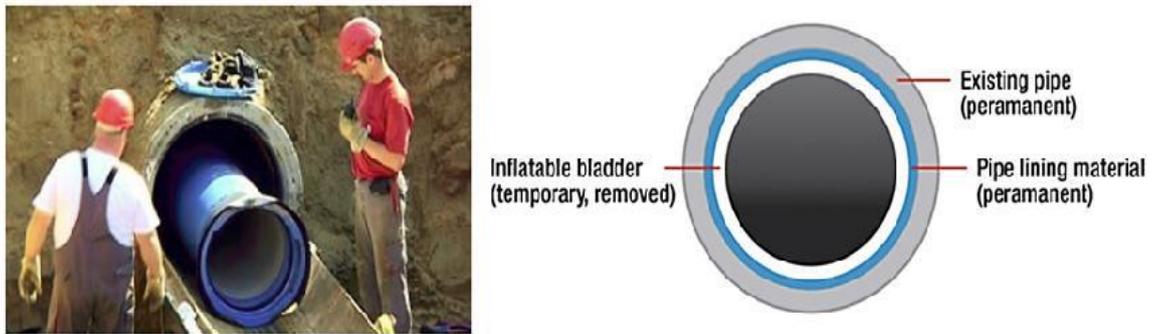


Figura N° 08: Proceso constructivo del método de reentubado.
Fuente: Moral, Fernández. 2015

En la técnica del relining, se requiere preparar la tubería antigua esto con el propósito de reducir o eliminar la fricción. Para ello, se eliminan las incrustaciones de la pared, se cierran las juntas y se hecha un lubricante sobre la superficie interna de la tubería. Este paso generalmente es conocido con el nombre de limpieza por lechada química.

La lechada química es utilizada para sellar juntas con alta probabilidad de filtración o fuga del líquido a transportar y también para sellar grietas circunferenciales así como pequeños huecos.

El proceso de limpieza se realiza antes del proceso de aplicación de la lechada y eliminar las partículas de arena del interior de la tubería u otro tipo de sedimentos. Para poder utilizar este método se requiere también desviar el flujo del agua residual alrededor del segmento de la tubería a ser tratado con lechada, esto hasta que el material haya secado. Luego una vez que la tubería nueva ha sido ingresada y deslizada, el espacio restante entre ambas tuberías se rellena con material alcalino aislante.

c) Revestimiento deslizando continuo (Slipining).

Éste método se utiliza en la rehabilitación de todo tipo de canalizaciones cuyas dimensiones varían entre 100 y 1700 mm. Poco importa si son canalizaciones de aguas residuales, agua, gas, etc. mientras se permita la reducción de la sección transversal, y esto no sea un problema.

Antes de introducir la canalización de Polietileno de Alta Densidad (PEAD) se realizan dos excavaciones una en el punto de origen y otra en el destino. Todas las canalizaciones, válvulas y uniones de servicio deben ser excavadas y quedar expuestas antes de colocar el revestimiento.

Las secciones de polietileno de alta densidad son soldadas en la superficie o en el agujero de entrada.

Este procedimiento es tal que se monta un cabezal de tracción en la parte frontal de la canalización y se impulsa el tubo de Polietileno desde el agujero de entrada hacia el agujero de salida. La de la nueva tubería dentro de la tubería receptora, se puede realizar mediante tracción o por medio de un mecanismo de empuje. La inserción es un método muy rápido y rentable.

d) Tubería polimerizada in situ (Cured in a place pipe)

También conocido como Cured in a place pipe, o encamisado con manga reversible, este método es ideal para la rehabilitación de canalizaciones de aguas residuales y canalizaciones de aguas industriales. Puede ser utilizada tanto para tuberías principales como para secundarias. Y tanto en vertical como en horizontal.

Estos tubos flexibles de fibra de poliéster resistente al ácido están impregnados en resina. Los tubos se tratan a medida en los talleres en varias longitudes y en dimensiones variables de 50 a 2000mm con un grosor de 3 a 50mm, según los requisitos.

Para dimensiones pequeñas, los tubos flexibles pueden ser colocados por aire comprimido. Después de la instalación, los tubos se polimerizan con vapor. Para dimensiones grandes los tubos se colocan desde un andamio. Cuando los tubos se encuentran en posición y han sido

polimerizados mediante calor, construyen una canalización estructural resistente a la abrasión dentro de la vieja canalización.

A través de un interruptor controlado a distancia, todos los laterales que han sido registrados por medio de una televisión se abren después del revestimiento.

El método permite rehabilitar varios cientos de metros de canalizaciones en un sólo día sin realizar ninguna excavación. El método posibilita un revestimiento totalmente estructural.



Figura N° 09: Colocación del polímero en la tubería para su posterior puesta en servicio.

Fuente: MINGUEZ SANTIAGO FELICIDAD. 2015



Figura N° 10: Maquinaria utilizada para la colocación de la tubería de poliéster en obra.

Fuente: MINGUEZ SANTIAGO FELICIDAD. 2015

e) Tuberías fundidas (Thermoformed pipe)

Para la rehabilitación de tuberías de alcantarillado este método es ampliamente utilizado. Su larga duración, naturaleza inerte, y no toxicidad, lo hacen apropiado para su uso con agua potable. Las tuberías fundidas se utilizan tanto en conducciones que funcionen por acción de la gravedad, como aplicaciones en las que el fluido vaya a presión.

Los diámetros varían de 7cm a 80cm. En los diámetros más pequeños, se consiguen instalar longitudes continuas de hasta 500m. En diámetros mayores, se alcanzan longitudes continuas superiores a 200m. Este método es apto para la renovación de tuberías completamente deterioradas a profundidades de 15m y en el caso de existir presencia de nivel freático, hasta profundidades superiores a 6m.

Las necesidades estructurales y los materiales existentes determinan el espesor de pared requerido por las ecuaciones de diseño que proporciona la norma ASTM F1216. Los módulos de presión que se encuentran actualmente en el mercado, varían entre 110.000 a 280.000 psi, pero todos proporcionan integridad estructural comparable a otras

alternativas competitivas con la diferencia en el espesor de pared mucho menores.

Hay dos clases generales de tuberías fundidas:

1. Tuberías deformada y Reformada fabricadas con polietileno
2. Tuberías doblada y formada: fabricadas a partir de compuestos de PVC.

Ambas clases se basan en alterar temporalmente la sección transversal de la tubería para permitir la inserción.



**Figura N° 11: Tubería doblada en “U”, siendo colocada.
Fuente: MINGUEZ SANTIAGO FELICIDAD. 2015**

Después de la inserción, las tuberías se calientan y se amplían con vapor a presión y aire para empotrarlas contra la tubería existente en un proceso de “termoformado”. Estas se enfrían con el aire frío mientras se mantiene la presión de manera que se mantenga ajustada al tubo de acogida.

2.2.3 Ecuaciones de conservación

“Según Sotelo Ávila G 2016; para aplicar las ecuaciones de conservación a una línea de conducción, se deben realizar, inicialmente, algunas consideraciones para su uso:

- El fluido es incompresible
- El flujo es permanente
- El volumen de control es rígido y fijo
- El volumen de control tiene una sola entrada y una sola salida normales al flujo”.

“Así mismo indica Sotelo Ávila, G. 2016; que el volumen de control tiene la forma mostrada en la siguiente figura:

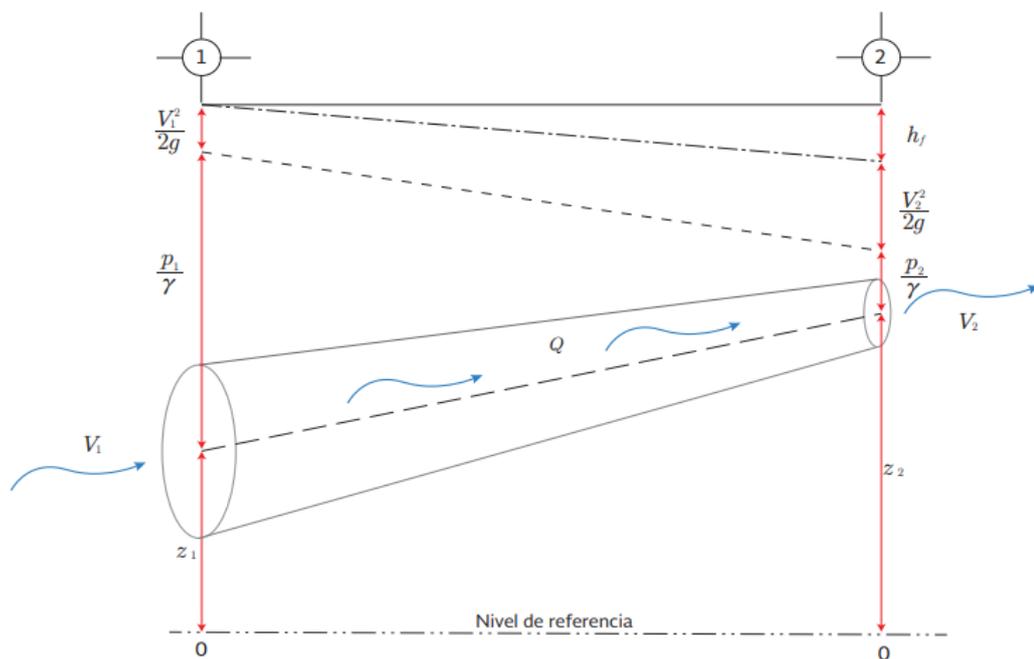


Figura N° 12: Volumen de control simplificado

Fuente: SOTELO, A. G. 2016

La ecuación de conservación de masa (continuidad) es:

$$V_1 A_1 = V_2 A_2$$

Donde:

V_1 = Velocidad en la sección 1 (m/s)

A_1 = Área transversal de la sección 1 (m²)

V_2 = Velocidad en la sección 2 (m/s)

A_2 = Área transversal de la sección 2 (m²)

Ecuación de conservación de energía:

$$\left(z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} \right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \right) = H_f$$

Donde:

z_1, z_2 = Elevación de la conducción en las secciones 1 y 2 (m)

p_1, p_2 = Presión interna en las secciones 1 y 2 (N/m²)

H_f = Pérdidas de energía (m)

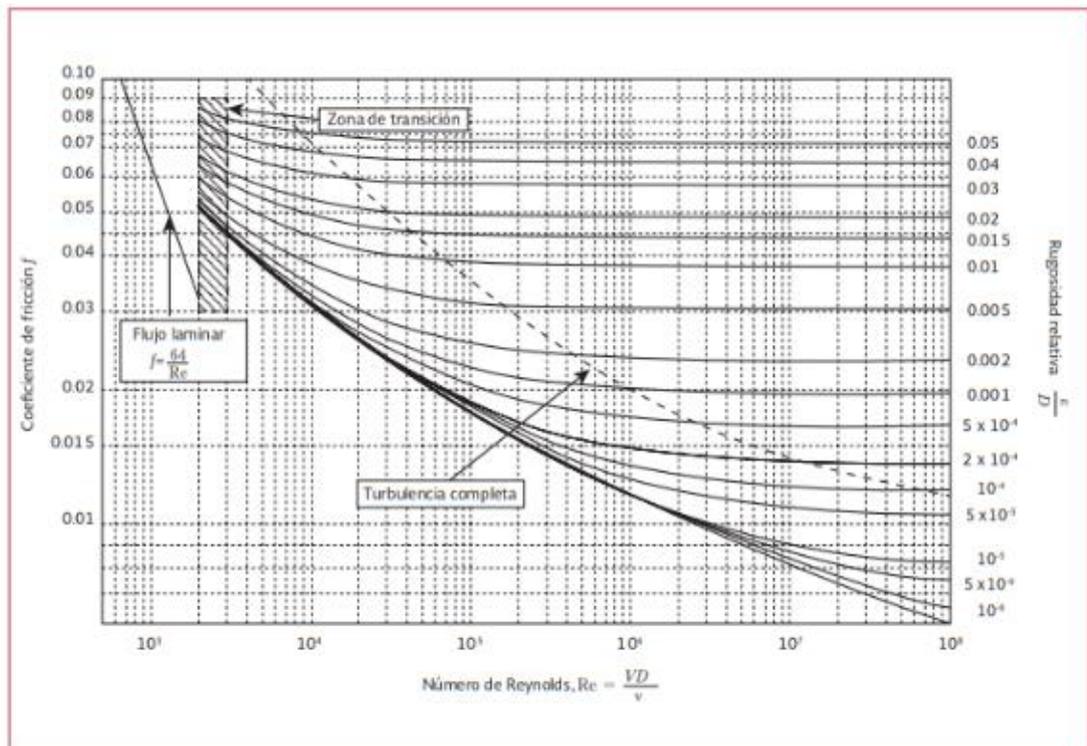


Figura N° 13: Diagrama de Moody, coeficiente de fricción para cualquier tipo y tamaño de los tubos que conducen agua potable.

Fuente: SOTELO Ávila, G. 2016

2.2.4 Resistencia a la corrosión

“Según **Sotelo Ávila, G. 2016**; Existen diversas formas en las que se puede presentar la corrosión en tuberías metálicas, dentro de las cuales se tienen:

- Corrosión generalizada
- Corrosión galvánica
- Corrosión por picadura
- Corrosión en zonas estancadas

La selección del material deberá considerar los aspectos de corrosión interna y externa.

➤ **Corrosión interna**

Los factores primordiales que influyen en la corrosión son: las características del agua, temperatura, velocidad de flujo y el contacto con metales de composición diferente.

Las características principales que tienden a variar la naturaleza corrosiva del agua son el contenido de bióxido de carbono, la concentración de oxígeno disuelto, los sólidos disueltos y el valor del pH, por lo que mientras mayor sea la concentración de sólidos disueltos, especialmente cloruros y sulfatos, mayor será la corrosión causada por el oxígeno disuelto y el bióxido de carbono”.

“El oxígeno disuelto reacciona químicamente con el hidrógeno en la superficie catódica, formando agua y dipolarizando la superficie, lo que permite que se disuelva una mayor cantidad de hierro; la corrosión causada por el oxígeno se puede identificar fácilmente ya que tiene la forma de cráteres o depresiones pequeñas”. (EPA. 2017: 78 pp.)

➤ **Corrosión externa**

Según la Environmental Protection Agency (EPA. 2017). Corrosión Manual for Internal Corrosion of Water Distribution Systems indica que al igual que el fenómeno de corrosión interna en tuberías de

conducción de agua, la corrosión externa dependerá de varios factores, entre los cuales destacan:

- El contenido de cloruros en el suelo
- La resistividad del terreno
- La cercanía a líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje
- Presencia de potenciales variables entre la tubería, y suelos causadas por corrientes parásitas
- Cruces con otras líneas o estructuras.

Los factores antes señalados muestran que en la selección del material no influyen predominantemente la composición química del acero ni su resistencia contra corrosión, por lo que en el diseño de la línea de conducción deberá de especificarse una protección adecuada contra la corrosión, la cual puede ser a través de un sistema combinado de un recubrimiento anticorrosivo, complementado en caso de requerirse con un sistema de protección catódica”.

Vida Útil

“Según Krochin Sviatolav. (2015); La selección de tubería para conducción de agua es hecha en función de su vida útil, es decir, del período en que estará en operación y cubriendo la demanda para la cual ha sido diseñada. Se basa en dos aspectos:

- Duración
- Utilidad

Duración: La duración o tiempo en el que la tubería está en condiciones de operar físicamente, depende de manera directa del material con que está fabricada, y sus variables son:

- Espesor
- Norma y especificación

Utilidad: En la norma y la especificación de la tubería a utilizar, se toman en cuenta factores como corrosión, resistencia mecánica, presión, temperatura, entre otros”.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Tecnología sin Zanja

La tecnología sin zanja, en inglés conocida como TT (Trenchless Technologies), es un método de instalación de tuberías que se lleva utilizando varios años y cada día a mayor escala. (Wikipedia, s.f.)

“La Tecnología sin Zanja; se define como un conjunto de métodos o tecnologías que permiten rehabilitar redes de agua potable, de aguas servidas de forma subterránea, es decir sin la apertura de zanja, con un mínimo de obstáculos al instalar la nueva tubería en comparación con métodos tradicionales. Las técnicas o Para el caso de nuestra investigación, analizaremos el Método Pipe Bursting o Crackin”. (Universidad Politécnica de Valencia, 2012).

Rehabilitación

Es la recuperación de la funcionalidad de un sistema de tuberías **existente, involucra actividades de renovación, reparación y reemplazo.**

Renovación

Es la rehabilitación de una tubería existente por la instalación de una línea nueva, incorporándole al material original la función de tubo huésped.

Reemplazo

Es la rehabilitación de una tubería existente por medio de la instalación de una línea nueva, si tener en cuenta la existencia ni funcionalidad de la tubería original.

Reparación

Es la recuperación de una tubería existente por medio de la instalación de elementos especiales y materiales adicionales que restauran el sistema en un punto específico.

Mantenimiento

Es el conjunto de actividades rutinarias que permiten mantener la operación adecuada de la red sin la inserción de materiales adicionales.

