ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS, EN TÉRMINOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS, CUANDO SE ADQUIERE CARTOGRAFÍA DEL SUBSUELO

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO EN INGENIERÍA TOPOGRÁFICA

HASLEIDY GORDILLO SÁNCHEZ

ÁNGELA MAYERLI SEGURA NOVOA

BOGOTÁ D. C.
OCTUBRE DE 2015

ESTIMACIÓN DE LOS BENEFICIOS, EN TÉRMINOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS, CUANDO SE ADQUIERE CARTOGRAFÍA DEL SUBSUELO

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO EN INGENIERÍA TOPOGRÁFICA

HASLEIDY GORDILLO SÁNCHEZ
CÓDIGO 20101032012

ÁNGELA MAYERLI SEGURA NOVOA
CÓDIGO 20091032034

DIRECTOR:

EDGAR LOZANO ESPINOSA
M.S.C INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D. C.
OCTUBRE DE 2015

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

Lista de tablas V

Tabla de Ilustraciones IX

1 Capítulo primero – Aspectos iniciales 1

1.1 Introducción. 1

1.2 Antecedentes. 3

2 Capítulo segundo – Planteamiento 1

2.1 Justificación. 1

2.2 Formulación y delimitación del problema. 2

3 Capítulo tercero – La investigación 3

3.1 Alcance de la investigación 3

3.1.1 Objetivo general 3

3.1.2 Objetivos específicos 3

3.2 Metodología de la investigación 4

3.2.1 Planteamiento inicial 4

3.2.2 Justificación del enfoque a emplear 4

3.2.3 Hipótesis 4

3.2.4 Concepción de la investigación 5

3.3 Síntesis metodológica 5

4 Capítulo cuarto – Marco Teórico 7

4.1 Tecnología Georadar 7

4.1.1 ¿Qué es el Georadar? 7

4.1.2 Breve historia del Georadar 9

4.1.3 Fundamentos teóricos 11
4.1.4 Funcionamiento 13
4.1.5 Equipo 15
4.1.6 Limitaciones del método 17
4.1.7 Aplicaciones 18
4.1.8 Trabajos previos 19
4.2 Análisis presupuestal en proyectos de ingeniería 21
4.2.1 Presupuesto Valorativo Detallado 21
4.2.2 Elaboración de Análisis de Precios Unitarios (APU) 22
4.2.3 Resumen de obra 25
4.3 Infraestructura y servicios públicos 26
4.3.1 Conceptualización 26
4.3.2 Desarrollo de los servicios públicos en Bogotá 27
4.3.3 Importancia del conocimiento de la infraestructura sub-superficial 30
5 Capítulo quinto – Caso estudiado 32
5.1 Descripción. 32
5.2 Tipo de intervenciones a ejecutar 34
5.3 Infraestructura del proyecto. 35
5.4 Complicaciones presentadas en la ejecución de obras civiles 36
6 Capítulo sexto – Marco de referencia. 43
6.1 Breve reseña de la construcción de obras civiles en la ciudad de Bogotá. 43
6.2 Normativa de construcción de redes de servicios públicos 47
6.2.1 Normatividad asociada a dimensiones, jerarquía, caracterización y clasificación de redes de suministro. 48
6.2.2 Importancia del conocimiento de la normatividad aplicable a la composición de la infraestructura de servicios públicos dispuesta en el subsuelo. 62

6.2.3 Normatividad asociada al proceso constructivo. 63

6.3 Conexiones ilegales en servicios públicos, para la ciudad de Bogotá 97

7 Capítulo séptimo – Análisis técnico-económico, para el proyecto de intervención de redes 99

7.1 Metodología de selección del equipo Georadar 100

7.2 Análisis económico y financiero del equipo EASY LOCATOR (MALA) 104

7.2.1 Depreciación 104

7.2.2 Interés del capital invertido 105

7.2.3 Seguros e impuestos 106

7.2.4 Valor por hora del equipo Georadar 107

7.3 Descripción técnico- económica de actividades propias para la ejecución del proyecto. 108

7.3.1 Capítulo 1 “Ampliación de la Red de Abastecimiento de Agua Potable” 108

7.3.2 Capítulo 2 “Ampliación de la Red de Saneamiento Residual” 111

7.3.3 Capítulo 3 “Ampliación de la Red de Saneamiento Pluvial” 113

7.3.4 Capítulo 4 “Subterranización de la Red de Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión” 115

7.3.5 Capítulo 5 “Subterranización de la Red de Telefonía” 117

7.4 Descripción de actividades, reparación de redes publicas 119

8 Capítulo octavo – Análisis de resultados 122

8.1 Análisis financiero – Resúmenes de obra 123

8.1.1 Capítulo 1 “Ampliación de la Red de Abastecimiento de Agua Potable” 124

8.1.2 Capítulo 2 “Ampliación de la Red de Saneamiento Residual” 125

8.1.3 Capítulo 3 “Ampliación de la Red de Saneamiento Pluvial” 126

8.1.4 Capítulo 4 “Subterranización de la Red de Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión” 127

8.1.5 Capítulo 5 “Subterranización de la Red de Telefonía” 128

8.1.6 Reparaciones puntuales estimadas 129

8.1.7 Equipo Georadar 131

8.2 Probabilidad de ocurrencia de daño sobre la red 133

8.2.1 Definición probabilidad clásica 133

8.2.2 Metodología de estimación de probabilidad de daño 133

8.3 Comparación entre el costo de reparación y el costo del uso del Georadar 134

8.4 Análisis de probabilidad de daño 137

9 Conclusiones 144

10 Recomendaciones 148

11 Glosario 149

12 Bibliografía 151

Lista de tablas

Tabla 1 Antenas Frecuencia Vs Profundidad (Diaz, 2013) 17
Tabla 2 Descripción del caso de estudio. (Fuente: Autores.)..... 33
Tabla 3 Intervenciones a ejecutar en el proyecto seleccionado. (Fuente: Autores.) 34
Tabla 4 Red de suministro de agua potable, clasificación, materiales y diámetros. (Fuente: Autores.). 49
Tabla 5 Profundidad red de suministro de agua potable respecto a otras redes. (Fuente: Autores.). 50
Tabla 6 Normatividad del sector agua potable y saneamiento básico. (Barriga B., 2006)..... 51
Tabla 7 Red de saneamiento, clasificación, materiales y diámetros. (Fuente: Autores.). 52
Tabla 8 Profundidad de las redes saneamiento con respecto a otras redes. (Fuente: Autores.). 53
Tabla 9 Normativa Red de suministro de Gas Natural (Fuente: Autores.) 54
Tabla 10 Normativa Materiales Red de suministro de Gas Natural 1. (Fuente: Autores.) 54
Tabla 11 Normativa Materiales Red de suministro de Gas Natural 2. (Fuente: Autores.) 55
Tabla 12 Normativa Centro de medición - Red de suministro de Gas Natural 2. (Fuente: Autores.) 55
Tabla 13 Normativa Red de distribución Red Eléctrica (Fuente: Autores.) 56
Tabla 14 Normativa Materiales de distribución Red Eléctrica (Fuente: Autores.) . 57
Tabla 15 Normativa Red de distribución Red Eléctrica – Excavaciones (Fuente: Autores.) 57
Tabla 16 Normativa Red de distribución Red Eléctrica – Rellenos (Fuente: Autores.) 58

Tabla 17 Normativa Red de distribución Red Eléctrica – Cajas de Inspección (Fuente: Autores.) 58
Tabla 18 Normatividad Red de Telefonía ETB (Fuente: Autores.) 60
Tabla 19 Normatividad Red de Telefonía Canalizaciones (Fuente: Autores.) 60
Tabla 20 Normatividad Red Telefonía Componentes de las canalizaciones (Fuente: Autores.) 60
Tabla 21 Normatividad Red de Telefonía – Cámaras de Inspección (Fuente: Autores.) 61
Tabla 22 Normatividad Red de Telefonía – Cajas de paso (Fuente: Autores.) 61
Tabla 23 Normatividad Red de Telefonía – Generalidades y Especificaciones Tubería (Fuente: Autores.) 62
Tabla 24 Criterios generales de instalación Red de Suministro de Agua Potable (Fuente: Autores.) 64
Tabla 25 Criterios generales de instalación Red de Saneamiento 1 (Fuente: Autores.) 73
Tabla 26 Criterios generales de instalación Red de Saneamiento 2 (Fuente: Autores.) 74
Tabla 27 Criterios generales de instalación Red de Distribución Gas Natural 82
Tabla 28 Detalle estructural instalación tubería Red Gas Natural 83
Tabla 29 Excavaciones recomendadas Instalación de Tubería Polietileno - Red Gas Natural (Fuente: Autores.) 85
Tabla 30 Dimensiones de excavación para cajas de misil percutor Red Gas Natural (Fuente: Autores.) 86
Tabla 31 Normativa general de instalación Red Eléctrica (Fuente: Autores.) 88
Tabla 32 Normatividad de construcción de la red telefónica..... 95
Tabla 33 Comparación de Equipos GPR en el mercado. (Fuente: Autores.) 102
Tabla 34 Cálculo del valor de depreciación por hora para equipo GPR (Fuente: Autores.) 105
Tabla 35 Cálculo del valor de Interés del capital invertido por hora para equipo GPR (Fuente: Autores.) 106

Tabla 36 Cálculo del valor de seguros e impuestos por hora para equipo GPR (Fuente: Autores.) 107
Tabla 37 Cálculo del valor total por hora para equipo GPR (Fuente: Autores.) .. 107
Tabla 38 Criterios empleados en la instalación Red de Abastecimiento de Agua Potable (Fuente: Autores.) 108
Tabla 39 Descripción de actividades ampliación de la Red de Abastecimiento de Agua Potable (Fuente: Autores.) 110
Tabla 40 Criterios empleados en la instalación Red de Saneamiento Residual (Fuente: Autores.) 111
Tabla 41 Descripción de actividades ampliación de la Red de saneamiento Residual (Fuente: Autores.) 112
Tabla 42 Criterios empleados en la instalación Red de Saneamiento Pluvial (Fuente: Autores.) 113
Tabla 43 Descripción de actividades ampliación de la Red de Saneamiento Pluvial (Fuente: Autores.) 114
Tabla 44 Criterios empleados en la instalación Red de Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión. (Fuente: Autores.) 115
Tabla 45 Descripción de actividades ampliación de la Red Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión (Fuente: Autores.) 116
Tabla 46 Criterios empleados en la instalación Red de Telefonía. (Fuente: Autores.) 117
Tabla 47 Descripción de actividades ampliación de la Red de telefonía (Fuente: Autores.) 118
Tabla 48 Descripción de actividades, reparación de redes públicas 1. (Fuente: Autores.) 119
Tabla 49 Descripción de actividades, reparación de redes públicas 2. (Fuente: Autores.) 120
Tabla 50 Descripción de actividades reparación de redes públicas (Fuente: Autores.) 121
Tabla 51 Resumen de obra Red Agua potable (Fuente: Elaboración propia).... 124

Tabla 52 Resumen de obra Red de Saneamiento Residual (Fuente: Elaboración propia)..... 125
Tabla 53 Resumen de obra Red Pluvial (Fuente: Elaboración propia) 126
Tabla 54 Resumen de obra Red Eléctrica (Fuente: Elaboración propia) 127
Tabla 55 Resumen de obra Red Telefónica (Fuente: Elaboración propia) 128
Tabla 56 Montos invertidos en reparaciones puntuales (Fuente: Autores.) 129
Tabla 57 Montos totales invertidos en reparaciones puntuales (Fuente: Autores.). 129
Tabla 58 Porcentaje de reparación estimado. (Fuente: Autores.)..... 130
Tabla 59 Resumen financiero de la instalación de redes (Fuente: Autores.) 131
Tabla 60 Resumen financiero de la reparación de redes (Fuente: Autores.) 131
Tabla 61 Sobrecosto generado en la ejecución de proyectos. (Fuente: Autores.) 134
Tabla 62 Comparación económica entre ejecuciones de proyectos frente al uso de la tecnología georadar. (Fuente: Autores.) 136
Tabla 63 Área total de influencia - Anden y calzada. (Fuente: Autores.) 137
Tabla 64 Área de ocupación de redes de servicio. (Fuente: Autores.) 139
Tabla 65 Área de ocupación de redes de servicio- Accesorios (Fuente: Autores.) 140
Tabla 66 Porcentaje de ocupación de redes de servicio público (Fuente: Autores.) 141
Tabla 67 Porcentaje de área de ocupación de componentes de inspección (Fuente: Autores.) 141
Tabla 68 Porcentaje de distribución del subsuelo (Fuente: Autores.) 142

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1Tecnología Georadar (Gepard GPR, 2009)..... 8
Ilustración 2 Operación de un sistema GPR (Versión traducida) (Diaz, 2013)..... 13
Ilustración 3 Radargramas, ejemplo (Gepard GPR, 2009) 14
Ilustración 4 Ejemplo lectura de Georadar (Versión Traducida) (Dig Smart of Maine Inc., 2010)..... 15
Ilustración 5 Equipo de prospección geofísica (Ballester, 2012)..... 16
Ilustración 6 Esquema general de instalación de redes en el proyecto. (Fuente: Autores.) 35
Ilustración 7 Esquema general de la red de telecomunicaciones (E.S.P, Empresas Publicas de Medellín, 2004) 59
Ilustración 8Detalle de Cimentación Tuberías Flexibles (EAAB, 2004)..... 65
Ilustración 9Tipos de Anclaje Tubería Biaxial para acueducto 1 (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014)..... 69
Ilustración 10 Tipos de Anclaje Tubería Biaxial para acueducto 1 (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014)..... 69
Ilustración 11 Codo Gran Radio 90° (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014) 70
Ilustración 12 Codo Gran Radio 45° (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014) 70
Ilustración 13 Codo Gran Radio 22.1/2° 70
Ilustración 14 Codo Gran Radio 11. 1/4° (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014) 70
Ilustración 15 Unión rápida. (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014)..... 70
Ilustración 16 Unión de reparación. (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014) 70
Ilustración 17 Empate de tubería en redes de Acueducto Norma NS-023 (EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2004)..... 71
Ilustración 18 Esquema según normativa de Instalación de hidrantes NS-027 (EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2006) 72

Ilustración 19 Detalle de cimentación Tuberías Rígidas. (EAAB, 2004) 75
Ilustración 20 Detalle sumidero tipo SL-100 (EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá., 2002) 79
Ilustración 21 Pozo de inspección con reducción cónica: (EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2006) 81
Ilustración 22 Pozo de inspección en mampostería sin reducción cónica (EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2006) 82
Ilustración 23 Detalle estructura general de instalación general metodología zanja para canalizaciones eléctricas (Linkinormas, 2003) 90
Ilustración 24 Detalles ductos, zanjas y rellenos. 9 ductos diámetro Ø 4" (1) (Linkinormas, 2003) 90
Ilustración 25 Detalles ductos, zanjas y rellenos. 9 ductos diámetro Ø 4" (2) (Linkinormas, 2003) 91
Ilustración 26 Detalle general tubería corrugados de PVC (Linkinormas, 2010) ... 91
Ilustración 27 Detalle de llegada de ductos a cajas de inspección 92
Ilustración 28 CS275 Caja de inspección sencilla para canalización de M.T. y B.T. (Linkinormas, 2010) 93
Ilustración 29 CS276 Caja de inspección doble para canalización de M.T. y B.T. (Linkinormas, 2010) 93
Ilustración 30 Secciones típicas Canalización Telefonía (Construdata, 2006)Detalle cámaras telefónicas ETB 96
Ilustración 31 Dimensiones cámaras telefónicas ETB (Construdata, 2006)..... 96
Ilustración 32 Equipo GPR de la compañía MALA (Mala, 2015) 103
Ilustración 33 Detalle de cimentación - Vista longitudinal - Red de abastecimiento potable. (Fuente: Autores.)..... 109
Ilustración 34 Detalle de cimentación - Vista transversal - Red de abastecimiento potable. (Fuente: Autores.)..... 109
Ilustración 35 Detalle de cimentación - Instalación – Red de saneamiento residual. (Fuente: Autores.) 111
Ilustración 36 Detalle de cimentación – Instalación - Red saneamiento Pluvial (Fuente: Autores.) 113

Ilustración 37 Red de Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión. (Fuente: Autores.) 115
Ilustración 38 Detalle de cimentación - Instalación Red de telefonía. (Fuente: Autores.) 117
Ilustración 39 Reparación - sección de tubería PVC- Agua potable. (Fuente: Autores.). 119
Ilustración 40 Reparación - sección tubería Novafort 20" (Fuente: Autores.)..... 119
Ilustración 41 Reparación - sección tubería Novafort 24" (Fuente: Autores.)..... 120
Ilustración 42 Reparación - Tubería Reparaducto - (Fuente: Autores.) 120
Ilustración 43 Comparación de aumento porcentual sobre el proyecto 135
Ilustración 44 Relación entre el uso del Georadar y las reparaciones a las redes. (Fuente: Autores.) 136
Ilustración 45 Distribución de redes de servicio (Fuente: Autores.) 138
Ilustración 46 Porcentaje de ocupación de redes de servicio en andén (Fuente: Autores.) 143
Ilustración 47 Porcentaje de ocupación de redes de servicio en calzada (Fuente: Autores.) 143

Anexos

Se incorporan los Análisis de Precios Unitarios con los cuales se estimaron los costos del proyecto, desde la página 157 hasta la 222.

1 Capítulo primero – Aspectos iniciales

1.1 Introducción.

La formación académica que se imparte al Ingeniero Topográfico le facilita ser participe en la planeación, diseño, ejecución, evaluación, administración y gerencia de actividades propias de la topografía y proyectos de carácter ingenieril. El objetivo del proyecto curricular de Ingeniería topográfica, se define como "*Formar profesionales con las competencias básicas, profesionales, laborales propias del saber del ingeniero topográfico para liderar la planeación, diseño, ejecución, evaluación, coordinación, administración y gerencia de proyectos*." (Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 1998), este enfoque permite al profesional egresado ser un componente versátil en el desarrollo de proyectos de ingeniería.

En este contexto, para lograr la ejecución de dichos proyectos en los términos requeridos es necesaria la apropiación de nuevas tecnologías que permitan garantizar la exactitud y precisión del trabajo mencionado; además todas las actualizaciones son beneficiosas, y se debe a que la mayoría de estas nuevas tecnologías, obvian, tiempo y recurso humano; en la época que se está viviendo, prima la precisión, que es otro de los factores que requieren estas nuevas tecnologías. En general, para la totalidad de proyectos relacionados con la ingeniería, se requiere de la optimización de las actividades, afines a la topografía, en cuanto a recursos humanos, temporales y económicos, sin menguar la calidad propia de los mismos; de esta manera el profesional debe mantenerse en competencia para implementar nuevos equipos, que sirvan como herramienta optimizadora en las labores propias de su profesión.

Igualmente, el Ingeniero topográfico con base en su conocimiento y experiencia, en el creciente mercado tecnológico, debe ser muy acertado en la selección de equipos y programas que sean acordes a las labores a desempeñar.

El desarrollo de este proyecto se basa en la evaluación de los beneficios del uso de la tecnología Georadar en la recolección de información para ser usada durante las etapas de un proyecto, permitiendo realizar análisis de pre-factibilidad económica en diferentes tipos de proyectos ingenieriles; para tal efecto, se propone establecer de manera financiera, contable y económica, la aplicación de estas nuevas tecnologías, frente a la metodología tradicional empleada en los procesos de investigación, estudio, diseño, ejecución y construcción.

Este trabajo fue desarrollado en nueve capítulos. El primero se relaciona con el génesis del proyecto, en él se comienza con la contextualización argumentativa del proceso que se desarrollará, base del capítulo segundo, el cual completa considerablemente la idea, puesto que en esta sección se hace una exposición de los argumentos que conllevaron a la elección de este tema, presentando la justificación que permite formular la problemática que se da en esta disciplina, indicando al lector la importancia de realizar este estudio. El capítulo tercero, se enfoca en la parte investigativa, delimitando el problema, posteriormente se exhiben los objetivos que se pretenden alcanzar, coherentes con la hipótesis planteada, que será la base de demostración del presente estudio, presentando la justificación del enfoque cuantitativo, finalizando con una reflexión sobre la flexibilidad inmersa en el concepto gerencial de un proyecto, posteriormente se le menciona al lector la síntesis metodológica que se empleó durante la ejecución de este estudio.

En el capítulo cuarto, se presenta el marco teórico, en el cual se realiza un preámbulo al lector en las temáticas que se trataran en el desarrollo de la investigación, se entregan las metodologías de tratamiento de información en contexto, con los objetivos planteados. El capítulo quinto contextualiza el caso estudio exhibido en la investigación, además de señalar brevemente las complicaciones técnicas que se presentan en un proyecto de tipo ingenieril de este espécimen, en este contexto el capítulo sexto presenta un marco de referencia donde se introduce la idea de la importancia de la normativa constructiva en la ejecución de este tipo de proyectos.

En el capítulo séptimo se sustentan los componentes cronológicos y financieros, necesarios para ejecutar el proyecto presentado, mostrando los recursos económicos, humanos y temporales, que se requieren durante la ejecución de estos proyectos por parte de los contratistas, además de los factores que modifican las especificaciones esperadas inicialmente en la programación de obra del proyecto y las repercusiones de las mismas en la temporalidad y costo final del proyecto contemplado, en el capítulo octavo se presenta la etapa de análisis de la investigación, por medio de metodologías financieras y gerenciales, se realizó un estudio comparativo en referencia a los presupuestos alcanzados con y sin la aplicación de la técnica Georadar como mecanismo de apoyo para la generación de cartografía previa, resaltando la probabilidad de ocurrencia de eventos de intervención indeseada a redes de servicio.

Para finalizar el capítulo noveno presenta las conclusiones de la investigación, indica las soluciones propuestas, basadas en los análisis financieros realizados, por medio de diagramas de cronología de actividades y de flujo, además se comentan algunas recomendaciones pertinentes a la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y al proyecto curricular de Ingeniería topográfica.

1.2 Antecedentes.

Para iniciar una contextualización sobre el tema de investigación de este proyecto, es importante mencionar las significativas actualizaciones en la rama de la ejecución de proyectos de ingeniería, según Pau G. Ballester, "*La aparición de nuevos métodos de prospección geofísica en el mercado ha propiciado grandes avances, en el campo de la ingeniería civil y urbana; una de las aplicaciones desarrolladas recientemente es la utilización de dicha tecnología, particularmente el Georadar, para realizar levantamientos topográficos de redes de servicios urbanos que discurren por el subsuelo urbano. Dichos levantamientos, proporcionan al ingeniero proyectista cartografía precisa que permite ser utilizada en la mejora de los procesos*

del proyecto y gestión de las obras que afectan a servicios urbanos canalizados." (Ballester, 2012), en este contexto, se puede establecer que la inserción de esta nueva tecnología acoplada a la topografía clásica, presenta beneficios económicos y temporales en el campo de la administración y gerencia de proyectos, pues es claro que la cartografía del área sub-superficial de los proyectos, permite construir una idea más clara del proyecto y diseñar alternativas a medida del mismo.

Es importante hacer una revisión bibliográfica sobre esta tecnología, para conocer su influencia y versatilidad en este campo. "El Georadar se ha usado desde la década de los 70's" (Caicedo H., 2003) (Pellicer L., 2001) (Pérez G., 2001); los primeros estudios se enfocaron en la geología y la glaciología; posteriormente se incursiono en el ámbito de la ingeniería civil. "*Las primeras etapas de la investigación fueron encaminadas a la determinación de las propiedades electromagnéticas de los materiales a investigar, y los rangos de frecuencias que presentaban un funcionamiento óptimo, en resolución y penetración*" (Caicedo H., 2003), lo cual hizo que durante años esta tecnología estuviera relegada a la experimentación de algunos interesados.

La confirmación y ubicación de anomalías en el subsuelo, proporciona un punto de inicio preciso para los trabajos de excavación y exploración; es importante conocer la distribución subsuelo, sin dejar de lado su pasado histórico, según Ignacio Moreno, "*su impacto en la comprensión de procesos humanos que tuvieron lugar en el pasado es innegable, permitiendo confirmar o desmentir datos documentales, leyendas y diagnosticar el estado del patrimonio*" (Moreno N., 2003), por otro lado es importante resaltar los beneficios en la gestión de obras con afectación al subsuelo urbano, "*partiendo de una cartografía exacta pueden ser o bien aprovechadas en obras de nueva canalización o bien de cara al mantenimiento de la red ya existente*" (Ballester, 2012), de esta manera se puede establecer un cronograma de obra ajustado a la realidad contemplando las múltiples variables que conllevan a decisiones acertadas, respecto a la selección de metodologías de ejecución y maquinaria respectiva; por otro lado como menciona el profesor Ignacio

Moreno "*una de las mayores virtudes de la utilización de este método es proveer información precisa del subsuelo*, *sin necesidad de excavar, lo cual conllevaría indudablemente un deterioro del sitio de estudio, del bien cultural o de los objetos que se encuentren en el subsuelo*" (Moreno N., 2003), son precisamente estas intervenciones indeseadas las que generan sobrecostos económicos, sociales y ambientales.

Uno de los aspectos más preocupantes, en cuanto a cartografía del subsuelo, es la desactualización del catastro de redes de la ciudad, según la entrevista presentada por el periódico "El Tiempo" en su edición del primero de Agosto del 2015, a William Camargo Director del IDU, "*Hay una debilidad en el catastro de redes que tiene la ciudad, es un problema habitual en los proyectos del IDU; esa información nos la entregan las empresas, y nosotros hacemos algunos apliques y sondeos, pero muchas de esas redes ni siquiera están en el corredor, o están en el peor lugar. Cuando se llega a obra y mete centímetro a centímetro excavaciones, ahí es donde aparece."* (El Tiempo, 2015) De esta manera, las entidades de los servicios públicos de la ciudad, deben perfeccionar mecanismos que garanticen que la información suministrada sea fiel a la realidad.

2 Capítulo segundo – Planteamiento

2.1 Justificación.

La ingeniería topográfica es una profesión que se enfoca en el desarrollo, aplicación y mejora de métodos para la determinación de las características físicas propias de un lugar, ya sea de manera superficial o subterránea. La apropiación de una tecnología que se convierta en una herramienta para la toma de información de manera no invasiva, que permita obviar actividades que afecten de manera negativa las estructuras dispuestas en el subsuelo, y que por demás pueda ser usada en diferentes tipos de terreno y con diferentes propósitos, permite la optimización de las actividades de la topografía en términos de tiempo y capital; de esta manera se hace necesario para el profesional en esta área, estimar la rentabilidad del mismo, y así conocer si éste es aplicable a las necesidades o descartable, en términos económicos y técnicos.

En el campo de los proyectos de índole ingenieril, es usual encontrar que la información previa al planteamiento de un proyecto es limitada, y en ocasiones deficiente y nula, esto se debe a la falta de una cultura de registro de proyectos anteriores, ante las autoridades encargadas y la imposibilidad de actualizar diariamente el ingreso de nuevas acometidas de servicios públicos a los ***planos record***.

Siendo Colombia un país en crecimiento tecnológico y de infraestructuras, es claro que la generación de proyectos debe estar respaldada por métodos técnicos en sus etapas de planeación y búsqueda de recursos; para lograr esto es indispensable, contar con tecnología de alta calidad y presión, pues ésta permite detectar en las etapas iniciales del proyecto irregularidades, adoptando medidas preventivas permitiendo tomar decisiones cruciales económicamente.

2.2 Formulación y delimitación del problema.

La industria de la construcción se enfrenta actualmente a un mercado de competencia, donde prima la calidad y el costo; por eso la falla de cualquier elemento y/o miembro estructural puede ocasionar pérdidas o retrasos importantes en el avance de las obras, de esta manera es necesario incluir tecnología que permita enfrentar dicho problema, según él Ing. Bernardo Caicedo "*las técnicas no destructivas para la inspección de obras civiles, se convierten en una poderosa herramienta para hacer un diagnóstico de alta calidad y relativo bajo coste*" (Caicedo H., 2003) .

Es importante la adquisición de información previa sobre el subsuelo, esto nos permite evaluar los posibles riesgos técnicos y económicos, para calcular finalmente la exposición económica y extensión temporal, a la que se enfrenta el inversionista cuando se emprende un proyecto.

3 Capítulo tercero – La investigación

3.1 Alcance de la investigación

Este proyecto en general, permitirá reconocer la relación beneficio – costo de la utilización de la tecnología Georadar, logrando que ésta se destaque como herramienta básica, para el planteamiento económico y técnico de un proyecto de índole ingenieril, convirtiéndola en equipamiento indispensable para la topografía sub-superficial.

3.1.1 Objetivo general

Estimar los beneficios de obtener cartografía del subsuelo de manera rápida y precisa, en términos técnicos y económicos.

3.1.2 Objetivos específicos

Investigar sobre tecnología de avanzada no invasiva para la prospección subsuelo.

Estimar el coste de reparación y o reemplazo de la infraestructura existente en el área de estudio.

Valorar el costo de uso del equipo Georadar, estableciendo el beneficio en el estudio diseño y construcción de proyectos de ingeniería.

3.2 Metodología de la investigación

3.2.1 Planteamiento inicial

Este proyecto se enfoca en la determinación de costos, porcentajes de rentabilidad y tiempos de ejecución, para los cuales se siguen metodologías, que permiten obtener el presupuesto valorativo detallado correspondiente al remplazo y/o reparación de infraestructura presente en la zona de estudio, producto de intervenciones indeseadas, además de la valoración del coste de operación de la tecnología Georadar; tales como: Análisis de Precios Unitarios (APU), valoración financiera del equipo, análisis de probabilidad de daño, entre otras; estas permiten obtener una serie de resultados, que analizados y depurados de la manera adecuada, generan una serie de valoraciones, que finalmente permiten evaluar la viabilidad del uso de esta tecnología en proyectos ingenieriles.

3.2.2 Justificación del enfoque a emplear

Dada la necesidad de valorar de manera financiera, contable y económica, el empleo de una herramienta tecnológica de uso no regular, es necesario a portar como resultado de este proyecto cifras y datos sustentados en evaluaciones técnico-económicas; propias de la formulación y gerencia de proyectos, con herramientas de matemática financiera.

3.2.3 Hipótesis

Se convertirá la tecnología Georadar en un equipo para uso topográfico que facilitará la adquisición de información para uso en proyectos de ingeniería.

3.2.4 Concepción de la investigación

La investigación a realizada se definió como de carácter no experimental, siendo aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables, de esta manera no se busca construir una situación, si no que se observan los escenarios ya existentes en contextos de este tipo.

3.3 Síntesis metodológica

1. Se presentó un caso de estudio que contemplo la ejecución de actividades propias de las obras civiles, para realizar la reposición, rehabilitación, mantenimiento, ***subterranización***, modificación y substracción de redes de servicio público canalizadas, las cuales son ejecutadas para conseguir la ampliación de la cobertura de servicios públicos para un predio con uso residencial.

2. Se evaluó por medio de métodos económicos y financieros el monto final invertido en la ejecución de este tipo de proyecto, además se proyectaron tareas no contempladas en el propósito inicial del proyecto, es decir, todas las actividades que se deberían ejecutar tras la aparición de un factor inesperado u obviado en el diseño contemplado, pues inicialmente no se vislumbró en la cartografía suministrada para el diseño del mismo.

3. Se evaluó la suma necesaria para realizar un levantamiento sub-superficial de la zona de trabajo, contemplando el instrumental necesario que permita la construcción de una base cartográfica del subsuelo fiel a confección del mismo, en cuanto a estructuras y niveles freáticos se refiere.

4. A partir de análisis comparativos se evaluó el ***monto de salvamento***, el cual exhibe la diferencia que se puede obtener tras la ejecución de obras

de ingeniería, a partir de información recolectada por medio de levantamientos sub-superficiales, estimando el monto final de un proyecto y los posibles sobre-costos presentados en el mismo.

5. A partir de los análisis comparativos realizados, se generaron una serie de resultados que se dispusieron de manera sistemática en tablas, gráficas y diagramas para presentar de manera ordenada los datos obtenidos, posteriormente estos fueron analizados y se generaron conclusiones a partir de los mismos.

4 Capítulo cuarto – Marco Teórico

Este capítulo recopila las bases teóricas que sustentan esta investigación, en el primer aparte se hace una breve introducción a la tecnología Georadar, contextualizando los principios básicos de funcionamiento, las limitaciones del método, las aplicaciones generales del mismo y los trabajos previos encontrados en la revisión bibliográfica realizada; posteriormente se realiza un acercamiento a la metodología empleada en el análisis presupuestal realizado, se explica de manera reducida el mecanismo de elaboración de un APU (Análisis de Precios Unitarios), de esta manera para finalizar se contempla una revisión superficial sobre la importancia del conocimiento de la infraestructura y los servicios públicos, en la planeación y ejecución de obras de intervención sobre el subsuelo.

4.1 Tecnología Georadar

En esta investigación se realizó una investigación sobre las tecnologías existentes que permiten la abstracción de conocimiento referente a la disposición de estructuras en el subsuelo. Se selecciona la tecnología Georadar, debido a su acercamiento aparente con la ingeniería topográfica, pues esta técnica es empleada en diversidad de trabajos investigativos en universidades que imparten la topografía de manera profesional. Posteriormente se presenta en este capítulo una revisión bibliográfica sobre esta, revisando de manera superficial los tópicos referentes a ella.

4.1.1 ¿Qué es el Georadar?

Para empezar es necesario definir esta tecnología, "*La técnica del Georadar es, simplificando mucho, una técnica no destructiva que utiliza ondas electromagnéticas para determinar superficies reflectoras en el interior de los medios."* (Tavera, 2008),

se le define como no destructiva dado que evita la intervención del subsuelo para su estudio, analizando información procedente de la reflexión de ondas trasmitidas.

Posteriormente se conduce a analizar las condiciones de la estructura y el estado del subsuelo, entre las que se encuentran: ***estratificación***, ***cementación***, humedad y cuerpos arcillosos, vacíos, fracturas, ***intrusiones de salmueras***, y a objetos sepultados hechos por el hombre; esta ***pseudo-imagen***, al ser post-procesada genera modelos 2D y 3D, de la zona estudiada, se tiene entonces una radiografía del subsuelo *véase Ilustración 1Tecnología Georadar ,* en esta se representa el subsuelo existente y se representan las posibles aplicaciones de esta tecnología.

Ilustración 1Tecnología Georadar (Gepard GPR, 2009)

En este contexto, es importante conocer las limitaciones del instrumento *"La resolución de este método es muy alta pero la penetración, sin embargo, está limitada por la atenuación de la señal y ésta depende fundamentalmente del material que conforme el suelo y de su contenido en agua."* (Hernández L., 2006), los suelos con alto contenido de humedad y/o saturados, presentan las peores condiciones de trabajo para el Georadar, sin embargo actualmente se han desarrollado correcciones ante esta situación. El post- proceso de la información obtenida es de carácter variable, en parte porque las condiciones del sub-suelo suelen ser

particulares, así este es similar a la observación de imágenes de radar, donde se hace necesario aplicar filtros específicos para mejorar la calidad de la información deseada.

4.1.2 Breve historia del Georadar

"*El primer monitoreo con radar de penetración de subsuelo o Georadar, fue realizado en Austria por el investigador Stern en 1929, teniendo como propósito de este ensayo, la determinación de la profundidad de un glaciar"* (Cabrera, 2009). La experimentación con ondas de radar produjo variedad de investigaciones relacionadas, sin embargo "*La tecnología fue posteriormente olvidada durante mucho tiempo (a pesar de existir más de 36 patentes registradas entre 1936 y 1971 que podrían vagamente ser denominadas radar de superficie)* (Nieto, 2004), posiblemente esto se presentó, porque aún no se consideraba como necesaria en la cotidianidad.

Sin embargo, la tecnología Georadar fue necesaria *"En la década de los 50's, cuando aviones del ejército norteamericano en un intento de aterrizaje sobre hielo en Groenlandia, se estrellaron contra su superficie, debido a que sus unidades radar estaban leyendo a través de la capa de hielo. Este incidente marca el inicio de las investigaciones sobre la capacidad del radar para ver el interior de las sub-superficies, no solo en el hielo, sino también para realizar cartografías del subsuelo y nivel freático."* (Boulaem B., 2008), de esta manera comienza la construcción, estudio y observación de los primeros georadares.

"En 1967, un sistema muy similar al original de Stern para sondear el glaciar fue propuesto y eventualmente construido y puesto en marcha como experimento para evaluar las propiedades eléctricas de la superficie de la luna en el Apollo 17. Antes de 1970, si quería inspeccionarse el suelo tenía que ser construido el sistema por los interesados, pero en 1972, Rex Monrey y Art Drake iniciaron la venta de un sistema comercial de Georadar. A partir de este momento comienza la explosión de

aplicaciones, publicaciones e investigaciones, en gran parte por los contratos del Geological Survey de Canadá, la U.S. Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL), entre otros." (Cabrera, 2009). El programa Apolo reunió a un equipo que produjo muchos de los futuros innovadores GPR incluyendo, entre otros, Olhoeft, Redman, England, Watts, Rossiter, Jiráček y Phillips.

Para la década de los 70's, se produjo la asociación de los grandes científicos Annan y Davis en el Servicio Geológico de Morey, que estaba produciendo los primeros productos comerciales para estudio de tuberías, esta agrupación se unió posteriormente al Servicio Geológico de Canadá, con ayuda del Scott Polar Research Institute radio echo sounding y la combinación de científicos del Apollo 17, "*este equipo exploro el uso de GPR en muchas áreas de aplicación como el estudio del* ***permafrost****, batimetría, humedad del suelo para la agricultura, peligros de las minas de potasio, evaluación de sitio de disposición de residuos nucleares, medición de las propiedades del concreto, determinación de la calidad de la roca, hidrogeología y muchos otros".* (Nieto, 2004), generalmente en este tipo de misiones se extrae al máximo el potencial existente en una tecnología.

