

TRABAJO DE GRADO

**EVALUACIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA
EN REDES DE ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ**

MODALIDAD: MONOGRAFÍA.

Trabajo presentado para la obtención del título de ingeniero civil

DIRECTOR:

ING. LUÍS ALBERTO JARAMILLO

ESTUDIANTE:

JORGE ANDRÉS PINZÓN ABAUNZA

CC: 1014193198

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

2011



Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del Director de Grado

AGRADECIMIENTOS

Dedico este proyecto de grado a mi familia quiénes son y serán siempre parte de mi desarrollo personal. Gracias a Dios por otorgarme sabiduría y fortaleza en afrontar cada una de las etapas de este trabajo de grado. A Claudia R. Abaúnza y Jorge O. Pinzón mis padres de quienes recibí total apoyo y motivación para emprender cada meta propuesta. Espero siempre ser un orgullo para ustedes así como lo son ustedes para mí.

Igualmente debo agradecer de manera especial y sincera al Ingeniero Luis Alberto Jaramillo por su inmejorable guía durante cada etapa en la ejecución y realización de este proyecto. Su gran apoyo e infinita confianza fueron esenciales para encaminar mis ideas brindándome un aporte invaluable no solo para la realización de este trabajo de grado sino en mi crecimiento personal y en mi formación como ingeniero.

Quiero por otra parte agradecer a María Judith Álvarez que como Directora Ejecutiva de Ictis, nos brindó total acceso a las principales empresas en Colombia dedicadas no solamente a la aplicación y utilización de las tecnologías sin zanja sino a la investigación y desarrollo de las mismas.

Agradezco a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá por toda la información suministrada bajo el Convenio Interinstitucional de Cooperación para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (Convenio n. 9-07-26100-1060-2008), celebrado entre la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) y la Pontificia Universidad Javeriana. A su vez al Ingeniero Juan Carlo Penagos quien desde la dirección de ingeniería especializada de esta entidad, nos brindó información actual de las redes de alcantarillado de la ciudad tanto a nivel general como a los archivos e inspecciones que tienen procesadas. Gracias al Ingeniero Luis Guillermo Maldonado, Presidente de Ictis, al Ingeniero Juan Carlos Morenos, Gerente Comercial de Herrenknecht, a Juan Carlos Daza, Director de renovación sin zanja en Pavco, a Javier Tamara Gerente comercial de Tecmeco, a Daniel Prieto, Ingeniero especialista en rehabilitación de tuberías, Al Ingeniero José Beltrán Gerente Comercial de Cementos Titán quienes con sus valiosos aportes hicieron parte de la construcción y ejecución de este trabajo de grado.

Gracias a la Pontificia Universidad Javeriana por brindarme la formación y criterio necesario para el desarrollo de este trabajo de grado. Gracias a mis amigos y demás profesores de la facultad de ingeniería quienes con su enseñanza realizaron valiosos aportes que contribuyeron a mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS.....	21
OBJETIVO GENERAL.....	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
1. INTRODUCCIÓN	22
2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	24
2.1 Antecedentes de las tecnologías sin zanja.....	25
2.1.1 Desarrollo e historia a nivel mundial.....	25
2.1.2 Desarrollo e historia en Colombia y en la ciudad de Bogotá.....	29
3. ESTADO DEL ARTE DE LAS TECNOLOGÍAS SIN ZANJA.....	31
3.1 Definición.....	31
3.2 Principales tecnologías sin zanja.....	31
3.2.1 Tecnologías sin zanja para instalación.....	33
3.2.1.1 Excavaciones mecanizadas con TBMs	33
3.2.1.1.1 Descripción básica del método.....	33
3.2.1.1.2 Características técnicas.....	34
3.2.1.1.3 Ventajas.....	34
3.2.1.1.4 Limitaciones.....	35
3.2.1.2 Perforación Horizontal Dirigida	35
3.2.1.2.1 Descripción básica del método.....	35
3.2.1.2.2 Características técnicas.....	36
3.2.1.2.3 Ventajas.....	36
3.2.1.2.4 Limitaciones.....	37
3.2.1.3 Empuje de tubería (AVN).....	37
3.2.1.3.1 Descripción básica del método.....	37

3.2.1.3.2	Características técnicas.....	38
3.2.1.3.3	Ventajas.....	38
3.2.1.3.4	Limitaciones.....	39
3.2.1.4	Empuje de tubería (EPB).....	39
3.2.1.4.1	Descripción básica del método.....	39
3.2.1.4.2	Características técnicas.....	40
3.2.1.4.3	Ventajas.....	40
3.2.1.4.4	Limitaciones.....	41
3.2.1.5	Instalación de tubería por medio de dovelas.....	41
3.2.1.5.1	Descripción básica del método.....	41
3.2.1.5.2	Características técnicas.....	42
3.2.1.5.3	Ventajas.....	42
3.2.1.5.4	Limitaciones.....	43
3.2.1.6	Instalación de tubería por medio de lanzado de concreto.....	43
3.2.1.6.1	Descripción básica del método.....	43
3.2.1.6.2	Características técnicas.....	44
3.2.1.6.3	Ventajas.....	44
3.2.1.6.4	Limitaciones.....	44
3.2.1.7	Topos neumáticos.....	45
3.2.1.7.1	Descripción básica del método.....	45
3.2.1.7.2	Características técnicas.....	46
3.2.1.7.3	Ventajas.....	46
3.2.1.7.4	Limitaciones.....	46
3.2.1.8	Hincado horizontal de camisas de acero.....	46
3.2.1.8.1	Descripción básica del método.....	46

3.2.1.8.2	Características técnicas.....	47
3.2.1.8.3	Ventajas.....	48
3.2.1.8.4	Limitaciones.....	48
3.2.1.9	Excavación de Microtúneles.....	48
3.2.1.9.1	Descripción básica del método.....	48
3.2.1.9.2	Características técnicas.....	49
3.2.1.9.3	Ventajas.....	49
3.2.1.9.4	Limitaciones.....	49
3.2.1.10	Tornillo sin fin.....	50
3.2.1.10.1	Descripción básica del método.....	50
3.2.1.10.2	Características técnicas.....	52
3.2.1.10.3	Ventajas.....	52
3.2.1.10.4	Limitaciones.....	52
3.2.1.11	Instalación de tuberías en un solo paso.....	53
3.2.1.11.1	Descripción básica del método.....	53
3.2.1.11.2	Características técnicas.....	54
3.2.1.11.3	Ventajas.....	54
3.2.1.11.4	Limitaciones.....	55
3.2.2	Tecnologías sin zanja para Rehabilitación.....	55
3.2.2.1	Tubería curada en sitio.....	55
3.2.2.1.1	Descripción básica del método.....	55
3.2.2.1.2	Características técnicas.....	58
3.2.2.1.3	Ventajas.....	58
3.2.2.1.4	Limitaciones.....	58
3.2.2.2	Tubería previamente doblada.....	59

3.2.2.2.1	Descripción básica del método.....	59
3.2.2.2.2	Características técnicas.....	60
3.2.2.2.3	Ventajas.....	60
3.2.2.2.4	Limitaciones.....	61
3.2.2.3	Reparaciones puntuales.....	61
3.2.2.3.1	Descripción básica del método.....	61
3.2.2.3.2	Características técnicas.....	62
3.2.2.3.3	Ventajas.....	62
3.2.2.3.4	Limitaciones.....	63
3.2.2.4	Embobinado en espiral con máquina rotatoria móvil.....	63
3.2.2.4.1	Descripción básica del método.....	63
3.2.2.4.2	Características técnicas.....	64
3.2.2.4.3	Ventajas.....	64
3.2.2.4.4	Limitaciones.....	65
3.2.2.5	Embobinado en espiral con máquina rotatoria Fija.....	65
3.2.2.5.1	Descripción básica del método.....	65
3.2.2.5.2	Características técnicas.....	66
3.2.2.5.3	Ventajas.....	66
3.2.2.5.4	Limitaciones.....	67
3.2.2.6	Embobinado de tiras de Acero y Pvc.....	67
3.2.2.6.1	Descripción básica del método.....	67
3.2.2.6.2	Características técnicas.....	68
3.2.2.6.3	Ventajas.....	69
3.2.2.6.4	Limitaciones.....	69

3.2.2.7	Fragmentación de tubería.....	70
3.2.2.7.1	Descripción básica del método.....	70
3.2.2.7.2	Características técnicas.....	72
3.2.2.7.3	Ventajas.....	72
3.2.2.7.4	Limitaciones.....	72
3.2.3	Tecnologías sin zanja para Inspección, Diagnóstico, Limpieza y Localización de redes subterráneas.....	73
	Fichas resumen de las tecnologías de estudio.....	76
	Ficha 01-Empuje de Tubería (AVN).....	77
	Ficha 02-Empuje de Tubería (EPB).....	78
	Ficha 03-Instalación de tubería por medio de dovelas.....	79
	Ficha 04-Instalación de tubería por medio de lanzado de concreto.....	80
	Ficha 05-Perforación horizontal dirigida.....	81
	Ficha 06-Topos neumáticos.....	82
	Ficha 07-Hincado de camisas de acero.....	83
	Ficha 08-Excavación de Microtúneles	84
	Ficha 09-Tornillo sin fin.....	85
	Ficha 10-Instalación de tubería en un solo paso.....	86
	Ficha 11-Tubería curada en sitio.....	87
	Ficha 12-Tubería previamente doblada.....	88
	Ficha 13-Reparaciones puntuales.....	89
	Ficha 14- Embobinado en espiral con máquina rotatoria móvil	90
	Ficha 15- Embobinado en espiral con máquina rotatoria fija... ..	91
	Ficha 16- Embobinado de tiras de Acero y Pvc	92
	Ficha 17- Fragmentación de tubería.....	93

3.2.4 Consolidado técnico de las tecnologías estudiadas.....	94
4. TRABAJO CON DIVERSOS ACTORES EN TECNOLOGÍA SIN ZANJA.....	96
4.1 Actores institucionales y empresariales.....	96
4.2 Contactos con diversas instituciones y contratistas.....	97
4.3 Visitas técnicas realizadas para este proyecto de grado.....	97
4.3.1 Visita obra Empuje de tubería (AVN).....	98
4.3.2 Visita obra Tubería curada en sitio.....	101
4.4 Proyectos sin zanja realizados en Colombia	105
4.4.1 Proyectos con la tecnología Empuje de tubería-Pipe Jacking.....	105
4.4.2 Proyectos con la tecnología Perforación horizontal dirigida-HDD.....	106
4.4.3 Proyectos con la tecnología Tubería curada en sitio-Cipp.....	108
4.4.4 Proyectos con la tecnología Fragmentación de tubería.....	111
4.5 Costos de las TSZ y comparación con sistemas convencionales.....	113
4.5.1 Caso real para la comparación de las TSZ con los sistemas convencionales.....	118
4.5.2 Perspectivas de la aplicación de las TSZ en las redes de alcantarillado de la ciudad de Bogotá.....	121
5. POTENCIAL DE UTILIZACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS SIN ZANJA PARA EL ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ.....	122
5.1 Proyectos aplicables a los alcantarillados.....	122
5.1.1 Proyectos de renovación.....	122
5.1.2 Proyectos de reemplazo.....	123
5.1.3 Proyectos de reposición.....	124
5.1.4 Proyectos de mantenimiento Correctivo y reparación.....	124
5.2 Variables que se estudian para establecer el deterioro de los alcantarillados.....	125
5.2.1 Edad.....	125

5.2.2	Material.....	125
5.2.3	Longitud y diámetros de la tubería.....	125
5.2.4	Localización de las tuberías.....	125
5.2.5	Condición del suelo circundante.....	125
5.3	Norma Ns-058 para rehabilitación de redes de alcantarillado.....	126
5.3.1	Escala de deterioro para redes de alcantarillado.....	126
5.4	Información general sobre las redes de alcantarillado de Bogotá.....	127
5.4.1	Resultados obtenidos sobre el estado actual de las redes de alcantarillado.....	128
5.4.2	Resultados obtenidos sobre el estado actual de las redes de alcantarillado según lo que se tiene inspeccionado.....	132
5.4.3	Análisis de resultado sobre el estado actual de las redes de alcantarillado tanto las inspeccionadas como del total existente.....	136
5.5	Aplicabilidad de las tecnologías sin zanja en Bogotá.....	137
5.5.1	Aspectos generales.....	137
5.5.2	Antecedentes en la aplicación de tecnologías sin zanja en Bogotá.....	140
5.5.3	Aplicabilidad de las tecnologías según características particulares de las redes de alcantarillado de Bogotá.....	141
5.5.4	Consideraciones sobre aplicabilidad de las tecnologías sin zanja en la localidad de Kennedy de Bogotá.....	143
6.	CONCLUSIONES.....	147
7.	RECOMENDACIONES.....	150
8.	GLOSARIO.....	152
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	154
10.	ANEXOS.....	158

LISTADO DE FOTOS

Foto 1: Distribución de redes de servicios públicos de todo tipo, e impacto social que se deriva de la excavación a cielo abierto.

Foto 2: Cabina de operación de la máquina TBM

Foto 3: Llegada de TBM a pozo interceptor Tunjuelo bajo

Foto 4: Fresas y cabezas de perforación

Foto 5: Equipo HDD

Foto 6: Vista general de una obra con tecnología Pipe Jacking AVN.

Foto 7: Estructura interna de una máquina EBP.

Foto 8: Máquina EBP.

Foto 9: Transporte de dovelas a través de los rieles

Foto 10: Operación de la cabina de mando para la instalación de las dovelas

Foto 11: Robot en el proceso de lanzado de concreto

Foto 12: Mallas de acero instaladas en las paredes del túnel

Foto 13: Proceso de Instalación usando el topo Neumático

Foto 14: Proceso de perforación y guiado a través de topo neumático

Foto 15: Adecuación en obra del proceso de hincado horizontal de camisas de acero

Foto 16: Hincado de camisas de acero bajo pista de aviación

Foto 17: Máquina Berbiquí

Foto 18: Construcción del Manhole

Foto 19: Dispositivo electrónico para el guiado de la perforación

Foto 20: Vagón lleno con material listo para ser retirado por el sistema de grúas

Foto 21: Instalación de la tubería nueva usando el método de Auger Boring

Foto 22: Máquina de empuje penetrando la tubería nueva

Foto 23 Instalación de tubería nueva bajo el mar usando el método de Direct Pipe

Foto 24 Camión para limpieza de tubería

Foto 25: Robot para inspección y diagnóstico de tuberías

Foto 26: Equipos de corte para obstrucciones en la tubería

Foto 27: Proceso de impregnación de la línea textil

Foto 28: Inserción de la línea textil dentro del pozo y tubería a rehabilitar

Foto 29: Corte y puesta en servicio

Foto 30: Tubería de polietileno antes y después de la rehabilitación

Foto 31: Instalación de la tubería de polietileno

Foto 32: Robot utilizado para reparaciones puntuales.

Foto 33: Equipo y accesorios utilizados en el método de Quick Lock

Foto 34: Perfil típico de la tecnología Rotaloc

Foto 35: Máquina de embobinado utilizada en la tecnología Rotaloc

Foto 36: Proceso de renovación usando la tecnología expanda

Foto 37: Perfil típico de la tecnología Expanda

Foto 38: Tiras de Pvc y Acero utilizadas en el método Ribline

Foto 39: Proceso de renovación usando la tecnología Ribline

Foto 40: Perfil típico de la tecnología Ribline

Foto 41: Esquema de trabajo de la tecnología Pipe Bursting

Foto 42: Sistema Pipe Bursting neumático

Foto 43: Proceso simultaneo de rotura e instalación de una tubería a través del método de Pipe Bursting

Foto 44: Camión para limpieza de tuberías y boquilla de succión presión

Foto 45: Equipos especializados en el corte de obstrucciones para tuberías

Foto 46: Equipo de inspección-diagnóstico

Foto 47: Tractor para inspección de tuberías dotado de CCTV

Foto 48: Localizador G2 para detección de redes

Foto 49: Georadar 2150GR para detección de redes

Foto 50: Esquema de Funcionamiento Pipe Jacking AVN.

Foto 51: Montaje de la tuneladora AVN

Foto 52: Esquema de Funcionamiento de una máquina EPB.

Foto 53: Instalación por dovelas

Foto 54: Conducción del material excavado

Foto 55: Proceso de Lanzado

Foto 56: Instalación de la malla de Acero

Foto 57: Máquina HDD.

Foto 58: Perforación Piloto

Foto 59: Topos neumáticos trabajando

Foto 60: Martillo neumático

Foto 61: Instalación de la tubería

Foto 62: Proceso de instalación del método Microtunneling

Foto 63: Máquina Auger

Foto 64: Sistema de guiado

Foto 65: Máquina de empuje

Foto 66: proceso de instalación

Foto 67: Proceso de impregnación

Foto 68: Unidad de reversado y curado

Foto 69: Tubo de Polietileno en forma de U

Foto 70: Proceso de inserción

Foto 71: Camisas de Acero

Foto 72: Proceso de Instalación

Foto 73: Robot Colocando la línea de elastómeros Termoplásticos

Foto 74: Proceso de Instalación

Foto 75: Personal adecuando la máquina

Foto 76: Máquina rotatoria fija

Foto 77: Colocación de las camisas

Foto 78: Personal trabajando

Foto 79: Halado de la tubería nueva

Foto 80: Proceso de instalación de Tubería

81: Frente de obra con Tecnología a zanja abierta

Foto 82: Frente de Obra con tecnología sin zanja

Foto 83: Pozo de salida de la máquina excavadora AVN.

Foto 84: Canal que se rebosa con facilidad

Foto 85: Camión con tubería lista para instalar

Foto 86: Camión con tubería lista para instalar

Foto 87: Máquina tuneladora en proceso de

Foto 88: Grúa para los prefabricados

Foto 89: Proceso de impregnación

Foto 90: Proceso de reversado

Foto 91: Manhole de entrada

Foto 92: Zona a intervenir

Foto 93: Inserción del liner

Foto 94: Plan de manejo del tránsito

Foto 95: Proceso de mezclado

Foto 96: Procedo de vertido de la resina

Foto 97: Trabajos con PHD en un centro comercial de Bogotá.

Foto 98: Trabajos con PHD en un aeropuerto militar de Cali.

Foto 99: Proyecto de la Cll 106 a intervenir

Foto 100: Estado inicial de la tubería de la Cll 106 antes de intervenir

Foto 101: Estado final de la tubería de la Cll 106 después de intervenir

Foto 102: Apariencia final del proyecto "La Hueso"

Foto 103: Torre de ensamble para el proyecto "Avenida 33"

Foto 104: Daños estructurales y operacionales de las redes de alcantarillado según inspecciones con CCTV

Foto 105: Medidor de agua potable

Foto 106: Mapa de la ciudad de Bogotá con las redes inspeccionadas

Foto 110: Plan de priorización de inspección para Bogotá

LISTADO DE GRÁFICOS

- Gráfico 1: Crecimiento población durante la historia
- Gráfico 2: Desarrollo de las tecnologías sin zanja en la línea del tiempo.
- Gráfico 3: Tecnologías sin zanja que fueron caso de estudio
- Gráfico 3.1: Localidades de la ciudad de Bogotá
- Gráfico 3.2: Estado estructural de la red sanitaria en la localidad de Kennedy
- Gráfico 3.3: Estado estructural de la red pluvial en la localidad de Kennedy
- Gráfico 3.4: Estado estructural de la red combinada en la localidad de Kennedy
- Gráfico 4: Relación entre las diferentes tecnologías y sus contratistas.
- Gráfico 5: Comparación de costos con tecnología sin zanja y con zanja.
- Gráfico 6: Incidencia de los costos con zanja y sin zanja para cada proyecto estudiado.
- Gráfico 7: Distribución de los costos totales de cada uno de los proyectos estudiados.
- Gráfico 8: Distribución de los costos sociales para cada uno de los proyectos estudiados.
- Gráfico 9: Relación entre el desgaste de una red de tubería y su periodo de vida útil.
- Gráfico 10: Cantidad de kilómetros de alcantarillado por sistema.
- Gráfico 11: Edad de la red sanitaria
- Gráfico 12: Edad de la red pluvial
- Gráfico 13: Edad de la red combinada
- Gráfico 14: Estado estructural de la red pluvial
- Gráfico 15: Estado estructural de la red combinada
- Gráfico: 16 Estado estructural de la red Sanitaria
- Gráfico: 17 Sistemas de alcantarillado inspeccionados
- Gráfico: 18 Sistemas de alcantarillados que están en grados 4-5
- Gráfico: 19 Materiales de alcantarillado inspeccionados
- Gráfico: 20 Materiales de alcantarillados que están en grado 4-5
- Gráfico: 21 Edades de alcantarillados inspeccionados
- Gráfico: 22 Edades de alcantarillados que están en grado 4-5
- Gráfico: 23 Diámetros de alcantarillado inspeccionados
- Gráfico: 24 Diámetros de alcantarillado que están en grados 4-5

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Consumo mundial de petróleo entre (1980-2006) en millones de barriles diarios (mbd) y en porcentaje del consumo mundial.

Tabla 2: Aumento de las empresas afiliadas a la ISTT.

Tabla 3: Características técnicas de los métodos que realizan excavaciones mecanizadas a través de TBMs.

Tabla 4: Características técnicas del método Perforación Horizontal Dirigida.

Tabla 5: Características técnicas del método Pipe Jacking AVN

Tabla 6: Características técnicas del método Pipe Jacking EPB

Tabla 7: Características técnicas del método de Dovelas

Tabla 8: Características técnicas del método de lanzado de concreto

Tabla 9: Características técnicas del método de instalación de tuberías por medio de topes neumáticos

Tabla 11: Características técnicas del método de instalación de tuberías por medio de la máquina Berbiquí.

Tabla 12: Características técnicas del método de instalación de tuberías por medio de Tornillo sin fin.

Tabla 13: Características técnicas del método de instalación de tuberías en un solo paso.

Tabla 14: Características técnicas del método de tubería curada en sitio

Tabla 15: Características técnicas del método de inserción con previo doblado del tubo

Tabla 16: Características técnicas del método de reparaciones puntuales mediante camisas de acero

Tabla 17: Características técnicas del método de rehabilitación de tuberías por medio de polímeros termoplásticos

Tabla 18: Características técnicas del método de rehabilitación de tuberías por medio del embobinado en espiral a través de máquina rotatoria fija

Tabla 19: Características técnicas del método de rehabilitación de tuberías por medio de camisas de acero y Pvc

Tabla 20: Características técnicas del método de remplazo de tuberías Pipe Bursting

Tabla 21: Resumen de las tecnologías sin zanja.

Tabla 22: Empresas suscritas a ICTIS dedicadas a los diferentes temas de tecnología sin zanja.

Tabla 23: Principales proyectos a nivel nacional e internacional en los que ha estado la empresa constructora Bessac Andina.

Tabla 24: Principales proyectos a nivel nacional en los que ha estado la empresa Titán.

Tabla 25: Características técnicas del proyecto “Interceptor Norte”

Tabla 26: Recopilación de algunos proyectos a nivel nacional utilizando la tecnología Phd

Tabla 27: Principales proyectos a nivel nacional en los que ha estado la empresa Pavco.

Tabla 28: Recopilación de algunos proyectos a nivel nacional utilizando la tecnología Pipe Bursting

Tabla 29: componentes de los costos totales para proyectos de renovación y reparación de tuberías.

Tabla 30: Costos aproximados de trabajos sin zanja en Colombia

Tabla 31: Costos aproximados de trabajos sin zanja y con zanja en Colombia

Tabla 32: Costos aproximados de trabajos con tecnología Cipp en Colombia

Tabla 33: Costos aproximados de trabajos en tubería flexible con zanja abierta en Colombia

Tabla 34: Costos aproximados de trabajos con tecnología Pipe Bursting en Colombia

Tabla 35: Variables técnicas que mayor incidencia tienen en Bogotá

Tabla 36: Tecnologías más recomendadas para ser aplicadas en la ciudad de Bogotá

LISTA DE SÍMBOLOS

AVN: Máquina tuneladora con sistema de transporte de material por medio de mangueras

CCTV: Circuito cerrado de televisión.

CIPP: Método de rehabilitación con tubería Curada en sitio

CP: Método de Inserción con Previo doblado del Tubo

EAAB: Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá.

EPB: Máquina tuneladora con sistema de transporte de material a cielo abierto

EPM: Empresas públicas de Medellín.

ESP: Empresas de servicios públicos

HDD: Perforación Horizontal Dirigida

HDPE: Tubería en Polietileno de alta densidad

ICTIS: Instituto Colombiano de Tecnologías de Infraestructura subterránea.

ISTT: Asociación Internacional de Tecnología sin Zanjas

PE: Polietileno

PVC: Cloruro de Polivinilo

TBM: Máquina Perforadora Tuneladora

TSZ: Tecnologías sin zanja

LISTA DE ANEXOS

1. Máquina TBM Mixshield (Herrenknecht) [Video]
2. Perforación Horizontal Dirigida (Herrenknecht) [Video]
3. Perforación Horizontal Dirigida (Treltec) [Video]
4. Pipe Jacking AVN 2000 (Herrenknecht) [Video]
5. Pipe Jacking EPB (Robbins) [Video]
6. Método de Dovelas por una Double Shield TBM (Herrenknecht) [Video]
7. Método de Lanzado de concreto con Gripper TBM (Herrenknecht) [Video]
8. Instalación de tuberías por medio de topes neumáticos (Hammerhead) [Video]
9. Hincado de camisas de acero (Hammerhead) [Video]
10. Hincado de camisas de acero (Allenwatson) [Video]
11. Tornillo sin fin (Bohrtec) [Video]
12. Instalación de Tubería en un solo paso (Herrenknecht) [Video]
13. Equipo de Succión Presión para limpieza de tubería (Clarear Ingeniería Ltda) [Video]
14. Animación de una limpieza de tubería (Iwisoft) [Video]
15. Robot para inspección de tuberías (VERSATRAX, Roboserv®) [Video]
16. Cámaras para inspección de tuberías (Gr Hidro) [Video]
17. Proceso de rehabilitación por medio del método de tubería curada en sitio (Pavco) [Video]
18. Proyecto en el barrio Alquería con Cipp (Pavco) [Video]
19. Proyecto en la zona Las Aguas con Cipp (Pavco) [Video]
20. Proyecto en el sector de la Cll 106 con Cipp (Pavco) [Video]
21. Inserción con previo doblado del tubo (Compact pipe utility Services) [Video]
22. Animación del método de Compact Pipe (Pavco) [Video]
23. Método de Quick Lock para reparaciones puntuales (Gr Hidro) [Video]
24. Reparación con Quick Lock antes y después (Gr Hidro) [Video]

25. Tecnología Rotaloc (Технология Riblock) [Video]
26. Aplicación de la tecnología Reblin (MDCCCLI) [Video]
27. Demostración del método Pipe Bursting (Warrior Worldwide Trenchless Solution) [Video]
28. Funcionamiento del PortaBurst PB30 Gen2 (Hammerhead) [Video]
29. Aplicación de la técnica de Pipe Bursting (Treltec) [Video]
30. Animación de un equipo fresador trabajando (AST Grupo) [Video]
31. Robot fresador tunelando (Intesan) [Video]
32. Localizador de tuberías (Schonstedt) [Video]
33. Trabajos de localización de redes (Electronics LLC) [Video]
34. Datos sobre las redes de alcantarillado de Bogotá (Eaab) [Video]
35. Cálculos estadísticos de las redes de alcantarillado de Bogotá (Propio) [Documento en Excel]
36. Registro fotográfico Obra Cipp [Fotos]
37. Formato de encuesta Obra Cipp [Archivo en Word]
38. Entrevista a Ingeniero Residente Obra Cipp [Archivo de Audio]
39. Registro Fotográfico Obra Pipe Jacking [Fotos]
40. Entrevista a Ingeniera Residente Obra Pipe Jacking [Archivo de Audio]

PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS

El presente documento se ha elaborado como proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Civil, de la Pontificia Universidad Javeriana por el señor JORGE ANDRÉS PINZÓN ABAUNZA. De acuerdo con la propuesta presentada a la Carrera, se tienen los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

- Establecer la utilización de las tecnologías sin zanja en redes de alcantarillado de Bogotá y su potencial de aplicación en los próximos 10 años.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la evolución desde los últimos 10 años de la aplicación de las tecnologías sin zanja para redes de alcantarillado en Colombia y particularmente para la ciudad de Bogotá.
- Identificar las principales tecnologías sin zanja actualmente aplicadas en el mundo según el ISTT (The International Society For Trenchless Technology) y determinar su posible aplicación para redes de alcantarillado en Bogotá.
- Estimar el potencial de utilización durante los próximos 10 años de las tecnologías sin zanja para redes de alcantarillado en Bogotá.

:

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de renovar, reemplazar o reparar sistemas de infraestructura subterránea viene ligado a dos aspectos esenciales: el primero, compete al crecimiento de la población. Este repercute en que exista mayor demanda de redes de servicios públicos en las ciudades. El segundo, se refiere a la edad y al estado actual de los Sistemas. Parámetros que son determinantes para tomar decisiones sobre la gestión de las redes. Los impactos socio-económicos y ambientales que generan la actividad de construcción, reparación o reemplazo de la infraestructura subterránea, particularmente las redes de alcantarillado, objeto del presente proyecto de grado, han inducido la búsqueda de opciones tecnológicas menos invasivas. De esta manera, se han venido desarrollando las tecnologías sin zanja (TSZ).

Sabemos que estas técnicas sin zanja, están bien establecidas en países desarrollados como Alemania, Estados Unidos y Japón; sin embargo, en nuestro medio y en general en Latinoamérica aún seguimos utilizando los procesos tradicionales a zanja abierta. Métodos que en ocasiones generan grandes problemas al público y al ambiente. Todas estas dificultades se van derivando en mayores tiempos de ejecución, mayores inversiones y mayores problemas de tipo social y ambiental. (Vidal, F. 2004). Dentro del estudio de los métodos sin zanja podemos diferenciar dos ramas esenciales que reúnen el objeto de esta tecnología. La primera, referida a la instalación de tuberías nueva y la segunda, enfocada a la rehabilitación de tuberías existentes. (Ávila, H.; Clavijo, W. 2002).

Para cumplir con los objetivos de este trabajo de grado se llevarán a cabo una serie de fases y actividades como por ejemplo: La recopilación de información histórica a través de archivos de entidades como la empresa de agua y alcantarillado de Bogotá, el Instituto Colombiano de Infraestructura subterránea, libros y demás fuentes bibliográficas, en donde se establecerá el contexto mundial y nacional que ha tenido la evolución y el desarrollo de los métodos sin zanja. Lo anterior estará acompañado de registros de obras y proyectos desarrollados a nivel mundial y local contemplando tanto las implicaciones que existieron cuando se realizaron este tipo de proyectos, como también las principales razones que condujeron al surgimiento y desarrollo de estas tecnologías; con lo anterior se pretenderá abordar uno de los objetivos específicos de este trabajo de grado el cual contempla, evaluar la evolución desde los últimos 10 años de la aplicación de las tecnologías sin zanja para redes de alcantarillado en Colombia y particularmente para la ciudad de Bogotá.

Una segunda fase examinará el amplio universo de procedimientos sin zanja que están siendo aplicados a nivel mundial y nacional. De esta gran gama de tecnologías, se hará un inventario de los principales métodos a partir de la consulta realizada en libros, artículos, bases de datos de la universidad Javeriana y también tras el contacto directo con el Instituto Colombiano de Infraestructura Subterránea, el cual nos brindará información al respecto y nos relacionará con los principales contratistas y empresarios que hoy en día trabajan en este campo de la ingeniería. Dentro de este mismo inventario se realizarán unas fichas técnicas de cada método que fue caso de estudio, con el fin ubicar al lector rápidamente sobre el tipo de tecnología, su principio de funcionamiento, su aplicación, sus ventajas, sus desventajas y demás condiciones técnicas. Así mismo se contemplarán reuniones con la empresa de agua y alcantarillado de Bogotá en donde a través de información suministrada por ellos, en lo que tiene que ver con el estado actual de las redes y también con base en los principales problemas que se han registrado en el colapso de sus activos, se establecerá la posible aplicación que podrían llegar a tener las tecnologías estudiadas para ser utilizadas como solución a los daños estructurales y operacionales que vienen presentándose en la

ciudad. Cabe resaltar que lo anterior también estará acompañado de visitas a varios frentes de obra, que estén en ejecución y en los cuales se esté aplicando la tecnología sin zanja en las redes de alcantarillado de la ciudad. En estas visitas se consignará información como localización del proyecto, tipo de tecnología, diámetros, longitudes, materiales, equipos y demás características puntuales que lleven a establecer los requerimientos necesarios para la aplicación de cada tecnología específica en las redes de alcantarillado de Bogotá. Con lo anterior se pretenderá abordar otro de los objetivos específicos de este trabajo de grado en donde se contemplará identificar las principales tecnologías sin zanja actualmente aplicadas en el mundo según la ISTT (The International Society For Trenchless Technology) y determinar su posible aplicación para redes de alcantarillado de Bogotá.

La fase final de este trabajo de grado contemplará un análisis general del potencial y perspectivas de utilización de las tecnologías sin zanja en las redes de alcantarillado de la ciudad. Lo anterior se realizará con base en el procesamiento tanto de las bases de datos de los activos de alcantarillado de Bogotá que han sido inspeccionadas por medio de circuito cerrado de televisión a través de la empresa de agua y alcantarillado como también de un análisis de precios sobre este tipo de métodos según como lo tienen establecido sus proveedores y contratistas. Con ello se pretenderá estimar que tan competitivas están siendo estas tecnologías sin zanja entre si y que brecha existe hoy en día entre estos métodos y los convencionales; así mismo obtendremos resultados de las redes de alcantarillado inspeccionadas en Bogotá en función de su estado estructural que ayuden a establecer el potencial de aplicación de este tipo de alternativas según los grados de deterioro que se hayan obtenido en los resultados. Con lo anterior se pretenderá abordar el último objetivo específico asociado al potencial de utilización y a las perspectivas de utilización de estas tecnologías sin zanja en las redes de alcantarillados de la ciudad durante los próximos 10 años. Desarrolladas cada una de estas fases abarcaremos el propósito de esta monografía cuyo objetivo principal estaba entorno a evaluar la evolución y perspectivas de utilización de las tecnologías sin zanja en las redes de alcantarillado de Bogotá.

A continuación presentamos a manera de resumen lo que vamos encontrar en cada capítulo de este trabajo de grado. En el primer capítulo se aporta una reseña histórica sobre los antecedentes y la evolución que estas tecnologías han logrado abarcar en los diversos países del mundo y en nuestra Nación. En el siguiente capítulo comprenderemos temas puntuales asociados al estado del arte de las tecnologías sin zanja como por ejemplo, instalación y rehabilitación de tuberías, descripción de los métodos, procesos técnicos, ventajas y limitaciones todo esto en función de la aplicabilidad que se tienen en las redes de alcantarillado de Bogotá. Al final de este capítulo se plasman una serie de fichas técnicas donde se resumen los aspectos más importantes de cada procedimiento. En el capítulo siguiente se presentan los trabajos que han tenido entidades y contratistas en el campo de la tecnología sin zanja. Este capítulo también comprende las visitas técnicas que se realizaron en varios frentes de obra como complemento al desarrollo de este trabajo de grado y con el fin de establecer la aplicación de la tecnología en campo en la ciudad de Bogotá. En el ultimo capítulo se presenta un análisis general del potencial de utilización de las tecnologías sin zanja así como sus perspectivas de utilización; con base en los registros de la empresa de agua, acueducto y alcantarillado de Bogotá sobre el estado actual de sus redes. Igualmente se abordan los modelos para la gestión de activos que maneja dicha entidad.

2. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Debido a su antigüedad, miles de kilómetros de redes de infraestructura subterránea están alcanzando el fin de su ciclo de servicio. Por ejemplo, cerca del 59 % de los sistemas de agua potable y 68% de los sistemas de alcantarillado en distritos canadienses requieren de reparación, renovación o sustitución (Zayed, T. et al., 2011); por otro lado se estima que 15 billones de dólares estarían gastando los Emiratos Árabes Unidos durante los próximos 5 años en proyectos de construcción y recuperación de redes de infraestructura subterránea (Zaneldin, E. 2007); entre tanto, un estudio señaló que cerca de un 30% del rendimiento y vida útil de los pavimentos en Ontario Canadá se ve afectado cada vez que se ejerce instalación y recuperación de redes de infraestructura subterránea (Tighe, S. et al., 2002). En lo que se refiere a nuestro país, se estima que para la ciudad de Bogotá, el 78 % de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial superan los 50 años de edad y en su mayoría requieren de rehabilitación (Penagos, 2010).

Nuestro país tiene aproximadamente 43 millones de habitantes, de los cuales un 80% se encuentran ubicados en zonas urbanas. (DANE 2011). El crecimiento de la población en las distintas ciudades de Colombia ha incrementado la demanda de servicios públicos; situación que se evidencia en el desarrollo de redes de infraestructura del país. Por ejemplo, las tres principales ciudades del país (Bogotá, Medellín y Cali) suman en conjunto unos 13000 km de redes de acueducto y cerca de unos 14000 km de redes de alcantarillado. (Jaramillo, L. 2010)

El desarrollo urbano que han tenido en conjunto las ciudades del mundo, ha demandado importantes esfuerzos en los proyectos de construcción, especialmente en lo que concierne a rehabilitación de redes de alcantarillado y servicios públicos en general. (Kramer, S.; McDonald, W. y Thomson, J. 1992). Actualmente, al hacer referencia a las tecnologías sin zanja (TSZ), estamos hablando de técnicas ya bien establecidas en países desarrollados como Japón, Estados Unidos y Alemania con cerca de 40 años de aplicación. Sin embargo, en nuestro medio y en general en Latinoamérica, estas tecnologías apenas comienzan a ganar aceptación desde los últimos años. (Vidal, F. 2004).

Entre tanto, los impactos urbanos, sociales y ambientales derivados de la ejecución de obras de infraestructura como las redes de alcantarillado, son cada vez menos toleradas por la ciudadanía; esto ha hecho que la tendencia de aplicar técnicas constructivas no invasivas entre las cuales se encuentran las tecnologías sin zanja, aumente cada día. (Ávila, H.; Clavijo, W. 2002). Por otra parte, si bien en la ciudad de Bogotá se vienen realizando trabajos en redes de alcantarillado usando los métodos de construcción sin zanja; no existe en nuestro medio estudios previos como monografías o documentos que expongan la manera como vienen utilizándose en las redes de alcantarillado de la ciudad, y que a su vez, proporcionen a instituciones multidisciplinarias con intereses profesionales como ICTIS (Instituto Colombiano de Tecnologías de Infraestructura Subterránea) información que ayude a determinar la aplicación y perspectivas de estos métodos en nuestra infraestructura (Gómez, J.; Baquero, I. 2011). Esta falta de información podría ser una de las causas que limita a las empresas prestadoras de servicios públicos, ver la utilidad y conveniencia de aplicar estos procedimientos en los sistemas de alcantarillado de Bogotá.

Con el fin de hacer un aporte que permita disminuir esta falta de información en nuestro medio, esta propuesta tiene por objeto evaluar la utilización que han tenido estas tecnologías en las redes de alcantarillado de la ciudad de Bogotá y analizar tanto el potencial de utilización como las perspectivas que tienen hacia futuro.

2.1 ANTECEDENTES DE LAS TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

2.1.1 Desarrollo e historia a nivel mundial

Si bien la expresión “Tecnología sin Zanja (TSZ)” es relativamente nueva en nuestro medio; en Europa viene utilizándose desde mediados del siglo XIX. Durante esta época, las ciudades de ese continente crecían de manera acelerada; por ejemplo, para los años 1800, la ciudad de Londres contaba con una población aproximada de 800.000 habitantes, y para finales de 1840, el número de habitantes oscilaba en 2 millones, lo que equivale a más del doble de la población inicial. Este crecimiento demográfico trajo mayor demanda de agua potable, energía y saneamiento; lo que llevó a crear nuevas tecnologías que mejoraran el abastecimiento y calidad de los servicios públicos para sus habitantes. Durante este periodo se utilizaron equipos de perforación rotatoria y de empuje equipados con taladros percutores y gatos hidráulicos para la construcción de redes de servicios públicos por debajo de ferrocarriles y carreteras de gran tamaño. (Kramer, S.; McDonald, W. y Thomson, J. 1992). A continuación se presenta una grafica que muestra como ha sido el crecimiento de la población durante la historia.

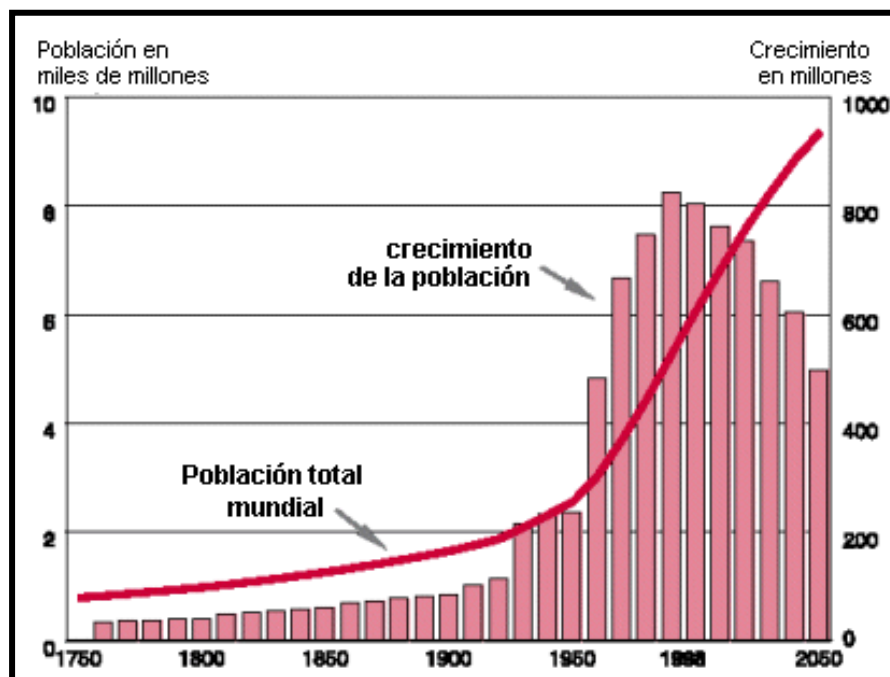


Gráfico 1: Crecimiento población durante la historia. Fuente: <http://www.eumed.net/cursecon/2/evolucion.htm>

Posteriormente, durante los años (1896-1900), se crearía en Estados Unidos a través de la empresa Northern Pacific Railroad Company un método para la instalación de redes de infraestructura subterránea llamado hincado de tubería o (Ramming Method), esta técnica lograba colocar tuberías con diámetros entre 107 y 183 centímetros en materiales como concreto y hierro. Debido a que el procedimiento ofrecía a los contratistas un amplio margen de seguridad financiera y constructiva; rápidamente se volvería muy atractivo para las empresas constructoras tanto del sector público como privado. (Gutiérrez, J. 1997).

Después de la segunda guerra mundial la necesidad de reconstruir Europa era eminente, la demanda por una mejor calidad de vida, forzaron a expandir la infraestructura. En 1946, Fred Melsheimer en California, introdujo los métodos de perforación horizontal dirigida en la

construcción de túneles para el transporte de gas y petróleo a través de una serie de topes que lograban pasar por debajo de carreteras, ríos y ferrocarriles. Esta necesidad de transportar gas y petróleo fue quizás lo que más estimuló el uso de estas técnicas en los Estados Unidos. (Kramer, S.; McDonald, W. y Thomson, J. 1992). Para 1994 había más de 700 plataformas operando en Norte América y cerca de 300 en Europa. (Vidal, F. 2004). A continuación se presenta una tabla que indica el consumo mundial de petróleo entre (1980-2006) en millones de barriles diarios y en porcentaje del consumo mundial.

Tabla 1. Consumo mundial de petróleo. 1980-2006								
En millones de barriles diarios (mbd) y en porcentaje del consumo mundial.								
	En mbd				En porcentaje del total mundial			
	1980	1990	2000	2006	1980	1990	2000	2006
UE-27 ¹	14,2	13,4	14,4	14,9	22,9	20,0	18,9	17,8
EEUU	17,1	17,0	19,7	20,6	27,6	25,4	25,8	24,6
Japón	4,9	5,3	5,6	5,2	8,0	7,9	7,3	6,2
OCDE	41,1	41,4	47,7	49,0	66,5	61,9	62,5	58,6
Ex URSS	8,5	8,6	3,6	4,0	13,8	12,8	4,7	4,8
OCDE y ex URSS	49,5	49,9	51,3	53,0	80,3	74,7	67,2	63,4
China	1,7	2,3	4,8	7,4	2,7	3,5	6,3	8,9
India	0,6	1,2	2,3	2,6	1,0	1,8	3,0	3,1
Oriente Medio ²	2,0	3,5	4,7	5,9	3,3	5,2	6,2	7,1
PIRs ³	1,4	2,3	3,9	4,4	2,2	3,5	5,1	5,3
EMEs⁴	12,2	16,9	25,0	30,7	19,7	25,3	32,8	36,6
Total mundial	61,7	66,8	76,3	83,7	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabla 1: Consumo mundial de petróleo entre (1980-2006) en millones de barriles diarios (mbd) y en porcentaje del consumo mundial. (Estudio de la Caixa Catalunya en, Revisión de los fundamentos de oferta y demanda del mercado de petróleo y sus perspectivas)

Hasta 1960, las tecnologías sin zanja consistían en métodos para hacer cruces cortos. Sin embargo, fue en 1963 cuando a través del Ministerio de Construcción japonés se adoptarían políticas con restricciones severas a las excavaciones de zanjas para instalación de servicios públicos; estas políticas no permitían intervenir las estrechas calles densamente congestionadas del Japón. Debido a esto, se creó gracias a la unión de usuarios, industrias, universidades, contratistas, científicos y demás instituciones, las técnicas de micro-túnel y del "Pipe Jacking". Estos métodos se manejaban a control remoto y solo necesitaban de la construcción de un pozo de apertura y otro de salida. (Vidal, F. 2004). A continuación se presenta una fotografía que enseña la distribución de los diferentes tipos de redes subterráneas y el impacto que se genera al hacer una excavación a cielo abierto.