La instalación de tuberías sin zanja

Es un método de instalación cuya finalidad es sustituir, reparar o construir una nueva tubería sin la necesidad de abrir zanjas para su instalación. Normalmente los tubos que se instalan tienen un diámetro no mayor de 3 metros (muy pocas se acercan a los 3 metros). (Evans, s.f., pág. 2)



Figura N° 14: Sector de análisis
Fuente: Google Earth

Aunque esta tecnología de instalación de tuberías no necesite zanja, si es necesario abrir un pequeño foso por donde entre la tubería y uno por donde tenga que salir. Este foso se utilizará para poder introducir el equipo necesario para este tipo de trabajos.

Los usos más comunes para este tipo de instalaciones de tubería son alcantarillados, acueductos, conducciones de agua por debajo de edificaciones, ríos... redes de gas, comunicaciones, etc.

La tecnología sin zanja es un método respetuoso tanto con las personas como con el medioambiente, ya que al no abrir zanjas en la vía pública o en la naturaleza, no molesta para la vida diaria. Otro de los puntos a tener en cuenta (quizás uno de los más importantes para los jefes) es la reducción de costes gracias al corto tiempo de instalación. Al no abrir zanjas y simplemente guiar la tubería bajo tierra, el proceso es mucho más rápido. Y todos sabemos que el tiempo es dinero

2.4 HIPÓTESIS

2.4.1 Hipótesis General

El proceso constructivo de esta tecnología sin zanja, permitirá realizar una mejora en la construcción y productividad del sistema de agua potable, para sustitución de tuberías en la ciudad de Trujillo.

2.4.2 Variables y Operacionalización de las variables

2.4.2.1 Variable Dependiente [Y(j)]: j=1

- Proceso Constructivo del sistema de agua potable utilizando tecnologías sin zanja, para la sustitución de tuberías.

2.4.2.2 Variable Independiente [X(i)] i=1,2,3

- Ciudad de Trujillo, Centro Cívico. Se refiere al reemplazo de la tubería existente antigua o dañada por una nueva.

2.4.2.3 Operacionalización De Las Variables

Variable de Estudio: Tecnología sin zanja

Variable	Indicador	Medición	Unidad	Instrumentos
Y11	Proceso Constructivo del sistema de agua potable, utilizando el método tradicional en zanjas	Longitud Caudal Volumen Presión Rugosidad	ml lps m3 Lib/pulg2	Excel
Y12	Proceso Constructivo del sistema de agua potable, utilizando el método de Cracking	Longitud Caudal Volumen Presión Rugosidad	ml lps m ³ Lib / Pulg.2	Métodos y Softwares de Ingeniería Hidráulica
Y13	Proceso Constructivo del sistema de agua potable utilizando el método de Cracking, para la sustitución de tuberías en el centro cívico de la Ciudad de Trujillo.	U	01	Autocad S10 Ms Project Excel

Tabla N° 01: Operacionalización de las Variables
Fuente: Elaboración Propia

III. MÉTODOLÓGIA EMPLEADA

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Investigación Descriptiva

Para proceder al conocimiento del Proceso Constructivo del sistema de agua potable, utilizando tecnologías sin zanja, para la renovación de tuberías en el centro cívico de la Ciudad de Trujillo, primero se debe realizar un pre diseño con valores referenciales recomendados por libros, normas o experiencias anteriores., se debe elegir el tipo de sistema de agua potable, tuberías a usar según los datos preliminares conseguidos del Estudio de Factibilidad dependiendo principalmente del tipo de suelo que se encuentre en el lugar, así como de la disponibilidad de materiales y su distancia, se elige el tipo de tubería y la tecnología sin zanja que corresponda.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

3.2.1 Material

3.2.1.1. Población.

Sistemas de agua potable, empleando tecnologías sin zanja, para la renovación de tuberías que conducen agua potable, en la provincia de Trujillo.

3.2.1.2. Muestra.

Sistemas de agua potable, empleando tecnologías sin zanja, para la renovación de tuberías que conducen agua potable, en la Ciudad de Trujillo, Centro Cívico; calles circundantes plaza, Jirón Pizarro cuadra 3, Jirón Independencia cuadra 3, 5 y 6, calle Diego de Almagro cuadra 3, 5 y 6, calle Gamarra cuadra 3, 4, 5 y 6, Calle Bolívar cuadra 6, Jirón Ayacucho cuadra 4 y 5.



Figura N°15: Plano de calles para renovación de tuberías
Fuente: Elaboración propia

3.2.1.3. Unidad de Análisis.

En el análisis de contenido (técnica de investigación) "la unidad de análisis es el fragmento del documento o comunicación que se toma como elemento que sirve de base para la investigación". Pueden clasificarse con arreglo a distintos criterios según sea el contenido de base gramatical o no, y según el significado (Balcells Junyent, J. 1994; 34 pp).

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.3.1 Diseño de Investigación de Campo:

Esta etapa comprende de varias acciones que son desarrolladas a lo largo del tiempo de duración del estudio, entre las que podemos citar en orden cronológico son:

- Evaluación de las redes de agua potable, tipo de material y edad de instalación y operatividad, mediante la observación visual y toma de imágenes.
- Evaluación de los materiales de uso común y técnicas de perforación horizontal, hinca de tuberías y técnicas de tunelación.
- Evaluación de la presión y pérdidas de carga por presión en las viviendas del centro cívico de Trujillo.
- Evaluar el estado situacional de las tuberías que conducen agua potable en calles y encuestar a los vecinos de dichas calles, propietarios o residentes en cada vivienda.
- Evaluar el análisis físico químico y bacteriológico del agua potable que reciben en cada vivienda encuestada.
- Evaluación del envejecimiento de las redes de agua potable de la ciudad de Trujillo y verificación de la fecha de la primera instalación que se realizó, se verificará en las oficinas correspondientes de SEDALIB.
- Identificar la ubicación de calles del centro Cívico de Trujillo, propuestas para la sustitución de tuberías, utilizando tecnologías sin zanja.

3.3.2 Trabajos de gabinete

- Se determinara el recorrido de las tuberías a través de un análisis de las calles por donde será trasladado la tubería.
- Después de haber realizado los trabajos en campo quedara establecido ya en un plano, la propuesta del recorrido de la red de agua potable para el centro cívico de Trujillo.
- Análisis de costos y comparativo entre el método tradicional y método Cracking.

3.3.3 Información cartográfica, hidrométrica, corrosión.

Para hacer las proyecciones de los deterioros de las tuberías del sistema de agua potable, se usara muestras en colaboración con personal de SEDALIB, para dicha investigación.

3.3.4 Procedimientos

Antes de empezar los trabajos, se debe tener la mayor información posible de líneas de otras instituciones que estén ubicadas en los alrededores, solicitando planos para verificar la ubicación de las mismas.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

3.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Estudios de suelos del centro cívico de Trujillo
- Estudio de tráfico y congestión en el centro cívico de Trujillo.
- Formulas de la Mecánica de Fluidos
- Software Epanet 2.0 (Presión, nivel de gas, velocidad, modelación)
- Software WATER CAD (Diseño sistema agua, modelación, gestión de redes a Presión).
- El Software Ms Project (Programación de obras)
- Software S10 (Costos y presupuestos)
- Estadística aplicada (SPSS)

3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Tratamiento de Datos: El análisis y estructuración de la información se realizara considerando la consulta a expertos. Los datos obtenidos tanto en campo como en laboratorio y gabinete se presentaran en planos, gráficos y cuadros con su respectiva interpretación y análisis estadístico.

Los Métodos y Técnicas para el desarrollo del estudio serán:

- a) Levantamiento de información de campo y topográfico.

- b) Evaluación y Diagnóstico del Marco Contextual del Centro Cívico de Trujillo.
- c) Identificación de las zonas de congestión y estado actual de tuberías que conducen agua potable.
- d) Identificación del tipo de suelos existentes en vías de calles del centro cívico de Trujillo.
- e) Estudio de tránsito vehicular.
- f) Análisis de costos con el método tradicional.
- g) Análisis de costos con el método Cracking.
- h) Comparativo de costos entre el método tradicional y método Cracking.

IV. RESULTADOS

MEMORIA DESCRIPTIVA

“PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE UTILIZANDO EL MÉTODO DE CRACKING, PARA LA SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS EN EL CENTRO CÍVICO DE LA CIUDAD DE TRUJILLO.”

DATOS GENERALES

Departamento : La Libertad
Provincia : Trujillo
Distrito : Trujillo
Zona : Urbana
Región Natural : Costa
Ubicación : Centro cívico con coordenadas de:
E = 717629.56
N = 9103268.98 en el Centroide.

4.1 PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1.1 MÉTODO TRADICIONAL O ZANJA ABIERTA.

Para la ejecución de una obra con el método tradicional para una red de agua potable son:

Trazo y replanteo, excavación de zanjas, cama de arena en fondo de zanja, construcción de conexiones domiciliarias. Describiremos cada etapa a continuación.

4.1.1.1 Trazo y replanteo

Esta etapa consiste en ubicar el área que será afectada, además de controlar las pendientes adecuadas según planos del proyecto, para esta etapa se realizara en coordinación con los encargados de la topografía, conformada por la cuadrilla de topografía, y como herramientas se considera una estación total o un teodolito y el nivel de ingeniero.

Con la estación total se puede realizar los trazos por coordenadas o ángulos y distancias, además de facilitar el control de cotas.

El teodolito nos ayuda a controlar el trazo mediante la lectura de ángulos y distancias.

El nivel de ingeniero nos ayuda a controlar las alturas correctas a excavar o rellenar, según amerite la obra.



Figura N°16: Trazo y replanteo
Fuente: Elaboración propia

4.1.1.2 Excavación

Esta etapa se puede realizar a mano o con maquinaria, teniendo en cuenta de las características de la zona a ejecutar puede realizarse con maquinaria, también depende del tipo de suelo, etc. Para la excavación se debe tener en cuenta que se tiene que conservar las pendientes y profundidades que indica un plano, teniendo en cuenta que el fondo de las zanjas debe proveer un apoyo estable y uniforme a lo largo de la red de tubería.

La excavación se tendrá que realizar con sumo cuidado ya que la profundidad puede variar en caso que se encuentre interferencias como tuberías, cables telefónicos, eléctricos, canales, estructuras subterráneas. etc.

En algunos casos se necesitara el entubamiento de las paredes de las zanjas con la finalidad que estas no cedan.

La clasificación de terreno en el centro cívico se le considera como terreno normal ya que está conformado por material suelto como: arena limosa, arena, limo, gravillas, etc. Además de terrenos consolidados como; hormigón compacto, afirmado o mezcla de ellos, etc. Los cuales pueden ser excavados sin dificultad a pulso o maquinaria.

4.1.1.3 Ancho de zanja

En esta etapa se determinara de acuerdo a el tipo de material y también se debe tener en cuenta el ancho de la tubería, por ningún motivo será menor a lo establecido, esto genera un fácil manipuleo de la tubería y sus accesorios dentro de dicha zanja, lo que a su vez permite un adecuado relleno y compactado alrededor de la tubería, la zanja deberá tener mínimo 0.25 m a cada lado del diámetro exterior de la tubería.

La siguiente tabla nos indica el ancho recomendado de la zanja, para diferentes diámetros de tubería en diferentes materiales. Es indispensable que, a la altura del lomo o clave del tubo, la zanja tenga realmente el ancho que se indica en la tabla (Manual de agua potable, Alcantarillado y Saneamiento. 2011).

Anchos de zanja

Diámetro nominal del tubo (mm)	Diámetro nominal del tubo (mm)	Ancho (cm)
150	6	70
200	8	70
250	10	75
300	12	80
350	14	85
400	16	90
450	18	100
500	20	110
600	24	120
750	30	145
900	36	170

Tabla N° 02: Tabla de diámetros de ancho de zanjas
Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 17: Ancho de zanja.
Fuente: Elaboración propia

4.1.1.4 Refine y nivelación de zanja

En esta etapa se realiza después de la excavación, dando paso al retiro del material suelto y todo tipo de protuberancias que queda en las paredes y el fondo de la zanja, esto se realiza antes de colocar la cama de apoyo.



Figura N° 18: Refine de zanja
Fuente: Elaboración propia

4.1.1.5 Cama de apoyo

Esta tarea consiste en colocar arena gruesa o material propio zarandeado, para ello se humedecerá el material y se compactara, quedando en el nivel de la plantilla establecida, por lo general el relleno varía entre 0.10 y 0.15 m.



Figura N° 19: Colocación de cama de apoyo
Fuente: Elaboración propia

4.1.1.6 Instalación de tuberías.

Para esta etapa lo primordial es que se considere la campana de la tubería para que quede con dirección del flujo.

El alineamiento se asegura colocando cordeles en la parte superior y al costado de la tubería. Siempre corroborando los niveles (topógrafo).

La tubería debe ser protegida de los rayos del sol y golpes o de los desmoronamientos de los taludes de la zanja, debiendo cuidar esto con una sobrecama de arena gruesa, dejando libre solo las uniones de las tuberías.



Figura N° 20: Colocación de tubería
Fuente: Elaboración propia

4.1.1.7 Relleno y compactación de zanja

Esta etapa debe realizarse inmediatamente después de la instalación de tubería los fines esenciales que debe cumplir el relleno son:

Se debe formar el lecho o soporte de la tubería, teniendo en cuenta que el material debe ser escogido, de calidad adecuada, libre de piedras sin presencia de materia orgánica.

La primera capa de relleno compactado comprende a partir de la cama de apoyo de la estructura (tubería), hasta 0.3 m por encima de la clave del tubo y debe de ser material selecto, estas capas son colocados cada 0.10m de espesor.

El segundo relleno compactado, se coloca por capas no mayores a 0.15 m de espesor, compactando con vibro-apisonadora, planchas y/o rodillos vibratorios.

El proctor modificado no debe ser menor al 95%.

Concluyendo con la compactación, pasamos a la colocación del asfalto, terminando con el trabajo designado.



Figura Nº 21: Trabajos de compactación de zanja
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 MÉTODO CRACKING O MÉTODO SIN ZANJA.

4.1.2.1 Replanteo y trazo.

En este método se debe tener bien identificado la distribución de redes matrices, esto se realizara por medio de georadar y además de las calicatas. Debiendo realizar el trazo y replanteo preliminar de los planos en el terreno, debiendo ubicar los ejes de referencia, tomando como base los Bms de inicio de obra, ubicar los alineamientos requeridos.

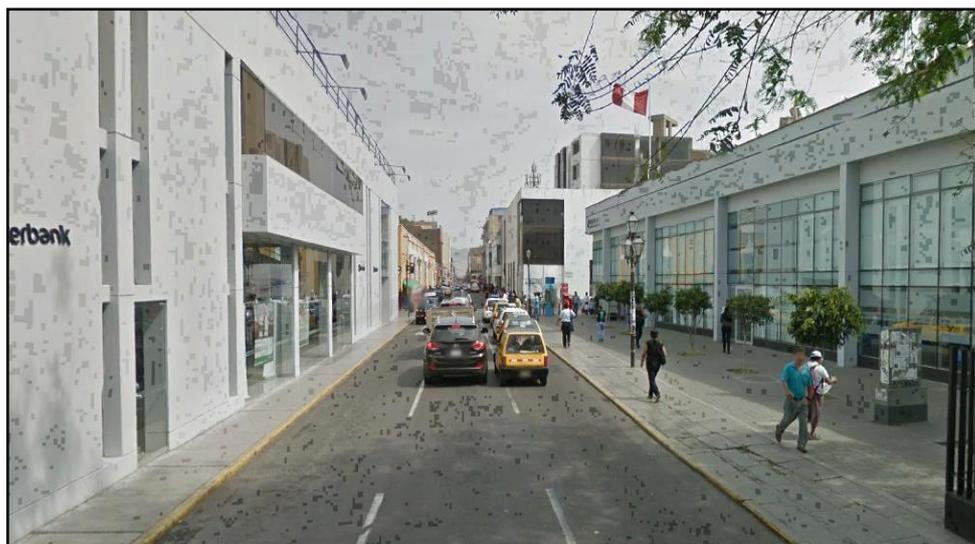


Figura N° 22: Identificar los alineamientos requeridos
Fuente: Elaboración propia

4.1.2.2 Excavación

Para este tipo de obras se define una excavación en áreas conocidas como ventanas, las cuales permitirán realizar todos los trabajos de renovación, permitiendo el ingreso y salida de la tubería de HDPE, así como el equipo de tracción, para los casos de renovación por cracking.

La profundidad mínima de excavación para la colocación de tuberías debe ser de 15cm, bajo la base de tubería antigua.

El fondo de la excavación deberá ser cubierta con tabloncillos, si fuera necesario, esta deberá ser uniforme y paralela a la tubería existente con la finalidad de evitar el desvío de las varillas durante el proceso de fragmentación evitando forzar la máquina.

La excavación de la ventana dependerá de las dimensiones del equipo fragmentador, por lo que en ningún caso deberá ser menor, para evitar el fácil manipuleo de la tubería y el equipo fragmentador dentro de la excavación. El ancho mínimo de la zanja es de 1m. el largo de la excavación para la ventana de inserción depende de la altura y el diámetro de la tubería a instalar, además el largo de excavación de la ventana de recepción dependerá de la dimensión del equipo fragmentador.