Para la década posterior, se llevaron a cabo ensayos de campo y encuestas comerciales en muchas aplicaciones, esto condujo a una continua evolución de la tecnología. Annan fundo A-Cubed Inc., en 1981 para desarrollar instrumentación geofísica personalizada, posteriormente Davis y Annan se reunieron, creando el modelo pulse EKKO I, siendo el primer instrumento portable de peso ligero, además crearon pulse EKKO II, completamente digital y de baja frecuencia. En este periodo además se dio la estandarización de los formatos de datos para el almacenamiento digital de información, el archivo .dt1, aún se utiliza comúnmente. A-Cubed Inc., presento la versión pulse EKKO III modular man-portable digital GPR, incorporo cableado de fibra óptica y una pantalla digital similar a las de datos sísmicos; la creciente demanda por esta tecnología, genero la creación de empresas como "Sensors & Software" creada para comercializar los equipos en 1989, el primer

producto de la compañía fue la pulse EKKO IV, un derivado de la pulse EKKO III, utilizando un PC portátil para controlar el sistema.

A principios de 1990, Sensors & Software presento la versión pulse EKKO 1000, diseñado para aplicaciones de ingeniería de alta resolución, para 1994 sale al mercado la versión pulse EKKO 100 que sucede al modelo pulse EKKO IV. Tanto el pulse EKKO 100 y 1000 eran instrumentos portátiles biestáticos totalmente modulares.

Con el tiempo las empresas dedicadas a la fabricación de este tipo de equipamientos fueron creciendo, y la competencia se ha encaminado a la creación de equipos con interfaces de manejo amigable, que no requieren de un profesional en el tema; en el mercado actual se encuentra variedad de antenas disponibles, lo que genera aplicaciones específicas del sistema, por otro lado la versatilidad en el transporte del equipo, ha presentado la necesidad de adecuar modelos de desplazamiento ajustados a las necesidades del usuario.

4.1.3 Fundamentos teóricos

Es un método de prospección geofísico basado en la emisión y propagación de ondas electromagnéticas en un medio, con la posterior recepción de las reflexiones que se producen en sus discontinuidades. "*Estas discontinuidades son cambios bruscos de los parámetros electromagnéticos del subsuelo, es decir, de la conductividad, la permitividad eléctrica y la permeabilidad magnética*" (Lorenzo & Hernández, 1995).

A partir de estos tres parámetros se pueden establecer los rasgos eléctricos de los materiales, lo que conduce a conocer el tipo de material dispuesto, actualmente los softwares tabulan la información y la comparan con bases de datos existentes que relacionan la correspondencia de posibles materiales.

Además la velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas depende de las características eléctricas del medio, estos factores nos permiten determinar la profundidad del material evaluado.

- **Conductividad eléctrica.** "*La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad (o de la aptitud) de un material para dejar pasar (o dejar circular) libremente la corriente eléctrica. La conductividad depende de la estructura atómica y molecular del material*." (Tipler, 2004).

- **Permitividad dieléctrica.** "La permitividad (llamada también constante dieléctrica) es una constante física que describe cómo un campo eléctrico afecta y es afectado por un medio. La permitividad está determinada por la tendencia de un material a polarizarse ante la aplicación de un campo eléctrico y de esa forma anular parcialmente el campo interno del material. Está directamente relacionada con la susceptibilidad eléctrica." (Gutierrez, 2004).

En el subsuelo la constante dieléctrica depende de:

El volumen y geometría de los poros
El contenido de humedad
La composición de las partículas
La presencia de sales en el agua
La presencia de líquidos orgánicos en los poros

- **Permeabilidad magnética.** "Es la capacidad de una sustancia o medio para atraer y hacer pasar a través de ella campos magnéticos, la cual está dada por la relación entre la inducción magnética existente y la intensidad de campo magnético que aparece en el interior de dicho material." (Clarke, 2011)

4.1.4 Funcionamiento

El proceso consiste en la emisión de cortos impulsos electromagnéticos entre 10 MHz - 2.5 GHz; a medida que la onda penetra el subsuelo es reflejada, deflactada y absorbida por los materiales por los que pasa, los cuales poseen una conductividad electromagnética diferente lo que a su vez genera una imagen en los ***radargramas*** diferente para cada material *Véase* Ilustración 2 Operación de un sistema GPR (Versión traducida) También el Georadar analiza las características de las ondas en especial la amplitud, posteriormente se realizan observaciones determinando correspondencia entre materiales y tiempos de retorno de la señal (profundidad).

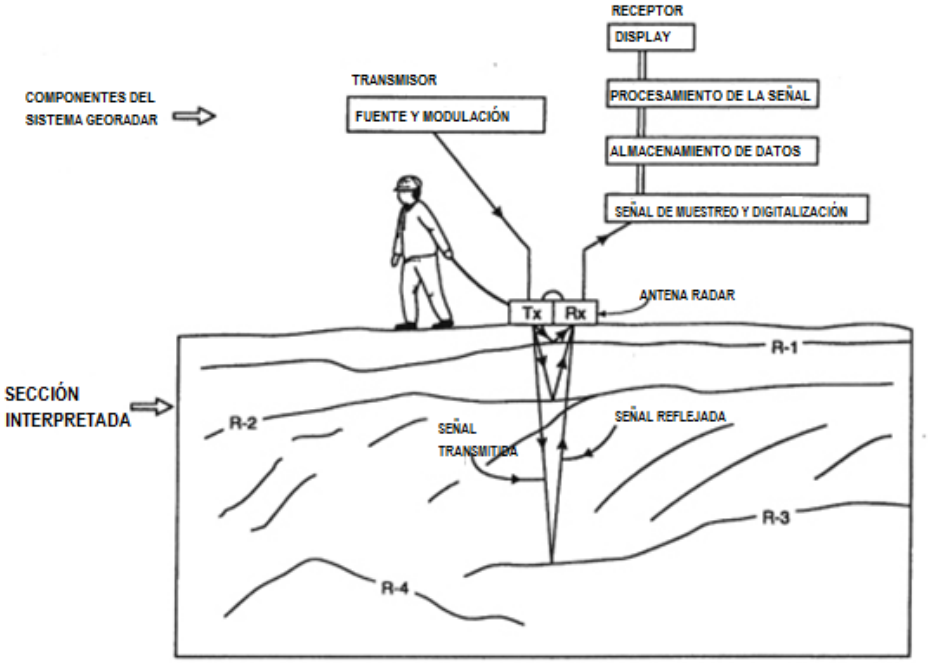


Ilustración 2 Operación de un sistema GPR (Versión traducida) (Diaz, 2013)

Estas discontinuidades en las imágenes colectadas, permiten conocer las estructuras existentes *véase Ilustración 3 Radargramas, ejemplo* , en esta ilustración se puede visualizar un radargrama vs la realidad del subsuelo, se puede identificar la curva presentada en la reflexión de una estructura de tipo cilíndrico.

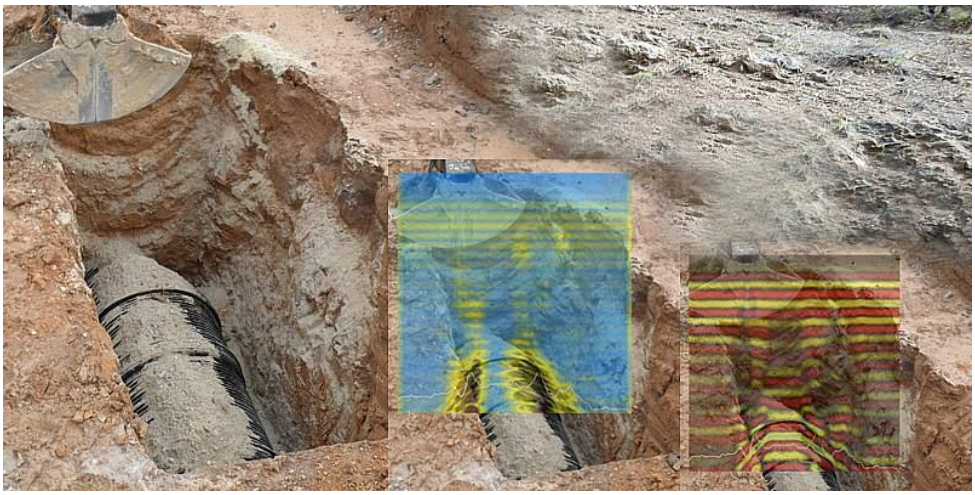


Ilustración 3 Radargramas, ejemplo (Gepard GPR, 2009)

En primera instancia los radargramas permiten visualizar las estructuras existentes, posteriormente el trabajo en oficina permite extraer información referente a la composición de la estructura; para el caso de tuberías el material, en condiciones ideales de trabajo, lo cual nos permite apreciar una aproximación de la función de la misma, es decir, identificar el servicio transportado, *véase Ilustración 4 Ejemplo lectura de Georadar (Versión Traducida) ,* en este radargrama se enuncia el tipo de tubería encontrada.

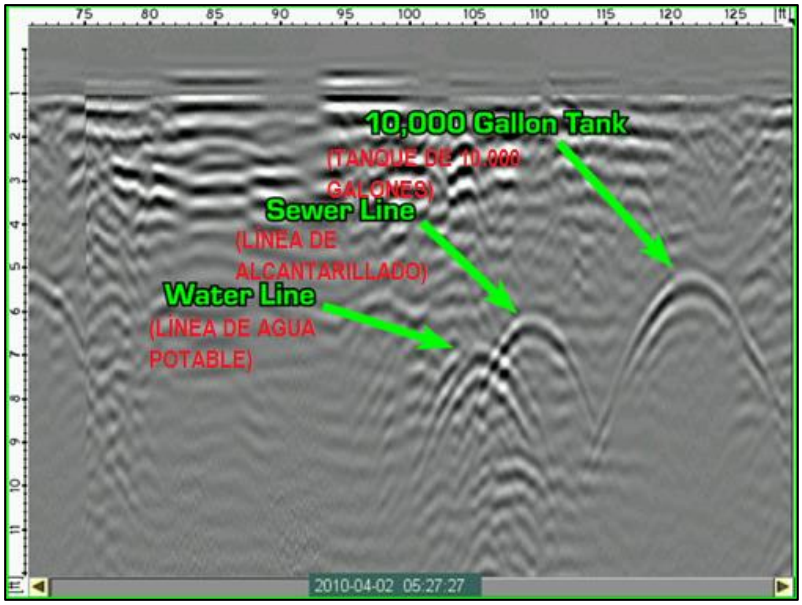


Ilustración 4 Ejemplo lectura de Georadar (Versión Traducida) (Dig Smart of Maine Inc., 2010)

4.1.5 Equipo

Un equipo Georadar comprende básicamente los siguientes componentes:

- Unidad central (Sistema de Control)
- Antenas (Emisora - Receptora)
- Dispositivo de visualización.

"El equipo consiste en un sistema de control (ordenador) conectado a unas antenas que se desplazan sobre la superficie del medio que se desea analizar. Estas antenas son las encargadas de emitir energía hacia el interior del medio y de registrar las ondas que provienen de las reflexiones producidas en las discontinuidades interiores." (Tavera, 2008), para realizar este desplazamiento, son acoplados carros y cinturones, según sea el caso, *véase Ilustración 5 Equipo de prospección geofísica* que se encargan de trasladar todo el equipo, algunos vienen equipados con un ***odómetro.***

Ilustración 5 Equipo de prospección geofísica (Ballester, 2012)

Unidad Central

Esta tiene la misión de alimentar y controlar las antenas, además de procesar las señales que recibe la antena receptora. Con esta se eligen los parámetros de toma de información del proyecto.

Antenas

"*Las antenas son, si cabe, la parte más importante del equipo. Estas transforman los impulsos eléctricos que recibe de la unidad central en una serie de pulsos u ondas electromagnéticas de corta duración que se emiten en el medio a estudiar. Otra función de las antenas es captar la energía reflejada y transformada en pulsos eléctricos que envía a la unidad central*." (Gutierrez, 2004). Es necesario resaltar que la selección de la antena es muy importante, porque de esta depende el éxito de la búsqueda. Dependiendo de la antena las profundidades típicas pueden ser diferentes, sin embargo autores como Jaime Díaz, presentan una estandarización de las mismas, *véase Tabla 1 Antenas Frecuencia Vs Profundidad* , este ítem es muy importante para seleccionar la antena adecuada para cada tipo de trabajo.

Tabla 1 Antenas Frecuencia Vs Profundidad (Diaz, 2013)

FRECUENCIA	PROFUNDIDAD
050 Mhz	6 – 50 m
100 Mhz	4 – 15 m
300 Mhz	1 – 10 m
400 Mhz	0.5 – 4 m
500 Mhz	0.5 – 3.5 m
900 Mhz	0- 1 m
1.5 Ghz	< 0.5 m

Dispositivo de Visualización

Este es un monitor en el que se puede observar en tiempo real la imagen del perfil barrido por las antenas.

4.1.6 Limitaciones del método

La información visualizada es enriquecida por medio de post-procesos, siendo necesario realizar trabajo en oficina para determinar propiedades derivadas de la información principal adquirida en campo. Es importante, destacar los problemas de interpretación que surgen en suelos arcillosos o zonas con hormigón, ya que se trata de materiales con elevada capacidad de absorción, lo que impide el paso de las ondas electromagnéticas a mayor profundidad. Estas condiciones limitantes también pueden hallarse en suelos saturados.

Para la detección a distintas profundidades, debe realizarse una correcta elección de la antena a utilizar, por lo que menor será la frecuencia si se debe detectar un servicio a mayor profundidad. No obstante, "*la limitación en este caso radica en el diámetro del servicio a detectar, pues suele cumplirse una relación de 1:10 entre este diámetro y la profundidad a la que puede observarse de forma fiable con Georadar*" (Ballester, 2012). Otras de las limitaciones se presentan, en referencia a los equipos es que estos han sido diseñados para ser ligeros y poder ser manejados por 1-2 personas, lo que implica una reducción del tamaño de las fuentes de alimentación, limitando la potencia cuanto al impulso emitido y, por lo tanto, su penetración en el medio.

4.1.7 Aplicaciones

Esta técnica está diseñada para la investigación del subsuelo a poca profundidad. Algunas de estas aplicaciones, pueden ser:

- Aplicaciones medioambientales: detección de ***plumas de contaminación***, delimitación de vertederos, localización de bidones y/o depósitos enterrados Geología y geotecnia: estratigrafía del subsuelo, profundidad de la roca, localización del nivel freático, detección de cavidades, fracturas y fallas.

- Obra civil: localización de servicios enterrados (metálicos y no metálicos), evaluación de estructuras de hormigón, control del pavimento en firmes de carreteras, patologías en la construcción.

- Arqueología: localización de estructuras enterradas, posicionamiento de túneles y/o galerías ancestrales, estudios in-situ en edificios históricos.

- Cartografía: batimetrías en agua dulce (y espesor de la capa de sedimentos depositados), mapeado de glaciares.

4.1.8 Trabajos previos

La revisión bibliográfica realizada a lo largo de esta investigación permitió identificar una serie de proyectos, donde se usó el equipo Georadar, en diferentes situaciones verificando que este cumple con las expectativas propuestas, en referencia aplicaciones presentadas.

Una de ellas es la desarrollada por Eva Gascón, donde con la ayuda del GPR, logro localizar estructuras enterradas y mapear el área de interés, también llego a la conclusión, por medio de experimentación, que la profundidad óptima alcanzada para las condiciones del área inspeccionada con el Georadar, fue de 1,5 m para la antena de 500MHz y de 1m para la antena de 800MHz. *"Este rango puede deberse al factor de humedad contenido en el terreno por ser una zona ajardinada que es regada frecuentemente."* (Gascón, 2008).

Uno de los documentos que trata sobre las aplicaciones en hidráulica, es el estudio presentado por el señor Mario Tavera, él inicio una investigación enfocada a la mejora de una red hídrica con el uso del Georadar, donde tenía como objetivo analizar y evaluar la efectividad de este, como herramienta para optimizar el rendimiento de una red de abastecimiento urbana, por medio de la localización de fugas de agua; detección de acometidas ilegales o tuberías no registradas en los mapas catastrales, además de la información que fuera recolectada por añadidura. Con este estudio se llegó a la conclusión *"el Georadar, puede ser útil para actualizar los mapas catastrales precisando la ubicación de las tuberías en un sistema hídrico o cuando existan acometidas ilegales, las cuales producen una pérdida económica relevante."* (Tavera, 2008).

Es importante resaltar el papel de las Universidades en el ámbito experimental, dado que los profesionales en formación y aquellos que se están ampliando sus conocimientos en dichas instituciones presentan diversidad de estudios en busca de aprovechar al máximo esta tecnología.

Es el caso de la Universidad Politécnica de Cataluña, de nacionalidad española, donde previo a la construcción de un viaducto los investigadores vieron la necesidad de determinar las características del sub-suelo; se compararon levantamientos tradicionales con sondas mecánicas a una profundidad de 30 m aprox., con datos arrojados tras la toma de información con el equipo Georadar; "*Se determinó que el método de Georadar es adecuado en este tipo de terreno... pudiendo incluso determinar la estratigrafía geológica. La comparación de los resultados de las columnas de sondeo muestra una alta correlación entre esté y el uso del Georadar"* (Garcia, 1996).

Como explica Paula Brito S., en su artículo "Metodología para la prospección geofísica en arqueología: apuntes a partir de los trabajos de Lesso, Can tacó, Molins Nous y el Goleró" El éxito de una prospección con Georadar en arqueología

depende de características como la mineralogía del sedimento, el grado de humedad del suelo, la profundidad de las estructuras investigadas, la topografía y el tipo de vegetación presente en el área de estudio, es importante destacar que la técnica utilizada en arqueología, requiere de un enfoque distinto en referencia a otros estudios, porque las estructuras buscadas en este caso, son diferentes a las estructuras que se quieren investigar en aplicaciones de tipo civil; como conclusión de este trabajo se puede destacar: "*El éxito de las prospecciones geofísicas depende no solo del trabajo de campo durante la adquisición de datos, sino de toda una metodología que empieza con la preparación del área prospectada y se extiende hasta el procesamiento e interpretación de los datos"* (Brito Schimmel, 2010).

Sin lugar a dudas la tecnología Georadar se ha acoplado a diversidad de usos, para este estudio, en general nos interesó, conocer que esta nos permite localizar y dimensionar, infraestructuras ubicadas en el subsuelo, además que esta tecnología combinada con la topografía clásica, nos permite generar cartografía, que se convierte en información de primera mano en todas las etapas de un proyecto de índole ingenieril.

4.2 Análisis presupuestal en proyectos de ingeniería

4.2.1 Presupuesto Valorativo Detallado

"El presupuesto valorativo detallado es aquel donde se descompone cada concepto de obra y los precios de cada elemento que constituyen el precio unitario; se pueden estudiar y analizar, tanto desde el punto de vista de su rendimiento, desperdicio y costo", (Beltrán R., 2012) permite estimar de forma metodológica el costo y el tiempo que tiene cada actividad en el proyecto y su impacto en el desarrollo del mismo.

Uno de los métodos mas eficaces es *"el APU (Análisis de Precios Unitarios) que asigna los precios unitarios a cada una de las etapas del proyecto en cuanto a las*

necesidades de equipos, materiales, transportes y mano de obra"; (Castro S., 2013) pues de forma explicita, clara y organizada se explica cada factor que interviene en la determinación del costo y tiempo de cada actividad, en un proyecto.

Una vez estimados los costos de cada una de las actividades del proyecto, se puede consolidar un presupuesto inicial, el cual podría ser o no ser viable. En este contexto, es necesario que el análisis de precios unitarios, contenga las actividades necesarias, para conseguir la ejecución del proyecto en las condiciones planeadas; cuando surgen actividades no contempladas, se incrementan los costos, la duración del proyecto, el impacto social y ambiental; lo que implica pérdidas económicas en el mismo.

4.2.2 Elaboración de Análisis de Precios Unitarios (APU)

El proceso metodológico empleado para la construcción de un análisis de precios unitario no es estricto, debido a la necesidad de ajustar el análisis al contexto presentado; a continuación se propone una síntesis metodológica general para la construcción de este tipo de análisis; es importante mencionar que este aparte, nace de la experiencia adquirida en la formación académica impartida en la línea gerencial del núcleo básico, del pensum académico del proyecto curricular de Ingeniería Topográfica, reforzada en el proceso de desarrollo de la presente investigación.

Indudablemente para poder realizar un análisis de precios unitarios, se debe tener clara la necesidad de dicha actividad en el proceso de ejecución del proyecto, de esta manera se debe conocer el ¿Por qué? y el ¿Para qué?, pues estas dos condiciones revelan ¿qué tan indispensable es dicha actividad?, con lo cual se determina ¿qué tan urgente es su ejecución?, y esto a su vez permite establecer ¿qué maquinaria debe ser utilizada?, ¿qué personal? y ¿qué metodología?; es decir, sí se necesita que dicha actividad se ejecute en tiempo record, es necesario presupuestar maquinaria y/o personal suficiente para cumplir la meta.

Además es importante establecer claramente la unidad en la que se realiza el análisis (metros, litros, kilogramos, horas, días, unidades, etc.), pues si no está bien definida, se pueden incurrir en análisis de rendimientos equivocados que se traducen en sobredimensión presupuestal (financiera y temporal), generando sobrecostos y modificaciones importantes a los planteamientos iniciales de obra.

Es necesario poseer la capacidad natural de juzgar los acontecimientos y eventos, de forma razonable, pues esta aptitud permite al personal encargado de planear, administrar y ejecutar este tipo de actividades, tomar decisiones adecuadas para el proyecto, no toda maquinaria es funcional para todos los proyectos, el aumento personal no garantiza mayor eficiencia; de esta manera se hace necesario estudiar cada situación particular, para establecer las condiciones de ejecución de las actividades a desarrollar. A continuación se establecen los parámetros generales que se deben considerar en la elaboración de un análisis de precios unitarios:

1. Establecer la actividad general la cual va a ser analizada, como ejemplo se puede citar, la ampliación de la red de abastecimiento de agua potable de una vereda".

2. Plantear la fase que se tratará en el análisis de precios unitarios, ejemplo "Cimentación de la tubería a instalar".

3. Definir la actividad puntual que se presupuestara en el análisis de precios unitarios "Instalación de cama de apoyo"; además, establecer las especificaciones de está material, expansión y/o compactación estimada), .ancho, alto, largo y espesor.

4. Realizar un croquis y/o diagrama, que represente la situación; de esta manera se pueden establecer las especificaciones concretas de la situación y controlar posibles errores en los análisis.

5. Una vez estudiada la situación se deben determinar cuatro categorías principales en el análisis:

   - Materiales: necesarios para producir el bien y ejecutar la actividad modelada, forman parte de la obra. Por ejemplo cemento, arena, tubería, etc.

   - Equipo y herramientas: recurso que utiliza el tiempo para transformar la materia prima. Van desde la simple herramienta manual en la cual interviene gran cantidad de mano de obra, hasta maquinaria que requiere, un operador, con rendimientos mayores.

   - Mano de obra: recurso humano, se mide con base en el tiempo laborado.

   - Transporte: Se refiere al sistema de medios para conducir personas y cosas de un lugar a otro.

   Es importante establecer la metodología de análisis para cada categoría:

   - En el caso de materiales, se debe describir detalladamente el material, (referencia, calidad, tipo, color, tamaño, dimensión, entre otras), posteriormente es necesario precisar la unidad de medida en la que se suministra el material (metros, metros cuadrados, metros cúbicos, kilogramos, litros, galones, unidades, etc.), seguidamente se debe establecer la proporción de material necesaria para desarrollar la actividad planteada, es decir, ¿Cuánto de material se necesita para instalar la unidad de cálculo?, ejemplo, para instalar 1 M3 de Arena de peña, el factor de compactación hace necesario que requiera un 3% adicional de material, y esto debe contemplarse en el APU,

adicionalmente se debe consultar de una fuente confiable el costo del material.

- En el caso de equipo y herramientas, se debe estudiar la situación y definir qué tipo de trabajo se requiere para ejecutar la actividad, lo cual determinará si es necesario el uso de maquinaria o no, y permitirá establecer qué tipo de maquinaria se requiere. Es necesario, definir si esta maquinaria es propia o arrendada, pues esto requerirá de su propio análisis, además debe intentarse presupuestar maquinaria versátil, para que esta pueda utilizarse en la mayoría de actividades posible, en aras de minimizar al máximo el coste de "***Stand-by***". Además debe calcularse un porcentaje de herramienta general (palas, picas, palustres, etc.), considerado generalmente como el 2% del valor total del monto presupuestado en mano de obra.

- El ítem de mano de obra, debe tener en cuenta el personal necesario, para ejecutar la tarea contemplada, puede tratarse en cuadrillas de trabajo (si es necesario), los rendimientos deberán ser estimados en base a las referencias disponibles, y la experiencia adquirida. Es importante realizar un análisis de precios de índole general, donde se calcule el valor del día de trabajo, incluyendo las prestaciones legales del caso.

6. Para terminar se debe realizar la sumatoria para cada ítem y calcular el valor total del APU, es importante incluir un porcentaje de A.I.U (Administración, Imprevistos y Utilidad), esta proporción busca incluir los costos o gastos de ejecución indirectos de un proyecto (administración), y hacer las reservaciones necesarias para cubrir los posibles imprevistos que se presenten en el desarrollo del proyecto, además de cobijar los riesgos inherentes a la obra, y que se determinan según la naturaleza de la misma.

4.2.3 Resumen de obra

Este compendio es el resultado de agrupar los Análisis de Precios Unitarios (APU) elaborados para el proyecto, se presenta en forma de consecutivo seccionado en las fases del proyecto, en él se muestran los recursos económicos y financieros necesarios para ejecutar el proyecto; en base a esto se puede establecer el cronograma de obra y determinar la ruta crítica (actividades que son prioritarias para ejecutar otras, por ejemplo, no se puede instalar la tubería si no se ha realizado la conformación de la cimentación); el resumen de obra permite identificar que actividades deben ser reestructuradas para aumentar el rendimiento del proyecto, de esta manera se hace necesario revisar los APU de ciertas actividades y recalcular el resumen, para tomar decisiones acertadas.

4.3 Infraestructura y servicios públicos

Para evaluar las posibles estructuras a encontrar en un subsuelo bogotano, es necesaria una exploración en referencia a las infraestructuras y servicios públicos instalados, desde el principio de urbanización de la ciudad, pues es claro que existen zonas de la ciudad donde os cambios del subsuelo, han sido más representativos debido a la expansión acelerada de la misma.

4.3.1 Conceptualización

Es importante realizar una abstracción de estos dos conceptos *infraestructura* y *servicios públicos*, pues en ocasiones estos son asociados como similares, y poseen diferencias de fondo.

*"La **infraestructura** se refiere a los elementos de carácter estructural que aportan la vida de la población, facilitan sus actividades sociales y económicas y aportan la base física sobre la que descansa la economía…"* (Gobernación de Cundinamarca

- Departamento de Planeación, 2000), es todo lo que vemos construido por el hombre, una infraestructura próspera es evidencia del desarrollo de la población que la habita.

*"Los **servicios públicos** se refieren a cada una de las actividades realizadas por las administraciones, públicas o privadas, destinadas a satisfacer necesidades básicas de la población por lo cual cumplen una función pública de interés general…"* (Gobernación de Cundinamarca - Departamento de Planeación, 2000), en ciudades grandes, como Bogotá, el fallo o suspensión de los servicios publicos, pueden resultar en serios problemas de saneamiento y seguridad, afectando las condiciones de vida de la población afectada.

4.3.2 Desarrollo de los servicios públicos en Bogotá

A lo largo de la historia de Bogotá se ha visto obligada a satisfacer una demanda de infraestructura creciente e insaciable, esto ha hecho que las empresas especializadas deban realizar continuas ampliaciones y modificaciones a las redes de servicios públicos.

En 1872 se construyó la primera parte del alcantarillado subterráneo, cuyos colectores fueron cubiertos en ladrillo tipo bóveda, a lo largo de la actual calle 10 entre la Plaza de Bolívar y las carreras 10 y 11.

En 1888 se inauguró el primer acueducto que utilizaba tubería de hierro. En 1897 ya había en servicio 2.763 plumas (grifos) particulares de agua, además de 115 plumas públicas y fuentes públicas para aquellos que carecían de conexiones domiciliarias.

En 1855 la Junta de Comercio instaló un alumbrado con faroles de reverbero a cargo de un cuerpo de ***serenos*** los cuales los prendían. El servicio de alumbrado público era tan deficiente como los de la basura y agua.

Al el pasar los años se incrementó el crecimiento poblacional y paulatinamente la ciudad se expandió a las periferias, de tal manera que poco a poco las fronteras se volvieron invisibles y fueron anexados los municipios como Engativá, Fontibón, Suba, Usme, Usaquén y Bosa.

En 1867 la mencionada junta empezó a instalar lámparas de petróleo en las principales esquinas. Desde 1889 se fundó la Compañía de Luz Eléctrica de Bogotá, con pésimos resultados. El 7 de agosto de 1900 la familia Samper inauguró el primer servicio de alumbrado eléctrico, bien organizado, serio y permanente con el que contó la capital.

El transporte público en la ciudad se demoró en aparecer y realmente fue ya a finales del siglo XX cuando empezaron a aparecer algunos sistemas de transporte colectivo. Esto es comprensible si se recuerda que la capital era una ciudad pequeña, donde los recorridos a pie solucionaban las necesidades de desplazamiento. De otra parte, había una limitante causada por las sequías y conductos de agua y por ello desde 1844 hasta 1877 se prohibió la circulación da carruajes por las calles de la ciudad, en razón a los daños que causaban en los acueductos.

En 1882 se organizó una agencia de coches de servicio público, la primera línea regular de vehículos colectivos. El tranvía tirado por mulas, se inauguró el 24 de diciembre de 1884 por la empresa norteamericana The Bogotá City Railway Company. Los carros construidos en Filadelfia, se trajeron desarmados en cajas y los rieles eran de madera, revestidos con zunchos (abrazaderas). Ocho años después se instalaron los rieles de acero traídos de Inglaterra. La primera línea del tranvía recorrió la carrera séptima, desde la Plaza de Bolívar hasta San Diego; allí

a partir de la actual calle 26 tomaba el llamado Camino Nuevo, actual carrera 13, hasta Chapinero. La tarifa era de 10 centavos. En 1892 se inauguró la línea que unía la Plaza de Bolívar y la Estación de la Sabana. El uso de coches de alquiler tirados por caballos se reinauguró en 1896, para regocijo de los cachacos.

En 1900 se presta por primera vez el servicio eléctrico domiciliario. Se iluminan 6.000 bombillas incandescentes, distribuidas entre 300 suscriptores. Posteriormente la capacidad se amplía a 10.000 focos. Se liquida la Compañía Samper Brush y se crea la Compañía Eléctrica de Bogotá, con capital privado, mientras que no muchos años más adelante, se reestablece el servicio con la nueva empresa The Bogotá Telephone Company, propiedad de un concesionario inglés que instaló dos plantas para la ciudad con una capacidad para 5.400 líneas y un conmutador para el sector oficial con 600 líneas, operado mediante un sistema manual manejado por telefonistas, y en 1912 Se define y se reglamenta por primera vez el servicio de telecomunicaciones.

A principios de la década de los veinte había en Bogotá 18 barrios obreros cuyas condiciones, en términos generales, eran muy precarias. Esta expansión urbana estuvo acompañada de trabajos de saneamiento en sectores populosos como el Paseo Bolívar. En las estribaciones de Monserrate, la canalización del río San Francisco; se creó la Junta de Pavimentación y Construcción del Alcantarillado, la cual puso manos a la obra con tanta diligencia como improvisación, debido a lo cual hubo numerosos problemas por la rotura de las calles.

Diez años más tarde, el Acueducto inicia la canalización y cubrimiento de los lechos de los ríos San Francisco y San Agustín como parte de las medidas higiénicas y se inicia la protección de las cuencas que abastece de agua a la ciudad, mediante programas de reforestación de los cerros y el traslado de 4.000 personas que habitaban y cultivaban en estos terrenos.

En 1975 se realiza la ampliación de la red de tuberías para surtir a Fontibón, Engativá y Soacha de una manera efectiva. Se construye el tanque de Casa Blanca en Bosa; El abastecimiento de agua potable deja, progresivamente, de ser un problema para la mayor parte de los bogotanos. El aumento en la cobertura del servicio es el resultado de la ampliación de la redes de tubería, de la inauguración del sistema de Chingaza y del embalse de San Rafael.

Posteriormente, el aumento de cobertura de servicios públicos se ha ampliado conforme a la demanda de los mismos, acorde al crecimiento poblacional de la ciudad; se estima que esta tendencia de crecimiento se mantendrá; por ende, se consideran modificaciones futuras a las redes existentes. (UNAL & Bogotá, 2005). Recuento histórico tomado de "*Bogotá en documentos*" Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, 2005

4.3.3 Importancia del conocimiento de la infraestructura sub-superficial

"Es claro que la infraestructura que se dispone para ofrecer los servicios públicos domiciliarios, es clave para garantizar, no solamente las condiciones mínimas de habitabilidad del territorio, sino que promueve el desarrollo territorial más allá de la ocupación residencial;" en ciudades como Bogotá donde la población supera los 7 millones de personas la generación de empleos dentro de la misma se hace más que necesario, obligatorio, para su optimo sostenimiento. *"Ello hace de la provisión de servicios públicos, una necesidad básica que, a diferencia de los bienes y servicios de la esfera privada, debe satisfacerse sin discriminación alguna y sin restricciones impuestas por la divergencia entre las escalas de utilidad de los consumidores (los usuarios)"* (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011).

Actualmente las entidades encargadas de administrar, construir, mantener, ampliar y modificar las redes de servicios públicos, se enfrentan a procesos de registro; hace algunos años esto no era así, las entidades no lo exigían y no existía la cultura

del registro, por lo cual las modificaciones que se realizaban "***in situ***" no están registradas en planos, habito que persiste hoy en día; las condiciones generales de las redes servicios, hacen que las nuevas intervenciones deban acogerse a estas y tiendan a redimensionarse en la etapa constructiva, lo cual genera inconsistencias técnicas, que muchas veces, por ser "mínimas", no son registrados en **planos *record***.

¿Quién no ha sufrido un corte inesperado de servicios públicos?, La falta de prestación de un servicio público es supremamente lesiva para la cotidianidad y comodidad de la población afectada; muchas de las interrupciones son planificadas y avisadas con antelación, con lo cual la comunidad se puede preparar para la escases del servicio, pero en otras ocasiones los cortes son producto de complicaciones presentadas en las etapas constructivas de un proyecto, por desconocimiento de redes existentes, ya que no están presentes en los planos suministrados por las entidades encargadas. Hoy por hoy, existe la posibilidad de almacenar cambios a las redes, en sistemas de informaciones geográficos, los cuales permiten interactuar y visualizar la información de forma eficaz. Aunque las entidades exigen la entrega de la cartografía del subsuelo, se presenta un fallo grave en la interoperabilidad de la misma, ya que se plantea solamente la entrega de la red intervenida sin tener en cuenta la ubicación de redes circundantes o de factores de interés sobre el área intervenida.

Adicionalmente, los procesos de excavación requieren de maquinaria robusta que impide al operario visualizar el área total de la actividad desarrollada cuando éste lo interviene, lo cual impide que se puedan evitar daños en este proceso. El desconocimiento de la sub-estructura existente, puede acarrear diversas consecuencias que se ven reflejadas en la ejecución de las actividades en el proyecto; conocer la sub-estructura con precisión puede permitir elaborar planes de ejecución más ceñidos a la realidad, permitiendo identificar de forma eficaz la maquinaria adecuada, el personal requerido, el tiempo y el costo de las actividades.

5 Capítulo quinto – Caso estudiado

Los cambios de uso del suelo y de normatividad frente a los requerimientos de redes de servicio, demandan la modificación de las redes de abastecimiento en el área de intervención de un proyecto, principalmente cuando aumenta la demanda de servicios públicos. De esta manera, este proyecto presenta un caso de estudio donde se evalúan los procesos relacionados a la inserción de nuevas redes de servicio público, estas intervenciones por lo general son las que presentan mayor posibilidad de daño a redes existentes, por lo que vale la pena realizar un análisis de tipo técnico-económico, de los posibles sobrecostos en dichas obras. En este contexto, se hace necesario establecer un escenario para posteriormente evaluar, condiciones adversas sobre el mismo.

5.1 Descripción.

El caso de estudio, presenta la intervención a redes de servicio que abastecerán un proyecto residencial, en un área de 18.327 metros cuadrados, el cual contara con 888 apartamentos donde se estima habitaran familias que constaran de 4 personas, presentando un índice de densidad poblacional media de 193,812 hab/km2, sabiendo que antes existía un complejo industrial, podría decirse que la intervención de las redes es de alto impacto, siendo necesario aumentar la capacidad de las redes de suministro *véase Tabla 2 Descripción del caso de estudio*. (Fuente: Autores.); anexo a esto, el proyecto residencial, compensó a la comunidad realizando unas cesiones para disminuir el impacto de éste, con lo que se amplió una de las vías adyacentes y presentaron unas cesiones para la construcción de parques.