Foto 1: Distribución de redes de servicios públicos de todo tipo, e impacto social que se deriva de la excavación a cielo abierto. ISTT 2011

El proceso de instalación de infraestructura subterránea a través de los métodos sin zanja; si bien ha sido extenso; aún le falta mucho camino por recorrer. Por ejemplo, en Europa occidental a finales de los años 80, se instalaban cerca de 11.000 km de redes de alcantarillado al año, de estos; 700km, es decir aproximadamente 6% eran a través de procedimientos sin zanja. (Vidal, F. 2004).

En cuanto al avance de las tecnologías para renovación, reparación y sustitución; el progreso se daría durante la revolución industrial; uno de los países con más ímpetu en estos procedimientos fue el Reino Unido; este ha logrado importantes avances con CTTV y demás sistemas robotizados que ayudan a determinar el diagnóstico de las redes deterioradas. Entre los principales métodos que se han desarrollado para estos temas se encuentran el CIPP y el CP. (Vidal, F. 2004). A continuación se presenta un gráfico, donde se indica en una línea de tiempo, las principales tecnologías desarrolladas por los países líderes en este campo de la ingeniería.

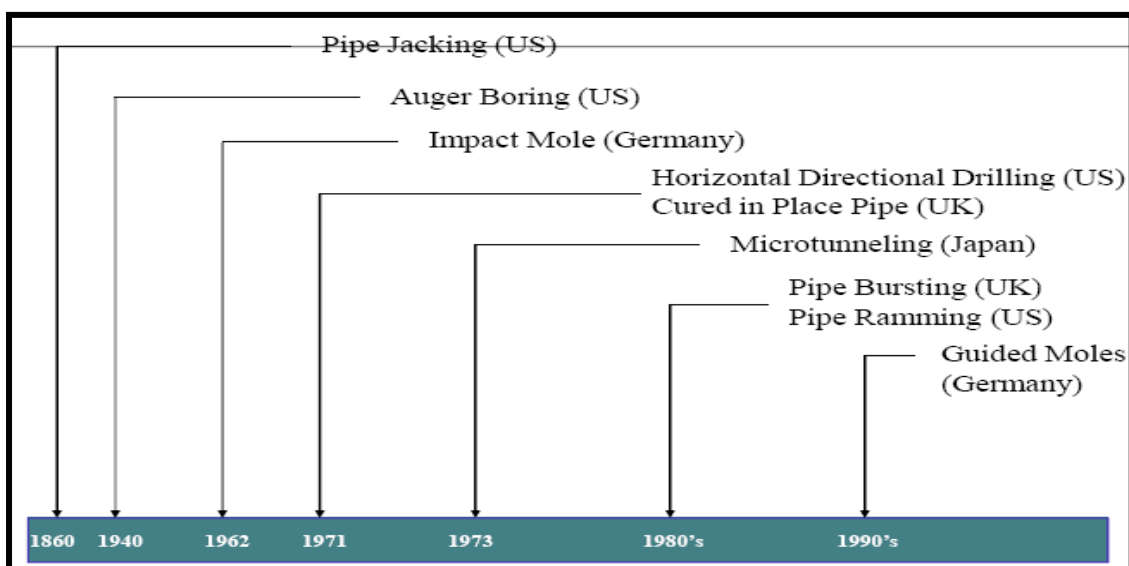


Gráfico 2. Desarrollo de las tecnologías sin zanja en la línea del tiempo. Ariaratnam, 2011

En 1985 se establecería el primer instituto especializado en el desarrollo y aplicación de las tecnologías sin zanja, cuyas siglas en inglés serían (ISTT). Esta entidad sería el ente mayor

en el campo de la infraestructura subterránea; y estaría encargado de promover la educación, el entrenamiento, el estudio, la investigación y la práctica de estos procedimientos a nivel mundial. (ISTT, 2011). A continuación se presenta una tabla con las principales empresas asociadas a la ISTT desde el año 1988 hasta el año 2000.

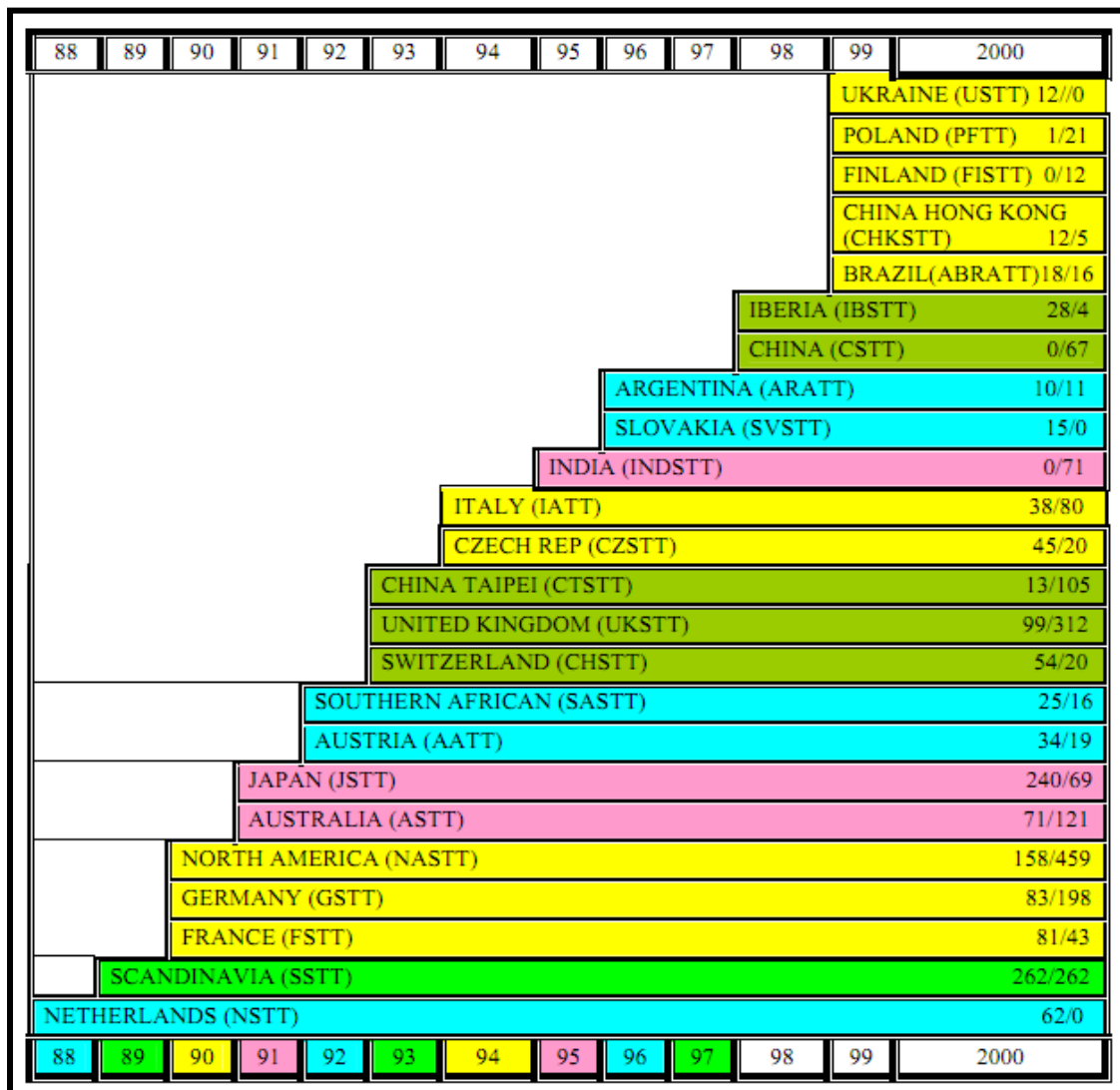


Tabla 2: Aumento de las empresas afiliadas a la ISTT. (ISTT 2011)

A nivel Latinoamericano, las tecnologías sin zanja se introdujeron inicialmente a principios de los años noventa; con el método de perforación horizontal dirigida y el microtuneleo; su uso y foco yace en el auge de introducir las telecomunicaciones entre las principales ciudades del continente. Sin embargo, a pesar de que estos métodos ya habían sido probados en países desarrollados como los Estados Unidos y Europa; existió en un principio cierto escepticismo por las empresas contratistas decidir el cambio entre los métodos convencionales con los que venían trabajando y esta nueva innovación. Hoy en día la mayoría de los métodos de tecnología sin zanja ya han sido empleados en Suramérica, pero su uso ha sido a escalas diferentes y no en todos los países. (Gutiérrez, C. 2006).

Una de las principales economías de Suramérica esta en Brasil, país que tal vez posee el mayor número de proyectos de saneamiento, control de residuos peligrosos y utilización de las tecnologías sin zanja, seguido de este podemos encontrar a Chile y Argentina cuyos trabajos en remplazo y rehabilitación de redes de infraestructura subterránea enfocados al

sector minero, acueducto y alcantarillados han sido importantes, otro país a su vez que también cuenta con experiencia en este tipo de métodos es Venezuela; este país ha construido importantes proyectos como el metro de Caracas. A nivel colombiano se han realizado algunos proyectos con tecnología sin zanja pero aún falta más difusión entre los contratistas. (Gutiérrez, C. 2006).

Sin duda, la TSZ se abre paso como una alternativa cada vez más amigable para abordar los impactos socioeconómicos y ambientales de la construcción de obras subterráneas entre ellas los sistemas de alcantarillado.

2.1.2 Desarrollo e historia en Colombia y en la ciudad de Bogotá

A partir de los años 80 se empiezan a aplicar estas tecnologías en nuestro país gracias a la EAAB quien inicia uno de los proyectos más importantes en el tema de alcantarillados llamado Bogotá IV. Este megaproyecto tuvo como epicentro el sector de la calle 116 con carrera séptima y tomó como base la metodología de construcción sin zanja. En este proyecto se instalaron redes de tubería que contaban con diámetros mayores a 1 metro y longitudes lineales entre 30 a 50 metros de distancia. (Gutiérrez, J. 1997).

Posteriormente en 1992, se daría la visita del ingeniero James C. Thomson, experto internacional en temas de rehabilitación de redes de infraestructura subterránea, quien vino a la Empresa de Agua, acueducto y alcantarillado de Bogotá, con motivo de la consultoría sobre la reparación de la tubería de acueducto de Tibitoc-Casablanca localizada sobre la Autopista Norte, iniciando en el Club Rincón Grande donde antiguamente se ubicaba el reten Intra hasta la calle 129, luego desde la anterior calle hasta la Av. Boyacá y finalizando por esta Avenida hasta la calle 80. La rehabilitación de esta tubería de concreto consistió en la instalación de varias camisas de acero de alrededor de 1.8 m de diámetro interno, con un espesor de lamina cercano a los 11.2mm y unas longitudes fijas de 7 metros. Así mismo y para ciertos tramos se manejaron camisas de acero de longitudes como los 2, 3.5 y 4 metros, todas con un recubrimiento interno o pañete de 12mm de espesor. En las uniones espigo-campana de cada sección de tubería se utilizó soldadura. El proyecto contó con una longitud cercana a los 32 kilómetros y con diámetros del orden de los 2 metros (Ingetec, 2012). La visita del ingeniero James C. Thomson para tal época en donde la mayoría de activos bajo tierra se reparaban y renovaban de manera convencional a zanja abierta implicó un hito importante en lo referente a la utilización de métodos alternativos sin zanja como solución a los problemas estructurales y operacionales asociados al deterioro y vulnerabilidad de las redes. De igual manera aspectos como la reducción en la enorme brecha que existía para ese entonces sobre el conocimiento de métodos alternativos para ser aplicados en este campo de la ingeniería, así como la importancia que empezaba a surgir en las ciudades, temas como los aspectos asociados al impacto social y ambiental causados por la intervención al espacio público, empezarían a tener mayor importancia tras la ejecución de este proyecto el cual se constituyó como una de las obras pioneras realizadas en Bogotá con este tipo de métodos. (Jaramillo, L. 2011).

Para esa misma década; gracias a algunos desarrollos de empresas petroleras como Ecopetrol, especialistas en el transporte de hidrocarburos; se activaría la aplicación de las TSZ en obras como los cruces de oleoductos bajo ríos como el Magdalena, Nechi, Cauca, Saldaña entre otros. Estos proyectos se vienen realizando desde 1985 y su utilización ha resultado mucho más viable en términos económicos, ambientales y sociales que otros métodos convencionales; principalmente por no tener la necesidad de desviar el río para realizar la excavación, ahorrando por tanto tiempo y dinero en el ensamble de la red y

aumentando el número de redes de distribución de petróleo hacia las refinerías. (Gutiérrez, J. 1997).

Más adelante para los años 1993 y 1995, se empezarían a importar los primeros equipos para instalación y rehabilitación de sistemas de alcantarillados. Lo anterior se daría luego de la visita de varios ingenieros de la EAAB a una feria de equipos especiales para la construcción y rehabilitación de redes de infraestructura subterránea en Houston Estados Unidos.(Gutiérrez, J. 1997). Hasta mediados de los años 90 el avance de la tecnología no resultó ser muy significativo debido a que no existía gran información sobre el tipo de metodologías que se podían usar para este campo; por otra parte, las pocas empresas que prestaban los servicios de tecnología sin zanja eran en su mayoría extranjeras. Sin embargo en el año 2009 gracias a la unión de individuos y organizaciones con intereses profesionales en aspectos ambientales y de servicios en el tema de infraestructura subterránea; se fundaría el Instituto Colombiano de Tecnologías de Infraestructura Subterránea (ICTIS) que en la actualidad congrega 31 miembros, entre ellos 27 corporativos y 4 particulares, todos encargados de guiar a la comunidad para reconocer y promover el uso de estos procedimientos como alternativas a la instalación y rehabilitación de redes de servicios públicos. (ICTIS, 2011).

Durante los últimos 10 años se han venido realizando una serie de trabajos con la utilización de tecnologías sin zanja que muestran a través de sus experiencias la historia y el desarrollo de estos métodos tanto en la ciudad de Bogotá como en toda Colombia. Estos proyectos han sido realizados por empresas contratistas y empresarios, la mayoría afiliados a ICTIS (antes mencionado). Dentro de las principales obras realizadas, están el interceptor río Bogotá Torca salitre el cual contó con una longitud de 12.5 kilómetros distanciados entre el puente del común y el humedal Juan Amarillo. Entre las técnicas para la instalación se contó con la tecnología sin zanja empuje de tubería la cual ofrece condiciones de trabajo más seguras y minimiza las interrupciones del tráfico. Esta importante red de alcantarillado conduce las aguas residuales de gran parte de los sectores ubicados al norte de la ciudad como Suba, Torca, Guaco, y parte de Guaymaral hasta entregarlas al canal salitre el cual finalmente las conduce hasta la planta de tratamiento de aguas residuales del Salitre. Esta obra igualmente, cuenta con una serie de construcciones anexas como colectores, interceptores y demás redes que contribuyen a mejorar el alcantarillado y saneamiento de este sitio de la ciudad.

Otros proyectos como el interceptor Engativá-Cortijo ENCOR están como megaproyectos importantes realizados en la ciudad de Bogotá en lo referente a sistemas de alcantarillado. Esta obra en particular cuenta con cerca de 4 kilómetros de longitud iniciando en la calle 64 con carrera 127-A, luego se dirige hacia el nor-oriental de la ciudad hasta alcanzar el humedal Jaboque, enseguida continúa hacia el norte pasando por sectores como Florida de la Sabana y Parques de granada y finalmente al pasar la calle 80 llega hasta la PTAR Salitre. Dentro de su construcción se evitó la afectación al espacio público en importantes sectores de la ciudad como lo fue a la altura de la calle 80 y a la altura del humedal Jaboque ya que durante la instalación se utilizó un método constructivo sin zanja denominado Túnel Liner, técnica que permitió realizar y manipular toda la instalación de manera subterránea evitando así la afectación social y ambiental en estas zonas de la ciudad. La obra igualmente contribuyó con el mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario de esta importante zona de Engativá. (Eaab, 2012). Cabe anotar que estas obras permitieron a la Empresa de Acueducto importantes ahorros frente a lo que habrían costado construirlos mediante sistemas convencionales a zanja abierta (Jaramillo, L., 2011). En el capítulo 4.4 se

plasman otras importantes obras tanto en Bogotá como alrededor de todo el país. Obras que han sido ejecutadas a través de los métodos y tecnologías sin zanja, y reflejan la evolución y desarrollo de estas técnicas en nuestra Nación.

3. ESTADO DEL ARTE DE LAS TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

3.1 Definición

Las tecnologías sin zanja están definidas como una familia de métodos, materiales y equipos utilizados para la instalación de infraestructura subterránea nueva, reparación y renovación de la existente, y remplazo de aquellas que por sus condiciones estructurales han llegado a su límite de servicio.

Existe más de 30 métodos dentro de la familia sin zanja los cuales están clasificadas dentro de las siguientes categorías.

- Están las técnicas para renovación de tuberías, las cuales se aplican sobre un tramo específico para mejorar las condiciones estructurales de la red existente.
- Existen los métodos de reparación de tuberías, los cuales se aplican sobre un daño puntual para mejorar las condiciones de servicio de la red.
- Encontramos las técnicas de remplazo de tubería, por medio de la cual se rompe el sistema deteriorado y se construye inmediatamente un sistema nuevo y eficiente.
- Existen las técnicas para realizar instalación nueva de tubería.
- Encontramos los métodos de limpieza, inspección, diagnóstico y localización de redes de infraestructura subterránea.

Todos estos procedimientos se pueden utilizar para el manejo de los servicios públicos como (Agua potable, gas, electricidad, teléfono, fibra óptica, alcantarillados entre otros.) sin embargo veremos en el capítulo 2 que no todos los métodos prestan la misma función y utilidad (ICTIS 2011).

3.2 PRINCIPALES TECNOLOGÍAS SIN ZANJA

En el siguiente trabajo de grado se abordaron las principales tecnologías sin zanja avaladas por la ISTT e ICTIS. La forma como decidimos incluir estas y no otras, está ligada a los registros de obras y trabajos realizados según los datos suministrados por ICTIS e igualmente tras averiguaciones y contacto directo con las empresas Colombianas dedicadas a la aplicación de estos procesos. A continuación se presenta un mapa conceptual en donde se enseñan las tecnologías sin zanja que fueron caso de estudio.

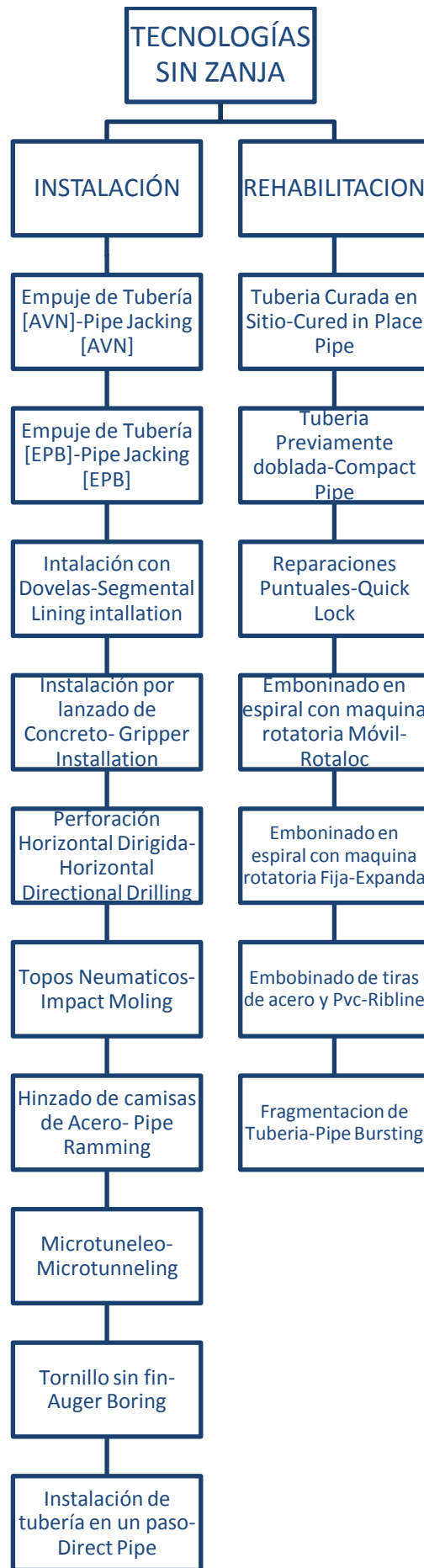


Gráfico 3. Tecnologías sin zanja que fueron caso de estudio. Fuente Propia.

3.2.1 Tecnologías sin zanja para instalación

Durante los últimos años se vienen realizando trabajos en la instalación de infraestructura subterránea nueva, son varios los métodos que se han empleado para este trabajo, sin embargo según ICTIS e ISTT y tras averiguaciones con las principales empresas dedicadas a la utilización de estas tecnologías pudimos plasmar los siguientes métodos que fueron caso de estudio.

3.2.1.1 Excavaciones mecanizadas con TBMs

3.2.1.1.1 Descripción básica del método

Estos métodos son usados para la instalación de tubería nueva a través de la construcción de un túnel creado por una máquina TBM o máquina tuneladora, para facilitar el proceso de excavación, estas máquinas trabajan con gatos hidráulicos, cabezas cortadoras y fluidos de perforación.



Foto 2: Cabina de operación de la máquina TBM Bessac 2011.

Varios métodos pueden ser utilizados para la instalación de la tubería, entre ellos están los prefabricados, las dovelas, y las inyecciones de concreto por medio de robots. En cuanto al material excavado muchos procesos cuentan con métodos de bombeo a través de mangueras de succión presión y otros cuentan con vagones para el transporte de sedimentos a través de rieles. (Vidal, 2004). Más adelante veremos las diferentes ramificaciones en las que se desprenden las excavaciones mecanizadas con TBMs.



Foto 3: Llegada de TBM a pozo interceptor Tunjuelo bajo Titán 2011

3.2.1.1.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	400-2200
Uso o Aplicación	Alcantarillados, Acueductos, Gasoductos
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	100-1000

Tabla 3: Características técnicas de los métodos que realizan excavaciones mecanizadas a través de TBMs Bessac Andina 2011.

3.2.1.1.3 Ventajas

- Las microtuneladoras se consideran ya operativas desde el momento en que se encuentran en el fondo del pozo. Si a esto le sumamos personal altamente calificado y que conoce perfectamente el equipo, se garantiza de este modo la mitigación de riesgos de errores o defectos asociados a la máquina y a los operarios.
- El control de la presión de tierras aplicada en el frente de la excavación, asegura un perfecto control de los asentamientos por compactación.
- Cualquier obstáculo es rápidamente detectado y posteriormente demolido, manual o mecánicamente con total seguridad.
- Se genera una sección sin irregularidades ni deformidades con paredes de gran calidad que garantizan un rendimiento hidráulico máximo.
- Las juntas que se generan son de gran calidad, y la estanqueidad es probada.
- Escasa ocupación de espacios públicos, respetando así el medio ambiente.

(Bessac, 2011)

3.2.1.1.4 Limitaciones

- Es necesario realizar una minuciosa investigación del sitio de interés, en especial para determinar la TBM más apta a utilizar.
- Las piedras y obstáculos pueden paralizar la instalación si no se escoge inicialmente la TBM indicada.
- El costo de capital del equipo es alto.
- La habilidad y experiencia de los operarios es significativa.
- Es necesarios construir pozos de lanzamiento y recepción durante la instalación.

(Vidal, 2004).

3.2.1.2 Perforación horizontal dirigida

3.2.1.2.1 Descripción básica del método

Este tipo de tecnología se puede aplicar para el tendido de redes de servicios públicos bajo calzadas, vías de ferrocarril, ríos y demás obstrucciones sin perjudicar de manera importante la superficie terrestre. Antes de comenzar con el procedimiento de instalación, se debe preparar una plataforma de perforación en el lugar de interés, esta debe estar lubricada e impregnada con una lechada especial que ayude a la adecuación de los equipos. Simultáneamente se puede avanzar con la colocación de los generadores, las bombas, las oficinas entre otros.

El método funciona a través de una máquina tuneladora la cual perfora el suelo en forma horizontal gracias a la utilización de barras desde un pozo de apertura o pozo de entrada. Esta máquina es guiada a través de un localizador el cual determina la posición exacta del cabezal y el sitio preciso del avance de la excavación.



Foto 4: Fresas y cabezas de perforación Treltec 2011.

El cruce de ida o túnel piloto generalmente se hace con un diámetro entre 25mm a 125mm y a una inclinación entre 8 a 18 grados, luego de alcanzar el pozo de salida, se sujeta en el extremo de las barras un expansor el cual ensancha el diámetro del túnel aproximadamente

un 50% más del diámetro de la red a instalar; este aumento del diámetro se hace generalmente tanto para maniobrabilidad como para generarle espacio a la tubería nueva.

Hecho esto, se procede a colocar la tubería o cable bajo tierra. Este método va acompañado de aire comprimido a baja presión o fluidos de perforación para mantener firmes las paredes del túnel.

Los equipos dirigibles son de tipo hidráulico, los cuales insertan las barras de manera secuencial; su fuerza yace en tres movimientos básicos que son el empuje, el tiro y la rotación, además de aire a presión para lubricar la tubería.



Foto 5: Equipo HDD Treltec 2011.

Estos equipos están compuestos de una perforadora dirigida, una unidad de potencia hidráulica y una serie de tanques donde se encuentran los lodos cada una respectivamente con sus bombas. (Sudamericana S.A, 2004)

3.2.1.2.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	300-1500
Uso o Aplicación	Alcantarillados, cables de TV o Teléfono, fibra óptica, Gasoductos
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	Mayores a 500m

Tabla 4: Características técnicas del método Perforación Horizontal Dirigida. (Vidal, 2004).

3.2.1.2.3 Ventajas

- Se conserva el estado de la superficie, al no alterarse por excavaciones a cielo abierto.
- Se reduce el costo social ya que se evitan alteraciones a la superficie
- Al no haber mayores dificultades en su procedimiento se logra un tiempo corto de instalación.
- El método puede aplicar para varios tipos de redes subterráneas.

3.2.1.2.4 Limitaciones

- Se necesita un punto de entrada para la inserción de la tubería el cual debe ser estudiado y analizado previo a realizar el trabajo.
- Puede haber colapso en las paredes del túnel, si el suelo es de tipo granular o rocoso.
- Es necesario realizar una plataforma para el pozo de salida.
- El sistema no maneja pendientes constantes en tramos cortos.

(ISTT, 2011)

3.2.1.3 Empuje de tubería (AVN)

3.2.1.3.1 Descripción básica del método

Este método inicia a través de la construcción de un pozo de entrada comúnmente de diámetros entre los 4 a 5 metros, realizado esto y con ayuda de una grúa de alto tonelaje, se procede a bajar el cuerpo de la tuneladora y a instalar todas las mangueras, gatos hidráulicos y demás componentes de la máquina. Hincada la máquina, se procede a perforar el suelo hasta que quede totalmente incrustada en el terreno, a partir de este momento se procede a bajar el primer prefabricado de tubería y a empujarlo, este proceso se repite hasta que la tuneladora llegue al pozo de salida. Cuando los tramos de instalación son muy largos, estamos hablando de más de 100 metros lineales, es posible establecer estaciones intermedias, dotadas de gatos hidráulicos que trabajaran como soporte en el empuje e instalación de la tubería.

Este método tiene la cabina y toda la operación de la máquina en la superficie, cuenta igualmente con un sistema de mangueras que sirven tanto para inyectar agua al cabezal de la máquina como para llevar el material excavado a la superficie, puntualmente al desarenador que se encargará de separar el material excavado del agua. Durante el mecanismo el agua es recirculada y reutilizada. Este tipo de máquinas AVN, tienen la ventaja que sirven para cualquier tipo de terreno inclusive roca.

Finalmente se encuentran los vagones donde se alberga la planta eléctrica, y la cabina de operación y control de la excavación, lugar donde se manipulan las pendientes, la direccionalidad y la profundidad de la máquina. (Maldonado, 2011)

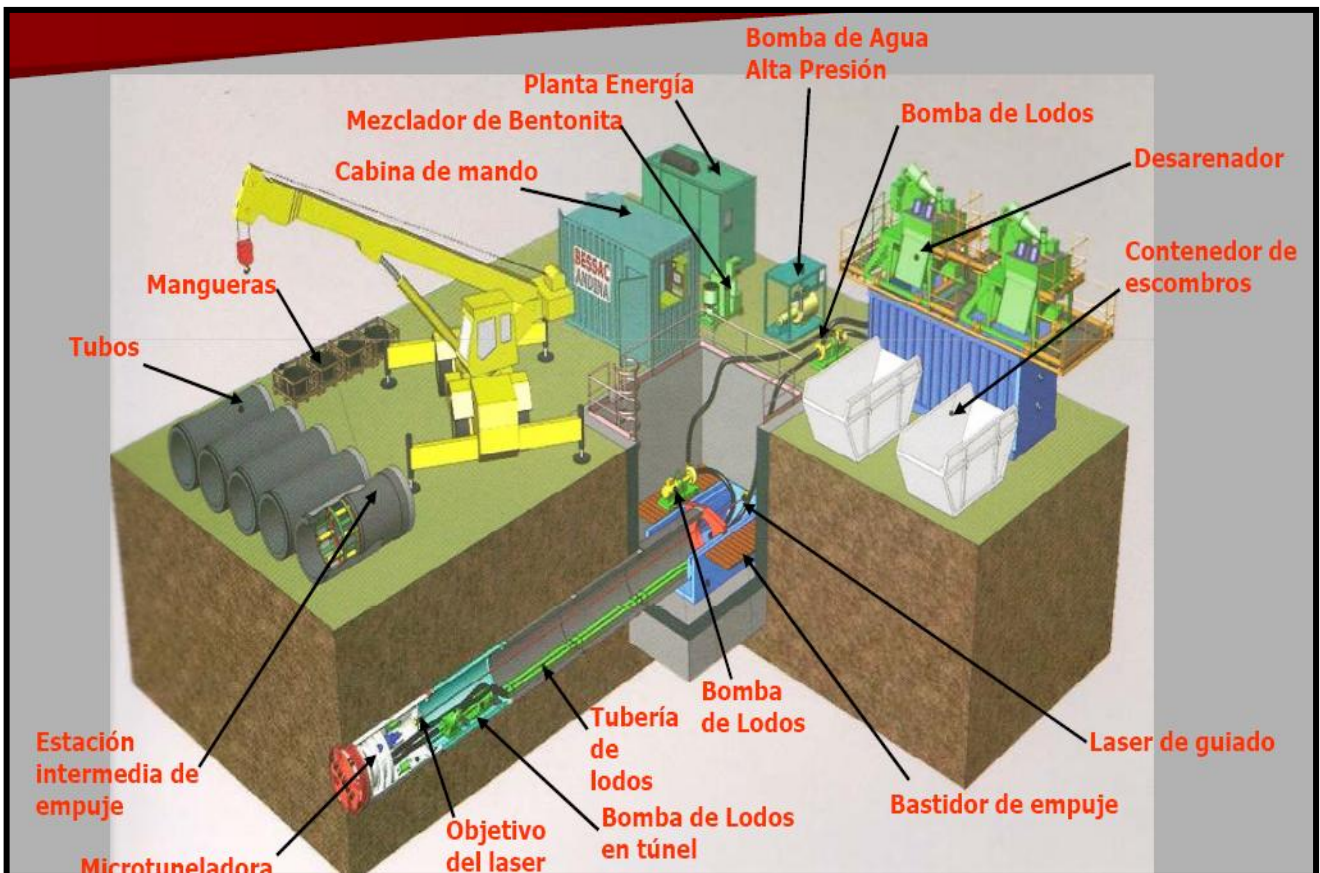


Foto 6: Vista general de una obra con tecnología Pipe Jacking AVN. Bessac 2011

3.2.1.3.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	250-3500
Uso o Aplicación	Alcantarillados, Acueductos, Gasoductos, Cables
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	100-600

Tabla 5: Características técnicas del método Pipe Jacking AVN (Maldonado, 2011).

3.2.1.3.3 Ventajas

- Las máquinas AVN trabajan en cualquier tipo de terreno.
- Mínima alteración al tráfico vehicular.
- El método puede aplicar sin importar la variable clima.
- Los habitantes y el medio ambiente se protegen

- Movimientos de tierra mínimos
- Procesos de construcción rápidos y eficientes
- No hay perjuicio a establecimientos comerciales

3.2.1.3.4 Limitaciones

- Se requiere de un estudio sobre redes existentes.
- Se requieren de pozos de apertura y salida para la máquina.

(Maldonado, 2011)

3.2.1.4 Empuje de tubería (EPB)

3.2.1.4.1 Descripción básica del método

Este método es muy similar al efectuado por la máquina AVN, inicia igualmente a través de la construcción de un pozo de entrada comúnmente de diámetros entre los 4 a 5 metros, realizado esto y con ayuda de una grúa de alto tonelaje, se procede a bajar el cuerpo de la tuneladora y a instalar todas las mangueras, gatos hidráulicos y demás componentes de la máquina. Hincado el sistema, se procede a perforar la tuneladora en el suelo hasta que quede totalmente incrustada en el mismo, a partir de este momento se procede a bajar el primer prefabricado de tubería y a empujarlo, este proceso se repite hasta que la tuneladora llegue al pozo de salida. Cuando los tramos de instalación son muy largos, estamos hablando de más de 100 metros lineales, es posible establecer estaciones intermedias, dotadas de gatos hidráulicos que trabajaran como soporte en el empuje e instalación de la tubería.

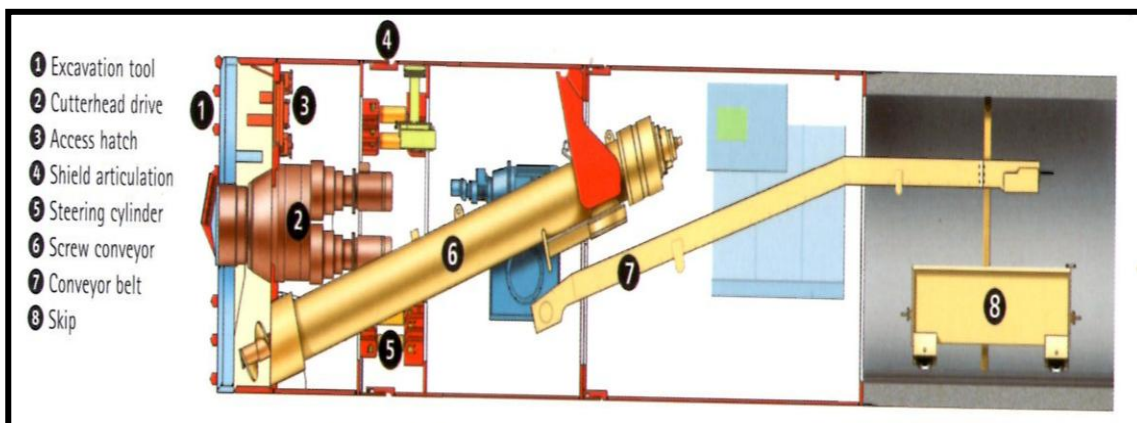


Foto 7 Estructura interna de una máquina EPB. Herrenknecht 2011

Este método difiere del anterior en que el operario se encuentra dentro del túnel y desde allí maneja toda la operación de la máquina, así mismo en vez de tener mangueras de conducción para el material excavado, este sistema cuenta con un tornillo que a medida que se excava el terreno, el material expulsado del mismo es transportado directamente a unos vagones por medio de rieles; una vez este material llega a la salida del túnel con ayuda de la grúa este es llevado a las volquetas de acopio de material excavado. Otra diferencia importante radica en el tipo de suelo en que la máquina puede emplearse, a diferencia de

las máquinas AVN que pueden trabajar en todo tipo de terreno, estas son especialmente utilizadas para suelos suaves, como arcilla, y arena, sin presencia importante de roca. (Herrenknecht-EPB, 2011)



Foto 8 Máquina EBP. Robbins 2011

3.2.1.4.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	1400-3500
Uso o Aplicación	Alcantarillados, Acueductos, Gasoductos, Cables
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	200-800m

Tabla 6: Características técnicas del método Pipe Jacking EPB (Corral, M.; Sivesind, C. 2011)

3.2.1.4.3 Ventajas

- Si las condiciones del suelo no son significativamente importantes, es decir no hay presencia de roca esta opción resulta mucho más viable económicamente hablando que utilizar las máquinas AVN.
- Este método es direccionable lo que resulta en facilidad para liberar las condiciones del suelo.
- El transporte de material se hace a través de vagones, o bandas permitiendo llevar gran cantidad de sedimentos excavados al exterior y de manera rápida.
- El método es guiado por laser, permitiendo la alineación y el control de las pendientes en excavaciones críticas.
- Se pueden hincar diferentes tipos de tubería.
- El sistema puede ser alineado con un solo generador de (300Kw)

- El sistema puede manejar estaciones intermedias de empuje para instalaciones más largas y seguras.
- Puede perforar roca hasta de 250 Mpa
- Los cortadores se pueden cambiar en el túnel para optimizar su desgaste.

3.2.1.4.4 Limitaciones

- Esta máquina no se puede usar bajo el nivel freático
- Se requiere de pozos tanto de entrada como de salida de la máquina
- Solamente sirve para ser utilizada en suelos blandos y no en roca.
- Si la excavación tiene una longitud importante, el transporte de material puede llevar bastante tiempo.
- Debido a que El pozo de arranque esta alrededor de los 5 metros es fundamental establecer donde se va a colocar la entrada de este para causar el mínimo impacto social.

(Corral, M.; Sivesind, C. 2011)

3.2.1.5 Instalación de tubería por medio de dovelas

3.2.1.5.1 Descripción básica del método

Este método es muy similar al de Pipe Jacking (EPB), se asemejan en la forma como se conduce el material excavado y en que el operario de la máquina esta dentro del túnel de la excavación. Sin embargo, hay varios aspectos en los que difieren, uno de ellos está en la forma y el método de instalación de la tubería, este sistema en vez de manejar prefabricados circulares listos para la instalación, maneja segmentos lineales o dovelas. Estos elementos son instalados por una máquina robot operada manualmente por un operario. (Herrenknecht-EPB, 2011)



Foto 9 Transporte de dovelas a través de los rieles Herrenknecht 2011

Por otro lado, cuando las instalaciones comprometen grandes longitudes, este método cuenta con un sistema autopropulsado de empuje, por medio del cual la máquina se va apoyando desde el último segmento de tubería instalada. De esta manera la tuneladora puede transportarse por toda la línea de estudio. Este método puede estar acompañado de agua a presión o de bentonita para suelos difíciles.



Foto 10 Operación de la cabina de mando para la instalación de las dovelas Herrenknecht 2011

(Double Shield TBM, 2010)

3.2.1.5.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	2000-3750
Uso o Aplicación	Alcantarillados, Vías de tipo férreo, o de transito mixto.
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	300m-1500m

Tabla 7: Características técnicas del método de Dovelas (Herrenknecht-EPB, 2011)

3.2.1.5.3 Ventajas

- Puede aplicarse en cualquier tipo de geología
- Grandes longitudes pueden ser instaladas
- El sistema es autopropulsado, lo cual evita la construcción de estaciones intermedias.
- Teóricamente el rendimiento de la máquina es más rápido que el método de lanzado de concreto, esto principalmente a que la colocación del prefabricado se hace de manera directa, mientras que en el otro método es necesario armar primero el anillo y luego llenarlo a través del proceso de lanzado.

3.2.1.5.4 Limitaciones

- Se requiere de personal experto para el uso del robot y para el manejo de las dovelas.
- Se requiere de pozos tanto de entrada como de salida de la máquina
- Se requiere de un estudio previo de inspección de redes existentes.

(Herrenknecht-EPB, 2011)

3.2.1.6 Instalación de tubería por medio de lanzado de concreto

3.2.1.6.1 Descripción básica del método

Este método es prácticamente igual al de dovelas si hablamos de funcionalidad y operación de la máquina. El transporte y la forma como el sistema maneja la excavación es prácticamente la misma, así como la manera de operar los robots para la instalación de la tubería. La diferencia radica en la forma como se instalan los prefabricados. Mientras en el método de dovelas se utilizaban segmentos de concreto reforzado colocados por un robot manipulado manualmente por un operario, aquí lo que se utiliza son mallas o anillos de acero de magnitudes similares a las de las dovelas y rellenas según el diseño estructural por medio del método de lanzado de concreto.



Foto 11 Robot en el proceso de lanzado de concreto Herrenknecht 2011

Esta técnica consiste en la utilización de un robot especializado que lanza el concreto a las mallas de acero previamente instaladas, el método es maniobrado por un operario desde la cabina de mando. Una vez es completado el anillo de tubería, se procede a avanzar a través gatos hidráulicos, los cuales se apoyan desde las paredes laterales del túnel que se encuentran varios metros más atrás de las mallas de acero



Foto 12 Mallas de acero instaladas en las paredes del túnel Herrenknecht 2011

(Gripper TBM, 2010)

3.2.1.6.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	2000-3750
Uso o Aplicación	Alcantarillados, Vías de tipo férreo, o de tránsito mixto.
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	300m-1500m

Tabla 8: Características técnicas del método de lanzamiento de concreto (Gripper TBM, 2010)

3.2.1.6.3 Ventajas

- Puede aplicarse en cualquier tipo de geología
- Grandes longitudes pueden ser instaladas
- El sistema es autopropulsado, lo cual evita la construcción de estaciones intermedias.
- El rendimiento promedio de la máquina es de 40m/día

3.2.1.6.4 Limitaciones

- Se requiere de personal experto para el uso del robot y para el manejo de los segmentos de acero.
- Pueden requerirse pozos tanto de entrada como de salida de la máquina
- Se requiere de un estudio previo de inspección de redes existentes.

(Gripper TBM, 2010)

3.2.1.7 Topos neumáticos

3.2.1.7.1 Descripción básica del método

Este es un sistema utilizado para la instalación nueva de tuberías o cables en rangos cortos y medianos. El proceso funciona básicamente a través de un topo o máquina de golpeo que mediante impactos sucesivos aproximadamente 100 por minuto logra alcanzar una alta productividad y penetrar el terreno que este bajo aceras o carreteras sin generar daños importantes a la superficie.

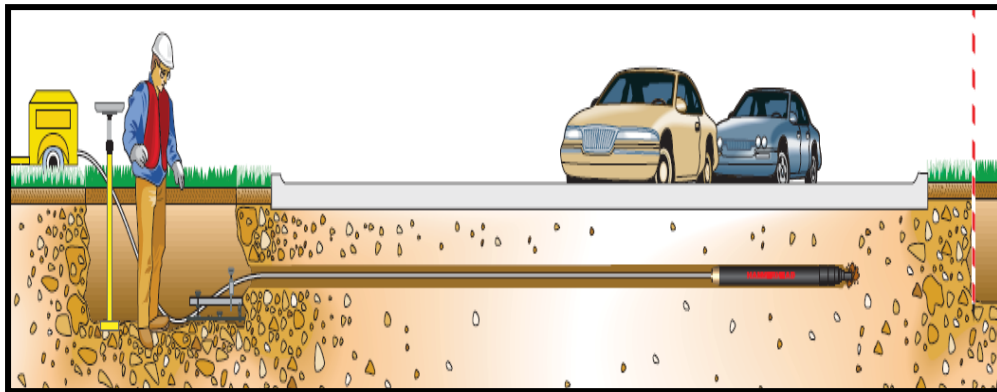


Foto 13 Proceso de Instalación usando el topo Neumático Hammerhead 2011

Por otra parte debido a que la mayoría de topos disponibles en el mercado poseen un rango de direccionalidad y manejo limitado, es importante previo a realizar la perforación, determinar exactamente donde va a ir la línea de tubería es decir establecer la profundidad y localización de la futura red, caso tal que no vaya a interferir con otros servicios públicos. No obstante a pesar de esto, el sistema puede ser acompañado por niveles de posicionamiento, miras topográficas y equipos de monitoreo que ayudan a establecer en tiempo real el progreso de la perforación en términos de avance, alineamiento y profundidad del equipo. (Tecneco, 2011)



Foto 14 proceso de perforación y guiado a través del topo neumático Hammerhead 2011

3.2.1.7.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	57-108
Uso o Aplicación	Acueductos o estaciones de riego
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	300m-1500m

Tabla 9: Características técnicas del método de instalación de tuberías por medio de topes neumáticos (Vidal, 2004)

3.2.1.7.3 Ventajas

- Estos sistemas brindan una buena opción para lugares confinados y con poco margen de error
- Sus diseños los hace simples de usar, simples de colocar y simples de mantener.
- Es un método que por la facilidad en su aplicación no requiere de personal experto.
- Es un método que se encuentra entre los más productivos y versátiles a la hora de instalar tuberías y cables de rango pequeño y mediano.
- Con este método el impacto ambiental y social por perturbación a la superficie es mínimo.
- Es uno de los métodos para instalación de tubería preferido por los contratistas esto debido al bajo costo de operación por metro de instalación que maneja.