Las excavaciones se realizan con las paredes verticales, entibadas siempre que sea necesario, en caso que el terreno no lo permite, se implementará taludes adecuados según el terreno.

En la apertura de ventanas, se debe tener cuidado en no dañar y mantener funcionando las instalaciones de servicio público.



Figura Nº 23: Ventana para fragmentado.

Fuente: G. Luna Escalante

4.1.2.3 Trabajos provisionales.

4.1.2.3.1 Desvíos de aguas residuales y mitigación provisional.

Esta etapa se realiza en los trabajos previos a la fragmentación del tramo a ejecutar, teniendo en cuenta que el sistema se encuentra en funcionamiento, es por eso que de un motobomba y una manga podemos desviar los flujos aguas arriba del tramo a intervenir, claro está que esto se realizara

solo si es necesario, se colocaran puntos de agua para evitar molestias con los vecinos, todo los trabajos que se realicen y afecten a los vecinos se informara para que tomen sus precauciones y evitar molestias.



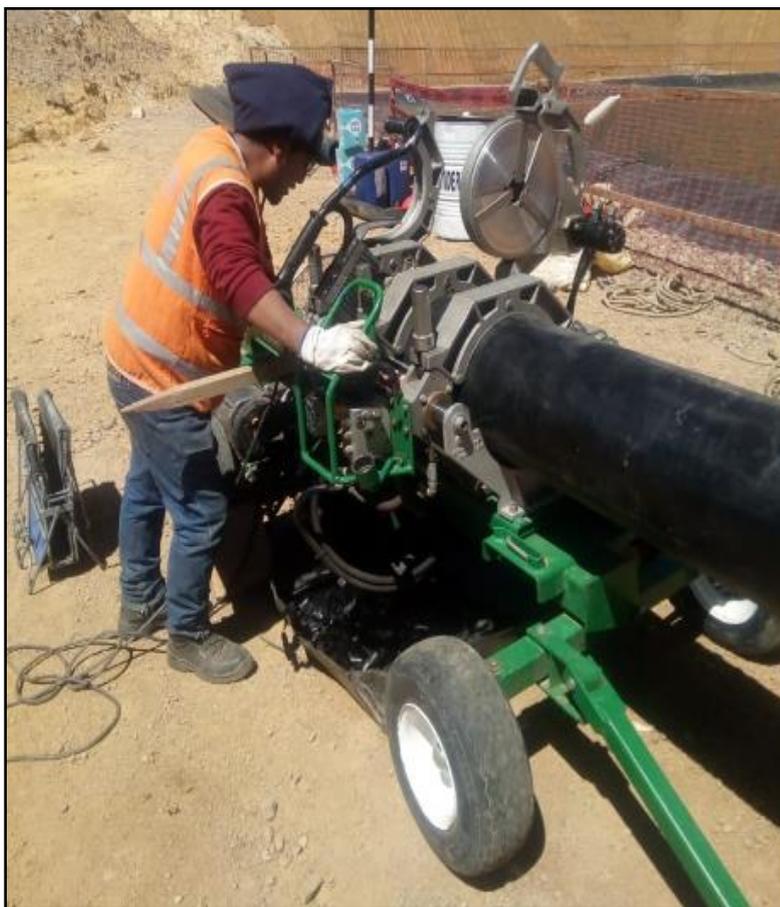
Figura N° 24: Desvío de aguas
Fuente: G. Luna Escalante

4.1.2.3.2 Soldadura de termofusión para tubería HDPE.

El área donde se realizara esta etapa de debe ser un lugar seco y nivelado, dando facilidad a la colocación y fácil manipulación de la tubería hacia el conducto a remplazar.

El operador de la máquina de termofusión deberá ser una persona capacitada para la ejecución de esta actividad. Es importante hacer un check list a todos los equipos a utilizar en esta actividad.

El proceso completo de termofusión se detalla en los (Anexo 01).



**Figura Nº 25: Colocación de tubería en la máquina termofusión.
Fuente: Elaboración propia.**

4.1.2.4 Instalación.

4.1.2.4.1 Fragmentación por método estático

Generalmente es utilizado para la renovación de tubería de 75 a 900 mm. De diámetro, sustituyendo a la tubería existente de cualquier material por una nueva de HDPE en un régimen de 2000 ml/mes por cada frente de trabajo.

Consiste en reemplazar el tubo existente por una de HDPE, realizando excavaciones de una ventana de entrada y salida de la tubería, realizar las excavaciones donde se ubiquen las conexiones domiciliarias, ubicar la base de tiro de barras, las

barras se introducen dentro del tubo a ser renovado pasándolas de extremo a extremo. El extremo opuesto se conecta al fragmentador y la tubería para luego recoger las barras hidráulicamente, dejando instalada la tubería nueva de HDPE.

Hecho esto se retira la máquina y se procede a la reconexión de las conexiones domiciliarias.

Equipo

Para remplazar las tuberías de agua potable con tubería de HDPE se utiliza el método estático, este requiere de una unidad de tracción hidráulica, cabezal de rotura y sus accesorios (barras y grilletes). El equipo funciona con fuerza hidráulica suministrada por una unidad hidráulica. Este debe trabajar de 60 a 180 psi. Dependiendo del diámetro a rehabilitar

El modelo de equipo a utilizar depende del diámetro de tubería.

El modelo de equipo a utilizar depende del diámetro de la tubería y se detalla en los datos técnicos del equipo (Anexo 02).

Proceso de ejecución.

- Analizar y ubicar los lugares de lanzamiento que tengan la menor interferencia con el tráfico y que permitan la fragmentación de la tubería.
- Acondicionar las ventanas de ingreso y salida para el equipo de fragmentación de tubería, además de insertar la tubería de remplazo, conforme a las instrucciones del fabricante.
- Instalación de equipo fragmentado y pasado de varillas al punto de lanzamiento.
- Tener listo la tubería HDPE, verificando las uniones de las tuberías que se encuentren soldados y listo para cuando sea necesario.



**Figura N° 26: Traslado del equipo fragmentador.
Fuente: G. Luna Escalante.**



**Figura N° 27: Posicionamiento del equipo fragmentador.
Fuente: G. Luna Escalante.**



**Figura N° 28: Fragmentador y Cabezal de roti.
Fuente: G. Luna Escalante.**



**Figura N° 29: Pasado de barras.
Fuente: G. Luna Escalante.**



**Figura N° 30: Fragmentación y jalado de tubería nueva.
Fuente: G. Luna Escalante.**

4.1.2.4.2 Pruebas hidráulicas.

Las pruebas hidráulicas de agua potable a efectuarse será cuando el relleno este compactado, para red y conexiones domiciliarias.

De acuerdo a las condiciones en obra, se realizara una sola prueba a zanja tapada, incluyendo red, conexiones domiciliarias y buzones reparados.

4.1.2.4.3 Conexiones domiciliarias

Colocación de conexiones domiciliarias

Al igual que la renovación de la red principal, las conexiones domiciliarias son renovadas usando el equipo de fragmentación lateral.

Proceso de ejecución

- Se instala el equipo fragmentador lateral o domiciliario con su fuente de energía.
- Se coloca la mordaza remolcadora al extremo de la tubería de HDPE a instalar. Se une la mordaza remolcadora al cabezal.
- Se instalada la nueva tubería.
- Posteriormente se procede a retirar la máquina.
- Una vez instalada la tubería procedemos a colocar la abrazadera para la conexión con la tubería matriz.
- Se recomienda utilizar un equipo georadar para ubicar las conexiones y estas son de frecuencia entre 700 Mhz y 250 Mhz, en función a la profundidad de la conexión.



**Figura N° 31: Equipo de Fragmentación lateral.
Fuente: G. Luna Escalante.**



**Figura N° 32: Acoplamiento de accesorio domiciliario con abrazaderas.
Fuente: G. Luna Escalante.**

4.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Generalidades

Después de haber investigado sobre los métodos de solución, para un tema muy importante como lo es el del servicio de agua potable para el centro cívico de Trujillo, obtenemos el resultado del análisis comparativo de costos y rendimientos entre el método más usado del momento como lo es el método convencional (con zanja) y el método propuesto que viene a ser el del método Cracking o método sin zanja.

Se realizó un análisis minucioso en la ciudad de Trujillo donde todos los proyectos son ejecutados por el método convencional, y con el método Cracking que viene teniendo buena acogida en nuestra capital, cada vez va tomando un lugar importante en el mercado de la construcción.

El seguimiento a las obras de agua potable fueron muy importantes para recopilar información la cual nos permitió conocer, comprender e identificar costos, tiempos de ejecución, equipos, mano de obra y procesos constructivos.

El seguimiento se desarrolló en tres fases.

- Recopilación de información.
- Seguimiento de los proyectos.
- Elaboración de la comparación en el método de renovación propuesto.

En la primera fase se recopiló información, antecedentes, impactos que genera cada uno de los proyectos analizados, para ello se coordinó con los ingenieros encargados de obra.

En la segunda fase se hizo seguimiento teniendo en cuenta aspectos tales como: rendimientos, procedimientos, ventajas, desventajas e impacto socioeconómicos tanto para el método tradicional y el método Cracking o sin zanja.

En la tercera fase se elaboró la comparación tomando como referencia de las obras analizadas determinando tiempo de ejecución, costos, impactos y procesos constructivos.



**Figura N° 33: Ejecución de obra por el método tradicional.
Fuente: G. Luna Escalante.**



**Figura N° 34: Ejecución de obra por el método Cracking.
Fuente: G. Luna Escalante.**

En la siguiente imagen se muestra el recorrido de un proyecto que se quiere ejecutar en el centro cívico de Trujillo, de ejecutarse se haría con el método tradicional, la entidad a cargo de este proyecto es Sedalib y está registrado con el nombre de “Mejoramiento de los Sistemas de Agua para el Consumo Humano y Alcantarillado Sanitario Trujillo Central – Dentro del Contorno de la Av. España – Trujillo”, registrado con código SNIP N° 282351.

Esta obra inicia desde los reservorios conocidos como los gemelos y hace un recorrido por la avenida Villarreal para luego ingresar por la Av. Miraflores, luego ubicar un reservorio elevado al frente del Cuartel 32^a Brigada de infantería, el recorrido seguirá por la Av. Miraflores para luego intersectar en la Av. España y distribuirse en 4 sectores

Actualmente los sistemas tradicionales que tenemos de renovación de redes no consideran mejoras de calidad de vida de los ciudadanos a la hora de ponerlas en marcha, simplemente se centran tan solo en la viabilidad de las obras.

Los sistemas de renovación **SIN ZANJA** disminuyen las molestias al ciudadano en varios aspectos así como el tiempo de ejecución de las obras y se incorporan cada día más como alternativa práctica y económica a su utilización por parte de las empresas de mantenimiento de redes.

Con sistemas de gestión podemos predecir cuándo es necesario renovar las redes, con qué métodos y realizar comparaciones de calidad ambiental entre diferentes alternativas. La necesidad de mejorar las infraestructuras subterráneas con especial incidencia en la renovación de las redes de agua es evidente y urgente, tanto en abastecimiento como en saneamiento ya que el 38% de estas infraestructuras tienen más de 30 años.

- La falta de renovación y mantenimiento de las infraestructuras repercute en los servicios que el ciudadano debe recibir e impiden desarrollar un modelo de desarrollo sostenible, que permita avanzar en la consecución de los objetivos medioambientales fijados en la directiva marco del agua.

- **“Muchas ciudades han estado actuando exclusivamente en modo reacción, es decir, reparando las redes de abastecimiento de agua, de saneamiento, las redes eléctricas y gas a medida que iban surgiendo los problemas, pero para posicionarse de cara al futuro, este método de operar ya no vale”**. Las administraciones municipales deberían pensar de forma más estratégica, tienen que vencer sus inercias apostando por soluciones innovadoras, eficientes e inteligentes y como buenos servidores de los ciudadanos, deben adelantarse en sus actuaciones a los problemas que sin duda se generarán en un futuro cercano.

- Siendo las Tecnologías **SIN Zanja** uno de los **EJES ESTRATÉGICOS** en el desarrollo de las Ciudades Inteligentes o Smart Cities, es necesario que su utilización alcance en nuestro país los niveles

que ha alcanzado en el resto de Europa, siempre **EN BENEFICIO DE LOS CIUDADANOS Y EL MEDIO AMBIENTE** cumpliendo no sólo con las directrices europeas por obligación sino por convicción.

Existen 5 razones que bastan para convencer de las ventajas de su utilización:

1. **Costos:** Reducción 40% y sin incertidumbre.
2. **Tiempo:** Puesta en servicio en menos de la mitad de tiempo.
3. **Emisión CO2:** Mínimas frente a otras tecnologías. Reducen las emisiones de CO2 hasta un 20%.
4. **Ruido:** Nulo o mínimo.
5. **Escombros:** El mínimo.

➤ Respecto a las ventajas para el ciudadano que presentan las tecnologías **SIN ZANJA**, destacaremos diez de ellas que evidencian por qué las tecnologías **SIN ZANJA** son clave en el desarrollo de las Smart Cities:

- **Cero ruidos:** Estas tecnologías permiten llevar a cabo operaciones en el subsuelo sin abrir zanja en el pavimento, limitando al mínimo el uso de maquinaria.
- **Protección del agua, un recurso natural escaso:** Las tuberías de agua no siempre son estancas. Las tecnologías **SIN ZANJA** posibilitan la inspección, el diagnóstico y la reparación de tuberías subterráneas mediante procedimientos rápidos, discretos y poco costosos.
- **Aire sin polvo:** Las obras urbanas contaminan el aire a consecuencia del polvo y los gases emitidos por la maquinaria. Las tecnologías **SIN Zanja** minimizan estos perjuicios.
- **Respecto por los entornos naturales:** Las tecnologías **SIN Zanja** evitan las agresiones a la flora, fauna y el agua que se filtra hacia las capas freáticas como consecuencia de las obras con zanja.

- **Seguridad de trabajadores y viandantes:** Las zanjas presentan mayor riesgo de accidentes laborales. La aplicación de estas tecnologías elimina este riesgo casi por completo.
- **Mantenimiento de la actividad local:** La instalación de conductos y cables subterráneos puede realizarse sin interferir en el día a día de los transeúntes.
- **Disminución de la contaminación urbana:** Las obras urbanas con zanjas generan tráfico y su consecuente polución, que se evita con el uso de las tecnologías **SIN Zanja**.
- **Minimización de los residuos:** Los escombros de la excavación de zanjas son residuos, y como tal, deben ser trasladados, almacenados y tratados para su posterior uso. Las tecnologías **SIN ZANJA** dividen por diez el volumen de escombros.
- **Reducción de materiales nobles:** Las zanjas son rellenas con materiales nobles, recursos naturales caros y escasos. Con tecnologías **SIN ZANJA** desaparece prácticamente la necesidad de materiales nobles.
- **Correcto gasto público en el acondicionamiento urbano:** La reparación de zanjas nunca es completa, con el tiempo aparecen filtraciones, fisuras y estancamientos que desembocan en la construcción de una nueva calzada. Un sobrecoste que se evita con la realización de las obras urbanas aplicando tecnologías **SIN ZANJA**.

4.2.1 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Para una mejor comprensión acerca de los costos a elaborar el proceso de sustitución de tuberías de agua potable en ambas metodologías vamos a detallar la implementación de los costos con la ayuda del programa de S10 COSTOS Y PRESUPUESTOS, por partidas a emplearse para un tramo de 250 metros lineales como referencia para el centro cívico de Trujillo.