Todas estas intervenciones en redes de vieja data, generan procesos de ajuste en los diseños planteados, haciendo necesario que el residente a cargo deba estar un

paso adelante en los procesos de excavación, esto apoyado en la información suministrada por la topografía, quien se encarga principalmente de generar las mejores alternativas en cuanto a manejo espacial se requiere.

Esta tipología de proyectos frecuentemente realiza intervenciones no planificadas a la red existente, debido en la mayoría de casos, al desconocimiento de la totalidad de la redes presentes, ya que a través de los años se han infringido las normativas en pro de aumentar la capacidad de las redes o modificarlas, presentando variedad de situaciones que deberían cuantificarse entre los imposibles, por ende el residente y la topografía encargada no sospechan este tipo de conformaciones en el subsuelo; sin embargo estas modificaciones están ahí, presentes en la cotidianidad de los proyectos.

Tabla 2 Descripción del caso de estudio. (Fuente: Autores.)

ÍTEM	ÁREA	OBSERVACIÓN
Área Total del proyecto residencial	18.327,000 m2	
Perímetro del proyecto residencial	637,000 m	
Índice estimado de ocupación demográfica para uso industrial	16,369 hab/km2	Se estima que la industria existente proporcionaba empleo a 300 trabajadores
Índice de ocupación demográfica para uso residencial	193,812 hab/km2	

En el caso del proyecto exhibido, se presentaron situaciones anómalas, que evidenciaron la necesidad de herramientas tecnológicas que permitan obtener cartografía óptima para la planificación adecuada y ajustada a la realidad de los proyectos, previendo la realización de reajustes a los diseños en campo, intervenciones indeseadas a las redes existentes, cambios de dirección o de profundidad y excavaciones innecesarias para realizar estudios de conformación

de estructuras de soporte, como vigas, o conformación de estructuras a desmontar, como composiciones de pavimentos; acentuando además, que todas estas modificaciones al cronograma presupuestal y temporal del proyecto, pueden acarrear infinidad de problemáticas de orden económico y social.

5.2 Tipo de intervenciones a ejecutar

Es importante establecer los límites de las intervenciones a ejecutar, y las generalidades de las mismas, *véase Tabla 3 Intervenciones a ejecutar en el proyecto seleccionado*. (Fuente: Autores.), partiendo de esta información general se dimensiona el proyecto y se establece de manera general los insumos, la metodología y la normativa referente a los mismos.

Tabla 3 Intervenciones a ejecutar en el proyecto seleccionado. (Fuente: Autores.)

ACTIVIDAD	CANTIDAD	GENERALIDADES
Ampliación de la cobertura de Red de agua potable existente	230 m	Instalación de tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) 6”, instalación excavación a cielo abierto, creando una red de suministro perimetral sobre el andén existente. Instalación de hidrante según NS-027 EAAB.
Ampliación de la red de saneamiento (Aguas Residuales).	200 m	Instalación de tubería de tipo NVF (NOVAFORT) 20”, construcción de 3 pozos de inspección, demolición de 1 pozos de inspección.
Ampliación de la red de alcantarillado pluvial.	100 m	Instalación de tubería de tipo NVF (NOVAFORT) 24”, construcción de 2 pozos de inspección. Construcción de sumideros Tipo SL100.
Subterranización de red eléctrica de media y baja tensión.	230 m	Instalación de tubería de tipo Doble Pared TDP Longitud - 6 metros (3 ductos de 4” y 3 ductos de 6”).
Subterranización de red de telefonía.	200 m	Instalación de tubería de tipo Doble Pared TDP Longitud - 6 metros (4 ductos de 4”)

Reparación de la Red de suministro de Gas natural	1 unidad	Se contempla como una eventualidad y se estima como costo adicional

5.3 Infraestructura del proyecto.

En este tipo de proyectos donde se busca ampliar la cobertura de un servicio público, dadas las condiciones de cambio de uso del suelo, es importante conocer información de referencia a la infraestructura perteneciente al lugar a intervenir, la persona encargada de gestionar el espacio, debe tener a disposición información de vieja data de la zona, para contemplar posibilidades de aparición de infraestructura no contemplada en los diseños presentados.

Son diversos los cruces presentados entre redes *véase Ilustración 6 Esquema general de instalación de redes en el proyecto.* (Fuente: Autores.) Este presenta un esbozo de cartografía perteneciente al área de estudio intervenida, en él se exhiben las redes existentes y las que se instalaron a lo largo de la ejecución del proyecto. De debe resaltarse que esta tipología de cartografía no se encuentra desde el comienzo del proyecto, esta es elaborada para su entrega.

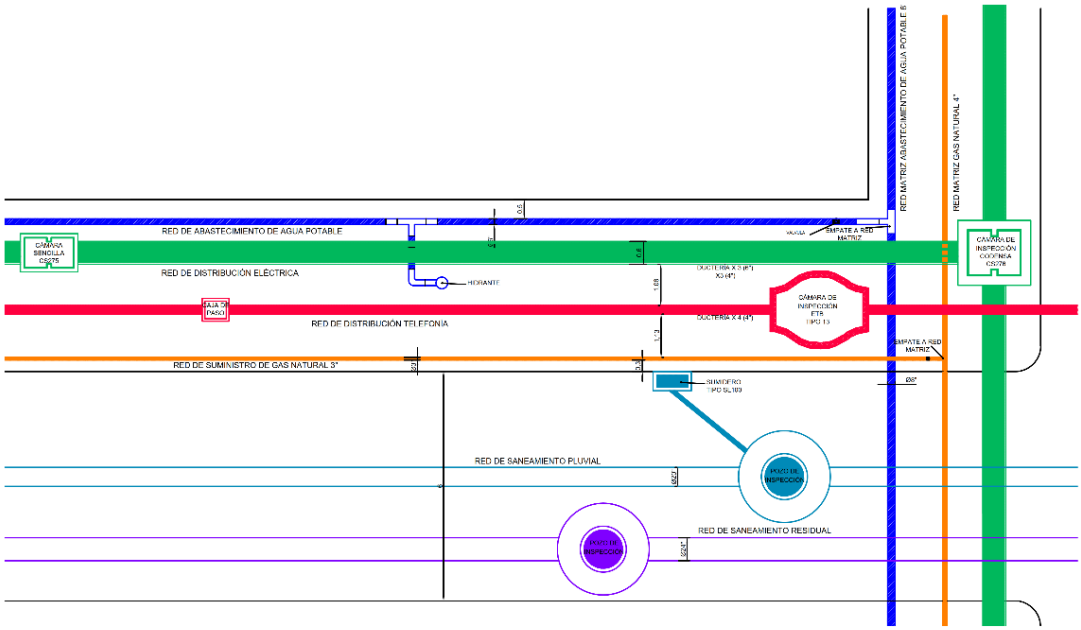


Ilustración 6 Esquema general de instalación de redes en el proyecto. (Fuente: Autores.)

5.4 Complicaciones presentadas en la ejecución de obras civiles

En el proceso de contratación en el área constructiva en Colombia, por lo general los presupuestos y las ofertas económicas son elaborados usando la modalidad de precios unitarios directos más costos indirectos. "*Los precios directos tienen relación como su nombre lo indica, con las actividades que directamente se relacionan con la construcción de la obra: Excavación, pavimento, alcantarillado, por ejemplo."* (Betancur V., 2004). Estos son estudiados y disgregados en cada análisis de precios unitarios, permitiendo establecer el costo de insumos, maquinaria y mano de obra requeridos en la actividad.

"*Los costos indirectos hacen referencia a tres aspectos: 1. La estructura administrativa necesaria para la ejecución del proyecto, impuestos, seguros, financiación, etc. 2. Los riesgos ordinarios, normales, previsibles que asumirá el proponente adjudicatario y 3. La utilidad que espera percibir el mismo por la ejecución de la obra. Estos últimos, los costos indirectos, se expresan como porcentaje de los precios directos y tradicionalmente se han llamado porcentaje de A.I.U (% Administración, % Imprevistos y %Utilidad)."* (Betancur V., 2004). Esta proporción es presentada en la propuesta económica según las condiciones que considera el contratista, sin embargo, aunque este sea estimado, en algunas ocasiones las imprevisiones dadas durante la ejecución hacen que este se quede corto y el contratista deba hacerse cargo de dicho valor adicional.

En este contexto, el porcentaje de imprevistos es una cuantía valorada, con la que se trata de atenuar el riesgo acorde de todo contrato de obra. De esta manera este unas veces cubrirá más y otros menos de los riesgos reales, y ahí radica justamente el ***alea*** del contrato.

El proceso de ejecución de un proyecto de índole ingenieril, requiere del engranaje de cientos de actividades, la probabilidad de que algo falle varía dependiendo de la complejidad del proyecto, esto a su vez define la cantidad de especialistas en las diferentes áreas que se requieren en la intervención, de esta manera el acople de los diseños se hace más complejo, esto hace que durante la ejecución del mismo, se requieran de ajustes para desarrollarlo. De esta manera, las intervenciones adicionales se deberán computar en este porcentaje de A.I.U, dependiendo de la complejidad de estas serán mayores o menores a dicha proporción.

La única manera de controlar al máximo este tipo de eventos es conocer la mayor cantidad de información posible sobre la zona a intervenir, para prever cualquier situación que complique las condiciones iniciales previstas en los presupuestos y cronogramas de obra. A continuación se presentan fotografías de las posibles situaciones que se pueden presentar durante la ejecución de este tipo de proyectos.

Ruptura de redes existentes desconocidas

La ruptura de redes existentes producto del desconocimiento de las mismas, en este caso durante la instalación de la acometida pluvial, se presentó la ruptura de una red residual, debido a su inexistencia en los planos suministrados, en este contexto, al realizar la excavación con la maquinaria se intervino, generando la necesidad de bombear el agua residual de la excavación y realizar la reparación correspondiente. *Véase Fotografía 1 Gordillo S. Hasleidy (2015). Red residual - fractura por excavación [fotografía].*

Fotografía 1 Gordillo S. Hasleidy (2015). Red residual - fractura por excavación [fotografía].

Las consecuencias de fracturar o destruir una tubería, pueden ser variadas, cuando se trata de un servicio público sin lugar a dudas se afecta la calidad de vida, no solo en el área directa, puesto que cuando se trata de redes matrices se pueden dejar sin servicio a miles de personas, *Véase Fotografía 2 Gordillo S. Hasleidy (2015). Tubería en concreto - fractura por excavación [fotografía]*. *y Fotografía 3 Gordillo S. Hasleidy (2015). Inundación - fractura red potable por excavación [fotografía].*

Fotografía 2 Gordillo S. Hasleidy (2015). Tubería en concreto - fractura por excavación [fotografía].

Fotografía 3 Gordillo S. Hasleidy (2015). Inundación - fractura red potable por excavación [fotografía].

Un ejemplo claro es la situación presentada en el mes de Julio del año 2015, donde contratistas del IDU, realizaron una excavación, encontrándose por error con una tubería de suministro principal del acueducto, con lo cual dejaron sin servicio a más de 50.000 usuarios. (El Tiempo, 2015)

Aparición de estructuras desconocidas

Cuando en el área de trabajo se encuentran estructuras pertenecientes a otras redes de servicios, y estas no están contempladas en las cartografías suministradas, se generan modificaciones a los trazados planteados inicialmente para la ejecución del proyecto. Algunas modificaciones pueden verse en las siguientes fotografías, véase *Fotografía 4 Segura N. Ángela M (2015). Pozo de inspección encontrado bajo el adoquín [Fotografía].Fotografía 5 Segura N. Ángela M (2015). Vías del tranvía Cra. 7 – Calle 11 Centro de Bogotá D.C., excavación peatonalización de la Cra. Séptima. [Fotografía].Fotografía 6 Gordillo S. Hasleidy (2015). Modificación del trazado en instalación de agua potable [fotografía].Fotografía 7 Gordillo S. Hasleidy (2015). Instalación de cárcamo de protección para tubería de telefonía por su cercanía a la rasante [fotografía].*

Fotografía 4 Segura N. Ángela M (2015). Pozo de inspección encontrado bajo el adoquín [Fotografía].

Fotografía 5 Segura N. Ángela M (2015). Vías del tranvía Cra. 7 – Calle 11 Centro de Bogotá D.C., excavación peatonalización de la Cra. Séptima. [Fotografía].

Fotografía 6 Gordillo S. Hasleidy (2015). Modificación del trazado en instalación de agua potable [fotografía].

Fotografía 7 Gordillo S. Hasleidy (2015). Instalación de cárcamo de protección para tubería de telefonía por su cercanía a la rasante [fotografía].

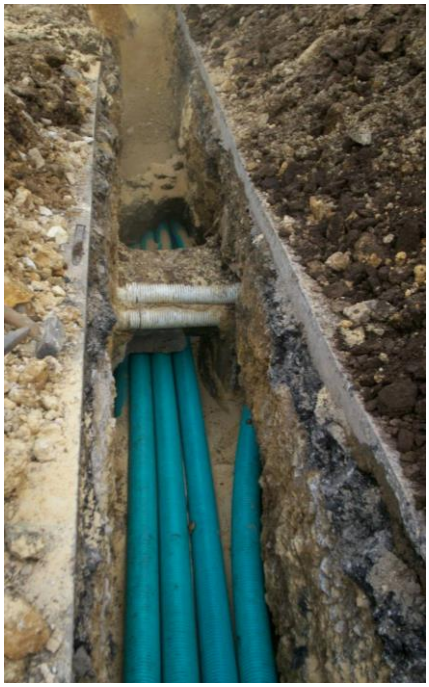
La aparición de estructuras no contempladas en los trazados de diseño, obliga al contratista a realizar actividades no estimadas para re-direccionar los diseños, esto generalmente de convierte en actividades de desvió, que requieren de la utilización de accesorios como codos en el caso de las tuberías de agua potable, para el caso de la red de telefonía y la red eléctrica, un cambio de dirección implica la construcción de una o dos cajas de inspección, esto aumenta la intervención a la zona urbana. *Véase Fotografía 8 Segura N. Ángela M (2015). Empate de tubería de agua potable, cercano a la red matriz de gas natural [Fotografía].Fotografía 9 Segura N. Ángela M (2015). Gas natural, en excavación para ampliación de la malla vial [Fotografía].Fotografía 10 Gordillo S. Hasleidy (2015). Modificación en la*

continuidad de la ductería por confinamiento con estructura de cimentación. [Fotografía].

Cuando se presentan cruces entre tuberías matrices es complejo realizar desvíos de esta manera, se hace necesaria la instalación de cárcamos de protección para las mismas, posibilitando estos cruces.

Fotografía 8 Segura N. Ángela M (2015). Empate de tubería de agua potable, cercano a la red matriz de gas natural [Fotografía].

Fotografía 9 Segura N. Ángela M (2015). Gas natural, en excavación para ampliación de la malla vial [Fotografía].



Fotografía 10 Gordillo S. Hasleidy (2015). Modificación en la continuidad de la ductería por confinamiento con estructura de cimentación. [Fotografía].

6 Capítulo sexto – Marco de referencia.

En este capítulo se realiza una breve reseña sobre la construcción de servicios públicos en Bogotá, además se presenta una abstracción de la normativa de construcción empleada para la instalación de redes de servicio público, por último se exhibe la problemática presentada por la inexistencia de estadísticas que permitan cuantificar el porcentaje de recurso que ilegalmente es desviado por medio de ***derivaciones fraudulentas***. Este aparte es importante pues a partir de este se establece el análisis técnico económico del caso de estudio presentado.

6.1 Breve reseña de la construcción de obras civiles en la ciudad de Bogotá.

"*El fenómeno de crecimiento urbano se está presentando a nivel mundial, no es un caso aislado de nuestras grandes ciudades*" (Lee, 2007), en el caso particular de la ciudad de Bogotá, el proceso de expansión ha logrado añadir a ella varios de los municipios, que en alguna época fueron adyacentes; con el paso del tiempo los municipios cercanos, se convirtieron en localidades y las fronteras rurales entre ellas se hicieron invisibles.

El crecimiento precipitado de la ciudad de Bogotá, debido a su condición de "acelerado", se evidencia en la poca planificación y organización del mismo, lo que conlleva a carencias en infraestructura vial y de servicios públicos; la creciente clase obrera representó para la ciudad la necesidad de búsqueda de espacios aptos para la construcción de vivienda.

La expansión urbana hace necesaria la ampliación de la cobertura de servicios públicos y de la malla vial; en ciudades como Bogotá, esto ha requerido de la demolición de edificaciones e infraestructura existente; un ejemplo representativo es la demolición de varias edificaciones en el año de 1950 para lograr la ampliación de la hoy conocida Carrera 10° (Av. Fernando Mazuera), una de ellas fue la iglesia

monasterio de Santa Inés, la cual cortaba el trazado diseñado y fue demolida (*Véase Fotografía 11*. *Iglesia Santa Inés*).

Así el crecimiento de la ciudad hizo necesario que con apoyo del estado, se realizaran modificaciones y ampliaciones a las servicios públicos para mejorar la cobertura de los mismos cubriendo la nueva demanda; entonces, la ciudad se vio obligada a determinar zonas específicas para cada tipo de actividad, siendo residenciales, comerciales, industriales o de entretenimiento, posteriormente se logra la especificación de los usos del suelo.

Fotografía 11 Beer P. (1950). Iglesia Santa Inés [fotografía]. Recuperado de http:// http://portal.bogota.gov.co/vis/meta.html

La ciudad comienza a ser intervenida a partir de la década de los 30 de la mano de Karl Brunner ingeniero y arquitecto austriaco que planteo una forma de crecimiento a partir de los lotes baldíos en la Bogotá de esa década, construyo varios barrios basado en la topografía y en planteamientos de ciudades europeas, además generó una organización en medio de las zonas densamente pobladas por obreros, creando así los primeros barrios planeados de la ciudad.

El arribo de una gran cantidad de población, debido a los desplazados por la violencia de la ciudad por la década de los 40, generó una vez más la necesidad de

nuevas viviendas y con ello servicios públicos; por lo cual el estado se vio obligado a implementar planes de desarrollo urbano, establecer límites de expansión.

Para los 50 la población de Bogotá era tan alta, que los planes y leyes implementadas fueron insuficientes, por lo que la población se dio a la tarea de construir de forma ilegal y por ende desorganizado e insalubre.

La construcción de las vías de acceso a la ciudad hechas durante el gobierno de Rojas pinilla, forjó la construcción de viviendas y barrios alrededor de ellas, lo cual le dio a la ciudad el aspecto tentacular que la caracteriza. Dada la cantidad de habitantes se determinó que las unidades individuales de vivienda no eran la solución más adecuada, siendo el crecimiento vertical la alternativa más óptima, por lo que se construyeron los primeros edificios residenciales.

En la década de los 60 se retomaron los planes de gobierno, planteados antes del gobierno de Rojas Pinilla, incluyendo la determinación de anillos y la combinación de áreas residenciales y comerciales, en esta época se sectorizaron las viviendas por estrato socio-económico, se crearon barrios nuevos que existen hasta el día de hoy. Dado el crecimiento desmedido de la población en la ciudad de Bogotá se creó “ciudad Kennedy” con el fin de albergar 200.000 personas.

Para la década de los 70 siguiendo con la expansión en la ciudad, en busca de garantizar la vivienda a la mayor cantidad de habitantes posibles, se creó el conjunto banderas con capacidad para 940 unidades residenciales. Se inicia el plan de normalización de barrios, que consistió en acoger y apoyar a los barrios de invasión con la integración en los trazados viales y la dotación de servicios públicos; es también en esta época cuando la ciudad deja de ser pensada como un ente residencial y se plantea como un ente económico; desde el recién creado Departamento de Planeación Nacional, se empezó la valorización del territorio en busca de la determinación de usos del suelo, claros y bien ubicados.

En los años 80 se da inicio a varios proyectos, basándose en lo planteado al inicio de la década de los 70; uno de ellos fue el plan centro, el cual incluía los centros urbanos y el centro tradicional, se generan nuevas centros urbanos como Nueva Santa Fé y Ciudad Salitre.

"La década del 90 representa un momento de cambio en la construcción de la residencia en la ciudad, no sólo en cuanto al declive de la acción estatal y monopolización de la construcción y mercado inmobiliario por parte de la empresa privada" (Sierra, 2007), lo que llevo a la segregación de la población; la década está marcada por el declive de la construcción de la ciudad y su falta de evolución e innovación.

En años 2000 la ciudad emprendió una batalla contra el problema de movilidad, dentro de la misma, con la construcción del primer sistema de transporte masivo de la ciudad, Transmilenio; el cual fue efectivo y valorado por los ciudadanos hasta que éste evidenció que el problema de fondo no eran los buses sino las vías.

"Actualmente los procesos de renovación urbana son constantes y dramáticos, debido a la necesidad de modernizar la ciudad para que esta sea competitiva, cambiar los usos del suelo, movilizar las industrias a la periferia, recuperar espacio público y utilizar racionalmente las zonas residenciales de la ciudad es un compromiso." (Castillo L., 2012). La búsqueda de movilizar las industrias fuera de la ciudad, ha permitido el crecimiento vertiginoso de los pueblos vecinos que de forma lenta, pero constante parecen estar fusionándose con Bogotá, es el caso de Soacha por el sur y Chía por el norte. El Estado y El Distrito Capital de Bogotá, apuestan al crecimiento vertical de la ciudad a gran escala con programas, como el Edificio Bacatá.

En cuanto a movilidad de ciudad, actualmente se encuentra sumergida en un caos, el crecimiento exponencial de los vehículos, la lejanía de los centros de trabajo a las residencias y lo obsoleto de la malla vial, son algunos de los factores importantes

para que se presente esta situación; en busca de generar soluciones se creó el sistema integrado de transporte público SITP, se empezó la construcción del metro de Bogotá y se aprobó la implementación del tren de cercanías.

Hoy en día es usual encontrar restos de este pasado infraestructural en las nuevas obras de intervención, *véase Fotografía 12 Gordillo S. Hasleidy (2015). Renovación Urbana del Centro* Histórico de Bogotá*,* en esta se puede visualizar la red aun presente de rieles del tranvía, la cual será presentada como patrimonio por medio de vitrinas en la actual obra de renovación de la carrera séptima.

Fotografía 12 Gordillo S. Hasleidy (2015). Renovación Urbana del Centro Histórico de Bogotá.

6.2 Normativa de construcción de redes de servicios públicos

El presente título presenta los requisitos y parámetros técnicos, que deberían tenerse en cuenta para ejecutar la construcción de los sistemas de acueducto, alcantarillado, telefonía, red eléctrica y gas natural, en conjunto; estos, enmarcados en la normatividad vigente con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia y sostenibilidad, dentro de un nivel de complejidad determinado.

6.2.1 Normatividad asociada a dimensiones, jerarquía, caracterización y clasificación de redes de suministro.

Sin lugar a dudas la intervención de cualquier red se servicio, debe adecuarse a las características presentes en el sitio; esto se refiere a criterios, como las condiciones de seguridad, distancia y jerarquía de redes; es importante señalar que el incumplimiento de la normativa, genera problemáticas que convierten las intervenciones futuras en una serie de juegos de azar, donde se intenta no realizar intervenciones indeseadas sobre otras redes.

A continuación se presenta de manera resumida, por medio de tablas, la normatividad utilizada a nivel nacional en la construcción entre las redes de servicio público, en cuanto a jerarquía y distancia se refiere. El objetivo de este aparte se centra en presentar las diferencias encontradas de la normatividad en cada una de ellas con la que se ejecutan los proyectos construidos en la actualidad.

6.2.1.1 Normatividad Red de distribución de agua potable.

La empresa encargada de emitir la normativa referente a este servicio es la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, se presenta una abstracción de esta normativa generando una serie de tablas, que permiten conocer que tipología estructural posee esta red de servicio, lo cual permite establecer criterios de reconocimiento de esta red en un posible radargrama generado con la tecnología Georadar, *véase Tabla 4 Red de suministro de agua potable, clasificación, materiales y diámetros*. (Fuente: Autores.)., además es necesario conocer que profundidades son posibles desde el punto de vista normativo para esta red, pues esto a su vez permite establecer que equipo deberá ser usado, para reconocerla, *véase* Tabla 5 Profundidad red de suministro de agua potable respecto a otras redes. (Fuente: Autores.).

Tabla 4 Red de suministro de agua potable, clasificación, materiales y diámetros. (Fuente: Autores.).

Red de suministro de Agua Potable	**Nivel de complejidad del sistema**	**Material**		**Diámetro Mínimo de la Red Matriz**		**Diámetro Mínimo de la Red Interna**	
		Redes	**Acometidas**	**Nivel de complejidad**	**Diámetro**	**Nivel de complejidad**	**Diámetro**
RESOLUCIÓN 1096 DE 2000 "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS"	**Según Dotación neta mínima** *(L/hab·día) -Bajo 100 -Medio 120 -Medio alto 130 -Alto 150*	-En Acero (HA). -En concreto con cilindro de acero con refuerzo de varilla y revestimientos en mortero de cemento (CCP). - En concreto reforzado para presión con cilindro de acero (RCCP). - En concreto reforzado para presión sin cilindro de acero (RCPP). - En Hierro Dúctil (HD). - En policloruro de vinilo (PVC). - En Poliéster reforzado con fibra de vidrio (GRP). - En Policloruro de Vinilo Orientado (PVC-O). - En polietileno (PE).	-En polietileno de baja densidad PE 40 para Acometida Domiciliaria para diámetros entre ½ Pulgada y 1 Pulgada. - En cobre tipo K para diámetros entre ½ Pulgada a 2 Pulgada.	***Bajo***	64 mm (2.5")	***Bajo***	38.1 mm (1.5")
				Medio	100 mm (4")	***Medio***	50.0 mm (2.0")
				Medio Alto	150 mm (6")	***Medio Alto***	100 mm (4" Zona comercial e industrial 63.5 mm (2 ½") Zona residencial
				Alto	300 mm (12") o más según diseño	***Alto***	150 mm (6") Zona comercial e industrial 75 mm (3") Zona residencial

- **Profundidad Mínima de la Instalación de la Tuberías de Distribución**

Art. 91 Resolución 1096 de 2000. "*La profundidad mínima a la cual deben instalarse las tuberías de la red de distribución no debe ser menor de 1.0 m, medido desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno. Para los casos críticos de*

instalación donde sea necesario colocar la clave de la tubería entre 0.60 m y 1.0 m de profundidad, debe efectuarse un análisis estructural teniendo en cuenta las cargas exteriores debidas al peso de tierras, cargas vivas, impacto y otras que puedan presentarse durante el proceso de instalación."

- **Profundidad Máxima de la Instalación de la Tuberías de Distribución**

Art 92 Resolución 1096 de 2000. La profundidad de instalación de las tuberías que conforman la red de distribución, en términos generales, no debe exceder de 1.50 m. Los casos especiales deben consultarse con la Oficina de Planeación del Municipio o con la Entidad Prestadora del servicio de acueducto.

Tabla 5 Profundidad red de suministro de agua potable respecto a otras redes. (Fuente: Autores.).

Distancias mínimas al Alcantarillado de aguas negras o combinadas		***Distancias mínimas al Alcantarillado de aguas lluvias***		***Distancias mínimas a Telefonía y Energía***		***Distancias mínimas a Redes domiciliarias de gas***	
Nivel de complejidad	**Distancia Mínima**	**Nivel de complejidad**	**Distancia Mínima**	**Nivel de complejidad**	**Distancia Mínima**	**Nivel de complejidad**	**Distancia Mínima**
Bajo	1 m horizontal; 0.3 m vertical (Siempre por encima)	***Bajo***	1.0 m horizontal; 0.3 m vertical	***Bajo***	1.0 m horizontal; 0.2 m vertical	***Bajo***	1.0 m horizontal; 0.3 m vertical
Medio	1 m horizontal; 0.3 m vertical (Siempre por encima)	***Medio***	1.0 m horizontal; 0.3 m vertical	***Medio***	1.0 m horizontal; 0.2 m vertical	***Medio***	1.0 m horizontal; 0.3 m vertical
Medio Alto	1.5 m horizontal; 0.5 m vertical (Siempre por encima)	***Medio Alto***	1.2 m horizontal; 0.5 m vertical	***Medio Alto***	1.2 m horizontal; 0.5 m vertical	***Medio Alto***	1.5 m horizontal; 0.5 m vertical
Alto	1.5 m horizontal; 0.5 m vertical (Siempre por encima)	***Alto***	1.2 m horizontal; 0.5 m vertical	***Alto***	1.2 m horizontal; 0.5 m vertical	***Alto***	1.2 m horizontal; 0.5 m vertical

Aunque la normativa es generalmente irrespetada, conocerla nos permite establecer las condiciones técnicas necesarias para ejecutar un proyecto esas dimensiones, estas consideraciones tiene repercusión frente a las condiciones técnicas y metodológicas respectivas.

Tabla 6 Normatividad del sector agua potable y saneamiento básico. (Barriga B., 2006)

NORMA	AÑO	DESCRIPCIÓN
Decreto 3100	2003	Implementación de tasa retributivas por vertimientos líquidos puntuales Deroga el decreto 901 de 1997
Decreto 1728	2002	Licencias ambientales
Decreto 1604	2002	Por el cual se reglamenta el parágrafo 3o del artículo 33 de la ley 99 de 1993 ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas
Decreto 398	2002	Por el cual se reglamenta el parágrafo 3o del numeral 6.4 del artículo 6 de la ley 142 de 1994 sobre prestación directa por parte del municipio
Resolución CRA151	2001	Regulación integral de los servicios públicos de acueductos, alcantarillados y aseo.
Decreto No 421	2000	Por el cual se reglamenta el numeral 4 del artículo 15 de la ley 142 de 1994, en relación con las con las organizaciones autorizadas para prestar los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico en municipios menores y áreas urbanas especiales.
RAS 2000 Resolución 1096	2000	Requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al sector de agua potable y saneamiento básico y sus actividades complementarias.
Documento Campes 3031	1999	Plan para el sector de agua potable y saneamiento básico
Decreto 475	1998	Por el cual se expiden normas técnicas de calidad del agua potable
Decreto 901	1997	Implementación de tasa retributivas por vertimientos líquidos puntuales
Ley 373	1997	Establece el programa para el uso eficiente del agua potable
Acuerdo del consejo nacional ambiental	1996	Lineamientos de política para el manejo integral del agua
Ley 152	1994	Por el cual se expide la ley Orgánica del plan de desarrollo (plan de desarrollo municipal)
Ley 142	1994	Régimen de servicios públicos domiciliarios
Decreto 1594	1984	Establece normas de vertimiento, tramites ambientales y fijación de criterios de calidad de agua, como base para la toma de decisiones en materia de ordenamiento y asignación de usos del recurso hídrico, así como procedimientos para lograr el ordenamiento del mismo
Ley 9	1979	Código sanitario nacional
Decreto 1541	1978	Concesión de aguas de uso público y otras normas relacionadas con aguas no marítimas

6.2.1.2 Normatividad Red de saneamiento.

La empresa encargada de emitir la normativa referente a este servicio es la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, se presenta una abstracción de esta normativa generando una serie de tablas, que permiten conocer que tipología estructural posee esta red de servicio, lo cual permite establecer criterios de reconocimiento de esta red en un posible radargrama generado con la tecnología Georadar. *Véase Tabla 7 Red de saneamiento, clasificación, materiales y diámetros. (Fuente: Autores.)*. *Y Tabla 8 Profundidad de las redes saneamiento con respecto a otras redes. (Fuente: Autores.).*

Tabla 7 Red de saneamiento, clasificación, materiales y diámetros. (Fuente: Autores.).

Redes de saneamiento	**Nivel de complejidad del sistema**	**Material**			**Diámetro Mínimo de la Red**
		Redes	**Norma**		
RESOLUCIÓN 1096 DE 2000 "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS"	*Según población:* *- Bajo Población menor a 2500* *-Media de 2501 - 12500* *-Media 12501 - 60000* *-Alto 60001 en adelante*	**Concreto:** - Concreto reforzado - Concreto simple - Asbesto Cemento - Arcilla Verificada (gres) **Hierro fundido** **Fibra de Vidrio** (Resina termoestable reforzada) **Hierro Dúctil** **Acero** **Polietileno** - Polietileno de alta densidad - Polibutileno - Fibra de Vidrio (resina termo-resistente reforzada RTR) - Mortero Plástico reforzado (RMP)	NTC 401 NTC 1328 NTC 3789 NTC 1022 NTC 1328 - NTC 44 NTC 239 NTC 268 NTC 384 NTC 487 NTC 511 NTC 3526 NTC 4089 NTC 3359 - NTC 3870 - NTC 2346 NTC 2587 NTC 2629 NTC 3359 NTC 2836	NTC 2091 - NTC 1747 NTC 3409 NTC 3410 NTC 3664 NTC 3694 - NTC 1087 NTC 1341 NTC 1748 NTC 2534 NTC 2697 NTC 3640 NTC 3721 NTC 3722 NTC 4764 (PARTES 1 y2)	200 mm 8''

Tabla 8 Profundidad de las redes saneamiento con respecto a otras redes. (Fuente: Autores.).

Profundidad Máxima de la Instalación de la Tuberías de saneamiento	**Profundidad respecto a Otras Redes Distancias del Alcantarillado de aguas negras o combinadas a otras redes**	**Profundidad Máxima De Instalación En Alcantarillados Sanitarios.**
Los alcantarillados residuales deberán ser instalados a una Profundidad Mínima de 1,2 m en vías vehiculares y 0.75 en zonas peatonales o verdes. Los alcantarillados pluviales deberán ser instalados a una Profundidad Mínima de 1,0 m en vías vehiculares.	Las distancias mínimas libres entre los colectores que conforman la red del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales y las tuberías de otras redes de servicios públicos deben ser 1,0 m en la dirección horizontal medidos entre las superficies externas de los dos conductos y 0,3 m en la dirección vertical.	En general la máxima profundidad de instalación de los colectores, con relación a la rasante definitiva, es del orden de 5 m, aunque puede ser mayor siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales y colectores. Los cruces subterráneos de lagos, ríos y corrientes superficiales deberán acompañarse de un diseño apropiado e idóneo que justifique las dimensiones, los atraques y las profundidades empleadas y deberán proveerse de medios para impedir su destrucción por efectos de la socavación de la corriente atravesada.

6.2.1.3 Normatividad red de suministro de Gas Natural.

En este aparte se presenta una abstracción de esta normativa generando una serie de tablas, que permiten conocer que tipología estructural posee esta red de servicio, lo cual permite establecer criterios de reconocimiento de esta red en un posible radargrama generado con la tecnología Georadar. Este es uno de los servicios más perjudicados en este tipo de obras, y e que mayores riesgos presenta en caso de intervención, pues una fuga de este recurso puede generar una tragedia de amplias proporciones, conocer este servicio permite evaluar los escenarios donde posiblemente este se presente. *Véase*

Tabla 10 Normativa Materiales Red de suministro de Gas Natural 1. (Fuente: Autores.)

Tabla 11 Normativa Materiales Red de suministro de Gas Natural 2. (Fuente: Autores.)*Tabla 12 Normativa Centro de medición - Red de suministro de Gas Natural 2. (Fuente: Autores.)*

Tabla 9 Normativa Red de suministro de Gas Natural (Fuente: Autores.)

Servicio	Nivel de complejidad del sistema	
Gas Natural *Ley 142 de 1994 "Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones".*	*Se determina dependiendo de las presiones que se estén manejando, cambiando diámetros y materiales.*	***Sistema de distribución Urbana.*** Línea Matriz (Acero)[Presión: 20 bar], Conecta con la estación de recibo (Puerta de ciudad) con estaciones de regulación de presión ***Sistema de distribución Residencial.*** -NTC-3838 [Presión máx. Entre 345 mbar a 1380 mbar]. -Gasodomésticos [Presión de trabajo entre 15.5 mbar a 23 mbar]. Requieren de la utilización de reguladores que ajustan la presión, pasándola de 4 bares a 345 mbar y luego a 23 mbar.

Tabla 10 Normativa Materiales Red de suministro de Gas Natural 1. (Fuente: Autores.)

Materiales Redes de distribución **Materiales**	
El proceso de selección de materiales para la construcción de las redes de distribución urbana de gas, está soportado en el cumplimiento de las normas técnicas colombianas vigentes, de las normas internas de Gas Natural y de las normas internacionales reconocidas, cuando no existe norma nacional aplicable. Tener la capacidad de mantener la estructura de la red de distribución y líneas de transporte, bajo las condiciones de operación que puedan preverse. · No reaccionar químicamente con el gas que transportan y con cualquier otro material en la tubería con el cual puedan tener contacto. · Todos los materiales y equipos que forman parte integral y permanente de los sistemas de tuberías para el transporte y la distribución de gas, deben ser apropiados para las condiciones de uso, previstas en las especificaciones de diseño y construcción de cada sistema, y satisfacer los requisitos particulares de fabricación y ensayo que establezcan las normas técnicas que les sean aplicables.	**Tubería de polietileno** • Fabricadas bajo la Norma Técnica Colombiana NTC 1746. • Resina de polietileno de alta y media densidad clasificada según las normas internacionales. **Accesorios para tubería de polietileno** • Accesorios de Polietileno para unión por fusión a tope, fabricados bajo norma NTC 3409. • Accesorios de Polietileno del Tipo Campana (para tubería de tamaño controlado por diámetro exterior), fabricados bajo norma NTC 3410. • Accesorios de Polietileno para unión por electro fusión, fabricados bajo Norma ASTM-F-1055.