3.2.1.7.4 Limitaciones

- Aunque el método es versátil en la mayoría de suelos, cuando se trata de roca maciza el método no aplica.
- Tiene un rango de aplicación limitado.
- Las longitudes de aplicación no son consideradas como largas.
- Si la operación es inadecuada, y además hay cambios bruscos del terreno es posible cierta desviación de los topes.
- Los topes maneja una mínima opción de giro, por tanto es importante definir la línea a perforar e igualmente realizar un estudio previo de redes existentes.

(Hammerhead-Mole, 2011)

3.2.1.8 Hincado horizontal de camisas de acero

3.2.1.8.1 Descripción básica del método

Este es un método sencillo de utilizar líder en la industria por su confiabilidad y facilidad en el mantenimiento, está basado en el hincamiento horizontal de camisas de acero como material de tubería a instalar.



Foto 15 Adecuación en obra del proceso de hincado horizontal de camisas de acero Hammerhead 2011

El sistema funciona con un hammer o martillo de impacto que golpea las camisas de acero a través de la línea o red a instalar, una vez hincada la tubería se procede a colocar un equipo compresor de alta potencia el cual a través de aire a presión limpia la tubería de cualquier tipo de suelo, roca o material residual que se encuentre dentro de la red, hecho esto se logra la instalación completamente estructural de una línea nueva de tubería de acero. (Hammerhead-Ramming, 2011)



Foto 16 Hincado de camisas de acero bajo pista de aviación Hammerhead 2011

3.2.1.8.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	102-2134
Uso o Aplicación	Alcantarillados y Tuberías de Gas
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	Hasta 200m generalmente

Tabla 10: Características técnicas del método de instalación de tuberías por medio de hincado horizontal de camisas de acero (Hammerhead-Ramming, 2011)

3.2.1.8.3 Ventajas

- En comparación con métodos convencionales para la instalación de tuberías de acero, este sistema involucra un menor tiempo de puesta en marcha debido a la versatilidad del procedimiento.
- Los costos tanto de operación como de mantenimiento de los equipos son bajos.
- El método funciona en suelos difíciles donde existan pequeños y medianos fragmentos de roca.
- Gracias a los compresores de alta potencia es posible retirar el 100 por ciento del suelo o material residual que este en la tubería.
- No hay necesidad de estaciones intermedias de empuje.
- Puede operar desde un pozo de apertura o desde la superficie terrestre.
- Ideal para trabajar en terraplenes o condiciones de terreno cambiante.
- El impacto a la superficie es mínimo.

3.2.1.8.4 Limitaciones

- Este método está condicionado exclusivamente para tubería de acero.
- Las longitudes que se instalan no son consideradas como largas.
- Se necesitan de Casing o camisas de acero.

(Allenwatson, 2011)

3.2.1.9 Excavación de microtúneles

3.2.1.9.1 Descripción básica del método

Este método tiene orígenes en los Estados Unidos, su principio consiste en la perforación horizontal del terreno a partir de una cabeza cortadora dotada de una serie de brocas. El terreno se desplaza simultáneamente la cabeza cortadora va moviéndose. Todo el sistema funciona a través de una planta o generador eléctrico controlados desde una unidad de control ubicada en la superficie.

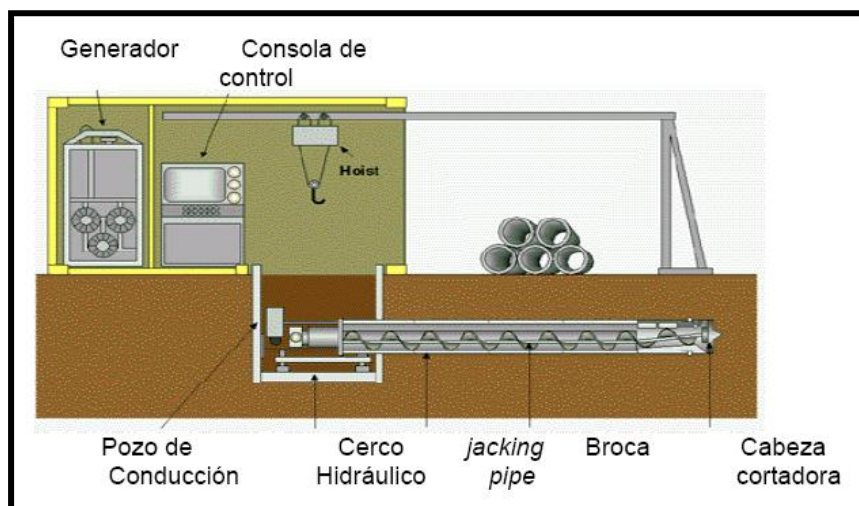


Foto 17 Máquina Berbiquí Vidal 2011

La tubería es desplazada por grúas para su posterior instalación. El sistema no maneja curvas o giros de la máquina. Debido a que hay varios métodos que instalan tuberías con cierta similitud, para diferenciar el método de otros, se tiene que este aplica para diámetros no visitables es decir donde una persona promedio no puede entrar de pie. (Vidal, 2004)

3.2.1.9.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo en túneles revestidos con acero (mm)	150-1500
Diámetros de Trabajo en túneles sin revestimiento de acero (mm)	50-150
Uso o Aplicación	Alcantarillados, Acueductos, cables de TV o Teléfono, Gasoductos
Longitudes Típicas de Instalación (m)	60m

Tabla 11: Características técnicas del método de instalación de tuberías por medio de la máquina Berbiquí. (Vidal, 2004)

3.2.1.9.3 Ventajas

- La perturbación e impacto al suelo es mínimo.
- Se reduce el impacto social, al no intervenir la superficie de manera importante.
- El método funciona muy bien en suelos cohesivos y no cohesivos de comportamiento estable.

3.2.1.9.4 Limitaciones

- El método no funciona con guía
- Se requiere de una previa investigación del terreno debido a que la máquina no aplica a cualquier tipo de suelo, igualmente es necesario un previo estudio

de detección de redes ya que al no contar con un sistema de guiado, la línea a instalar debe estar estipulada bajo criterios de seguridad.

- Las instalaciones son cortas y los diámetros son pequeños.

(Vidal, 2004)

3.2.1.10 Tornillo sin fin

3.2.1.10.1 Descripción básica del método

El método inicia con la construcción de un Manhole o pozo de entrada, dicha estructura tiene alrededor de 4 metros de profundidad, no obstante dicho valor puede variar según el estudio previo de existencia de redes. Antes de hacer la adecuación de las bases y elementos hidráulicos para la colocación de la máquina perforadora, se procede a la adecuación del sistema digital de guiado y de avance de la perforación. Este procedimiento funciona a través de un laser muy similar a lo que hoy en día se conoce como estación topográfica. Con este método es posible conocer la profundidad, verticalidad y horizontalidad de la excavación, así mismo, ayuda al operario a ajustar la inclinación y posible desviación de la máquina. Los resultados en cuanto a la localización y en general al monitoreo digital del sistema son proyectados en una pantalla ubicada en el centro de mando del operario.



Foto 18 Construcción del Manhole Bohrtec 2011

A continuación, a través de una grúa se procede a baja el cuerpo de la tuneladora, se adecua esta en las bases y soportes y posteriormente se hinca en el terreno, en este punto se revisa el correcto funcionamiento del laser y equipo digital de guiado. A partir de ahora se empieza a bajar el primer segmento de acero o Casing, este elemento está dotado internamente de un tornillo rotatorio que a medida que la máquina cortadora avanza y excava el terreno este desplaza dicho material hacia el pozo de entrada o Manhole en donde lo espera un vagón de acopio del material ubicado debajo de la zona donde se encuentra el operario. (Robbins, 2007)

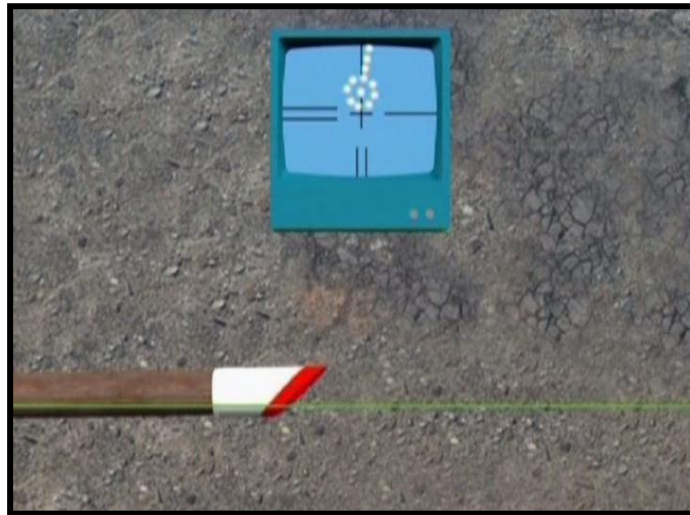


Foto 19 Dispositivo electrónico para el guiado de la perforación Bohrtec 2011

Una vez el vagón se encuentre lleno, este es subido por el Manhole a través de una grúa y depositado en una volqueta especial para los residuos sólidos excavados. Durante todo el proceso es posible guiar y direccionar la perforación igualmente es posible controlar esta inclinación gracias a los dispositivos de referencia y localización que tiene el sistema. A medida que la cabeza cortadora avanza y si las condiciones del terreno así lo ameritan, el sistema puede implementar un mecanismo de inyección de agua a presión ubicado en la cabeza de corte, con esto la máquina podrá triturar el terreno más fácilmente.



Foto 20 Vagón lleno con material listo para ser retirado por el sistema de grúas Bohrtec 2011

Este proceso se repite hasta que la máquina perforadora llegue al pozo de salida, donde se desconectará de los Casing y se subirá a la superficie a través de una grúa. Entre tanto se empezaran a baja uno a uno los segmentos prefabricados de tubería a instalar. Estos son instalados e hincados al terreno por medio del empuje generado por las bases y los gatos hidráulicos ubicados en el pozo de entrada, a medida que se van colocando los prefabricados estos van empujando los Casing hacia el pozo de salida en donde son recogidos por una grúa y llevados a la superficie. Todo este proceso se repite hasta instalar todo el tramo de la red. Con este proceso finalmente queda lista la tubería para ser utilizada por los usuarios por primera vez. (*Front Steer Guided Auger Boring, 2011*)



Foto 21 Instalación de la tubería nueva usando el método de Auger Boring Bohrtec 2011

3.2.1.10.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	915-2100
Uso o Aplicación	Alcantarillados, acueductos
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	Hasta 200m generalmente

Tabla 12: Características técnicas del método de instalación de tuberías por medio de Tornillo sin fin. (Robbins Tbm, 2011)

3.2.1.10.3 Ventajas

- El método es eficiente en roca y en suelo mixto.
- El método es direccionable
- Maneja un sistema de laser que le sirve como guiado
- La productividad promedio es de 6m por día, sin embargo está sujeta al tipo de terreno encontrado.
- Los operarios no requieren de un entrenamiento riguroso y de fondo.
- Los discos cortadores tienen una larga vida y pueden rotarse para optimizar su desgaste

3.2.1.10.4 Limitaciones

- No aplica para uso bajo el nivel freático
- Necesita de un pozo de arranque grande

- Las longitudes máximas están en el rango de los 200m
- Se requiere de un estudio de redes existentes, previo a realizar la perforación.

(Corral, M.; Sivesind, C. 2011)

3.2.1.11 Instalación de tuberías en un solo paso

3.2.1.11.1 Descripción básica del método

Este es un método que funciona de manera similar al HDD o perforación horizontal dirigida, la diferencia radica en los procesos como se instala la tubería, mientras que el primero utiliza dos pasos para la instalación de la tubería, uno el túnel piloto y dos el proceso simultaneo de retroceso para dejar la abertura definitiva y la tubería instalada, este lo hace de manera directa.



Foto 22 Máquina de empuje penetrando la tubería nueva Herrenknecht 2011

El sistema combina el microtúneleo a través de las máquinas AVN y el sistema de guiado utilizado en la perforación horizontal dirigida. Igual que el Pipe Jacking, esta tecnología es manipulada por un operario que tiene su centro de control en una cabina ubicada lateral al pozo de apertura del túnel. El proceso de extracción de material excavado, funciona a través de un circuito cerrado de tuberías que transportan el material extraído hacia un desarenador mientras que simultáneamente otra sistema inyecta agua o bentonita en la cabeza de la perforación para facilitar el proceso de excavación y extracción de material (Direct Pipe,2010).

Para el hincado de la tubería se utiliza una máquina dotada de pistones y gatos hidráulicos que empujan uno a uno los segmentos o la línea de tubería prefabricada. Finalmente cuando la perforadora llega al punto de salida, esta es retirada con ayuda de una grúa. En este punto la red queda lista para ser utilizada por primera vez. (Pfeff, 2011).

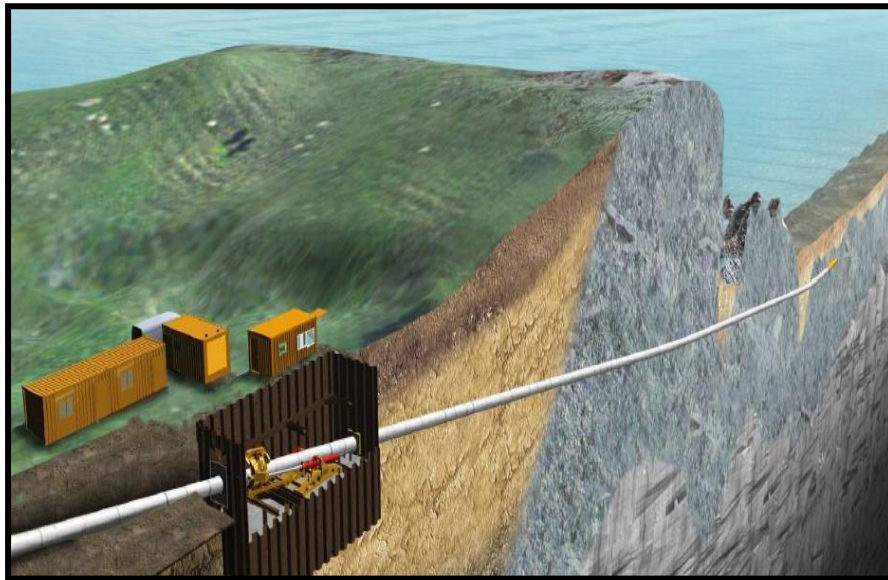


Foto 23 Instalación de tubería nueva bajo el mar usando el método de Direct Pipe Herrenknecht 2011

3.2.1.11.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	508-1524
Uso o Aplicación	Alcantarillados, acueductos, gasoductos y para derivados del petróleo
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	200m-2000m

Tabla 13: Características técnicas del método de instalación de tuberías en un solo paso. (Pfeff, 2011)

3.2.1.11.3 Ventajas

- Instalación de tubería prefabricada en un solo paso.
- Proceso de construcción y adecuación rápido.
- Productividad de la máquina promedio de 3m/min
- En un día se puede avanzar entre 120 a 150 metros.
- Instalación rápida
- Funciona en todo tipo de geologías
- Solo en necesario un pozo de arranque.
- En caso de alguna emergencia, el sistema de tubería y la máquina tuneladora pueden ser sacados con facilidad

3.2.1.11.4 Limitaciones

- El proceso puede ser costoso para tramos pequeños
- Se requiere de personal experto para el manejo de la máquina
- Se requiere de un estudio previo que contemple las redes existentes.

(Direct Pipe, 2010).

3.2.2 Tecnologías sin zanja para Rehabilitación

Durante los últimos años se vienen realizando trabajos en la rehabilitación de infraestructura subterránea en diferentes frentes del país. Son varios los métodos que se han empleado para este trabajo, sin embargo según ICTIS e ISTT y tras averiguaciones con las principales empresas dedicadas a la utilización de estas tecnologías pudimos plasmar los siguientes métodos que fueron caso de estudio.

3.2.2.1 Tubería curada en sitio

3.2.2.1.1 Descripción básica del método

El procedimiento empieza con la limpieza del colector, esta consiste en quitar con equipos especializados de succión y presión cualquier tipo de material o sedimento en la red existente que no ayude a realizar una adecuada inspección de la red. El procedimiento se debe hacer con anterioridad a las actividades de rehabilitación. Estos equipos de limpieza manejan presiones mínimas de 300 psi hasta de 1200 psi generalmente, igualmente se pueden utilizar para diámetros desde 150mm hasta 1200mm logrando un rendimiento entre 100 a 250 metros por día. (Pavco, 2011)



Foto 24 Camión para limpieza de tubería VE-Tecnologías sin zanja 2011

Seguido de esto, se procede a determinar a partir de equipos de última tecnología en inspección de tuberías, el estado estructural de la red. El procedimiento es fundamental para evidenciar la existencia de posibles fisuras y daños estructurales que puedan repercutir en la adecuada operación del sistema. (Daza, 2010)



Foto 25 Robot para Inspección y diagnóstico de tuberías VE-Tecnologías sin zanja 2011

Realizada la inspección se procede a realizar las respectivas actividades de acondicionamiento del colector, durante esta fase es importante realizar cortes de sedimentos pegados o acometidas que se encuentren penetrantes dentro de la tubería. Y que no hayan podido ser retiradas con los equipos de succión presión.



Foto 26 Equipos de corte para obstrucciones en la tubería VE-Tecnologías sin zanja 2011

En este momento, con la tubería lista para ser intervenida, se procede a mezclar y verter la resina epóxica dentro de la línea textil. Realizado esto se inicia la impregnación de las capas interiores de la línea textil por medio del equipo dotado de rodillos en donde se controla tanto la calidad como el grado y uniformidad de la impregnación. (Daza, 2011)



Foto 27 Proceso de impregnación de la línea textil Pavco 2011

Realizada la impregnación de la resina dentro de la línea textil, se procede a introducirla dentro de la unidad de reversado y curado, esta máquina es la encargada de generar el aire comprimido para la instalación de la línea dentro de la tubería existente. El vapor de agua reacciona con la resina endureciéndola y esparciéndola hacia todo su perímetro formando así una nueva tubería dentro de la existente con las condiciones de carga y presión previamente diseñadas. En esta etapa y dentro de todo el tramo, se controlan las presiones y la temperatura. Todo el proceso de rehabilitación dura aproximadamente 3.5 horas.



Foto 28 Inserción de la línea textil dentro del pozo y tubería a rehabilitar Pavco 2011

Instalada la resina, se procede a insertar dentro de la tubería aire frío por aproximadamente 1 hora para que se reduzca la temperatura interna de la misma y se pueda así realizar los cortes en los extremos y en las conexiones de acometidas. Finalmente se establece la puesta del servicio de la tubería rehabilitada. (Pavco, 2011)



Foto 29 Corte y puesta en servicio Pavco 2011

3.2.2.1.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	150-1200
Uso o Aplicación	Alcantarillados, Acueducto, Gas, Uso Industrial
Tipo de Solución	No Estructural, Parcialmente Estructural, Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	60-400

Tabla 14: Características técnicas del método de tubería curada en sitio. (Pavco, 2011)

3.2.2.1.3 Ventajas

- Las metodologías sin zanja de Pavco son amigables con el medio ambiente ya que mejoran el uso del agua al trabajar con aire comprimido y vapor.
- Un proceso de instalación dura en promedio tan solo 12 horas de trabajo
- La metodología no implica ocupar grandes zonas de espacio, lo que mitiga el impacto a la movilidad y a la comunidad.
- En el caso de CIPP los equipos permiten calcular la resina exacta de aplicación reduciendo así desperdicios.
- Se garantizan las condiciones tanto hidráulicas como estructurales de la red.
- Durante el proceso no se generan materiales contaminantes.

(Daza, 2010)

3.2.2.1.4 Limitaciones

- Se requiere de equipos de corte para abrir las acometidas y poner en servicio la tubería

- Se requiere personal capacitado y entrenado para manejar los procesos de impregnación y control de temperatura.
- Este método no aplica si la deflexión vertical es mayor al 10%
- El costo de instalación es alto para tramos pequeños
- La resina debe trabajar en un medio húmedo por tal motivo, el proceso es difícil en Zonas climáticas con alta temperatura.

(Vidal, 2004)

3.2.2.2 Tubería Previamente doblada

3.2.2.2.1 Descripción básica del método

El método CP de inserción con previo doblado del tubo, se utiliza como técnica para rehabilitar conductos de agua potable, aguas residuales, gas, tuberías de uso industrial entre otros; este método puede ser aplicado en materiales como el hierro, el acero, el hormigón la arcilla o el asbesto cemento.



Foto 30 Tubería de polietileno antes y después de la rehabilitación. Ariaratna, 2011

El proceso inicial tiene los mismos pasos que el sistema de curado en sitio es decir pasan también por un proceso de limpieza, inspección y diagnóstico, la variación está en que para este método se hace un previo doblado en forma de C, de un tubo de polietileno con el fin de que este pueda entrar con mayor facilidad al canal que se desea reparar, una vez la línea de polietileno se encuentra dentro de la red se vierte vapor de agua dentro de la misma para que por este medio el polietileno estimule las propiedades de memoria del material y así este logre volver a su forma original.



Foto 31 Instalación de la tubería de polietileno Compact pipe Utility services 2011

Seguido de esto se procede con el proceso de curado el cual no varía respecto al método de tubería curada en sitio y finalmente se abre el servicio al público. (Terraigua, 2011)

3.2.2.2.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	100-500
Uso o Aplicación	Alcantarillados, Acueducto, Gas, Uso Industrial
Tipo de Solución	Parcialmente Estructural, Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	60-300

Tabla 15: Características técnicas del método de inserción con previo doblado del tubo (Ariaratna, 2011)

3.2.2.2.3 Ventajas

- Ofrece una alta resistencia a ataques químicos, altas temperaturas y a la corrosión.
- Se ofrece un control total del proceso en cuanto a la velocidad de instalación, control de la temperatura y tiempo de curado.
- Menores costos en obra al reducir el efecto de las excavaciones a zanja abierta, manejo de aguas y rendimientos de instalación.
- Se puede ofrecer una tubería totalmente estructural independientemente del material de la tubería huésped
- Al usar una tubería existente, se reducen los riesgos en daños a otros servicios
- Se garantiza una mínima distorsión al tráfico y medio ambiente
- Renovar una tubería, resulta más rápido que realizar una nueva instalación, ya que se cuenta con un tubo huésped y con una línea definida

- Se puede utilizar casi para todo tipo de servicio público
- Las condiciones operacionales de la tubería son mejoradas considerablemente debido a las propiedades del polietileno

(Ariaratna, 2011)

3.2.2.2.4 Limitaciones

- Se requiere de equipos de corte para abrir las acometidas y poner en servicio la tubería
- Se requiere personal capacitado y entrenado para manejar los procesos de impregnación y control de temperatura.
- El costo de instalación es alto para tramos pequeños
- Se reduce el diámetro de la tubería
- Excavaciones locales son necesarias para realizar las reconexiones del servicio
- Tiene un rango de diámetros limitado ya que está diseñado especialmente para tubería pequeñas

(Vidal, 2004)

3.2.2.3 Reparaciones puntuales

3.2.2.3.1 Descripción básica del método

Reparaciones localizadas ó Quick-Lock es un método de rehabilitación de redes de infraestructura subterránea utilizado especialmente en redes donde el daño estructural es mínimo, caso en el cual resulta más factible realizar las reparaciones puntuales pertinentes y no entrar a sanear todo el interior de la tubería de estudio. (Prieto, 2011)

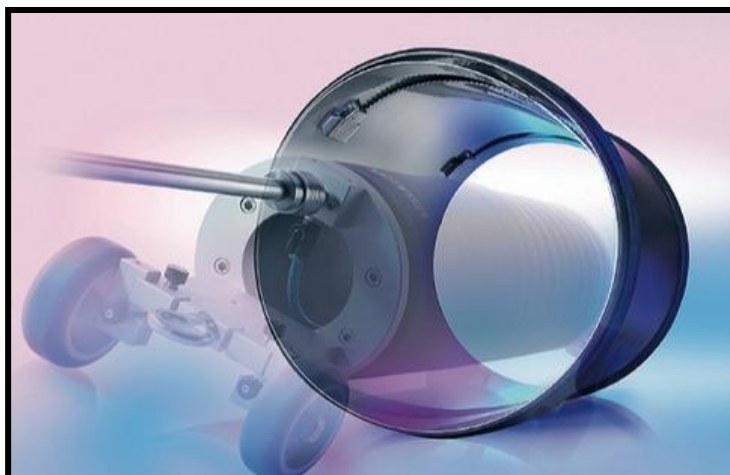


Foto 32 Robot utilizado para reparaciones puntuales. Tecmeco 2011

El procedimiento consiste en ingresar un robot dirigido a control remoto dentro de la tubería a reparar. Este robot es conectado a un generador de potencia en su parte trasera, el equipo cuenta con circuito cerrado de televisión y un laser de detección de daños.



Foto 33 Equipo y accesorios utilizados en el método de Quick Lock. gr Hidro 2011

Cuando el robot encuentra el punto de reparación una camisa de acero inoxidable se expande mecánicamente hasta quedar prensada completamente a la tubería existente, para garantizar completa adherencia a la superficie circúndate una par de perfiles dentados se encargan de bloquear y engranar la camisa de acero, garantizando total hermeticidad en el tramo rehabilitado. (Pipeliners, 2011)

3.2.2.3.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	150-700
Uso o Aplicación	Alcantarillados, Acueducto
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	Reparación Puntual

Tabla 16: Características técnicas del método de reparaciones puntuales mediante camisas de acero (Tecneco, 2011)

3.2.2.3.3 Ventajas

- Se logra reparar con precisión el punto o área deteriorada.
- Cuando se presentan fallas puntuales en la estructura de una tubería no es necesario entrar a reparar todo el tramo de la red.
- La reparación puntual que el método aplica es completamente estructural, por tanto le genera a la tubería un nuevo periodo de vida útil.
- No se utilizan ni resinas ni tóxicos que puedan generar un impacto al medio ambiente
- Se puede utilizar en todo tipo de tuberías

- Es útil tanto para redes presurizadas como los acueductos como para redes no presurizadas como los alcantarillados
- Reparación rápida y sencilla

(Gr Hidro, 2011)

3.2.2.3.4 Limitaciones

- El proceso puede ser costoso si se trata de varios puntos a reparar
- Se necesita de personal capacitado para el manejo y manipulación del robot
- Los equipos y accesorios son costosos

(Prieto, 2011)

3.2.2.4 Embobinado en espiral con máquina rotatoria móvil

3.2.2.4.1 Descripción básica del método

Rotaloc o embobinado en espiral con máquina rotatoria móvil es un método utilizado para la renovación estructural de tuberías que han perdido su eficiencia e integridad, principalmente por el envejecimiento y desgaste del material que las constituye. El sistema funciona mediante empaques de elastómeros termoplásticos que se van aplicando en forma de tiras continuas a través de una máquina rotatoria que gira en forma de espiral. Las tiras se colocan de manera superpuesta para garantizar su adhesión y sellamiento. (Prieto, 2011)

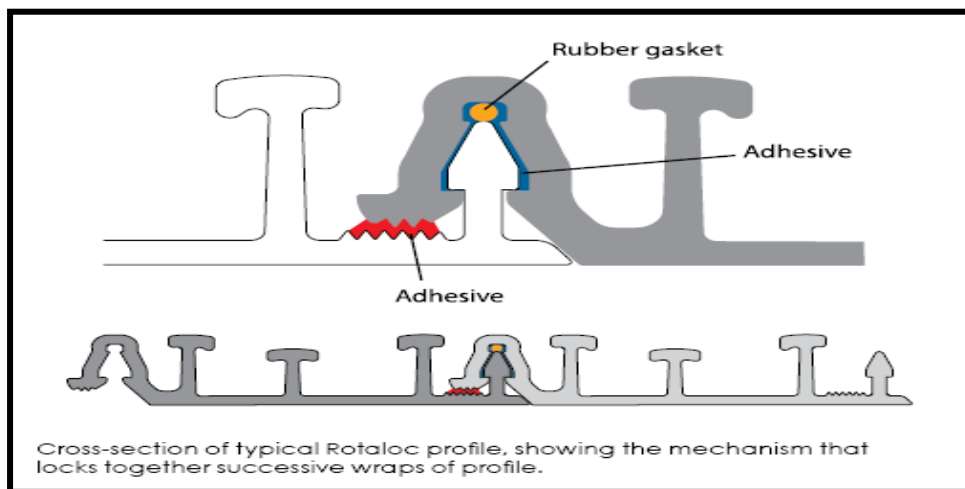


Foto 34 Perfil típico de la tecnología Rotaloc Interflow, 2011

A medida que la máquina avanza a través de toda la red, esta va dejando completamente sellada la tubería existente con el conjunto de tiras de Pvc, si llegado el caso, en algún tramo se presenta un cambio importante en el diámetro de la tubería, la máquina puede ser ajustada a las condiciones cambiantes que el terreno pueda presentar. (Pipeliners, 2011)



Foto 35 Máquina de embobinado utilizada en la tecnología Rotaloc Interflow, 2011

Este método funciona muy bien en tuberías de ladrillo, hormigón, acero, gres y Pvc que presenten diámetros generalmente entre los 800 y 1800 milímetros. Todo el proceso debe estar acompañado de una previa inspección y limpieza de la tubería existente. Cuando la tubería se haya terminado de renovar se debe realizar una prueba de presión y posteriormente una inspección con cámara de circuito cerrado para observar la homogeneidad de la rehabilitación. (Interflow, 2011)

3.2.2.4.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	762-1829
Uso o Aplicación	Alcantarillados, Acueducto
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	60-400

Tabla 17: Características técnicas del método de rehabilitación de tuberías por medio de polímeros termoplásticos (Prieto, 2011)

3.2.2.4.3 Ventajas

- Se pueden trabajar tramos largos con una simple y rápida operación.
- El revestimiento puede proveer un soporte estructural con un nuevo periodo de vida igual o mejor al de la tubería original.
- Curvaturas de gran radio pueden trabajarse a través de este método.
- Es posible trabajar con cambios en los diámetros de la tubería.
- Los espesores a través de toda la tubería se mantienen
- La reducción de la capacidad operacional del sistema es mínima
- La eficiencia en términos del caudal que soporta la tubería no se ve perjudicada, al contrario gracias a las propiedades del material que constituye las tiras, en varios casos se puede aumentar la capacidad de flujo de la misma.

- No es necesario personal dentro de la tubería a rehabilitar, la máquina rotatoria de embobinado hace el trabajo, lo cual reduce el riesgo de accidentes.
- Al utilizar la tubería existente se reducen costos derivados de excavaciones e interrupciones al tráfico.
- La instalación es más rápida que los métodos que emplean resinas u otro tipo de mezclas epóxicas que requieren curado

3.2.2.4.4 Limitaciones

- Sólo es posible trabajar con secciones circulares.
- Se requiere de personal experto para el manejo de los equipos.
- La reducción de la capacidad hidráulica debido al espesor de las tiras que aunque es compensada con las condiciones de rugosidad del material puede molestar a algunos contratistas escépticos.
- En algunos casos pueden ser necesarias algunas excavaciones para restablecer las conexiones laterales del sistema.

(Interflow, 2011)

3.2.2.5 Embobinado en espiral con máquina rotatoria fija

3.2.2.5.1 Descripción básica del método

Este método funciona con tiras sucesivas de PVC que se van aplicando en forma continua y entrelazada a través de una máquina rotatoria fija que gira en forma de espiral. Instalada la tubería nueva, se realiza un proceso mecánico para que la tubería se expanda y quede completamente hermética a las paredes del tubo huésped.



Foto 36 Proceso de renovación usando la tecnología expanda Interflow, 2011

La diferencia con el método de Rotaloc radica en que la renovación para este caso se realiza desde el Manhole o pozo de apertura y que para esta tecnología debido a que la máquina de embobinado no circula a través de toda la red, se utiliza un proceso mecánico

en donde se desbloquea a través del halado de un hilo el seguro que poseen los perfiles de las tiras para que estas se puedan expandir contra las paredes internas del tubo huésped; esto va acompañado de la aplicación previa a la colocación de las tiras de un sellador y lubricante que facilita el proceso de expansión. Con esto se garantiza en este caso su completa adhesión y sellamiento. (Interflow, 2011)

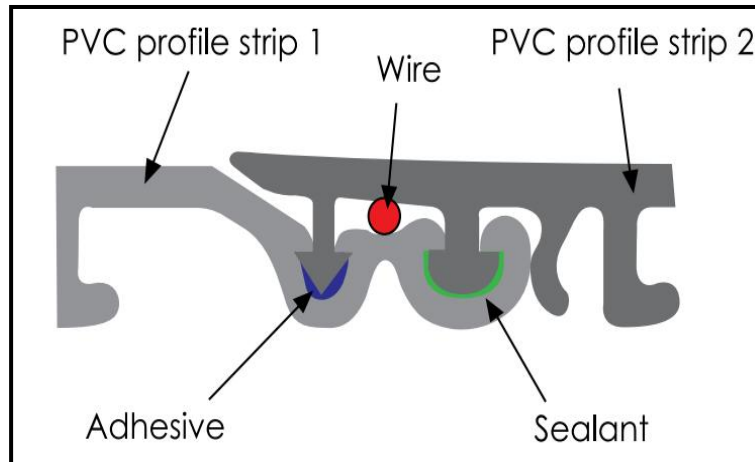


Foto 37 Perfil típico de la tecnología Expand Interflow, 2011

Este método funciona muy bien en tuberías de ladrillo, concreto, acero corrugado, gres y Pvc que presenten diámetros generalmente entre los 150 y 900 milímetros. Todo el proceso debe estar acompañado de una previa inspección y limpieza de la tubería existente. Al final de la renovación se realiza una inspección robotizada para determinar la calidad de la rehabilitación, seguido de ello se utilizan los quipos de corte para establecer las domiciliarias o si es el caso conexiones laterales. Finalmente se procede a restablecer el servicio de la tubería. (Pipeliners, 2011).

3.2.2.5.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	150-1220
Uso o Aplicación	Alcantarillados, Acueducto
Tipo de Solución	Totalmente y parcialmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	50-300

Tabla 18: Características técnicas del método de rehabilitación de tuberías por medio del embobinado en espiral a través de máquina rotatoria fija (Prieto, 2011)

3.2.2.5.3 Ventajas

- La instalación puede realizarse incluso cuando la tubería esta en uso.
- Los materiales con los que se rehabilita la tubería son resistentes a la corrosión y demás agentes químicos.
- El proceso no requiere de resinas, de curado o tratamiento térmico lo que lo hace un método más rápido y fácil de aplicar.

- Se garantiza homogeneidad en los espesores dentro de toda la red
- Rara vez se requiere de bombeo
- La tubería no se expande ni se contrae por cambios de temperatura

3.2.2.5.4 Limitaciones

- Se requiere de personal capacitado que maneje robots para abrir los ramales laterales del tubo principal.
- Capacidad limitada del procedimiento en curvas
- El sistema es limitado cuando existen cambios importantes en los diámetros
- No aplica para tubería no circulares

(Interflow, 2011)

3.2.2.6 Embobinado de tiras de Acero y Pvc

3.2.2.6.1 Descripción básica del método

Este método funciona con tiras sucesivas de PVC incrustadas dentro de perfiles de acero. La forma de instalación se hace a través de una máquina rotatoria fija ubicada en la entrada del pozo de apertura la cual mediante rotación y empuje coloca progresivamente las tiras a través de toda la red.



Foto 38 Tiras de Pvc y Acero utilizadas en el método Ribline MDCCCLI, 2011

Para distribuir las cargas y generar mayor adherencia entre la tubería nueva y la tubería huésped, se rellena con mortero la interfaz entre estos dos materiales, a su vez la unión entre ambos perfiles se hace por extrusión lo cual garantiza una completa adhesión y total homogeneidad del material ya que se evitan juntas estructurales. (Monge, 2011)



Foto 39 Proceso de renovación usando la tecnología Ribline MDCCCLI, 2011

Debido a que el método combina dos materiales con características de durabilidad, ductilidad y resistencia es posible renovar tuberías generalmente desde los 400 milímetros y hasta cerca de los 3 metros lo cual lo hace muy atractivo dentro de la gama de tecnologías Trenchless. Al final de proceso se puede colocar pintura epoxi en los extremos para terminar con el sellado. En la mayoría de casos el proceso puede estar acompañado de una previa inspección y limpieza del activo. (Prieto, 2011)

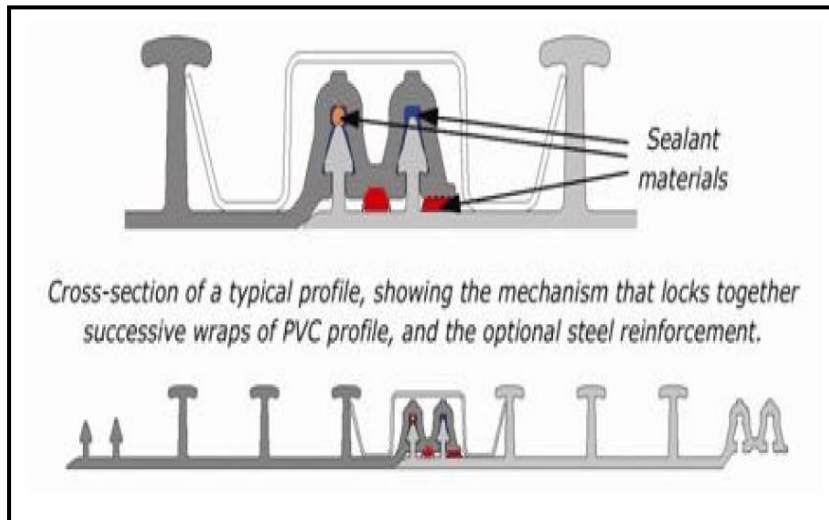


Foto 40 Perfil típico de la tecnología Ribline Ingeniería y control de movimiento Ltda., 2011

3.2.2.6.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	400-3000
Uso o Aplicación	Alcantarillados
Tipo de Solución	Totalmente y parcialmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	50-400

Tabla 19: Características técnicas del método de rehabilitación de tuberías por medio de camisas de acero y Pvc (Interflow, 2011)

3.2.2.6.3 Ventajas

- Es de las pocas tecnologías que puede rehabilitar sistemas por encima de los 3000mm
- Varios calibres de acero se encuentra según las especificaciones de diseño de la obra.
- La instalación es continua, se previenen por tanto daños derivados del manejo de juntas.
- La nueva red es altamente resistente a la abrasión y al impacto
- No es necesario construir pozos de lanzamiento, basta con utilizar los Manhole de la tubería
- No se requieren de grandes espacios para el almacenamiento de tubos, este método maneja tiras que vienen enrolladas lo cual facilita su manipulación y transporte.
- Desaparecen los problemas de infiltración
- La rugosidad de la tubería es mínima lo cual puede incluso mejorar las condiciones de eficiencia en términos del caudal de diseño
- La renovación puede realizarse incluso con presencia de flujo dentro de la tubería
- Con esta tecnología se garantiza la mínima interrupción a la comunidad.
- En comparación con una excavación abierta que puede tardar días, este método emplea unas cuantas horas para la renovación.

3.2.2.6.4 Limitaciones

- Son tuberías pesadas que requieren de un manejo adecuado y seguro.
- debido al alto peso que poseen las tuberías es posible que se requiera de algunos estudios de suelos y de resistencia de los materiales previos a la renovación
- Se puede necesitar robots de corte para las conexiones laterales.
- Aplica principalmente para secciones circulares
- Pueden haber inconvenientes si hay cambios importantes en la sección de la tubería

(Interflow, 2011)

3.2.2.7 Fragmentación de tubería

3.2.2.7.1 Descripción básica del método

El Pipe Bursting o fragmentación de tubería, es uno de los métodos sin zanja más ampliamente utilizados en la ciudad de Bogotá. La técnica trabaja rompiendo la tubería existente y colocando en el mismo tendido una tubería totalmente nueva. Los fragmentos derivados de la rotura de la tubería huésped son propulsados a las paredes circundantes de la tubería nueva, situación que brinda mejor acople y estabilidad de la nueva red. Esta técnica puede remplazar tubería de igual o mayor capacidad hidráulica, situación que la hace bastante atractiva especialmente en aquellos casos en los que por ejemplo debido al aumento de la población se requiere aumentar la capacidad hidráulica de alguna tubería sea porque está en mal estado o porque operacionalmente ya no aguanta.

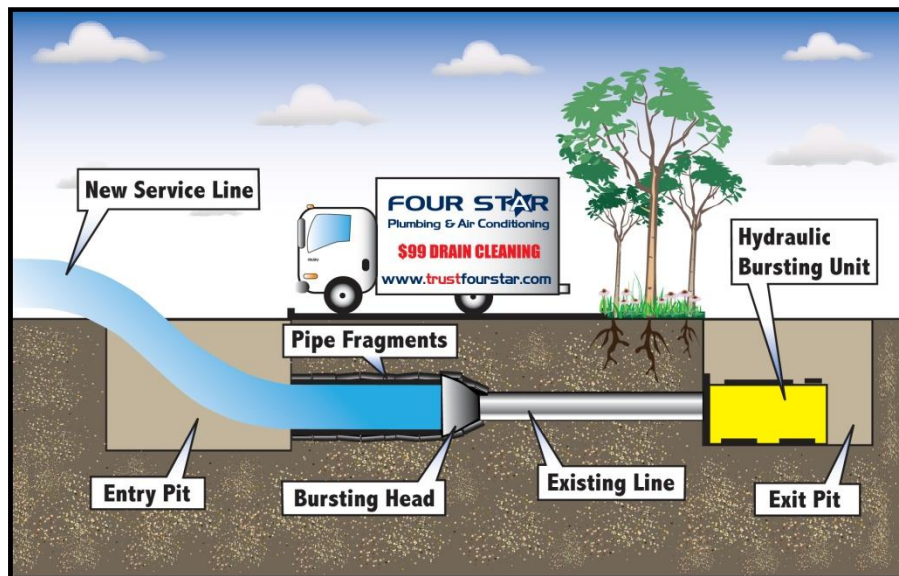


Foto 41 Esquema de trabajo de la tecnología Pipe Bursting Trustfourstar, 2011

Este método se utiliza frecuentemente cuando el deterioro y nivel estructural de la tubería existente es tan crítico que resulta más complicado y costoso entrar en una reparación, renovación e incluso una instalación en red no existente.



Foto 42 Sistema Pipe Bursting neumático Hammerhead, 2011

Técnicamente el proceso trabaja mediante un cabezal que va unido tanto a la tubería que se va a instalar como a un cable en acero anclado a la máquina Bursting. El proceso de trituración e instalación de la red se hace de manera simultánea. El rango promedio entre pozos debe ser alrededor de los 100m, una vez instalada la tubería generalmente de polietileno, se procede a realizar el acople de las acometidas y a establecer el servicio al público. (Támara, 2011)



Foto 43 Proceso simultaneo de rotura e instalación de una tubería a través del método de Pipe Bursting Hammerhead, 2011

Dentro del Pipe Bursting, se pueden encontrar 3 tipos de equipos para la aplicación del método el primero consta de equipos estáticos, los cuales manejan una alta potencia y son especiales para redes de agua potable y gas, estos equipos manejan una productividad de 60m por hora y colocan tubería desde 2" hasta 24" generalmente. Para romper la tubería utilizan varillas de acero alrededor del perímetro de la tubería a remplazar. El segundo equipo es de tipo neumático, estos son especial para aguas servidas como alcantarillados, trabajan utilizando topes que ayudan a romper la tubería existente, para ambos casos es necesario realizar dos pozos de apertura uno por donde va a entrar la tubería nueva y otro

donde se colocarán los equipos de potencia y halado. Finalmente existen los equipos portátiles que bajo el mismo principio se emplean para acometidas en donde se manejan distancias cortas y diámetros pequeños. (Hammerhead, 2011)

3.2.2.7.2 Características técnicas

Diámetros de Trabajo (mm)	51-914
Uso o Aplicación	Alcantarillados, Acueducto, Gas, Uso Industrial
Tipo de Solución	Totalmente Estructural
Vida Útil	50 Años
Longitudes Típicas de Instalación (m)	100-120

Tabla 20: Características técnicas del método de remplazo de tuberías Pipe Bursting. Támara, 2011

3.2.2.7.3 Ventajas

- Se logra instalar una tubería completamente estructural en el mismo sitio donde había una anterior.
- Hay una reducción de cerca del 85% de la excavación, si se compara con método a zanja abierta.
- El método aplica para cualquier tipo de material existente en el terreno.
- Se utiliza la misma ruta de la tubería existente para la instalación de la red nueva.
- Es posible mantener las pendientes de diseño que requiera el proyecto.
- La red nueva puede tener mayor diámetro lo cual aumenta la capacidad hidráulica.
- Al no necesitar una excavación importante, se disminuyen los problemas sociales a la comunidad.
- Al utilizar la misma ruta de la tubería antigua, se disminuye el riesgo de colapso con otros tipos de servicios públicos.
- El proceso de planeación y colocación es mucho más rápido y eficiente que los métodos a zanja abierta.
- A nivel de costos el método resulta viable económicamente.
- Es una tecnología que ha sido probada y tiene más de 25.000 km instalados a nivel mundial con un 20% de crecimiento anual en tuberías de diferentes servicios públicos.