**4.2.1.1 ESTRUCTURA COSTOS RESUMEN METODO ZANJA ABIERTA/
CRACKING / LONG = 250 metros**

Estructura 01:

**ANÁLISIS DE COSTOS, RENOVACIÓN 250 METROS DE TUBERÍAS
MÉTODO A ZANJA ABIERTA**

ITEM	DESCRIPCION DE ESPECIALIDADES/ PARTIDAS/ TAREAS	UNID.	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
1	PROVISIONALES				2.073.431
1,1	Cartel de Obra	GL	1	-	-
1,2	Movilización / Desmovilización de Equipos	GL	1	-	-
1,3	Otros Gastos provisionales	GL	1	2.073.431	2.073.431
2	SEÑALIZACION DE TRANSITO				840
2,1	Señalización/ materiales/ mano de obra	GL	1	840	840
3	OBRAS PRELIMINARES				9.508
3,1	Trazo/ Replanteo Inicial	m	250	36	8.900
3,2	Ejecución de Calicatas	Und	3	55	165
3,3	Detección de interferencias	Glb	1	220	220
3,4	Desinfección de Buzones	Und	2	37	73
3,5	Otros Preliminares	Glb	1	150	150
4	MOVIMIENTO DE TIERRAS				3.584.300
	Sistema Zanja Abierta				
4,1	Excavaciones en zanja de 0-2 m	m3	400	1.763	705.200
4,2	Excavaciones en zanja de 2-4 m	m3	300	1.984	595.200
4,3	Excavaciones en zanja mayor a 4 m con agotamiento y entibación	m3	-	16.886	-
4,4	Cama de apoyo granular	m3	20	6.070	121.400
4,5	Relleno de zanjas con material de excavación	m3	572	3.281	1.876.732
4,6	Retiro de excedentes	m3	108	2.646	285.768
5	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBA DE CAÑERÍAS Y MATERIALES				1.864.330
5,1	Suministro de Cañería de HDPE PE-100 PN 6 D=200 mm	m	250	6.637	1.659.250
5,2	Suministro de Cañería de HDPE PE-100 PN 6 D=315 mm	m	-	16.365	-
5,3	Transporte de Cañerías HDPE	Kg.	1.750	46	80.500
5,4	Colocación de Cañería de HDPE PE-100 PN 6 D=200 mm	m	-	2.217	-
5,5	Colocación de Cañería de HDPE PE-100 PN 6 D=315 mm	m	-	3.121	-
5,6	Pasamuro HDPE D=200 mm (Conexión tubería a cámara)	Nº	5	24.916	124.580
5,7	Pasamuro HDPE D=315 mm (Conexión tubería a cámara)	Nº	-	46.093	-

**Tabla N° 03: Análisis de Costos, Renovación del Método Tradicional
Fuente: Elaboración propia.**

6	OBRAS DE CONCRETO				320.205
6,1	Cámara tipo "a" Hm=2,4 m.	N°	-	486.963	-
6,2	Cámara tipo "b" Hm=1,25 m.	N°	-	431.739	-
6,3	Tapas circulares tipo calzada	N°	-	121.015	-
6,4	Modificación de banquetas	N°	-	40.461	-
6,5	Machones de afianzamiento	N°	5	42.203	211.015
6,6	Reconexión a cámaras existentes	N°	5	14.260	71.300
6,7	Refuerzo Hormigón	m3	0	94.725	37.890
6,8	Modificación Cámaras de Inspección	N°	-	12.824	-
7	ROTURA Y REPOSICION DE ASFALTOS				24.087.875
7,1	Rotura y Reposición de Vereda de e=0,07 m	m2	-	12.269	-
7,2	Rotura y Reposición de Calzada de Hormigón de e =0,18	m2	-	33.049	-
7,3	Rotura y Reposición de Calzada de Hormigón de e =0,12	m2	875	27.529	24.087.875
7,4	Rotura y Reposición de Calzada de Asfalto de espesor no menor a existente,	m2	-	23.697	-
7,5	Rotura y Reposición de Soleras Tipo A	m	-	10.354	-
8	UNIONES DOMICILIARIAS				742.914
8,1	Renovación de Uniones Domiciliarias Existentes (Diversos Diámetros, Incluye Materiales y Mano de Obra)	N°	18	41.273	742.914
8,2	Reconexión de Uniones Domiciliarias Existentes (Diversos Diámetros, Incluye Materiales y Mano de Obra)	N°	-	23.641	-
9	LIMPIEZA Y PRESENTACION DE OBRA				150.000
9,1	Aseo y Presentación	GL	1	150.000	150.000
10	PLANOS DE CONSTRUCCION				220.000
10,1	Planos de Construcción	GL	1	220.000	220.000
	COSTO DIRECTO (\$)				33.053.403
	GASTOS GENERALES 10%				3.305.340
	UTILIDAD 5%				1.652.670
	SUB TOTAL				38.011.413
	IGV 18%				6.842.054
	COSTO DE OBRA (\$)				44.853.468

Tabla N° 04: Análisis de Costos, Renovación del Método Tradicional
Fuente: Elaboración propia.

Estructura 02:

ANÁLISIS DE COSTOS, RENOVACIÓN 250 METROS DE TUBERÍAS MÉTODO CRACKING.

ITEM	DESCRIPCION DE ESPECIALIDADES/ PARTIDAS/ TAREAS	UNID.	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
1	PROVISIONALES				2.073.431
1,1	Cartel de Obra	GL	1	-	-
1,2	Movilización / Desmovilización de Equipos	GL	1	-	-
1,3	Otros Gastos provisionales	GL	1	2.073.431	2.073.431
2	SEÑALIZACION DE TRANSITO				840
2,1	Señalización / materiales / mano de obra	GL	1	840	840
3	OBRAS PRELIMINARES				9.508
3,1	Trazo/ Replanteo Inicial	m	250	36	8.900
3,2	Ejecución de Calicatas	Und	3	55	165
3,3	Detección de interferencias	Glb	1	220	220
3,4	Desinfección de Buzones	Und	2	37	73
3,5	Otros Preliminares	Glb	1	150	150
4	MOVIMIENTO DE TIERRAS				160.919
	Sistema Zanja Abierta				
4,1	Excavaciones en zanja de 0-2 m	m3	28	1.763	49.364
4,2	Excavaciones en zanja de 2-4 m	m3	21	1.984	41.664
4,3	Excavaciones en zanja mayor a 4 m con agotamiento y entibación	m3	-	16.886	-
4,4	Cama de apoyo granular	m3	1	6.070	6.070
4,5	Relleno de zanjas con material de excavación	m3	13	3.281	42.653
4,6	Retiro de excedentes	m3	8	2.646	21.168
5	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBA DE CAÑERÍAS Y MATERIALES				1.864.330
5,1	Suministro de Cañería de HDPE PE-100 PN 6 D=200 mm	m	250	6.637	1.659.250
5,2	Suministro de Cañería de HDPE PE-100 PN 6 D=315 mm	m	-	16.365	-
5,3	Transporte de Cañerías HDPE	Kg.	1.750	46	80.500
5,4	Colocación de Cañería de HDPE PE-100 PN 6 D=200 mm	m	-	2.217	-
5,5	Colocación de Cañería de HDPE PE-100 PN 6 D=315 mm	m	-	3.121	-
5,6	Pasamuro HDPE D=200 mm (Conexión tubería a cámara)	Nº	5	24.916	124.580
5,7	Pasamuro HDPE D=315 mm (Conexión tubería a cámara)	Nº	-	46.093	-

**Tabla N° 05: Análisis de Costos, Renovación del Método Cracking.
Fuente: Elaboración propia.**

6	OBRAS DE CONCRETO				320.205
6,1	Cámara tipo "a" Hm=2,4 m.	Nº	-	486.963	-
6,2	Cámara tipo "b" Hm=1,25 m.	Nº	-	431.739	-
6,3	Tapas circulares tipo calzada	Nº	-	121.015	-
6,4	Modificación de banquetas	Nº	-	40.461	-
6,5	Machones de afianzamiento	Nº	5	42.203	211.015
6,6	Reconexión a cámaras existentes	Nº	5	14.260	71.300
6,7	Refuerzo Hormigón	m3	0	94.725	37.890
6,8	Modificación Cámaras de Inspección	Nº	-	12.824	-
7	ROTURA Y REPOSICION DE ASFALTOS				2.610.871
7,1	Rotura y Reposición de Vereda de e=0,07 m	m2	-	12.269	-
7,2	Rotura y Reposición de Calzada de Hormigón de e =0,18	m2	79	33.049	2.610.871
7,3	Rotura y Reposición de Calzada de Hormigón de e =0,12	m2	-	27.529	-
7,4	Rotura y Reposición de Calzada de Asfalto de espesor no menor a existente,	m2	-	23.697	-
7,5	Rotura y Reposición de Soleras Tipo A	m	-	10.354	-
8	UNIONES DOMICILIARIAS				742.914
8,1	Renovación de Uniones Domiciliarias Existentes (Diversos Diámetros, Incluye Materiales y Mano de Obra)	Nº	18	41.273	742.914
8,2	Reconexión de Uniones Domiciliarias Existentes (Diversos Diámetros, Incluye Materiales y Mano de Obra)	Nº	-	23.641	-
9	LIMPIEZA Y PRESENTACION DE OBRA				150.000
9,1	Aseo y Presentación	GL	1	150.000	150.000
10	PLANOS DE CONSTRUCCION				220.000
10,1	Planos de Construcción	GL	1	220.000	220.000
11	INSTALACION DE TUBERIA SISTEMA CRACKING				7.500.568
11,1	Instalación de equipos y preparativos previos				
11,2	Ejecución de Pegas / unión por Termofusión a Tope	Und	22	26	568
11,3	Instalación Tuberías	ml	250	30.000	7.500.000
	COSTO DIRECTO (\$)				15.653.586
	GASTOS GENERALES 10%				1.565.359
	UTILIDAD 5%				782.679
	SUB TOTAL				18.001.624
	IGV 18%				3.240.292
	COSTO DE OBRA (\$)				21.241.916

Tabla N° 06: Análisis de Costos, Renovación del Método Cracking.
Fuente: Elaboración propia.

Estructura 03:

ESTRUCTURA COSTOS RESUMEN METODO ZANJA ABIERTA/ CRACKING/ LONG= 250 metros.

ITEM	DESCRIPCION DE ESPECIALIDADES/ PARTIDAS/ TAREAS	Sistema Zanja Abierta	Método cracking dinámico	Diferencia de costos estimados Ejecutables
		VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)	VALOR TOTAL (\$)
1	PROVISIONALES	2.073.431	2.073.431	-
2	SEÑALIZACION DE TRANSITO	840	840	-
3	OBRAS PRELIMINARES	9.508	9.508	-
4	MOVIMIENTO DE TIERRAS	3.584.300	160.919	3.423.381
5	SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN Y PRUEBA DE CAÑERÍAS Y MATERIALES	1.864.330	1.864.330	-
6	OBRAS DE CONCRETO	320.205	320.205	-
7	ROTURA Y REPOSICION DE ASFALTOS	24.087.875	2.610.871	21.477.004
8	UNIONES DOMICILIARIAS	742.914	742.914	-
9	LIMPIEZA Y PRESENTACION DE OBRA	150.000	150.000	-
10	PLANOS DE CONSTRUCCION	220.000	220.000	-
11	INSTALACION DE TUBERIA SISTEMA CRACKING		7.500.568	-7.500.568
19	COSTO DE OBRA (\$)	44.853.468	21.241.916	23.611.552
20	COSTO METRO LINEAL DE TENDIDO DE TUBERIA (\$)	179.414	84.968	

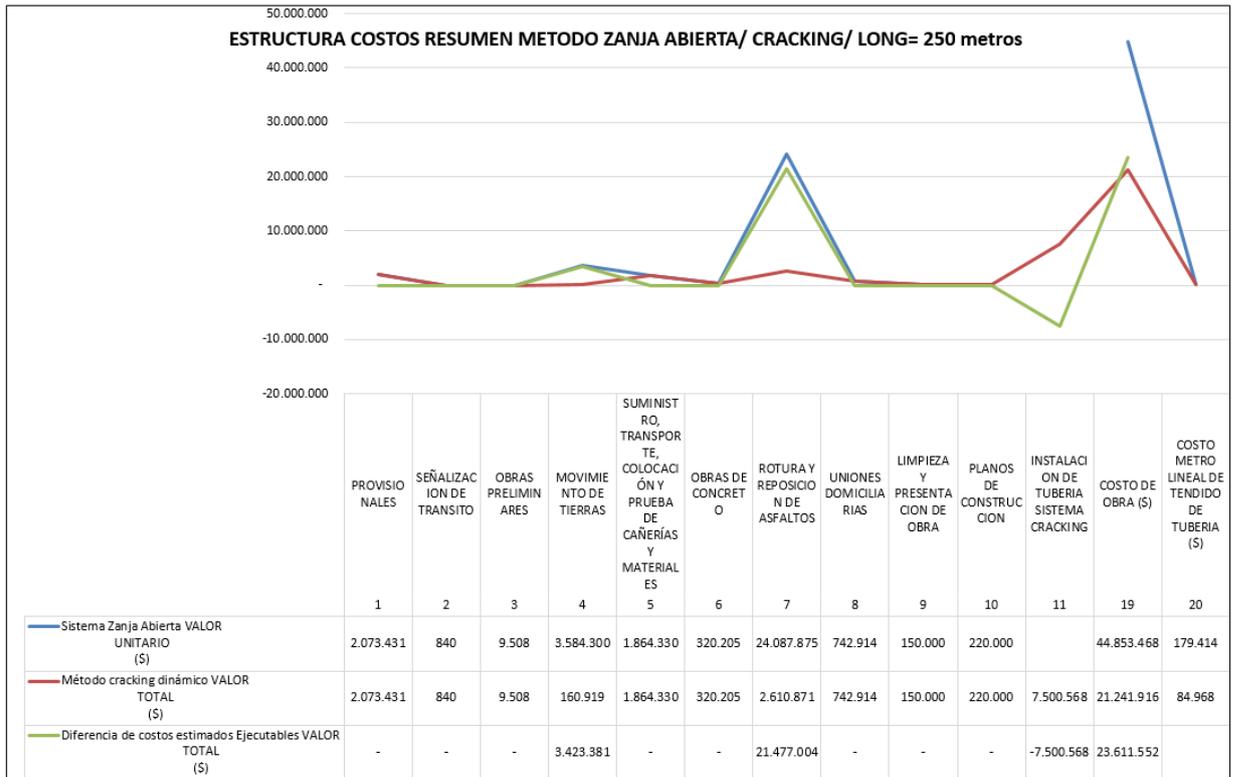
**Tabla N° 07: Resumen de los Costos entre los métodos Zanja Abierta y el método Cracking.
Fuente: Elaboración propia.**

NOTA:

Se realizó el análisis de costos y presupuestos, concluyendo que al utilizar el método cracking los costos por metro línea de tendido de 110 tubería es de (\$) 84, 968.00 (DOLARES AMERICANOS), siendo estos costos más bajo que los costos del método tradicional (\$) 179, 414.00 Así mismo se determinó el presupuesto total de la obra. (REFERENTE A 250 metros lineales).

Incluye:

Equipos Cracking
Operadores Cracking
Termofusión de Tuberías
Operador Termofusionadora
Transporte



**Figura Nº 37: Cuadro comparativo de Valores Totales.
Fuente: Elaboración propia.**

4.3 DOCIMASIA DE LA HIPOTESIS

Las tecnologías sin zanja han demostrado en otros países permitir llevar a cabo, con menores costos económicos, y en menor tiempo, todas las actividades relacionadas a la renovación y rehabilitación de los servicios subterráneos.

Es así que hoy en día se hace a conocer la implementación de estas tecnologías sin zanja como una alternativa para la construcción nueva, renovación y rehabilitación de redes existentes.

A partir de los resultados de los procesos constructivos obtenidos de ambos métodos y con base en otras obras concluidas se obtuvo los rendimientos comparativos, cuyos resultados dan conformidad a la hipótesis que presentamos en nuestra tesis, y con ello decir que este método es la opción más eficaz y menos impactante para la renovación del sistema de renovación y rehabilitación de tuberías existentes”.

COMPARATIVO DE LOS METODOS PARA EJECUTAR UNA OBRA DE AGUA POTABLE									
DESCRIPCIÓN		Und.	TECNOLOGIA SIN ZANJA			METODO TRADICIONAL			
			Metrado	Precio	Parcial	Metrado	Precio	Parcial	
TRABAJOS PRELIMINARES	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	KM	0,1	547,15	54,72	0,1	547,15	54,72	
	REPLANTEO FINAL	KM	0,1	226,69	22,67	0,1	226,69	22,67	
	CALICATAS	Und.	1	87,46	87,46	1	87,46	87,46	
	USO DE GEORADAR	M	78,01	3,97	309,70	-	-	-	
DEMOLICIONES Y REPOSICIONES	DEMOLICIONES								
	CORTE Y ROTURA DE PAVIMENTO	M2	18	11,42	205,56	67,01	11,42	765,25	
	REPOSICIONES								
	REPOSICION DE MEDIA CAÑA Y EMBOQUILLADO	M2	0,48	85,09	40,84	-	-	-	
	NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN DE BASE DE 20CM.	M2	18	6,97	125,46	64,46	6,97	449,29	
	RELLENO CON BASE GRANULAR E=20CM	M2	18	17,91	322,38	64,46	17,91	1154,48	
	IMPRIMACION ASFALTICA MANUAL	M2	18	2,92	52,56	64,46	2,92	188,22	
CARPETA T/FLEXIBLE - ASFALTO DE 2" ESPESOR	M2	18	70,72	1272,96	64,46	70,72	4558,61		
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	1,8	49,9	89,82	9,19	49,4	453,99		
SEÑALIZACIONES DE TRANSITO	CARTEL DE INFORMACIÓN 0.80 M X 1.20 M	Und.	1	300,63	300,63	1	300,63	300,63	
	CINTA PLASTICA SEÑALIZADORA PARA LÍMITE	M	80	0,77	61,60	192,78	0,77	148,44	
	CERCO DE MALLA DE 1M DE ALTURA PARA LIMITE	M	80	1,2	96,00	192,78	1,22	235,19	
	PUENTE DE MADERA PARA PASE PEATONAL	Und.	-	-	-	2	33,73	67,46	
MEDIO AMBIENTE	RIEGO DE ZONA DE TRABAJO	M	78,01	1,26	98,29	80,98	1,26	102,03	
MOVIMIENTO DE TIERRAS	EXCAV. ZANJAS	EXCAVAC. TUB. DN 200 DE 1.51 M A 1.75M DE PROF.	M	7	13,03	91,21	79,83	10,44	833,425
		EXCAVAC. TUB. DN 200 DE 1.76 M A 2.00 M DE PROF.	M	11	15,28	168,08	-	-	-
	REFINE Y NIVEL	REFINE Y NIVELACIÓN	M	18	2,17	39,06	79,83	1,74	138,904
		REFINE, NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN	M2	-	-	-	7,3	1,75	12,775
	CAMA DE APOYO	CAMA DE APOYO E= 0.10 M C/MAT. DE PRESTAMO	M	7	7,44	52,08	79,83	6,5	518,895
	RELLENO Y PROTEC.	SOBRECAMA PROTECTORA S/CLAVE TUBERIA	M	7	22,99	160,93	79,83	19,44	1551,9
	RELLENO Y COMPACTADO	MATERIAL PROPI ZARANDEADO "TIPO SELECTO"	M3	29,55	10,57	312,344	58,39	10,57	617,182
		RELLENO COMP. (PULSO) DE 1.51 A 1.75 M PROF.	M	7	20,95	146,65	79,83	16,88	1347,53
		RELLENO COMP. (PULSO) DE 1.76 A 2.00 M PROF.	M	11	26,87	295,57	-	-	-
	ELIMIN. DESMON.	ELIMINACION DESMONTE PATA TODA PROF.	M	18	6,19	111,42	79,83	6,19	494,148

Tabla N° 08: Comparativos entre el método con zanja y el método sin zanja
Fuente: Elaboración propia.