Tabla 11 Normativa Materiales Red de suministro de Gas Natural 2. (Fuente: Autores.)

Diámetros	Métodos de acoplamiento de tubería	Profundidad de la Instalación de la Tuberías de Distribución
Líneas Externas en Polietileno: - 20 mm Acometidas. - 25 mm Anillos de suministro y acometidas. - 50 mm Anillos de suministro. - 90 mm Líneas Arterias.	El método utilizado para el acople de tuberías de polietileno es el de fusión térmica (termo fusión) y electro fusión, y se deben seguir los procedimientos suministrados por el fabricante de las tuberías y accesorios. Existen los siguientes métodos de acople: • Termo fusión a tope. • Termo fusión a socket. • Termo fusión con silletas. • Electro fusión	Según Norma NTC 2505, Debe instalarse por debajo del nivel del suelo, en una zanja con una profundidad mínima de 0.46 m cuando la tubería pueda estar expuesta a cargas por tráfico vehicular o simular; y 0.30 m cuando el trazado sea por zonas de jardín o donde no este expuesta a cargas debidas a tráfico vehicular o similar

Tabla 12 Normativa Centro de medición - Red de suministro de Gas Natural 2. (Fuente: Autores.)

Medición			
Centro de medición	**Accesorios**		
"Está conformado por el medidor volumétrico de gas, el regulador de presión, la universal, la válvula de corte y demás accesorios necesarios para la conexión de estos elementos a las correspondientes tuberías. Las dimensiones del centro de medición se determinarán de acuerdo con la capacidad y con la cantidad de los medidores propuestos en los diseños." (Cosntrudata, 2008)	**Medidor.** "Deberá tener marcado en alto o bajo relieve, en el cuerpo o un lugar visible, la dirección del flujo. No se permite las indicaciones mediante pinturas, autoadhesivas o similares. Para evitar adulteraciones en el sistema de medición, los medidores dispondrán de un sello metálico, de cierre automático y plegadizo que trabaja sobre el principio de fatiga de material. Los conectores a la entrada y salida del gas deberán ser del tipo universal con empaque de nitrito o similar y extremos planos que permitan el sello." (Cosntrudata, 2008)	**Válvula de corte.** Su función es interrumpir o reactivar totalmente el flujo de gas a una instalación individual. Se instala inmediatamente después del elevador, si la instalación es individual, o antes de los medidores de cada centro de medición. (Cosntrudata, 2008) **Regulador.** (Cosntrudata, 2008) "Es el elemento que mantiene una presión aproximadamente constante y preestablecida en una instalación. Va ubicado dentro del centro de medición si es de segunda o única etapa y, al igual que los medidores, se requiere uno para cada suscriptor. Sus especificaciones técnicas aparecen estipuladas en la NTC 1326, NTC 3293, NTC 3727 y NTC 3845."	***Elevador.*** ***"****Es un accesorio metálico especialmente diseñado para hacer la transición y unión entre tubos de polietileno y tubos de otros materiales metálicos. También se le denomina transitoma."* (Cosntrudata, 2008) *"Se fabrica en acero de bajo carbono, calibrado, de sección externa hexagonal en su parte superior. Debe ser galvanizado por inmersión en caliente según la NTC 2076 y, posteriormente, durante la construcción y antes del atraque del mismo, se deberá recubrir con brea o pinturas epóxicas resistentes a la corrosión."* (Cosntrudata, 2008)

6.2.1.4 Normatividad red eléctrica.

Este aparte se trata las normativas generales sobre la distribución de energía eléctrica, mencionando de forma específica las redes de distribución de tipo subterráneo, esto en marcado en los límites presentados en la investigación desarrollada. Por seguridad del personal en obra es necesario conocer al máximo la disposición de estas redes, pues cualquier intervención directa puede ocasionar electrocución en el personal, además es importante conocer las normativas constructivas para generar análisis económicos de los mismos, pues es importante mencionar que si no se conocen las estructuras ni pueden cuantificarse. Véase *Tabla 12 Normativa Centro de medición - Red de suministro de Gas Natural 2. (Fuente: Autores.)Tabla 13 Normativa Red de distribución Red Eléctrica (Fuente: Autores.)Tabla 14 Normativa Materiales de distribución Red Eléctrica (Fuente: Autores.)Tabla 15 Normativa Red de distribución Red Eléctrica – Excavaciones (Fuente: Autores.)Tabla 16 Normativa Red de distribución Red Eléctrica – Rellenos (Fuente: Autores.)Tabla 17 Normativa Red de distribución Red Eléctrica – Cajas de Inspección (Fuente: Autores.)*

Tabla 13 Normativa Red de distribución Red Eléctrica (Fuente: Autores.)

Servicio	**Niveles de tensión**	**Red de Distribución Subterránea**	
		¿Qué es?	**Se emplea cuando:**
Red Eléctrica NTC 2050 "CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO" 1998	**** Alta Tensión.*** *Tensión mayor o igual a 57.5 kV y menor o igual 230 kV.* **** Media Tensión.*** *Tensión superior a 1000 V e inferior a 57.5 kV.* ****Baja Tensión.*** *Tensión mayor o igual a 25v y menor o igual a 1000v.*	Se concibe como un anillo abierto que alimentado desde 2 subestaciones mediante la conexión de puntos de suplencia o en algunos casos con otros circuitos desde la mima subestación de potencia.	* Vías tipo V-0, V-1 y V-2. *Urbanizaciones estratos 4,5 y 6. *Zonas Históricas. *Conformación de redes en áreas inadecuadas

Tabla 14 Normativa Materiales de distribución Red Eléctrica (Fuente: Autores.)

Tipos de distribución	**Ductería**			
	Tipo de ductería	***Usos***	***Diámetros***	***Generalidades***
Distribución Primaria: [11,4 kV] Trifásica con conductores monopolares trenzados (cables triples) aislados en polietileno reculado termoestable. **Distribución Secundaría:** [208 v / 120 v - Radial] circuito trifásico tensión nominal y conductores monopolares de cobre aislados a 600 v.	PVC Corrugado (Linkinormas, 2003) Acero Galvanizado (Linkinormas, 2003)	*Red primaria. *Red Secundaria. *Alumbrado público. *Acometida. *En transiciones de circuito aéreo a subterráneo o viceversa. *En transiciones de redes primarias a secundarias. *Cruces con líneas férreas. *Ductería colgante de puentes.	6" Redes de 34,5 Kv. 4" Media y baja tensión. 3" Mín. Alumbrado Público y acometidas. 4" o menos. De acuerdo con el número y calibre del conductor.	*PVC de color verde. *Bancos de 4" o 6" de 6 ductos. *Bancos de 9 ductos de 4" o de 6". *Redes de alumbrado público 1 o 2 ductos de 3". *Debes dejarse ductos de reserva para trabajos de mantenimiento y refrigeración, para los ductos ocupados debe existir un ducto de reserva. *La pendiente de la tubería no debe ser inferior a 3° ni superior a 30°, de ser así deben construirse cajas de inspección sencillas.

Tabla 15 Normativa Red de distribución Red Eléctrica – Excavaciones (Fuente: Autores.)

Excavaciones	
Generalidades	***Recomendaciones***
*El fondo debe ser uniforme para evitar pandeos en la ductería. *Se debe colocar una base nivelada de 0,04 m de arena de peña para asentar la ductería más profunda. *Las uniones deben quedar traslapadas no una sobre otra. * Los espacios entre los ductos deben llenarse con arena libre de piedra.	*Cuando el material de encamado no es el adecuado debe ser extraído y remplazarse con un relleno en recebo compactado a una profundidad de 0,3m desde la excavación. "*Debe entibarse para evitar derrumbes que puedan deteriorar la tubería." (Construdata, 2005)

Tabla 16 Normativa Red de distribución Red Eléctrica – Rellenos (Fuente: Autores.)

Rellenos			
Vehicular		***Peatonal y andenes***	***Zona verde***
Calzada en Asfalto	*Calzada en Concreto*		
"Por encima del nivel superior de la ductería y hasta el nivel inferior de la base granular tipo BG- 2 o B-0600, se debe colocar una sub-base granular tipo SBG- 4." (Linkinormas, 2004) *"El relleno superior de las canalizaciones efectuadas en vías vehiculares, se debe hacer con base granular tipo BG- 2 o B- 0600 de 0.40 m de espesor."* (Linkinormas, 2004) *"El pavimento asfáltico para todas las vías será de espesor igual al encontrado en el sitio de la obra pero nunca podría ser inferior a 15 cm de espesor, compuesto de base asfáltica tipo MCD-1 con espesor de 10 cm y la rodadura asfáltica tipo MCD-3 con espesor de 5 cm."* (Linkinormas, 2004) *"La mezcla debe llegar a la obra para ser extendida a una temperatura no inferior de 125°C y ser compactada a una temperatura adecuada."* (Linkinormas, 2004)	*"Por encima del nivel superior de la ductería y hasta el nivel inferior del concreto, se debe colocar base granular tipo BG- 2 o B-0600".* (Linkinormas, 2004) *"El pavimento rígido en concreto debe hacerse con losas de concreto que a los 28 días de fraguado se obtenga un módulo de rotura no menor de 43 kg/cm2. Las losas deben tener un espesor igual al encontrado en el sitio de la obra pero nunca podrá ser inferior a 15 cm."* (Linkinormas, 2004)	*"El relleno de las excavaciones efectuadas en vías peatonales se debe hacer de la siguiente manera:* *Por encima del nivel superior de la cimentación de la ductería o tubería, hasta el nivel de la placa o acabado del andén, se debe colocar sub.-base granular SBG 4.* *El recebo debe cumplir con las propiedades indicadas en el numeral 4 de esta norma. Se debe fundir la losa de concreto con una resistencia mínima de 28 días de fraguado de 175 kg/cm2, con un espesor igual o mayor a 0.08 m."* (Linkinormas, 2004)	*"Las zonas verdes que se afecten con la obra se podrán rellenar con el mismo material procedente de la excavación, seleccionándolo. Sobre este se colocará una capa de 10 cm de tierra negra y sobre este se colocara el césped debidamente podado y cortado."* (Linkinormas, 2004)

Tabla 17 Normativa Red de distribución Red Eléctrica – Cajas de Inspección (Fuente: Autores.)

Cajas de inspección			
Generalidades	***Tipos***		***Especificaciones***
* Deberá construirse una caja en caso de necesitar un cambio de dirección. * Al llegar a las cajas de inspección los ductos deben tener campanas de PVC-TDP o boquillas terminales de acero galvanizado. (Construdata, 2005)	*Dobles*	Esquinas, derivaciones subterráneas de circuitos primarios, junto a caja con elementos pre-modelados, acometidas subterráneas de transformadores en poste.	* Paredes en ladrillo recocido colocado en forma de traba pañetadas debidamente, dependiendo de la profundidad de la caja debe estudiarse la necesidad de habilitar pasos de acceso. * Piso en concreto de 175 kg/cm2, sobre una capa de recebo compactado. *De ser necesario debe instalarse un drenaje, esto dependiendo del nivel freático de la zona.
	Sencillas	Entre cajas dobles, acometidas de Baja tensión, subterranización de acometidas junto al poste. Pata alojar elementos remodelados.	

6.2.1.5 Normatividad red de telefonía.

Esta sección se presentan las características generales, correspondientes a la normatividad asociada a la red de distribución del servicio de telefonía, de manera subterránea, para dimensionar las generalidades de la misma y posteriormente formar un juicio acertado sobre las condiciones ideales de su infraestructura. *Véase Ilustración 7 Esquema general de la red de telecomunicaciones*

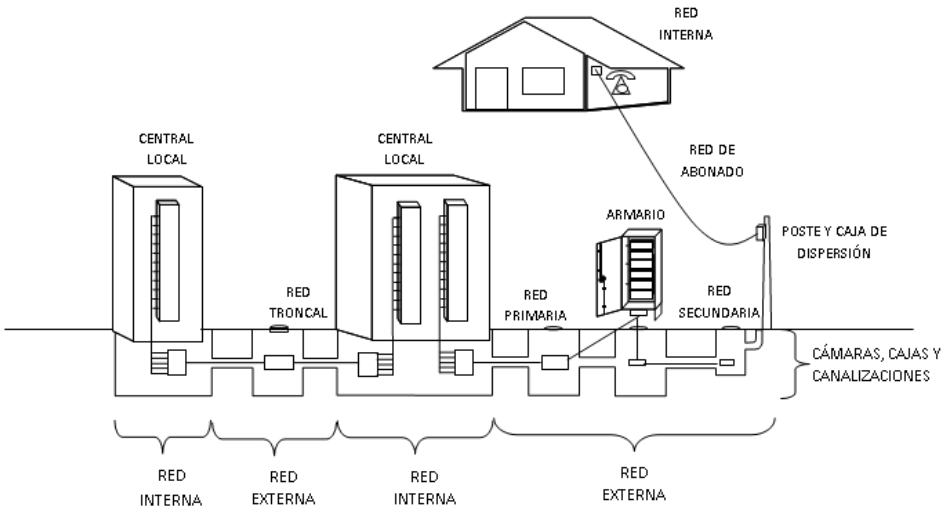


Ilustración 7 Esquema general de la red de telecomunicaciones (E.S.P, Empresas Publicas de Medellín, 2004)

El problema principal de intervenir una de estas redes, es que la reparación se vuelve dispendiosa desde el punto de vista de conexión, pues una acometida puede poseer diversidad de conexiones y esto acarrearía desconexión de múltiples usuarios. Es importante *Véase Tabla 18 Normatividad Red de Telefonía ETB (Fuente: Autores.)Tabla 19 Normatividad Red de Telefonía Canalizaciones (Fuente: Autores.)Tabla 20 Normatividad Red Telefonía Componentes de las canalizaciones (Fuente: Autores.)Tabla 21 Normatividad Red de Telefonía – Cámaras de Inspección (Fuente: Autores.)Tabla 22 Normatividad Red de Telefonía – Cajas de paso (FuenteTabla 23 Normatividad Red de Telefonía – Generalidades y Especificaciones Tubería (Fuente: Autores.)*

Tabla 18 Normatividad Red de Telefonía ETB (Fuente: Autores.)

Servicio	NORMATIVIDAD ETB	
Red de telefonía fija. *LEY 142 DE 1994 "Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.***"**	***Norma 0004***	Generalidades del tendido de la red.
	Norma 005	Tendido de Red Secundaria
	Norma 006	Tendido de Red Canalizada
	Norma 007	Mantenimiento de cables presurizados.
	Norma 0011	Mantenimiento de cámaras telefónicas.
	Norma 0012	Mantenimiento de Sótanos de Cables
	Norma 0013	Construcción e instalación de elementos de protección contra sobretensiones.

Tabla 19 Normatividad Red de Telefonía Canalizaciones (Fuente: Autores.)

CANALIZACIONES		
¿Qué son?	***Tipos de canalizaciones***	
Las redes de canalizaciones son el conjunto de conductos de PVC, cámaras y cajas necesarias para albergar los cables y elementos de telecomunicaciones y se dividen en canalización primaria y secundaria.	*Canalización primaria*	Está comprendida entre la central telefónica y el armario o punto de distribución. Se compone de conductos, cámaras, cárcamos y acometidas a armarios y a postes.
	Canalización secundaria:	Es la obra civil que comprende cualquier tramo de canalización entre el armario de distribución y el abonado. Se compone de conductos, cajas de paso o de empalme y bases de hormigón para pedestales para cajas de dispersión, indispensables para el montaje de los cables de la red secundaria.

Nota. Las canalizaciones se deberán construir debajo de andenes, vías vehiculares y peatones, calzadas y otros espacios públicos con el propósito de alojar posteriormente los cables telefónicos que interconectan el sistema, a fin de permitir la conexión telefónica entre los abonados. (IDU, Instituto de Desarrollo Urbano, 2006)

Tabla 20 Normatividad Red Telefonía Componentes de las canalizaciones (Fuente: Autores.)

COMPONENTES DE LA CANALIZACIÓN	
Elementos Básicos	***Recomendaciones durante la excavación***
· Construcción de tramos subterráneos de tubería a 1.00 metro de profundidad aproximadamente y de ancho promedio de 0.70 metros, para 8, 12,16 y 24 ductos, con acabados en tierra, macadam, concreto, asfalto, etc. · Construcción con bloques de concreto de cámaras con 2, 3 o 4 bocas, en andenes y calzadas. · Construcción de cajas de paso sencillas o dobles. · Construcción de cárcamos en aquellos casos donde la canalización se encuentre a menos de 80 cm de profundidad en aquellas vías donde el tráfico es pesado o en las vías principales, o en aquellos tramos de andén de acceso a garajes, parqueaderos, en los cruces transversales o cuando la canalización va a lo largo de la vía sobre la calzada.	- Durante todo el tiempo que dure la instalación de la ductería y la construcción de las cajas de paso la excavación debe permanecer seca, el material resultante de las excavaciones en andenes o calzadas debe ser retirado con el avance de obra para evitar que se perjudique el paso peatonal o vehicular, dejando en obra solamente el material necesario para los rellenos. -Se tomaran las precauciones necesarias para no causar perjuicios en las edificaciones existentes si eventualmente se causa daño a la infraestructura de las redes de otros servicios públicos se procederá a informar a la entidad correspondiente. - La excavación para el cruce de tubería sobre vías en construcción o en lugares donde no se pueda cumplir con las profundidades normalizadas y donde por razones técnicas o de seguridad no sea posible la construcción de otro tipo de estructura se debe construir un cárcamo de seguridad.

Tabla 21 Normatividad Red de Telefonía – Cámaras de Inspección (Fuente: Autores.)

CÁMARAS DE INSPECCIÓN			
¿Qué son?	***Especificaciones, según ETB***	***Tipos, según la ETB***	
"Son pozos de inspección ubicados bajo el nivel de la calle o andén, en los que desembocan las canalizaciones que conducen las redes de comunicaciones. Se utiliza en la construcción de redes para cambios de ruta, empalmes para dispersión de la red y labores de mantenimiento." (Construdata, 2006)	"La placa de piso estará fundida en concreto de 2000 psi con espesor de 0.22m con pendiente hacia el drenaje central de 0.40m x 0.40m x 0.10m. Las paredes van formadas con bloque macizo curvo de concreto de 3000 psi con espesor 0.10 y refuerzo en los empates con varillas de 1/2". La losa superior debe ser en concreto de 3000 psi con espesor 0.225m y refuerzo tipo arañado-espiral con disposición radial en varilla de 1/2" entre bloques y varillas 3/8" en espiral cada 0.12m. El acceso circular a la cámara con diámetro 0.60m se centrará con los ejes de la tubería, centrado con el sumidero para permitir el desagüe vertical de la cámara." (ETB, Empresa de telecomunicaciones de bogota., 2008) Las cámaras pueden construirse en bloques de cemento o en ladrillo. (ETB, Empresa de telecomunicaciones de bogota., 2008)	*Sencillas*	Son Cámaras localizadas generalmente sobre andenes y su tipo se denomina numéricamente. Ejemplo T-13, T-14, T-16, T-18.
		Dobles	Son cámaras localizadas en calzadas, zonas de parqueo o entradas a garajes y su tipo se denomina añadiendo el sufijo "A" a la correspondiente de tipo sencillo. Ejemplo T-13A, T-14A, T16A.

Tabla 22 Normatividad Red de Telefonía – Cajas de paso (Fuente: Autores.)

CAJAS DE PASO		
¿Qué son?	***Tipos, según la ETB***	
Tienen por objeto permitir pequeñas variaciones de dirección o de nivel. Son de forma rectangular y se construyen empleando marcos y tapas suministradas por la Empresa. (ETB, Empresa de telecomunicaciones de bogota., 2008)	*Sencillas*	"Constan de un solo juego de marco y tapa, con una sección útil entre muros de 0.60 x 0.50 metros, orientada longitudinalmente sobre su eje mayor. Se proyectan generalmente para canalizaciones en urbanizaciones pequeñas, para acometidas de red secundaria o como puntos terminales de canalizaciones inconclusas." (ETB, Empresa de telecomunicaciones de bogota., 2008)
	Dobles	"Constan de doble juego de marcos y tapas, con una sección útil entre muros de 1.10 X 0.60 metros, orientada longitudinalmente sobre su eje mayor. La profundidad de las cajas de paso varía de acuerdo con las cotas de la tubería que une, siendo la más común la de 1.20 metros." (ETB, Empresa de telecomunicaciones de bogota., 2008)

Tabla 23 Normatividad Red de Telefonía – Generalidades y Especificaciones Tubería (Fuente: Autores.)

GENERALIDADES Y ESPECIFICACIONES TUBERÍA	
Generalidades	Para cualquier tipo de terreno se utilizaran ductos de PVC, estos deben cumplir con la norma técnica NTC 3363 "Plásticos. Tubos y curvas de poli (cloruro de vinilo) (PVC) rígido corrugados con interior liso para alojar y proteger conductores subterráneos eléctricos y telefónicos" Y NTC 1630 "Tubos y curvas de poli (cloruro de vinilo) (PVC) rígido para alojar y proteger conductores subterráneos eléctricos y telefónicos".
Especificaciones	"*Los ductos de diámetros desde media pulgada (½") hasta dos pulgadas (2") serán del tipo liso tipo DB. Los ductos de diámetros desde 3" serán del tipo corrugado tipo TDP.* *Se emplearán adaptadores terminales de campana en los extremos del tubo que llega al muro de la cámara de inspección o caja de paso los cuales evitarán maltratos a las chaquetas de los cables durante las maniobras de instalación o mantenimiento.* *Se podrán emplear ductos aéreos, en PVC, adosados a puentes vehiculares y peatonales que atraviesan canales y avenidas, siempre y cuando estén soportados por cerchas metálicas y protegidos contra las condiciones ambientales y el vandalismo.* *Para la instalación de ductos mediante perforación teledirigida se empleará manguera de polietileno de alta densidad, o tubería galvanizada en los diámetros adecuados."* (ETB, Empresa de telecomunicaciones de bogota., 2008)

6.2.2 Importancia del conocimiento de la normatividad aplicable a la composición de la infraestructura de servicios públicos dispuesta en el subsuelo.

Una vez recopilada la información correspondiente a la normatividad, asociada a la disposición de los servicios públicos en el subsuelo, se pueden establecer las directrices en los diseños y evaluar los ajustes que generalmente se hacen necesarios en la ejecución de proyectos de esta índole; además se puede definir la posible infraestructura a intervenir, cuando se realiza un proyecto, también evaluando qué reformas se deben contemplar debido al cambio de normatividad.

Es importante establecer que la mayoría de redes de servicios, contienen ajustes inconsistentes con la norma debido a la necesidad de ajustarse a las redes de servicio existentes.

6.2.3 Normatividad asociada al proceso constructivo.

La finalidad de un Análisis de Precios Unitario (APU), es conocer el costo y tiempo de ejecución de una actividad, de esta manera la sumatoria de estos permite conocer la magnitud final de recursos invertidos en la ejecución de un proyecto, sí estos son planeados teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la normativa y los parámetros lógicos de rendimiento de materiales, personal y maquinaria, se pueden obtener cronogramas de obra que presentan jerarquía en actividades y presupuestos ajustados a la realidad.

En este contexto, es importante mencionar que si no se conocen los parámetros constructivos no se pueden realizar análisis de este tipo, ni generar planeaciones reales. En este ítem trataron las temáticas relacionadas a la instalación de las redes públicas subterráneas, especificando la normativa relacionada a dicho proceso, el procedimiento, los materiales normalmente empleados y criterios de instalación.

A continuación se presentan una serie de tablas que reúnen los criterios constructivos asociados a las redes de tipo subterráneo que discurren por el subsuelo, estas se realizaron a partir de una revisión de la normativa vigente asociada a los requerimientos contemplados en el proyecto ejemplo presentado, estas a su vez permitieron generar un listado de actividades necesarias para la ejecución satisfactoria del proyecto, posteriormente se generaron los correspondientes análisis de precios unitarios y finalmente los análisis financiero y temporales del proyecto en general.

6.2.3.1 Normatividad Red de distribución de agua potable

El recurso hídrico es uno de los más preciados, usualmente cualquier daño sobre la red de abastecimiento acarrea pérdida del recurso, y esta es irrecuperable, las tuberías matrices pueden alimentar fácilmente a 50.000 personas, una tubería de 6

pulgadas puede alimentar a un conjunto residencial de grandes proporciones, por lo tanto es necesario conocer su ubicación de manera precisa.

6.2.3.1.1 Normativa general de instalación

A partir de una revisión a las normas aplicables al proceso de instalación de redes de distribución de agua potable, se presentan los criterios generales para la ejecución de este tipo de intervención. *Véase Tabla 24 Criterios generales de instalación Red de Suministro de Agua Potable (Fuente: Autores.)*

Tabla 24 Criterios generales de instalación Red de Suministro de Agua Potable (Fuente: Autores.)

ÍTEM	NORMATIVA
Normativa a tener en cuenta	**- DECRETO 33 DE 1998 (NSR-98)** "Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente" (Derogado). **DECRETO 926 DE 2010 (NSR-10)** "Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10" **(Vigente).** **- (LEY 400 DE 1997**) por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes. - **(NS-090)** EAAB "Protección de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado" - (**NS-10)** EAAB "Requisitos para la elaboración y presentación de estudios geotécnicos" - Según condiciones del proyecto. (Estudio de geotecnia)
Tipo de tubería	- **(NS-123)** EAAB Criterios para selección de materiales de tuberías para redes de acueducto y alcantarillado. - **(NP-032)** EAAB Tubería para acueducto.
Condiciones de instalación	- **(NS-019)** EAAB "Excavaciones Acueducto" (Terraplén - Zanja)
Profundidades Máximas y mínimas.	-**(RAS 2000)** RESOLUCIÓN 1096 DE 2000 "Reglamento Técnico Del Sector De. Agua Potable Y. Saneamiento Básico"
Tipo de cimentación	- **(NS-035)** EAAB "Requerimientos para la cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado" - **(NS-040)** EAAB "Rellenos"
Anchos máximos de zanja	- **(NS-019)** EAAB "Excavaciones en zanja"
Distancias a otras redes	-**(RAS 2000)** RESOLUCIÓN 1096 DE 2000 "Reglamento Técnico Del Sector De. Agua Potable Y. Saneamiento Básico"
Profundidades máximas y mínimas	-**(RAS 2000)** RESOLUCIÓN 1096 DE 2000 "Reglamento Técnico Del Sector De. Agua Potable Y. Saneamiento Básico"

6.2.3.1.2 Detalle estructura de instalación general

Para evaluar el componente metodológico de instalación de estas redes es importante referirse a las secciones típicas de las mismas, pues en ellas se puede identificar de manera general los materiales frecuentes, las profundidades de las camas de apoyo y los anchos de excavación. *Véase Ilustración 8Detalle de Cimentación Tuberías Flexibles .*

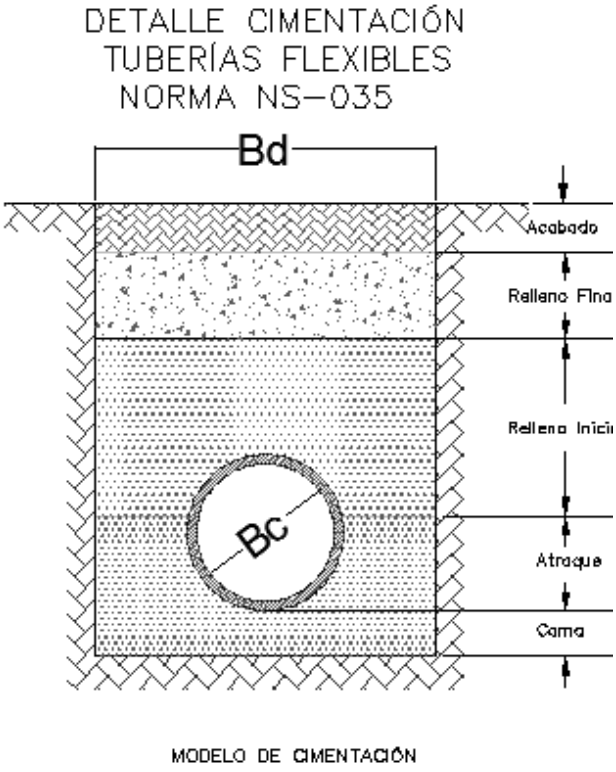


Ilustración 8Detalle de Cimentación Tuberías Flexibles (EAAB, 2004)

6.2.3.1.3 Procedimiento de Instalación

Según, Guía de instalación Tubo sistemas BIAXIAL para Acueducto. (PAVCO, 2014). Se realiza una abstracción de las generalidades concernientes al proceso constructivo, creando un elemento base para la construcción de análisis de precios unitarios, pues desde la metodología constructiva se identifican insumos, maquinaria y personal.

Manipulación general.

La tubería debe ser manipulada de la mejor manera, en el desembarque debe intentar al máximo no dejarla caer, esto hasta llegar a la zanja donde será instalada. Dado el diámetro de la misma (6”), su peso permite su manipulación sin necesidad de herramientas, sin embargo si es necesaria la manipulación de varios tubos a la vez, se requiere que estas herramientas de movilización no sean de materiales metálicos, se prefiere que estos sean correas anchas en lona.

Instalación.

- **Excavación.** ***Profundidad:*** Variable, mínima 1.0 m – máxima 1.50 m. ***Ancho zanja:*** 0.60 cm. *Para evitar flotación de la tubería se debe mantener seca la zanja, hasta instalar la tubería y realizar un relleno de por lo menos un diámetros sobre la clave del tubo.

- **Relleno.** El fondo de la zanja debe preparase para que este permanezca estable y la instalación sea segura, se debe evitar que el fondo contenga rocas de tipo puntiagudo, si estas existen se deben retirar y proporcionar por lo menos 10 cm de apoyo con material adecuado.

Materiales.

- **Cama**, pueden ser Triturado de roca (angular de tamaño máximo ¾”), Canto rodado (Tamaño Máx. 1 ½”), arena lavada, arenilla, recebo fino o material proveniente de excavación si es el adecuado.

- **Atraque,** debe utilizarse un material libre de piedras y fino, compactado adecuadamente, con pisones de mano.

- **Relleno inicial,** luego de alcanzar 30cm sobre la corona del tubo se puede usar equipo de compactación mecánico.

- **Relleno final,** generalmente con material proveniente de excavación, debe realizarse compactación mecánica.

- **Acabado,** según el área de intervención.

Ensamble de la tubería.

- ***Preparación.*** Limpie el interior de la campana y al igual que el espigo correspondiente, antes de unir.

- ***Aplicando lubricante.*** Lubrique de manera pareja la mitad de la longitud del espigo. Desplace el espigo de tal forma que apenas penetre la boca de la unión.

- ***Alineando tubería.*** Es muy importante que la tubería se encuentre alineada, nunca tratar de introducir el espigo en ángulo.

- ***Insertando el espigo en la unión.*** Empuje el espigo hasta la marca de entrada. Esto debe realizarse de manera rápida, para que el hidrosello se acople de manera adecuada, puede utilizarse una barra poyándola sobre un trozo de madera. Puede ensamblarse en el borde de la zanja y luego ser instalada.

Instalación de anclajes.

Son utilizados para restringir el movimiento de los accesorios y/o de la tubería, son necesarios en todo el ***sistema presurizado***. Los anclajes con bloques de concreto

permiten trasmitir la carga producida por el empuje de la tubería o los accesorios al terreno.

Tipos de anclaje.

Los anclajes son necesarios para establecer conexiones entre redes, estos se hacen necesarios en situaciones como:

*Cambios de dirección.
*Cambios de tamaño, reducciones.
*Tapones en terminales Ciegas.
*Conexiones a válvulas e hidrantes.

Del correcto ensamble de los anclajes dependerá la conservación de la presión del sistema, *véase Ilustración 9Tipos de Anclaje Tubería Biaxial para acueducto 1 e Ilustración 10 Tipos de Anclaje Tubería Biaxial para acueducto 1*

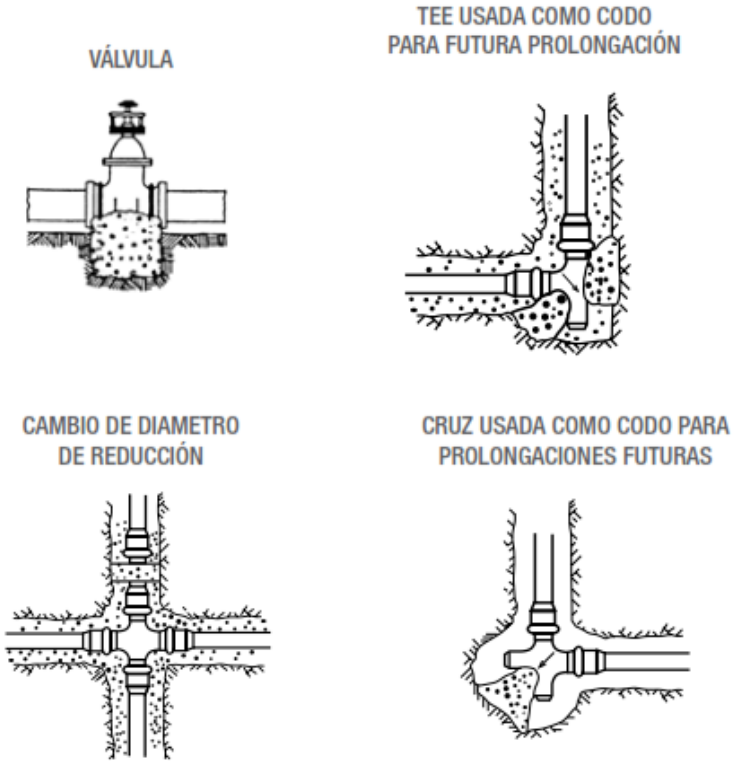


Ilustración 9Tipos de Anclaje Tubería Biaxial para acueducto 1 (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014)

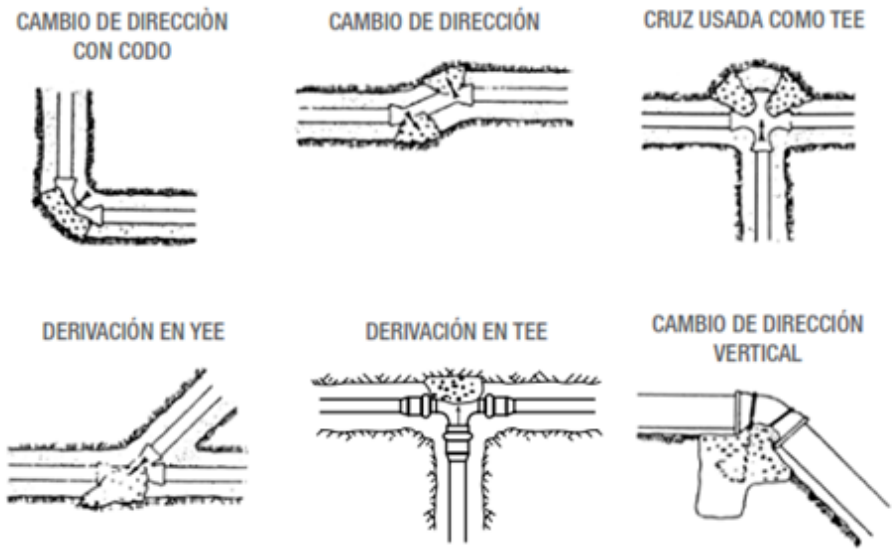


Ilustración 10 Tipos de Anclaje Tubería Biaxial para acueducto 1 (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014)

Las empresas fabricantes de tubería también presentan en su producción accesorios para realizar empates de manera cómoda. Entre ellos codos y uniones, *véase Ilustración 11 Codo Gran Radio 90° Ilustración 12 Codo Gran Radio 45°, Ilustración 13 Codo Gran Radio 22.1/2°, Ilustración 14 Codo Gran Radio 11. 1/4°Ilustración 15 Unión rápida. Ilustración 16 Unión de reparación.*

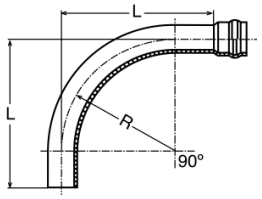


Ilustración 11 Codo Gran Radio 90° (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014)

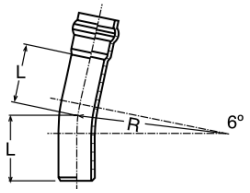


Ilustración 12 Codo Gran Radio 45° (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014)

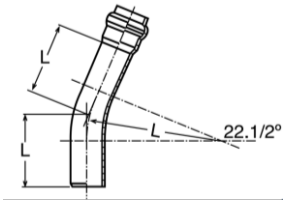


Ilustración 13 Codo Gran Radio 22.1/2°

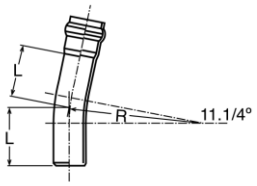


Ilustración 14 Codo Gran Radio 11. 1/4° (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014)

Ilustración 15 Unión rápida. (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014)

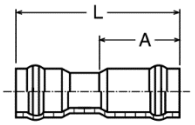


Ilustración 16 Unión de reparación. (PAVCO, Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto, 2014)

Empate instalado "in-situ" a red existente

Así mismo la normativa presenta los accesorios necesarios para realizar empates a las tuberías matrices, *véase Ilustración 17 Empate de tubería en redes de Acueducto Norma NS-023*

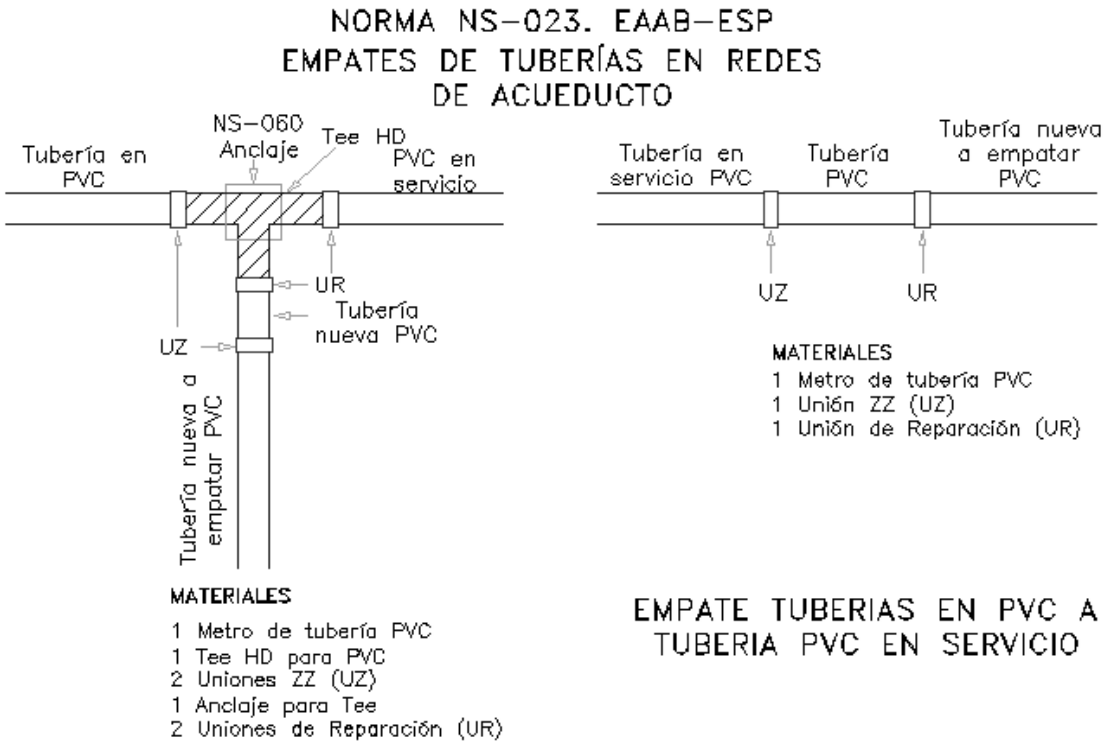


Ilustración 17 Empate de tubería en redes de Acueducto Norma NS-023 (EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2004)

De igual manera la normativa presenta los requerimientos necesarios para la instalación de accesorios como hidrantes, estas especificaciones son muy importantes debido a las condiciones de presión del sistema. *Véase Ilustración 18 Esquema según normativa de Instalación de hidrantes NS-027*

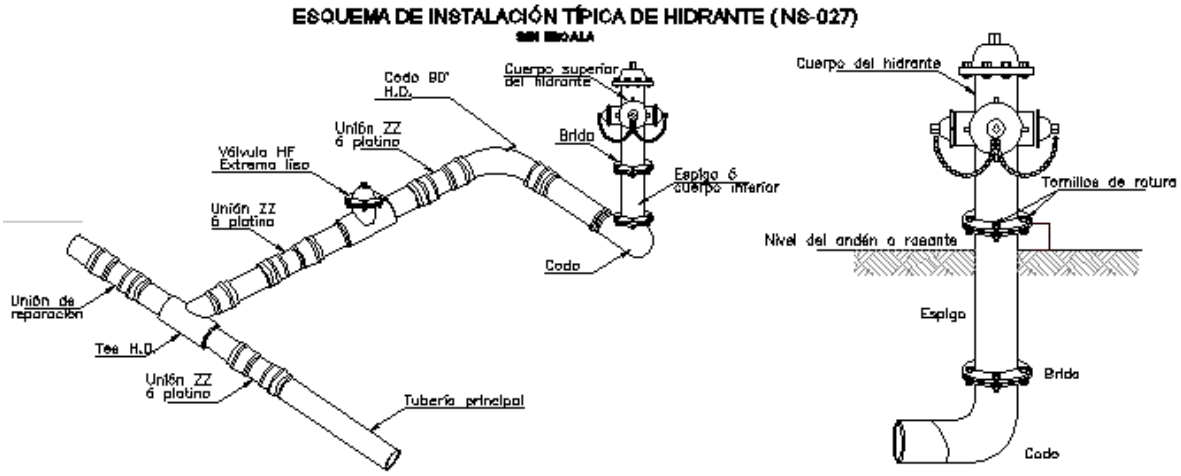


Ilustración 18 Esquema según normativa de Instalación de hidrantes NS-027 (EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2006)

6.2.3.2 Normatividad Red de alcantarillado pluvial y residual.

Como se indica en el título del presente aparte solo se trataran los temas correspondientes a la red secundaria de saneamiento (pluvial y residual), esto debido a que el proyecto presentado como ejemplo, solo contempla la instalación de elementos que permitan evacuar las aguas residuales producidas en el área de influencia.