3.2.2.7.4 Limitaciones

- El método no aplica para tramos considerablemente largos.

- Se requiere de pozos de apertura y salida, para las maniobras de colocación e instalación de la máquina.
- Para dar servicio o reemplazar a las conexiones (laterales) es necesario de excavación
- La vibración causada por la trituración de la tubería existente puede interferir con los servicios adyacentes a esta estructura.
- El proceso de reventado no debe utilizarse a menos de 300 milímetros de otro servicio público.
- El sistema no maneja curvas en tuberías existentes.

(Álvarez, 2011)

3.2.3 Tecnologías sin zanja para Inspección, Limpieza, diagnóstico y localización de redes subterráneas.

A pesar de que este trabajo de grado está enfocado a los métodos para la rehabilitación e instalación de redes de infraestructura subterránea, hemos querido a nivel informativo abordar de manera breve, solamente la descripción de los procesos de inspección, limpieza, diagnóstico y localización de redes subterráneas como complemento fundamental a la instalación y rehabilitación de estos sistemas. Cabe resaltar que la razón por la cual se involucraron estos temas de manera sucinta, es sencillamente porque se viene trabajando en un trabajo de grado los temas asociados a la aplicación y utilización de las tecnologías sin zanja para inspección, limpieza, diagnóstico y localización de activos en las redes de alcantarillado de la ciudad de Bogotá. Trabajo de grado que también está siendo dirigido por el Ingeniero Luis Alberto Jaramillo y está siendo elaborado por estudiantes de la universidad Javeriana.

Dentro de las políticas para la utilización de tecnologías sin zanja se recomienda que antes de entrar a rehabilitar una estructura de servicio público o sistemas de redes de tubería, se realice un proceso de limpieza de la red. Hoy en día podemos encontrar una gran variedad de equipos eficientes especiales para abordar este tipo de funciones como por ejemplo los equipos sofisticados de succión y presión, los cuales garantizan la remoción de cualquier tipo de material, sedimento o grasa existente que impida mediante robots dotados de cámaras con circuito cerrado, proceder posteriormente a realizar el proceso de inspección de la red. (Daza, 2011)

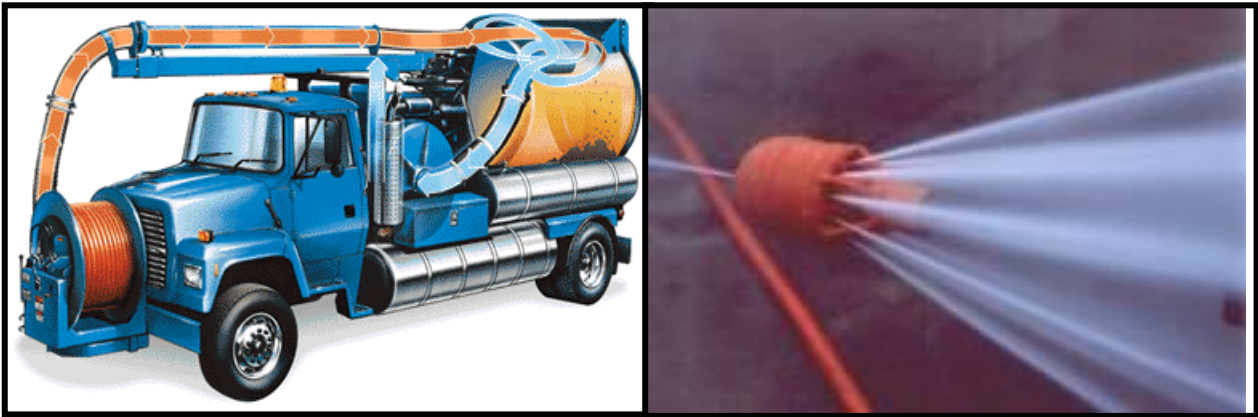


Foto 44 Camión para limpieza de tuberías y boquilla de succión presión Pavco, 2011

A continuación se presentan algunos valores promedio referentes a la aplicación de este tipo de equipos de limpieza.

- **Presión mínima:** 300 Psi
- **Presión máxima:** 1200Psi
- **Diámetros de aplicación:** Desde 150mm hasta 1200mm
- **Rendimiento:** Entre 100 m/día a 250 m/día

(Daza, 2011)

Cuando el proceso de limpieza a través del camión de succión presión no es suficiente, bien sea porque hay una raíz incrustada, porque hay una concentración de sedimentos fuertemente adheridos a la tubería o porque exista una superposición de servicios dentro de la misma, se emplean entonces una serie de equipos digitales robotizados que a través de sierras cortadoras o sistemas neumáticos entran a la tubería y eliminan las obstrucciones puntuales que estén causando el daño. Dentro de estos equipos encontramos los siguientes. (Durango, 2011)

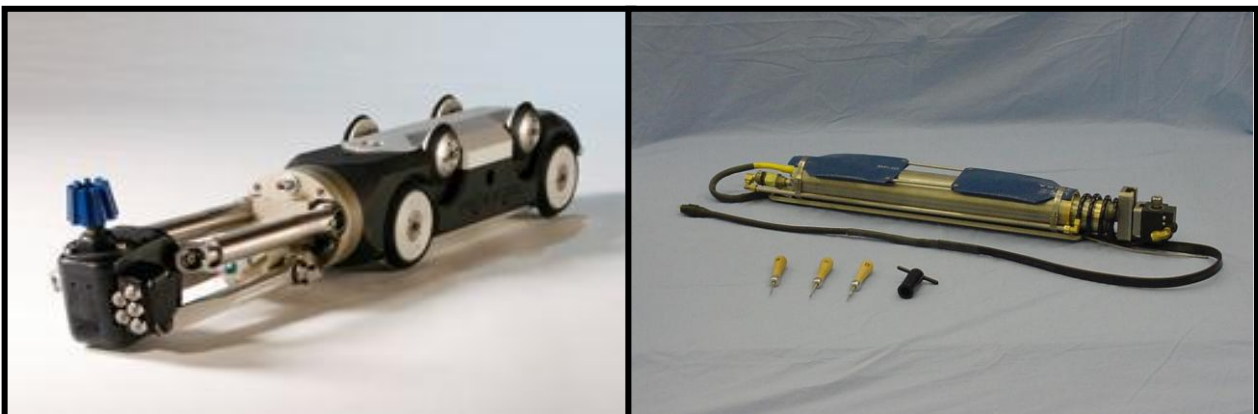


Foto 45 Equipos especializados en el corte de obstrucciones para tuberías Ve-Colombia, 2011

Luego de la limpieza del colector, es fundamental proceder con el proceso de inspección-diagnóstico, para esta etapa hoy en día el mercado brinda gran variedad de soluciones que están desde los equipos innovadores dotados de cámaras con circuito cerrado de televisión, como los equipos con infrarrojos y láseres que detectan daños operacionales y estructurales del sistema. Dentro de estos equipos podemos encontrar los siguientes.



Foto 46 Equipo de inspección-diagnóstico Eaab, 2010

Estos equipos no solo cuentan con herramientas para detectar problemas operacionales y estructurales del sistema sino que también brindan un diagnóstico cualitativo y cuantitativo del grado estructural de la red. Con estos resultados es posible evaluar aspectos de planeación en lo que compete a la gestión de activos y a su vez establecer la priorización de un sistema en términos de estado actual del conjunto de redes para así posteriormente generar una programación de actividades con el fin de intervenir los activos según como sea necesario.



Foto 47 Tractor para inspección de tuberías dotado de CCTV Gr Hidro, 2011

Este procedimiento se realiza nuevamente posterior a las actividades de rehabilitación, bien sea si se trata de una reparación puntual o de una renovación estructural, con esto se finaliza el procedimiento de inspección- diagnóstico y se garantiza que la nueva red presente la mejor condición operacional y estructural para los usuarios. (Penagos, 2010)

Ahora bien cuando nos referimos al campo específico de instalación nueva en red no existente, tenemos que abordar un aspecto esencial que complementa el buen procedimiento de estas tecnologías, estamos hablando de los estudios previos a la

instalación de los conjuntos de redes, procedimientos que corresponden a la localización de infraestructura subterránea existente. Dentro de los principales equipos que encajan en este ámbito tenemos los siguientes.



Foto 48 Localizador G2 para detección de redes Ve-Colombia, 2011

Estos sistemas funcionan a partir de espectros y ondas electromagnéticas que por medio de vibraciones determinan si existen o no redes de infraestructura subterránea. Con estos equipos es posible detectar tuberías metálicas y no metálicas además de cables que estén en profundidades cercanas a los 6m. (Durango, 2011)



Foto 49 Georadar 2150GR para detección de redes Tecmeco, 2011

3.2.4 Fichas resumen de las tecnologías de estudio

Anteriormente pudimos visualizar a manera general las distintas técnicas que se están empleando tanto para la instalación de tubería nueva como para la renovación, reparación y sustitución de la existente. Ahora se presentan varias fichas técnicas que resumen los aspectos más importantes de cada una de ellas. Fichas que pueden ser de gran utilidad tanto para los contratistas, constructores y consultores como para los mismos estudiantes o investigadores que quieran tener información rápida y concisa de los últimos desarrollos e innovaciones en redes de infraestructura subterránea.

FICHA 01-Empuje de Tubería (AVN)

CATEGORÍA SIN ZANJA: INSTALACIÓN DE TUBERÍA NUEVA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: EMPUJE DE TUBERÍA (AVN)

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: PIPE JACKING(AVN)

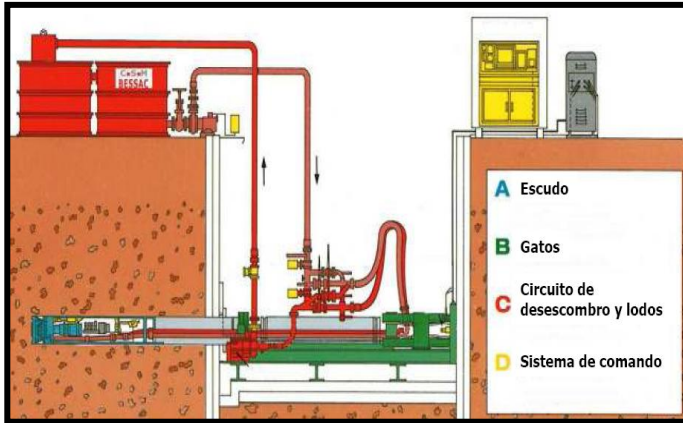


Foto 50 Esquema de Funcionamiento Pipe Jacking AVN. Bessac, 2011



Foto 51 Montaje de la tuneladora AVN Bessac, 2011

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

El proceso funciona a través de una máquina tuneladora la cual perfora el suelo en forma horizontal y de manera guiada. La tuneladora cuenta con sistemas hidráulicos que funcionan como gatos de empuje los cuales ayudan al desplazamiento de la máquina, a medida que se mueve la perforadora se van colocando uno a uno los segmentos de tubería hasta dejar instalado todo el tramo de red. Para tramos mayores a 100 metros es posible conectar estaciones intermedias que ayuden al empuje de la tubería. El sistema de conducción del material es mediante un circuito cerrado de mangueras (Maldonado, 2011)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
10"-138"
- Uso o Aplicación
Acueductos, Alcantarillados, Todo tipo de cables, Gasoductos, redes de combustible.
- Materiales que se pueden instalar
Gres, Acero, Concreto reforzado
- Vida útil de la estructura
50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
Mayores a 200m -600m

(Bessac, 2011)

VENTAJAS

- Las máquinas AVN trabajan en cualquier tipo de terreno.
- Mínima alteración al tráfico vehicular.
- El método puede aplicar sin importar la variable clima.

LIMITACIONES

- Se requiere de un estudio sobre redes existentes.
- Se requieren de pozos de apertura y salida para la máquina.

(Bessac, 2011)

FICHA 02-Empuje de Tubería (EPB)

CATEGORÍA SIN ZANJA: INSTALACIÓN DE TUBERÍA NUEVA
NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: EMPUJE DE TUBERÍA (EPB)
NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: PIPE JACKING (EPB)

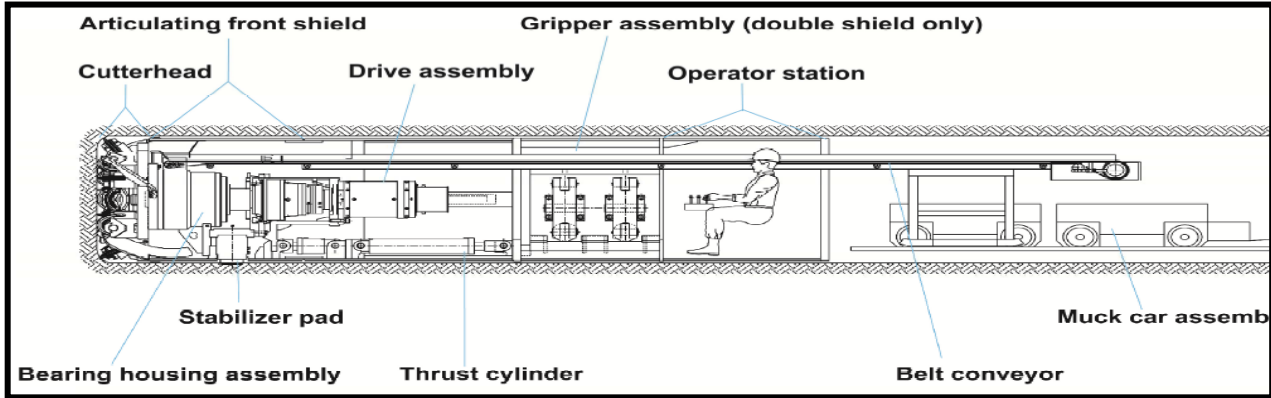


Foto 52 Esquema de Funcionamiento de una máquina EPB. Robbins, 2011

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

El sistema de funcionamiento de la máquina es básicamente igual al del Pipe Jacking AVN, difiere en que el operario se encuentra dentro del túnel, en que en vez de tener mangueras de conducción para el material excavado, el sistema cuenta con un tornillo que a medida que se excava el terreno, el material expulsado del mismo es transportado directamente a unos vagones por medio de rieles y finalmente, en que el sistema solo puede ser utilizado en suelos blandos. (Herrenknecht-EPB, 2011)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
55"-138"
- Uso o Aplicación
Acueductos, Alcantarillados, Todo tipo de cables, Gasoductos, redes de combustible.
- Materiales que se pueden instalar
Gres, Acero, Concreto reforzado
- Vida útil de la estructura
50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
Mayores a 200m -800m

(Robbins, 2011)

VENTAJAS

- Este método es direccionable lo que resulta en facilidad para liberar las condiciones del suelo.
- El transporte de material se hace a través de vagones, esto permite llevar gran cantidad de material excavado al exterior y de manera rápida debido a la conducción mediante rieles.

LIMITACIONES

- Solamente sirve para ser utilizada en suelos blandos y no en roca.
- Esta máquina no se puede usar bajo el nivel freático

(Robbins, 2011)

FICHA 03-Instalación de tubería por medio de dovelas

CATEGORÍA SIN ZANJA: INSTALACIÓN DE TUBERÍA NUEVA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: INSTALACIÓN DE TUBERÍA POR DOVELAS

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: PIPE INSTALLATION BY SEGMENTAL LINING

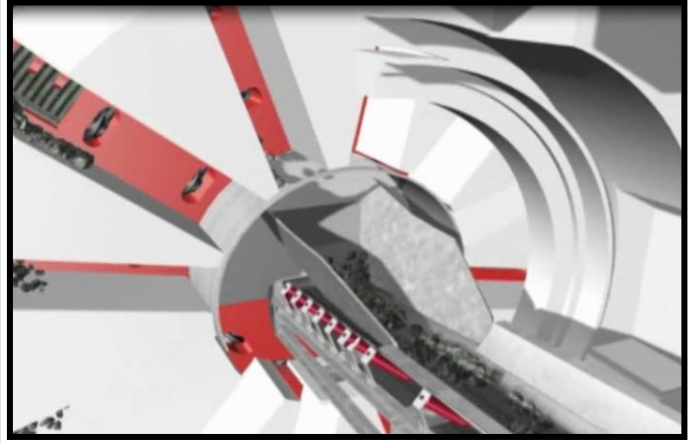
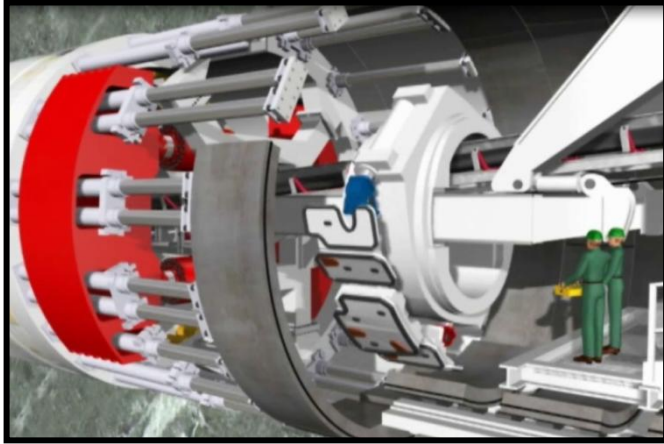


Foto 53 Instalación por dovelas Herrenknecht, 2011 Foto 54 Conducción del material excavado Herrenknecht, 2011

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

Este sistema funciona muy similar al Pipe Jacking tipo (EPB) la diferencia radica en que en este método se utilizan dovelas en vez de tubería circular prefabricada. Las dovelas constan de segmentos de tubería que se instalan a través de un robot operado manual por un experto. El sistema es autopropulsado, es decir la máquina se apoya y se empuja desde el último segmento de tubería instalada. El transporte de material es igual al utilizado en el Pipe Jacking tipo EPB (Double Shield, 2010).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
79"-148"
- Uso o Aplicación
- Alcantarillados, Vías de tipo férreo, o de tránsito mixto.
- Materiales que se pueden instalar
Concreto reforzado Principalmente
- Vida útil de la estructura
50 Años
- Longitudes típicas de instalación. Mayores a 300m -1500m

(Herrenknecht-EPB, 2011)

VENTAJAS

- Puede aplicarse en cualquier tipo de geología
- Grandes longitudes pueden ser instaladas

LIMITACIONES

- Se requiere de personal experto para el uso del robot y para el manejo de las dovelas.
- Se requiere de pozos tanto de entrada como de salida de la máquina
- Se requiere de un estudio previo de inspección de redes existentes.

(Herrenknecht-EPB, 2011)

FICHA 04-Instalación de tubería por medio lanzado de concreto

CATEGORÍA SIN ZANJA: INSTALACIÓN DE TUBERÍA NUEVA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: LANZADO DE CONCRETO

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: PIPE INSTALLATION BY GRIPPER TBM

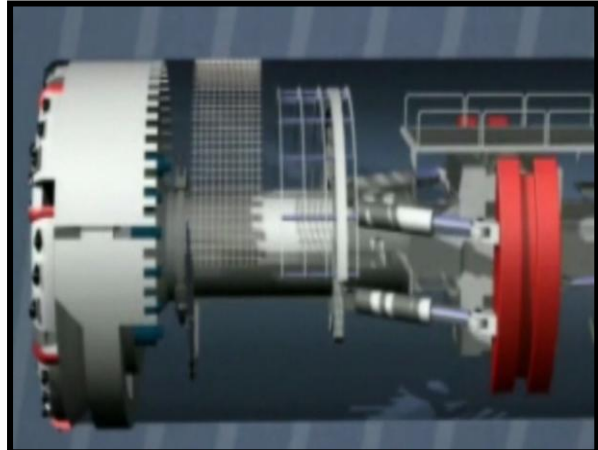
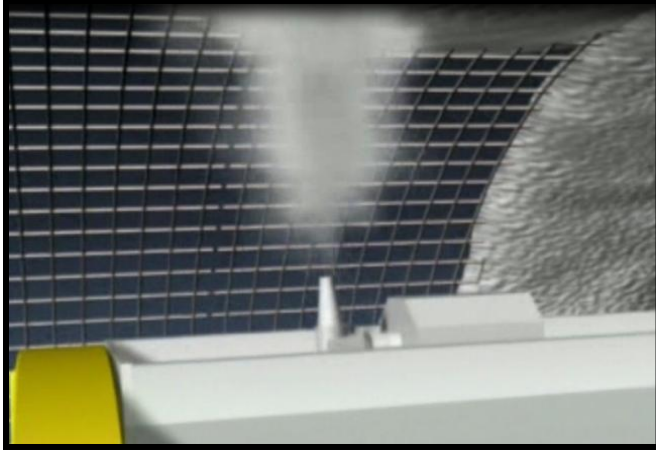


Foto 55 Proceso de Lanzado Herrenknecht, 2011

Foto 56 Instalación de la malla de Acero Herrenknecht, 2011

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

Este sistema funciona muy similar al método de instalación de tubería por medio de dovelas, la diferencia radica en que para este sistema se utilizan mallas o anillos de acero instalados por un robot y llenados con concreto por medio de lanzado. El sistema también es autopropulsado pero difiere del anterior método en que este se apoya de las paredes laterales del túnel y no desde el último segmento circular instalado (Gripper TBM, 2010)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
79"-148"
- Uso o Aplicación
- Alcantarillados, Vías de tipo férreo, o de tránsito mixto.
- Materiales que se pueden instalar

Mallas de acero rellenas de concreto

- Vida útil de la estructura
50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
de a 300m -1500m

(Gripper TBM, 2010)

VENTAJAS

- El sistema es autopropulsado, lo cual evita la construcción de estaciones intermedias.
- El rendimiento promedio de la máquina es de 40m/día
- Grandes longitudes pueden ser instaladas

LIMITACIONES

- Se requiere de personal experto para el uso del robot y para el manejo de las mallas de acero.
- Se requiere de pozos tanto de entrada como de salida de la máquina

(Gripper TBM, 2010)

FICHA 05-Perforación Horizontal Dirigida

CATEGORÍA SIN ZANJA: INSTALACIÓN DE TUBERÍA NUEVA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA (PHD)

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: HORIZONTAL DIRECTIONAL DRILLING (HDD)



Foto 57 Máquina HDD. Tecmece, 2011

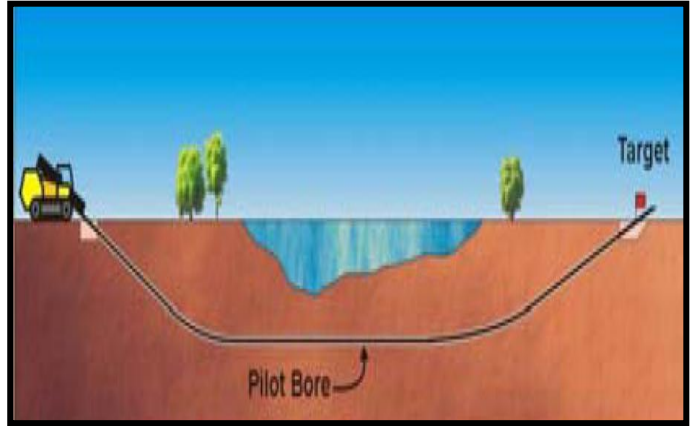


Foto 58 Perforación Piloto. Arizona University, 2011

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

Funciona a través de una máquina que perfora el suelo en forma horizontal y de manera guiada. Inicialmente se realiza un túnel piloto y en seguida a través de un expansor se efectúa el retroceso para dejar la abertura definitiva y la tubería instalada. El proceso puede ir acompañado de aire comprimido o bentonita para mantener firmes las paredes del túnel. (Sudamericana S.A, 2004)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
2"-60"
- Uso o Aplicación
Acueductos, Alcantarillados, Cables para TV o Teléfono, Fibra óptica, Gasoductos.
- Materiales que se pueden instalar
Polietileno de alta densidad (PEAD), PVC, Acero.
- Vida útil de la estructura
50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
Mayores a 500m
(ISTT, 2011)

VENTAJAS

- Se conserva el estado de la superficie, al no alterarse por excavaciones a cielo abierto.
- Se reduce el costo social ya que se evitan alteraciones a la superficie.
- El método puede aplicar para varios tipos de redes subterráneas.

LIMITACIONES

- El sistema no maneja pendientes constantes en tramos cortos.
- Puede haber colapso en las paredes del túnel, si el suelo es de tipo granular o rocoso.

(Vidal, 2004)

FICHA 06-Topos neumáticos

CATEGORÍA SIN ZANJA: INSTALACIÓN DE TUBERÍA NUEVA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: TOPOS NEUMÁTICOS.

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: IMPACT MOLING



Foto 59 Topos neumáticos trabajando Tecmecco, 2011

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

El proceso funciona básicamente a través de un topo o máquina de golpeo que mediante impactos sucesivos aproximadamente 100 por minuto logra alcanzar una alta productividad y penetrar el terreno que este bajo aceras o carreteras. Debido a esto esta tecnología genera el mínimo daño a la superficie. El sistema se complementa con equipos que permiten localización y progreso de la excavación. (Tecmecco, 2011)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
2"-5"
- Uso o Aplicación
Acueductos, gas, cables.
- Materiales que se pueden instalar
Polietileno de alta densidad, PVC.
- Vida útil de la estructura
50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
10m-50m generalmente

(Vidal, 2004)

VENTAJAS

- Es un método que se encuentra entre los más productivos y versátiles a la hora de instalar tuberías y cables de rango pequeño y mediano.
- Con este método el impacto ambiental y social por perturbación a la superficie es mínimo.
- Es uno de los métodos para instalación de tubería preferido por los contratistas esto debido al bajo costo de operación por metro de instalación que maneja.

LIMITACIONES

- Las longitudes de aplicación no son consideradas como largas.
- Si la operación es inadecuada, y además hay cambios bruscos del terreno es posible cierta desviación de los topos.

(Hammerhead-Mole, 2011)

FICHA 07-Hincado de camisas de acero

CATEGORÍA SIN ZANJA: INSTALACIÓN DE TUBERÍA NUEVA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: HINCAMIENTO DE CAMISAS DE ACERO

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: PIPE RAMMING

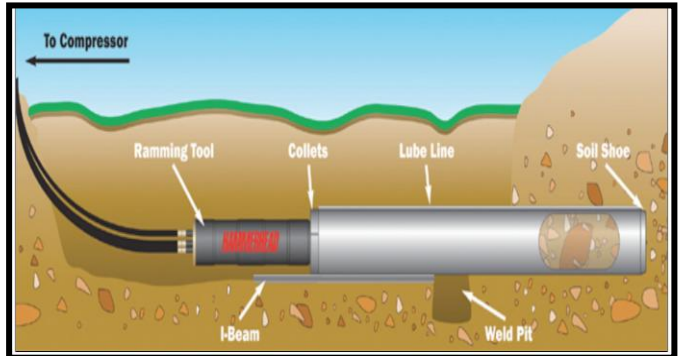


Foto 60 Martillo neumático Hammerhead, 2011 Foto 61 Instalación de la tubería Hammerhead, 2011

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

Este sistema se basa en hincar camisas de acero a través de un hammer o martillo neumático, que a partir de impactos sucesivos va golpeando la tubería progresivamente hasta finalizar la instalación. Una vez la tubería está en la sub superficie, se instala en la cara de apertura del tubo un compresor de alta potencia, el cual a través de aire a presión, limpia la tubería de todo tipo de material residual que este dentro de la misma. (Hammerhead-Ramming, 2011)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
4"-84"
- Uso o Aplicación
Alcantarillados y Tuberías de Gas
Materiales que se pueden instalar
Acero exclusivamente
- Vida útil de la estructura
50 Años
- Longitudes típicas de instalación. Hasta
100m generalmente

(Hammerhead-Ramming, 2011)

VENTAJAS

- En comparación con métodos convencionales para la instalación de tuberías de acero, este involucra un menor tiempo de puesta en marcha fuera de que se reducen los costos tanto de operación como de mantenimiento de los equipos.
- El método funciona en suelos difíciles donde existan pequeños y medianos fragmentos de roca.

LIMITACIONES

- Este método está condicionado exclusivamente para tubería de acero.
- Las longitudes que se instalan no son consideradas como largas.

(Allenwatson, 2011)

FICHA 08-Excavación de microtúneles

CATEGORÍA SIN ZANJA: INSTALACIÓN DE TUBERÍA NUEVA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: MICROTUNELES CON MÁQUINA BERBIQUÍ

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: MICROTUNNELING BY BERBIQUÍ MACHINE

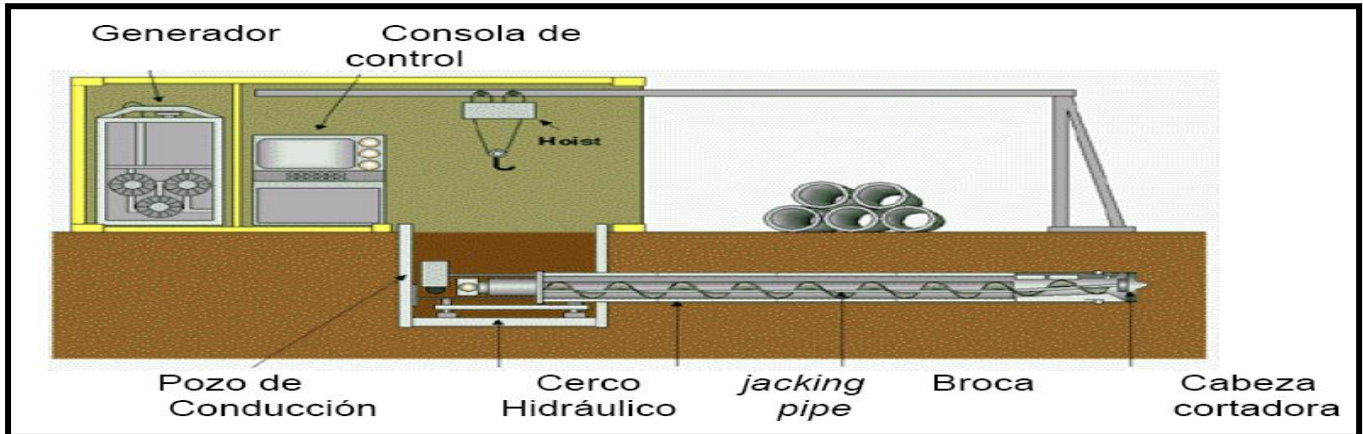


Foto 62 Proceso de instalación del método Microtunneling Vidal, 2004

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

Su principio consiste en la perforación horizontal del terreno a partir de una cabeza cortadora dotada de una serie de brocas. El terreno se desplaza simultáneamente la cabeza cortadora va moviéndose. Todo el sistema funciona a través de una planta o generador eléctrico controlados desde una unidad de control ubicada en la superficie. (Vidal, 2001)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo en túneles revestidos de acero (Pulgadas)
6"-60"
- Uso o Aplicación
Acueductos, Alcantarillados, Cables para TV o Teléfono, Gasoductos.
- Materiales que se pueden instalar
Acero principalmente
- Vida útil de la estructura
50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
Mayores a 60m

(Vidal, 2001)

VENTAJAS

- La perturbación e impacto al suelo es mínimo
- Se reduce el impacto social, al no intervenir la superficie de manera importante.
- El método funciona muy bien en suelos cohesivos y no cohesivos de comportamiento estable.

LIMITACIONES

- Las instalaciones son cortas y los diámetros son pequeños.
- El método no funciona con guía

(Vidal, 2001)

FICHA 09-Tornillo sin fin

CATEGORÍA SIN ZANJA: INSTALACIÓN DE TUBERÍA NUEVA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: INSTALACIÓN POR MEDIO DE TORNILLO SIN FIN

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: AUGER BORING

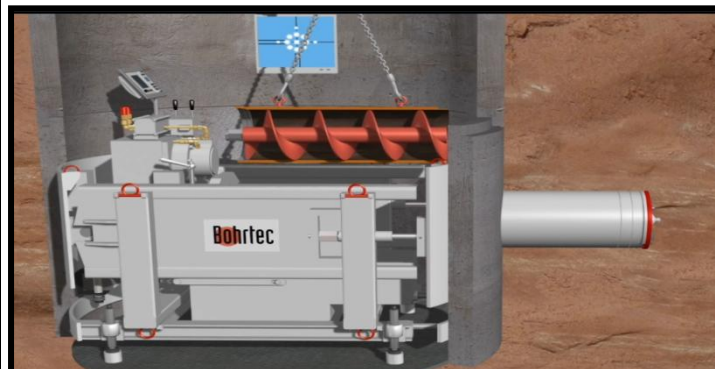


Foto 63 Máquina Auger Herrenknecht, 2011

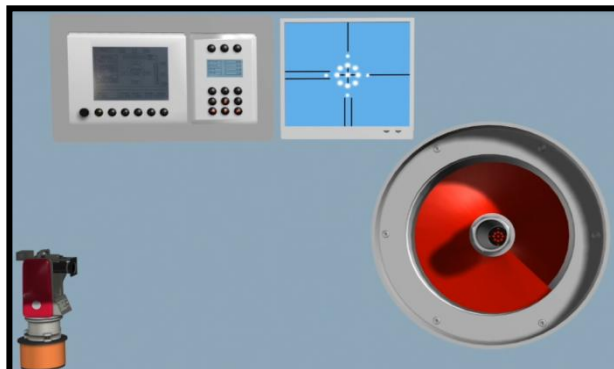


Foto 64 Sistema de guiado Herrenknecht, 2011

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

Este método funciona con la inclusión e hincamiento de una máquina tuneladora dentro de un pozo de entrada, seguido de esto, se procede con la inserción progresiva de los Casing o camisas de acero dotadas de un tornillo interno para el movimiento de tierras. Cuando la máquina termina la perforación, se retiran con una grúa e inmediatamente se empieza a instalar la tubería nueva la cual por medio de empuje va desplazando los Casing hasta el final. El proceso está acompañado por un laser digital que guía la perforación. (Robbins, 2007)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
36"-84"

- Uso o Aplicación

Alcantarillados y acueductos

- Materiales que se pueden instalar

Concreto, Gres

- Vida útil de la estructura

50 Años

- Longitudes típicas de instalación.

Hasta 200m generalmente

(Robbins Tbm, 2011)

VENTAJAS

- La productividad promedio es de 6m por día, sin embargo está sujeta al tipo de terreno encontrado.
- Los operarios no requieren de un entrenamiento riguroso y de fondo.
- Los discos cortadores tienen una larga vida y pueden rotarse para optimizar su desgaste

LIMITACIONES

- Las longitudes máximas están en el rango de los 200m
- Se requiere de un estudio de redes existentes, previo a realizar la perforación.

(Corral, M.; Sivesind, C. 2011)

FICHA 10-Instalación de tubería en un solo paso

CATEGORÍA SIN ZANJA: INSTALACIÓN DE TUBERÍA NUEVA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: INSTALACIÓN DE TUBERÍA EN UN SOLO PASO

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: DIRECT PIPE

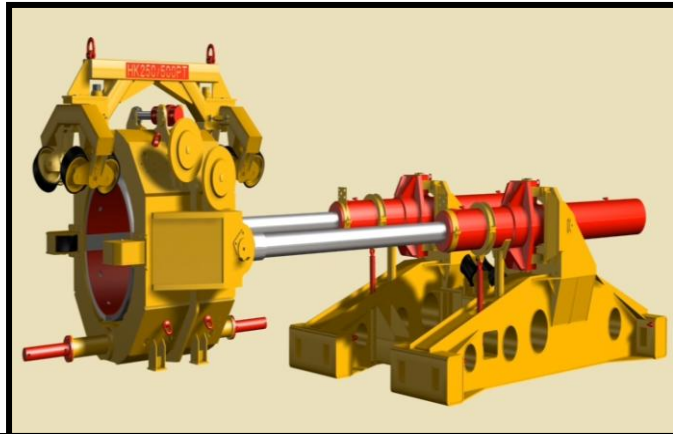


Foto 65 Máquina de empuje Herrenknecht, 2011 Foto 66 proceso de instalación Herrenknecht, 2011

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

Este es un método que combina las propiedades de la perforación horizontal dirigida y la microtunelería con la máquina perforadora de tipo AVN, la ventaja y particularidad de este método frente a otros es que la instalación de la tubería se hace en un solo paso y de manera directa, esto quiere decir que se pueden ahorrar pasos como el túnel piloto o el de instalar secciones paso a paso con ayuda de una grúa, aspectos que involucran mayores tiempos de instalación y por supuesto mas costos. (Direct Pipe, 2010).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
20"-60"
- Uso o Aplicación
Alcantarillados , acueductos, Gasoductos
- Materiales que se pueden instalar
pvc, pead,acero, polipropileno
- Vida útil de la estructura
50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
200m -2000m

(Pfeff, 2011).

VENTAJAS

- Instalación de tubería prefabricada en un solo paso.
- Proceso de construcción y adecuación rápido.
- Productividad de la máquina promedio de 3m/min

LIMITACIONES

- El proceso puede ser costoso para tramos pequeños
- Se requiere de personal experto para el manejo de la máquina
- Se requiere de un estudio previo que contenga las redes existentes.

(Direct Pipe, 2010)

FICHA 11-Tubería curada en sitio

CATEGORÍA SIN ZANJA: RENOVACIÓN DE TUBERÍA EXISTENTE

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: TUBERÍA CURADA EN SITIO.

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: CURED IN PLACE PIPE (CIPP)



Foto 67 Proceso de impregnación Pavco, 2011 Foto 68 Unidad de Reversado y Curado Pavco, 2011

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

El método comienza con la mezcla e inserción de una resina epóxica dentro de una línea textil a través de equipos dotados de rodillos que regulan y controlan la homogeneidad de la impregnación, luego se introduce la línea textil en la unidad de reversado y curado que a través de vapor de agua instala la tubería nueva dentro de la red existente. Este proceso de rehabilitación no comienza si no hay previo proceso de inspección y adecuación del colector. (Daza, 2011)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
6"-20"
- Uso o Aplicación
Acueductos, Alcantarillados, Gasoductos, Uso Industrial.
- Materiales que se pueden Rehabilitar
Concreto, Gres, PVC, Acero, mampostería.
- Vida útil de la estructura
50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
De 60m a 500m

(Pavco, 2011)

VENTAJAS

- Las metodologías es amigable con el medio ambiente ya que mejoran el uso del agua al trabajar con aire comprimido y vapor.
- Un proceso de instalación dura en promedio tan solo 12 horas de trabajo
- La metodología no implica ocupar grandes zonas de espacio, lo que mitiga el impacto a la movilidad y a la comunidad.

LIMITACIONES

- El costo de instalación puede resultar alto si se trata de tramos pequeños.
- El tubo original no debe tener una deflexión mayor al 10%

(Vidal, 2004)

FICHA 12-Tubería previamente doblada

CATEGORÍA SIN ZANJA: RENOVACIÓN DE TUBERÍA EXISTENTE

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: INSERCIÓN CON PREVIO DOBLADO DEL TUBO

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: COMPACT PIPE (CP)



Foto 69 Tubo de Polietileno en forma de U (Vidal, 2011)

Foto 70 Proceso de inserción (ISTT, 2011)

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

Este método funciona insertando un tubo de polietileno que viene de fabrica en forma de U o C. Este tipo de deformación facilita la inserción de este en la red original, una vez la línea de polietileno se encuentra dentro de la red se vierte vapor de agua dentro del mismo para que se estimulen las propiedades de memoria del material y así este se pueda adherir al perímetro de la tubería existente logrando su rehabilitación. Este proceso requiere de previa inspección y adecuación de la red. (Terraigua, 2011)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)

4"-20"

- Uso o Aplicación

Acueductos, Alcantarillados, Gasoductos, Uso Industrial.

- Materiales que se pueden Rehabilitar

Concreto, Gres, PVC, Acero, mampostería, Asbesto cemento

- Vida útil de la estructura

50 Años

- Longitudes típicas de instalación.

De 60m a 300m

(Ariaratna, 2011)

VENTAJAS

- Ofrece una alta resistencia a ataques químicos, altas temperaturas y a la corrosión.
- Se ofrece un control total del proceso en cuanto a la velocidad de instalación, control de la temperatura y tiempo de curado.
- Menores costos en obra al reducir el efecto de las excavaciones a zanja abierta, manejo de aguas y rendimientos de instalación.

LIMITACIONES

- Las longitudes que pueden ser instaladas están restringidas a lo que surta la fabrica.
- La aplicación está restringida para diámetros menores a 20"

(Ariaratna, 2011)

FICHA 13-Reparaciones puntuales

CATEGORÍA SIN ZANJA: REPARACIÓN DE TUBERÍA EXISTENTE

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: REPARACIONES PUNTALES MEDIANTE CAMISAS DE ACERO

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: QUICK-LOCK

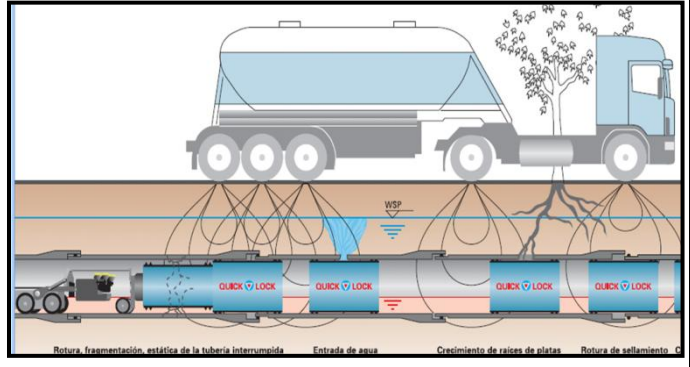


Foto 71 Camisas de Acero (Pipeliners, 2011)

Foto 72 Proceso de Instalación (Pipeliners, 2011)

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

El procedimiento consiste en ingresar un robot dirigido a control remoto dentro de la tubería a reparar. Cuando el robot encuentra el punto de reparación una camisa de acero inoxidable se expande mecánicamente hasta quedar prensada completamente a la tubería existente. Este método cuenta con cámaras de circuito cerrado de televisión y laser que detectan el daño puntual a rehabilitar. (Pipeliners, 2011).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
6"-48"
- Uso o Aplicación
Acueductos, Alcantarillados.
- Materiales que se pueden Rehabilitar
Concreto, Gres, PVC, Acero, mampostería, Asbesto cemento
- Vida útil de tramo Puntual
50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
Rehabilitación Puntual.

(Prieto, 2011)

VENTAJAS

- Se logra reparar con precisión el punto o área específica.
- Cuando se presentan fallas puntuales en la estructura de una tubería no es necesario entrar a reparar todo el tramo de la red.
- La reparación puntual que el método aplica es completamente estructural, por tanto le genera a la tubería un nuevo periodo de vida útil.

LIMITACIONES

- El costo de instalación puede resultar alto si se trata de tramos largos con varias reparaciones puntuales.
- Los robots son muy costosos, por tanto su manipulación debe ser ejecutada por personal experto.

(Pipeliners, 2011)

FICHA 14-Embobinado en espiral con máquina rotatoria móvil

CATEGORÍA SIN ZANJA: RENOVACIÓN DE TUBERÍA EXISTENTE

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: SISTEMA DE EMOBOINADO EN ESPIRAL A TRAVÉS DE MÁQUINA MÓVIL ROTATORIA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: ROTALOC

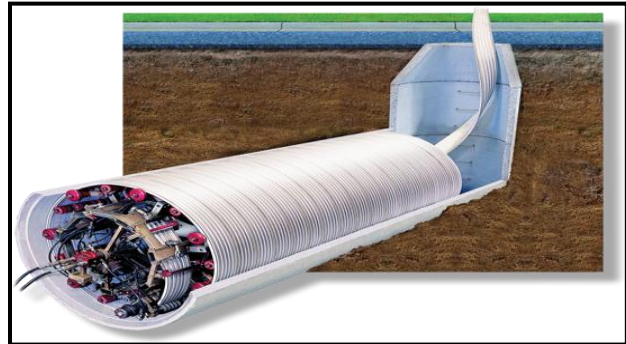
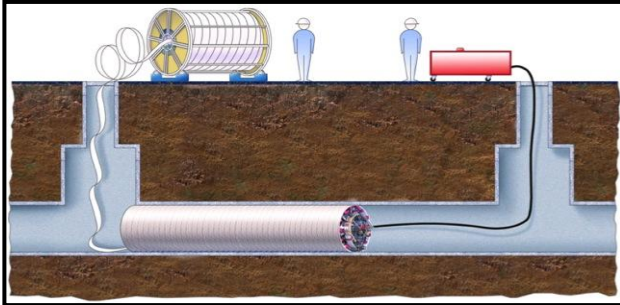


Foto 74 Proceso de Instalación (Pipeliners, 2011)

Foto 73 Robot Colocando la línea de elastómeros Termoplásticos (Pipeliners, 2011)

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

Este método funciona con un empaque de elastómeros termoplásticos muy similares al PVC que se van aplicando en forma de tiras continuas a través de una máquina rotatoria que gira en forma de espiral. A medida que la máquina avanza va dejando completamente sellada la tubería existente hasta finalmente rehabilitar el tramo o tramos deteriorados. (Pipeliners, 2011).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
30"-72"
- Uso o Aplicación
Alcantarillados.
- Materiales que se pueden Rehabilitar
Concreto, Gres, PVC, Acero, mampostería, Asbesto cemento
- Vida útil de la estructura
50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
60m-400m

(Prieto, 2011)

VENTAJAS

- Se pueden trabajar tramos largos con una simple y rápida operación.
- El revestimiento puede proveer un soporte estructural con un nuevo periodo de vida igual o mejor al de la tubería original.
- Curvaturas de gran radio pueden trabajarse a través de este método.
- Es posible trabajar con cambios en los diámetros de la tubería.