COMPARATIVO DE LOS METODOS PARA EJECUTAR UNA OBRA DE AGUA POTABLE									
DESCRIPCIÓN			Und.	TECNOLOGIA SIN ZANJA			METODO TRADICIONAL		
				Metrado	Precio	Parcial	Metrado	Precio	Parcial
TUBERIAS	SUMINISTRO DE TUBERIA	SUMINISTRO DE TUBERIA HDPE	M	80,3	41,47	3330,04	-	-	-
		TUBERÍA PVC-U UF NTP ISO 4435 SN2	M	-	-	-	80,23	25,93	2080,36
	TERMINACIÓN DE TUBERIA	SOLDADURA TF TUBERIA HDPE	PEGA	12	92,1	1105,2	-	-	-
	INSTALACIÓN DE TUBERIA	PUESTA A PIE DE ZANJA DE TUB.	M	80,3	0,28	22,484	80,23	0,28	22,4644
		INSTALACIÓN DE TUB. DE PVC P/DESAGUE	M	-	-	-	80,23	1,05	84,2415
		FRAGMENTACIÓN Y COLOC. TUB. HDPE	M	80,3	59,63	4788,29	-	-	-
PRUEBAS	PRUEBA HIDRAULICA DE TUB. P/DESAGUE		M	80,3	3,48	279,444	80,23	3,48	279,2
	PRUEBA COMPACTACIÓN DE SUELOS		Und.	1	71,94	71,94	1	71,94	71,94
	PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO		Und.	1	29,88	29,88	1	29,88	29,88
TRABAJOS PRELIMINARES	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL CONEX. DOMICILIARIA		Und.	12	1,74	20,88	11	1,74	19,14
	REPLANTEO FINAL DE LA CONEXIÓN DOMICILIARIA		Und.	12	1,37	16,44	11	1,37	15,07
DEMOLICIONES Y REPOSICIONES	DEMOLICIONES	CORTE Y ROTURA PAVIMENTO DE ASFALTO	M2	-	-	-	48,58	11,42	554,78
		CORTE Y ROTURA DE VEREDA CONCRETO	M2	12	15,64	187,68	7,92	15,64	123,87
	REPOSICIONES	NIVELACION Y COMPACTACIÓN DE BASE GRANULAR	M2	13,2	6,97	92,004	48,58	6,97	338,60
		RELLENO CON BASE GRANULAR E=20CM	M2	13,2	17,91	236,412	48,58	17,91	870,07
		IMPRIMACION ASFALTICA MANUAL	M2	-	-	-	48,58	2,92	141,85
		CARPETA T/FLEXIBLE - ASFALTO DE 2" ESPESOR	M2	-	-	-	48,58	70,72	3435,58
		VEREDA DE CONCRETO	M2	13,2	46,89	618,948	7,92	46,89	371,37
		ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	2,42	49,4	119,548	5,55	49,4	274,17
SEÑALIZACIÓN DE TRANSITO	CINTA PLASTICA SEÑALIZADORA PARA LIMITE		M	45,65	0,77	35,1505	-	-	-
	CERCO DE MALLA DE 1M ALTURA PARA LIMITE		M	45,65	1,22	55,693	-	-	-
SEGURIDAD Y SALUD	PROTECCIÓN SERV. EXISTENTE	CRUCE CON RED EXISTENTE DE DESAGUE	Und.	-	-	-	11	33,61	369,71
		CRUCE CON RED EXISTENTES DE TELECOMUNICADO	Und.	-	-	-	11	32,38	356,18
MEDIO AMBIENTE	RIEGO DE ZONA DE TRABAJO		M	-	-	-	92,5	1,26	116,55
REFINE Y NIVEL	EXCAV. ZANJAS	EXCAVAC. (PULSO) DE 0.60 M A 1.00 M PROF.	M3	13,2	35,91	474,012	92,5	18,3	1692,75
		REFINE Y NIVELACIÓN	M	13,2	2,17	28,644	92,5	1,44	133,2

Tabla N° 09: Comparativos entre el método con zanja y el método sin zanja
Fuente: Elaboración propia.

COMPARATIVO DE LOS METODOS PARA EJECUTAR UNA OBRA DE AGUA POTABLE									
DESCRIPCIÓN			Und.	TECNOLOGIA SIN ZANJA			METODO TRADICIONAL		
				Metrado	Precio	Parcial	Metrado	Precio	Parcial
MOVIMIENTO DE TIERRAS	CAMA DE APOYO	CAMA DE APOYO E= 0.10 M CMAT. DE PRESTAMO	M	-	-	-	92,5	6,85	633,625
	RELLENO PROTEC.	SOBRECAMA PROTECTORA S/C Llave TUBERIA	M	-	-	-	92,5	14,34	1326,45
	RELLENO COMPACT.	MATERIAL PROPI ZARANDEADO "TIPO SELECTO"	M3	13,2	10,57		27,75	10,57	293,3175
		RELLE NO COMP. (PULSO) DE 0.60 M A 1.00 M PROF.	M	13,2	8,82	116,424	92,5	7,11	657,675
	ELIMIN. DESMON.	ELIMIN. DESMONTE PARA TODA PROF.	M	-	-	-	92,5	3,7	342,25
		DESMONTAJE Y RETIRO TUBERIA	M	-	-	-	92,5	2,64	244,2
ELIMINACIÓN DE TUBERIA RETIRADA		M3	-	-	-	2,8	52,68	147,504	
TUBERIAS	SUMINISTRO DE TUBERIA	SUMINISTRO DE TUBERIA HDPE	M	95,66	27,04	2586,646	-	-	-
		TUBERÍA PVC-U UF NTP ISO 4435 SN2	M	-	-	-	92,5	17,24	1594,7
	INSTALACIÓN D TUBERIA	PUESTA A PIE DE ZANJA DE TUB.	M	95,66	0,28	26,7848	92,5	0,28	25,9
		INSTALACIÓN DE TUB. DE PVC RIAGUA	M	-	-	-	92,5	0,85	78,625
		FRAGMENTACIÓN Y COLOC. TUB. HDPE	M	12	430,71	5168,52	-	-	-
ELEMENTOS PARA CONECCION DOMICILIARIA	SUMINISTRO DE ABRAZ.	SUMIN. ABRAZADERA MEC. CONEX DOMIN.	Und.	12	61,44	737,28	11	81,44	895,84
		SUMINISTRO DE CODO PVC 45° Y 90°	Und.	12	28	336	-	-	-
	INST. DE ABRAZ.	COLOCACIÓN DE ABRAZADERA	M	12	33,63	403,56	11	34,3	377,3
CAJAS	SUMINIST. CAJAS	SUMIN. DE CAJA DE CONDUC. 0.30 X 0.60 M	Und.	12	61,57	738,84	11	61,57	677,27
	INSTALACIÓN D TUBERIA	111INSTALACION DE CAJA REGISTRO DE 0.30 X 0.30 M	M	12	101,91	1222,92	11	101,91	1121,01
PRUEBAS	PRUEBA COMPACTACIÓN DE SUELOS		Und.	1	71,94	71,94	1	71,94	71,94
	PRUEBA DE CALIDAD DE CONCRETO		Und.	1	29,88	29,88	1	29,88	29,88
COSTO TOTAL					27469,48		34001,66		

Tabla N° 10: Comparativos entre el método con zanja y el método sin zanja
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO RESUMEN - PORCENTAJES			
Proyecto	Método Cracking - Calle.....		
Ubicación	Centro Cívico Trujillo - La Libertad		
Item	Descripción	Costo Parcial	Porcentaje
1,00	Mano de Obra	6655,86	24,23 %
2,00	Material	9056,69	32,97 %
3,00	Equipo	11756,94	42,80 %
Costo directo:		S/27.469,49	100,00 %

Tabla N° 11: Cuadro de Resumen en costo y porcentajes con el Método Cracking.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO RESUMEN - PORCENTAJES			
Proyecto	Método Tradicional - Calle.....		
Ubicación	Centro Cívico Trujillo - La Libertad		
Item	Descripción	Costo Parcial	Porcentaje
1,00	Mano de Obra	12635,02	37,16 %
2,00	Material	14049,49	41,32 %
3,00	Equipo	7317,16	21,52 %
Costo directo:		S/34.001,67	100,00 %

Tabla N° 12: Cuadro de Resumen en costo y porcentajes con el Método Tradicional.

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Debemos de tener en claro que con el pasar del tiempo el sistema de tuberías ya existentes sufre un gran deterioro que hace que su rehabilitación sea necesario y con ello también a pensar en una manera más óptima de poder ejecutar dichas labores, de lo cual estamos tratando de implicar una mejora en tiempo de ejecución de obra, causar la menor molestia urbana y social evitando los diversos aspectos de contaminación, brindar la mejor seguridad tanto a la ciudadanía como al empleador, causar el menor impacto ambiental a menores costos que otros métodos.

Por lo tanto en el proceso de la elaboración de esta tesis se está demostrando que el método sin Zanja o Cracking “Pipe Bursting” nos permite lograr todos esos beneficios a un mayor rendimiento en su construcción con respecto al método tradicional o método con zanja.

Uno de los beneficios a agregar a este método es en cuanto a los costos sociales y menos incomodidades a la población y a sus propias actividades urbanas o laborales. Genera un menor impacto visual en cuanto a su entorno de la zona del proyecto, reduciendo la perturbación del comercio, la fluidez de vehículos de manera más transitable como los accesos peatonales para la comunidad.

A través del método de Cracking “Pipe Bursting”, es fundamental tomar en cuenta que se debería ir renovando de la manera más adecuada ciertas instalaciones hidráulicas, sustituyéndolas en tal caso con tubería de polietileno ADS unido por termofusión, dependiendo los tramos a unir.

CONCLUSIONES

- Las redes existentes de alcantarillado ubicadas en el centro cívico de la ciudad de Trujillo se encuentran en estado crítico por la antigüedad que estos presentan en la mayoría de los casos. Con ello concluimos que en la mayoría de ellas se requiere intervención y sustitución de alguna manera inmediata.
- Debido a las ventajas y beneficios que llegan a obtenerse durante y después del proceso de la renovación de tuberías de agua potable en el centro cívico de la ciudad de Trujillo, se reafirma que con la utilización de la metodología de Cracking o el método de “Pipe Bursting” generamos un avance tecnológico con diversas alternativas de mejoría; tanto en la sostenibilidad ambiental, mejora constructiva y cuidado del espacio público.
- Mediante el comparativo entre ambos métodos; el método tradicional de zanja abierta y el método sin zanja, método Cracking “Pipe Bursting”, se da por concluido que el método Cracking “Pipe Bursting” beneficiaría en gran porcentaje a la disminución del impacto socio-económico, debido a que se realiza en un plazo mucho más corto el tiempo de ejecución que lo convencional sin afectar a los accesos de la población a viviendas o negocios durante la ejecución.
- Con respecto al impacto ambiental, el método Cracking “Pipe Bursting”, demanda en menores cifras de metrado correspondientes a movimientos de tierras, demolición y reconstrucción de áreas de pavimentos, aceras y hasta áreas verdes que generan un cambio en calidad de vida entre la ciudadanía.
- Con el comparativo realizado de costos unitarios entre ambas metodologías, concluimos que la tecnología de renovación del método de Cracking “Pipe Bursting” es el método más eficaz, económico y rentable, ya que con esta tecnología pueden evitarse las diversas tareas como de limpieza y vertido de escombros.

- Podemos optar que en cuanto a proceso constructivo el método de Cracking “Pipe Bursting” posee como prioridad salvaguardar la seguridad de las personas involucradas ya sean los propios trabajadores al no estar posicionados dentro de la zanja o excavación durante el proceso o tramo a renovar, se evita la posibilidad de quedar atrapado dentro de esta a causas de colapsos o desprendimiento del terreno. Además evitar de la misma manera el que pueda ocurrir algún tropiezo o caída de algún trabajador o en el peor de los casos de algún transeúnte, ya que cuando mayor es el tiempo de mantener la zanja abierta, relativamente mayor es el riesgo de ocurrir algún accidente en el caso de laboral con el método tradicional de zanja abierta.

RECOMENDACIONES

- Durante el proceso de investigación de esta tesis se ha observado la falta de capacitación y conocimiento con respecto al tema de la tecnología sin zanja “Pipe Bursting”, para lo cual sugerimos que se debería implementar o capacitar personal adecuado en el extranjero para conllevar con ello a impulsar a la actualización y automatización moderna de técnicas laborales en la reconstrucción para diversas soluciones de renovación y rehabilitación de redes de agua potable.
- Sería útil y de gran aporte que dentro de la currícula universitaria se pudiera ampliar los conocimientos de estos tipos de tecnologías habientes en países mucho más desarrollados que el nuestro y poder involucrarnos paralelamente con diversos cursos enfocados a la aplicación y utilización de nuevas tecnologías.
- Es esencial contar con una capacitación eficiente dentro del personal de una empresa, ya que con ello le permite a la empresa tener innovación y mejor desarrollo de estrategias competitivas, sabiendo que esto evolucionará el rendimiento laboral dependiendo de la habilidad y experiencia que tengan los trabajadores, en el caso del método “Pipe Bursting” el rendimiento se basa el mayor porcentaje en los equipos empleados a diferencia del método tradicional, el rendimiento se basa a la capacidad laboral de los trabajadores por cuadrillas no siendo en todos los casos un rendimiento uniforme.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Jorge Andrés Pinzón Abaunza, (2011). Monografía, EVALUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA EN REDES DE ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ. Bogotá.
- Gustavo Lacranpe H., (2018). RENOVACIÓN DE ALCANTARILLADO MEDIANTE SISTEMA DE FRAGMENTACIÓN NEUMÁTICA O CRACKING. Chile.
- Felicidad Mínguez Santiago, (2015). Maestría, MÉTODOS DE EXCAVACIÓN SIN ZANJA. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. España.
- Mazzini Mite Néstor Rubén, Torres Ortiz Carlos Ricardo, (2015). MAESTRÍA EN INGENIERÍA, CRITERIOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN DE REHABILITAR O RENOVAR LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA CON EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL SECTOR “URDESA”, EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL. Ecuador.
- Ángel Ortega Sureda, (2016). EXECUTIVE MBA IESE. MIT SCHOOL OF ENGINEERING, DIRECTOR GENERAL DE RADIOPOINT SYSTEMS, PRESIDENTE DE LA ASOCIACIÓN IBÉRICA DE TECNOLOGÍA SIN ZANJA IBSTT. Madrid, España.
- Julio César Ojeda Garayar, (2015). ANALISIS COMPARATIVO ENTRE METODO PIPE BURSTING Y EL MÉTODO TRADICIONAL EN LA RENOVACION DE TUBERIAS DE DESAGÜE. Lima, Perú.
- Jessica Arce Obregon, (2017). APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA SIN ZANJA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA REHABILITACION DE REDES DE ALCANTARILLADO, COMAS. Lima, Perú.
- Sotelo Avila G. (2002). HIDRAULICA DE CANALES.

Páginas Web:

- SUNASS, Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.
<https://www.sunass.gob.pe/websunass/>
- SEDAPAL (2016), Tecnología sin Zanja.
<http://www.sedapal.com.pe/tecnologia-sin-zanja>
- PAVCO (2018), Renovación sin zanja.
<https://pavco.com.co/renovacion-zinjanja-compact-pipe-bursting>
- IBSTT, Asociación Iberica de Tecnologia sin Zanja.
<http://www.ibstt.org/>
- Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.
<http://www.mapasconagua.net/libros/SGAPDS-1-15-Libro4.pdf>

ANEXOS

ANEXO 01: PROCESO DE SOLDADURA DE TERMOFUSIÓN

Actividades preliminares.