6.2.3.2.1 Normativa general de instalación

La normativa general de instalación de las redes de saneamiento es relativamente general, conocer la jerarquía de estas redes permite evaluar alternativas de diseño, en ocasiones se deben realizar manijas para desviar acometidas, y esto se hace necesario cuando las profundidades de trazados como el residual no son suficientes. *Véase Tabla 25 Criterios generales de instalación Red de Saneamiento 1 (Fuente: Autores.)Tabla 26 Criterios generales de instalación Red de Saneamiento 2 (Fuente: Autores.)*

Tabla 25 Criterios generales de instalación Red de Saneamiento 1 (Fuente: Autores.)

ÍTEM	NORMATIVA
Normativa a tener en cuenta	**- DECRETO 33 DE 1998 (NSR-98)** "Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente" (Derogado). **DECRETO 926 DE 2010 (NSR-10)** "Por el cual se establecen los requisitos de carácter técnico y científico para construcciones sismo resistentes NSR-10" **(Vigente).** **- (LEY 400 DE 1997**) por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes. - **(NP-005)** EAAB "Concretos y morteros" - **(NS-002)** EAAB "Criterios de diseño estructural para obras hidráulicas" - **(NS-090)** EAAB "Protección de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado" - (**NS-10)** EAAB "Requisitos para la elaboración y presentación de estudios geotécnicos" - Según condiciones del proyecto. (Estudio de geotecnia)
Tipo de tubería	- **(NS-123)** EAAB "Criterios para selección de materiales de tuberías para redes de acueducto y alcantarillado". - **(NP-027)** EAAB "Tuberías de alcantarillado"
Diseño	- **(NS-085)** EAAB "Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado". - **(NS-122)** EAAB "Aspectos técnicos para diseño y construcción de subdrenajes"
Profundidades Máximas y mínimas.	-**(RAS 2000)** RESOLUCIÓN 1096 DE 2000 "Reglamento Técnico Del Sector De. Agua Potable Y. Saneamiento Básico"
Tipo de cimentación	- **(NS-035)** EAAB "Requerimientos para la cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado" - **(NS-040)** EAAB "Rellenos"
Anchos de zanja	- **(NS-019)** EAAB "Excavaciones en zanja"
Distancias a otras redes	-**(RAS 2000)** RESOLUCIÓN 1096 DE 2000 "Reglamento Técnico Del Sector De. Agua Potable Y. Saneamiento Básico"
Diseño de empalme	-**(NS-060)** EAAB "Criterios de diseño de anclajes en redes de acueducto y alcantarillado".
Profundidades máximas y mínimas	-**(RAS 2000)** RESOLUCIÓN 1096 DE 2000 "Reglamento técnico del sector de agua potable y. saneamiento básico"

Tabla 26 Criterios generales de instalación Red de Saneamiento 2 (Fuente: Autores.)

ÍTEM	NORMATIVA
Sumideros	**-(NS-035)** EAAB “Requerimientos para la cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado”. **-(NS-047)** EAAB “Normas de diseño de sumideros”. **-(NP-023)** EAAB “Rejillas y tapas para sumideros”. -(**NP-005)** EAAB “Materiales de construcción: concretos y morteros”. **-(EC-302)** EAAB "Especificación Técnica de Construcción de Sumideros".
Pozos de inspección	**-(NS-029)** EAAB "Normas de Diseño de Pozos de Inspección" **-(NP-024)** EAAB "Normas de diseño de Tapas, Arotapas y Arobases para pozos de inspección". **-(EC-301)** EAAB "Especificación Técnica de Construcción de Pozos de Inspección".
Topografía	**-(NS-030)** EAAB “Lineamientos para trabajos topográficos”.
Memorias Técnicas Estructurales	**-(NS-002)** EAAB “Criterios de Diseño Estructural”. **-(NS-012)** EAAB “Aspectos técnicos para cruces y detección de interferencias en construcción de sistemas de acueducto y alcantarillado. **-(NS-060)** EAAB “Criterios de diseño de anclajes en redes de acueducto y alcantarillado”.
Geotecnia	**-(NS-010)** EAAB “Requisitos para la elaboración y presentación de estudios geotécnicos”. **-(NS-019)** EAAB “Excavaciones”. **-(NS-020)** EAAB “Desmonte, limpieza, demoliciones y traslado de estructuras”. **-(NS-072)** EAAB “Entibados y tablestacados”. **-(NS-076)** EAAB “Requerimientos para diseño y construcción de obras de protección de taludes”. **-(NS-088)** EAAB “Criterios para la utilización de geotextiles”.

6.2.3.2.2 Detalle estructura de instalación general metodología zanja

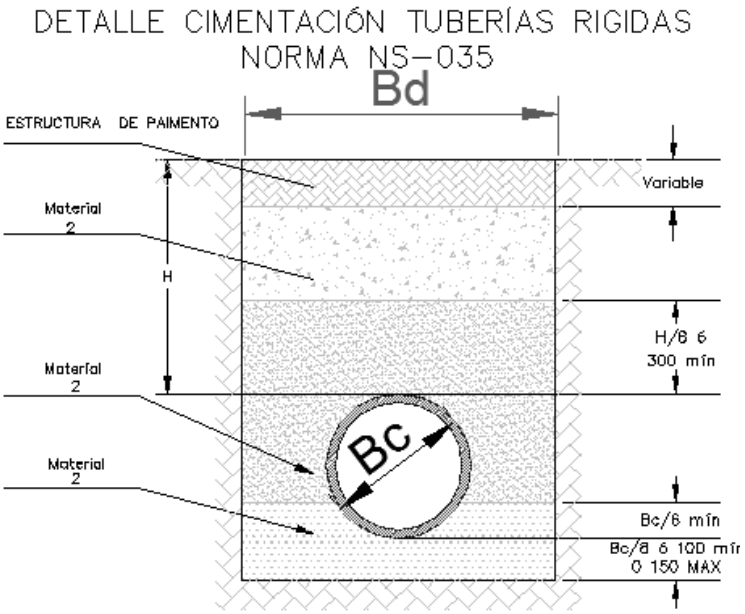


Ilustración 19 Detalle de cimentación Tuberías Rígidas. (EAAB, 2004)

6.2.3.2.3 Procedimiento de Instalación de tubería

Según, Manual Técnico Tubo-sistemas para alcantarillado NOVAFORT (PAVCO, 2014)

- **Transporte y manipulación.**

Cuando se trata de tuberías en PVC, es prudente cerciorarse que esta sea asegurada por medio de correas en lona, y no en materiales metálicos pues tos pueden causar deterioro a la misma; en cuanto a disposición y almacenamiento es necesario tener en cuenta que si la tubería se va a almacenar a la intemperie el tiempo de almacenamiento no debe ser superior a un mes, si este es mayor debe acopiarse en un lugar cubierto, durante su manipulación para la instalación, esta debe ser tratada con cuidado, no debe dejarse caer, es necesario que en su

transporte se utilicen amarres que permitan sostenerla, evitando la probabilidad de caída.

- **Preparación de la excavación**

Es necesario garantizar la seguridad del personal encargado de la instalación de la tubería. No se debe tener mayor excavación a la que se requiera para instalar la tubería correspondiente al día de trabajo. Se deberá colocar la tubería en un costado de la excavación, el cual estará opuesto al costado donde se disponga el material procedente de la misma.

- **Excavación**

El ancho de la zanja debe ser suficiente para garantizar un área de trabajo adecuada, para el personal. El ancho dependerá del diámetro de la tubería instalar, se recomienda que este ancho sea como mínimo el diámetro exterior más 0.30 m. Según el tipo de terreno y la profundidad de la excavación deben evaluarse las medidas de protección requerida en las paredes de la zanja, previendo que estas actividades no impidan la ejecución de la instalación. La profundidad de la excavación se determinará según las necesidades del proyecto y los criterios establecidos en la normativa vigente, se recomienda que como mínimo esta sea de 1.00 m, dadas las condiciones de carga que sufrirá el sistema.

- **Preparación de la cama.**

La excavación debe nivelarse de manera tal se está permita mantener las condiciones esperadas en cuando a profundidad y pendiente, contempladas en el diseño. Debe retirase el material rocoso y punzante que pueda existir en la zanja. Debe dejarse libre el espacio de empalme, para permitir el ensamble de uniones y/o campanas, un encamado puede variar de 0.10 m a 0.15.

- **Cimentación.**

Para el primer relleno (Atraque) generalmente se utiliza el mismo material usado en la cama, su función será la de mantener la tubería alineada y nivelada, este debe compactarse de manera manual con pisones de mano, se hará lo mismo con los materiales definidos hasta alcanzar un recubrimiento de por lo menos 0.30 m sobre la cota clave de la tubería; posteriormente los materiales de relleno serán instalados en capas de 0.15 m a 0.20 m, según las especificaciones contempladas en el diseño, verificando el grado de compactación.

- **Ensamble de la campana y/o unión**

Limpieza y lubricación.

*Limpie con un paño limpio y seco el interior de la campana y/o unión y el empaque (hidrosello), realice la operación con el espigo.
*Aplique lubricante generosamente en la campana y/o unión y el empaque.

Alineación.

*Alinee el tubo a instalar con la campana y/o unión, se recomienda usar un apoyo en madera para facilitar el deslizamiento de la tubería para el empalme.

Ensamble.

*Una vez rectificadas las condiciones de nivel y alineación de la tubería, ejerza presión de empuje constante sobre el extremo opuesto a la campana, esto hasta el límite indicado. Para tuberías de diámetro superior a 38” es recomendado iniciar el ensamble en la parte baja de la tubería e ir subiendo para que la tubería no se desalinee.
Cuando se encuentre algún tipo de fricción que impida el ensamble debe revisarse la nivelación de la cama, pues esta puede tener un sobresalto imperceptible a simple vista.

- **Instalación de sillas Tee y Yee**

La instalación de sillas Tee y Yee, se realiza para realizar conexiones directamente a la tubería.

Sillas Click Inserta Tee.

Se realiza un perforación perpendicular con un taladro con copa sierra, posteriormente se realiza la limpieza y lubricación del empaque para insertarlo en la abertura, luego se bajan las palancas revisando que el empaque sobresalga de la parte interior de la abertura, consecutivamente ensamble la tubería.

Sillas Yee

Demarque con un marcador el contorno del empaque sobre el punto de instalación en la tubería, posteriormente realice la perforación correspondiente utilizando un villamarquín, ayudándose con un serrucho termine la perforación del contorno del empaque, realice la remoción de material necesaria para que la superficie quede lisa, ubique el caucho en la posición marcada, instale la silla Yee sobre el empaque, verificando su coincidencia, instale ala abrazadera y ajuste hasta el límite de prense indicado.

6.2.3.2.4 Generalidades Sumideros

La construcción de la cámara o caja para el sumidero, consistente en una placa de base en concreto reforzado impermeabilizado integralmente, paredes en concreto o en ladrillo con pañete interior impermeabilizado, placas superiores en concreto reforzado impermeabilizado integralmente y todos los detalles que sean necesarios para el correcto funcionamiento del sumidero de acuerdo con los planos.

Los Sumideros Laterales o Longitudinales (SL). Los sumideros longitudinales, son sumideros que la EAAB clasifica de acuerdo a su longitud de captación; estos se

clasifican de la siguiente manera: SL - 100, SL - 150, SL - 200, SL – 250. El número que acompaña las letras, corresponde a la longitud del sumidero en cm. (Prada F., 2009) véase *Ilustración 20 Detalle sumidero tipo SL-100*

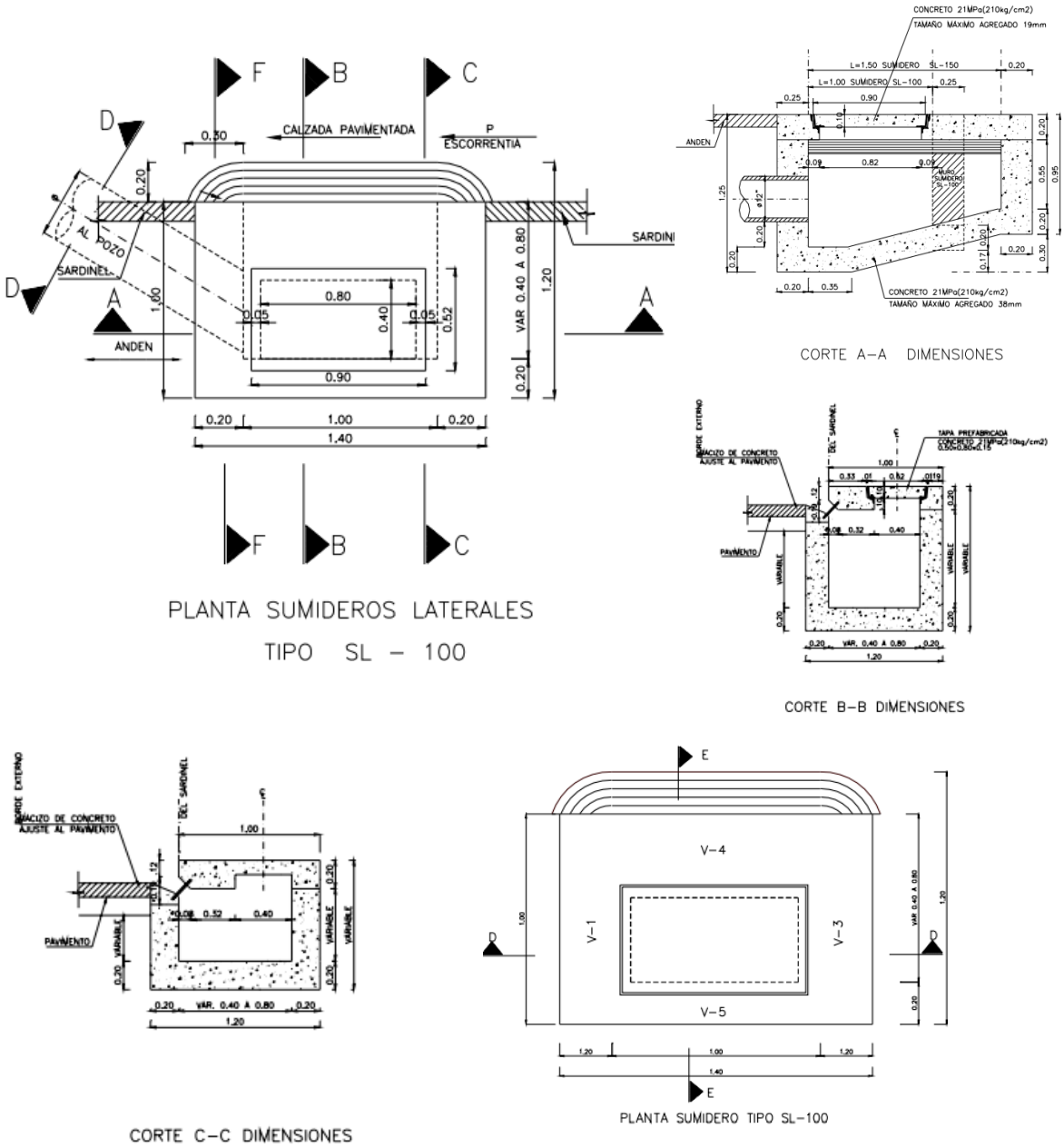


Ilustración 20 Detalle sumidero tipo SL-100 (EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá., 2002)

6.2.3.2.5 Generalidades pozos de inspección

Se entiende como pozo de inspección la estructura con forma cilíndrica con acceso superior concéntrico, dotada de tapa removible que permita el acceso a las tuberías desde la superficie para su inspección o mantenimiento, de acuerdo con mostrado en los planos suministrados por la Empresa. (Secretaria de planeación Municipio El Rosal, 2006) Véase *Ilustración 21 Pozo de inspección con reducción cónica*: e *Ilustración 22 Pozo de inspección en mampostería sin reducción cónica*

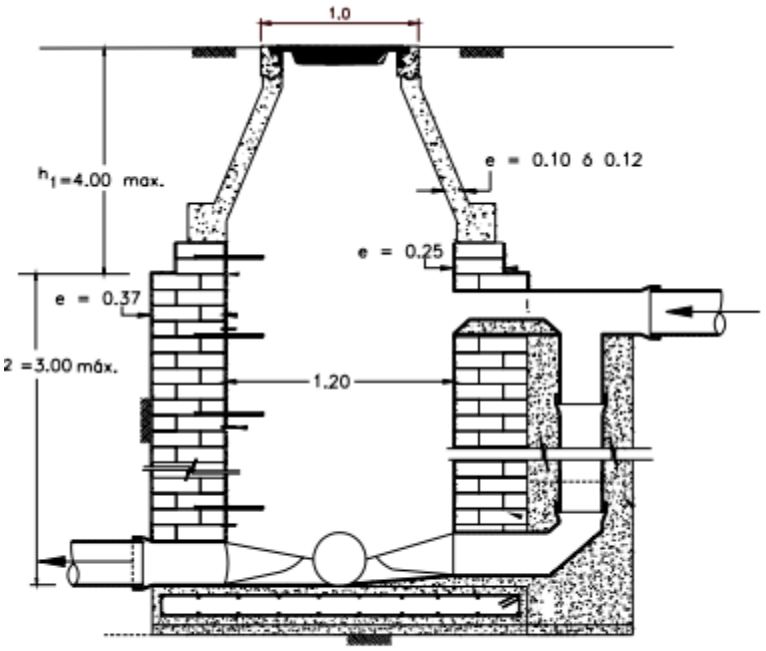
Los pozos serán construidos cada vez que se presente cualquiera de las siguientes situaciones:

- Al inicio de un tramo (así no existan colectores que lleguen a él)
- Cada 80 - 120 m.
- Cambio de direcciones.
- Cambio de pendiente.
- Intersección de tuberías.
- Cambio en los diámetros de la tubería.
- Cambio de material de la tubería.
- En conexiones domiciliarias de conjuntos residenciales, según la norma "**(NS-068)** EAAB Conexiones domiciliarias de alcantarillado".

Se considera que el pozo de inspección está dividido en las siguientes partes:

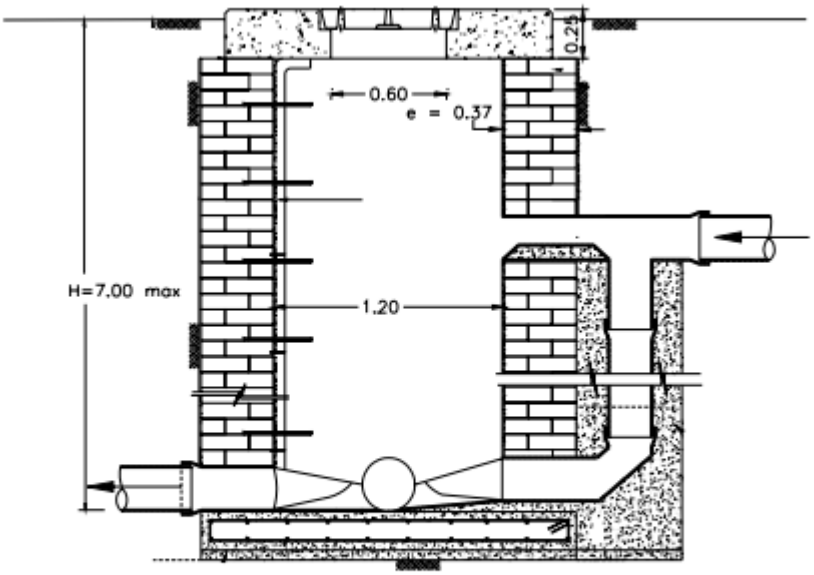
- Placa de fondo o base
- Cilindro o cuerpo del pozo
- Cono de Reducción (cuando aplique)
- Cubierta y acceso

El diámetro interno de la parte Cilíndrica de los pozos de inspección debe ser siempre de 1,20 m.



POZO CON REDUCCIÓN CÓNICA
Aplicación: Pavimentos Rigidos (Vías Diferentes a Transmilenio) y Pavimentos Flexibles

Ilustración 21 Pozo de inspección con reducción cónica: (EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2006)



POZO CILÍNDRICO EN MAMPOSTERÍA
Aplicación: Pavimentos Rigidos
Solo Vías Transmilenio

Nota: Sín Escala, Ilustrativo

Ilustración 22 Pozo de inspección en mampostería sin reducción cónica (EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2006)

6.2.3.3 Normatividad Red de suministro de Gas Natural.

En este aparte se presentaran las condiciones generales de instalación de redes de distribución, con el fin de posteriormente dimensionar los costos de construcción, mantenimiento y reparación, de la misma.

6.2.3.3.1 Normativa general de instalación

A continuación en la Tabla 27 Criterios generales de instalación Red de Distribución Gas Natural se hace una síntesis de las normas vigentes para la red de Gas Natural

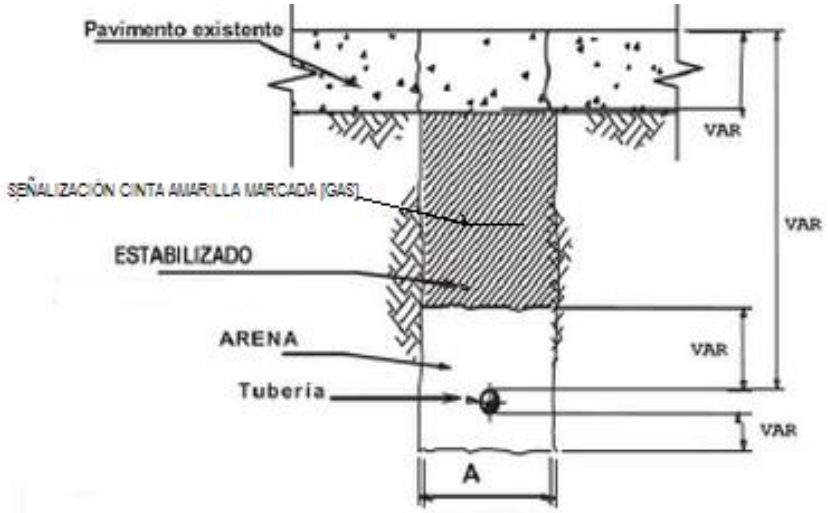
Tabla 27 Criterios generales de instalación Red de Distribución Gas Natural

ÍTEM	NORMATIVA	
Normativa a tener en cuenta	**NTC 1746** "Plásticos. Tubos y accesorios termoplásticos para conducción de gases a presión" **NTC 2505** "Instalaciones para suministro de gas combustibles destinadas a usos residenciales y comerciales" **NTC 3944** "Tubería rígida de cobre sin costura. Tamaños normalizados" **NTC 3409** "Plásticos. accesorios de polietileno (PE) para unión por fusión a tope con tubería de polietileno" **NTC 3358** "Determinación de las dimensiones de tubos y accesorios termoplástico" **NTC 3742** "Práctica normalizada para instalación subterránea de tubos termoplásticos de presión" **NTC 2249** "Tubería metálica. tubos de acero al carbono con o sin costura para usos comunes, aptos para ser roscados" **NTC 4128** "Tubería flexible de cobre sin costuras para gas natural y gases licuados del petróleo"	
Tipo de tubería	***Redes Primarias en Acero*** *Profundidad mín. No inferior a 1 m.* **NTC 3470** "Tubos de acero soldados y sin costura, negros y recubiertos de cinc por inmersión en caliente" **ATSM A106** "Tubos de acero en carbono sin costura para servicio de alta temperatura" **ATSM A139** "Especificación estándar para fusión eléctrica (Arco) - acero soldado de tuberías (NPS 4 y encima del travesaño)" **ATSM A333** "Especificación estándar para tubos de acero con y sin costura para servicio a baja temperatura y otras aplicaciones con obligatorio dureza" **ATSM A671** "Especificación estándar para Electric-Fusión-soldada tubos de acero para la atmosférica y temperaturas más bajas" **ATSM A672** "Especificación estándar para Electric-Fusión-acero soldado de tuberías para servicio de alta presión a temperaturas moderadas.	***Redes Secundarias en Polietileno*** *Profundidad mín. No inferior a 0.6 m en vías vehiculares; en andenes y zonas verdes no inferior a 0.5 m, así mismo para acometidas.* **NTC 1746** "Plásticos. Tubos y accesorios termoplásticos para conducción de gases a presión" **ISO 4437** "Sistemas de tuberías de plástico para el suministro de combustibles gaseosos - Polietileno (PE)"

6.2.3.3.2 Detalle estructura de instalación general metodología zanja

A continuación en *Tabla 28 Detalle estructural instalación tubería Red Gas Natural* se muestra las proporciones de instalación.

Tabla 28 Detalle estructural instalación tubería Red Gas Natural



6.2.3.3.3 Criterios empleados en la instalación.

Se tratara el tema en análisis de precios unitarios (APU), desde el punto de vista de reparación realizada, dado que generalmente la temática correspondiente al servicio de Gas natural es tratada por la empresa Gas Natural S.A. ESP.

6.2.3.3.4 Procedimiento de Instalación de tubería polietileno

- **Transporte.**

Siempre debe verificarse que la superficie sobre que se apoyará la Tubería sea lisa y libre de elementos que puedan causar abrasión o ralladuras a la Tubería (Evite: superficies rugosas, puntillas, latas, etc.). Es importante recordar que esta tubería es muy sensible al calor, debe evitase cualquier situación que la deteriore, en este

contexto cuando una accesorio o tubería que presente una abrasión que supere el 10% del espesor de la misma, debe ser rechazada, no debe olvidarse utilizar los accesorios definidos para el transporte de rollos de tubería.

- **Almacenamiento.**

Dadas las condiciones del material es importante no almacenarla a la intemperie, de ser necesario su almacenamiento a la intemperie es necesario protegerla con polietileno blanco; es importante almacenarla de manera horizontal nivelada.

- **Rotura.**

Al intervenir una zona sea vehicular o peatonal, debe realizarse un corte del ancho de la zanja o mayor si se amerita, con una cortadora, para evitar ampliar la intervención y generar fisuras en la misma, esta no será inferior a 0.05 en andenes y 0.006 m en vías.

- **Excavaciones.**

La instalación de la tubería puede hacerse por método convencional a cielo abierto o por perforaciones neumáticas o dirigidas.

- *Excavación*

Generalmente de tipo manual, sin embargo puede evaluarse la necesidad de realizarlo de manera mecánica, los tramos de excavación sin confinarse no deben superar 200 m en vías vehiculares y 10 en zonas verdes y andenes.

Las paredes de dicha excavación deben ser verticales, el fondo debe estar libre de cualquier material corto-punzante, cuando el fondo no sea el adecuado debe instalarse una capa de 0.10 m de arena de peña que servirá como cama de la tubería, además se debe verificar que el asiento de la tubería no contenga

solventes, ácidos, aceites minerales, alquitrán, ni solución para el revelado de fotografía, pues estos materiales reaccionan con el material de la tubería generando deterioro.

En la Tabla 29 Excavaciones recomendadas Instalación de Tubería Polietileno - Red Gas Natural (Fuente: *Autores*.) , se expresan las características de la zanja de excavación en relación con el diámetro de la tubería.

Tabla 29 Excavaciones recomendadas Instalación de Tubería Polietileno - Red Gas Natural (Fuente: Autores.)

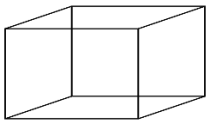
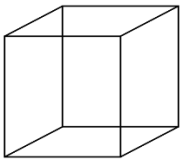
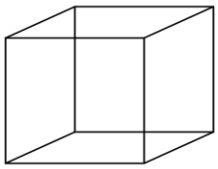
EXCAVACIONES RECOMENDADAS		
Diámetro tubería (Pulg.)	**Ancho de la zanja (CM)**	**Profundidad de la Zanja (CM)**
12” a 8”	60	70
6” a 4”	40	70
< 4”	20	60

- *Perforación Neumática*

Utiliza un dispositivo percutor, llamado misil, este comprime el suelo dejando una cavidad por la que se instala la tubería. Es recomendado para realizar instalaciones en calzada o lugares de alto tráfico, puesto que al ser subterránea no obliga a cerrar el paso ahorrando la excavación; debe tenerse encuentra que es necesario poseer un catastro de redes exacto, para evitar intervenciones a ellos.

Se utilizara en distancias cortas y en línea corta. Debe realizarse la excavación de una cajilla donde se ubicara el equipo, véase *Tabla 30 Dimensiones de excavación para cajas de misil percutor Red Gas Natural (Fuente: Autores.)*

Tabla 30 Dimensiones de excavación para cajas de misil percutor Red Gas Natural (Fuente: Autores.)

DIMENSIONES DE EXCAVACIÓN PARA CAJAS DE MISIL PERCUTOR		
Andenes	**Cruces de Vía Tubería 2”**	**Cruces de Vía Tubería 3” y 4”**
		
Ancho: *1,00 m.* ***Largo:*** *0,30 m.* ***Profundidad:*** *0,60 m.*	***Ancho:*** *1,00 m.* ***Largo:*** *0,70 m.* ***Profundidad:*** *1,20 m.*	***Ancho:*** *1,00 m.* ***Largo:*** *1,00 m.* ***Profundidad:*** *1,20 m.*

- *Perforación Dirigida*

Similar a la perforación neumática, por lo general se utiliza en vías vehiculares, permite perforación horizontal y vertical, en tramos relativamente largos.

- **Rellenos**

Será el indicado, en algunos casos puede utilizarse material proveniente de la excavación, la compactación se recomienda de tipo manual en las primeras capas, a 0.20 de la cota lomo dela tubería debe instalarse una cinta de señalización amarilla, marcada con la palabra GAS, el acabado será el encontrado una vez se comience la intervención.

- **Recomendaciones**

Cuando se instale una tubería de gas se debe tener en cuenta que esta debe estar como mínimo 0.20 cm por encima de cualquier otra, además cuando la distancia de la cota lomo es menor a lo especificado, se deben realizar obras de recubrimiento de la misma para garantizar las cualidades de la distribución, entre estas obras se pueden contar los cárcamos y los ductos o camisas, o cárcamos son recubrimientos en concreto.

- **Uniones**

Existen dos métodos para unir Tuberías de Polietileno, estos son:

- *Termo fusión.* Se utiliza una plancha calentadora para producir la plastificación del material, luego se retira dicha herramienta y se unen los extremos aplicando una presión adecuada al tipo de unión que estemos realizando.

- *Electro fusión.* Siempre se realiza con un accesorio, que tiene incorporada una resistencia. Este accesorio se conecta mediante dos bornes a una máquina

que le suministra una tensión, que da origen a la circulación de corriente eléctrica a través de la resistencia.

Tipo de uniones.

"*1. Unión a tope: se realiza cuando se enfrentan los extremos a unir. Se puede realizar tanto entre tubos como entre tubo y accesorio.*

2. *Unión a Socket: Se efectúa entre un extremo a unir macho (tubo) y otro hembra (accesorio).*

3. *Unión con silla: Se utiliza para realizar derivaciones (ramales) y acometidas."* (PAVCO, 2014).

6.2.3.4 Normatividad Red eléctrica.

En este aparte se presentaran las condiciones generales de instalación de redes de distribución subterráneas, con el fin de posteriormente dimensionar tenerse los costos de construcción, mantenimiento y reparación, de la misma; debe en cuenta que este es un breve aparte normativo, que suministra información básica para realizar canalizaciones de esta red, necesarias para abastecer un proyecto residencial de este tipo.

6.2.3.4.1 Normativa general de instalación

En este aparte se mencionara la normativa de canalización correspondiente a la red de distribución eléctrica, véase *Tabla 31 Normativa general de instalación Red Eléctrica (Fuente: Autores.)*

Tabla 31 Normativa general de instalación Red Eléctrica (Fuente: Autores.)