LIMITACIONES

- Sólo es posible trabajar con secciones circulares.
- Se requiere de personal experto para el manejo de los equipos.
- La reducción de la capacidad hidráulica puede ser considerable.

(Interflow, 2011)

FICHA 15-Embobinado en espiral con máquina rotatoria Fija

CATEGORÍA SIN ZANJA: RENOVACIÓN DE TUBERÍA EXISTENTE

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: SISTEMA DE EMOBOINADO EN ESPIRAL A TRAVÉS DE MÁQUINA ROTATORIA FIJA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLES: EXPANDA PIPE (SPR-EX)



Foto 75 Personal adecuando la máquina (Pipeliners, 2011) foto 76 Máquina rotatoria fija (Pipeliners, 2011)

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

Este método funciona con tiras sucesivas de PVC que se van aplicando en forma continua y entrelazada a través de una máquina rotatoria fija que gira en forma de espiral. Instalada la tubería nueva, se realiza un proceso mecánico para que la tubería se expanda y quede completamente hermética a las paredes del tubo huésped. La diferencia con el método de Rotaloc radica en que la instalación para este caso se realiza desde el Manhole o pozo de apertura, mas no a través de una máquina que circula por todo el conducto. (Interflow, 2011)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
6"-48"
- Uso o Aplicación
Acueductos, Alcantarillados.
- Materiales que se pueden Rehabilitar
Concreto, Gres, PVC, Acero, mampostería, Asbesto cemento
- Vida útil de la estructura: 50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
50m-300m

(Prieto, 2011)

VENTAJAS

- La instalación puede realizarse incluso cuando la tubería esta en uso.
- Lo materiales con lo que se rehabilita la tubería son resistentes a la corrosión y demás agentes químicos.
- El proceso no requiere de resinas, de curado o de tratamiento térmico lo que lo hace un método más rápido y fácil de aplicar.

LIMITACIONES

- Se requiere de personal capacitado que maneje robots para abrir los ramales laterales del tubo principal.

(Pipeliners, 2011)

FICHA 16-Embobinado de tiras de Acero y Pvc

CATEGORÍA SIN ZANJA: RENOVACIÓN DE TUBERÍA EXISTENTE

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: SISTEMA DE EMOBOINADO EN ESPIRAL A TRAVÉS CAMISAS DE ACERO

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: RIBLINE (SPR-ST)

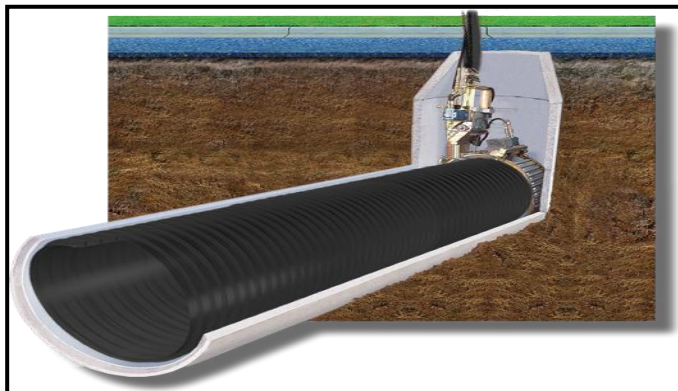


Foto 77 Colocación de las camisas (Pipeliners, 2011)

Foto 78 Personal trabajando (Pipeliners, 2011)

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

Este método funciona con tiras sucesivas de PVC incrustadas dentro de los perfiles de acero, la forma de instalación se hace a través de una máquina rotatoria ubicada en la entrada del pozo de apertura la cual a medida que gira empuja la combinación de las tiras de PVC con las camisas de acero hasta el pozo de salida, dejando así la tubería totalmente rehabilitada. Esta tecnología funciona con diámetros fijos, para distribuir las cargas y generar mayor adherencia se rellena con mortero la interfaz entre el tubo huésped y la tubería nueva. Estos métodos de rehabilitación requieren de previa inspección. (Prieto, 2011)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
16"-118"
- Uso o Aplicación
Alcantarillados.
- Materiales que se pueden Rehabilitar
Concreto, Gres, PVC, Acero, mampostería,
Asbesto cemento
- Vida útil de tramo Puntual
50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
50m-400m

(Pipeliners, 2011)

VENTAJAS

- Es de las pocas tecnologías que puede rehabilitar sistemas por encima de los 3000mm
- Varios calibres de acero se encuentra según las especificaciones de diseño de la obra.
- La instalación es continua, se previenen por tanto daños derivados del manejo de juntas.

LIMITACIONES

- Son tuberías pesadas que requieren de un manejo adecuado y seguro.
- Se requiere de estudios de suelos debido al alto peso que poseen las tuberías.

(Pipeliners, 2011)

FICHA 17-Fragmentación de tubería

CATEGORÍA SIN ZANJA: SUSTITUCIÓN DE TUBERÍA EXISTENTE

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: FRAGMENTACIÓN DE TUBERÍA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: PIPE BURSTING



Foto 79 Halado de la tubería nueva (EPM, 2011)

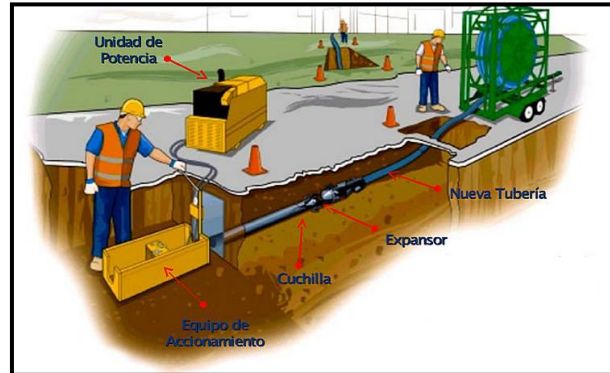


Foto 80 Proceso de instalación de Tubería (Treltec 2011)

PRINCIPIO DE LA TECNOLOGÍA

Esta técnica trabaja rompiendo la tubería existente a través de un cabezal dotado de una cuchilla y de un expansor que aumenta en algunos centímetros el diámetro original de la tubería existente. El material triturado es accionado al terreno circundante generando mayor estabilidad al mismo. A medida que se avanza con proceso de trituración, simultáneamente por medio de halado se comienza con el proceso de instalación de tubería. (Támara, 2011)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Diámetros de Trabajo (Pulgadas)
2"-36"
- Uso o Aplicación
Alcantarillados, Acueducto, Gas, Uso Industrial.
- Materiales que se pueden Rehabilitar
Concreto, Gres, PVC, Acero, mampostería,
Asbesto cemento
- Vida útil del tramo
50 Años
- Longitudes típicas de instalación.
100m-120m
- Tubería que se coloca
Principalmente Polietileno de alta densidad

(Támara, 2011)

VENTAJAS

- Se logra instalar una tubería completamente estructural en el mismo sitio donde había una anterior.
- Hay una reducción de cerca del 85% de la excavación, comparado con otros métodos.
- El método aplica para cualquier tipo de material existente en el terreno.

LIMITACIONES

- El método no aplica para tramos considerablemente largos.
- Se requiere de pozos de apertura y salida, para las maniobras de colocación e instalación de la máquina.

(Álvarez, 2011)

3.2.4 Consolidado técnico de las tecnologías estudiadas

A continuación se presenta una tabla con el resumen técnico de cada una de las tecnologías estudiadas.

TECNOLOGÍA	CATEGORÍA	PRINCIPIO	MATERIALES	DIÁMETROS DE APLICACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Pipe Jacking (AVN)	Instalación	Máquina tuneladora con circuito cerrado para el transporte de materiales	Gres Acero Concreto	10''-138''	Aplican en cualquier tipo de terreno	Se requieren de pozos de apertura y salida para la máquina
Pipe Jacking (EPB)	Instalación	Máquina tuneladora con vagones para el transporte de materiales	Gres Acero Concreto	55''-138''	Los vagones pueden transportar gran cantidad de material	No Aplican en cualquier tipo de terreno
Segmental Lining	Instalación	La instalación se hace con dovelas	Concreto Reforzado	79''-148''	Se pueden instalar Diámetros grandes	Generalmente solo aplica para concreto reforzado
Gripper TBM	Instalación	La instalación se hace por medio de mallas de acero rellenas de concreto	Concreto Reforzado	79''-148''	No requiere de estaciones intermedias	Generalmente solo aplica para concreto reforzado
Horizontal Directional Drilling (HDD)	Instalación	Instalación piloto y luego proceso de retroceso a través de un expansor	Polietileno de alta densidad, Pvc, Acero	2''-60''	El método es direccionable	No se manejan pendientes constantes en tramos cortos
Impact Molding	Instalación	Topos que instalan por impacto y golpes sucesivos	Polietileno de alta densidad, Pvc	2''-5''	Se pueden instalar diámetros pequeños de manera rápida	Las longitudes típicas de instalación son cortas (10-50m)
Pipe Ramming	Instalación	Instalación de camisas de acero por medio de un misil neumático	Acero	4''-84''	Método de instalación rápido comparado con métodos convencionales	Está condicionado a solo un tipo de material
Microtunneling	Instalación	Utilización de un tornillo sin fin para la excavación	Acero, Polietileno de alta densidad	6''-60''	Solo se requiere de un pozo de entrada para la máquina.	Las longitudes típicas de instalación son cortas (60m)

Auger Boring	Instalación	Hincado de tubería por medio de un tornillo sin fin	Concreto Gres	36''-84''	La productividad promedio es del orden de 6m por día	Se requiere de un estudio de redes existentes previo a la perforación
Direct Pipe	Instalación	Combina los métodos de Perforación horizontal dirigida y Pipe Jacking	PVC, Poliétileno de alta densidad, Acero, Polipropileno	29''-60''	Instalación en un solo paso	Procedimiento costoso en tramos pequeños
Cured in Place Pipe	Rehabilitación	Renovación por medio de resina epóxica adherida por medio de curado	Todo tipo	6''-20''	Proceso total dura 12 hr aproximadamente	El tubo original no debe tener una deflexión mayor al 10%
Compact Pipe	Rehabilitación	Renovación por medio de tubo de polietileno previamente doblado y luego curado	Todo tipo	4''-20''	Alta calidad a los ataques químicos	No aplica para diámetros grandes
Quick-Lock	Rehabilitación	Repara puntualmente el daño a través de una camisa de acero instalada por un robot	Todo tipo	6''-48''	No es necesario rehabilitar todo el tramo	Es costoso si son varias reparaciones en un mismo tramo
Rotaloc	Rehabilitación	Máquina de embobinado móvil que instala tiras de Pvc a través de movimientos en espiral	Todo tipo	30''-72''	Es posible trabajar con cambios de secciones durante un tramo	Solo es posible trabajar con secciones circulares
Expand Pipe	Rehabilitación	Máquina de embobinado fija que instala tiras de Pvc a través de movimientos en espiral	Todo tipo	6''-48''	La renovación puede realizarse incluso cuando la tubería este en uso	Se requiere de personal capacitado para que maneje robots para abrir las domiciliarias
Ribline	Rehabilitación	Máquina de embobinado fija que instala tiras de Pvc-acero través	Todo tipo	16''-118''	Es una de las tecnologías que aplica para renovación de diámetros de	Se requieren estudios de materiales y suelos ya que las tiras de

		de movimientos en espiral			sección grande	tubería son pesadas
Pipe Bursting	Rehabilitación	Reemplazo de tubería vieja por una nueva a través de un cabezal que fractura la existente	Todo tipo	2''-36''	Se logra instalar una tubería nueva en el mismo espacio de la deteriorada	No aplica para tramos largos, generalmente mayores a 100m

Tabla 21: Resumen de las tecnologías sin zanja. Fuente: Propia

4. TRABAJOS CON DIVERSOS ACTORES EN TECNOLOGÍA SIN ZANJA

Tal y como se indicó en los antecedentes, hoy en día existe un sector gremial que aglutina los principales actores de este campo de la ingeniería. Gracias a ello, el desarrollo y la evolución de este tipo de procedimientos a nivel colombiano ha dado un salto cualitativo importante en los últimos años, frente a lo que se realizaba anteriormente, de forma empírica y desorganizada. A continuación, se presentan los principales actores institucionales y empresariales dedicados tanto a la aplicación y utilización de la tecnología como a su desarrollo e investigación.

4.1 ACTORES INSTITUCIONALES Y EMPRESARIALES

Las principales empresas y actores institucionales relacionados con las tecnologías sin zanja, se encuentran vinculados al Instituto Colombiano de Tecnologías de Infraestructura Subterránea ICTIS, siendo la Universidad Javeriana el único miembro de carácter académico tal y como se indica en el cuadro siguiente.

<input type="checkbox"/> BESSAC ANDINA S.A	<input type="checkbox"/> CONCRETO
<input type="checkbox"/> PAVCO	<input type="checkbox"/> CMIJ INGENIEROS LTDA.
<input type="checkbox"/> TRELTEC INGENIERIA LTDA.	<input type="checkbox"/> OCEISA - OBRAS CIVILES E INMOBILIARIAS
<input type="checkbox"/> EAAB	<input type="checkbox"/> PIPELINERS COLOMBIA S.A.S.
<input type="checkbox"/> VE Colombia	<input type="checkbox"/> PRIETO & PRIETO INGENIEROS LTDA
<input type="checkbox"/> RESTITUBO S.A	<input type="checkbox"/> SOLETANCHE BACHY CIMAS S.A
<input type="checkbox"/> TECNOPIPE	<input type="checkbox"/> SYNERCORE
<input type="checkbox"/> SIKA	<input type="checkbox"/> TECMECO
<input type="checkbox"/> EPM	<input type="checkbox"/> TRENCHLESS S.A
<input type="checkbox"/> MANUFACTURAS DE CEMENTOS TITAN	<input type="checkbox"/> VERMEER COLOMBIA S.A
<input type="checkbox"/> ACC INGENIERÍA S.A.S	<input type="checkbox"/> EXTRUCOL
<input type="checkbox"/> CENTRAL S.A.S	<input type="checkbox"/> MOVITIERRA
<input type="checkbox"/> UNIVERSIDAD JAVERIANA	<input type="checkbox"/> HERRENKNECHT AG

Tabla 22: Empresas suscritas a ICTIS dedicadas a los diferentes temas de tecnología sin zanja. ICTIS 2011.

Una manera de estudiar el desarrollo y evolución de una tecnología en un país es a través del número de empresas asociadas al estudio, promoción y aplicación de estos métodos, al número de obras en este campo y al número de congresos o seminarios que promuevan la propagación de esta tecnología. Por ejemplo, la ISTT desde 1985 hasta el día de hoy ha ofrecido a sus interesados más de 15 encuentros relacionados a este tema en donde se ha podido lograr los objetivos de promoción y publicación en todos sus campos. Cabe resaltar que en el relativo corto tiempo de existencia de ICTIS se han realizado varios seminarios y congresos con los cuales se han logrado los anteriores objetivos. A continuación se presentan algunos de estos en donde se ha contado la participación de la Universidad Javeriana.

- PRIMER CONGRESO Y EXHIBICIÓN COLOMBIANA DE TECNOLOGÍAS TRENCHLESS DE INFRAESTRUTURA SUBTERRÁNEA. (Fecha 3 y 4 de junio del 2010 en Cartagena de Indias).
- 54 CONGRESO DEL SECTOR DE AGUA, SANEAMIENTO Y AMBIENTE ACODAL-ISTT-ICTIS (31 DE Agosto del 2011) Santa Marta.
- “SEGUNDO CONGRESO COLOMBIANO Y PRIMER CONGRESO ANDINO DE EXHIBICIÓN DE TECNOLOGÍAS “TRENCHLESS” Y DE INFRAESTRUTURA SUBTERRÁNEA – 2012” (fecha 17 y 18 de mayo en Cartagena de Indias).

4.2 CONTACTO CON DIVERSAS INSTITUCIONES Y CONTRATISTAS

Como parte de la elaboración de este trabajo de grado, se realizaron contactos que permitieron obtener información relevante, no solo de los procesos técnicos de cada una de las tecnologías sin zanja, sino también para percibir la situación de la aplicación actual de estos métodos en la ciudad de Bogotá.

En este contexto, una de las entidades que nos brindó información sobre el estado actual de las redes de alcantarillado de Bogotá y de los procesos que emplean para gestionar sus activos fue la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Asimismo, las empresas PAVCO S.A y BESSAC ANDINA brindaron la oportunidad de visitar sus obras. A su vez, empresas como HERRENCHNEHT, TITAN, TECMECO y PIPE LINERS dieron información clave para percibir la aplicación de estos procedimientos en la ciudad de Bogotá.

4.3 VISITAS TÉCNICAS REALIZADAS PARA ESTE PROYECTO DE GRADO

En esta fase y con el fin de complementar el estado del arte de las tecnologías sin zanja con la aplicación real de las misma, se realizó de común acuerdo con ICTIS y las principales empresas contratistas dedicadas a este sector de la ingeniería una serie de visitas en diferentes frentes de obra.

Durante las visitas se tomó información, como por ejemplo: localización, tipo de tecnología, diámetros, longitudes, materiales, equipos, tipo de personal etc. Estos datos se complementaron con registros fotográficos y de video, encuestas y entrevistas al personal presente en obra. A continuación, se presentan las fichas técnicas de las visitas realizadas.

4.3.1 Visita obra Empuje de tubería (AVN) (Pipe Jacking)

DATOS GENERALES DE LA OBRA

DIRECCION: CRA 27 # 47ª-91

FECHA DE INICIO DE OBRA: 14 DE SEPTIEMBRE DEL 2011

FECHA DE INICIO DE OBRA SIN ZANJA: 21 DE OCTUBRE DEL 2011

FECHA DE LA VISITA: 21 DE OCTUBRE DEL 2011

NOMBRE DEL PROYECTO: CANAL ARZOBISPO AVN 1200

EMPRESA CONTRATISTA: BESSAC ANDINA S.A

EMPRESA CONTRATANTE: CONSORCIO ARZOBISPO, JUNTO CON LA EAAB

CATEGORÍA SIN ZANJA: INSTALACIÓN DE TUBERÍA NUEVA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: EMPUJE DE TUBERÍA

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLÉS: PIPE JACKING AVN



Foto 81 Frente de obra con Tecnología a zanja abierta

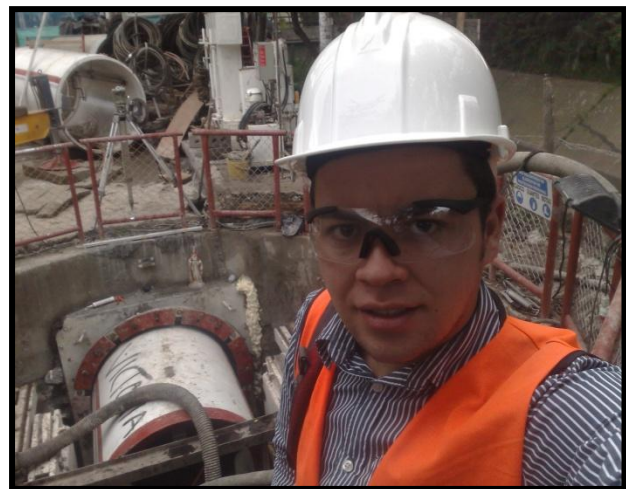


Foto 82 Frente de Obra con tecnología sin zanja

FINALIDAD DEL PROYECTO.

La finalidad de este proyecto consiste en ayudarle al canal en época de invierno, esto debido a que este recibe tanto aguas pluviales como sanitarias, debido a esto este canal se rebosa fácilmente bien sea con una precipitación media o alta. Con esta construcción se pretende que el canal solo reciba aguas pluviales, las sanitarias se reconducirían por otros sistemas que finalmente llegarían a la planta del salitre. Se espera que terminada la construcción los problemas de olores e inundaciones se mitiguen en la comunidad.



Foto 83 Pozo de salida de la máquina excavadora AVN.



Foto 84 Canal que se rebosa con facilidad

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Diámetros de Trabajo instalados:

1.2 m ó 48 pulgadas.

Tipo de Aplicación:

Alcantarillados combinados.

Longitud total del proyecto

602m

Longitud total sin zanja

198m

Longitud total con zanja

404m

Material de la tubería

Concreto reforzado de clase número 4
proveedores Cementos Titán.

Tipo de terreno

Arcilla

Vida útil de la tubería instalada

50 Años

Profundidad de la tubería

1.50 m



Foto 85 Camión con tubería lista para instalar



Foto 86 Camión con tubería lista para instalar.

Pasos para la instalación de la tecnología Pipe Jacking AVN en el proyecto

Se hace un pozo de entrada de diámetro entre 4 a 5 metros, luego a través de una grúa de aproximadamente 30 a 35 toneladas se procede a bajar la máquina túneladora, hecho esto se emprende a conectar todas las mangueras, cables y gatos hidráulicos respectivos. Una vez adecuada e hincada la máquina, se empieza a bajar el elemento faldón o cuerpo secundario de la máquina. A partir de este momento la máquina empieza a trabajar, de esta manera y con ayuda de la grúa para el desplazamiento de los prefabricados de tubería, se comienza a bajar una a una cada sección según como la máquina vaya avanzando. Este proceso se repite hasta que la máquina atraviese todo el tramo de estudio y llegue hasta el pozo de salida. Como datos particulares de este método se tiene que la cabina y toda la operación de la máquina se realiza desde afuera, es decir desde la superficie, la máquina se empuja así misma a través de gatos hidráulicos, el flujo de materia excavado funciona a través de mangueras, que dirigen y trasladan este material a un desarenador, el sistema posee un circuito cerrado de manejo de aguas y lodos que separan el material excavado y el agua es recirculada y reutilizada. Hay también tanques de reserva que separan el agua limpia de la que está en contacto con el material. Finalmente se encuentran los vagones donde se alberga la planta eléctrica, y la cabina de operación y control de la excavación, especialmente en el tema de pendientes, direccionalidad y profundidad de la máquina.



Foto 87 Máquina tuneladora en proceso de perforación Foto 88 Grúa para los prefabricados

ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO PARA TENER EN CUENTA.

Seguridad Industrial

El personal que trabaje en este tipo de tecnologías requiere contar obligatoriamente con Eps, Arp y pensiones. Esto debido a que se trabajan con excavaciones importantes que generan un alto riesgo de accidentes.

Personal necesario en Obra

Se debe contar principalmente con un Ingeniero Residente que dirija la obra y una comisión de 5 a 6 personas donde se incluyen mecánicos, eléctricos, 1 operador de la máquina, y auxiliares.

Permisos para intervenir el espacio público

Es necesario tramitar ante el IDU, los permisos necesarios para intervenir el espacio público como por ejemplo para excavación.

Plan de ordenamiento de tránsito

Se hace un cerramiento general de la obra e igualmente se coloca la señalización respectiva tanto la informativa como la de prevención.

Comentarios: Toda la información plasmada en estas fichas de visita a campo fue suministrada por los ingenieros residentes, especialmente por la ingeniería María Fernanda.

4.3.2 Visita obra Tubería curada en sitio

DATOS GENERALES DE LA OBRA

DIRECCION: CRA 11 –CALLE 94

FECHA DE INICIO DE OBRA: 26 DE NOVIEMBRE DEL 2011 A LAS 8 PM

FECHA FINAL: 27 DE NOVIEMBRE DEL 2011 A LAS 3 AM

FECHA DE LA VISITA: 26 Y 27 DE NOVIEMBRE DEL 2011

NOMBRE DEL PROYECTO: PROYECTO DE LA 94

EMPRESA CONTRATISTA: PAVCO S.A

EMPRESA CONTRATANTE: CONSORCIO COLOMBOMEXICANO “MICROTUNEL”

CATEGORÍA SIN ZANJA: REHABILITACIÓN DE TUBERÍA EXISTENTE

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN ESPAÑOL: TUBERÍA CURADA EN SITIO

NOMBRE DE LA TECNOLOGÍA EN INGLES: CURED IN PLACE PIPE



Foto 89 Proceso de impregnación



Foto 90 Proceso de reversado

FINALIDAD DEL PROYECTO.

La finalidad de este proyecto consiste en terminar las fases de rehabilitación que vienen desde la carrera séptima con calle 94 hasta la carrera 11 con calle 94, redes que en su mayoría son de tipo sanitario y presenta graves problemas estructurales y operacionales como grietas, fisuras y separación de la juntas



Foto 91 Manhole de entrada



Foto 92 Zona a intervenir

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Diámetros a rehabilitar:

200 mm

Tipo de Aplicación:

Alcantarillados Sanitario.

Longitud total del proyecto

24 m

Materiales que se pueden rehabilitar

Todo tipo de materiales inclusive acero

Promedios de instalación

100-200 m

Material de la tubería existente

Gres

Espesor instalado

4.5 mm

Vida útil de la tubería Rehabilitada

50 Años

Profundidad de la tubería

2 m



Foto 93 Inserción del liner



Foto 94 Plan de manejo del transito

Pasos para la Rehabilitación de la tecnología CIPP durante el proyecto

El procedimiento empieza haciendo un bloqueo de la red conocido como By Pass, este consiste básicamente en aislar el tramo de tubería para impedir el flujo y facilitar la manipulación del sistema. Seguido de esto se realiza un lavado de la tubería en donde se eliminan principalmente residuos sólidos que interfieran con el proceso de rehabilitación. Una vez realizado el proceso de limpieza, se inicia la inspección de la red por medio de robots dotados de circuitos cerrados de televisión. Esto garantiza que la red esté lista para ser intervenida. En este punto es posible proceder con la preparación y adecuación de las materias primas.

La primera fase consiste en la mezcla de la resina en un balde, este proceso no dura más de 10 minutos, una vez realizada la mezcla, se vierte dentro de una boquilla en donde poco a poco se empieza a llenar el liner. Para garantizar los espesores a rehabilitar se utilizan rodillos que regulan esta variable a través de la presión que ejercen sobre la línea, este proceso se conoce como impregnación y dura en promedio de 45 minutos a 1 hora y media según la longitud a rehabilitar.

Luego de esto se trae al sitio de obra el material preparado, allí se empieza con el proceso de reversado el cual consiste en colocar el liner dentro del pozo de entrada y luego a través de aire a presión se empuja la resina a través de toda la red a rehabilitar. Este proceso dura en promedio de 15 a 30 minutos según la longitud a rehabilitar. Finalmente se inicia con el proceso de curado en donde por medio de vapor de agua y a una temperatura promedio de 120 grados se acelera la reacción de la resina. Este proceso dura aproximadamente 6 horas. Luego del curado se deja reposar una hora y en seguida se proceden a realizar los cortes en los extremos. En algunos casos antes de abrir la tubería al servicio se puede realizar una nueva inspección para corroborar la calidad del proceso.



Foto 95: Proceso de mezclado



Foto 96: Procedo de vertido de la resina

ASPECTOS GENERALES DEL PROYECTO PARA TENER EN CUENTA.

Seguridad Industrial

El personal que trabaje en este tipo de tecnologías requiere contar obligatoriamente con Eps, Arp y pensiones. Esto debido a que se trabajan en lugares confinados a profundidades que pueden superar los 2 metros

Personal necesario en Obra

Se debe contar principalmente con un Ingeniero Residente que dirija la obra y una comisión de 5 a 6 personas donde se incluyen mecánicos, eléctricos, auxiliares y técnicos en cada una de las etapas.

Permisos para intervenir el espacio público

Fue necesario tramitar un permiso ante la Eaab ya que estas redes están dentro de la jurisdicción de esta entidad.

Plan de ordenamiento de tránsito

Se hace un cerramiento general de la obra e igualmente se coloca la señalización respectiva tanto la informativa como la de prevención.

Comentarios: Toda la información plasmada en estas fichas de visita a campo fue suministrada por los ingenieros residentes, especialmente por el ingeniero Mario Pérez.

Mediante la realización de estas visitas fue posible:

- Tener contacto de primera mano con la aplicación de las tecnologías a obras reales en Bogotá.

- Comprender las distintas fases de los proyectos, incluyendo la planeación y la ejecución.
- Conocer las experiencias de carácter práctico tanto del personal técnico como del personal experto encargado de las obras.

En la carpeta de anexos se registran las entrevistas, encuestas y los registros fotográficos que se llevaron a cabo para cada uno de los frentes de obra visitados.

4.4 PROYECTOS SIN ZANJA REALIZADOS EN COLOMBIA

A continuación, se presenta un espectro del tipo de proyectos de TSZ que se han venido desarrollando en el país, y principalmente en la ciudad de Bogotá. Estos proyectos contextualizan la evolución y las perspectivas que se tienen con la utilización de estos métodos durante los próximos años.

Una de las principales empresas que desarrolla proyectos de instalación de redes utilizando los métodos de Pipe Jacking y Microtunelería es Bessac Andina a continuación se presenta una tabla donde se detallan algunos de sus principales proyectos.

4.4.1 Proyectos con la tecnología Empuje de Tubería-Pipe Jacking

A continuación se presentan varios proyectos en donde se utilizó la tecnología Empuje de tubería. Estos proyectos han sido realizados en Bogotá, cada uno de ellos con exitosos resultados.

EXPERIENCIA CON EL METODO DE EMPUJE DE TUBERÍA-PIPE JACKING					
PAIS	CIUDAD	TIPO DE TRABAJO	DIAMETRO INSTALADO (mm)	LONGITUD INSTALADA (m)	MATERIAL DE LA TUBERÍA
Colombia	Bogotá	Ampliación de la autopista Norte	1600	786	Concreto
Colombia	Bogotá	Interceptor Tunjuelo bajo	600	2350	Concreto
Colombia	Bogotá	Interceptor Rio Bogotá	2200	9873	Concreto

Tabla 23 Principales proyectos a nivel nacional en los que ha estado la empresa constructora Bessac Andina. (Bessac, 2011)

EXPERIENCIA CON EL METODO DE EMPUJE DE TUBERÍA-PIPE JACKING			
PAÍS	Colombia	Colombia	Colombia
CIUDAD	Bogotá	Bogotá	Bogotá
PROYECTO	Interceptor Fucha Tunjuelo	Interceptor Fucha Canoas	Cll 187 con Autopista
UBICACIÓN	Interceptor que inicia cerca de la desembocadura del río Fucha (Fontibón) y finaliza en la desembocadura del río Tunjuelo (Bosa)	Soacha	Colector (Torca)
DIÁMETRO INSTALADO (mm)	3750	3200-4200	1800-2450
PESO TOTAL DEL ANILLO (Kg)	12850	-	-
ESPESOR (mm)	250	-	-
LONGITUD INSTALADA (m)	9800	9000	3000
MATERIAL DE LA TUBERÍA	CONCRETO	CONCRETO	CONCRETO

Tabla 24 Principales proyectos a nivel nacional en los que ha estado la empresa Titán. (Titán, 2011)

Fuera de Bogotá, también se han realizado proyectos con el sistema de Empuje de tuberías- Pipe Jacking, por ejemplo, el proyecto llamado interceptor Norte-Medellín el cual abordó las siguientes características:

Característica técnica	Descripción aproximada
Geología	Suelos aluviales
Longitud	Cerca de 8,0 Km
Diámetro	2,0 m y 2,4 m
Rango de profundidad de Instalación	8,0 m y 17 m

Tabla 25 Características técnicas del proyecto "Interceptor Norte" –Medellín, Colombia (Gutiérrez, 2011)

4.4.2 Proyectos con la tecnología Perforación Horizontal dirigida-HDD

Desde los últimos 10 años a nivel colombiano, se vienen realizando una serie de trabajos con la utilización de la tecnología Perforación Horizontal Dirigida-HDD. Por ejemplo la empresa contratista Treltec Ingeniería Ltda ha instalado cerca de 80000 m de tubería de HDPE con diámetros nominales entre los 90mm y 250 mm. A continuación se presentan algunos proyectos abordados en la ciudad de Cali y Bogotá con este tipo de procedimiento. (Gutiérrez, 2011)

Ciudad	Fecha de contrato	Longitud total y diámetro de la instalación (m y mm) Número de cruces
Bogotá	Noviembre 15, 2003	125 m de 160 mm de diámetro (3 cruces)
Bogotá	Diciembre 24, 2003	150 m de 63 mm de diámetro (2 cruces)
Bogotá	Marzo 4, 2004	145 m de 76 mm y 100 mm de diámetro
Bogotá	Junio 30, 2004	98 m de 110 mm de diámetro (5 cruces)
Bogotá	Septiembre 12, 2004	245 m de 76 mm y 100 mm de diámetro
Bogotá	Julio 25, 2005	1205 m de 90 mm de diámetro y 308 m de 110 mm de diámetro
Bogotá	Mayo 11, 2005	112 m de 160 mm de diámetro
Cali	Junio 26, 2007	115 m de 160 mm de diámetro
Bogotá	Agosto 9, 2009	121 m de 100 mm de diámetro

Tabla 26 Recopilación de algunos proyectos a nivel nacional utilizando la tecnología Phd Epm, 2011

En seguida se presentan unas fotografías tanto en un centro comercial de Bogotá, como en un aeropuerto militar de Cali. Allí podemos observar claramente la utilización de esta tecnología utilizada para la instalación nueva de infraestructura subterránea.



Foto 97 Trabajos con PHD en un centro comercial de Bogotá. Treltec, 2011



Foto 98 Trabajos con PHD en un aeropuerto militar de Cali. Treltec, 2011

A continuación se presenta una tabla con algunos registros de proyectos ejecutados por la empresa Treltec Ingeniería utilizando la tecnología PHD.

4.4.3 Proyectos con la tecnología Tubería curada en sitio-Cipp

Una de las tecnologías que ha tenido gran aplicación, principalmente en la ciudad de Bogotá, es la del Cipp. Debido al alto grado de deterioro de las redes de infraestructura subterránea como los alcantarillados, el método de Tubería curada en sitio se proyecta como uno de los procedimientos viables para la rehabilitación y renovación de este tipo de activos bajo tierra. A continuación se presentan algunos de los principales proyectos realizados en la ciudad de Bogotá por una de las empresas contratistas dedicadas a este sector de la ingeniería.

Experiencia de la empresa PAVCO S.A en el uso de TT				
PAÍS	Colombia	Colombia	Colombia	Colombia
CIUDAD	Bogotá	Bogotá	Bogotá	Bogotá
PROYECTO	Las Aguas	La Alquería	CII 106	CII 183
UBICACIÓN	Cra 3 con CII 19	Cra 68D con CII 40 Sur	CII 106 entre CRA 8ª Y 9 (Carril Sur)	CII 183 entre Cra 9 y 11
TIPO DE TRABAJO	Renovación totalmente estructural al colector de aguas combinadas	Renovación totalmente estructural al colector de aguas Residuales	Renovación totalmente estructural al colector de aguas combinadas	Renovación Parcialmente estructural al colector de aguas lluvias
DIÁMETRO INSTALADO (mm)	700	300	700-805	700
PROFUNDIDAD (m)	5	4	4.5	5.5
DURACIÓN DEL TRABAJO (HRS)	9,5	8,25	8,5	8,5

ESPESOR (mm)	15	15	15	6
LONGITUD REHABILITADA (m)	185	303	245,5	157
MATERIAL DE LA TUBERÍA	Gres	Gres	Gres	Concreto

Tabla 27 Principales proyectos a nivel nacional en los que ha estado la empresa constructora Pavco. (Pavco, 2011)

Otro tipo de ciudades como Medellín, también le han dado uso a este método como alternativa a los métodos convencionales en lo que refiere a la renovación y rehabilitación de redes de servicios públicos subterráneas. Uno de los primeros proyectos en donde se utilizó esta técnica fue la “Rehabilitación del colector “La Hueso”. El dueño del proyecto fue la empresa EPM. Este conto con una longitud de 1076m en donde se renovaron diámetros internos entre los 700, 800 y 900 milímetros. El proyecto tuvo una duración alrededor de las 12 semanas. Otro proyecto, también realizado en la ciudad de Medellín fue el de la “Avenida 33”. Esta obra contó con una longitud de 829m y con diámetros internos entre los 300 y 700 mm. El proyecto duro cerca de 6 semanas y la empresa dueña también fue EPM. (Gutiérrez, 2011)

A continuación se presenta un registro fotográfico de algunos de los proyectos anteriormente mencionados. En cada uno de ellos se presentan fotografías del antes y después, Así como de su ubicación geográfica y procedimiento de ensamble.



Foto 99 Proyecto de la Cll 106 a intervenir (Pavco, 2011)



Foto 100 Estado inicial de la tubería de la CII 106 antes de intervenir (Pavco, 2011)



Foto 101 Estado final de la tubería de la CII 106 después de intervenir (Pavco, 2011)



Foto 102 Apariencia final del proyecto “La Hueso” EPM, 2011



Foto 103 Torre de ensamble para el proyecto “Avenida 33” EPM, 2011

4.4.4 Proyectos con la tecnología Fragmentación de tubería-Pipe Bursting

Otro de los métodos que ha tenido gran acogida y utilización no solo en el mercado internacional sino también en el nacional es el método de Pipe Bursting. Cerca de 200.000 m de tubería HDPE se han utilizado para reemplazar las redes de infraestructura subterránea deterioradas. Dentro de los principales proyectos realizados en Colombia está la licitación ISCS-714- 2008 para la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá, bajo un programa de control de capacidad de la red. A continuación se presenta un cuadro con los

principales proyectos que se han aplicado en Colombia con esta tecnología. (Gutiérrez, 2011)

Ciudad	Año de ejecución	Longitud total y diámetro de la instalación (m y mm)
Bogotá	2002	5854 m de 76 mm de diámetro
Duitama	2003 a 2005	5585 m de 76 mm de diámetro; 1682 m de 100 mm de diámetro; 8153 m de 150 mm de diámetro
Neiva	2003	6243 m de 76 mm de diámetro
Chiquinquirá	2004	685 m de 76 mm de diámetro; 980 m de 100 mm de diámetro
Cartagena	2004	7070 m de 100 mm de diámetro
Bogotá	2005	500 m de 76 mm de diámetro; 550 m de 100 mm de diámetro; 345 m de 150 mm de diámetro
Cali	2005 a 2006	5337 m de 100 mm de diámetro; 1351,9 m de 150 mm de diámetro; 818 m de 200 mm de diámetro
Bogotá	2006 a 2007	3695 m de 76 mm de diámetro; 2543 m de 100 mm de diámetro; 293 m de 150 mm de diámetro
Bogotá	2007	440 m de 76 mm de diámetro; 498 m de 100 mm de diámetro; 495 m de 150 mm de diámetro; 356 m de 200 mm de diámetro
Dpto. Boyacá Duitama	2007	750 m de 76 mm de diámetro; 100 m de 100 mm de diámetro; 250 m de 150 mm de diámetro
Tunja	2007	1335,5 m de 76 mm de diámetro
Tunja	2009	2064,8 m de 76 mm de diámetro
Bogotá	2009	4350 m de 100 mm de diámetro; 2260 m de 150 mm de diámetro

Tabla 28 Recopilación de algunos proyectos a nivel nacional utilizando la tecnología Pipe Bursting Epm, 2011

La aplicación de estos métodos ha sido cada vez mayor desde los últimos años, una de las razones que ha inducido a este logro fue la creación de ICTIS. Tanto así que hoy en día existen varios proyectos sin zanja a realizar en los próximos años. Entre ellos están el diseño conceptual y detallado para la reposición y optimización del sistema de alcantarillado ubicado en la zona “Centro parrilla” y del sistema de acueducto del circuito orfelinato ambos en la ciudad de Medellín.

El proyecto presuntamente lo realizará la empresa INGETEC S.A por un valor cercano a los \$ 3,087,485,614 más IVA, la segunda parte la haría el consorcio integral Aquaterra por un valor de \$ 2,150,542,083 más IVA, ambos a precios reajustables. El plazo para la ejecución de este proyecto sería de 360 días calendario. (Gutiérrez, 2011)

Lo anterior muestra la manera cómo ha cambiado la forma de aplicar la tecnología en nuestro medio. De una manera empírica y desorganizada, a una forma elaborada que involucra una planeación y todo un proceso de ingeniería previo y durante la ejecución del proyecto.

4.5 COSTOS DE LAS TSZ Y COMPARACIÓN CON SISTEMAS CONVENCIONALES

Cuando hablamos de costos en ingeniería, tenemos que involucrar los costos directos que generalmente los asume el contratista y van ligados a lo que se gasta en obra; los costos indirectos que generalmente van asociados a los gastos de oficina, servicios públicos y pólizas; y otros costos asociados a la ejecución de los proyectos y representados en externalidades transmitidas a la sociedad. Estos últimos están relacionados con los impactos al transporte, los daños medioambientales y los perjuicios a los negocios. A continuación se presenta una tabla que propone una distribución de costos en proyectos de renovación y reparación de tuberías.

CATEGORÍA DE COSTOS	COSTOS PAGADOS POR:	EJEMPLOS
Directos del proyecto	Contratante (Dueño de la obra)	- Costos de Licitación -Costos del contratista -Costos de gestión
Contingencias		-Compensaciones por reclamaciones -Daños por contingencias -Daños a propiedades
Sociales y ambientales	Sociedad (Externalidades)	- Polución -Impacto ambiental -Impacto a negocios -impactos en la calidad de vida -Impactos al trafico

Tabla 29 componentes de los costos totales para proyectos de renovación y reparación de tuberías. Apeldoorn, 2009

Dentro de las actividades que se realizaron con los diversos actores institucionales y empresariales en tecnologías sin zanja; y gracias al material suministrado por ellos, fue posible realizar una serie de comparaciones de los costos por metro lineal de los sistemas convencionales y de las tecnologías sin zanja utilizadas para la instalación y rehabilitación de redes subterráneas. A continuación se presentan varias tablas con los costos por metro lineal de algunas instituciones y empresas contratistas dedicadas a este campo de la ingeniería. Cabe resaltar que cualquier comparación que se haga será de forma gruesa; en el sentido de que cada proyecto es diferente y las variables y condiciones de cada obra son únicas, lo cual hace que los costos puedan llegar a comportarse de manera irregular.

Esta primera tabla hace referencia a los costos de algunas tecnologías sin zanja, a partir de diferentes diámetros.

Tecnología – Diámetro (mm)	Rango de costo aproximado por metro (US\$/m)
Pipe – Bursting de 76 mm	30,00 [5]
Pipe –Bursting de 100 mm	35,00 [5]
Pipe – Bursting de 150 mm	40,00 [5]
Pipe – Bursting de 200 mm	55,00 [5]
PHD de 76 mm	160,00 [5]
PHD de 100 mm	190,00 [5]
CIPP de 700 mm	738,30 [1]
CIPP de 800 mm	1.039,40 [1]
CIPP de 900 mm	1.265,60 [1]

Tabla 30 Costos aproximados de trabajos sin zanja en Colombia Epm, 2011

Las siguientes tablas presentan los costos de la tecnología Cipp, bajo diferentes diámetros y según el tipo de superficie a intervenir. Igualmente se indican los costos con métodos tradicionales bajo los mismos parámetros y para diferentes contratistas.

Diámetro		Pavimento Flexible		Pavimento Rígido		Anden	
		Con Zanja	Sin Zanja	Con Zanja	Sin Zanja	Con Zanja	Sin Zanja
6"	150 mm	549.922	352.374	846.920	352.374	358.571	352.374
8"	200 mm	606.994	466.090	889.914	466.090	395.793	466.090
10"	250 mm	665.255	530.008	934.097	530.008	434.204	530.008
12"	300 mm	728.697	602.100	983.462	602.100	477.796	602.100
14"	350 mm	--	771.149	--	771.149	--	771.149
16"	400 mm	1.164.185	1.020.565	1.362.637	1.020.565	626.899	1.020.565
18"	450 mm	1.248.655	1.121.037	1.433.029	1.121.037	685.413	1.121.037
20"	500 mm	1.328.905	1.221.960	1.499.202	1.221.960	739.708	1.221.960
24"	600 mm	1.515.311	1.403.902	1.860.803	1.403.902	918.415	1.403.902
28"	700 mm	1.919.344	1.744.546	2.033.329	1.744.546	1.058.937	1.744.546
31"	800 mm	2.083.534	2.046.905	2.169.363	2.046.905	1.162.965	2.046.905
35"	900 mm	2.570.193	2.312.525	2.627.866	2.312.525	1.589.462	2.312.525

Tabla 31 Costos aproximados de trabajos sin zanja y con zanja en Colombia Pavco, 2011

PRECIOS CIPP (\$/ml)					
Diámetro (pulg)	Diámetro Ext (mm)	ESPESOR MANGA	VALOR SIN AIU	AIU (\$)	VALOR TOTAL (\$)
8"	200	4.5	\$ 862,738.00	30%	\$ 1,121,559.40
10"	250	4.5	\$ 921,393.00	30%	\$ 1,197,810.90
12"	315	4.5	\$ 979,939.00	30%	\$ 1,273,920.70
14"	350	4.5	\$ 1,039,730.00	30%	\$ 1,351,649.00
16"	400	4.5	\$ 1,157,073.00	30%	\$ 1,504,194.90
18"	450	6.0	\$ 1,301,610.00	30%	\$ 1,692,093.00
20"	500	6.0	\$ 1,371,693.00	30%	\$ 1,783,200.90
24"	625	7.5	\$ 1,582,920.00	30%	\$ 2,057,796.00
30"	786	9.0	\$ 1,848,414.00	30%	\$ 2,402,938.20
33"	860	10.5	\$ 2,344,823.00	30%	\$ 3,048,269.90
36"	950	10.5	\$ 2,719,800.00	30%	\$ 3,535,740.00
39"	1025	12.0	\$ 3,512,738.00	30%	\$ 4,566,559.40
42"	1101	12.0	\$ 3,806,598.00	30%	\$ 4,948,577.40

Tabla 32 Costos aproximados de trabajos con tecnología Cipp en Colombia Eaab, 2011

Finalmente se presentan los cotos de métodos tradicionales bajo diferentes profundidades y diámetros, así como los costos del método de remplazo de tubería conocido como Pipe Bursting.