- Antes de dar inicio al desarrollo de las actividades diarias se deberá realizar la capacitación de SySO con duración de 10 minutos.
- Se delimitará el área de trabajo con cinta de señalización color amarillo, utilizando estacas de madera clavadas con la comba a una profundidad no menor de 15cm.
- Se realizará la inspección de equipos y herramientas, utilizando los checklist necesarios.
- El Operador de la máquina de termofusión deberá abastecer con gasolina el equipo.

Traslado e instalación de máquina de termofusión

- Se realizará el traslado de la máquina de termofusión.
- La máquina será ubicada en un lugar plano y en el lugar más cercano al área de trabajo, teniendo en cuenta las condiciones del terreno para el acceso del personal.
- Se colocaran, como mínimo, 2 tacos de madera en las ruedas posteriores de la máquina de termofusión, con la finalidad que no ceda a la hora de realizar las pegas.
- En caso el terreno no sea plano, se deberá acondicionar a criterio del Operador de la máquina de termofusión.
- La gasolina deberá estar colocada sobre la bandeja de contención de derrame a una distancia no menor de 2 mts de la máquina de termofusión.
- El kit anti derrame deberá colocarse a una distancia no mayor de 4.0 mts de la máquina.
- El extintor deberá colocarse a una distancia no mayor de 3.0 mts de la máquina.

Traslado y descarga de tubería HDPE

- Se realizará el traslado de la tubería HDPE hasta al área de trabajo.
- La tubería HDPE de deberá ser descargada en un lugar plano y se deberán colocar tacos de madera a los costados para evitar desplazamientos.

Corte de tubería HDPE

- El Capataz en coordinación con el Supervisor de Obra tomarán las dimensiones de la tubería a instalar y determinarán los tramos donde será necesario realizar cortes.
- El Oficial montajista, haciendo uso de un marcador con tinta blanca, trazará a lo largo de la circunferencia de la tubería una línea que servirá de guía para realizar el corte.
- El Oficial montajista y el ayudante colocarán un extremo de la tubería sobre un soporte adecuado; debajo del lugar donde se realizará el corte se instalará una bandeja para contener los residuos que se generen y luego se dispongan en un lugar adecuado.
- El Oficial montajista cortará la tubería haciendo uso de la cierra circular llevando puesta la careta de esmerilar.
- El tramo cortado será dispuesto en el lugar donde se descargó la tubería.

Instalación del tubo en la máquina

- El operador de la máquina de termofusión procederá de la siguiente manera:
- Limpiar el interior y exterior de los extremos de los tubos que se van a fusionar.
- Abrir las mordazas superiores e inserte un tubo en cada par de mordazas, dejando que el extremo del tubo sobresalga, como mínimo, 1" de los límites de la mordaza.
- Apretar las perillas de sujeción sobre las mordazas externas para evitar el deslizamiento del tubo y apretar suavemente las

perillas de sujeción internas de manera que se puedan realizar los ajustes de alineación posteriores.

Corte del tubo en la máquina de termofusión

- Debajo de la posición donde irá ubicada la refrentadora, se deberá colocar una bandeja para la recepción de viruta y luego sea dispuesta en un lugar adecuado.
- El operador de la máquina de termofusión procederá de la siguiente manera:
- Llevar la cortadora o refrentadora a su posición y asegurarla.
- Mover el carro hacia la derecha.
- Abrir la válvula de bola sobre el motor de la refrentadora.
- Verificar que el mango de la válvula selectora esté hacia arriba en la posición de refrentado.
- Mover el carro hacia la izquierda.
- Si se detiene la refrentadora, se deberá ajustar la presión de refrentado para continuar.
- Dejar que el carro se apoye en los topes de la refrentadora.
- Tener en cuenta lo siguiente: cuando se trabaje con tubos de paredes gruesas, puede ser necesario aumentar la presión del sistema.

Retiro de la refrentadora

- Apagar la refrentadora y mover el carro hacia la derecha de manera que pueda retirarla.
- Retirar los residuos de los extremos de los tubos con cuidado de no tocarlos, en caso de no ser así, se deberá utilizar un trapo limpio de tela no sintética para limpiar el área cortada.
- Mover el carro hacia la izquierda hasta que los extremos de los tubos estén en contacto, comprobando que la unión de los tubos esté alineada.
- Si la tubería no está alineada, se deberá apretar la mordaza interna del lado superior hasta alinearla.

- Cuando el tubo esté alineado apropiadamente, apriete los fijadores exteriores para evitar deslizamientos.
- Si se ha realizado el ajuste de la perilla de fijación, se deberá instalar nuevamente la refrentadora e iniciar el procedimiento del anterior.
- Unir los extremos de los tubos bajo presión de fusión para comprobar que no existan deslizamientos, si ocurre algún deslizamiento, se deberá volver a iniciar el procedimiento de instalación de la tubería en la máquina.

Ubicación del carro e inspección de temperatura del calentador

- Mover el carro hacia la derecha para crear un espacio suficientemente grande para instalar el calentador.
- Para la fusión a tope, la temperatura de la superficie del calentador debe estar en un rango que va de un mínimo de 400°F hasta un máximo de 450°F, en donde el óptimo es 425°F.
- Comprobar la temperatura del calentador mediante la lectura de referencia en el termómetro de disco.
- Colocar el calentador entre los extremos de los tubos.

Calentamiento del tubo

- Mover el carro hacia la izquierda bajo presión de fusión, poniendo en contacto el calentador en ambos extremos de los tubos con lo cual estos se apoyan contra el calentador. Al primer indicio de fusión alrededor de la circunferencia de los tubos, se deberá ir al siguiente paso.
- Mover la válvula selectora hacia la posición central, permitiendo que la presión caiga y se estabilice en su punto más bajo, en la mayoría de los casos "0".
- Devolver la válvula de control del carro a la posición neutra. Los extremos de los tubos ahora se estarán calentando a presión "0", que permite que los extremos de los tubos permanezcan en contacto con el calentador.

- Para tubería HDPE de 12" SDR 17, el tiempo de calentamiento será de 5 minutos 12 segundos.

Fusión del tubo

- Mover la válvula selectora hacia abajo a la posición de fusión.
- Mover el carro hacia la derecha lo suficiente como para retirar el calentador. Retire rápidamente el calentador sin que entre en contacto con los extremos de los tubos fundidos.
- Inspeccionar rápidamente los extremos de los tubos, los cuales deben estar lisos, uniformes y completamente fundidos. Los extremos de los tubos cóncavos son inaceptables.
- Mover la válvula de control de carro a la izquierda inmediatamente desplazando los extremos juntos y aplicando presión de fusión.
- Para tubería HDPE SDR 17 o SDR 11, la presión de fusión será de 299 psi.
- El tamaño del cordón de fusión deberá tener como mínimo de 1.2 a 1.6 con referencia al SDR de la tubería

Enfriamiento de la unidad de fusión

- La unidad de fusión debe mantenerse bajo presión hasta que la unión se enfríe. Este tiempo variará con el tamaño y espesor de la pared del tubo.
- Para tubería HDPE de SDR 11 y SDR 17, el tiempo de enfriamiento será de acuerdo al espesor de la tubería por ejm. Si el espesor es de 45mm el tiempo de enfriamiento será de 45min.

Abertura de las mordazas móviles y mordazas fijas y elevación del tubo.

- Después que la unión se ha enfriado, se deberá cambiar la válvula de control del carro a la posición neutra.

- Aflojar todas las perillas de sujeción y mover el carro hacia la izquierda lo suficientemente lejos para abrir la mordaza más cercana a la refrentadora.
- Abrir las mordazas móviles.
- Abrir las mordazas fijas.
- Levantar el tubo unido usando el elevador de tubería.
- Retirar el tubo de la máquina y realizar los preparativos para la siguiente fusión.

Inspección de la unidad a fusión.

- El cordón doble debe enrollarse sobre las superficies adyacentes y redondearse en forma uniforme a la vez que mantiene un tamaño consistente alrededor de toda la junta.
- El ancho del cordón doble debe ser 2 a 2.5 veces su altura sobre la superficie, y la profundidad del canal en forma de V entre los cordones no debe tener más de la mitad de la altura del cordón.

Tendido de tubería

- El tendido de la tubería podrá ser realizado manualmente utilizando sogas, estrobos con grilletes de acero, tirfor de 1.5 Tn y cáncamos.
- Se colocará un estrobo de acero de 3/4" alrededor del tramo de tubería a tender.
- El Capataz o el Supervisor de Obra le indicará la longitud deseada de cada tramo a ejecutar la soldadura.
- Se colocara la tubería en la maquina fragmentador listo para ser jalado del otro extremo.

RESTRICCIONES

No se realizarán actividades operativas o el Supervisor de Obra suspenderá los trabajos, cuando se presenten los siguientes casos:

- No se cuenta con toda la documentación de SySO en campo.
- Área de trabajo con poca iluminación o durante la noche.

- Equipos y herramientas no inspeccionados.
- Comunicación inadecuada.
- Área de trabajo inundada.

ANEXO 02: GRUNDOBURST - TÉCNICA PARA UNA UTILIZACIÓN VERSÁTIL



GRUNDOBURST 400G-2500G

Sustitución de tuberías Sin Zanja con sistema estático

TRACTO-TECHNIK



5 Modelos

GRUNDOBURST-Técnica para una utilización versátil



Sustitución de tuberías en el mismo trazado con diámetro igual o superior al de la tubería vieja.
Campos de utilización: Tuberías de presión y gravedad, valores nominales DN 50 hasta DN 1000, longitudes hasta 200 m.
Daños en la tubería: Roturas, incrustaciones, taponamientos, mantenimiento deficiente, desplazamientos, grietas, fugas, desgaste mecánico.



Romper



Cortar



Renovación de tuberías: Para tuberías largas o cortas. Tuberías viejas con incrustaciones, se pueden acoplar accesorios de limpieza a las barras de tiro. Suelta y extrae las incrustaciones de la tubería vieja durante el tiro de la tubería nueva.
Campos de utilización: Tuberías de presión y gravedad, con un diámetro libre en la tubería vieja.
Daños en la tubería: Corrosión, incrustaciones, grietas, fugas, desgaste mecánico.



Renovación de tubería



Incrustaciones

Limpieza de la tubería vieja con introducción de tubería nueva



Calibración-Berstlining: Los daños parciales en la tubería vieja se ensanchan con el sistema estático GRUNDOBURST o con el sistema dinámico GRUNDOCRACK y al mismo tiempo se introduce la tubería nueva. El espacio libre resultante de debería rellenar.
Campos de utilización: Tuberías de presión y gravedad, con un diámetro libre en la tubería vieja, limitado por derrumbe total de la tubería. Es posible que haya una mínima reducción del diámetro.
Daños en la tubería: Deformaciones locales, grietas, desplazamientos, roturas



Obra de calibración-Berstlining



La tubería vieja deformada



La cabeza de dirección iguala las deformaciones.



La tubería nueva está ceñida a la pared de la tubería vieja.



Renovación con el sistema Tight in Pipe (TIP): En el sistema TIP se utiliza tanto tubería corta como tubería larga para realizar Renovación en tuberías de hormigón y gres. Normalmente se utiliza una tubería nueva de Polipropileno (PP-HM), que va muy ceñida a la tubería vieja (Tight-In-Pipe). El mínimo espacio que queda entre las dos tuberías no tiene que rellenarse.
Campos de utilización: Renovación de tuberías para desagüe de Uralita, hormigón, gres.
Daños en la tubería: Roturas, deformaciones hasta un 20 %, desplazamientos hasta un 10 % del corte transversal, corrosión, taponamientos, grietas y fugas, desgaste mecánico, incrustaciones (se tienen que eliminar anteriormente).



El sistema de reducción: Es un sistema de Renovación, en el cual, el diámetro exterior del tramo de tubería de PE se reduce mecánicamente.
Campos de utilización: Saneamiento del corte transversal en tuberías de gas, agua y desagües, de DN 100 hasta aprox. DN 1200.
Daños en la tubería: corrosión, grietas y fugas, desgaste mecánico, incrustaciones (se tienen que eliminar anteriormente).

Ventajas del sistema

- Las plataformas GRUNDOBURST son versátiles y se adaptan a todos los sistemas de sustitución Sin Zanja y a todos los tipos de material de la tubería vieja
- Se pueden romper y cortar tuberías viejas de gres, hormigón, PVC, PE, fundición gris, fundición dúctil, Uralita, GfK, acero
- Materiales para las tuberías nuevas de PE, PP, gres, fundición dúctil, GfK (fibra de vidrio reforzada), acero
- Larga vida útil de las tuberías nuevas de 80-100 años
- Diámetros hasta DN 1200, Longitudes hasta 300 m
- Aumento del diámetro de la tubería vieja en 1-2 diámetros nominales
- Fácil y segura conexión de las barras con QuickLock
- Rapidez en la preparación y ejecución de la obra
- No es necesario un trazado nuevo
- Reducción de los costes respecto a la obra a cielo abierto entre un 15% a un 40 %, menor rotura de superficies, transporte de materiales, rellenos y menor consumo de energía
- Mínimo impacto en el tráfico y el medio ambiente (ruidos, polvo, reducción de la emisión de CO₂, (mínimo en un factor 1:10)
- Apenas se producen daños posteriores por asentamiento del terreno, influencia en el nivel freático o daños en las carreteras.
- Sistema de trabajo seguro, regulado por normativas.

PRIMERO EN CALIDAD PARA SUSTITUCIONES PERFECTAS

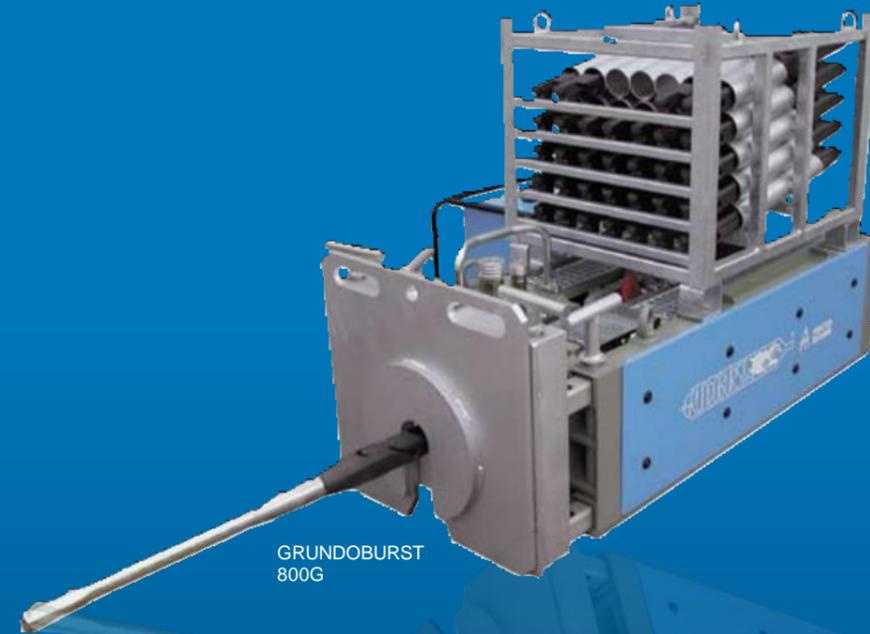
GRUNDOBURST
400S



GRUNDOBURST
400G



GRUNDOBURST
800G



Todas las máquinas van equipadas con un sistema de enganche de las barras. Los bulones de tiro patentados, impiden el retroceso de las barras. El bulón delantero (2) fija la barra, el bulón trasero (1) empuja/tira del tramo de barras.

Plataformas GRUNDOBURST

Muy robustas y adecuadas para la obra
Estándar de calidad „Made in Germany“
Larga vida útil, mínimo mantenimiento

Funcionamiento ergonómico, gran seguridad en el trabajo
Todos los modelos van equipados con mando a distancia y apoyos telescópicos;
el 1900G y 2500G van equipados con un arco de seguridad.

GRUNDOBURST
1250G



GRUNDOBURST
1900G

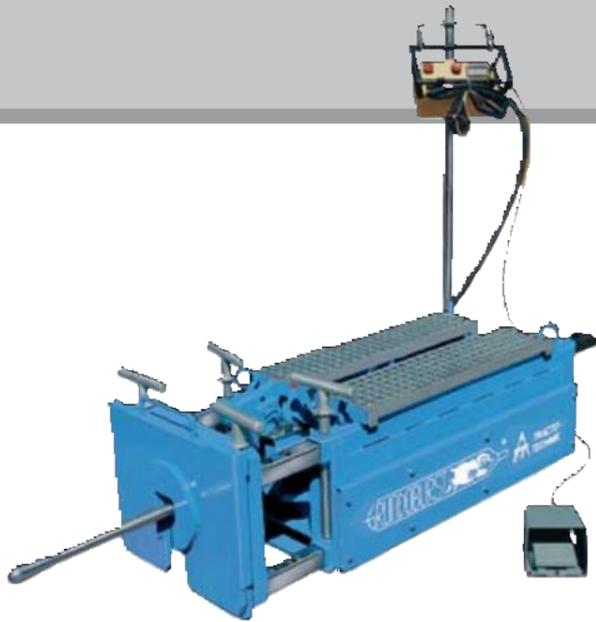


GRUNDOBURST
2500G



GRUNDOBURST 400G

GRUNDOBURST 400S



Plataforma GRUNDOBURST 400 G con grupo hidráulico TT B20 ó TT B110



Caja para las barras 400 G
54 mm Ø, longitud: 700 mm, capacidad: 49 barras,
35 mm Ø, longitud: 700 mm, en una caja sencilla con 107 barras



Vista de a la arqueta con el GRUNDOBURST 400 S



GRUNDOBURST 400 S en la arqueta; con grupo hidráulico TT B20 ó TT B110



Caja para barras 400 S
54 mm Ø, longitud 470 mm ó barras,
35 mm Ø, longitud 700 mm con 107 barras.