ÍTEM	NORMATIVA
Normativa a tener en cuenta	**- NTC 2050** "Código eléctrico colombiano". **- Resolución 033 de Enero 26 de 2001** "Por la cual se adoptan las normas técnicas para el diseño y construcción de las canalizaciones o cárcamos y para la preparación y aprobación de programas de subterranización de redes de servicios públicos en el espacio público de Bogotá, Distrito Capital". **- Decreto 619 de 2000** "Por el cual se adopta el Plan de Ordenamiento Territorial para Santa Fe de Bogotá, Distrito Capital.". **- Resolución 070 de Junio 8 de 1998** "Por la cual se establece el Reglamento de Distribución de Energía Eléctrica, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.". **- Ley 142 de 1994** "Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.". **- Resolución 18 0398 de 2004** "Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE", que fija las condiciones técnicas que garanticen la seguridad en los procesos de generación, trasmisión, transformación y distribución y utilización de la energía eléctrica."
Tipo de tubería	PVC TDP (Corrugado doble pared) **CS200** Características de ductos corrugados de PVC.
Diseño	**CS203** Construcción de canalizaciones eléctricas **CS204** Selección del diámetro de ducto **CS205** Llegada de ductos a cajas **CS206** Resumen de ductos y canalizaciones
Tipo de cimentación	Excavación de fondo libre de superficie corto-punzante, la profundidad generalmente es de 0.60 m de la cota clave de la última hilera de ductería.
Anchos de zanja	Los ductos entre sí deben tener arena como método de protección entre sí. **CS206** Resumen de ductos y canalizaciones, Variables según la composición de la ductería a instalar.
Distancias a otras redes	Los conductores, tubería y cualquier punto eléctrico de la acometida subterránea deberán mantener una distancia mínima de 20 cm a cualquier tubería o punto de conexión de los servicios de agua y/o gas. Si esta distancia no puede mantenerse se deberán separar en forma efectiva las instalaciones a través de una hilera cerrada de ladrillos u otro material dieléctrico, resistente al fuego y al arco eléctrico, mal conductor de calor y con un espesor mínimo de 5 cm.

6.2.3.4.2 Detalle estructura general de instalación general metodología zanja

Para instalar la red eléctrica existen diferentes diseños dependiendo de los criterios iniciales véanse la *Ilustración 23 Detalle estructura general de instalación general*

metodología zanja para canalizaciones eléctricas , *Ilustración 24 Detalles ductos, zanjas y rellenos. 9 ductos diámetro Ø 4" (1)* y la *Ilustración 25 Detalles ductos, zanjas y rellenos. 9 ductos diámetro Ø 4" (2)*

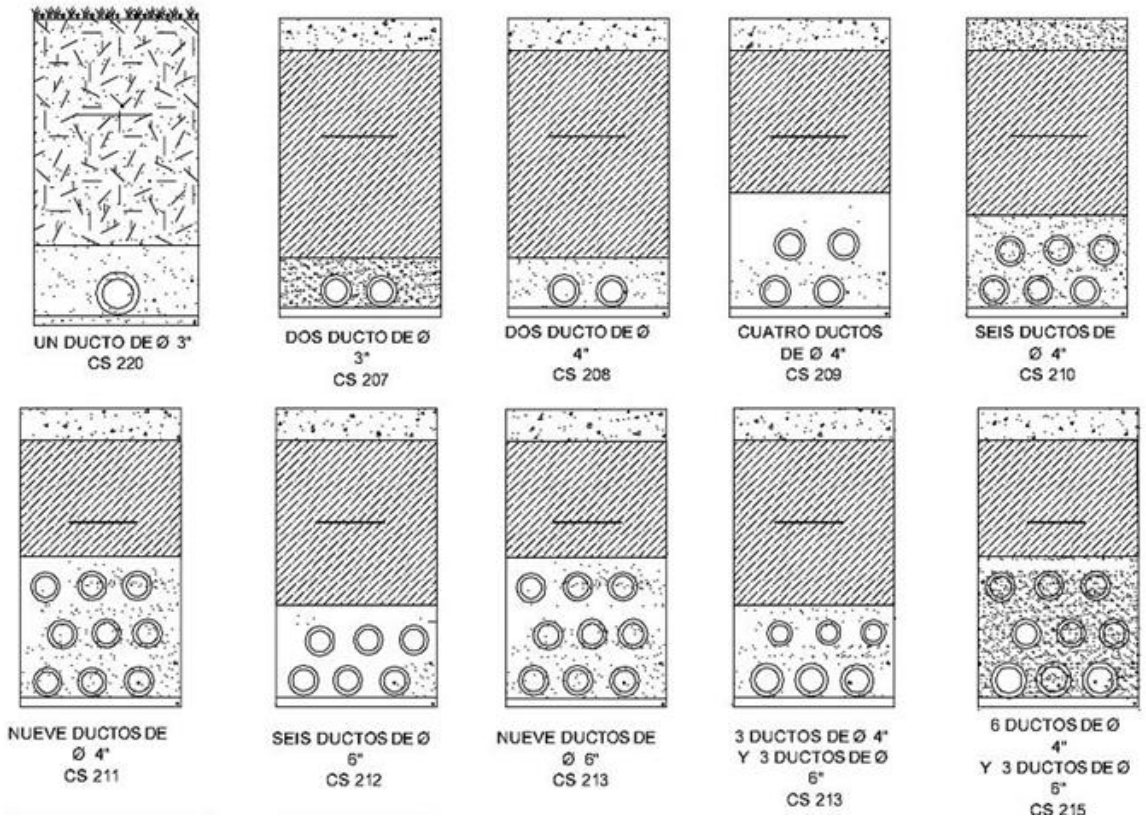


Ilustración 23 Detalle estructura general de instalación general metodología zanja para canalizaciones eléctricas (Linkinormas, 2003)

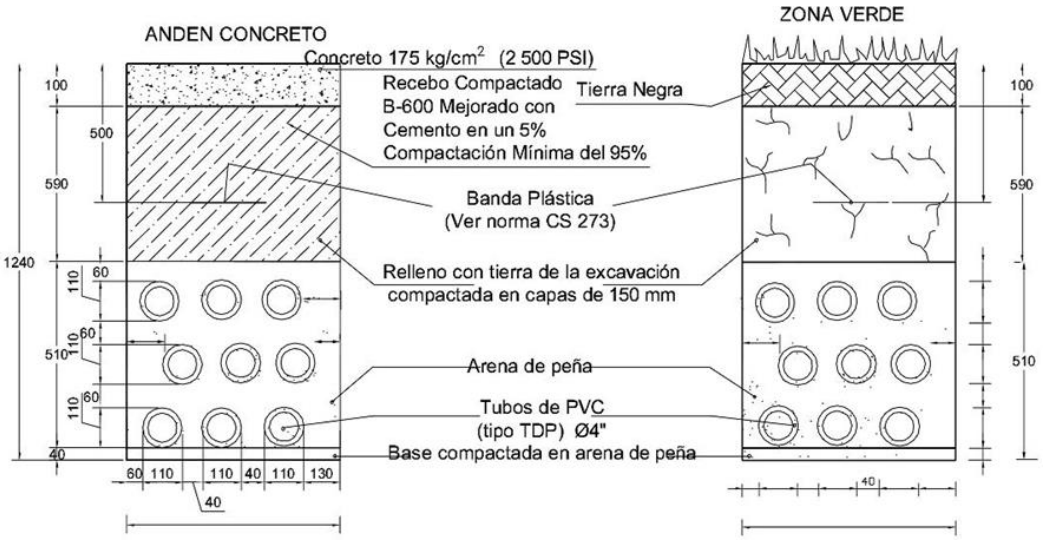


Ilustración 24 Detalles ductos, zanjas y rellenos. 9 ductos diámetro Ø 4" (1) (Linkinormas, 2003)

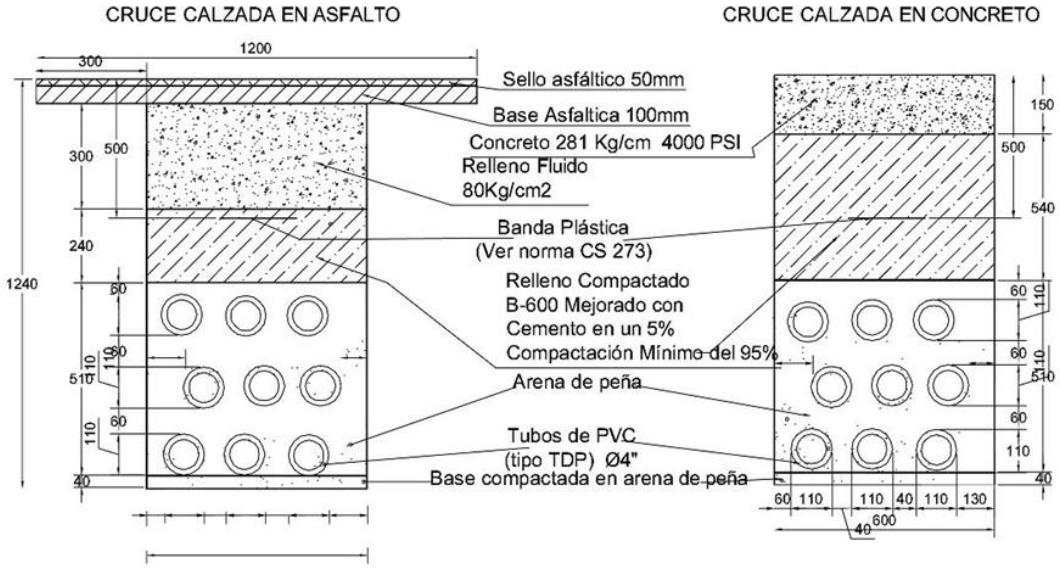


Ilustración 25 Detalles ductos, zanjas y rellenos. 9 ductos diámetro Ø 4" (2) (Linkinormas, 2003)

Además se pueden agregar ductos del tipo PVC liso inferiores a 3" para realizar conexiones a puntos de alumbrado público, puede utilizarse relleno con material seleccionado proveniente de la excavación.

6.2.3.4.3 Detalle general tubería corrugados de PVC

En la *Ilustración 26 Detalle general tubería corrugados de PVC* , se muestran las características físicas de las tuberías PVC corrugadas.

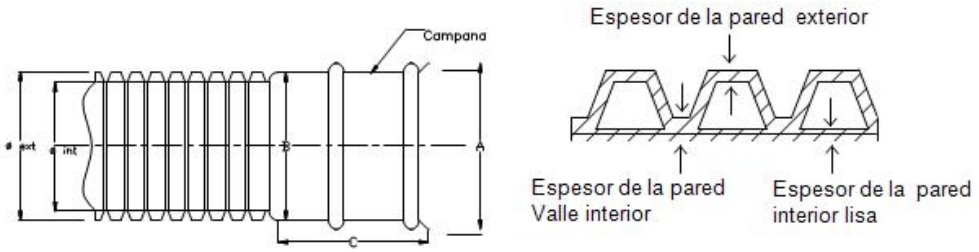


Ilustración 26 Detalle general tubería corrugados de PVC (Linkinormas, 2010)

6.2.3.4.4 Detalle de llegada de ductos a cajas de inspección

A continuación se muestra la llegada de los ductos a las cajas de inspección corte longitudinal, véase Ilustración 27 Detalle de llegada de ductos a cajas de inspección

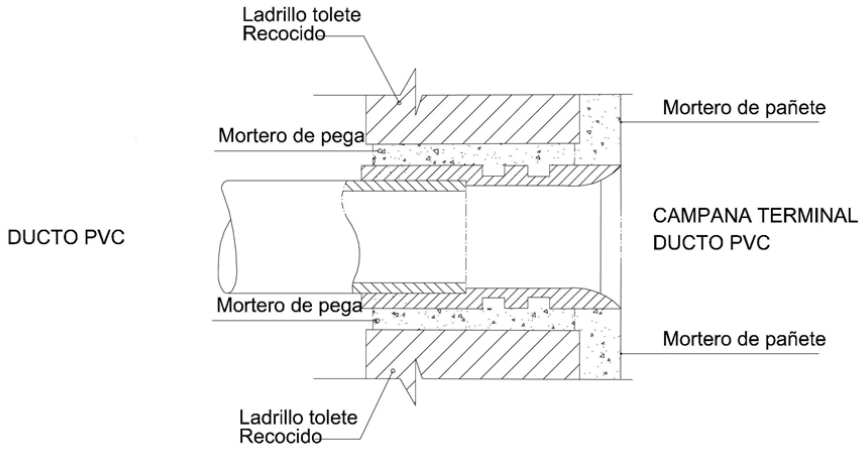


Ilustración 27 Detalle de llegada de ductos a cajas de inspección

6.2.3.4.5 Detalle general caja de inspección

A continuación se muestra la llegada de los ductos a las cajas de inspección, véase Ilustración *28 CS275 Caja de inspección sencilla para canalización de M.T. y B.T.* Ilustración 27 Detalle de llegada de ductos a cajas de inspección

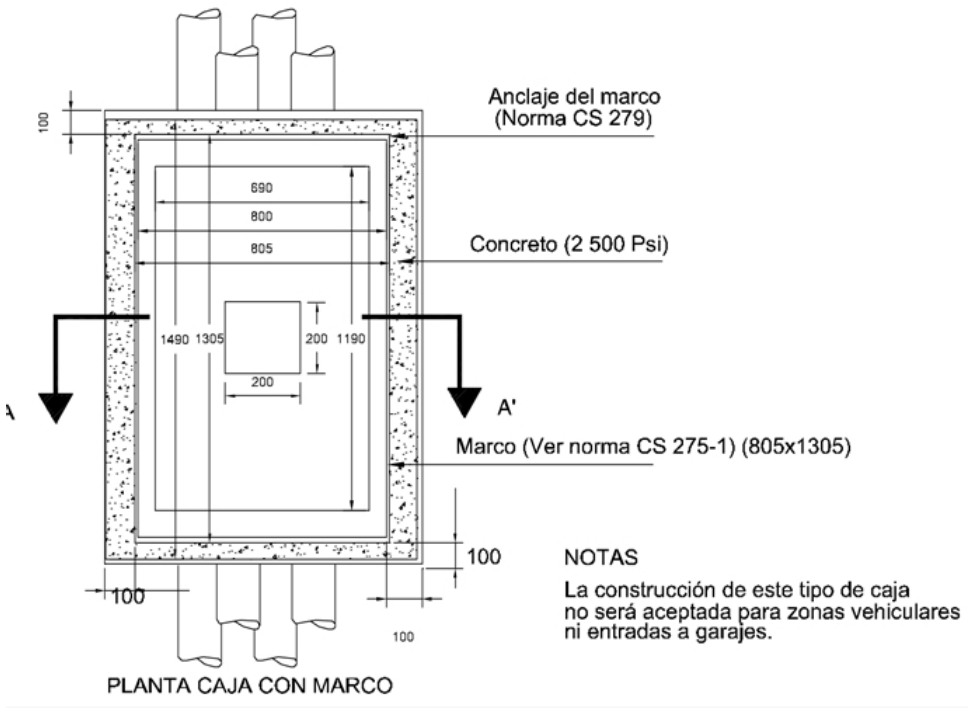


Ilustración 28 CS275 Caja de inspección sencilla para canalización de M.T. y B.T. (Linkinormas, 2010)

A continuación se muestra la llegada de los ductos a las cajas de inspección, véase *Ilustración 29 CS276 Caja de inspección doble para canalización de M.T. y B.T.*

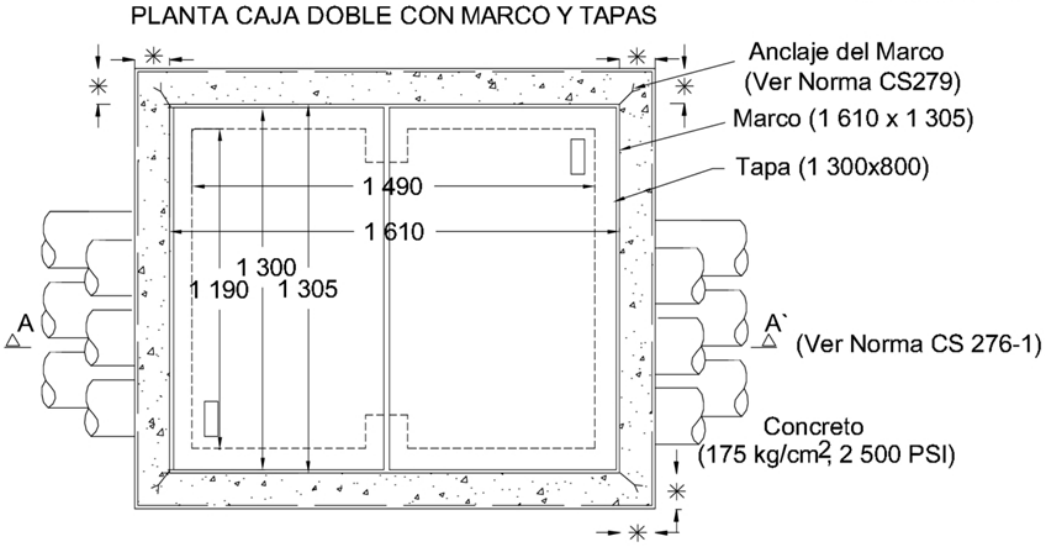


Ilustración 29 CS276 Caja de inspección doble para canalización de M.T. y B.T. (Linkinormas, 2010)

6.2.3.4.6 Criterios empleados en la instalación.

Instalación de ductería de tipo PVC TDP [9 ductos] de diámetro 4”, adicionalmente 3 ductos de 3” del tipo liso PVC, construcción de cajas CS276 (Cant.8) del tipo doble y CS275 (Cant.16) del tipo sencilla, según especificaciones *Véase Ilustración 28 CS275 Caja de inspección sencilla para canalización de M.T. y B.T. y Véase Ilustración 29 CS276 Caja de inspección doble para canalización de M.T. y B.T. .*

6.2.3.4.7 Procedimiento de Instalación de tubería

- **Transporte**

No debe ser arrastrada, puede deteriorarse, no se debe apilar tubería a más de 1,5 m, debe almacenarse de manera tal que las campanas estén una y otra contraria para evitar cualquier deterioro. No debe almacenarse a la intemperie.

- **Excavaciones**

El fondo de la zanja debe estar liso con la pendiente correcta hacia una de las cámaras y libre de piedras (preferiblemente colocar una cama de arena de 5 cm).

- **Rellenos**

El relleno debe estar libre de piedras y apisonarse firmemente alrededor del Ducto para así desarrollar el máximo de soporte. No se recomienda apisonar directamente sobre el ducto, la compactación en las primeras capas debe ser de tipo manual, no debe olvidarse colocar una cinta plástica justo en el centro de la excavación que señale la existencia de la conexión, esto a 0.30 m de la cota lomo del ducto más superficial. Cuando la zanja presenta irregularidades de tipo rocoso, es necesario nivelar con una capa de recebo y usar también recebo como material de relleno, compactándolo en capas sucesivas de 10 cm máximo, hasta obtener la altura y nivel deseados.

"*Para la colocación de los Ductos tender una hilera a la vez, manteniendo una separación aproximada de 2.5 cm entre tubos y rellenar por capas de 10 cm hilada por hilada con material libre de piedras que puede ser del mismo extraído de la zanja o de recebo. La profundidad mínima de instalación de los Ductos debe ser de 60 cm entre cota clave de la última hilera de Ductos y el nivel de rasante."* (PAVCO, 2015)

6.2.3.5 Normatividad red de telefonía.

El proceso de construcción de redes telefónicas se puede dividir en dos grandes actividades: en primer lugar las canalizaciones y demás obras civiles externas y en segundo lugar, la construcción de las redes, es decir, lo referente a la instalación de cables y alambrado. (Construdata, 2005)

6.2.3.5.1 Normativa general de instalación

La siguiente tabla muestra las leyes y su relación con la normatividad en la red telefonía.

Tabla 32 Normatividad de construcción de la red telefónica

ÍTEM	NORMATIVA
Normativa a tener en cuenta	**- Ley 142 de 1994** "Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.".
Tipo de tubería	PVC TDP (Corrugado doble pared) Especificaciones técnicas para la construcción de canalizaciones telefónicas – ETB.
Diseño Tipo de cimentación	Excavación de fondo libre de superficie corto-punzante, la profundidad generalmente es de 0.60 m de la cota clave de la última hilera de ductería.
Anchos de zanja	Los ductos entre sí deben tener arena como método de protección entre sí. Variables según la composición de la ductería a instalar.
Distancias a otras redes	Los conductores, tubería y cualquier punto de la acometida subterránea deberán mantener una distancia mínima de 30 cm a cualquier tubería o punto de conexión de los servicios de agua y/o gas.

Cámaras de inspección	Serán construidas según la especificaciones de cada tipo de caja, con los materiales necesarios

6.2.3.5.2 Detalle estructura de instalación general metodología zanja

A continuación en la *Ilustración 30 Secciones típicas Canalización Telefonía* los métodos más usados para instalar tubería para telefonía.

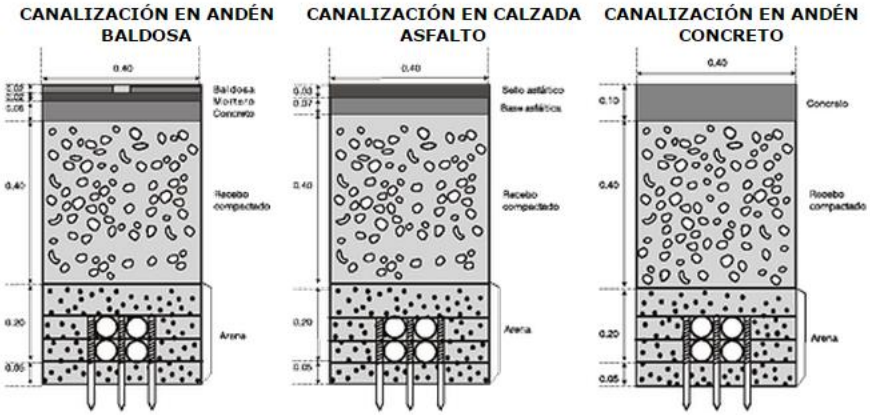
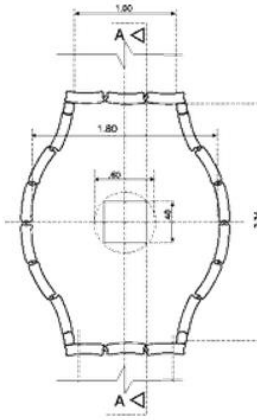
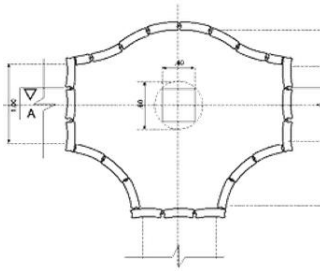


Ilustración 30 Secciones típicas Canalización Telefonía (Construdata, 2006)Detalle cámaras telefónicas ETB

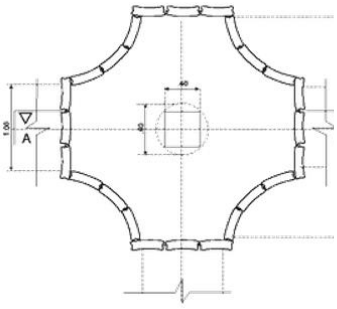
Para diseñar una red se pueden usar diferentes tipos de cámaras en la *Ilustración 31 Dimensiones cámaras telefónicas ETB* se muestran las más comunes y sus dimensiones.



ETB CÁMARA TIPO 13-Planta



ETB CÁMARA TIPO 14-Planta



ETB CÁMARA TIPO 16-Planta

TIPO	SALIDAS	DIMENSIONES / m	EXCA
Cámara tipo 13	Dos	2.34 x 1.80 x 2.29	10
Cámara tipo 14	Tres	2.54 x 2.25 x 2.29	13
Cámara tipo 16	Cuatro	2.54 x 2.54 x 2.29	15

Ilustración 31 Dimensiones cámaras telefónicas ETB (Construdata, 2006)

6.2.3.5.3 Criterios empleados en la instalación

Instalación de ductería de tipo PVC TDP [4 ductos] de diámetro 4”, adicionalmente se construirán cajas de paso sencillas cada 25 metros.

6.2.3.5.4 Procedimiento de Instalación de tubería

La instalación es similar a la tubería para canalización de la red eléctrica. Dado que la tubería utilizada posee las mismas especificaciones *Véase Criterios empleados en la instalación. Red de distribución red eléctrica.*

6.3 Conexiones ilegales en servicios públicos, para la ciudad de Bogotá

Actualmente ninguna de las empresas prestadoras de servicios públicos posee estadísticas que consideren las conexiones ilegales, sin embargo existen indicadores de pérdidas del recurso suministrado, que permiten establecer la diferencia entre recurso producido y recurso facturado.

- **Energía**

La empresa que suministra del servicio de energía eléctrica para la ciudad de Bogotá es CODENSA, esta genera un informe anual donde se relacionan entre otros el índice de perdidas, según el informe “Memoria Anual Codensa 2014”, *“En los últimos cinco años, CODENSA viene realizando diferentes programas con el objetivo de reducir el hurto de energía. Así, la evolución del índice de pérdidas alcanzó una reducción de un 1% entre el 2010 y el 2014, al pasar del 8,19% al 7,19% respectivamente, este resultado se basa en la eficacia de las inversiones realizadas en tecnología de última generación y frentes de trabajo orientados a*

disminuir el hurto y sub-registro de energía." (CODENSA, 2015), estas pérdidas obligatoriamente se convierten en miles de millones, sumados a los capitales invertidos en la ejecución de proyectos políticos de seguimiento y control a hurtos del servicio.

- **Agua Potable**

La empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de Bogotá E.S.P, igualmente presenta un informe de gestión anual, dónde entre otros factores se expone el índice de agua no contabilizada, uno de los indicadores que permite controlar las pérdidas de agua potable en la ciudad, según el "Informe de gestión 2014", "*En pérdidas de agua, a diciembre de 2014, el índice de agua no contabilizada (IANC) con un valor de 34,78% supera el resultado de 34,61% obtenido en 2013. Sin embargo el valor del índice de pérdidas por usuario facturado (IPUF) de 7,13 es igual al obtenido el año anterior. Se registra a nivel de Sistema (Bogotá, Soacha, Gachancipá y Municipios) incremento en el indicador IANC en relación 2013. La desmejora se explica por la menor eficiencia observada en 2014 en el proceso de oferta y demanda de agua. Lo anterior se refleja en el incremento de 13,28 millones en la producción de agua (VP) versus el incremento de 7,81 millones de m3 en el volumen facturado. Lo anterior se refleja en un volumen de pérdidas de 171,97 millones frente a un volumen de 171,93 millones permitido para mantener el resultado del año anterior*." Estos índices de pérdidas se convierten en un dolor de cabeza dada la importancia de este servicio siendo un recurso no renovable, se hace necesario entonces que la empresa continúe emitiendo políticas y programas en pro de la disminución de dicho índice, con lo cual además de la perdida producida la empresa debe invertir más dinero en dichos programas.

7 Capítulo séptimo – Análisis técnico-económico, para el proyecto de intervención de redes

Una vez realizada una revisión bibliográfica meticulosa de todos los aspectos prácticos que se tienen en cuenta para planear, administrar y ejecutar proyectos de índole ingenieril relacionados con la intervención a la infraestructura perteneciente y relacionada a los servicios de carácter público subterráneos, se plantea desarrollar la perspectiva investigativa de este proyecto en el ítem administrativo.

En este contexto para consolidar los objetivos planteados para esta investigación, se proceden a realizar análisis de índole económica, financiera y técnica, para determinar las variables financieras que se tienen en cuenta para estimar el coste de reparación y/o reemplazo de la infraestructura existente en el área de estudio y valorar el costo de uso del equipo Georadar, estableciendo el beneficio obtenido en las etapas de planeación, diseño y ejecución de proyectos de ingeniería, lo cual a su vez permitió establecer una serie de análisis en base a los resultados obtenidos, de esta manera se adquirió un concepto técnico, económico y temporal, presentado en el capítulo de resultados y conclusiones de la presente investigación.

En el primer aparte de este capítulo se tratan los por menores de la metodología de selección del equipo Georadar, explicando de manera simple las directrices empleadas en dicho proceso, esto acompañado de un diagrama de flujo y una base datos presentada por medio de una tabla resumen, generada durante el proceso de elección, consecutivamente en el aparte número dos se presenta un análisis financiero sobre el equipo seleccionado que permite conocer los rendimientos del mismo, además de las consideraciones financieras que aportan pautas para la estimación de los costos de trabajo de dicho equipo, reflejado esto en la tarifa de cobro por hora del mismo y la estimación de la ***amortización*** de este.

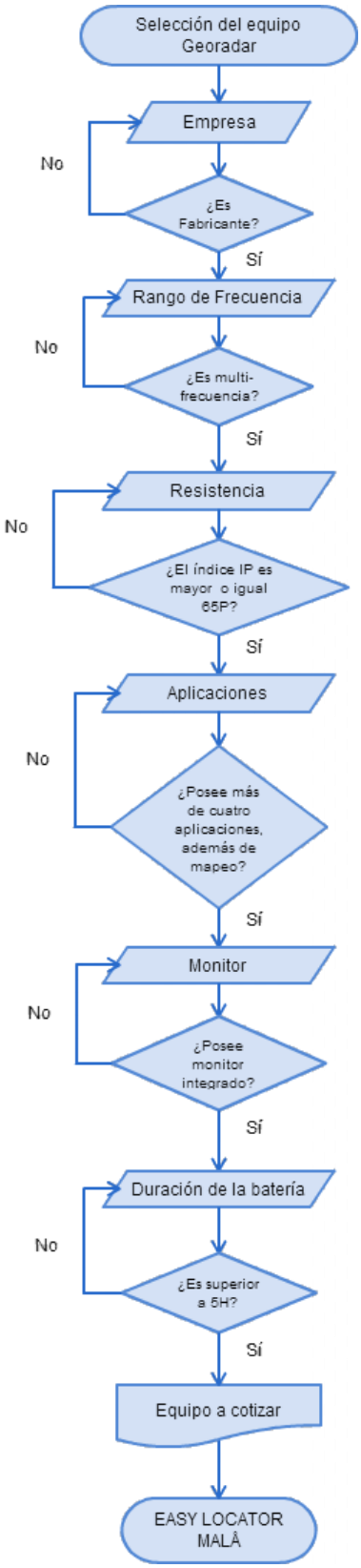
Posteriormente, en el ítem tres de este capítulo se presentan las descripciones técnicas de las actividades propias para la ejecución del proyecto mencionado, dividiendo este proyecto en capítulos según la red de servicio intervenida, en este aparte las actividades son estudiadas desde la perspectiva técnica presentando las necesidades propias del proyecto (Materiales, condiciones de la instalación, longitud del tramo intervenido, infraestructura afectada, entre otras variables), sirviendo de base a los capítulos posteriores, donde se establecerán las condiciones económicas y temporales necesarias para la ejecución de este tipo de proyectos, además en el aparte cuatro se presentan las descripciones técnicas de las actividades propias para la reparación de esta tipología de redes, pues es claro que los proyectos de esta índole generalmente intervienen de manera negativa las redes de servicios adyacentes a este.

7.1 Metodología de selección del equipo Georadar

La selección del equipo se hizo bajo los siguientes criterios:

- Compañía de fabricación: que la organización contará con reconocimiento y confiabilidad, capaz de dar garantía por su producto y que tuviera distribuidores en Colombia o pudiera traer el equipo al país.
- Frecuencia: que pudiera modularse o que el equipo funcionará con diferentes antenas (multi-frecuencia).
- Resistencia Ambiental: que el equipo cumpliera con los estándares de calidad y resistencia de equipos electrónicos en exteriores iguales o mayores a IP65 (resistencia ambienta).
- Versatilidad de usos: que el equipo contara con un rango de aplicaciones y características físicas; que fuese capaz de ser usado para diferentes tareas.
  - También se tuvieron en cuenta las características que facilitaran el uso óptimo y continuo del equipo tales como equipo auxiliar de movilidad, monitor incorporado, duración de la batería.

Diagrama de selección equipo Georadar



Una vez determinados los criterios se evaluaron una serie de equipos de diferentes compañías y características, a continuación se presenta un cuadro comparativo de los equipos en el mercado actual, llegando a la conclusión que el GPR Easy Locator de Mala es el más adecuado para el estudio véase *Tabla 33 Comparación de Equipos GPR en el mercado. (Fuente: Autores.)*

Tabla 33 Comparación de Equipos GPR en el mercado. (Fuente: Autores.)

MARCA	REFERENCIA	FRECUENCIA	USO RECOMENDADO POR FABRICANTE	MONITOR	SOFTWARE/ EXTENCIÓN	IP	BATERIA	OBSERVACIONES
MALÅ	PROEX	25;50;100;200 MHz	TUBERIAS, GEOLOGIA,GEOTECNIA, CAVIDADES Y ROCAS	MALA XV MONITOR	MALÅ GroundVisionTM	IP65	5H	
	X3M	100;250;500;800 MHz	ARQUEOLOGIA, INGENIERIA CIVIL,AMBIENTE,MEDIDAS DE NIEVE, DETECCION Y MAPEO	MALA XV MONITOR	MALÅ GroundVision 2	IP65	6H	COMPACTO
	CX	50;60 MHz	CONCRETO Y ESTRUCTURAS	MALA XV MONITOR	MALÅ GroundVisionTM	IP65	6H	2D Y 3D MUROS
	MIRA	200,400,1.3GHZ	MAPEO,INVESTIGACIONES ARQUEOLOGICAS,INVESTIGACIONES FORENSES	MALA XV MONITOR	MALÅ GroundVisionTM	IP65	5H	3D
	EASY LOCATOR	350;500 MHz	MAPEO, TANQUES,VACIO,CONECCIONES ILEGALES,CABLES,VALVULAS, CAJAS	MONITOR INCLUIDO	NO DISPONE	IP65	5H	CARRITO
NOVATEST	COBRA WIRELESS GPR	100-900 MHz	INFRAESTRUCTURA Y MAPEO, NIEVE Y HIELO, AGRICULTURA, MILITAR,	ALGIZ 10X rugged	PRISM 2.5 (.sgy)	IP65	8H	
	COBRA PLUG-IN SE-40	90 MHz	INFRAESTRUCTURA Y MAPEO, NIEVE Y HIELO, AGRICULTURA, MILITAR,	Mesa Geo Notepad	Windows Embedded Handheld 6.5 Pro	IP67	16H	
	COBRA PLUG-IN SE-70	120 MHz	INFRAESTRUCTURA Y MAPEO, NIEVE Y HIELO, AGRICULTURA, MILITAR,	Mesa Geo Notepad	Windows Embedded Handheld 6.5 Pro	IP67	16H	
	COBRA PLUG-IN SE-150	260 MHz	INFRAESTRUCTURA Y MAPEO, NIEVE Y HIELO, AGRICULTURA, MILITAR,	Mesa Geo Notepad	Windows Embedded Handheld 6.5 Pro	IP67	16H	
US RADAR	QUANTUM IMAGER		NO ESPECIFICA	Panasonic	US Radar Control Software	IP67		TRIPLE FRECUENCIA
	Q5C	500 or 400 MHz	SERVICIOS PUBLICOS	Custom Ruggedized Tablet	US Radar Control Software	IP67		4.5 M HIGH RESOLUTION
	Q25C	250 MHz	GEOTECNIA Y SERVICIOS PUBLICOS	Custom Ruggedized Tablet	US Radar Control Software	IP67		10 M HIGH RESOLUTION
	100 SERIE	100 MHz	INFRAESTRUCTURA Y MAPEO, NIEVE Y HIELO, AGRICULTURA, MILITAR,	Windows-based	US Radar Control Software	IP67		
GSSI	SIR 4000	800 KHz	designación de utilidad, la inspección de concreto, la minería y la geología, la evaluación ambiental, la arqueología y la ciencia	Enhanced	RADAN® (.dzt)		3H	
	SIR 3000	100 KHz	Ubicación Utilidad,Investigación geológica, Arqueología, Forense, Minería	Enhanced	RADAN ® (dzt)			
NOGGIN	100	100 MHz	Mapeo geológico y aplicaciones geotécnicas, Profundo localización utilidad enterrada	MONITOR INCLUIDO	EKKO (.gpz)			
	250	250 MHz	Localización utilidad Enterrado, Arqueología Forense	MONITOR INCLUIDO	EKKO (.gpz)			
	500	500 MHz	Localización utilidad Enterrado, Arqueología Forense	MONITOR INCLUIDO	EKKO (.gpz)			
	1000	1000 MHz		MONITOR INCLUIDO	EKKO (.gpz)			
VEERMER	EZ	400 MHz	NO ESPECIFICA	MONITOR INCLUIDO	Windows CE		1,5 A 2 H	

MALÅ EASY LOCATOR

El Georadar Easy Locator de la casa Mala es uno de los productos más integrales en el mercado y para este proyecto el más apropiado, véase *Ilustración 32 Equipo GPR de la compañía MALA (Mala, 2015)*

Ilustración 32 Equipo GPR de la compañía MALA (Mala, 2015)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Fuente de alimentación: Batería de Li-Ion 11,1V

Tiempo de Operación: Aprox. 5h

Temperatura de Operación: -20° to +50°C o 0° to 120 °F

Resistencia Ambiental: IP65

Pantalla: 10.4” Color TFT Ultra-Hi-Brite or trans-reflective LCD

Dimensiones con ruedas: 67x47x19cm / 26”x19”x7”

Peso: 18 kg / 40 lb (Poca profundidad), 19 kg / 42 lb (profundidad media)

Antenas:

Poca profundidad: 500 MHz, Mayor resolución.

Profundidad media: 350 MHz. Mayor penetración, Buena resolución.

7.2 Análisis económico y financiero del equipo EASY LOCATOR (MALA)

Una vez seleccionado el equipo se determinó que se para hacer el estudio comparativo, el dispositivo se compraría, para lo cual se realizó su respectivo estudio financiero determinando el valor que costaría hacer uso del mismo por horas.

Para determinar el valor horario del equipo es necesario tres parámetros esenciales:

La depreciación del equipo
Intereses del capital invertido
Seguros e impuestos

7.2.1 Depreciación

El valor presente del equipo (P): que está dado por el valor de compra inicial y todos los aranceles de importación (si los tiene)

La vida útil del equipo (N): es el tiempo durante el cual la máquina puede trabajar con un rendimiento económico satisfactorio.