PRECIOS REEMPLAZO Y/O REPARACIÓN TUBERÍA FLEXIBLE A ZANJA ABIERTA (\$/ml)							
DIAMETRO		Valor Total					
Diámetro (pulg)	Diámetro Ext (mm)	PROFUNDIDAD 0-2 m		PROFUNDIDAD 2-4 m		PROFUNDIDAD > 4 m	
		PAV. FLEXIBLE	PAV. RIGIDO	PAV. FLEXIBLE	PAV. RIGIDO	PAV. FLEXIBLE	PAV. RIGIDO
8"	200	403,725.77	980,936.80	603,184.59	1,180,395.62	783,197.59	1,360,408.61
10"	250	440,581.78	1,017,162.67	657,152.09	1,233,732.97	852,166.17	1,428,747.05
12"	315	485,481.30	1,061,432.05	719,396.74	1,295,347.49	929,411.90	1,505,362.65
16"	400	596,950.18	1,160,458.42	848,094.82	1,411,603.06	1,082,994.73	1,646,502.97
18"	450	670,857.24	1,222,553.11	938,139.10	1,489,834.97	1,187,720.25	1,739,416.12
20"	500	749,356.76	1,289,240.26	1,032,905.45	1,572,788.96	1,297,167.85	1,837,051.35
24"	625	909,599.32	1,414,045.71	1,241,540.24	1,745,986.63	1,549,846.37	2,054,292.76
27"	710	1,103,464.60	1,572,473.88	1,483,707.01	1,952,716.29	1,836,056.87	2,305,066.15
30"	786	1,244,852.60	1,678,424.77	1,673,511.85	2,107,084.03	2,069,905.45	2,503,477.63
33"	860	1,413,663.07	1,823,610.51	1,875,002.03	2,284,949.46	2,300,758.11	2,710,705.55
36"	950	1,887,751.02	2,262,261.35	2,428,689.70	2,803,200.03	2,969,628.39	3,344,138.72
39"	1025	2,160,523.09	2,499,596.31	2,752,174.77	3,091,247.99	3,343,826.46	3,682,899.68
42"	1101	2,320,998.32	2,636,446.80	2,946,458.67	3,261,907.16	3,571,919.03	3,887,367.51

Tabla 33 Costos aproximados de trabajos en tubería flexible con zanja abierta en Colombia Eaab, 2011

PRECIOS PIPE BURSTING (\$/ml)				
Diámetro (pulg)	Valor sin AIU (\$)	AIU (\$)	IVA Utilidad (\$)	Valor Total (\$)
3"	55,000.00	11,000.00	440.00	66,440.00
4"	55,000.00	11,000.00	440.00	66,440.00
6"	62,000.00	12,400.00	496.00	74,896.00
8"	85,000.00	17,000.00	680.00	102,680.00
10"	110,000.00	22,000.00	880.00	132,880.00
12"	140,000.00	28,000.00	1,120.00	169,120.00

Tabla 34 Costos aproximados de trabajos con tecnología Pipe Bursting en Colombia Eaab, 2011

Podemos observar que los costos derivados de los trabajos sin zanja y con zanja varían según, múltiples factores. Si por un lado están los costos directos asociados al gasto interno de la obra; por otro lado están los costos sociales relacionados a la ejecución de los proyectos y representados en externalidades transmitidas a la comunidad

Lo anterior puede inducir a pensar que para la planificación de un proyecto, no basta en comparar los costos directos de una tecnología innovadora con los costos directos de un método tradicional. Ya que como estamos viendo, las externalidades transmitidas a la comunidad por la ejecución de las obras de ingeniería pueden llegar a resultar en un mediano plazo mucho más costosas a lo que en principio costaba el proyecto.

Si analizamos los precios generales del Pipe Bursting, del Cipp, y de la perforación horizontal dirigida; vemos que resulta más viable reemplazar una tubería utilizando la ruta y línea existente que renovar o instalar una nueva. Por supuesto esto está ligado como lo dijimos anteriormente a las condiciones del proyecto, a lo que el contratista necesite y también a los rangos, aplicaciones y ventajas que ofrezca cada uno de estos procedimientos.

A continuación se presenta una grafica resumen en donde se comparan los métodos sin zanja según diámetros y costos para cada empresa contratista.

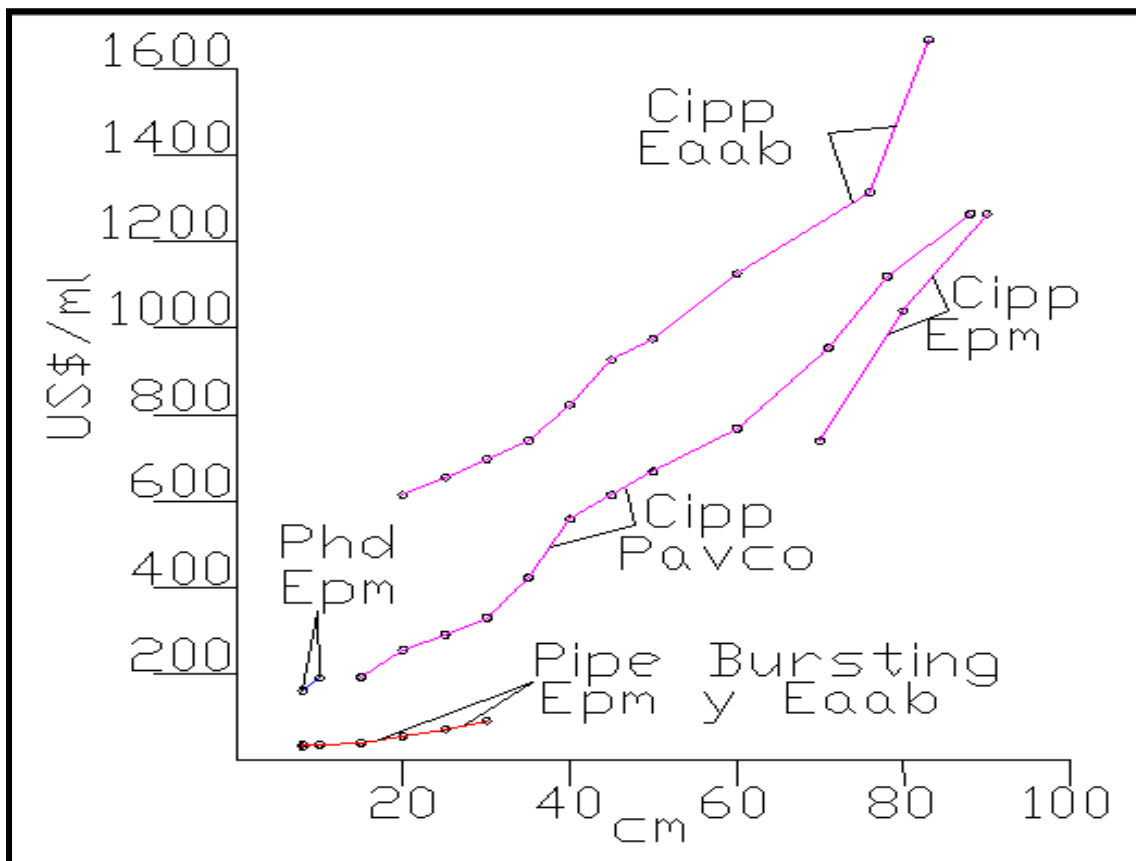


Gráfico 4: Relación entre las diferentes tecnologías y sus contratistas. Fuente Propia

En la siguiente grafica se presenta una relación de precios según la empresa Pavco. En esta se comparan los precios con zanja y sin zanja bajo diferentes diámetros. Cabe aclarar que no siempre los precios sin zanja son los más económicos; ya que todo proyecto como lo dijimos anteriormente es diferente y cada cual presenta su condiciones y especificaciones de diseño particulares. Lo que sí es cierto es que los costos derivados de las externalidades transmitidas a la sociedad, como los impactos al transporte relacionados en la interrupción del tráfico, costos medioambientales asociados al ruido, polvo y gases, y también costos de tipo económico asociados al cierre de negocios por causa de los proyectos de ingeniería, si son reducidos considerablemente con las tecnologías sin zanja.

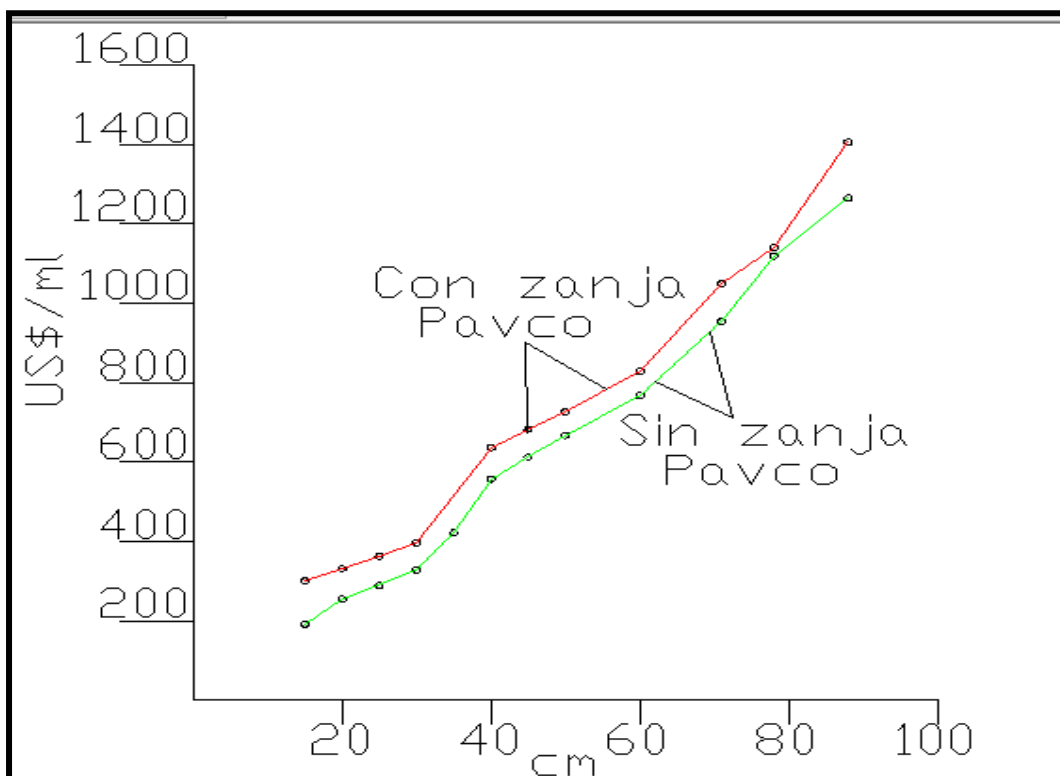


Gráfico 5: Comparación de costos con tecnología sin zanja y con zanja. Fuente Propia

4.5.1 Caso real para la comparación de las TSZ con los sistemas convencionales

En el 2006 se hizo un estudio realizado por Jhoanna Pucker en Louisiana Tech University donde se abordaron los costos sociales en proyectos sin apertura de zanja y con apertura de zanja. Estos fueron los 4 proyectos comparados

- I. Reemplazo de tubería de aguas lluvias, CA Boyce, Bried (1994)
- II. Rehabilitación de alcantarillado, Austria Kolator (1998)
- III. Rehabilitación de gasoducto, Italia Leonardo et al (1990)
- IV. Reemplazo de alcantarillado, Bélgica Michielsen (2005)

A continuación se presenta una serie de grafica en la cual se puede observar la incidencia que logro tener cada proyecto en los costos con apertura de zanja (Az) y sin apertura de zanja (Sz)

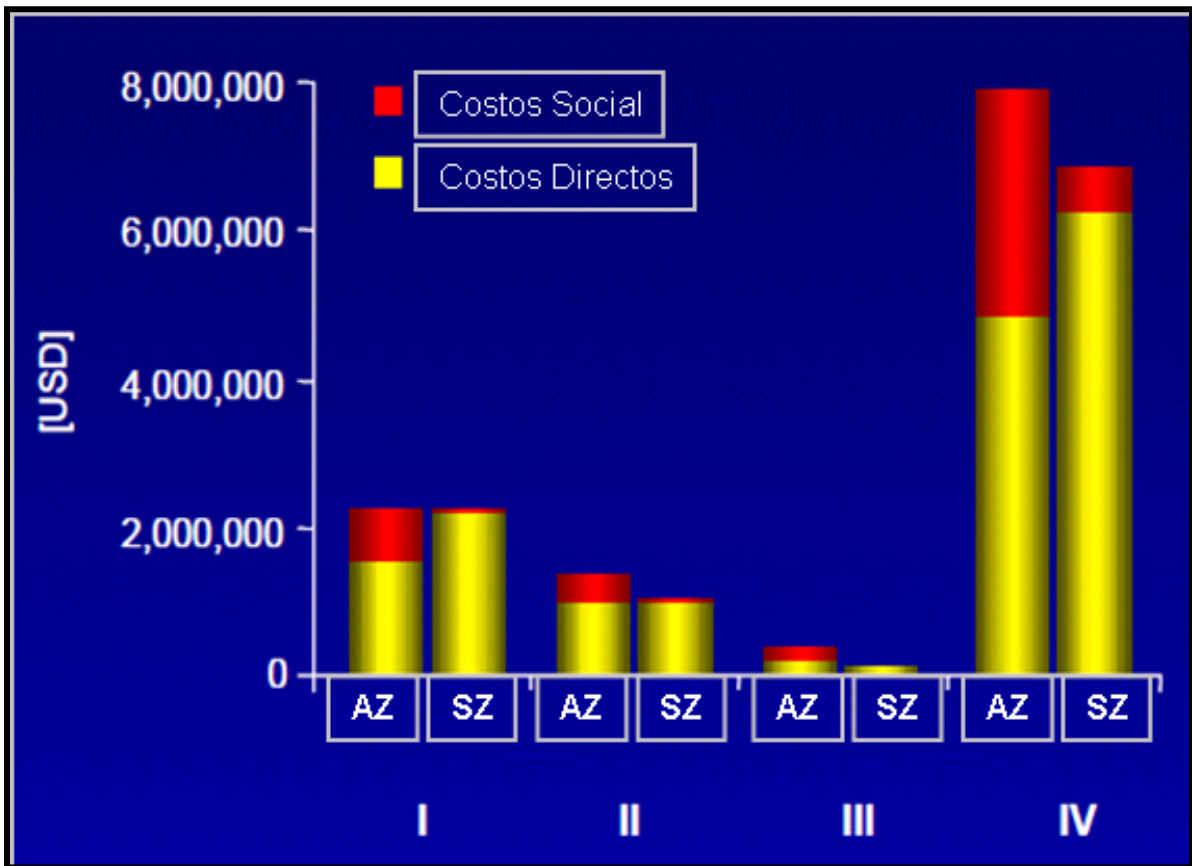


Gráfico 6: Incidencia de los costos con zanja y sin zanja para cada proyecto estudiado. Pucker, 2006

En seguida se presenta una distribución de de los diferentes costos que se evaluaron para cada uno de los proyectos.

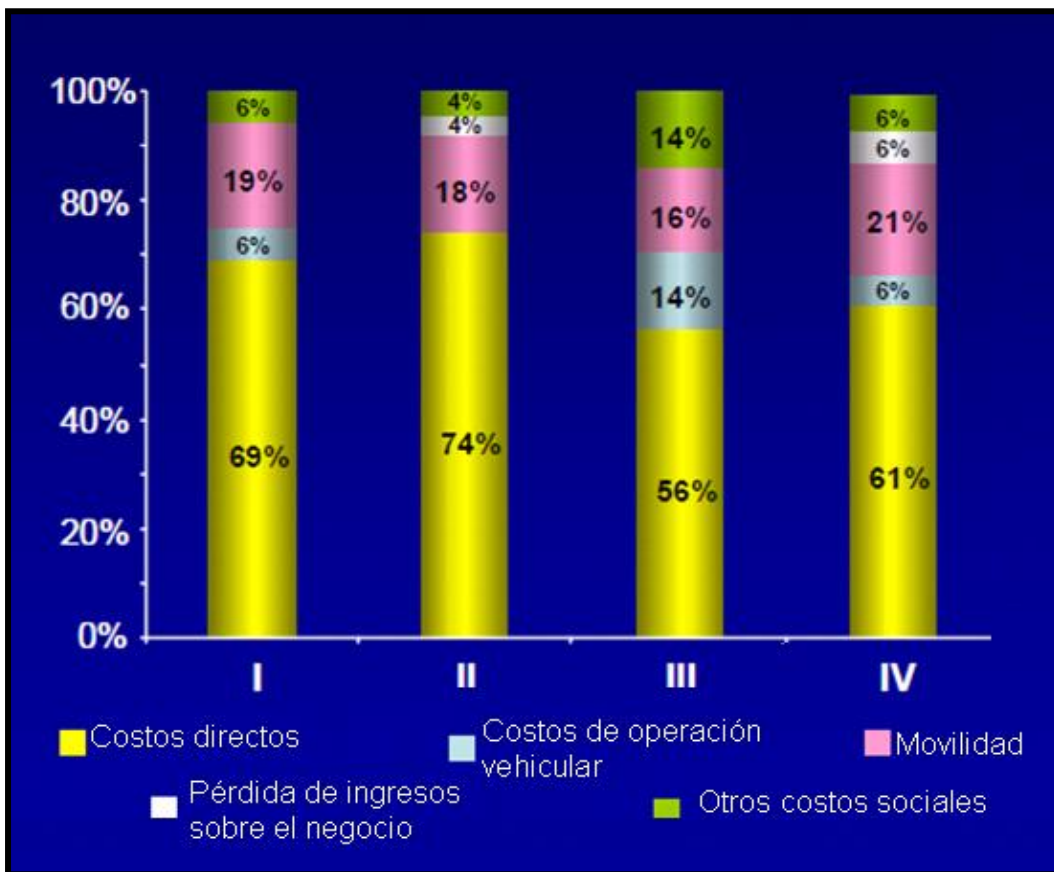


Gráfico 7: Distribución de los costos totales de cada uno de los proyectos estudiados. Pucker, 2006

A partir de la anterior grafica se realizó un análisis particular de la distribución del costo social e índice de importancia que este tuvo para cada proyecto.

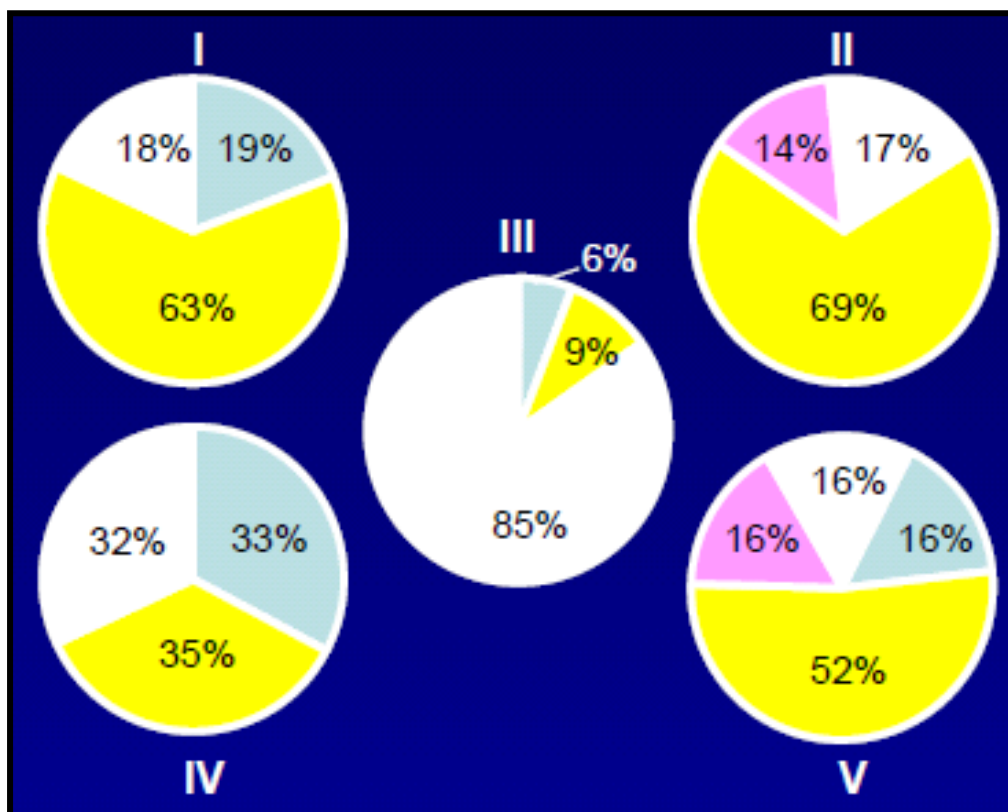


Gráfico 8: Distribución de los costos sociales para cada uno de los proyectos estudiados. Pucker, 2006

Claramente se puede observar que aunque los costos directos asociados al gasto en obra son en los cuatro proyectos más amplios cuando se usan métodos sin zanja. Esta tendencia se ve compensada cuando se involucran los costos sociales. En otras palabras lo anteriormente expuesto indica que el hecho que un proyecto sin zanja a nivel de costos directos valga más que uno con zanja; luego de un tiempo y sumando los costos sociales puede resultar lo contrario es decir que optar por un ahorro inicial puede terminar en un gasto mucha mayor finalizada la obra. Esto se puede extrapolar a los proyectos realizados y por realizar en Colombia, en donde muchas veces por querer los contratistas “ahorrar”, no se dan cuenta que al final; las obras les terminan costando mucho más de lo que inicialmente tenían pactado. Y peor aún, es que estos perjuicios derivados de la ejecución de estos proyectos de ingeniería, los termina pagando lamentablemente la sociedad.

4.5.2 Perspectivas de la aplicación de TSZ en las redes de alcantarillado de Bogotá

En los capítulos anteriores, se observó que existe una variada oferta de tecnologías sin zanja, cuya aplicación depende de factores como: Diámetros, características del suelo, materiales de las redes existentes entre otros. Así mismo se percibió en los gráficos del 4 al 8 que los costos directamente asociados a los proyectos con tecnologías sin zanja se encuentran eventualmente en un nivel muy similar a los mismos costos de las tecnologías convencionales (Con zanja abierta). Es decir que las tecnologías sin zanja cada vez están siendo más competitivas a nivel mundial y sus precios están convergiendo cada vez más a los métodos tradicionales. Por otro lado, si se tienen en cuenta que optar por usar las tecnologías sin zanja reduce en un alto porcentaje los costos asociados a las externalidades transmitidas a la sociedad como por ejemplo los impactos al transporte coligados a los tiempos de viaje de los usuarios, el cierre de negocios causa de la intervención al espacio público, el ruido, la polución, y las enfermedades asociadas a estos problemas, resulta de

ello una gran oportunidad para la aplicación y utilización de las TSZ en las redes de alcantarillado de la ciudad de Bogotá, más aún cuando hoy en día las políticas públicas de las ciudades van cada vez más encaminadas a la sostenibilidad ambiental y al cuidado del espacio público, dos factores esenciales que le dan aún mayor perspectivas de aplicación de estos métodos a las redes de alcantarillado de la ciudad.

Ahora bien para redondear las perspectivas que están teniendo y que se espera que continúen teniendo estas TSZ en la ciudad de Bogotá durante los próximos años, basta dar una mirada al capítulo 5.4.1 en donde por ejemplo sumando la cantidad de redes de alcantarillado combinado, sanitario y pluvial que están en grados 4-5 es decir que se encuentran en condiciones críticas y muy críticas de deterioro, tenemos que hay cerca de 3179 kilómetros que catalogan en estos grados, es decir que tienen altos índices de desgaste y necesitan de eminente intervención en sus sistemas. Una solución a este escenario está en la aplicación de las tecnologías sin zanja que fueron caso de estudio. A pesar de que no existe una condición como tal que impida el uso de estas tecnologías sin zanja en las redes de alcantarillado de la ciudad, con el fin de acotar las principales, en el siguiente capítulo se aconsejarán los métodos más aplicables bajo criterios como diámetros, materiales, suelos y otros. Lo anterior se hará con base en los resultados obtenidos del análisis del estado actual de las redes de alcantarillado inspeccionadas por la Eaab.

5. POTENCIAL DE UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA EN REHABILITACIÓN DE ALCANTARILLADOS

Para determinar el potencial de utilización de las tecnologías sin zanja a nivel de alcantarillados de Bogotá; se abordaron los registros del estado actual de las redes de la ciudad. Esta información fue suministrada por la Empresa de acueducto y alcantarillado, especialmente desde la dirección de ingeniería especializada. A continuación se presenta a manera de preámbulo, los tipos de proyectos que se pueden aplicar en los alcantarillados; así como las variables que se estudian para determinar el deterioro y vulnerabilidad de las redes.

5.1 PROYECTOS APLICABLES A LOS ALCANTARILLADOS

5.1.1 Proyectos de renovación

Los proyectos de renovación comprenden las actividades dirigidas a la adecuación de redes de infraestructura subterránea existentes. El objeto principal de este tipo de proyectos consiste en mejorar las condiciones tanto estructurales como operacionales del sistema. También con ello se permite brindarle al activo un nuevo periodo o ciclo de vida útil. Para ejecutar un proyecto de renovación; es necesario realizar una planificación previa que pueda ser llevada al mediano y largo plazo. En el caso de las redes de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Bogotá, este tipo de planeación se realiza sobre la longitud total del tramo a renovar, entendiéndose por tramo al conjunto de tuberías que pueden conectar dos accesorios o dos pozos. (Penagos, 2010)

Todos los proyectos de ingeniería civil se construyen para cierto periodo de vida útil, A continuación se presenta una grafica que relaciona el porcentaje de desgaste de una red de tubería con su periodo de vida útil.

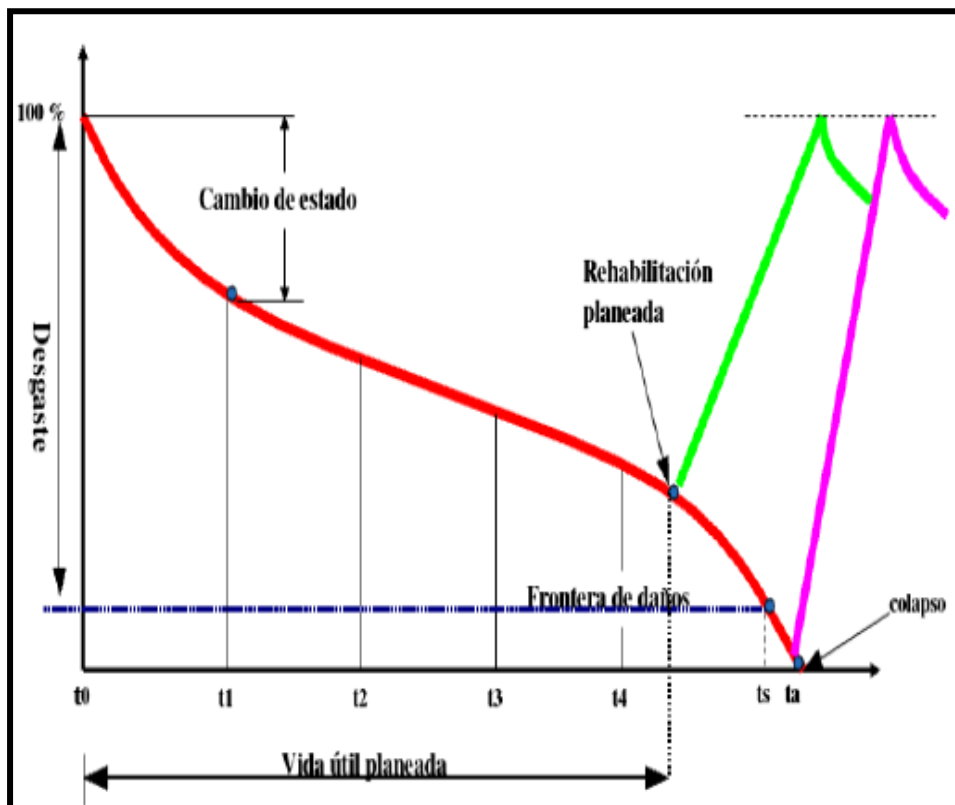


Gráfico 9: Relación entre el desgaste de una red de tubería y su periodo de vida útil. EAAB, 2011

La anterior grafica, nos muestra claramente como a medida que pasa el tiempo, el desgaste de la tubería va siendo cada vez mas critico. Tanto así que llega a un punto en donde colapsa. Por otro lado también se observa que es posible determinar un punto clave de intervención. En este punto se logra rehabilitar la tubería para alargarle un poco más su ciclo o periodo de vida útil. Conocer ese punto exacto para intervenir el sistema antes de que colapse, hace parte de la planeación y gestión de activos, tema que más adelante trataremos.

5.1.2 Proyectos de reemplazo

Este tipo de proyectos son todos aquellos que involucran un cambio total de los equipos, accesorios o activos existentes por la implementación de una nueva red totalmente estructural. Generalmente los proyectos de remplazo se utilizan cuando el estado de la red es tan crítico que resulta más económico cambiar la totalidad del tramo que entrar a reparar o renovar la red con alguno de los métodos sin zanja previamente estudiados.

En cuanto a la toma de decisiones que maneja la empresa de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Bogotá, para emplear este tipo de proyectos, se tiene que el remplazo de tuberías aplica cuando el nivel de deterioro supera el 30% del total del tramo a intervenir (Penagos, 2010)

A continuación se presentan unas fotografías; que muestran el nivel de deterioro de algunos tramos de alcantarillado de Bogotá luego de realizar un proceso de inspección.

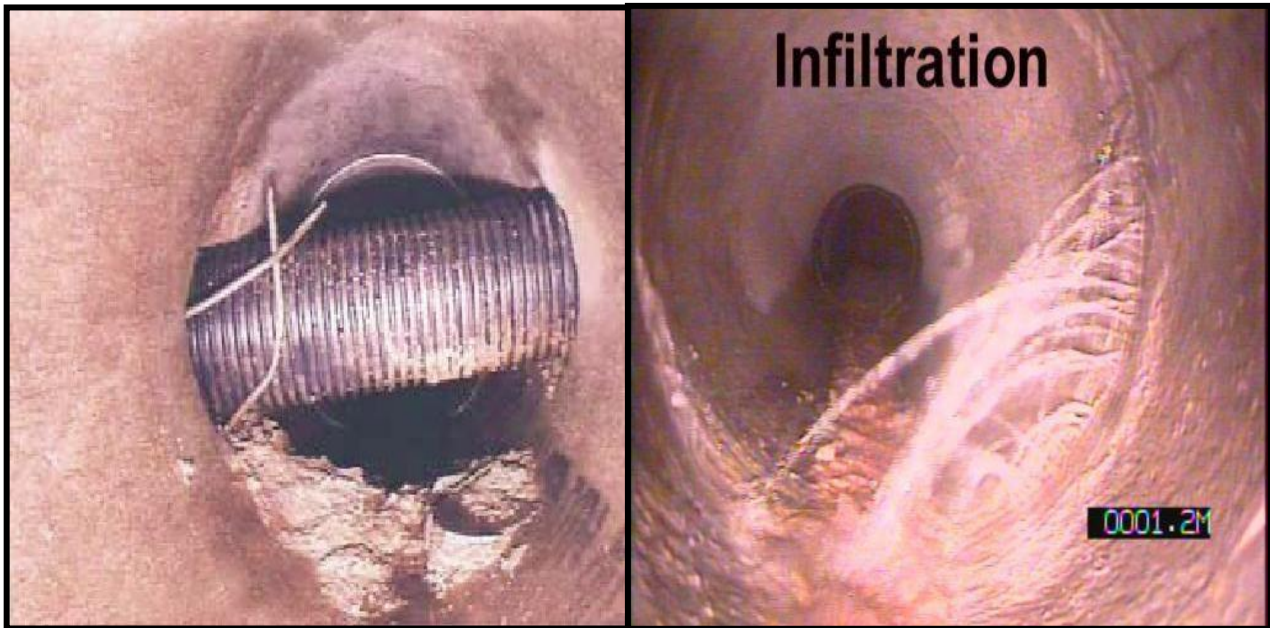


Foto 104 Daños estructurales y operacionales de las redes de alcantarillado según inspecciones con CCTV EAAB 2011

5.1.3 Proyectos de reposición

Este tipo de proyectos abarca los remplazos en aditamentos, accesorios o elementos individuales, que constituyan parte del sistema pero que ya no continúen funcionando; sea por pérdida, robo, o deterioro. Se aclara que para estos proyectos se excluyen elementos como tuberías, canales, conductos y demás tipos de obras lineales. (Penagos, 2010)



Foto 105 Medidor de agua potable EAAB 2011

Los proyectos de reposición pueden abarcar accesorios como las tapas de los alcantarillados, las rejillas, los hidrantes, las válvulas, los medidores etc.

5.1.4 Proyectos de mantenimiento correctivo y reparación

Este tipo de proyectos referentes a mantenimiento correctivo y Reparación, son generalmente aplicables a los activos que no estén comprometidos estructuralmente. Dentro de las principales actividades que se pueden aplicar en este tipo de trabajos, esta la

limpieza y la reparación puntual. La EAAB, utiliza este tipo de labores cuando el grado de deterioro del total del tramo es menor al 30%.

5.2 VARIABLES QUE SE ESTUDIAN PARA ESTABLECER EL DETERIORO DE LOS ALCANTARILLADOS

Los principales parámetros que se estudian para determinar el grado de deterioro y vulnerabilidad de la red son los siguientes.

5.2.1 Edad

Este es quizás uno de los factores que tiene mayor incidencia en los modelos de deterioro y desgaste de un sistema de redes de alcantarillado. En varias ciudades del mundo, se pueden encontrar tuberías alrededor de los 80 años de edad, tiempo que es bastante superior al promedio con el cual se diseñan activos de esta clase.

Hay que tener en cuenta que aunque este parámetro no es el único indicativo de deterioro y colapso de una red; si es un factor importante a tener en cuenta al modelar proyectos de priorización de redes. (Ávila, H.; Clavijo, W. 2002).

5.2.2 Material

Los materiales empleados en la construcción de redes de infraestructura subterránea están diseñados para cumplir con un periodo de vida útil, es por ello que cada material posee condiciones distintas en cuanto a durabilidad y funcionamiento; adicionalmente cada material tiene un tipo diferente de falla según su estructura química y según las cargas o desgaste al que se vea expuesto.

Las causas principales que afectan la vida útil de los materiales están ligadas a la corrosión, fallas en la instalación, roturas por desgaste, fatiga y defectos propios del material. (Ávila, H.; Clavijo, W. 2002).

5.2.3 Longitud y diámetro de la tubería

Estas dos variables permiten clasificar el grado de deterioro y vulnerabilidad de la red a través de la cantidad de fallas que presenta la tubería; durante un tiempo y según cierta longitud. Sirve también para conocer cuáles son los rangos de diámetros que presentan mayores índices de roturas y cuales necesitan mayor intervención. (Ávila, H.; Clavijo, W. 2002).

5.2.4 Localización de las tuberías

Este aspecto debe tenerse en cuenta para la modelación de un proyecto de priorización de redes de alcantarillado. Es totalmente diferente localizar una tubería en un terreno totalmente plano, en donde la presión de tierras difiere; a si el sistema posee una pendiente pronunciada; igualmente es distinto, trabajar con tuberías en donde la intensidad sísmica es baja, a ciudades donde la intensidad sísmica es alta. Aunque estos aspectos son externos a la tubería, terminan en muchos casos influenciando la vida y deterioro del sistema. (Ávila, H.; Clavijo, W. 2002).

5.2.5 Condición del suelo circundante

Para la planeación y gestión de un activo, no solo se debe contemplar los elementos estructurales que están intrínsecamente en la tubería, es de igual importancia establecer

parámetros de desgaste relacionados al suelo circundante como por ejemplo: nivel freático, calidad del agua y clima. Aspectos que aunque son externos al activo, en algún momento, podrían llegar a causar impactos en el grado estructural del sistema. (Ávila, H.; Clavijo, W. 2002).

5.3 Norma Ns-058 para rehabilitación de redes de alcantarillado

La norma NS-058 utilizada también en la inspección previa a la rehabilitación de un alcantarillado; expone dos componentes en la evaluación de elementos como: Deformación, deflexión, fisuras, roturas, daños superficiales, daño en las juntas y demás aspectos de tipo estructural. El segundo componente aborda aspectos como: Obstrucciones del sistema, depósitos, grasas y sedimentos adheridos a la red, infiltraciones y demás aspectos de tipo operacional (Ns-058, 2001). A continuación se presentan la escala de daños de deterioro de la red según la norma ya mencionada.

5.3.1 Escala de deterioro para redes de alcantarillado

A partir de los dos parámetros derivados de la inspección de redes de alcantarillado según la norma Ns-058, es posible categorizar el grado de deterioro de la red en 5 modalidades como se presentará a continuación.

Grado 1:

En este nivel de deterioro, no se encuentran defectos de importancia que repercutan en el deterioro estructural del sistema. Para redes con estas cualidades la nueva inspección se puede realizar a largo plazo.

Grado2:

Para este nivel, los defectos encontrados presentan mayor importancia. Caso en el cual la inspección siguiente se realizará en un mediano plazo.

Grado3:

A partir de este rango, los defectos encontrados en la red pueden generar problemas de tipo estructural e hidráulico. De no proceder a rehabilitar, la inspección siguiente debe realizarse a corto plazo.

Grado 4:

Este grado de deterioro encaja cuando los defectos encontrados en la red son de gran importancia y pueden ocasionar grandes problemas de tipo estructural e hidráulico. A partir de este diagnóstico es vital tomar las medidas necesarias para intervenir la red bien sea para renovarla o cambiarla.

Grado 5:

Este es el grado más crítico que puede llegar a tener una red de alcantarillado. Si una tubería o tramo de tuberías están en este nivel, significa que están a punto de colapsar o que ya colapsó. La intervención debe ser de carácter urgente e inmediato.

(Ns-058, 2001)

5.4 INFORMACIÓN GENERAL SOBRE LAS REDES DE ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ

Uno de los aspectos fundamentales para establecer el potencial de utilización de estas tecnologías, fue analizar el estado actual de estos sistemas a partir de las variables que son caso de estudio. Dicho análisis contó en primera medida con información general del total de redes de alcantarillado de la ciudad de Bogotá; en ella se contemplaron aspectos como edad de los sistemas y grado estructural. Esta información no fue procesada, simplemente se muestra tal cual como la empresa lo tiene establecido. En segunda medida, a partir de una muestra representativa de las redes inspeccionadas por la EAAB. Se realizaron varios análisis estadísticos que relacionaban su grado estructural con algunas variables que se tienen en cuenta en el deterioro y vulnerabilidad de una red como por ejemplo: Material, diámetros, tipo de sistemas entre otros.

Si bien este análisis no se puede generalizar al estado general de las redes de la ciudad de Bogotá por tratarse de cerca de un 3% del total de redes existentes; si puede ser un indicativo de cómo es el estado parcial de las redes de alcantarillado de la ciudad sobre lo que se ha inspeccionado. A continuación se presenta un mapa de Bogotá donde se muestra la dispersión de puntos referentes a lo que se ha inspeccionado. El color rojo indica el peor estado de la red, mientras que el verde el mejor.

Cabe resaltar que los datos que se tomaron en cuenta fueron de inspecciones realizadas en varias zonas de la ciudad lo cual brinda una muestra más confiable y representativa. En el anexo 34 se adjuntan los datos suministrados por la EAAB que se tomaron en cuenta.

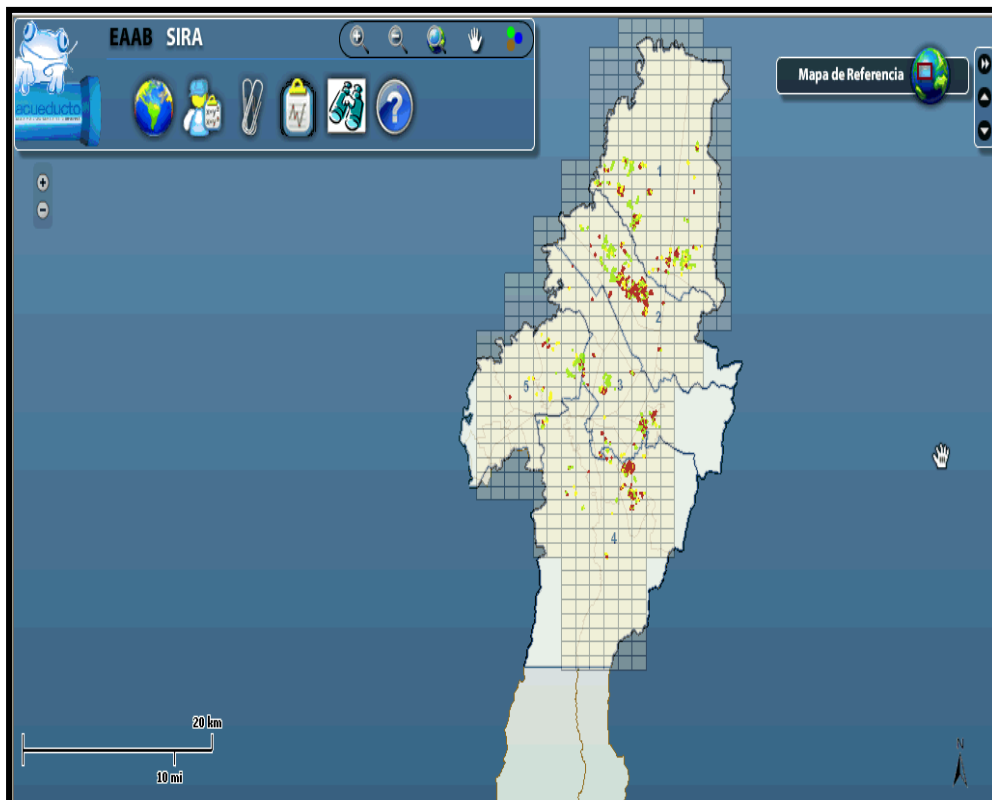


Foto 106 Mapa de la ciudad de Bogotá con las redes inspeccionadas EAAB 2011

El procesamiento de la información de las redes inspeccionadas se realiza mediante el SIRA. Esta es una herramienta diseñada por la Dirección de Ingeniería Especializada de la Empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá, para la toma de decisiones sobre los proyectos de inspección y rehabilitación de redes. Este sistema está soportado sobre un modelo estructural que por un lado predice de manera aproximada el estado actual de las redes del sistema de alcantarillado y por otro lado se soporta en un modelo de priorización que efectúa la clasificación de los tramos de acuerdo a su grado estructural y criticidad. El SIRA se encuentra soportado por la última actualización del SIGA (Sistema integrado de gestión de alcantarillados) que permite la utilización del SIRA mediante una plataforma web.

Con esta herramienta se pretende reducir de muy alto a bajo los índices de riesgo de colapso del sistema de alcantarillado, mitigando el impacto producido por los problemas de antigüedad, material, diámetro y tipo de sistema de las tuberías de la red en la ciudad. (Penagos, 2011). A continuación se presenta una pantalla de un plan de priorización para Bogotá con base en los registros de inspecciones y demás información cargada al sistema.