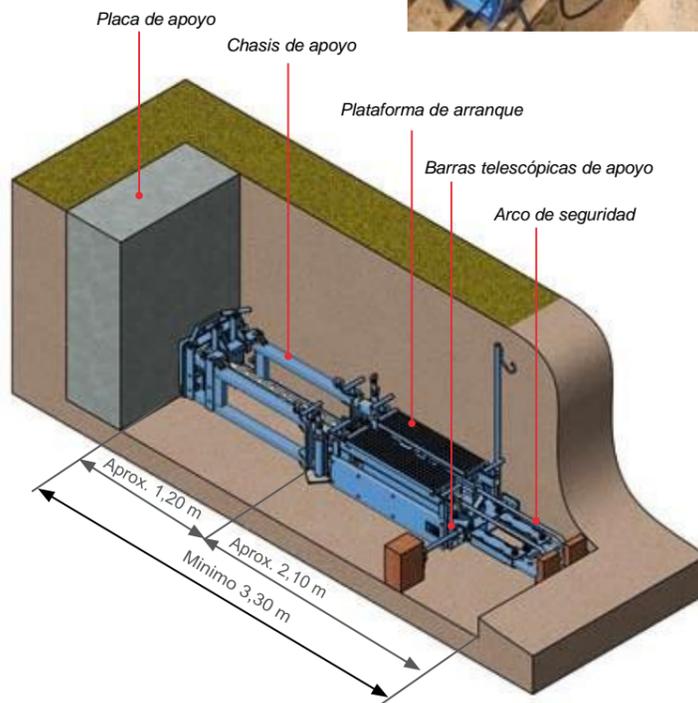


- Para tuberías de presión y desagüe DN 50 - DN 250 hasta aprox. 100 m de longitud (dependiendo del sistema)
- Medidas compactas para calas pequeñas
- Rápido modo de trabajo y alto rendimiento
- Rápido empuje y tiro de las barras
- Mínimo peso para un transporte fácil
- Desde una cala puede trabajar en ambas direcciones
- Fácil y rápido montaje en la cala
- Solamente se necesita un operario con mando a distancia para su funcionamiento
- Accesorios específicos para cada sistema de trabajo



En obras con poco espacio, el GRUNDOBURST 400 S también se puede utilizar desde calas pequeñas.

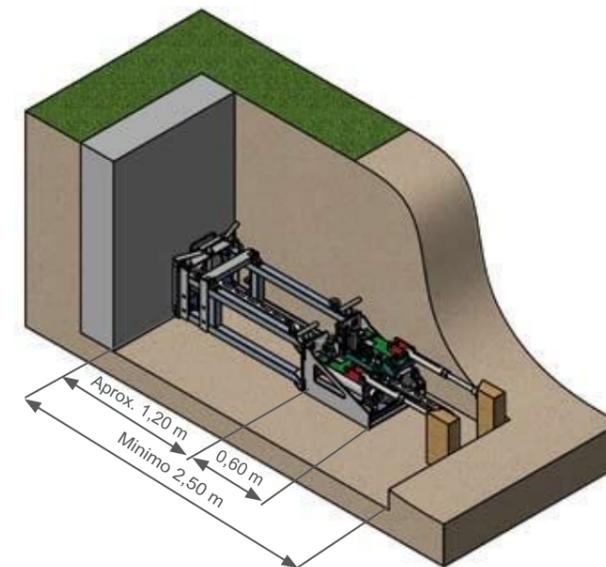
- Para tuberías de presión y desagüe DN 50 - DN 250 hasta aprox. 100 m de longitud (dependiendo del sistema)
- Para trabajar en arquetas desde \geq DN 1000 y pequeñas calas
- Longitud de la plataforma, solamente 60 cm
- Longitud útil de las barras en la arqueta: 470 mm
- Relativamente fácil utilización desde la arqueta
- No es necesaria obra civil en trabajos de arqueta a arqueta
- Alta seguridad durante el trabajo
- Tiro de tubería corta en la arqueta con el Burstfix, ver página 12 (Disponemos de Burstfix para todos los modelos de GRUNDOBURST)



Datos técnicos 400 G

Medidas plataforma LxAxA [mm]:	1420 x 560 x 520
Peso plataforma [Kg.]:	583
Fuerza de empuje a 250 bar [kN]	275
Fuerza de tiro a 250 bar [kN]:	400
Medidas de la cala LxA [mm]:	3300 x 1000
Altura del eje [mm]:	230 mm
Grupo hidráulico recomendado:	TT B110 ó TT B20
Potencia [kW]:	55,5 a .2800 rev/min. 24,4 a 3000 / rev/min
Presión hidráulica [bar]:	250
Tubería vieja Ø:	DN 50 - DN 250w
Materiales tubería vieja:	Gres, PVC, PE, FG, FD, Asbesto, GFk*, Acero
Tubería nueva Ø:	hasta DA 280
Materiales tubería nueva:	PE, PP, Gres, FD, GFk*, Acero
Barras Ø [mm]:	54 (Estándar) ó 35, max. 200 kN
Peso de una barra [Kg.]:	7,5
Longitud útil de una barra [mm]:	700

*GFk= fibra de vidrio reforzada



Datos técnicos 400 S

Medidas plataforma LxAxA [mm]:	600 x 490 x 340
Peso plataforma [kg]:	251
Fuerza de empuje a 250 bar [kN]	275
Fuerza de tiro a 250 bar [kN]:	400
Diámetro de la arqueta [mm]:	1000
Altura del eje [mm]:	Cala: 220 Arqueta: 140
Grupo hidráulico recomendado:	TT B110 ó TTB 20
Potencia [kW]:	55,5 a .2800 rev/min. 24,4 a 3000 rev/min
Presión hidráulica [bar]:	250
Tubería vieja Ø:	DN 50 - DN 250
Materiales tubería vieja:	Gres, PVC, PE, FG, FD, Asbesto, GFk*, Acero
Tubería nueva Ø:	hasta Dext. 280
Materiales tubería nueva:	PE, PP, Gres, FD, GFk*, Acero
Barras Ø [mm]:	54 (Estándar) ó 35, max. 200 kN
Peso de una barra [kg]:	5
Longitud útil de una barra [mm]:	470

*GFk= fibra de vidrio reforzada

GRUNDOBURST 800G

GRUNDOBURST 1250G



Plataforma GRUNDOBURST 800 G con grupo hidráulico TT B110



Caja para barras 800 G para barras: 75 mm Ø, Longitud útil: 750 mm, Capacidad: 35

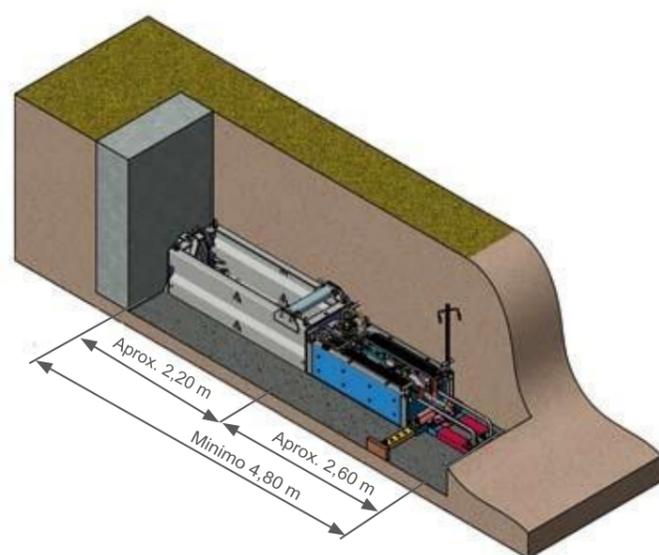


- Para tuberías de presión y desagüe DN 80 - DN 350 hasta aprox. 100 m de longitud (dependiendo del sistema)
- Medidas compactas para calas pequeñas
- Rápido modo de trabajo y alto rendimiento
- Rápido empuje y tiro de las barras
- Mínimo peso para un transporte fácil
- Desde una cala puede trabajar en ambas direcciones
- Fácil y rápido montaje en la cala
- Solamente se necesita un operario con mando a distancia para su funcionamiento
- Accesorios específicos para cada sistema de trabajo

Datos técnicos 800 G

Medidas plataforma LxAxA [mm]:	1700 x 720 x 670
Peso plataforma [kg]:	1450
Fuerza de empuje a 170 bar [kN]	256
Fuerza de tiro a 250 bar [kN]:	769
Medidas de la cala LxAxA [mm]:	4800 x 1000
Altura del eje [mm]:	250
Grupo hidráulico recomendado:	TT B110
Potencia [kW]:	55,5 a 2800 rev./min.
Presión hidráulica máxima [bar]:	250
Tubería vieja Ø:	DN 80 - DN 400
Materiales tubería vieja:	Gres, PVC, PE, FG, FD, Asbesto, GfK*, Acero
Tubería nueva Ø:	bis DA 400
Materiales tubería nueva:	PE, PP, Gres, FD, GfK*, Acero
Barras Ø [mm]:	75 (Estándar) ó 54 max. 200 kN
Peso de una barra [kg]:	13
Longitud útil de una barra [mm]:	750

*GfK= fibra de vidrio reforzada



Plataforma GRUNDOBURST 1250 G Con grupo hidráulico TT B110



Barras telescópicas para el apoyo trasero y lateral para los modelos 1250, 1900 y 2500 G



Caja para barras 1250 G para barras: 100 mm Ø, Longitud útil: 1700 mm, contenido: 34

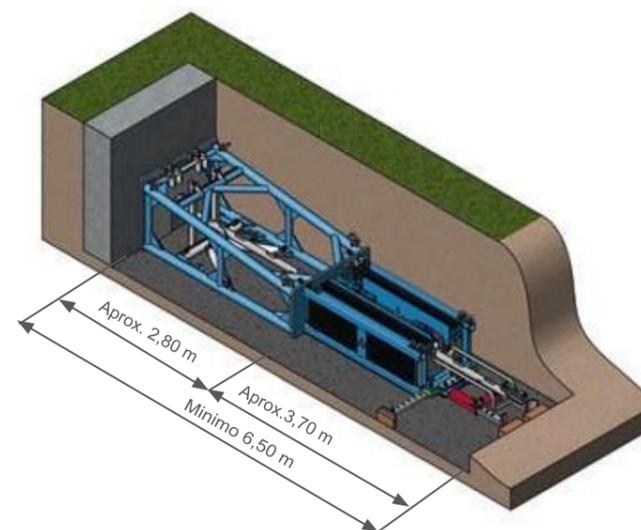


A partir del GRUNDOBURST 1250 G empieza una nueva serie en cuanto a potencia. El GRUNDOBURST 1250 G desarrolla una potencia máxima de fuerza de tiro de 1270 kN (127 To). Con esta potencia se pueden sustituir tuberías viejas de DN 150 hasta DN 600 y hasta 300 m de longitud, y se puede tirar de tuberías para el sistema Relining hasta aprox. ≤ DN 1000. Al aumentar la profundidad también aumenta la fuerza necesaria para la compactación del terreno. Para ello, las barras de 1,70 m de longitud y 85 Kg. de peso están suficientemente dimensionadas. Las barras a partir del modelo 1250 G se transportan con una grúa.

Datos técnicos 1250 G

Medidas plataforma LxAxA [mm]:	2300 x 1100 x 875
Peso plataforma [kg]:	3260
Fuerza de empuje a 150 bar [kN]:	395
Fuerza de tiro a 250 bar [kN]:	1272
Medidas de la cala LxAxA [mm]:	6500 x 1600
Altura del eje [mm]:	360
Grupo hidráulico recomendado:	TT B110
Potencia [kW]:	55,5 a 2800 rev./min.
Presión hidráulica máxima [bar]:	250
Tubería vieja Ø:	DN 150 - DN 600
Materiales tubería vieja:	Gres, PVC, PE, FG, FD, Asbesto, GfK*, Acero
Tubería nueva Ø:	hasta Dext. 630
Materiales tubería nueva:	PE, PP, Gres, FD, GfK*, Acero
Barras Ø [mm]:	100
Peso de una barra [kg]:	85
Longitud útil de la barra [mm]:	1700

*GfK= fibra de vidrio reforzada



GRUNDOBURST 1900G

GRUNDOBURST 2500G



Caja para barras 1900 G para barras: 120 mm Ø, longitud útil: 2250 mm, contenido: 15

Plataforma GRUNDOBURST 1900 G Con grupo hidráulico TT B 110.



Plataforma GRUNDOBURST 2500 G con grupo hidráulico TT B 250



GRUNDOBURST 1900 con arco de seguridad.

El GRUNDOBURST 1900 G desarrolla una fuerza de tiro máxima de 1900 kN (190 To). Con esta potencia se pueden sustituir tuberías viejas de DN 250 hasta DN 800 y hasta 300 m de longitud.

Las barras miden 2,25 m y pesan 165 kg cada una, y tienen una curvatura mínima de radio de solo 55 m.



La conexión de las barras se realiza con un accesorio especial.

Caja para barras 2500 G para barras: 140 mm Ø, longitud útil: 2200 mm, contenido: 13

En la sustitución de tuberías Sin Zanja, el GRUNDOBURST 2500 G pone nuevas metas. Desarrolla una potencia máxima de tiro de 2500 kN (250 To). Con esta potencia se pueden sustituir tuberías viejas de DN 300 hasta DN 1200.

Las barras miden 2,20 m y pesan 210 kg cada una. En Renovación de tubería de acero se han realizado tramos de 1280m.

Datos técnicos 1900 G

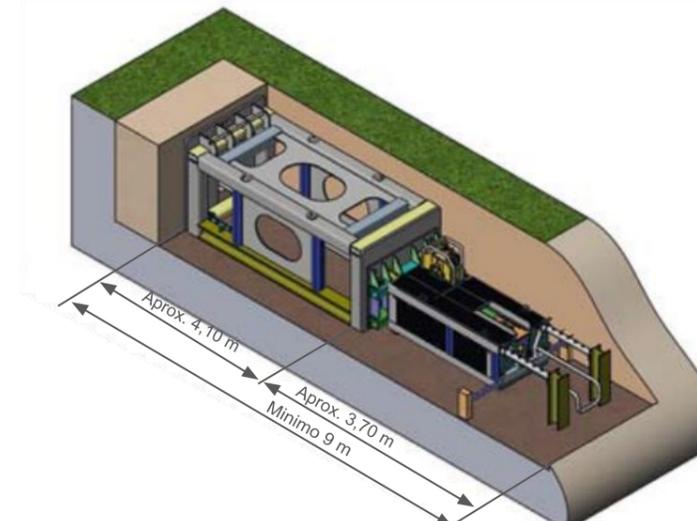
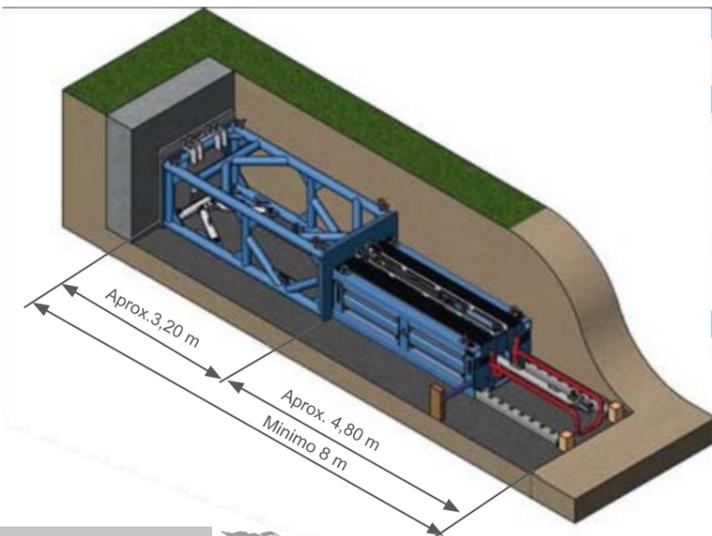
Medidas plataforma LxAxA [mm]:	2850 x 1150 x 1000
Peso plataforma [kg]:	3320
Fuerza de empuje a 150 bar [kN]:	716
Fuerza de tiro a 250 bar [kN]:	1900
Medidas de la cala LxAxA [mm]:	8000 x 1600
Altura del eje [mm]:	400
Grupo hidráulico recomendado:	TT B110 ó TT B250
Potencia [kW]:	55,5 a 2800 rev./min.
Presión hidráulica máxima [bar]:	250
Tubería vieja Ø:	DN 250 - DN 800
Materiales tubería vieja:	Gres, PVC, PE, FG, FD, Asbesto, GfK*, Acero
Tubería nueva Ø:	hasta Dext. 900
Materiales tubería nueva:	PE, PP, Gres, FD, GfK*, Acero
Barras Ø [mm]:	120
Peso de una barra [kg]:	165
Longitud útil de la barra [mm]:	2250

*GfK= fibra de vidrio reforzada

Datos técnicos 2500 G

Medidas plataforma LxAxA [mm]:	2950 x 1600 x 1500
Peso plataforma [kg]:	4070
Fuerza de empuje a 150 bar [kN]:	1055
Fuerza de tiro a 250 bar [kN]:	2550
Medidas de la cala LxAxA [mm]:	9000 x 2000
Altura del eje [mm]:	500
Grupo hidráulico recomendado:	TT B250
Potencia [kW]:	127 a 2800 rev./min.
Presión hidráulica máxima [bar]:	250
Tubería vieja Ø:	DN 300 - DN 1200
Materiales tubería vieja:	Gres, PVC, PE, FG, FD, Asbesto, GfK*, Acero
Tubería nueva Ø:	hasta Dext. 1200
Materiales tubería nueva:	PE, PP, Gres, FD, GfK*, Acero
Barras Ø [mm]:	140
Peso de una barra [kg]:	210
Longitud útil de una barra [mm]:	2200

*GfK= fibra de vidrio reforzada



Accesorios

Compatibles con el sistema • prácticos • flexibles

TIP con el Burstform

Introducción del tramo de tubería a través de una arqueta



Cuchillas de corte (tiro)



Cuchillas de corte (tiro) para cortar el acero y fundición dúctil hasta diámetro 350 mm.