La vida útil de una máquina es función del desgaste de la misma por trabajo acumulado, y de su obsolescencia.

Valor De Salvamento (S). Se denomina valor de salvamento de una máquina al valor que tiene la misma al término de su vida útil. Para Colombia se toma como un 10%

Valor de depreciación: se define como el valor que pierde la maquina durante su vida útil.

$$VD = P - S$$

Depreciación: es el valor que pierde una maquina durante una unidad de tiempo establecida.

- Depreciación anual:

$$DA = \frac{P - S}{N}$$

- Depreciación horaria :

$$DH = \frac{P - S}{e * N}$$

Donde *e:* es el estimado de horas de uso del equipo en el año, generalmente es 2000

Véanse los valores ya calculados en la *Tabla 34 Cálculo del valor de depreciación por hora para equipo GPR (Fuente: Autores.)*

Tabla 34 Cálculo del valor de depreciación por hora para equipo GPR (Fuente: Autores.)

Valor Inicial (P)	49,127,428
Vida Útil Años (N)	10
Valor Salvamento (S)	4,912,743
Valor De Depreciación	44,214,685
Depreciación Anual (Da)	4,421,469
Depreciación Horaria (DH)	2,211

7.2.2 Interés del capital invertido

Hace referencia a los intereses correspondientes al capital invertido en la maquinaria, aunque el equipo sea pagado de contado debe cargársele los intereses de esa inversión ya que ese dinero bien pudo haberse invertido en otro negocio que produzca dividendos a su propietario.

La formulación es la siguiente:

$$I = \frac{IMA * \%i}{DH}$$

Donde I es el interés del capital invertido,

El %i es la tasa de interés vigente para el tipo de moneda a utilizar.

Donde el IMA es la Inversión Media Anual, que puede definirse como la media de los costos de los equipos a fin de cada año, durante toda su vida útil económica y está dada por:

$$\frac{P(N+1)+S(N-1)}{2N}$$

Véanse los valores ya calculados en la *Tabla 35 Cálculo del valor de Interés del capital invertido por hora para equipo GPR (Fuente: Autores.)*

Tabla 35 Cálculo del valor de Interés del capital invertido por hora para equipo GPR (Fuente: Autores.)

IMA	29,230,820
%i	19.00%
DEPRECIACIÓN HORARIA (DH)	2,211
INTERÉS DEL CAPITAL INVERTIDO	2,512.22

7.2.3 Seguros e impuestos

Las primas de seguros varían de acuerdo al riesgo que pueda correr el equipo independiente de si está asegurado o no deben ser calculado y se estiman en un 5.5% sobre IMA.

El impuesto sobre el bien dependerá de la legislación vigente para este proyecto se usó el IPP equivalente al 19%, el costo de almacenaje que hace referencia al porcentaje de inactividad del equipo y se promedia en un 1.5% sobre el IMA.

La formulación es la siguiente:

$$Seguros, impuestos\ y\ almacenaje = \frac{IMA * (\sum de\ impuestos\ anuales)}{DH}$$

Véanse los valores ya calculados en la Tabla 36 Cálculo del valor de seguros e impuestos por hora para equipo GPR (Fuente: Autores.)

Tabla 36 Cálculo del valor de seguros e impuestos por hora para equipo GPR (Fuente: Autores.)

PORCENTAJE PROMEDIO DE SEGURO	5.50%
ÍNDICE DE PRECIOS DEL PRODUCTOR	19.00%
PORCENTAJE DE COSTO DE ALMACENAJE	1.50%
PORCENTAJE COSTO DE NACIONALIZACIÓN	30.00%
COSTO POR SEGUROS E IMPUESTOS	7,404.44

7.2.4 Valor por hora del equipo Georadar

Para determinar el valor horario del equipo se hizo la sumatoria de los tres factores antes explicados.

Véanse los valores ya calculados en la *Tabla 37 Cálculo del valor total por hora para equipo GPR (Fuente: Autores.)*

Tabla 37 Cálculo del valor total por hora para equipo GPR (Fuente: Autores.)

DEPRECIACIÓN HORARIA (DH)	2,210.73
INTERÉS DEL CAPITAL INVERTIDO	2,512.22
SEGUROS E IMPUESTOS	7,404.44
TOTAL VALOR HORA GPR	12,127.40

Con lo cual se determinó que un día de trabajo del equipo Georadar tendría un costo de $ 97,019.21 al día de entrega de este proyecto.

7.3 Descripción técnico- económica de actividades propias para la ejecución del proyecto.

A continuación se evidencian las características técnicas para el caso de estudio

7.3.1 Capítulo 1 "Ampliación de la Red de Abastecimiento de Agua Potable"

7.3.1.1 Criterios empleados en la instalación

En la *Tabla 38 Criterios empleados en la instalación Red de Abastecimiento de Agua Potable (Fuente: Autores.)*, se muestran los criterios empleados para el caso de estudio.

Tabla 38 Criterios empleados en la instalación Red de Abastecimiento de Agua Potable (Fuente: Autores.)

ÍTEM	GENERALIDADES
Tipo de tubería	Tubería Biaxial PVC Policloruro de Vinilo (De tipo campana – espigo, hidrosello instalado en fabrica)
Dimensiones	6 pulgadas – Diámetro Exterior 168.28 mm – Espesor de Pared 3.71 mm – Diámetro Interior 160.86 mm – Longitud 6 metros – Longitud de campana 161.7 mm
Condiciones de instalación	Metodología a cielo abierto – Ancho Zanja 0.60 metros
Profundidad	Profundidad: 1.20 a clave tubería
Tipo de cimentación	- Cama: 0.10 m (Arena de peña) - Atraque: Medio tubo (0.084 m) (Arena de peña) - Relleno Inicial: Material Seleccionado de excavación, incluye cinta de señalización a .30 m de la cota lomo de la tubería instalada. - Relleno Final: Material B400, en casas sucesivas e=0.40 m. - Acabado: Adoquín color natural (cama arena 0.03 m).
Longitud Tramo	230 m
Empate a red existente	Empate según norma **NS-023 EAAB** "Empates de tuberías en redes"
Accesorios	Hidrante según norma **NS-027 EAAB** "Instalación de hidrantes y sistemas para válvulas en redes secundarias de distribución de acueducto"

7.3.1.2 Detalle de cimentación - instalación

En la *Ilustración 33 Detalle de cimentación - Vista longitudinal - Red de abastecimiento potable. (Fuente: Autores.)*, y la *Ilustración 34 Detalle de cimentación - Vista transversal - Red de abastecimiento potable. (Fuente: Autores.)*, los perfiles para el caso de estudio.

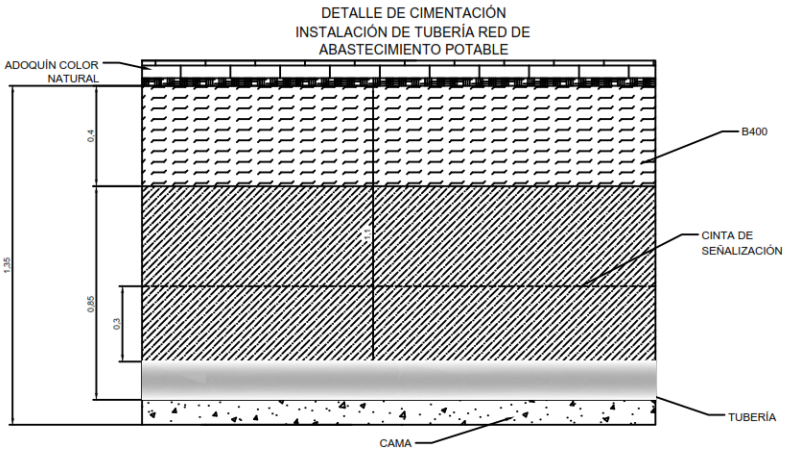


Ilustración 33 Detalle de cimentación - Vista longitudinal - Red de abastecimiento potable. (Fuente: Autores.)

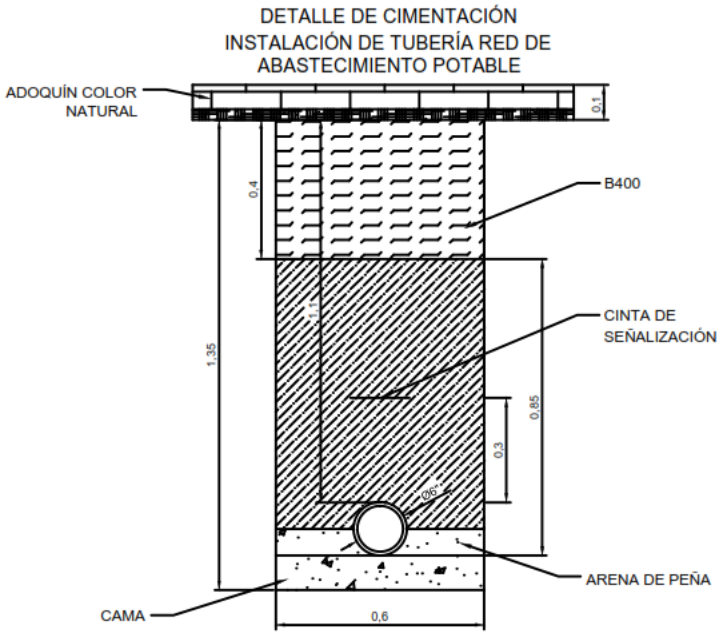


Ilustración 34 Detalle de cimentación - Vista transversal - Red de abastecimiento potable. (Fuente: Autores.)

7.3.1.3 Descripción de actividades para la ejecución

La *Tabla 39 Descripción de actividades ampliación de la Red de Abastecimiento de Agua Potable (Fuente: Autores.),* muestra las cantidades de obra del caso de estudio.

Tabla 39 Descripción de actividades ampliación de la Red de Abastecimiento de Agua Potable (Fuente: Autores.)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
1	**AMPLIACIÓN DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**		
1.1	**PRELIMINARES**		
1.1.1	**LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO**	día	6.0
	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO. Se utilizará personal experto (COMISIÓN DE TOPOGRAFÍA (Topógrafo, cadenero 1° y cadenero 2°)) con equipo correspondiente. Incluye demarcación con pintura, línea de trazado, niveles correspondientes y plano record.		
1,1,2	**SEÑALIZACIÓN**	m	40.0
	Instalación de SEÑALIZACIÓN PERMANENTE Y TEMPORAL, Instalación de vallas informativas, cerramiento provisional móvil (Colombinas, polisombra)		
1.1.3	**DESINSTALACIÓN ADOQUÍN**	m2	138.0
	Retiro de ADOQUÍN EXISTENTE, acopio del mismo, para posterior reinstalación.		
1.1.4	**EXCAVACIÓN DE MATERIAL**	m3	186.3
	EXCAVACIÓN MECÁNICA de material a Prof.: 1.35 m. ancho: 0.60 m. Incluye: Perfilación de la excavación, nivelación de fondo, retiro de material cortopunzante, selección y acopio, para posteior relleno. (Expansión 20%)		
1.2	**CIMENTACIÓN E INSTALACIÓN**		
1.2.1	**CAMA DE APOYO**	m3	14.21
	Instalación de capa e=0.10 m. Material: Arena de Peña. (L=230 m. A=0.60 m. e=0.10 m)+ 3% expansión		
1.2.2	**INSTALACIÓN DE TUBERÍA 6"**	Unid	39
	Suministro e instalación de Tubería Biaxial PVC Policloruro de Vinilo (De tipo campana – espigo. hidrosello instalado en fabrica) 6 pulgadas – Diámetro Exterior 0.168 m - Longitud 6 metros – Longitud de campana 0.162 m (230 m ÷ 6 m)		
1.2.1	**ATRAQUE**	m3	11.37
	Instalación de capa a medio tubo e=0.08 m, Material: Arena de Peña, compactación de tipo manual (apisonamiento) (L=230 m, A=0,60 m, e=0.08 m) + 3% expansión		
1.3	**RELLENO Y ACABADO**		
1.3.1	**RELLENO INICIAL**	m3	114.761
	Relleno con material seleccionado proveniente de excavación en capas sucesivas, compactación de tipo mecánico con compactador tipo canguro, e=0.77 m, Material: seleccionado proveniente de excavación, compactación de tipo mecánico (canguro) (L=230 m, A=0,60 m, e=0.77 m) + 8% expansión		
1.3.2	**RELLENO FINAL**	m3	59.6
	Relleno con material B400 en capas sucesivas, compactación de tipo mecánico con compactador tipo canguro, e=0.4 m (L=230m, A=0,60 m, e=0.4 m) + 8% expansión		
1.3.3	**ACABADO**	m2	138
	Reinstalación de adoquín color natural (capa de arena 0.03 m) (L=230 m * A= 0.60)		
1.4	**ACCESORIOS**		
1.4.1	**EMPATE**	Und	2
	Suministro e instalación de empate a red existente incluye: Anclaje según norma NS-060 EAAB "Criterios de Diseño de Anclajes en Redes de Acueducto y Alcantarillado.", 1 metro de tubería PVC, 1 Tee HD para PVC, 2 Uniones Tipo ZZ, 3 Uniones de reparación, 1 válvula.		
1.4.2	**INSTALACIÓN HIDRANTE**	Und	1
	Suministro e instalación según norma NS-027 EAAB "Instalación de hidrantes y sistemas para válvulas en redes secundarias de distribución de acueducto", Incluye: 3 uniones Tipo ZZ, 1 Tee HD, 1 válvula HF, 1 Codo 90° HD, 1 Hidrante.		
1.5	**PLANOS RECORD**		
1.5.1	**ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS RECORD**	Unid	1
	Elaboración de planos record, incluye entrega en papel Bond Plotter.		

7.3.2 Capítulo 2 “Ampliación de la Red de Saneamiento Residual”

7.3.2.1 Criterios empleados en la instalación

En la *Tabla 40 Criterios empleados en la instalación Red de Saneamiento Residual (Fuente: Autores.)* Tabla 38 Criterios empleados en la instalación Red de Abastecimiento de Agua Potable (Fuente: Autores.), se muestran los criterios empleados para el caso de estudio

Tabla 40 Criterios empleados en la instalación Red de Saneamiento Residual (Fuente: Autores.)

ÍTEM	GENERALIDADES
Tipo de tubería	Tubería NOVAFORT PVC Policloruro de Vinilo (Sistema de unión mecánico, campana espigo con hidrosello de caucho)
Dimensiones	20 pulgadas – Diámetro Exterior 500 mm – Diámetro Interior 452 mm– Longitud 6 metros – Longitud de campana 302 mm
Condiciones de instalación	Metodología a cielo abierto – Ancho Zanja 0.9 metros
Profundidad	Profundidad promedio: 1.85 m a cota lomo de tubería instalada.
Tipo de cimentación	- Cama: 0.15 m Material: triturado. - Atraque: Media tubería 0.25 m Material: triturado. - Relleno Inicial: 0.80 m Material: B400. - Relleno Final: Aprox. 1.10 m Material: B200. - Acabado: Pavimento flexible MD-12 e=0.20 m.
Pozos de inspección	(3 Unidades) Según normatividad vigente NS-029 EAAB, acabado en pavimento flexible MD-12. Cargue e=0.25 m.
Longitud Tramo	200 m

7.3.2.2 Detalle de cimentación - instalación

En la *Ilustración 35 Detalle de cimentación - Instalación – Red de saneamiento residual. (Fuente: Autores.),* los perfiles para el caso de estudio.

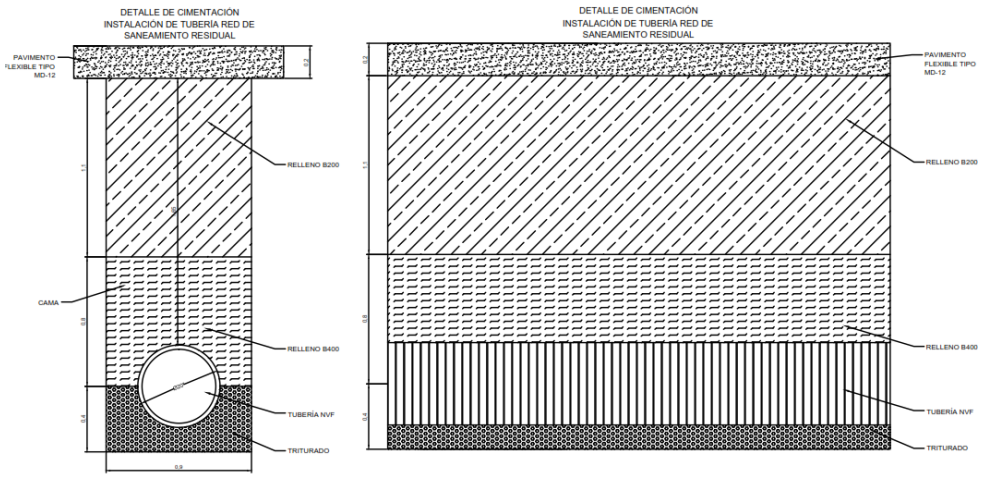


Ilustración 35 Detalle de cimentación - Instalación – Red de saneamiento residual. (Fuente: Autores.)

7.3.2.3 Descripción de actividades para la ejecución

La *Tabla 41 Descripción de actividades ampliación de la Red de saneamiento Residual (Fuente: Autores.),* muestra las cantidades de obra del caso de estudio.

Tabla 41 Descripción de actividades ampliación de la Red de saneamiento Residual (Fuente: Autores.)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
2	**AMPLIACIÓN DE LA RED DE SANEAMIENTO RESIDUAL**		
2.1	**PRELIMINARES**		
2.1.1	**LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO**	día	12
	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO. Se utilizará personal experto (COMISIÓN DE TOPOGRAFÍA (Topógrafo, cadenero 1° y cadenero 2°)) con equipo correspondiente. Incluye demarcación con pintura, línea de trazado, niveles correspondientes, acompañamiento en la instalación y plano record.		
2.1.2	**SEÑALIZACIÓN**	m	40
	Instalación de SEÑALIZACIÓN PERMANENTE Y TEMPORAL, Instalación de vallas informativas, cerramiento provisional móvil (Colombinas, polisombra)		
2.1.3	**RETIRO DE CAPA ASFÁLTICA**	m3	36
	Corte de línea guía con Cortadora de concreto y asfalto, retiro de CARPETA ASFÁLTICA e=0.20 m, con Retroexcavadora Cargadora, Incluye: Cargue, transporte y disposición final a botadero certificado. (L=200 m * A=0.90 m * e= 0.20 m)		
2.1.4	**EXCAVACIÓN DE MATERIAL COMÚN**	m3	496.8
	EXCAVACIÓN MECÁNICA de material común, con Retroexcavadora Cargadora de Prof.=2,30 m, Ancho=0.90 m, L=200 m. Incluye: Perfilación de la excavación, nivelación de fondo, retiro de material cortopunzante, cargue, transporte y disposición final a botadero certificado. (Expansión 20%)		
2.2	**CIMENTACIÓN E INSTALACIÓN**		
2.2.1	**CAMA DE APOYO**	m3	28.35
	Instalación de capa e=0.15 m, Material: Triturado, (L=200 m, A=0.90 m, e=0.15 m)+ 5% Compactación, Incluye: Nivelación según diseño.		
2.2.2	**INSTALACIÓN DE TUBERÍA 20"**	Unid	34
	Instalación y suministro de Tubería NOVAFORT PVC Policloruro de Vinilo (Sistema de unión mecánico, campana espigo con hidrosello de caucho) Diámetro 20", Diámetro Exterior 500 mm – Diámetro Interior 452 mm – Longitud 6 metros – Longitud de campana 302 mm (L=200 m ÷ 6 m)		
2.2.3	**ATRAQUE**	m3	47.25
	Instalación de capa a medio tubo e=0.25 m, Material: Triturado, compactación de tipo mecánica (canguro) (L=200 m, A=0,90 m, e=0.25 m)		
2.3	**POZOS DE INSPECCIÓN**		
2.3.1	**DEMOLICIÓN POZO DE INSPECCIÓN**	Unid	1

	Procedimiento de DEMOLICIÓN POZO DE INSPECCIÓN, Incluye: Desmonte de tapa y cargue, demolición de sección de pozo en ladrillo tolete pañetado, demolición de base 0.25 m en concreto parrilla embebida en acero.		
2.3.2	**CONSTRUCCIÓN POZO DE INSPECCIÓN**	Unid	3
	Procedimiento de CONSTRUCCIÓN DE POZO DE INSPECCIÓN, Incluye: Excavación de tipo mecánico (A=2.00*L=2.00*H=2.10); Construcción de base en concreto con parrilla embebida e=0.20 m, Diámetro=1.2 m; instalación de ladrillo tolete en forma circular con diámetro 1.20 m, Altura=2.05 m; pañete e instalación de pasos; Relleno con material B400, de excavación sobrante. Instalación de cañuela en tubería instalada e instalación de cargue 0.25 m con tapa según normativa vigente.		
2.4	**RELLENO Y ACABADO**		
2.4.1	**RELLENO INICIAL**	m3	144
	Relleno con material B400, en capas sucesivas, compactación de tipo mecánico (canguro). (L=200 m * A=0.90 m * Prof. = 0.80 m)		
2.4.2	**RELLENO FINAL**	m3	198
	Relleno con material B200, en capas sucesivas, compactación de tipo mecánico (canguro). (L=200 m * A=0.90 m * Prof. = 1.10 m)		
2.4.3	**ACABADO**	m3	36
	Reposición de capa de rodadura de tipo flexible, Capa Asfáltica MD-12 (L=200 m * A=0.90 m * e= 0.20 m)		
2.5	**PLANOS RECORD**		
2.5.1	**ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS RECORD**	Unid	1
	Elaboración de planos record, incluye entrega en papel Bond Plotter.		

7.3.3 Capítulo 3 "Ampliación de la Red de Saneamiento Pluvial"

7.3.3.1 Criterios empleados en la instalación

En la *Tabla 42 Criterios empleados en la instalación Red de Saneamiento Pluvial (Fuente: Autores.)*, se muestran los criterios empleados para el caso de estudio.

Tabla 42 Criterios empleados en la instalación Red de Saneamiento Pluvial (Fuente: Autores.)

ÍTEM	GENERALIDADES
Tipo de tubería	Tubería NOVAFORT PVC Policloruro de Vinilo (Sistema de unión mecánico, campana espigo con hidrosello de caucho)
Dimensiones	24 pulgadas – Diámetro Exterior 650 mm – Diámetro Interior 595 mm– Longitud 6.5 metros – Longitud de campana 345 mm
Condiciones de instalación	Metodología a cielo abierto – Ancho Zanja 1 metros
Profundidad	Profundidad Promedio: 1.55 m a cota lomo de tubería instalada.
Tipo de cimentación	- Cama: 0.15 m Material: triturado. - Atraque: Media tubería 0.30 m Material: triturado. - Relleno Inicial: 0.55 m Material: B400. - Relleno Final: Aprox. 1.10 m Material: B200. - Acabado: Pavimento flexible MD-12 e=0.20 m.
Sumideros	(4 Unidades) Tipo SL 100, Según especificaciones EAAB
Longitud Tramo	100 m
Pozos de inspección	(2 Unidades) Según normatividad vigente NS-029 EAAB, acabado en pavimento flexible MD-12. Cargue e=0.25 m.

7.3.3.2 Detalle de cimentación - instalación

En la *Ilustración 36 Detalle de cimentación – Instalación - Red saneamiento Pluvial (Fuente: Autores.)*Ilustración 35 Detalle de cimentación - Instalación – Red de saneamiento residual. (Fuente: Autores.), los perfiles para el caso de estudio.

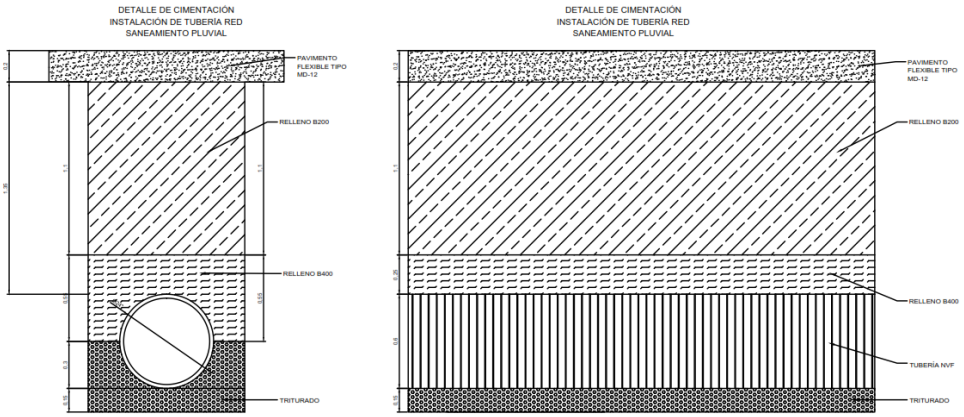


Ilustración 36 Detalle de cimentación – Instalación - Red saneamiento Pluvial (Fuente: Autores.)

7.3.3.3 Descripción de actividades para la ejecución

La *Tabla 43 Descripción de actividades ampliación de la Red de Saneamiento Pluvial (Fuente: Autores.),* muestra las cantidades de obra del caso de estudio.

Tabla 43 Descripción de actividades ampliación de la Red de Saneamiento Pluvial (Fuente: Autores.)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
3	**AMPLIACIÓN DE LA RED SANEAMIENTO PLUVIAL**		
3.1	**PRELIMINARES**		
3.1.1	**LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO**	día	6.0
	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO. Se utilizará personal experto (COMISIÓN DE TOPOGRAFÍA (Topógrafo, cadenero 1° y cadenero 2°)) con equipo correspondiente. Incluye demarcación con pintura, línea de trazado, niveles correspondientes, acompañamiento en la instalación y plano record.		
3.1.2	**SEÑALIZACIÓN**	m	40.0
	Instalación de SEÑALIZACIÓN PERMANENTE Y TEMPORAL, Instalación de vallas informativas, cerramiento provisional móvil (Colombinas, polisombra)		
3.1.3	**RETIRO DE CAPA ASFÁLTICA**	m3	20.0
	Corte de línea guía con Cortadora de concreto y asfalto, retiro de CARPETA ASFÁLTICA e=0.20 m, con Retroexcavadora Cargadora, Incluye: Cargue, transporte y disposición final a botadero certificado. (L=100 m * A=1.00 m * e= 0.20 m)		
3.1.4	**EXCAVACIÓN DE MATERIAL COMÚN**	m3	240.0
	EXCAVACIÓN MECÁNICA de material común, con Retroexcavadora Cargadora de Prof.=2,00 m, Ancho=1.00 m, L=100 m. Incluye: Perfilación de la excavación, nivelación de fondo, retiro de material cortopunzante, cargue, transporte y disposición final a botadero certificado. (Expansión 20%)		
3.2	**CIMENTACIÓN E INSTALACIÓN**		
3.2.1	**CAMA DE APOYO**	m3	15.8
	Instalación de capa e=0.15 m, Material: Triturado, (L=100 m, A=1.00 m, e=0.15 m)+ 5% Compactación, Incluye: Nivelación según diseño.		
3.2.2	**INSTALACIÓN DE TUBERÍA 24"**	Unid	16.0
	Instalación y suministro de Tubería NOVAFORT PVC Policloruro de Vinilo (Sistema de unión mecánico, campana espigo con hidrosello de caucho) Diámetro 24 pulgadas – Diámetro Exterior 650 mm – Diámetro Interior 595 mm– Longitud 6.5 metros – Longitud de campana 345 mm (L=100 m ÷ 6.5 m)		
3.2.3	**ATRAQUE**	m3	30.0

	Instalación de capa a medio tubo e=0.30 m, Material: Triturado, compactación de tipo mecánica (canguro) (L=100 m, A=1.00 m, e=0.30 m)		
3.3	**POZOS DE INSPECCIÓN Y SUMIDEROS**		
3.3.1	**DEMOLICIÓN POZO DE INSPECCIÓN**	Unid	1.0
	Procedimiento de DEMOLICIÓN POZO DE INSPECCIÓN, Incluye: Desmonte de tapa y cargue, demolición de sección de pozo en ladrillo tolete pañetado, demolición de base 0.25 m en concreto parrilla embebida en acero.		
3.3.2	**CONSTRUCCIÓN POZO DE INSPECCIÓN**	Unid	2.0
	Procedimiento de CONSTRUCCIÓN DE POZO DE INSPECCIÓN, Incluye: Excavación de tipo mecánico (A=2.00*L=2.00*H=1.30); Construcción de base en concreto con parrilla embebida e=0.20 m, Diámetro=1.2 m; instalación de ladrillo tolete en forma circular con diámetro 1.20 m, Altura=1.75 m; pañete e instalación de pasos; Relleno con material B400, de excavación sobrante. Instalación de cañuela en tubería instalada e instalación de cargue 0.25 m con tapa según normativa vigente.		
3.3.3	**SUMIDEROS TIPO SL100**	Unid	4.0
	CONSTRUCCIÓN POZO DE INSPECCIÓN Incluye, excavación, instalación de sumidero de tipo prefabricado, y conexión de 6 m (Tubería 10" de tipo Novafort)		
3.4	**RELLENO Y ACABADO**		
3.4.1	**RELLENO INICIAL**	m3	55.0
	Relleno con material B400, en capas sucesivas, compactación de tipo mecánico (canguro). (L=100 m * A=1.00 m * Prof. = 0.55 m)		
3.4.2	**RELLENO FINAL**	m3	110.0
	Relleno con material B200, en capas sucesivas, compactación de tipo mecánico (canguro). (L=100 m * A=1.00 m * Prof. = 1.10 m)		
3.4.3	**ACABADO**	m3	20.0
	Reposición de capa de rodadura de tipo flexible, Capa Asfáltica MD-12 (L=100 m * A=1.00 m * e= 0.20 m)		
3.5	**PLANOS RECORD**		
3.5.1	**ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS RECORD**	Unid	1
	Elaboración de planos record, incluye entrega en papel Bond Plotter.		

7.3.4 Capítulo 4 "Subterranización de la Red de Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión"

7.3.4.1 Criterios empleados en la instalación

En la *Tabla 44 Criterios empleados en la instalación Red de Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión. (Fuente: Autores.)*, se muestran los criterios empleados para el caso de estudio.

Tabla 44 Criterios empleados en la instalación Red de Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión. (Fuente: Autores.)

ÍTEM	NORMATIVA
Tipo de tubería	Tubería Doble Pared TDP Longitud - 6 metros (3 ductos de 4" y 3 ductos de 6")
Profundidad	Profundidad Promedio: 0.71 m a cota lomo de tubería instalada.
Tipo de cimentación	Según especificación de diseño para proyecto: - Cama: 0.04 m Material: Arena de peña. - Protección tubería: Sobre cota lomo de ducto superficial 0.060 m Material: Arena de peña. E=0.41 m - Relleno Inicial: Material seleccionado proveniente de la excavación. E=0.15 m, instalación de cinta de señalización a 0.15 m de cota lomo ducto superficial. - Relleno Final: Recebo B-600, compactación con vibro - compactador tipo canguro. E=0.40 m. - Acabado: Adoquín color natural, capa de arena de peña e=0.03 m.
Anchos de zanja	Excavación Ancho 0.60 m.

Cajas de Inspección	Construcción de 9 cajas de tipo sencillo (CS275) *Véase Ilustración 28 CS275 Caja de inspección sencilla para canalización de M.T. y B.T.* Construcción de 2 cajas de tipo doble (CS276) *Ilustración 29 CS276 Caja de inspección doble para canalización de M.T. y B.T.*

7.3.4.2 Detalle de cimentación - instalación

En la *Ilustración 37 Red de Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión. (Fuente: Autores.)*Ilustración 35 Detalle de cimentación - Instalación – Red de saneamiento residual. (Fuente: Autores.), los perfiles para el caso de estudio.

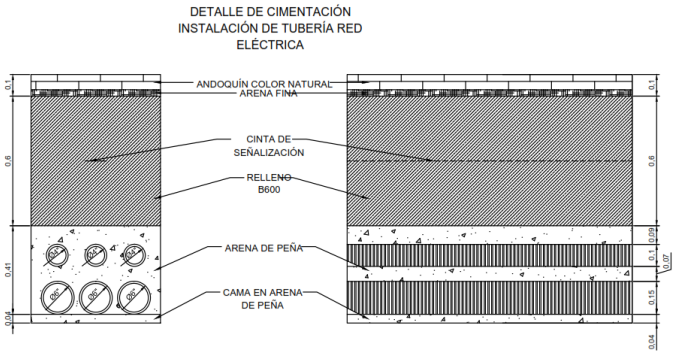


Ilustración 37 Red de Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión. (Fuente: Autores.)

7.3.4.3 Descripción de actividades para la ejecución

La *Tabla 45 Descripción de actividades ampliación de la Red Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión (Fuente: Autores.),* muestra las cantidades de obra del caso de estudio.

Tabla 45 Descripción de actividades ampliación de la Red Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión (Fuente: Autores.)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
4	**SUBTERRANIZACIÓN DE LA RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE ALTA Y MEDIA TENSIÓN**		
4.1	**PRELIMINARES**		
4.1.1	**LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO**	día	7.0
	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO. Se utilizará personal experto (COMISIÓN DE TOPOGRAFÍA (Topógrafo, cadenero 1° y cadenero 2°)) con equipo correspondiente. Incluye demarcación con pintura, línea de trazado, niveles correspondientes, localización de cajas de inspección y plano record.		
4.1.2	**SEÑALIZACIÓN**	m	40.0
	Instalación de SEÑALIZACIÓN PERMANENTE Y TEMPORAL, Instalación de vallas informativas, cerramiento provisional móvil (Colombinas, polisombra)		
4.1.3	**DESINSTALACIÓN ADOQUÍN**	m2	138.0
	Retiro de ADOQUÍN EXISTENTE, acopio del mismo, para posterior reinstalación.		
4.1.4	**EXCAVACIÓN DE MATERIAL**	m3	182.2
	EXCAVACIÓN MANUAL de material a Prof.: 1.10 m. ancho: 0.60 m. Incluye: Perfilación de la excavación, nivelación de fondo, retiro de material cortopunzante, selección y acopio, para posteior relleno. (Expansión 20%)		
4.2	**CIMENTACIÓN DE LA DUCTERÍA**		
4.2.1	**CAMA DE APOYO**	m3	5.7

	Instalación de capa e=0.04 m, Material: Arena de Peña, compactación de tipo manual (apisonamiento) (L=230 m, A=0,60 m, e=0.04 m)+ 3% expansión		
4.2.2	**INSTALACIÓN DE DUCTERÍA**	Und	38.0
	Suministro e Instalación de tubería correspondiente de Tipo Doble Pared TDP Longitud - 6 metros (3 ductos de 4" y 3 ductos de 6").		
4.2.3	**RELLENO DE PROTECCIÓN DE LA TUBERÍA**	m3	58.3
	Instalación de capa e=0.41 m, Material: Arena de Peña, compactación de tipo mecánico entre ducterías. (L=230 m, A=0,60 m, e=0.41 m)+ 3% expansión		
4.3	**RELLENO Y ACABADO**		
4.3.1	**RELLENO INICIAL**	m3	20.7
	Relleno con material seleccionado proveniente de la excavación, (L=230 m * A=0.6 m * Prof. = 0.15 m), Incluye instalación de cinta de señalización.		
4.3.2	**RELLENO FINAL**	m3	55.2
	Relleno con material B600, en capas sucesivas, compactación de tipo mecánico (canguro). (L=230 m * A=0.60 m * Prof. = 0.40 m)		
4.3.3	**ACABADO**	m2	138.0
	Reinstalación de adoquín color natural (capa de arena 0.03 m) (L=230 m * A= 0.40)		
4.4	**CAJAS DE INSPECCIÓN**		
4.4.1	**CAJA SENCILLA**	Und	9.0
	Construcción de caja eléctrica de tipo sencillo según normativa C275, Incluye: Excavación de tipo mecánico (Prof.=1.60 m * Ancho=1.70 m * Largo=1.90 m), construcción de placa de 0.20 cm en concreto elaborado en obra, instalación de ladrillo tolete recocido, terminado de ductería (Instalación de campana), pañete y anclaje para marco, e instalación de tapa.		
4.4.2	**CAJA DOBLE**	Und	2.0
	Construcción de caja eléctrica de tipo sencillo según normativa C275, Incluye: Excavación de tipo mecánico (Prof.=1.20 m * Ancho=1.35* Largo=1.70 m), construcción de placa de 0.20 cm en concreto elaborado en obra, instalación de ladrillo tolete recocido, terminado de ductería (Instalación de campana), pañete y anclaje para marco, e instalación de tapa.		
3.5	**PLANOS RECORD**		
3.5.1	**ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS RECORD**	Unid	1.0
	Elaboración de planos record, incluye entrega en papel Bond Plotter.		

7.3.5 Capítulo 5 "Subterranización de la Red de Telefonía"

7.3.5.1 Criterios empleados en la instalación

En la *Tabla 46 Criterios empleados en la instalación Red de Telefonía. (Fuente: Autores.),* se muestran los criterios empleados para el caso de estudio.

Tabla 46 Criterios empleados en la instalación Red de Telefonía. (Fuente: Autores.)