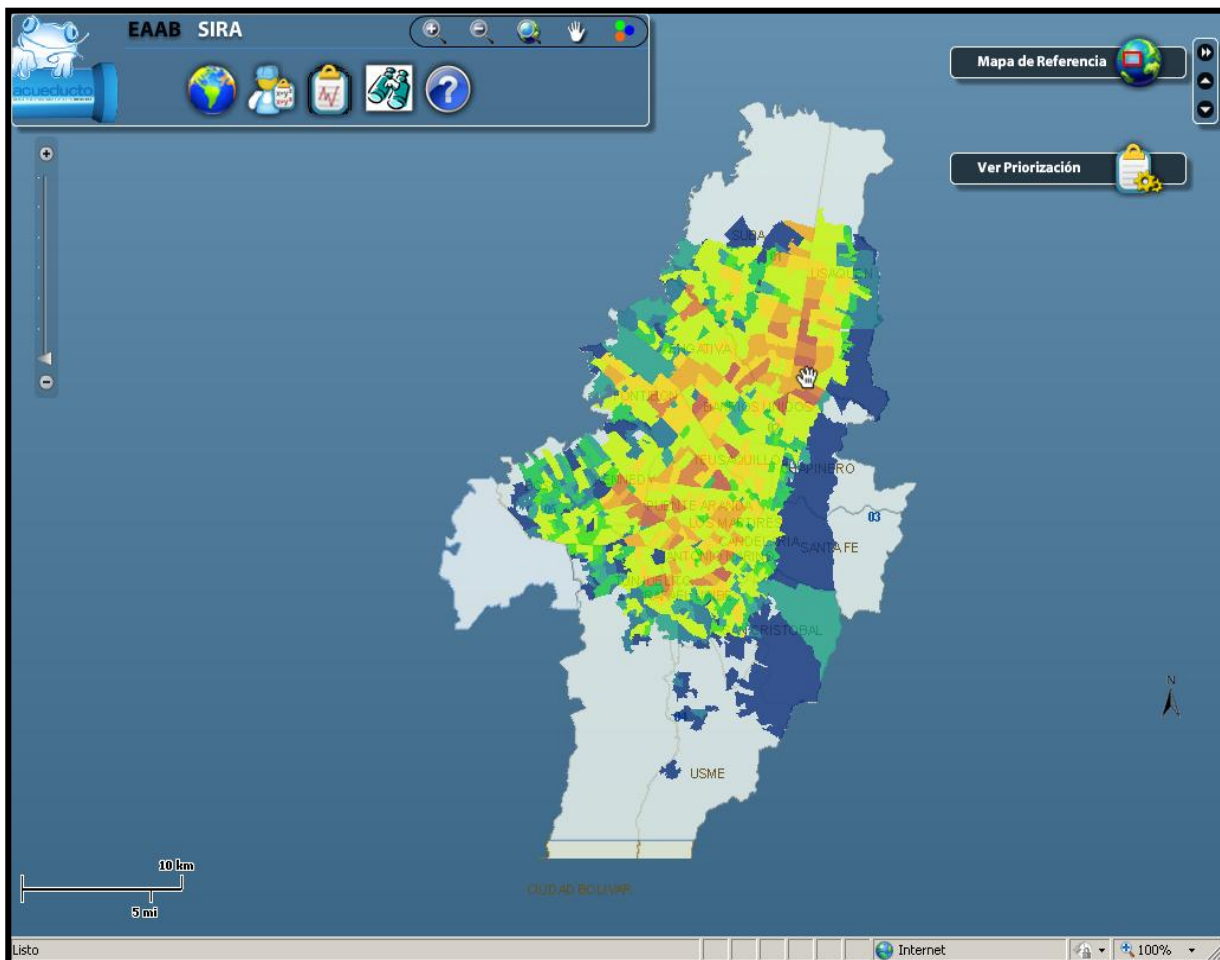


Foto 110 Plan de Priorización de inspección para Bogotá según el Sira EAAB, 2011

Esta información es una de las herramientas que permiten establecer el estado de las redes de alcantarillado de Bogotá y sus resultados irán permitiendo orientar decisiones sobre rehabilitación de los sistemas por diferentes métodos y soluciones tecnológicas incluyendo las tecnologías sin zanja.

5.4.1 Resultados obtenidos sobre el estado actual de las redes de alcantarillado

Los sistemas de distribución de aguas de alcantarillado son activos bajo tierra. Estos no solo representan un enorme porcentaje en la valoración de una entidad de alcantarillado;

sino que debido a su deterioro generan pérdidas continuas de agua, daños ambientales y problemas de salud pública. Si unimos todos estos aspectos tenemos como resultado una serie de impactos económicos que la mayoría de veces trascienden a la sociedad.

La gerencia de este tipo de activos ha adquirido durante los últimos años más importancia. Durante los últimos años, se han venido haciendo esfuerzos para la solución de este tipo de problemas, soluciones como las que brindan las tecnologías sin zanja.

Hoy en día a diferencia del pasado, vale más el hueco que aún sostiene y posibilita renovar o reparar una tubería que el mismo material de las paredes del tubo. Para el caso de Bogotá, el registro de redes de infraestructura subterránea según bases de datos de la EAAB está alrededor de 7895 km de los cuales una gran mayoría necesita de rehabilitación. Esta condición ha generado debates sobre la decisión de remplazar o renovar las redes de infraestructura subterránea. Para ello se están evaluando no solo los costos directos del proyecto sino también los aspectos ambientales y sociales que al mediano y largo plazo repercuten en sobrecostos de los cuales nadie se hace responsable. (Ávila, H.; Clavijo, W. 2002).

A continuación se presentan las estadísticas generales del estado actual del total de redes de alcantarillado de la ciudad de Bogotá según lo tiene establecido la EAAB.

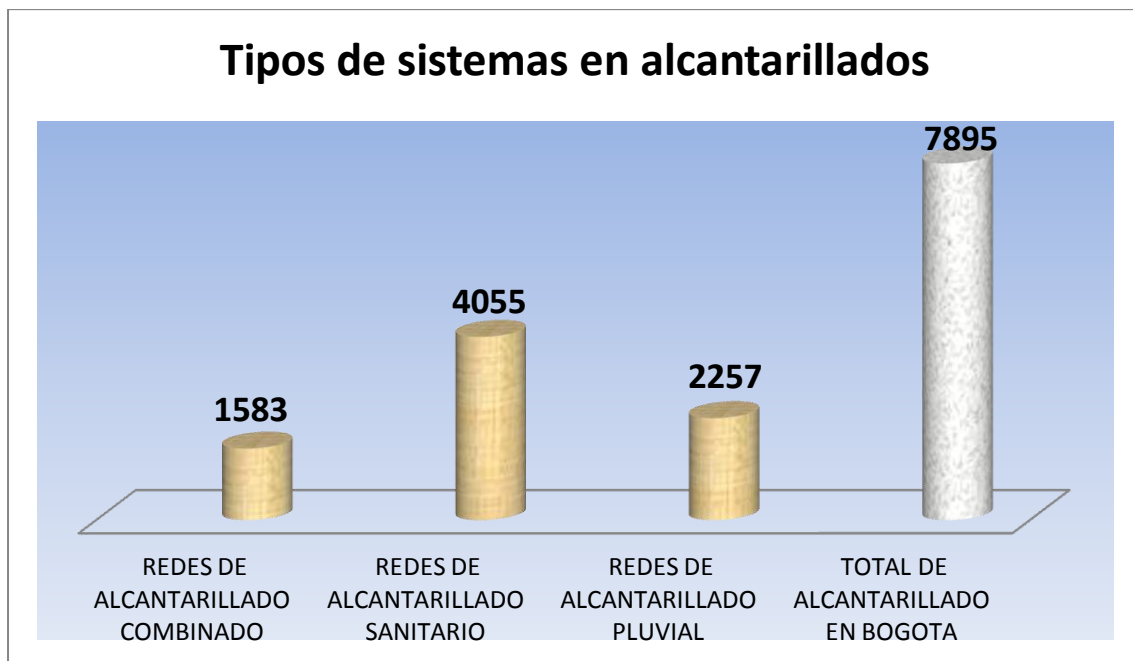


Gráfico 10: Cantidad de kilómetros de alcantarillado por sistema. EAAB 2011

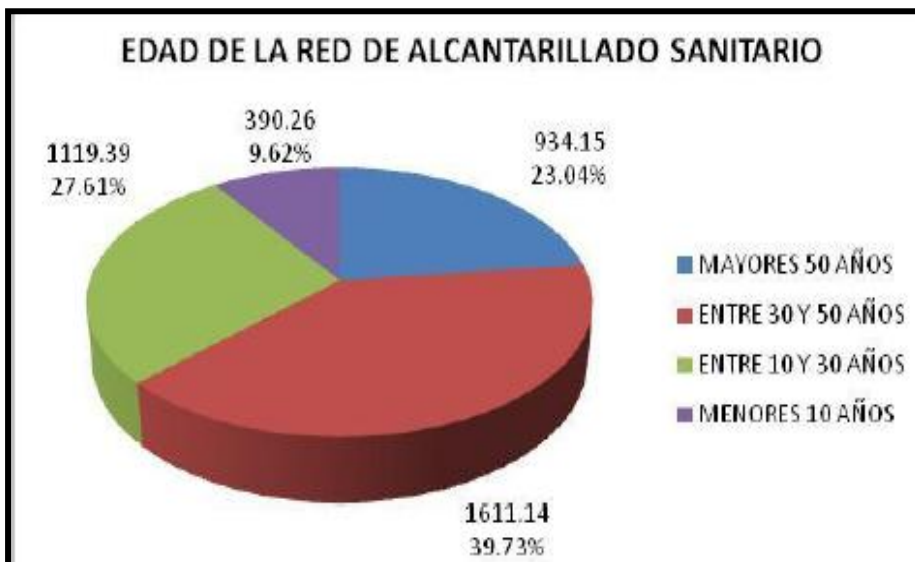


Gráfico 11: Edad de la red Sanitaria. EAAB 2011

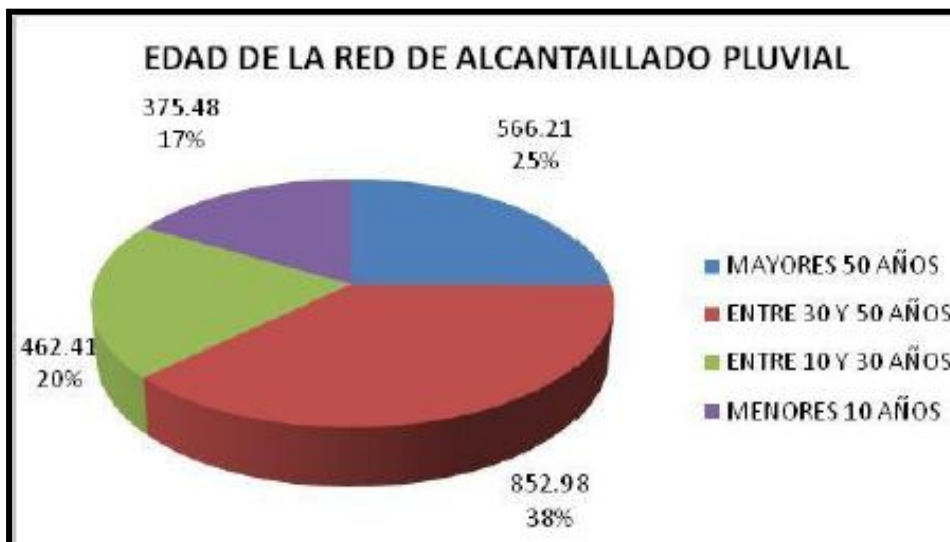


Gráfico 12: Edad de la red Pluvial. EAAB 2011



Gráfico 13: Edad de la red Combinada. EAAB 2011

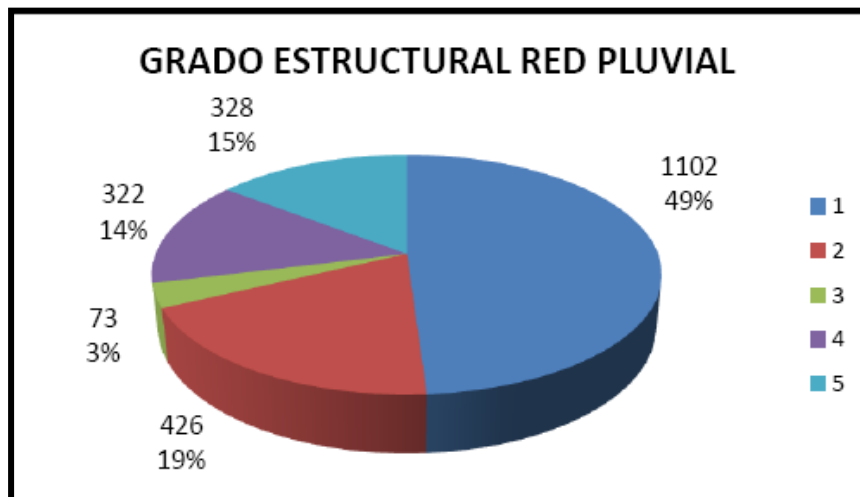


Gráfico 14: Estado estructural de la red Pluvial. EAAB 2011

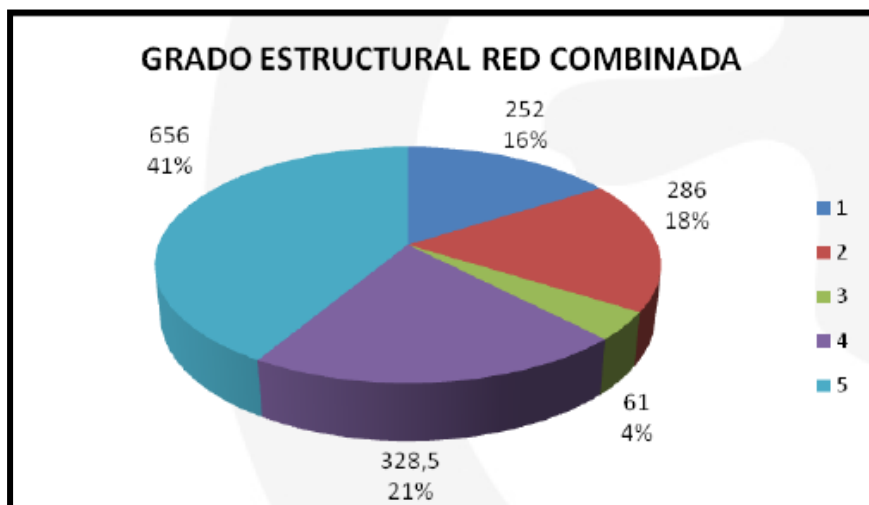


Gráfico 15: Estado estructural de la red Combinada. EAAB 2011

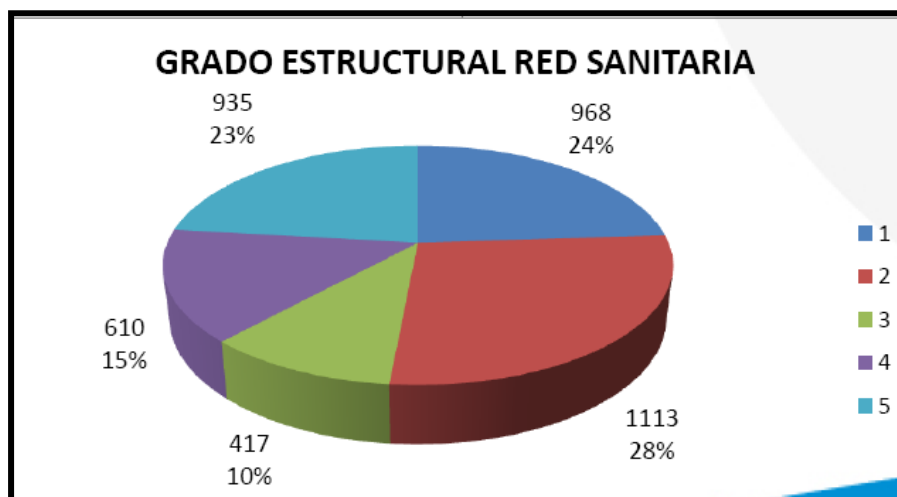


Gráfico 16: Estado estructural de la red Sanitaria. EAAB 2011

A continuación se presentan los resultados obtenidos luego de procesar la información registrada en las bases de datos referida a lo que se ha inspeccionado en la ciudad. Los cálculos respectivos también se pueden observar en el anexo 35.

5.4.2 Resultados obtenidos sobre el estado actual de las redes de alcantarillado según lo que se tiene inspeccionado

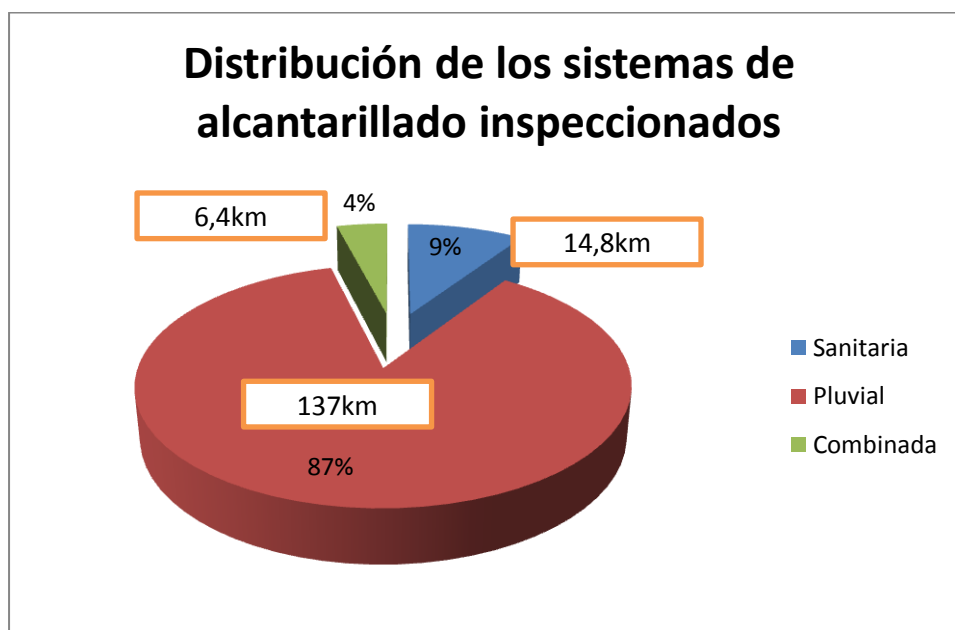


Gráfico 17: Sistemas de alcantarillado inspeccionados EAAB 2011

Sistemas inspeccionados en grados 4-5

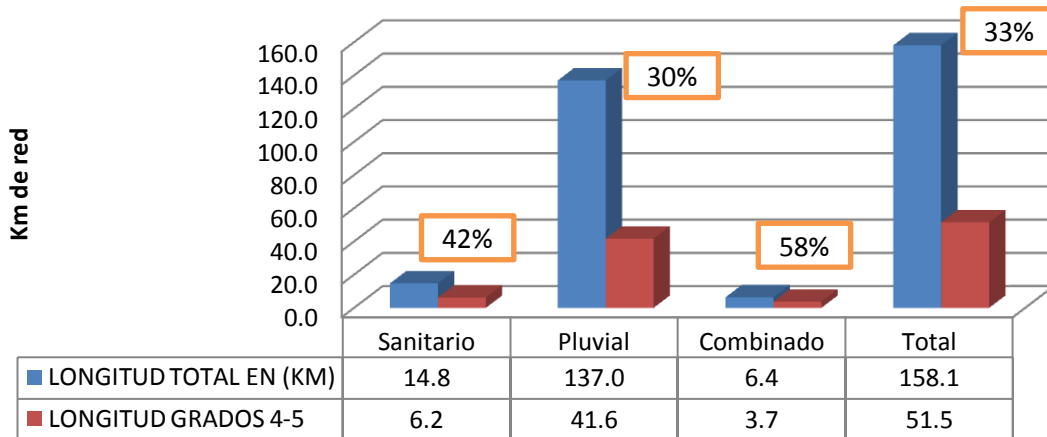


Gráfico: 18 Sistemas de alcantarillados que están en grados 4-5 EAAB 2011

Distribucion de los materiales en los alcantarillados inspeccionados

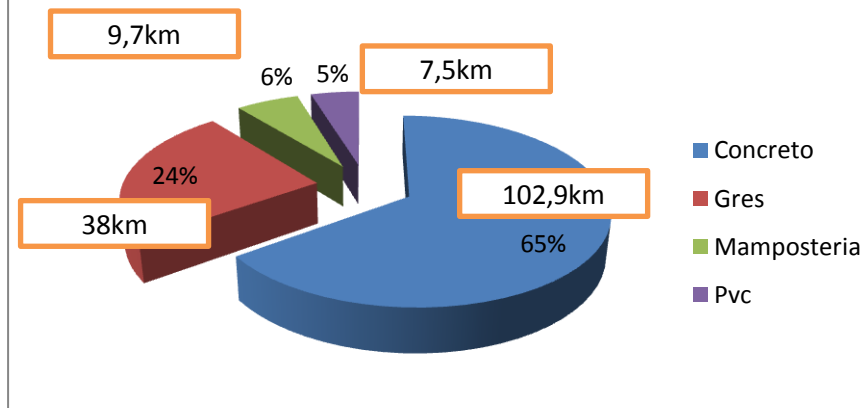


Gráfico 19: Materiales de alcantarillado inspeccionados EAAB 2011

Materiales inspeccionados en grados 4-5

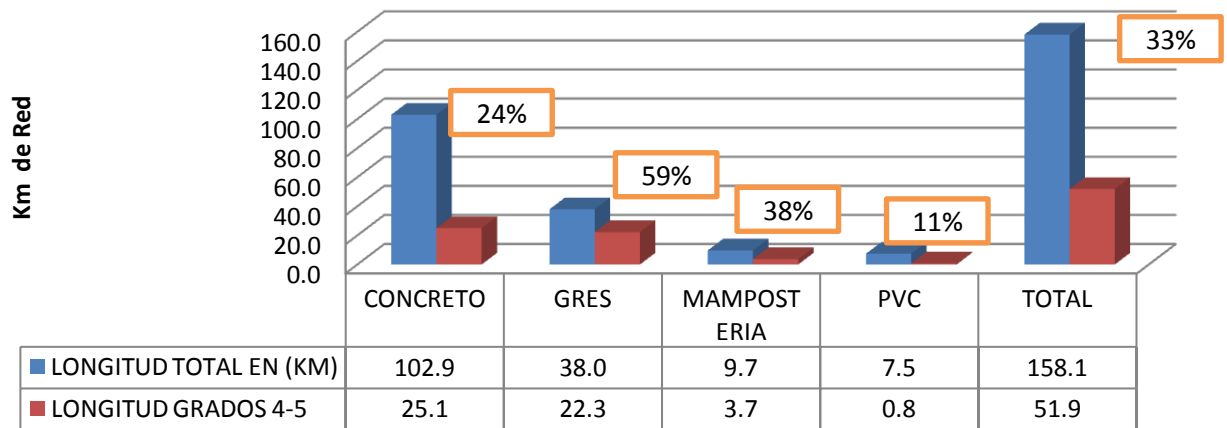


Gráfico: 20 Materiales de alcantarillados que están en grado 4-5 EAAB 2011

Comparativo entre kilómetros totales de red y kilómetros en grados 4-5

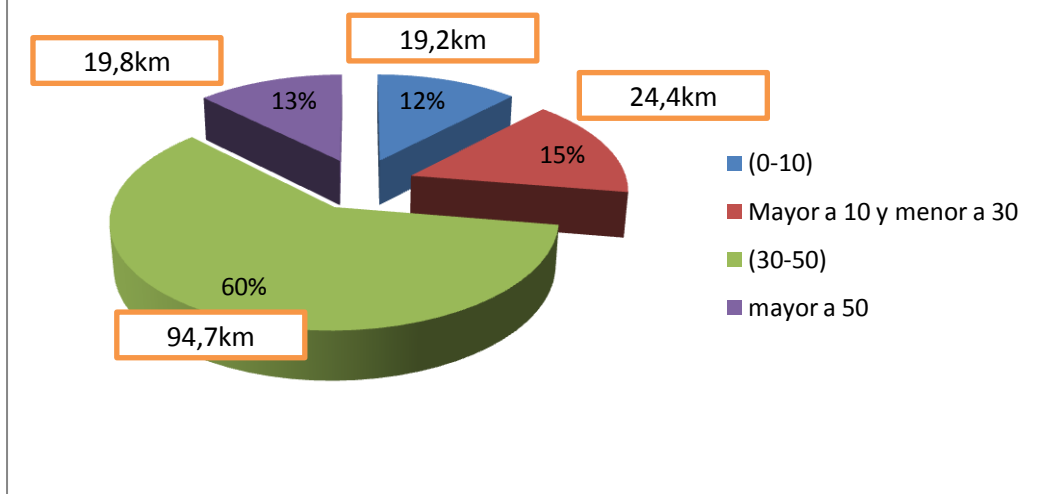


Gráfico 21: Edades de alcantarillados inspeccionados EAAB 2011

Edades inspeccionadas en grados 4-5

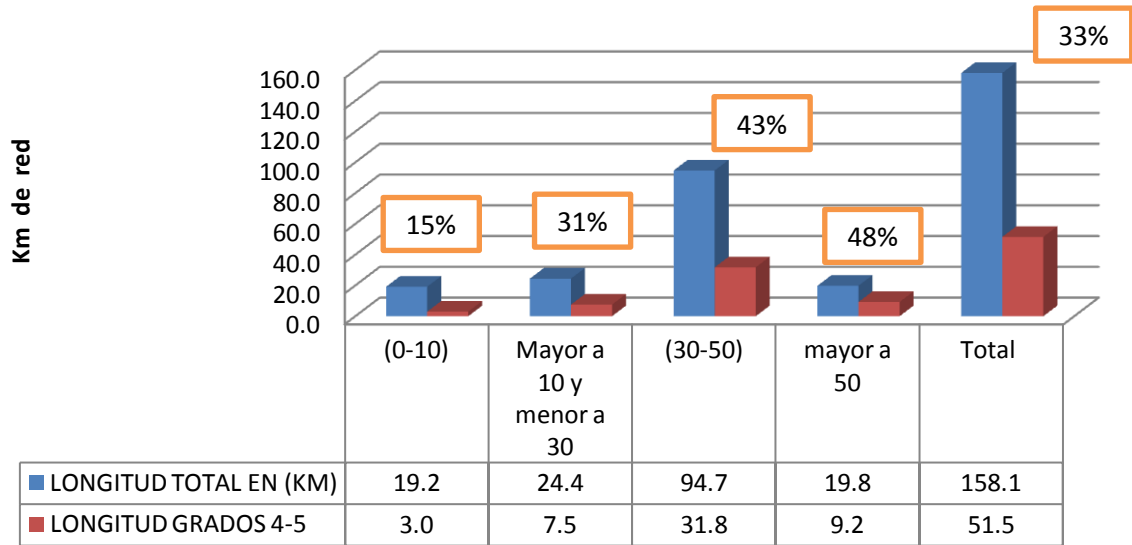


Gráfico: 22 Edades de alcantarillados que están en grado 4-5 EAAB 2011

Distribucion de las edades en los alcantarillados inspeccionados

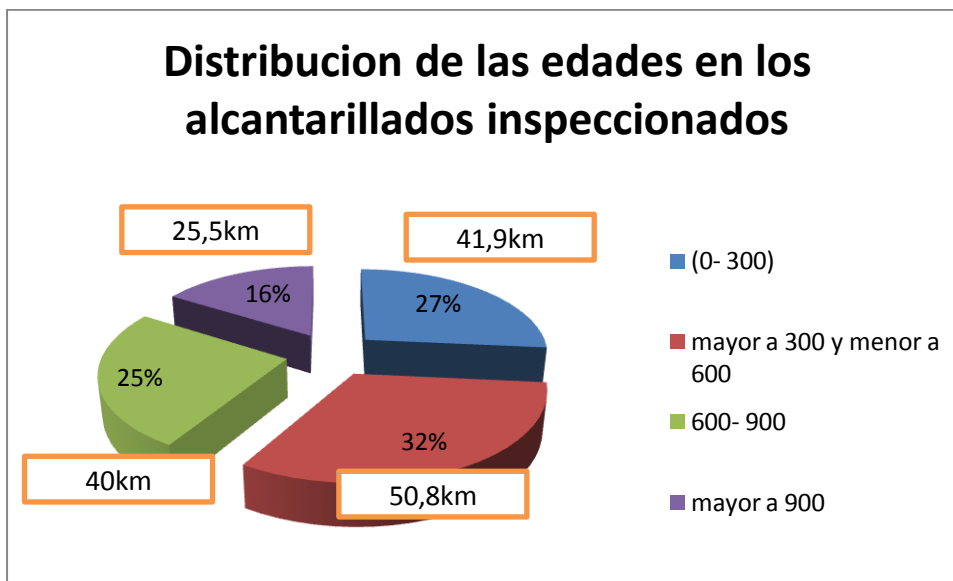


Gráfico 23 Diámetros de alcantarillados inspeccionados EAAB 2011

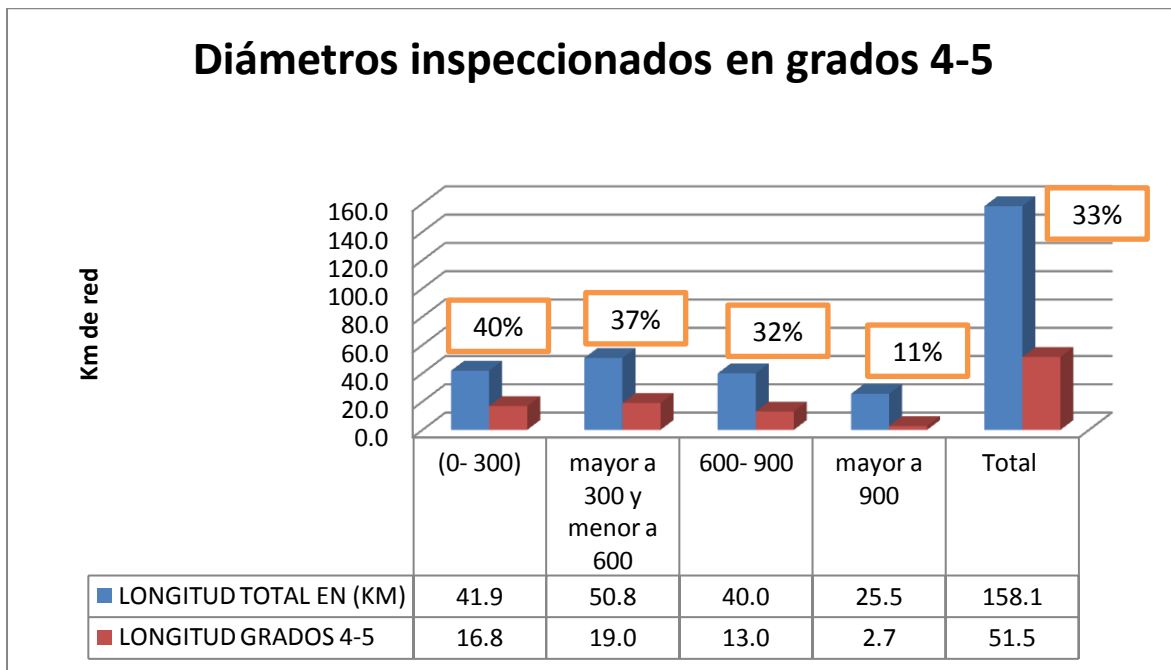


Gráfico: 24 Diámetros de alcantarillados que están en grado 4-5 EAAB 2011

5.4.3 Análisis de resultados sobre el estado actual de las redes de alcantarillado tanto las inspeccionadas como del total existente

El análisis de estos resultados buscará evaluar el estado actual de las redes de alcantarillado de la ciudad de Bogotá con una muestra representativa de las redes que se han inspeccionado y se han procesado según los registros de la empresa de acueducto y alcantarillado de la ciudad.

A su vez se pretende contextualizar el potencial de utilización en términos de cantidad de kilómetros que necesitarían de intervención a partir del cotejo conjunto de varias variables que contribuyan en el deterioro y vulnerabilidad de las redes.

Revisando las gráficas generales de los sistemas de alcantarillado en Bogotá, vemos que predominan las redes de alcantarillado sanitario con cerca de 4055 km. Sin embargo estas no son las que presentan mayor deterioro dentro de sus redes, ya que a nivel estructural, el sistema con mayor criticidad es el combinado con alrededor del 62% en grados 4 y 5. Si a esto lo comparamos con nuestra muestra de inspecciones realizadas en varios puntos de la ciudad obtenemos la misma tendencia. Esto quiere decir que aunque el sistema combinado no es el que más predomina. Si parece haber una semejanza entre lo inspeccionado y lo que el acueducto tiene establecido, razón que induce a creer que este sistema es uno de los más deteriorados de la ciudad y uno de los sistemas donde habría mayor potencial de utilización de las tecnologías sin zanja estudiadas.

Ahora bien, si examinamos las gráficas generales de las edades de los sistemas de alcantarillado, vemos que predominan las redes que superan los 30 años. Si comparamos esto con los resultados de edad en las redes inspeccionadas, notamos que el deterioro se concentra simultáneamente en aquellas redes que superan los 30 años de servicio. Razón que influye a pensar en la edad como un parámetro directamente proporcional a la vida útil de una tubería.

Por supuesto esta hipótesis no se puede generalizar como algo absolutamente cierto; hay que tener en cuenta que muchos de los daños estructurales y operacionales del sistema radican por las malas prácticas constructivas, razón por la cual es posible encontrar tuberías deterioradas a los pocos días de haber sido instaladas. Otros aspectos se pueden establecer a partir de lo que se tiene inspeccionado, por ejemplo a nivel de materiales, el concreto es el que más predomina, sin embargo no es el más deteriorado, por otro lado las redes menores o iguales a los 300mm son las que presentan mayores problemas. Si bien esto que estamos planteando no se puede extrapolar al total de redes existentes en la ciudad, si nos da por lo menos, una idea de algunas tendencias del grado estructural de las redes que se podrían encontrar dentro de un perímetro cercano a las zonas que se inspeccionaron.

5.5 APLICABILIDAD DE LAS TECNOLOGÍAS SIN ZANJA EN BOGOTÁ

Con base en el estudio de las tecnologías y el conocimiento de las condiciones actuales del sistema de alcantarillado de la ciudad, se presentan a continuación consideraciones sobre la aplicabilidad de estas tecnologías en la ciudad.

5.5.1 Aspectos generales

Todos los métodos mencionados son aplicables en la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta sus correspondientes limitaciones, y posibilidades (cómo por ejemplo diámetros y tipos de suelos adecuados para su aplicación, materiales, longitudes típicas de trabajo, etc.). Estas condiciones han sido mencionadas en la descripción de las tecnologías para las cuales no se encuentran inconvenientes técnicos que impidan su empleo en la ciudad de Bogotá. Por otro lado, es usual someter a procesos licitatorios las obras de este tipo (Instalación de tubería nueva o rehabilitación de tubería existente) en los cuales se determinan las condiciones de elegibilidad, entre ellas: costos, tiempos de trabajo, menor impacto socio-ambiental, con lo cual se procede a escoger la mejor tecnología. En estas circunstancias es común que en la red de alcantarillado se aplique un número diverso de estos métodos. También es común ver que algunas tecnologías salen del mercado por débiles condiciones de competitividad e igualmente, otras van incursionando en el mercado con mayor o menor éxito. A continuación se resumen las condiciones de aplicabilidad de las mismas.

Tecnologías para instalación de infraestructura nueva aplicables en Bogotá:

TECNOLOGÍA	DIÁMETROS APLICABLES (Pg)	MATERIALES	LONGITUDES TÍPICAS (m)	TIPO DE SUELO	CONDICIONES ESPECÍFICAS	OBSERVACIONES
Pipe Jacking (AVN)	10''-138''	Gres Acero Concreto	100-600	Cualquier Tipo	Se requieren de accesos puntuales para la manipulación del método así como un estudio de redes existentes	Para tramos de instalación superiores a 100m es posible establecer estaciones intermedias que trabajan como empuje adicional
Pipe Jacking (EPB)	55''-138''	Gres Acero Concreto	200-600	Solamente sirve para ser utilizada en suelos blandos con mínima presencia de material rocoso	Este método no se puede usar bajo el nivel freático	Se puede trabajar sin importar como estén las condiciones climáticas

Segmental Lining	79''-148''	Concreto Reforzado	300-1500	Cualquier Tipo	Se requiere de personal capacitado para la manipulación de las dovelas en la instalación	El método es autopropulsado. No se requieren estaciones intermedias
------------------	------------	--------------------	----------	----------------	--	---

TECNOLOGÍA	DIÁMETROS APLICABLES (Pg)	MATERIALES	LONGITUDES TÍPICAS (m)	TIPO DE SUELO	CONDICIONES ESPECÍFICAS	OBSERVACIONES
Gripper TBM	79''-148''	Concreto reforzado con mallas prefabricadas de acero	300-1500	Cualquier tipo de geología	Se requiere de personal capacitado para la manipulación de las mallas de acero y del robot de lanzamiento de concreto en la instalación	El método es autopropulsado. No se requieren estaciones intermedias
Horizontal Directional Drilling (HDD)	2''-60''	Polietileno de alta densidad, Pvc, Acero	500-1500	Principalmente Suelos con presencia de arena, limo y arcilla. Aunque también se puede usar en suelos con poca presencia de grava	No se manejan pendientes constantes en tramos cortos	Es posible controlar tanto la dirección como la localización parcial de la instalación
Impact Moling	2''-5''	Polietileno de alta densidad, Pvc	10-50	Principalmente Suelos con presencia de limo y arcilla.	Este método no es dirijible, por tanto es importante tener un diseño de redes existentes para evitar colapsos con otros servicios	Puede haber desviación de los topes, tanto si hay cambios bruscos del suelo, como si se realiza mal la adecuación de los equipos
Pipe Ramming	4''-84''	Acero exclusivamente	Hasta 200 metros generalmente	Cualquier tipo de geología	Es necesario la utilización de compresores de alta potencia para la fase de retirar el materia que quedo en la tubería	Es uno de los pocos métodos que instala tubería en acero arriba de los 2 metros de forma rápida y segura.
Microtunneling	6''-60''	Acero principalmente	Hasta 60 metros generalmente	Suelos cohesivos y no cohesivos de comportamiento estable	Se requiere de un solo pozo de entrada para la máquina que debe ser	El método no maneja curvas ni giros. Por tanto es fundamental definir el tendido

					previamente definido.	de la línea antes de iniciar la instalación
Auger Boring	36''-84''	Concreto Gres	Hasta 200 metros generalmente	Suelos compactos con un SPT > 35 y en roca ≤ 10Mpa	El método no se puede aplicar bajo el nivel freático si este es menor a 3 metros	Se usa Casings de acero para el empuje de la tubería durante la instalación

TECNOLOGÍA	DIÁMETROS APLICABLES (Pg)	MATERIALES	LONGITUDES TÍPICAS (m)	TIPO DE SUELO	CONDICIONES ESPECÍFICAS	OBSERVACIONES
Direct Pipe	29''-60''	PVC, Polietileno de alta densidad, Acero, Polipropileno	200-2000	Cualquier tipo de geología	Procedimiento costoso en tramos pequeños	La Instalación se realiza a diferencia de otros métodos en un solo paso

Tabla 21.1: Características de aplicabilidad en tecnologías de instalación para las redes de alcantarillado de Bogotá Fuente: Propia

Tecnologías para rehabilitación de infraestructura existente aplicables en Bogotá:

TECNOLOGÍA	DIÁMETROS APLICABLES (Pg)	MATERIALES	LONGITUDES TÍPICAS (m)	CONDICIONES ESPECÍFICAS	OBSERVACIONES
Cured in Place Pipe	6''-20''	Todo tipo	60-400	El tubo original no debe tener una deflexión mayor al 10%. La resina debe trabajarse en medios húmedos, debido a que reacciona muy rápido con el calor	Proceso total dura 12 horas aproximadamente. Se necesitan equipos de corte para abrir las acometidas
Compact Pipe	4''-20''	Todo tipo	60-300	Hay una reducción en la sección de tubería. Se pueden llegar a necesitar excavaciones adicionales para realizar las reconexiones del servicio. Lo diámetros que puedan ser rehabilitados están condicionadas a las secciones de polietileno que surtan los proveedores	El costo de instalación es alto si se trata de varios tramos pequeños.
Quick-Lock	6''-48''	Todo tipo	Reparación puntual de 20cm a 50cm generalmente	Se requiere de personal capacitado para el uso del robot	Es costoso si son varias reparaciones en un mismo tramo
Rotaloc	30''-72''	Todo tipo	60-400	Solo es posible trabajar con secciones circulares. Hay reducción de la capacidad	Es posible trabajar con cambios de secciones durante un tramo

				hidráulica. Se pueden requerir algunas excavaciones para restablecer las conexiones laterales del sistema	
Expanda Pipe	6"-48"	Todo tipo	50-300	Se requiere de personal que maneje los robots de corte utilizados para abrir las domiciliarias. Para que el método aplique, la tubería no puede tener cambios significativos de diámetros	El método no aplica si hay curvas pronunciadas durante el tramo
TECNOLOGÍA	DIÁMETROS APLICABLES (Pg)	MATERIALES	LONGITUDES TÍPICAS (m)	CONDICIONES ESPECÍFICAS	OBSERVACIONES
Ribline	16"-118"	Todo tipo	50-400	Se requieren estudios de materiales y suelos ya que las tiras de tubería son pesadas y puede que la tubería existente no soporte tales cargas. Se reduce la sección de la tubería original	Es una de las pocas tecnologías que aplica para renovación de diámetros de sección arriba de los 2 metros
Pipe Bursting	2"-36"	Todo tipo	100-120	No se pueden aplicar en curvas. Por tanto si la tubería existente las tiene hay que buscar otro método. Este proceso no debe utilizarse a menos de 300 milímetros de otro servicio público ya que puede alterar las condiciones del suelo y provocar algún daño a la tubería vecina.	Se requieren de pozos de entrada y salida para poder emplear el método.

Tabla 21.2: Características de aplicabilidad de tecnologías para rehabilitación en las redes de alcantarillado de Bogotá Fuente: Propia

5.5.2 Antecedentes en la aplicación de tecnologías sin zanja en Bogotá

Tal y como se ha visto en secciones anteriores, existen algunos antecedentes de utilización de tecnologías sin zanja para la realización de proyectos de acueductos y de alcantarillados, en los cuales se ha logrado una aplicación exitosa. A continuación, se mencionan algunos proyectos y las tecnologías empleadas para tales casos, así mismo se proponen otras tecnologías que podrían ser utilizables bajo condiciones similares a esos proyectos. Con esto no se pretende estipular una tecnología única como la más conveniente, al contrario, lo que se desea es destacar, que existe un amplio espectro de métodos que también podrían tener una oportunidad en los sistemas de acueducto y alcantarillado de la ciudad.

Uno de los proyectos para mencionar que tuvo dentro de su planeación el uso de las tecnologías sin zanja fue la rehabilitación de Tibitoc-Casablanca, el cual se convirtió en hito histórico debido a la magnitud de la obra y al abrupto cambio que para ese entonces involucraba utilizar un método diferente al sistema convencional o a zanja abierta. Como se puede observar en el subcapítulo 2.1.2 este proyecto se realizó a través de la instalación de varias camisas de acero de alrededor 1.8 m de diámetro interno, con un espesor de lamina cercano a los 11.2mm y unas longitudes fijas de 7 metros. A pesar de que el proyecto fue exitoso cabe resaltar que hoy en día con las grandes innovaciones de tecnologías que

entran al mercado, es posible aplicar diferentes métodos para proyectos bajo condiciones técnicas similares a las que tenía Tibitoc-Casablanca. Métodos que fueron caso de estudio como por ejemplo el Rotaloc y el Ribline (Subcapítulos 3.2.2.4. y 3.2.2.6), los cuales funcionan por medio de máquinas de embobinado rotatorias las cuales instalan tiras de Pvc o Pvc-Acero y aplican para condiciones similares a las de Tibitoc, es decir para diámetros alrededor de los 2 metros, en materiales como el concreto y en longitudes típicas de rehabilitación de 50-400 metros.

Otro factor de gran importancia en este trabajo de grado, referente a la aplicabilidad de estas tecnologías sin zanja en el alcantarillado de Bogotá, fueron las visitas a campo consignadas en los capítulos 4.3.1 y 4.3.2; allí pudimos observar tanto la finalidad del proyecto como las condiciones técnicas que soportaron la aplicación de la tecnología. Por ejemplo, para el proyecto de instalación de tubería nueva llamado Canal Arzobispo AVN 1200; vimos que por medio del método Pipe Jacking AVN se instaló tubería de 48 pulgadas, en material concreto y en una longitud de 200 metros. Así mismo, bajo esas mismas condiciones y según la amplia gama de tecnologías que fueron caso de estudio, podemos decir que el método de Auger Boring también hubiese podido ser una buena opción. Si analizamos el otro proyecto que se visitó referente a rehabilitación de alcantarillados, (consignado en el subcapítulo 4.3.2), podemos decir que bajo condiciones similares de trabajo, también hubiese sido posible la utilización de métodos como el Compact pipe consignado en el subcapítulo 3.2.2.2 el cual también funciona bajo parámetros técnicos como diámetros alrededor de los 200mm, en longitudes típicas de 24 m y aplica para sistemas de alcantarillado.

Cabe resaltar que si bien un proyecto puede presentar condiciones técnicas de aplicación similares a otro, la escogencia final de la tecnología deberá estar enmarcada en un análisis en donde además de las condiciones de aplicabilidad como rango de diámetros, longitudes de instalación, tiempos de trabajo y materiales contemple asimismo aspectos ambientales, sociales y costos, con lo cual se supla lo mejor posible las necesidades y posibilidades de cada proyecto. A continuación se presentan las tecnologías que mejor oportunidad de aplicación podrían llegar a tener en la ciudad de Bogotá, según los resultados obtenidos del análisis de redes inspeccionadas. Análisis que abordo características de aplicabilidad como diámetros, materiales, tipos de suelo, tramos típicos de trabajo entre otros.