Cuchilla de corte de diámetro 1000 mm



Cuchilla de corte en acción

Tensor para tuberías cortas

Modelos Burstfix de 200, 400 y 800 kN para una conexión fuerte y segura durante el tiro de tuberías cortas para DN 200 - DN 1200.



Burstfix 400 en acción



Burstfix 200 en la arqueta

Medidor de la fuerza de tiro GRUNDOLOG

Las tuberías para servicios no deben sobrepasar las fuerzas de tiro dadas por el fabricante. Por este motivo, según la normativa vigente, las fuerzas de tiro ejercidas sobre la tubería se tienen que medir y protocolizar. Esta medición se realiza con el GRUNDOLOG. Dispone de la técnica más avanzada de medición DMS, y un gran almacenamiento de datos.



Del GRUNDOLOG hay 4 modelos:



Modelo I: 0-150 kN
Modelo II: 0-400 kN
Modelo III: 0-1.250 kN
Modelo IV: 0-2.500 kN

BURSTFORM

Accesorio singular para la introducción del tramo de tubería a través de una arqueta con el sistema TIP. (TIP=tight in pipe - ceñido a la tubería vieja).



Introducción del tramo de tubería con el BURSTFORM a través de una arqueta

El tramo de tubería nueva se deforma mecánicamente y se introduce a través de una arqueta en la tubería vieja. Antes de su introducción en la tubería vieja, el tramo de tubería sintética vuelve a su forma original y queda ceñido a la tubería vieja (Tight in pipe).



Plataforma GRUNDOBURST 400 S



Atravesando una arqueta intermedia



La cabeza de dirección con los rodillos elimina las deformaciones



Llegada de la tubería a la cala

Ventajas

- Tiro de la tubería nueva de PE-100 RC en tramos de tubería larga
- Tiro a través de una arqueta de 1 m Ø
- Longitudes hasta 150 m
- Tuberías nuevas de Dext. 192, 242 y 292
- Tight in pipe significa que solamente se pierde un mínimo en corte transversal y el espacio entre las dos no se rellena
- Aumento de la potencia hidráulica por la nula rugosidad de la tubería nueva
- Las acometidas se realizan Sin Zanja





La barra perfecta para sustituciones



Patentada

- Enganche rápido y seguro (QuickLock)
Sin rosca, sin engrase, no se pierde tiempo roscando/desenroscando
- Conexión y extracción rápida de las barras
- Aprox. un 40 % más rápido que las varillas roscadas
- Resistente en el empuje y tiro
- Admite curvaturas
- No se deforma
- Fabricadas de una pieza
- Robusta, mínimo desgaste
- Por la forma de transmisión de la fuerza, las barras no tienen retroceso
- Sistema de barras con accesorios prácticos



Las barras QuickLock están disponibles en 35 mm de diámetro para tuberías a partir de DN 50.
Otros diámetros de barras: 54 mm, 75 mm, 100 mm, 120 mm y 140 mm.



Barra articulada

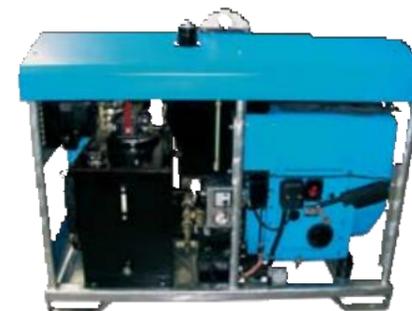


Adaptador de barras



Conexión con el expensor

Grupos hidráulicos



TT B 20 para 400 G, 400 S
LxAxA: 1600 x 750 x 1350 mm
Peso: 790 kg
Tanque de aceite: 100l
Depósito combustible: 60l
Potencia Motor: 24,4 kW a 3000 rev/min
Presión hidráulica máx.: 250 bar



TTB 110 para 400G, 400S, 800G, 1250G, 1900G
L x A x A: 1640 x 840 x 1650 mm
Peso: 1.400 kg
Tanque de aceite: 230l
Depósito combustible: 110l
Potencia Motor: 55,1 kW a 2300 rev/min
Presión hidráulica máx.: 250 bar
Regulación sin escalonamientos de la presión y el caudal de aceite con el mando a distancia



TT B 250 para 1900 G, 2500 G
L x A x A: 2700 x 1400 x 2400 mm
Peso: 2600 kg
Tanque de aceite: 945l
Depósito combustible: 165l
Potencia Motor: 127 kW a 2000 rev/min
Presión hidráulica máx.: 250 bar
Regulación sin escalonamientos de la presión y el caudal de aceite con el mando a distancia

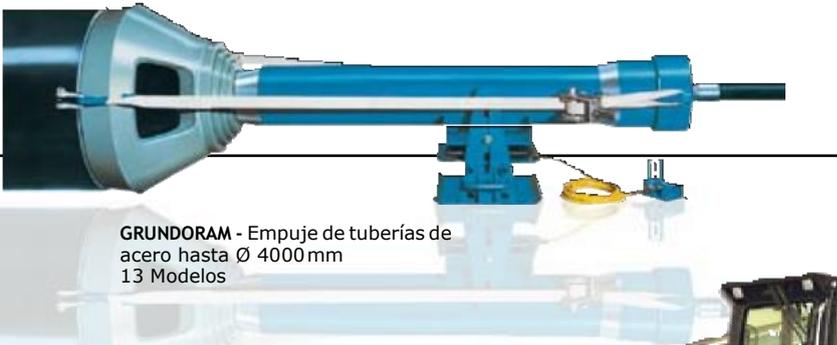
Relación de productos



GRUNDOMATN - Topos para la instalación inmediata de tuberías 16 Modelos hasta 180 mm, desde 1970



GRUNDOFIT - Máquinas de perforación dirigida Mini 4 To. de fuerza de tiro, tubería nueva hasta 180 mm; Modelos: Power, Arqueta, Keyhole

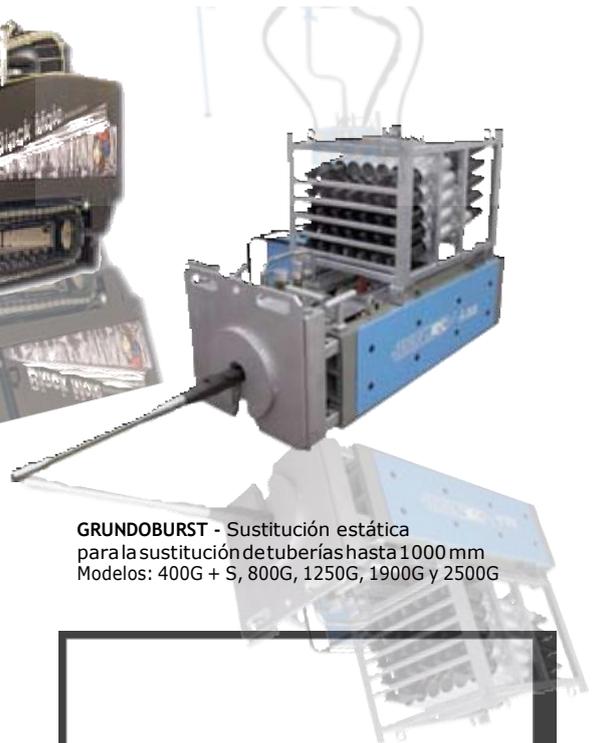
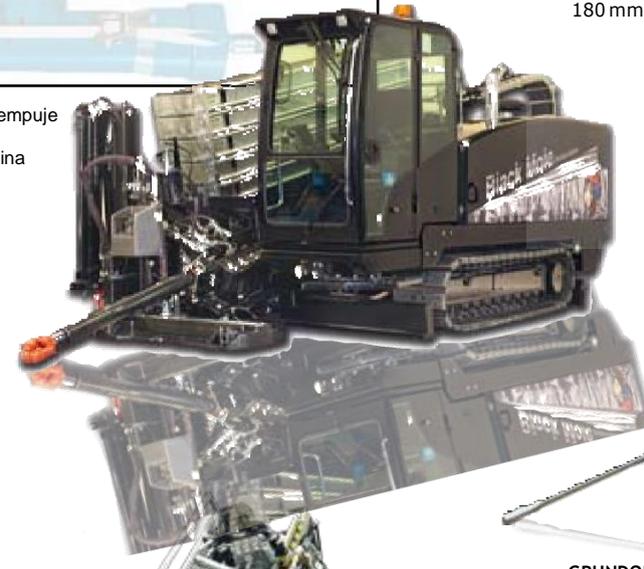


GRUNDORAM - Empuje de tuberías de acero hasta Ø 4000 mm 13 Modelos

GRUNDODRILL Máquinas de perforación horizontal dirigida 4 - 25 To. de fuerza de empuje y tiro, tubería nueva hasta 700 mm Modelos: 4X, 15XP, 15N y 25N y la máquina para perforación en roca 18 ACS



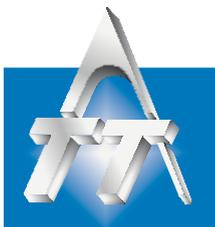
GRUNDOBORE - Máquinas dirigidas de rotación y empuje para tuberías por gravedad Modelos 200S y 400



GRUNDOBURST - Sustitución estática para la sustitución de tuberías hasta 1000 mm Modelos: 400G + S, 800G, 1250G, 1900G y 2500G



GEODRILL - Máquinas de perforación para Geotermia Modelo Geodrill 20V para perforaciones verticales y Geodrill 4R para perforaciones radiales



EL PRIMERO EN CALIDAD PARA PERFORACIONES EXACTAS

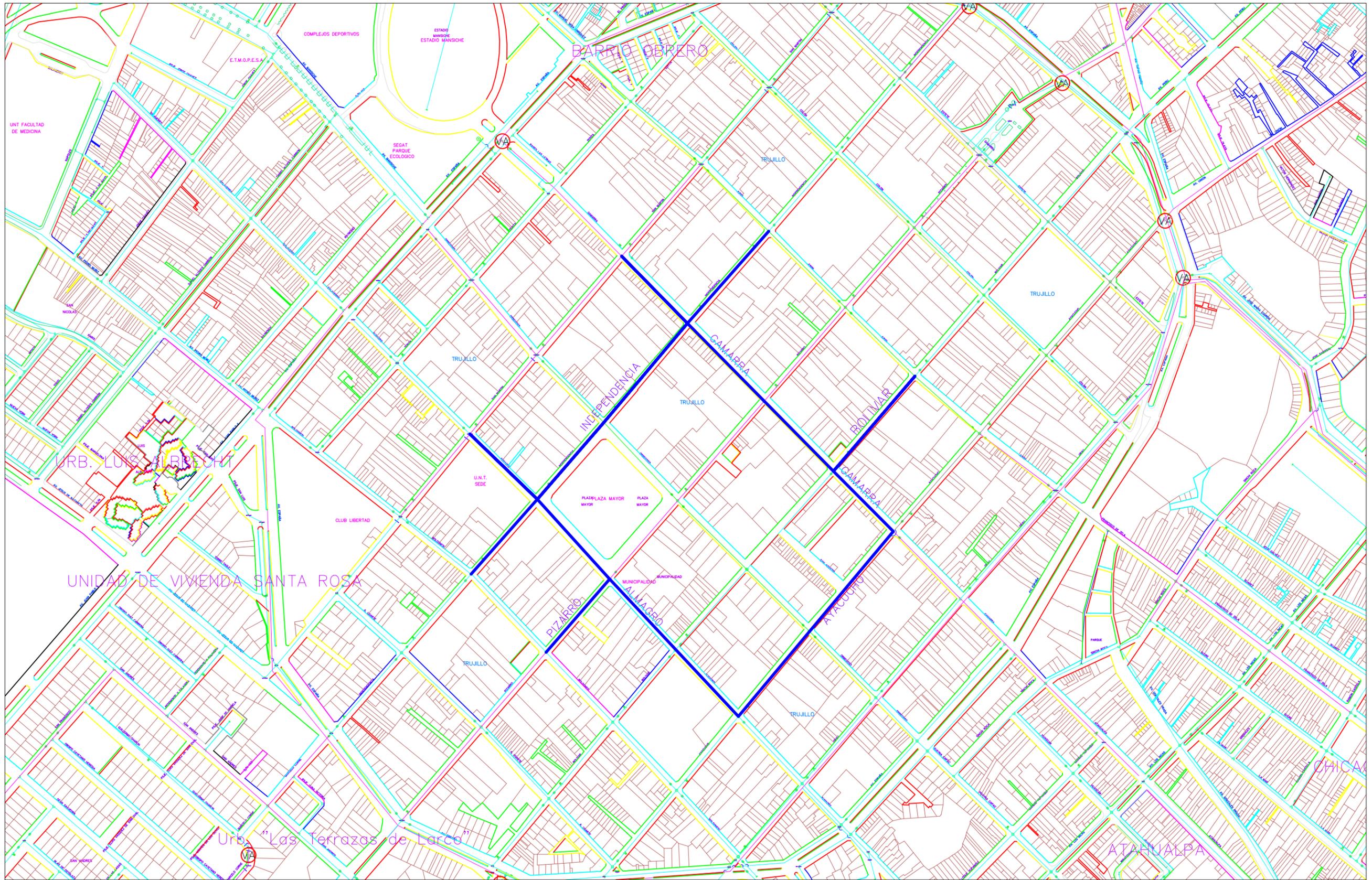
Alemania:
Tracto-Technik GmbH & Co. KG
Tel.: +49 (0) 27238080
Fax: +49 (0) 2723808189
www.tracto-technik.com
export@tracto-technik.de

Inglaterra:
TT UK Ltd.
Tel.: +44(0)1234342566
Fax: +44(0)1234352184
www.tt-uk.com
info@tt-uk.com

Francia:
Tracto-Techniques S.a.r.l.
Tél.: +33(0)553538983
Fax: +33(0)553093941
www.tracto-techniques.com
ttf@tracto-techniques.fr

EE.UU.:
TT Technologies Inc.
Tel.: +1(0)6308518200
Fax: +1(0)6308518299
www.tttechnologies.com
info@tttechnologies.com

Australia:
TT Asia Pacific Pty Ltd.
Tel.: +61(0)734205455
Fax: +61(0)734205855
www.tt-asiapacific.com
info@tt-asiapacific.com



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	CALLE CONGESTIONADA

PROYECTO "PROCESO CONSTRUCTIVO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE UTILIZANDO EL MÉTODO DE CRACKING, PARA LA SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS EN EL CENTRO CÍVICO DE LA CIUDAD DE TRUJILLO."		
UBICACION: DEPARTAMENTO : LA LIBERTAD PROVINCIA : TRUJILLO DISTRITO : TRUJILLO	PLANO: CALLES CON MAYOR CONGESTIÓN VEHICULAR, PEATONAL Y SOCIO ECONÓMICO.	LAMINA N°: <h1>N° P2</h1>
DIBUJO: Br. C. ECHEVERRIA L. Br. A. MANTILLA L.	ESCALA: 1/5000	FECHA: ENERO_2019
DATUM: WGS 84 SISTEMA DE COORDENADAS: UTM HEMISFERIO: Sur ZONA: 17		