5.5.3 Aplicabilidad de las tecnologías según características particulares de las redes de alcantarillado de Bogotá

En las redes de alcantarillado de la ciudad de Bogotá, tenemos que a nivel de diámetros según los resultados del gráfico número 24, aquellos que presentaron mayor grado de deterioro fueron los que estuvieron del orden de cero a 600 milímetros, escenarios que ya están en grados 4-5, suman cerca de 93 kilómetros y requieren eminente intervención. De lo anterior y cotejando la información que compilamos sobre las tecnologías sin zanja que fueron caso de estudio, los métodos que mejor aplicabilidad tendrían en la ciudad de Bogotá son: Cipp o tubería curada en sitio, Compact Pipe o tubería previamente doblada y el método Expand o método de embobinado en espiral a través de máquina rotatoria fija. Estas tecnologías son aplicables para la rehabilitación de todo tipo de alcantarillados (Pluvial, sanitario y combinado), en cualquier tipo de material, en diámetros de cero a 600 milímetros y en longitudes típicas de instalación de hasta 200 metros generalmente. Se pueden aplicar en zonas densamente ocupadas, en donde haya alto flujo de tránsito como por ejemplo el centro de la ciudad, el sector de chapinero, así como localidades de gran congestión como Suba, Kennedy u otras residenciales y comerciales como la que

encontramos a la altura de la Cr 11 con calle 94, en donde se aplicó la rehabilitación de 24 metros de una tubería de alcantarillado sanitario. Obra que le hicimos total seguimiento y se puede detallar en el subcapítulo 4.3.2. Hay otro método que en principio podría aplicar para ese 40 y 37 por ciento de redes deterioradas según lo vemos en el gráfico 24, incluso podría ser utilizable para ese 32 por ciento referente a los diámetros que están en el rango de 600-900 milímetros.

Esta tecnología se llama Pipe Bursting y está consignada en el capítulo 3.2.2.7. A pesar de que técnicamente se puede aplicar en las redes de alcantarillado de Bogotá, su uso está sujeto a zonas menos congestionadas, en donde no haya gran presencia de otros tipos de servicios públicos ya que por las vibraciones que se causan cuando se utiliza este método, es posible llegar a impactar otros tipos de activos que se encuentren alrededor. Las tecnologías que menos aplicación podrían llegar a tener en rehabilitación, están en los diámetros grandes, ya que como vemos en los registros de la Eaab, es lo que menos presencia tiene en Bogotá. No obstante el método Ribline y Rotaloc serían los que mejor aplicación podrían llegar a tener, ya que su rango de utilización está para secciones superiores a los 1000 milímetros.

A nivel de tecnologías para la instalación de infraestructura subterránea nueva, según los resultados obtenidos en el gráfico número 20, tenemos que los métodos que mas aplicación podrían llegar a tener en la ciudad de Bogotá son: el Pipe Jacking AVN y el Auger Boring, métodos que se utilizan principalmente para diámetros hasta los 1.5 metros, en longitudes típicas de 50-250 metros y en materiales como el concreto y el gres, aspectos que como los vimos en los resultados 5.4.2 son los que mayor presencia tienen en la ciudad de Bogotá. Por otro lado, hay que tener en cuenta que los métodos anteriormente recomendados también cumplen para las condiciones de suelos de la sabana de Bogotá la cual está formada principalmente por depósitos de suelos arcillosos y limosos de origen lacustre que poseen un importante contenido de humedad y en su mayoría presentan niveles freáticos del orden de 5 a 7 metros de profundidad. (Rodríguez, J. 2005). A continuación se presenta una tabla de los métodos sin zanja que mejor encajan según las características (Diámetros, materiales, suelo y longitudes típicas de trabajo que mayor presencia tienen en la ciudad de Bogotá)

Características técnicas más frecuentes en la ciudad de Bogotá

Rango de diámetros	(0-900) mm
Materiales predominantes	Concreto y Gres
Longitudes típicas de trabajo	50m-200m
Tipos de suelo	Limos y Arcillas

Tabla 35: Variables técnicas que mayor incidencia tienen en Bogotá

Con base en lo anterior y revisando la información de las tablas 21- 21.1-21.2 y toda la información recopilada en el capítulo 3 referente al estado del arte de las tecnologías sin zanja, tenemos que los métodos que mejor responden a las condiciones técnicas que más presencia tienen en la ciudad de Bogotá son los siguientes:

TECNOLOGÍA	TIPO DE TRABAJO
Cipp (Tubería curada en sitio)	Rehabilitación
Compact Pipe (Tubería previamente doblada)	Rehabilitación
Expanda (Embobinado de tiras de Pvc)	Rehabilitación
Pipe Jacking AVN (Empuje de tubería)	Instalación

Auger Boring (Tornillo sin fin)	Instalación
---------------------------------	-------------

Tabla 36: Tecnologías más recomendadas para ser aplicadas en la ciudad de Bogotá

Por otro lado, tal y como se vio a lo largo del presente proyecto de grado, existen otras tecnologías, también aplicables de manera más puntual para otros grupos diferentes de características como diámetros, suelos, materiales etc. Sin embargo las que fueron expuestas en la anterior tabla, representan las que más se acomodan a las condiciones particulares de la ciudad de Bogotá, por tanto son las que más aplicación pueden tener en los próximos años. A continuación, se presenta un análisis particular sobre el estado actual tanto de las redes de alcantarillado como de las condiciones sociales y de tipo económico para la localidad de Kennedy ubicada al Sur-occidente de la ciudad de Bogotá. A partir de estos factores se recomiendan algunas tecnologías sin zanja que pueden ser utilizadas para mejorar los problemas de saneamiento en este sector de la ciudad. Cabe resaltar que estos datos son suministrados por la empresa de agua y alcantarillado de Bogotá, a través del área de tecnología especializada. Así mismo lo que se expone a continuación hace parte de una propuesta de esta entidad para intervenir este sector de la ciudad a principios del 2012. Zona que viene presentando varios problemas desde los últimos años.

5.6.4 Consideraciones sobre aplicación de las tecnologías sin zanja en la localidad de Kennedy de Bogotá



Gráfico 3.1 : Localidades de la ciudad de Bogotá.

La localidad de Kennedy está ubicada en el sector suroccidental de la ciudad, representa cerca del 4,5% del área total de la capital y es la octava en extensión territorial con cerca de 3861 hectáreas. Por número de habitantes, la localidad de Kennedy es la más poblada de la ciudad con cerca de 937.831 según un censo realizado en el 2005 y se espera que hacienda a más de 1066.230 para el año 2012, es decir algo más de 13,83 % de habitantes de la ciudad. Según datos de la Eaab, esta localidad cuenta con cerca de 804 kilómetros de redes de alcantarillado, divididas en alcantarillado sanitario, pluvial y combinado. (Aecid, 2011). A continuación se presentan unas graficas suministradas por esta entidad en donde se ve claramente el estado estructural de los sistemas de alcantarillado en esta zona.

Recordamos que el grado 1 es la condición más favorable y los grados 4 y 5 son las condiciones menos favorables.

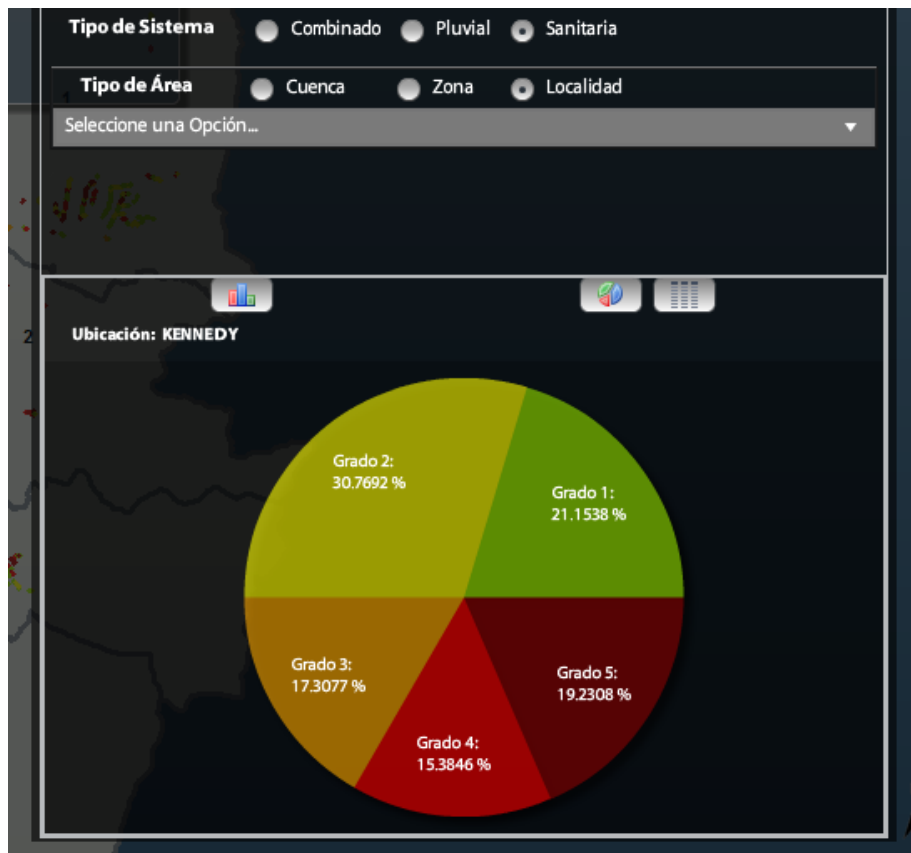


Gráfico 3.2: Estado estructural de la red Sanitaria en la localidad de Kennedy EAAB, 2011

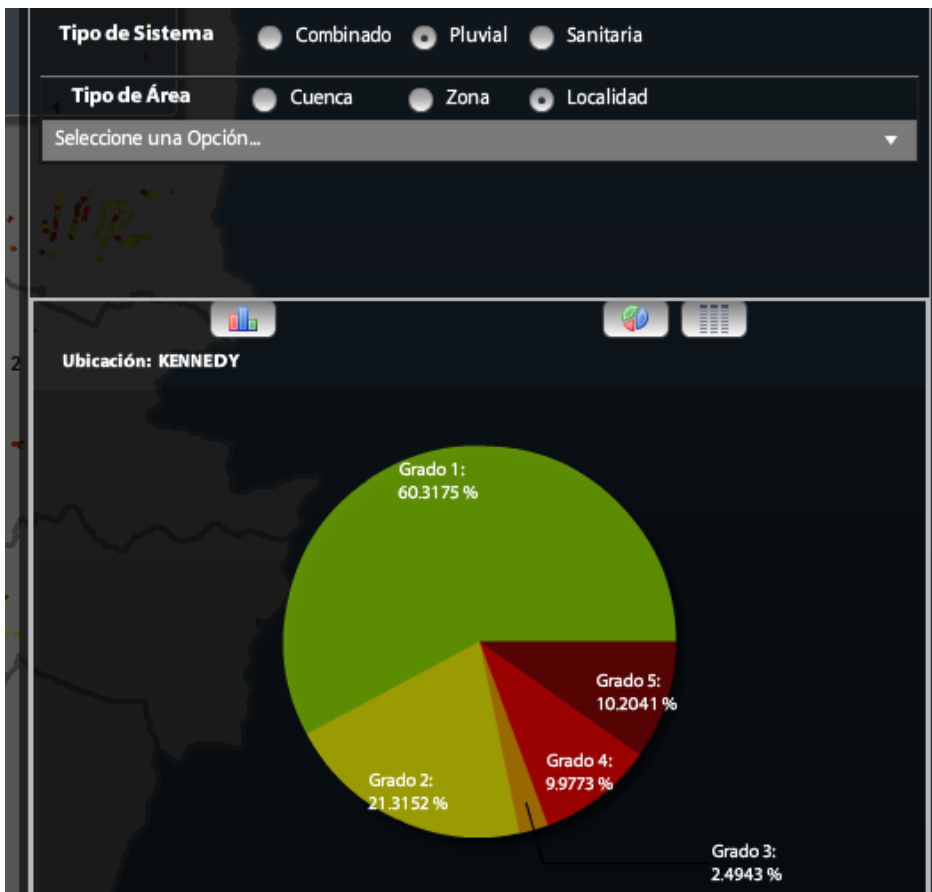


Gráfico 3.3: Estado estructural de la red pluvial en la localidad de Kennedy EAAB, 2011

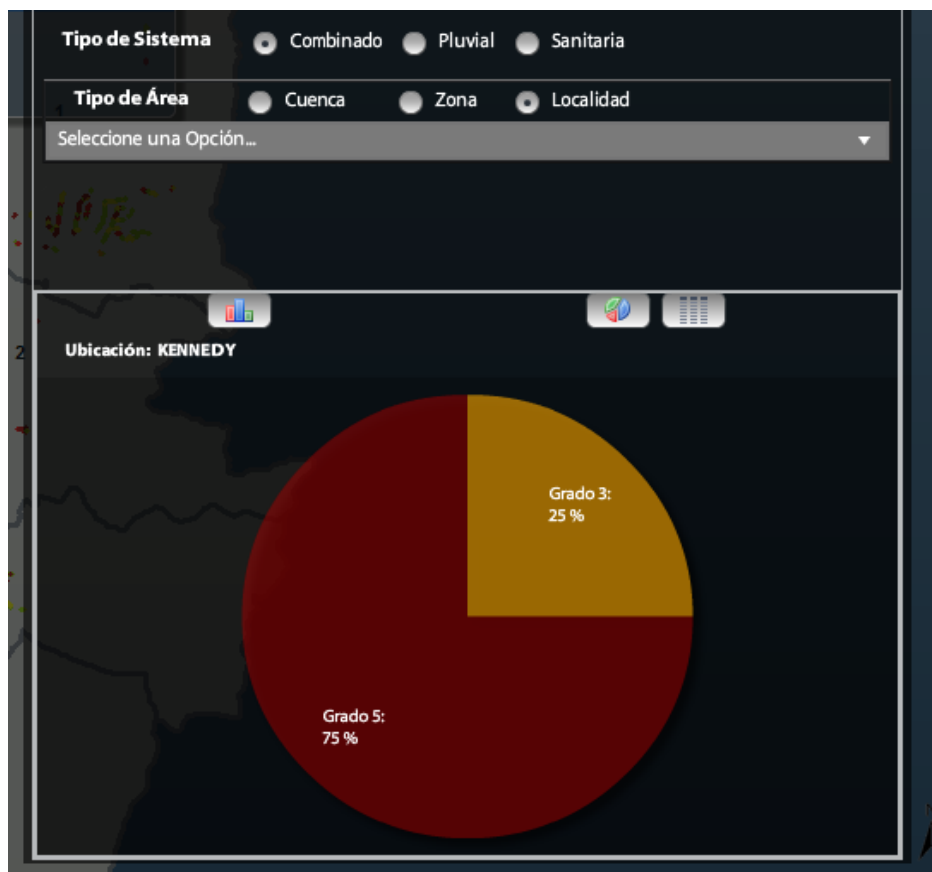


Gráfico 3.4: Estado estructural de la red combinada en la localidad de Kennedy EAAB, 2011

Las anteriores gráficas nos muestran que el sistema más deteriorado es el combinado, seguido del sanitario y pluvial. Teniendo en cuenta que según los registros de la Eaab de Bogotá, la mayoría de diámetros están entre los 300 y los 600 milímetros podemos decir que para esta zona de la ciudad caracterizada por su zona residencial y comercial la cual cuenta con una alta demanda poblacional, el método más recomendable en lo que refiere a rehabilitación según las técnicas estudiadas, sería: El método Expanda o embobinado en espiral con máquina rotatoria fija, ya que maneja un rango de diámetros como los que se presentan en Kennedy, es aplicable en todo tipo de tuberías y a su vez, debido a que no requiere de procesos de curado, los tiempos de instalación son mucho más rápidos que métodos como el Cipp o Compact Pipe, estamos hablando de una reducción alrededor de 40 por ciento en la instalación frente a los anteriores métodos. Esto hace que el método expanda sea más atractivo. Para daños puntuales el método de Quick Lock, resulta muy bueno, en la medida que a partir de la camisa de acero que se coloca en el deterioro puntual, la tubería vuelve a tener un periodo de vida útil.

A nivel de instalación, teniendo en cuenta que la mayoría de redes para esta zona están constituidas en concreto y gres, el método que mejor aplicación tendría en términos de mínimo impacto socio-ambiental y en las facilidades en la aplicación, sería el Pipe Jacking (AVN) ya que a diferencia de otros como el Auger Boring o el Pipe Ramming, este maneja un circuito cerrado para el transporte de material, lo cual optimiza el rendimiento de la máquina reduciendo los tiempos de instalación. Este método es especial para instalar tuberías en gres y concreto en diámetros típicos de 0-1500 milímetros, en longitudes típicas de trabajo de 50 a 200 metros y con mínima intervención al espacio público. Condiciones que son requeridas según las condiciones de deterioro de las redes de Kennedy.

Con este proyecto de rehabilitación que inicialmente abarcaría 16 km de redes de alcantarillados, se esperaría mitigar los recurrentes problemas asociados a las inundaciones debido principalmente al deterioro de las redes de esta zona, así como contribuir en la eliminación de los malos olores derivados de las alcantarillas, ayudar a conservar las vías, mitigar las enfermedades asociadas al contacto con las aguas residuales y reducir de muy alto a bajo los índices de riesgo de colapso del sistema de alcantarillado en este sector de la ciudad.

6. CONCLUSIONES

- Si bien la tecnología sin zanja a nivel mundial tiene antecedentes, incluso desde el siglo XIX, su desarrollo y evolución en los países industrializados se consolidaría en los años 80 principalmente tras la creación de la ISTT, por su parte en Latinoamérica esta consolidación tendría sus primeros desarrollos a mediados de los años 90 en países como Argentina, Brasil, Chile y México. Mientras tanto, en Colombia y otros países de la región andina a penas desde los últimos 4 años se ha comenzado a dar su desarrollo, como un sector representativo de la ingeniería.
- Las principales razones que condujeron al surgimiento de la tecnología sin zanja fueron la gran necesidad de construir ductos para el transporte de combustibles, las imposiciones que hicieron los gobiernos para aquellos países que utilizaran el denso y ocupado espacio superficial y la necesidad de buscar herramientas para la renovación y rehabilitación de redes ya existentes.
- Se puede concluir que la tecnología sin zanja a nivel colombiano empezó a mediados de los años 80 de manera empírica, posteriormente tras una serie de visitas de expertos en esta área como la que tenía el ingeniero James C. Thomson se logró en cierto modo disminuir esa brecha en lo referente al conocimiento. Más adelante tras asistir a varios eventos y ferias de tecnología sin zanja en Estados Unidos y Europa por medio de ingenieros interesados en este campo, se lograrían las primeras incorporaciones de algunos de los métodos ya estudiados. Sin embargo fue hasta el 2009 donde se fundaría ICTIS gracias a la unión de individuos y organizaciones con intereses profesionales en el tema de infraestructura subterránea. Es decir que a partir de ese momento el interés y la evolución de estos procedimientos en nuestro medio irían a tener mayor importancia e incidencia, hasta tal punto de contar hoy en día con más de 31 miembros que no solo están encargados de la aplicación de la tecnología sino también a la investigación y desarrollo de las mismas.
- Existe una variada oferta de tecnologías sin zanja, cuya aplicación depende de factores como los diámetros, características del suelo, materiales de las redes existentes entre otros. Por tal razón no es posible hablar de un tipo de tecnología estándar o particularmente más conveniente. Especialmente en el caso colombiano, hoy en día se encuentran proyectos realizados o a punto de ser iniciados con las siguientes tecnologías sin zanja: Perforación horizontal dirigida (HDD), tubería curada in situ (CIPP), Empuje de tubería (PIPE JACKING) y fragmentación de tubería (PIPE BURSTING). Si bien no es posible hablar de una tecnología como la más conveniente, si podemos decir que los métodos anteriormente mencionados representan a nivel colombiano los de mayor tendencia en aplicación y utilización dentro de este sector de la ingeniería.
- Los costos directamente asociados a los proyectos con tecnologías sin zanja se encuentran eventualmente en un nivel muy similar a los mismos costos de las tecnologías convencionales (Con zanja abierta). Sin embargo, al asociar los costos sociales y ambientales tenemos que los proyectos con zanja pueden en algunos casos llegar a ser más costosos, esto principalmente debido a las externalidades que ocasionan. Por otra parte, con el desarrollo que vienen teniendo las tecnologías sin

zanja en el mundo, se espera una reducción significativa en los costos, tal y como sucede con otro tipo de aplicaciones tecnológicas (Ejemplo: Lo que ha venido sucediendo con los Computadores y dispositivos celulares). Lo anterior induce a pensar que cada vez las tecnologías sin zanja se tornan más competitivas, no solo desde sus ventajas constructivas o sociales sino desde los mismos costos en los que se incurre al decidir por este tipo de proyectos.

- Muchos proyectos que utilizan la tecnología sin zanja pueden tener costos directos mayores a los que se podrían obtener por métodos convencionales, igualmente se podría presentar el caso contrario, es decir que los costos asociados al proyecto sean mayores al usar los procesos tradicionales que al usar las alternativas sin zanja. Sea como ocurra la situación, si algo es cierto es que optar por usar las tecnologías sin zanja reduce en un alto porcentaje los costos asociados a las externalidades transmitidas a la sociedad como por ejemplo los impactos al transporte, los costos medioambientales y también los costos de tipo económico. En total costos que sumados entre sí podrían incluso superar el valor inicial del proyecto.
- Los principales países pioneros en las tecnologías sin zanja fueron: Estados Unidos con los métodos Pipe Jacking, Auger Boring y Horizontal Directional Drilling ; el Reino Unido con los métodos de Pipe Bursting, Pipe Ramming y Cured in Place Pipe, finalmente Alemania y Japón con los métodos Guided Moles y Microtunneling. De los anteriores métodos y según la cantidad de trabajos realizados en Colombia, por las empresas contratistas en tecnología sin zanja avaladas por ICTIS, los principales procedimientos que han tenido gran utilización y exitosas experiencias con la tecnologías son el Microtunneling y el Horizontal Directional Drilling para la instalación, el método de Cured in place Pipe para la rehabilitación y el Pipe Bursting para el remplazo. No obstante se vienen realizando fuerte trabajos en la divulgación y aplicación de otros método como los Guided Moles, los Auger Boring y el Compact pipe, sin embargo a pesar de estos esfuerzos aún existe una enorme brecha y escepticismo por parte de los contratistas frente a estas alternativas.
- Una mirada a las condiciones de las redes de alcantarillado de Bogotá nos muestra una brecha enorme, en lo referido al estado crítico de las redes existentes y al estado aceptable de las mismas. Es decir que hoy en día existe un gran porcentaje de redes que requieren intervención casi de forma inmediata, situación que tiende a ser mas critica con el paso del tiempo. Lo anterior induce a pensar que en los próximos años el potencial y las perspectivas de utilización de las tecnologías sin zanja, como métodos alternativos para la instalación y rehabilitación de redes de servicios públicos entre ellos los alcantarillados puedan tener una buena oportunidad de aplicación. Más aún cuando las políticas públicas de las ciudades van cada vez más encaminadas a la sostenibilidad ambiental y al cuidado del espacio público.
- La alta gama de tecnologías sin zanja permite instalar redes de tubería nueva desde las 2 pulgadas como las que ofrece la perforación horizontal dirigida y los topes neumáticos hasta tubería de cerca de 148 pulgadas como las que ofrecen las máquinas TBM. Para el caso de los métodos de rehabilitación, los procedimientos aplican desde las 2 pulgadas como las que ofrece el método Pipe Bursting o

reemplazo de tubería y hasta las 118pulgadas como las que ofrece el método Ribline. Cabe resaltar que algunos métodos aplican para ciertos materiales y condiciones especiales; sin embargo la gama es bastante amplia lo que en definitiva no limita la escogencia del proceso.

- Las perspectivas de utilización de las tecnologías sin zanja durante los próximos 10 años son grandes. Vimos que según el registro de la empresa de agua y alcantarillado de Bogotá los índices de deterioro para tuberías que están en grados 4 y 5 según el total de redes de la ciudad son importantes. Por ejemplo, la red combinada de alcantarillado tiene cerca de 984 km es decir alrededor del 62% de sus redes en estado crítico y muy crítico. Esto indica la eminente necesidad de intervención de este sistema. A su vez si cotejamos esta información con el análisis estadístico de las redes inspeccionadas y procesadas por esta entidad obtenemos que la situación también es bastante complicada. Por ejemplo, la mayoría de redes están entre los 30 y los 50 años, a su vez este rango es el que presenta mayores daños a nivel estructural; lo cual induce a pensar que la edad es un factor determinante en el deterioro de las redes. A nivel de materiales obtuvimos que el gres presenta mayores índices e impactos en el deterioro que los demás materiales. A nivel de diámetros notamos que los que son menores a 300mm presentan las peores condiciones de operación. Es decir que resumidamente logramos percibir una gran cantidad de inclinaciones que si bien no se pueden extrapolar al total de redes existentes en la ciudad si nos dan una idea gruesa de algunas tendencias del grado estructural de los sistemas que podríamos encontrar dentro de un perímetro cercano a las zonas inspeccionadas.

7. RECOMENDACIONES

- Según los trabajos que realizan la mayoría de contratistas afiliados a Ictis, y tras averiguaciones con los ingenieros dedicados a la aplicación y utilización de estas tecnologías, uno de los principales problemas a vencer no solo en Colombia sino en Latinoamérica es el poco registro de mapas confiables de los servicios públicos subterráneos. Cada que se incurre en un proyecto de este tipo, el porcentaje de encontrarse con alguna sorpresa a profundidad es alto, muchas veces se da apertura a un proyecto sin contar con diseños previos que indiquen la ubicación de las diferentes redes de infraestructura subterránea, que se podrían encontrar enterradas. Debido a esta enorme brecha que hoy en día existe en la detección de sistemas bajo tierra se recomienda para próximos proyectos ampliar la investigación y determinar el potencial de utilización de estos detectores de redes subterráneas aplicados a la instalación de infraestructura subterránea nueva.
- Otro de los enormes problemas cuando se proceden a realizar trabajos con tecnología sin zanja es la poca mano de obra capacitada, gran parte de este personal que trabaja hoy en día dentro de esta área lo hace de manera empírica. Generalmente si se desea un tipo de explicación o capacitación, se debe proceder a cursos en el extranjero que conllevan a incurrir en más costos para la obra. Debido a este paradigma es importante recomendar a las instituciones del gobierno como por ejemplo el servicio nacional de aprendizaje SENA, el impulso de estrategias encaminadas a la investigación y capacitación de personal idóneo en este tipo de soluciones para la instalación y rehabilitación de redes de servicios públicos como los alcantarillados. Métodos que si bien pueden diferir en precios con los procedimientos tradicionales, a nivel de sostenibilidad e intervención social si son mucho más amigables.
- Si bien para el desarrollo de este trabajo de grado se estudiaron las principales tecnologías sin zanja abaladas por la ISTT tanto a nivel mundial como en Colombia abordando tanto sus procedimientos como algunos datos técnicos de cada una de ellas que de manera breve contextualizaran al lector, investigador, ingeniero o estudiante del tipo de tecnología que se estaba utilizando, es importante de igual forma profundizar en cada uno de estos procedimientos ya que son muchas las variables que se deben tener en obra para su utilización, son muchas las especificaciones de los equipos, y son muchos los factores que valdría la pena profundizar.
- Para establecer la aplicación y utilización de las tecnologías sin zanja es recomendable que antes de entrar a decidir el tipo de método a escoger, se haga un previo análisis de los principales parámetros que inciden en la aplicación y utilización de estas técnicas como por ejemplo: Rango de diámetros, longitudes típicas de trabajo, materiales que pueden ser aplicados, tipologías del suelo y demás condiciones especiales que involucren la decisión final sobre las mejores técnicas que se ajusten a las necesidades del proyecto.
- Hoy en día el conocimiento sobre las tecnologías sin zanja a nivel Colombiano incluso a pesar de tener un instituto especializado en la aplicación y utilización de estos procesos en esta área es muy pobre. Una de las razones puede ser la

dependencia de los consultores por los contratos de las empresas de servicios públicos, contratos que en su mayoría están destinados a la utilización de procedimientos convencionales. Este escepticismo hace que los contratistas rechacen muchas veces otro tipo de soluciones induciendo en no conocer la aplicación y ventaja de los procedimientos. Por tal motivo es recomendable que desde la universidad y simultáneamente a las clases de hidráulica, mecánica de fluidos e hidrología, se involucren también cursos enfocados a la aplicación y utilización de estas tecnologías como soluciones amigable en la instalación y rehabilitación de redes de servicios públicos. Soluciones que no solamente le den una idea general al estudiante de lo que significa la tecnología sino que lo capacite para diseñar, supervisar y gerenciar proyectos en los cuales esté involucrado estos métodos.

- Es importante que para la aplicación de estas tecnologías en redes de servicios públicos como por ejemplo los alcantarillados de la ciudad de Bogotá, se establezcan dentro de los procesos licitatorios criterios de evaluación que involucren tanto los costos directos de la obra como también los costos asociados a las externalidades causadas a una ciudad cuando se interviene de manera directa el espacio público. A partir de la evaluación de estos criterios es recomendable determinar las condiciones de elegibilidad entre los diferentes tipos de tecnología.
- Se recomienda hacer un estudio sobre interventoria en la aplicación de la tecnología sin zanja ya que a pesar de que se han realizado varias obras con resultados exitosos en el país, hoy en día no existe un sector de la ingeniería como tal que se dedique a la revisión y supervisión de este tipo de proyectos.

8. GLOSARIO

AVN:

Son máquinas tuneladora que se caracterizan por ser utilizables en todo tipo de geologías y por manejar circuitos cerrados de transporte de sedimentos excavados.

Bentonita:

Es un fluido de perforación constituido por una arcilla de tipo Montmorillonita altamente expansiva y reactiva, utilizada para dar estabilidad al suelo circundante de la perforación.

Cabeza Cortadora:

Herramienta que funciona mecánicamente para que las maquinas perforadoras trituren y excaven el material.

EPB:

Son máquinas tuneladoras que se caracterizan tanto por ser utilizables en todo tipo de geologías excepto en roca maciza como por manejar el transporte de sedimentos excavados por medio de vagones y a través de rieles.

Tecnología sin zanjas:

Técnicas para instalar, reparar, renovar o remplazar redes de infraestructura subterránea a partir de excavaciones mínimas a la superficie.

Fluido o Lodo de Perforación:

Mezcla de agua con bentonita o polímeros para estabilizar las paredes del túnel, facilitar la remoción de materiales excavados y enfriar la cabeza cortadora de la máquina.

Expansor:

Herramienta muy utilizada en el método HDD para ensanchar el túnel piloto durante el proceso de instalación de la tubería.

HDD:

Método altamente utilizado en el mundo para la instalación de tubería nueva.

Instalación:

Comprende la construcción nueva de infraestructura subterránea.

Localizador:

Equipo sofisticado que a partir de ondas electromagnéticas y sensores de detección ubican redes subterráneas de diferente material.

Pozo de apertura:

Zanja de entrada donde se instalara la máquina excavadora y desde donde la tecnología es lanzada bien sea para instalación o Rehabilitación de la tubería.

Pozo de Recepción:

Zanja de salida donde se retira y se recupera la máquina excavadora.

Rehabilitación:

Comprende la renovación, reparación y sustitución de una o varias redes de tubería existentes para mejorar sus condiciones estructurales y operacionales.

Túnel Piloto: Procedimiento de elaborar una perforación o agujero guía, que me determina la línea y trayectoria del posterior túnel definitivo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- *Aecid (2011), [Folleto], Ref. "Fondo de cooperación para agua y saneamiento, Solicitud de financiación para la rehabilitación de alcantarillado de Kennedy", Bogotá, Eaab.*
- *Allenwatson (2011), "What is Pipe Ramming" [en línea], Disponible en: <http://www.allenwatson.com/pipe-ramming.html>, [accedido Agosto 28, 2011].*
- *Álvarez, G. (2011, 5 de Septiembre), entrevistado por Pinzón, J., Bogotá.*
- *Apeldoorn, S. (2009), Comparing the Cost Trenchless vs Traditional Methods. Pdf disponible en www.projectmax.co.nz/.../Comparing [accedido Noviembre 19, 2011].*
- *Ariaratna, S. (2011), Trenchless Technology for installation and rehabilitation of utility networks [CD-ROM], Bogotá, Ictis.*
- *Ávila, H.; Clavijo, W. (2002)," Renovación y rehabilitación de redes de distribución de agua potable y de alcantarillado"[conferencia], XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Universidad de los Andes, Bogotá.*
- *Bessac-Andina (2011), [Folleto], Ref. "Una solución de excavación en la realización de obras hidráulicas y de saneamiento", Bogotá, Bessac.*
- *Corral, M.; Sivesind, C (2011, 17 de Marzo), "The Robbins Company Equipos Trenchless" [conferencia], Seminario Internacional de Infraestructura Subterránea, Ictis, Bogotá.*
- *DANE, (2011), "proyecciones y población", [en línea], pdf disponible en:http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/7proyecciones_poblacion.pdf [accedido abril 10, 2011].*
- *Daza, J. (2010), Criterio de selección de alternativas para rehabilitación [CD-ROM], Bogotá, Ictis.*
- *Daza, J (2011) "Procedimiento de ejecución de proyectos para redes de alcantarillado: Renovación de tubería con tecnología sin zanja" [Nota Técnica], Bogotá Colombia , Pavco*
- *Direct Pipe (2010), [Video Documental], Alemania, Herrenknecht AG*
- *Double Shield TBM (2010), [Video Documental], Alemania, Herrenknecht AG*
- *Durango, S (2011, 17 de Marzo), "Soluciones integrales para proyectos de tubería sin zanja" [conferencia], Seminario Internacional de Infraestructura Subterránea sin Zanja, Ictis, Bogotá.*
- *Eaab, (2012), "Grandes obras en Bogotá para mejorar el medio ambiente y recuperar los ríos de la ciudad", [en línea], disponible en: http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/portal!/ut/p/c4/04_SB8K8xLLM9MSSzPy8xBz9CP0os3gLw2DfYHMPIwN_cyMXA09HV1cLM2MTJ7dQE_2CbEdFAI33QC0! [accedido Enero 20, 2012].*

- *Front Steer Guided Auger Boring (2011)*, [Video Documental], Alemania, Bohrtec GmbH
- Fusión Sudamericana S.A, (2004) "Consideraciones técnicas del sistema de Tunelería dirigida" [Nota Técnica], *Santiago de Chile*.
- Gómez, J.; Baquero, I. (2011, 17 de Marzo). "Necesidades de consultoría especializada en los campos de rehabilitación y construcción sin zanja"[conferencia], Seminario Internacional de Infraestructura Subterránea sin Zanja, Bogotá.
- Gr Hidro, (2011), "Rehabilitación de tuberías QUICK LOCK", [en línea], pdf disponible en: http://www.grhidro.com/archivos/grhidro_folleto_quicklock.pdf [accedido Noviembre 03, 2011].
- Gutiérrez, C. (2006), *Method selection for trenchless technology (TT) in South America* [Tesis de maestría], Ruston LA, *Louisiana Tech University*, Mater of science in civil engineering.
- Gutiérrez, C. (2011), *Proyectos y actividades de algunos afiliados a Ictis en Colombia y en la región Andina de Suramérica* [CD-ROM], Bogotá, Epm.
- Gutiérrez, J. (1997), *Tecnología sin zanjas una solución para la instalación de tuberías subterráneas, sin excavación; estado de conocimiento usos y aplicaciones en Colombia* [trabajo de grado], [Microfichas] Bogotá, Universidad Javeriana, Carrera de Ingeniería Civil.
- *Gripper TBM (2010)*, [Video Documental], Alemania, Herrenknecht AG
- Hammerhead-Mole, (2011), "Hammerhead mole Perforadoras neumáticas", [en línea], pdf disponible en: <http://www.hammerheadmole.com> [accedido Octubre 11, 2011].
- Hammerhead, (2011), "Trenchless Installation Solution", [en línea], disponible en: <http://www.hammerheadtrenchless.com> [accedido Octubre 1, 2011].
- Hammerhead-Ramming, (2011), "Pipe Ramming Equipment", [en línea], pdf disponible en: <http://www.hammerheadmole.com> [accedido Octubre 15, 2011].
- Herrenknecht-EPB (2011), [Folleto], Ref. "Hear nothing, See nothing, Spoil nothing: Trenchless Tunnelling Technology for Underground Pipeline Systems", Schwanau, Herrenknecht AG.
- ICTIS, (2011), "Qué es la Tecnología Sin Zanja y tecnologías para la Infraestructura Subterránea" (2011) [en línea], disponible en: <http://www.ictis.org/faq.html>, [accedido Agosto 26, 2011].
- Ingetec, (2012), "Tibitoc Casablanca", [en línea], disponible en: http://www.ingetec.com.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=78:tibitoc-casablanca&Itemid=34&lang=es [accedido Enero 19, 2012].
- Interflow, (2011), "Expanda: Structural lining for large diameter pipeline", [en línea], pdf disponible en: http://www.interflow.com.au/08_pdfs/Expanda%20Brochure.pdf

[accedido Noviembre 10, 2011].

- Interflow, (2011), "Ribline: Structural lining for large diameter pipeline", [en línea], pdf disponible en: http://www.interflow.com.au/08_pdfs/Ribline%20Brochure.pdf [accedido Noviembre 16, 2011].
- Interflow, (2011), "Rotaloc: Structural lining for large diameter pipeline", [en línea], pdf disponible en: http://www.interflow.com.au/08_pdfs/Rotaloc%20Brochure.pdf [accedido Noviembre 10, 2011].
- ISTT, (2011), "Why Trenchless No Dig" [en línea], disponible en: <http://www.istt.com/index.cfm?menuID=10>, [accedido Agosto 27, 2011].
- Jaramillo, L. (2010), "Rehabilitación de redes de infraestructura subterránea" [foro], en Conferencia de apertura sobre rehabilitación de infraestructura, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Jaramillo, L. (2011, 2 de Agosto), entrevistada por Pinzón, J., Bogotá.
- Kramer, S.; McDonald, W. y Thomson, J. (1992), *An introduction to trenchless technology. Need for Trenchless Technology*, New York, Chapman and Hall.
- Maldonado, L (2011, 31 de Agosto), "Últimos desarrollos de los túneles de pequeño diámetro debajo del nivel freático" [conferencia], 54º Congreso del sector de agua, saneamiento y ambiente, Acodal, Santa Marta
- Monge, O (2011, 17 de Marzo), "Tecnologías de bajo riesgo para rehabilitación de colectores de gran diámetro sin apertura de zanjas" [conferencia], Seminario Internacional de Infraestructura Subterránea sin Zanja, Ictis, Bogotá.
- Normalización técnica de la EAAB-ESP: NS-058, (2001) "Aspectos técnicos para inspección y mantenimiento de redes de alcantarillado; aspectos técnicos para la rehabilitación de redes y estructuras de alcantarillado" [en línea], disponible en: <http://webview.javerianacali.edu.co/cgiolib/?infile=details.glu&loid=360785&rs=1606419&hitno=6>, [accedido noviembre 10, 2011].
- PAVCO, (2011) "Renovación ZINZAJA PAVCO tecnología para rehabilitar tubería" [en línea], disponible en: pavco.com.co/, [accedido Agosto 26, 2011].
- Penagos, J. (2011), *Infraestructura subterránea: Hacia un modelo de gestión de activos* [CD-ROM], Bogotá, Ictis.
- Penagos, J. (2010), *Metodología para la elaboración de planes de rehabilitación de redes de alcantarillado* [CD-ROM], Bogotá, Ictis.
- Pfeff, D (2011, 17 de Marzo), "Direct Pipe: The innovation in pipeline construction. Case Histories and References" [conferencia], Seminario Internacional de Infraestructura Subterránea sin Zanja, Ictis, Bogotá.
- *Pipeliners* (2011), "Rehabilitación de tuberías sin zanja" [en línea], Disponible en: <http://www.pipelinersco.com/index.php/productos-y-servicios/rehabilitacion-tuberias>, [accedido Noviembre 01, 2011].

- Prieto, D. (2011, 23 de septiembre), "Presentación sobre Integración de tuberías sin zanja", correo electrónico enviado a Pinzón, J.
- Pucker, J. (2006) Social cost Associated with Trenchless projects: Case Histories in North America and Europe.
- Robbins (2007), [Folleto], Ref. "Not just another boring machine", USA, Robbins.
- *Robbins Tbm* (2011), "Take on the toughest bores with the robbins ABM" [en línea], Disponible en: <http://www.robbinstbm.com/our-products/auger-boring-machines/>, [accedido Octubre 28, 2011].
- Rodríguez, J. (2005), Análisis de interacción suelo o estructura para refuerzo de suelos fisurados [Artículo], Bogotá, Universidad Javeriana, Carrera de Ingeniería Civil
- Támara, J (2011, 31 de Agosto), "Instalación y restitución de servicios con tecnologías sin zanja" [conferencia], 54º Congreso del sector de agua, saneamiento y ambiente, Acodal, Santa Marta
- Tecmeco, (2011), "Reparaciones localizadas" [en línea], disponible en: http://www.tecmeco.com/catalogo_productos.php?Reparaciones_localizadas&CCOD=276 [accedido Noviembre 5, 2011].
- Tecmeco, (2011), "Topos neumáticos" [en línea], disponible en: http://www.tecmeco.com/catalogo_productos.php?Tecnologias_sin_zanjas&CCOD=2, [accedido Octubre 22, 2011].
- *Terraigua* (2011), "Compact Pipe Inserción con previo doblado del tubo" [en línea], Disponible en: http://www.terraigua.com/compact_pipe_insercion_con_previo_doblado_del_tu.html, [accedido Agosto 20, 2011].
- Tighe, S.; Knight, M.; Papoutsis, D.; Rodríguez, V. y Walker, C. (2002). "User cost savings in eliminating pavement excavations through employing trenchless technologies", en *Canadian journal of civil engineering*, pp 751-761.
- Vidal, F. (2004), *Técnicas de construcción fundamentadas en la tecnología sin zanjas* [trabajo de grado], Guatemala, Universidad San Carlos, Carrera de Ingeniería Civil.
- Zanelidin, E. (2007). "Trenchless construction: an emerging technology in United Arab Emirates", in *Tunnelling and underground space technology*, pp. 96-105.
- Zayed, T.; Salman, A. y Basha, I. (2011), "The impact on environment of underground Infrastructure utility work", in *Structure and infrastructure engineering*, pp.199-210.

10. ANEXOS

1. Máquina TBM Mixshield (Herrenknecht) [Video]
2. Perforación Horizontal Dirigida (Herrenknecht) [Video]
3. Perforación Horizontal Dirigida (Treltec) [Video]
4. Pipe Jacking AVN 2000 (Herrenknecht) [Video]
5. Pipe Jacking EPB (Robbins) [Video]
6. Método de Dovelas por una Double Shield TBM (Herrenknecht) [Video]
7. Método de Lanzado de concreto con Gripper TBM (Herrenknecht) [Video]
8. Instalación de tuberías por medio de topes neumáticos (Hammerhead) [Video]
9. Hincado de camisas de acero (Hammerhead) [Video]
10. Hincado de camisas de acero (Allenwatson) [Video]
11. Tornillo sin fin (Bohrtec) [Video]
12. Instalación de Tubería en un solo paso (Herrenknecht) [Video]
13. Equipo de Succión Presión para limpieza de tubería (Clarear Ingeniería Ltda) [Video]
14. Animación de una limpieza de tubería (Iwisoft) [Video]
15. Robot para inspección de tuberías (VERSATRAX, Roboserv ®) [Video]
16. Cámaras para inspección de tuberías (Gr Hidro) [Video]
17. Proceso de rehabilitación por medio del método de tubería curada en sitio (Pavco) [Video]
18. Proyecto en el barrio Alquería con Cipp (Pavco) [Video]
19. Proyecto en la zona Las Aguas con Cipp (Pavco) [Video]
20. Proyecto en el sector de la Cll 106 con Cipp (Pavco) [Video]
21. Inserción con previo doblado del tubo (Compact pipe utility Services) [Video]
22. Animación del método de Compact Pipe (Pavco) [Video]
23. Método de Quick Lock para reparaciones puntuales (Gr Hidro) [Video]

24. Reparación con Quick Lock antes y después (Gr Hidro) [Video]
25. Tecnología Rotaloc (Технология Riblock) [Video]
26. Aplicación de la tecnología Reblin (MDCCLI) [Video]
27. Demostración del método Pipe Bursting (Warrior Worldwide Trenchless Solution) [Video]
28. Funcionamiento del PortaBurst PB30 Gen2 (Hammerhead) [Video]
29. Aplicación de la técnica de Pipe Bursting (Treltec) [Video]
30. Animación de un equipo fresador trabajando (AST Grupo) [Video]
31. Robot fresador tunelando (Intesan) [Video]
32. Localizador de tuberías (Schonstedt) [Video]
33. Trabajos de localización de redes (Electronics LLC) [Video]
34. Datos sobre las redes de alcantarillado de Bogotá (Eaab) [Video]
35. Cálculos estadísticos de las redes de alcantarillado de Bogotá (Propio) [Documento en Excel]
36. Registro fotográfico Obra Cipp [Fotos]
37. Formato de encuesta Obra Cipp [Archivo en Word]
38. Entrevista a Ingeniero Residente Obra Cipp [Archivo de Audio]
39. Registro Fotográfico Obra Pipe Jacking [Fotos]
40. Entrevista a Ingeniera Residente Obra Pipe Jacking [Archivo de Audio]