ÍTEM	NORMATIVA
Tipo de tubería	Tubería Doble Pared TDP Longitud - 6 metros (4 ductos de 4")
Profundidad	Profundidad Promedio: 0.60 m a cota lomo de tubería instalada.
Tipo de cimentación	Según especificación de diseño para proyecto: - Cama: 0.05 m Material: Arena de peña. - Protección tubería: Sobre cota lomo de ducto superficial 0.15 m Material: Arena de peña. E=0.40 m - Relleno Inicial: Material seleccionado proveniente de la excavación. E=0.15 m, instalación de cinta de señalización a 0.15 m de cota lomo ducto superficial. - Relleno Final: Recebo B-400, compactación con vibro - compactador tipo canguro. E=0.40 m. - Acabado: Adoquín color natural, capa de arena de peña e=0.03 m.
Anchos de zanja	Excavación Ancho 0.40 m.

Cajas de Inspección	Construcción de 9 cajas de tipo sencillo Tipo ETB, Construcción de 1 caja tipo ETB 13 y tipo 14.

7.3.5.2 Detalle de cimentación - instalación

En la *Ilustración 38 Detalle de cimentación - Instalación Red de telefonía. (Fuente: Autores.)*Ilustración 35 Detalle de cimentación - Instalación – Red de saneamiento residual. (Fuente: Autores.), los perfiles para el caso de estudio.

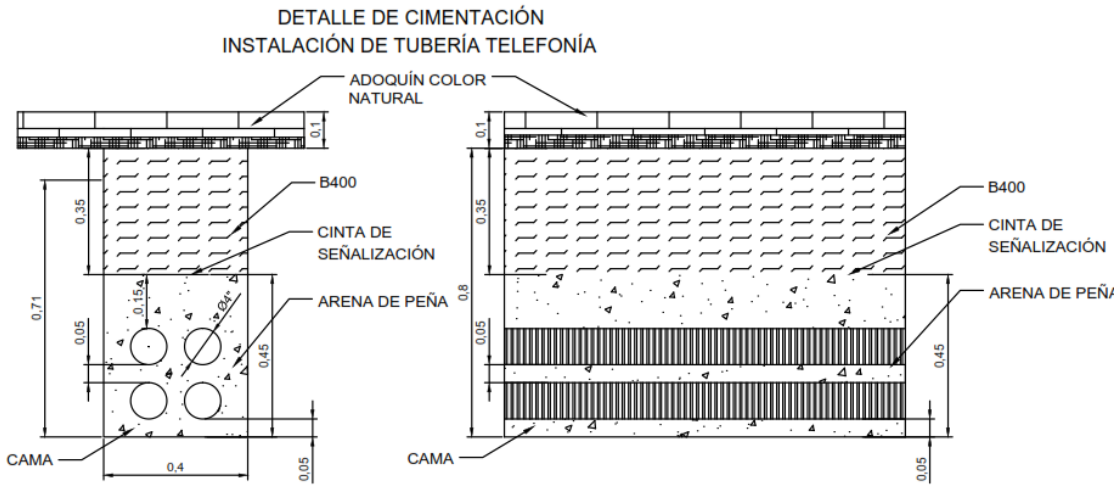


Ilustración 38 Detalle de cimentación - Instalación Red de telefonía. (Fuente: Autores.)

7.3.5.3 Descripción de actividades para la ejecución

La *Tabla 47 Descripción de actividades ampliación de la Red de telefonía (Fuente: Autores.)*Tabla 45 Descripción de actividades ampliación de la Red Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión (Fuente: Autores.), muestra las cantidades de obra del caso de estudio.

Tabla 47 Descripción de actividades ampliación de la Red de telefonía (Fuente: Autores.)

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad
5	**SUBTERRANIZACIÓN DE LA RED DE TELEFONÍA**		
5.1	**PRELIMINARES**		
5.1.1	**LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO**	día	5.0
	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO. Se utilizará personal experto (COMISIÓN DE TOPOGRAFÍA (Topógrafo, cadenero 1° y cadenero 2°)) con equipo correspondiente. Incluye demarcación con pintura, línea de trazado, niveles correspondientes, localización de cajas de inspección y plano record.		
5.1.2	**SEÑALIZACIÓN**	m	40.0
	Instalación de SEÑALIZACIÓN PERMANENTE Y TEMPORAL, Instalación de vallas informativas, cerramiento provisional móvil (Colombinas, polisombra)		
5.1.3	**DESINSTALACIÓN ADOQUÍN**	m2	92.0

	Retiro de ADOQUÍN EXISTENTE, acopio del mismo, para posterior reinstalación.		
5.1.4	**EXCAVACIÓN DE MATERIAL**	m3	88.3
	EXCAVACIÓN MANUAL de material a Prof.: 0.80 m. Ancho: 0.40 m. Incluye: Perfilación de la excavación, nivelación de fondo, retiro de material cortopunzante, selección y acopio, para posteior relleno. (Expansión 20%)		
5.2	**CIMENTACIÓN DE LA DUCTERÍA**		
5.2.1	**CAMA DE APOYO**	m3	4.7
	Instalación de capa e=0.05 m, Material: Arena de Peña, compactación de tipo manual (apisonamiento) (L=230 m, A=0,40 m, e=0.05 m)+ 3% expansión		
5.2.2	**INSTALACIÓN DE DUCTERÍA**	Und	38.0
	Suministro e Instalación de Ducto Telefónico Tuberías Tipo Liviano EB Tramos de 6 metros con campana (4 ductos de 4”).		
5.2.3	**RELLENO DE PROTECCIÓN DE LA TUBERÍA (INICIAL)**	m3	42.6
	Instalación de capa e=0.45 m, Material: Arena de Peña, compactación de tipo mecánico entre ducterías. (L=230 m, A=0,60 m, e=0.45 m)+ 3% expansión		
5.3	**RELLENO Y ACABADO**		
5.3.1	**RELLENO INICIAL**	m3	20.7
	Relleno con material seleccionado proveniente de la excavación, (L=230 m * A=0.4 m * Prof. = 0.45 m), Incluye instalación de cinta de señalización.		
5.3.2	**RELLENO FINAL**	m3	32.2
	Relleno con material B400, en capas sucesivas, compactación de tipo mecánico (canguro). (L=230 m * A=0.40 m * Prof. = 0.35 m)		
5.3.3	**ACABADO**	m2	92.0
	Reinstalación de adoquín color natural (capa de arena 0.03 m) (L=230 m * A= 0.40)		
5.4	**CAJAS DE INSPECCIÓN**		
5.4.1	**CAJA DE PASO SENCILLA ETB**	Und	9.0
	Construcción de caja de paso de tipo sencillo según normativa ETB, Incluye: Excavación de tipo manual (Prof.=0.90 m * Ancho=0.70 m * Largo=0.60 m), construcción de placa de 0.10 cm en concreto elaborado en obra, instalación de ladrillo tolete recocido, terminado de ductería (Instalación de campana), pañete y anclaje para marco.		
5.4.2	**CAJA TIPO 13**	Und	2.0
	Construcción de caja eléctrica de tipo sencillo según normativa C275, Incluye: Excavación de tipo mecánico (Prof.=1.20 m * Ancho=1.35* Largo=1.70 m), construcción de placa de 0.20 cm en concreto elaborado en obra, instalación de ladrillo tolete recocido, terminado de ductería (Instalación de campana), pañete y anclaje para marco, e instalación de tapa.		
5.5	**PLANOS RECORD**		
5.5.1	**ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS RECORD**	Unid	1.0
	Elaboración de planos record, incluye entrega en papel Bond Plotter.		

7.4 Descripción de actividades, reparación de redes publicas

La fractura de un tramo de tubería, acarrea diversidad de complicaciones desde el punto de vista técnico y económico de un proyecto en ejecución, y estas dificultades se traducen en la necesidad de ejecutar obras de reparación, mantenimiento, rehabilitación y reposición de redes, estas acarrean consecuencias temporales, financieras y sociales, este último se evidencia cuando se presenta suspensión en el servicio público, entonces la comunidad sufrirá un evento que modifique la cotidianidad, lo cual acarrea diversidad de pérdidas en diferentes sectores, desde tiempo para sacar el perro, pasando por no poder bañarse o tener que ir a otro sector de la ciudad a realizar sus tareas.

Para el caso de este proyecto se establece la reparación de menor cuantía posible, partiendo del criterio de optimismo propio de cada proyecto, véase *Tabla 48 Descripción de actividades, reparación de redes públicas 1. (Fuente: Autores.) y* Tabla 49 Descripción de actividades, reparación de redes públicas 2. (Fuente: Autores.).

Tabla 48 Descripción de actividades, reparación de redes públicas 1. (Fuente: Autores.)

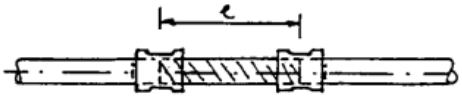
ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Instalación de accesorios de reparación - red de abastecimiento de agua potable	Tipo de reparación: con corte de tubería, de acuerdo con los requerimientos, se usará unión de reparación en material PVC, sin tope central para facilitar el deslizamiento de la tubería instalada o de sustitución. Se reparará una sección de tubería afectada, utilizando dos uniones de reparación de tipo doble campana, y una sección de tubería de 1 m. Deberá administrarse desinfectante (Tabletas de cloro o cloro granulado)  *Ilustración 39 Reparación - sección de tubería PVC- Agua potable. (Fuente: Autores.).*
Instalación de accesorios de reparación - red de saneamiento residual	Tipo de reparación: con corte de tubería, de acuerdo con los requerimientos, se usará unión de reparación en el mismo material de la tubería instalada. (Novafort 20”). Se instalaran dos uniones campana X campana. Se reparará una sección de tubería afectada, utilizando dos uniones de reparación de tipo doble campana, y una sección de tubería de 1 m. *Ilustración 40 Reparación - sección tubería Novafort 20" (Fuente: Autores.).*

Tabla 49 Descripción de actividades, reparación de redes públicas 2. (Fuente: Autores.)

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Instalación de accesorios de reparación - red de saneamiento pluvial	Tipo de reparación: con corte de tubería, de acuerdo con los requerimientos, se usará unión de reparación en el mismo material de la tubería instalada. (Novafort 24”) Se instalaran dos uniones campana X campana. Se reparará una sección de tubería afectada, utilizando dos uniones de reparación de tipo doble campana, y una sección de tubería de 1 m. *Ilustración 41 Reparación - sección tubería Novafort 24" (Fuente: Autores.).*
Instalación de accesorios de reparación - red	Se realizará una reparación con corte de tubería, se usará tubería de tipo Reparaducto Color rojo, en la totalidad de la sección de la tubería (3 ductos 6” – 3 ductos 4”), en una sección de 1 metro.

eléctrica	 *Ilustración 42 Reparación - Tubería Reparaducto - (Fuente: Autores.)*
Instalación de accesorios de reparación - red de telefonía	Se realizará una reparación con corte de tubería, se usará tubería de tipo Reparaducto Color rojo, en la totalidad de la sección de la tubería (4 ductos 4”), en una sección de 1 metro.
Presupuesto reparación - red de suministro gas natural	Se presentará una cotización detallada correspondiente a la reparación de un posible daño causado a la tubería transportadora del recurso, para establecer el presupuesto de reparación, dado que generalmente cuando se presenta este tipo de daños se debe acudir a empresas prestadoras del servicio.

A partir de estas consideraciones se realiza igualmente un análisis de actividades propias para realizar los correspondientes análisis financieros utilizando la metodología de Análisis de precios Unitarios. Se genera un Análisis de precios unitarios que incluye el valor total correspondiente a la reparación estimada, evaluando las adecuaciones pertinentes para poder ejecutar la reparación y un relleno provisional para protección de la misma.

En el caso de la red de gas natural, esta evaluación se presenta por medio de una cotización realizada a una empresa enfocada a tal fin, véase *Tabla 50 Descripción de actividades reparación de redes públicas (Fuente: Autores.).*

Tabla 50 Descripción de actividades reparación de redes públicas (Fuente: Autores.)

Ítem	Descripción	Unid.	Cantidad
Cáp. II	**REPARACIONES DE REDES PUBLICAS**		
1.1	**INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE REPARACIÓN - RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**		
1.1.1	**ADECUACIÓN PARA LA REPARACIÓN E INSTALACIÓN DE UNIÓN DE REPARACIÓN Y RELLENO PROVISIONAL**	Unid	1.0
	Incluye, excavación de tipo manual para limpieza y corte del tramo a reparar (debe verificarse que este quede lo suficientemente liso). Además, suministro e instalación de 2 uniones de reparación de 6", tramo de tubería faltante de tipo hidrosello 6", mano de obra para la instalación, suministro de cloro granulado para desinfección y relleno con material proveniente de la excavación. (L=1.60 m * A= 0.60 m * Prof.=1.0 m)		
2.1	**INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE REPARACIÓN - RED DE SANEAMIENTO RESIDUAL**		
2.1.1	**ADECUACIÓN PARA LA REPARACIÓN E INSTALACIÓN DE UNIÓN DE REPARACIÓN Y RELLENO PROVISIONAL**	Global	1.0

	Incluye excavación de tipo manual para limpieza y corte de tubería, suministro e instalación de accesorios (2 und. Unión campana - campana), tramo de acople de tubería Novafort 20" (1 m), relleno con material proveniente de la excavación. (L=2.80 m * A= 0.9 m * Prof.=0.80 m)		
3.1	**INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE REPARACIÓN - RED DE SANEAMIENTO PLUVIAL**		
3.1.1	**ADECUACIÓN PARA LA REPARACIÓN E INSTALACIÓN DE UNIÓN DE REPARACIÓN Y RELLENO PROVISIONAL**	Global	1.0
	Incluye excavación de tipo manual para limpieza y corte de tubería, suministro e instalación de accesorios (2 und. Unión campana - campana), tramo de acople de tubería Novafort 24" (1 m), relleno con material proveniente de la excavación. (L=2.80 m * A= 1.80 m * Prof.=0.80 m)		
4.1	**INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE REPARACIÓN - RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO**		
4.1.1	**ADECUACIÓN PARA LA REPARACIÓN E INSTALACIÓN DE UNIÓN DE REPARACIÓN Y RELLENO PROVISIONAL**	Global	1.0
	Incluye Excavación de tipo manual de limpieza para trabajo y corte de tubería, suministro e instalación de tubería de reparación tipo Reparaducto (1 metro (3 ductos 6" - 3 ductos 4")), relleno con material proveniente de la excavación. (L=1.20 m * A= 0.60 m * Prof. =0.40 m)		
5.1	**INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE REPARACIÓN - RED DE TELEFONÍA**		
5.1.1	**ADECUACIÓN PARA LA REPARACIÓN E INSTALACIÓN DE UNIÓN DE REPARACIÓN Y RELLENO PROVISIONAL**	Global	1.0
	Incluye Excavación de tipo manual de limpieza para trabajo y corte de tubería, suministro e instalación de tubería de reparación tipo Reparaducto (1 metro (4 ductos 4")), relleno con material proveniente de la excavación. (L=1.20 m * A= 0.40 m * Prof. =0.40 m)		
6.1	**PRESUPUESTO REPARACIÓN - RED DE SUMINISTRO GAS NATURAL**		
6.1.1	**REPARACIÓN GAS NATURAL 3"**	Global	1.0
	Cotización a empresa especialista en tratamiento de redes de suministro de gas natural.		

8 Capítulo octavo – Análisis de resultados

A partir de las premisas técnico-económicas establecidas en el capítulo séptimo de la presente investigación, se establecen las consideraciones propias para ejecutar la fase de análisis de resultados.

Para empezar en el primer ítem del presente capítulo, se presentan los resúmenes de obra resultado de los correspondientes análisis de precios realizados para cada actividad; de esta manera se establece el valor total del proyecto en cuanto a instalación de refiere, y el valor total de las reparaciones, para cuantificar el

presupuesto final invertido en la ejecución de las actividades propias de este tipo de proyectos. Es importante resaltar que en esta investigación se planteó la menor cantidad de reparación posible, debido al enfoque de la investigación, pues esta busca reflejar la realidad de los proyectos y no exagerar las posibles complicaciones presentadas en los mismos, por el contrario se buscó minimizar al máximo este ítem para continuar con el enfoque no experimental, siendo este el que se realiza sin manipular deliberadamente variables, de esta manera no se busca construir una situación, si no que se observan los escenarios ya existentes en contextos de este tipo; se presenta el análisis presupuestal del valor diario del uso del equipo Georadar.

Posteriormente, en el segundo a parte se estudia la probabilidad de ocurrencia de daño sobre la red, evaluado desde el concepto de estadística clásica, se presenta un análisis respecto a cada red, valorando las posibilidades de daño en una u otra red de servicio, de esta manera se realizan las evaluaciones respectivas y se reflexiona sobre el valor considerado para reparaciones vs el valor que se esperaría conforme a la probabilidad existente.

Más adelante en el capítulo tercero se realiza una comparación financiera del sobrecosto del uso de Georadar y el sobrecosto de hacer la reparación de un metro lineal en una red de servicios públicos.
Finalmente en la sección cuarto se hacen una serie de recomendaciones generales.

8.1 Análisis financiero – Resúmenes de obra

A partir de las consideraciones técnicas presentadas en el capítulo anterior se realizan los correspondientes análisis de precios unitarios de cada actividad, en base a la metodología general presentada en el aparte *4.2.2 Elaboración de Análisis de Precios Unitarios (APU)* de la presente investigación, posteriormente se sistematizan los datos por medio de un resumen de obra, que presenta de manera organizada el valor total de cada una de las actividades realizadas, generando un

valor total para cada proyecto, estos nos permiten evaluar cuales actividades son las más costosas, y posteriormente establecer de manera organizada un cronograma de obra.

A continuación se presentan los correspondientes resúmenes de obra, para cada sub-proyecto programado.

Al realizar una revisión analítica sobre cada resumen de obra, se puede establecer que la actividad de instalación de empate es la más costosa, por ende se debe tener mucho cuidado con estos, para evitar realizar actividades complementarias sobre este, que aumenten el costo del mismo, véanse *Tabla 51 Resumen de obra Red Agua potable (Fuente: Elaboración* propia)*,Tabla 52 Resumen de obra Red de Saneamiento Residual (Fuente: Elaboración propia),Tabla 53 Resumen de obra Red Pluvial (Fuente: Elaboración propia),Tabla 54 Resumen de obra Red Eléctrica (Fuente: Elaboración propia), y Tabla 55 Resumen de obra Red Telefónica (Fuente: Elaboración propia)*

8.1.1 Capítulo 1 “Ampliación de la Red de Abastecimiento de Agua Potable”

Tabla 51 Resumen de obra Red Agua potable (Fuente: Elaboración propia)

OBRA : INSTALACIÓN DE RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
CIUDAD: BOGOTÁ D.C.

CANTIDADES DE OBRA

No.	DESCRIPCIÓN	UN	CANT.	VR.UNT	VR. TOTAL
1.1	**PRELIMINARES**				
1.1.1	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO	día	6.00	$ 304,589.22	$ 1,827,535.29
1,1,2	SEÑALIZACIÓN	m	40.00	$ 10,056.80	$ 402,272.11
1.1.3	DESINSTALACIÓN ADOQUÍN	m2	138.00	$ 1,270.96	$ 175,392.08
1.1.4	EXCAVACIÓN DE MATERIAL	m3	186.30	$ 17,135.27	$ 3,192,300.47
	SUBTOTAL CAPITULO				**$ 5,597,499.94**
1.2	**CIMENTACIÓN E INSTALACIÓN**				
1.2.1	CAMA DE APOYO	m3	14.21	$ 21,720.16	$ 308,730.29
1.2.2	INSTALACIÓN DE TUBERÍA 6"	Unid	39.00	$ 451,146.09	$ 17,594,697.53
1.2.1	ATRAQUE	m3	11.37	$ 22,511.09	$ 255,978.05
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 18,159,405.87**
1.3	**RELLENO Y ACABADO**				
1.3.1	RELLENO INICIAL	m3	114.76	$ 10,391.09	$ 1,192,489.37
1.3.2	RELLENO FINAL	m3	59.62	$ 31,928.14	$ 1,903,427.96
1.3.3	ACABADO	m2	138.00	$ 7,519.92	$ 1,037,748.34
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 4,133,665.68**
1.4	**ACCESORIOS**				
1.4.1	EMPATE	Und	2.00	$ 1,893,534.04	$ 3,787,068.08
1.4.2	INSTALACIÓN HIDRANTE	Und	1.00	$ 3,501,421.99	$ 3,501,421.99
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 7,288,490.07**
1.5	**PLANOS RECORD**				
1.5.1	ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS RECORD	Unid	1.00	$ 47,604.35	$ 47,604.35
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 47,604.35**
	Costo Directo				**$ 35,226,665.91**
	Administración		10%		$ 3,522,666.59
	Imprevistos		10%		$ 3,522,666.59
	Utilidad		10%		$ 3,522,666.59
	Costo Indirecto				**$ 10,567,999.77**
	IVA 16% de Utilidad				$ 563,626.65
	TOTAL GENERAL				**$ 46,358,292.34**

8.1.2 Capítulo 2 “Ampliación de la Red de Saneamiento Residual”

Tabla 52 Resumen de obra Red de Saneamiento Residual (Fuente: Elaboración propia)

OBRA: INSTALACIÓN RED DE SANEAMIENTO RESIDUAL
CIUDAD: BOGOTÁ D.C.

CANTIDADES DE OBRA

No.	DESCRIPCIÓN	UN	CANT.	VR.UNT	VR. TOTAL
2.1	**PRELIMINARES**				
2.1.1	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO	día	12.00	$ 304,589.22	$ 3,655,070.59
2.1.2	SEÑALIZACIÓN	m	40.00	$ 10,056.80	$ 402,272.11
2.1.3	RETIRO DE CAPA ASFÁLTICA	m3	36.00	$ 17,683.05	$ 636,589.66
2.1.4	EXCAVACIÓN DE MATERIAL COMÚN	m3	496.80	$ 17,135.27	$ 8,512,801.24
	SUBTOTAL CAPITULO				**$ 13,206,733.59**
2.2	**CIMENTACIÓN E INSTALACIÓN**				
2.2.1	CAMA DE APOYO	m3	28.35	$ 48,386.86	$ 1,371,767.36
2.2.2	INSTALACIÓN DE TUBERÍA 20"	Unid	34.00	$ 1,471,851.63	$ 50,042,955.33
2.2.3	ATRAQUE	m3	47.25	$ 48,386.86	$ 2,286,278.94
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 53,701,001.62**
2.3	**POZOS DE INSPECCIÓN**				
2.3.1	DEMOLICIÓN POZO DE INSPECCIÓN	Unid	1.00	$ 11,079.26	$ 11,079.26
2.3.2	CONSTRUCCIÓN POZO DE INSPECCIÓN	Unid	3.00	$ 1,666,355.01	$ 4,999,065.02
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 5,010,144.27**
2.4	**RELLENO Y ACABO**				
2.4.1	RELLENO INICIAL	m3	144.00	$ 30,008.14	$ 4,321,172.08
2.4.2	RELLENO FINAL	m3	198.00	$ 63,010.54	$ 12,476,086.81
2.4.3	ACABADO	m3	36.00	$ 343,447.60	$ 12,364,113.64
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 29,161,372.52**
1.5	**PLANOS RECORD**				
1.5.1	ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS RECORD	Unid	1.00	$ 47,604.35	$ 47,604.35
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 47,604.35**
	Costo Directo				**$ 101,126,856.36**
	Administración		10%		$ 10,112,685.64
	Imprevistos		10%		$ 10,112,685.64
	Utilidad		10%		$ 10,112,685.64
	Costo Indirecto				**$ 30,338,056.91**
	IVA 16% de Utilidad				$ 1,618,029.70
	TOTAL GENERAL				**$ 133,082,942.97**

8.1.3 Capítulo 3 “Ampliación de la Red de Saneamiento Pluvial”

Tabla 53 Resumen de obra Red Pluvial (Fuente: Elaboración propia)

OBRA : INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO(PLUVIAL)
CIUDAD: BOGOTÁ D.C.

CANTIDADES DE OBRA

No.	DESCRIPCIÓN	UN	CANT.	VR.UNT	VR. TOTAL
3.1	**PRELIMINARES**				
3.1.1	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO	día	6.00	$ 304,589.22	$ 1,827,535.29
3.1.2	SEÑALIZACIÓN	m	40.00	$ 10,056.80	$ 402,272.11
3.1.3	RETIRO DE CAPA ASFÁLTICA	m3	20.00	$ 17,683.05	$ 353,660.92
3.1.4	EXCAVACIÓN DE MATERIAL COMÚN	m3	240.00	$ 17,135.27	$ 4,112,464.37
	SUBTOTAL CAPITULO				**$ 6,695,932.69**
3.2	**CIMENTACIÓN E INSTALACIÓN**				
3.2.1	CAMA DE APOYO	m3	15.75	$ 48,386.86	$ 762,092.98
3.2.2	INSTALACIÓN DE TUBERÍA 24"	Unid	16.00	$ 2,391,955.77	$ 38,271,292.30
3.2.3	ATRAQUE	m3	30.00	$ 48,386.86	$ 1,451,605.67
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 40,484,990.95**
3.3	**POZOS DE INSPECCIÓN**				
3.3.1	DEMOLICIÓN POZO DE INSPECCIÓN	Unid	1.00	$ 11,079.26	$ 11,079.26
3.3.2	CONSTRUCCIÓN POZO DE INSPECCIÓN	Unid	2.00	$ 1,666,355.01	$ 3,332,710.01
3.3.3	SUMIDEROS TIPO SL100	Unid	4.00	$ 801,343.60	$ 3,205,374.40
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 3,343,789.27**
3.4	**RELLENO Y ACABO**				
3.4.1	RELLENO INICIAL	m3	55.00	$ 30,008.14	$ 1,650,447.67
3.4.2	RELLENO FINAL	m3	110.00	$ 63,010.54	$ 6,931,159.34
3.4.3	ACABADO	m3	20.00	$ 343,447.60	$ 6,868,952.02
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 15,450,559.03**
3.5	**PLANOS RECORD**				
3.5.1	ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS RECORD	Unid	1.00	$ 47,604.35	$ 47,604.35
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 47,604.35**
	Costo Directo				**$ 66,022,876.28**
	Administración		10%		$ 6,602,287.63
	Imprevistos		10%		$ 6,602,287.63
	Utilidad		10%		$ 6,602,287.63
	Costo Indirecto				**$ 19,806,862.88**
	IVA 16% de Utilidad				$ 1,056,366.02
	TOTAL GENERAL				**$ 86,886,105.18**

8.1.4 Capítulo 4 “Subterranización de la Red de Suministro Eléctrico de Alta y Media Tensión”

Tabla 54 Resumen de obra Red Eléctrica (Fuente: Elaboración propia)

OBRA : SUBTERRANIZACIÓN DE LA RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE ALTA Y MEDIA TENSIÓN
CIUDAD: BOGOTÁ D.C.

CANTIDADES DE OBRA

No.	DESCRIPCIÓN	UN	CANT.	VR.UNT	VR. TOTAL
4.1	**PRELIMINARES**				
4.1.1	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO	día	7.00	$ 304,589.22	$ 2,132,124.51
4.1.2	SEÑALIZACIÓN	m	40.00	$ 10,056.80	$ 402,272.11
4.1.3	DESINSTALACIÓN ADOQUÍN	m2	138.00	$ 1,270.96	$ 175,392.08
4.1.4	EXCAVACIÓN DE MATERIAL	m3	182.16	$ 17,135.27	$ 3,121,360.46
	SUBTOTAL CAPITULO				**$ 5,831,149.15**
4.2	**CIMENTACIÓN DE LA DUCTERÍA**				
4.2.1	CAMA DE APOYO	m3	5.69	$ 21,720.16	$ 123,492.12
4.2.2	INSTALACIÓN DE DUCTERÍA (Unidad tramo 6 M)	Und	38.00	$ 1,432,289.95	$ 54,427,018.18
4.2.3	RELLENO DE PROTECCIÓN DE LA TUBERÍA (INICIAL)	m3	58.28	$ 47,258.04	$ 2,754,075.69
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 57,304,585.98**
4.3	**RELLENO Y ACABADO**				
4.3.1	RELLENO FINAL	m3	75.90	$ 1,707.26	$ 129,580.71
4.3.2	ACABADO	m2	138.00	$ 8,659.92	$ 1,195,068.34
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 1,324,649.06**
4.4	**CAJAS DE INSPECCIÓN**				
4.4.1	CAJA SENCILLA	Und	9.00	$ 395,146.44	$ 3,556,317.96
4.4.2	CAJA DOBLE	Und	2.00	$ 646,904.58	$ 1,293,809.17
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 4,850,127.13**
4.5	**PLANOS RECORD**				
4.51	ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS RECORD	Unid	1.00	$ 47,604.35	$ 47,604.35
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 47,604.35**
	Costo Directo				**$ 69,358,115.66**
	Administración		10%		$ 6,935,811.57
	Imprevistos		10%		$ 6,935,811.57
	Utilidad		10%		$ 6,935,811.57
	Costo Indirecto				**$ 20,807,434.70**
	IVA 16% de Utilidad				$ 1,109,729.85
	TOTAL GENERAL				**$ 91,275,280.21**

8.1.5 Capítulo 5 “Subterranización de la Red de Telefonía”

Tabla 55 Resumen de obra Red Telefónica (Fuente: Elaboración propia)

OBRA : SUBTERRANIZACIÓN DE LA RED DE TELEFONÍA
CIUDAD: BOGOTÁ D.C.

CANTIDADES DE OBRA

No.	DESCRIPCIÓN	UN	CANT.	VR.UNT	VR. TOTAL
5.1	**PRELIMINARES**				
5.1.1	LOCALIZACIÓN, TRAZADO Y REPLANTEO	día	5.00	$ 304,589.22	$ 1,522,946.08
5.1.2	SEÑALIZACIÓN	m	40.00	$ 10,056.80	$ 402,272.11
5.1.3	DESINSTALACIÓN ADOQUÍN	m2	92.00	$ 1,270.96	$ 116,928.05
5.1.4	EXCAVACIÓN DE MATERIAL	m3	88.32	$ 17,135.27	$ 1,513,386.89
	SUBTOTAL CAPITULO				**$ 3,555,533.12**
5.2	**CIMENTACIÓN DE LA DUCTERÍA**				
5.2.1	CAMA DE APOYO	m3	4.74	$ 21,720.16	$ 102,910.10
5.2.2	INSTALACIÓN DE DUCTERÍA (Unidad tramo 6 M)	Und	38.00	$ 459,620.39	$ 17,465,574.90
5.2.3	RELLENO DE PROTECCIÓN DE LA TUBERÍA (INICIAL)	m3	42.64	$ 21,481.30	$ 916,005.49
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 18,484,490.49**
5.3	**RELLENO Y ACABADO**				
5.3.1	RELLENO INICIAL	m3	20.70	$ 5,121.77	$ 106,020.58
5.3.2	RELLENO FINAL	m3	32.20	$ 25,573.63	$ 823,470.82
5.3.3	ACABADO	m2	92.00	$ 5,870.28	$ 540,065.35
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 1,469,556.75**
5.4	**CAJAS DE INSPECCIÓN**				
5.4.1	CAJA DE PASO SENCILLA ETB	Und	9.00	$ 207,278.03	$ 1,865,502.29
5.4.2	CAJA TIPO 13	Und	2.00	$ 1,667,767.63	$ 3,335,535.27
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 5,201,037.55**
5.5	**PLANOS RECORD**				
5.5.1	ELABORACIÓN Y ENTREGA DE PLANOS RECORD	Unid	1.00	$ 47,604.35	$ 47,604.35
	SUBTOTAL CAPÍTULO				**$ 47,604.35**
	Costo Directo				**$ 28,758,222.27**
	Administración		10%		$ 2,875,822.23
	Imprevistos		10%		$ 2,875,822.23
	Utilidad		10%		$ 2,875,822.23
	Costo Indirecto				**$ 8,627,466.68**
	IVA 16% de Utilidad				$ 460,131.56
	TOTAL GENERAL				**$ 37,845,820.50**

Se adoptó un valor general de Administración, Imprevistos y Utilidad, correspondiente al 10% para cada uno de estos ítems, dado que para este tipo de proyectos se enfrentan actividades adyacentes al proceso constructivo, que se convierten en gastos notables en el presupuesto ejecutado al final.

8.1.6 Reparaciones puntuales estimadas

A continuación se presenta el cuadro resumen, que exhibe el monto invertido en cada reparación puntual, se establece que la reparación será la menor posible, para no perder el enfoque de la investigación, véase *Tabla 56 Montos invertidos en reparaciones puntuales (Fuente: Autores.),y Tabla 57 Montos totales invertidos en reparaciones puntuales (Fuente: Autores.).*

Tabla 56 Montos invertidos en reparaciones puntuales (Fuente: Autores.)

No	DESCRIPCIÓN	UN	CT.	VR.UNT	VR. TOTAL	A.I.U(10% C/U)	IVA 16%	TOTAL GENERAL
1.1	RED AGUA POTABLE	GLB	1.0	$ 424,099.04	$ 424,099.04	$ 127,229.71	$ 6,785.58	**$ 558,114.34**
2.1	RED DE SANEAMIENTO RESIDUAL	GLB	1.0	$ 1,088,463.94	$ 1,088,463.94	$ 326,539.18	$ 17,415.42	**$ 1,432,418.54**
3.1	REPARACIÓN - RED DE SANEAMIENTO PLUVIAL	GLB	1.0	$ 1,260,607.27	$ 1,260,607.27	$ 378,182.18	$ 20,169.72	**$ 1,658,959.17**
4.1	RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO	GLB	1.0	$ 972,710.08	$ 972,710.08	$ 291,813.03	$ 15,563.36	**$ 1,280,086.47**
5.1	REPARACIÓN - RED DE TELEFONÍA	GLB	1.0	$ 671,562.08	$ 671,562.08	$ 201,468.63	$ 10,744.99	**$ 883,775.70**

Tabla 57 Montos totales invertidos en reparaciones puntuales (Fuente: Autores.).

No.	DESCRIPCIÓN	UN	CANT.	VR. UNT	VR. TOTAL
1.1	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE REPARACIÓN - RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	GLOBAL	1.00	$ 424,099.04	$ 424,099.04
2.1	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE REPARACIÓN - RED DE SANEAMIENTO RESIDUAL	GLOBAL	1.00	$ 1,088,463.94	$ 1,088,463.94
3.1	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE REPARACIÓN - RED DE SANEAMIENTO PLUVIAL	GLOBAL	1.00	$ 1,260,607.27	$ 1,260,607.27
4.1	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE REPARACIÓN - RED DE SUMINISTRO ELÉCTRICO	GLOBAL	1.00	$ 972,710.08	$ 972,710.08
5.1	INSTALACIÓN DE ACCESORIOS DE REPARACIÓN - RED DE TELEFONÍA	GLOBAL	1.00	$ 671,562.08	$ 671,562.08
		Costo Directo			**$ 4,417,442.42**
		Administración	10%		$ 441,744.24
		Imprevistos	10%		$ 441,744.24
		Utilidad	10%		$ 441,744.24
		Costo Indirecto			**$ 1,325,232.73**
		IVA 16% de Utilidad			$ 70,679.08
		TOTAL GENERAL			**$ 5,813,354.23**

Debe señalarse que estas reparaciones son estimadas, y para dicha estimación se establece el monto mínimo de reparación para cada red. A continuación se presenta un comparativo entre el metraje instalado y el porcentaje de reparación considerado para el cálculo de los montos de este, teniendo en cuenta que se reparó 1 metro lineal de tubería para cada red, por lo tanto se puede establecer que para el caso estudio el costo de imprevistos propuesto más que satisfactorio, pero se plantea la pregunta ¿hasta qué porcentaje de intervención indeseada, dicho presupuesto de imprevistos cubre?, véase *Tabla 58 Porcentaje de reparación estimado. (Fuente: Autores.)*

Tabla 58 Porcentaje de reparación estimado. (Fuente: Autores.)

	TOTAL RED METROS LINEALES INSTALADOS	PORCENTAJE CALCULADO DE REPARACIÓN	PROMEDIO DE REPARACIÓN CALCULADO
AGUA POTABLE	230	0.43%	
SANEAMIENTO RESIDUAL	200	0.50%	
SANEAMIENTO PLUVIAL	100	1.00%	0.56%
SUMINISTRO ELÉCTRICO	230	0.43%	
SUMINISTRO TELEFÓNICO	230	0.43%	

A continuación, se presenta una tabla resumen de la totalidad de sub-proyectos, de esta manera se puede visualizar cuál de ellos es el más costoso frente a los demás, además se pueden determinar los valores de A.I.U, véase *Tabla 59 Resumen financiero de la instalación de redes (Fuente: Autores.) y Tabla 60 Resumen financiero de la reparación de redes (Fuente: Autores.)*

Tabla 59 Resumen financiero de la instalación de redes (Fuente: Autores.)

RESUMEN FINANCIERO GENERAL DE LA INSTALACIÓN DE REDES						
	AGUA POTABLE	SANEAMIENTO RESIDUAL	SANEAMIENTO PLUVIAL	SUMINISTRO ELECTRICO	SUMINISTRO TELEFONICO	TOTAL GENERAL
Costo Directo	**$ 35,226,665.91**	**$ 101,126,856.36**	**$ 66,022,876.28**	**$ 69,358,115.66**	**$ 28,758,222.27**	**$ 300,492,736.48**
Administración	$ 3,522,666.59	$ 10,112,685.64	$ 6,602,287.63	$ 6,935,811.57	$ 2,875,822.23	$ 30,049,273.65
Imprevistos	$ 3,522,666.59	$ 10,112,685.64	$ 6,602,287.63	$ 6,935,811.57	$ 2,875,822.23	$ 30,049,273.65
Utilidad	$ 3,522,666.59	$ 10,112,685.64	$ 6,602,287.63	$ 6,935,811.57	$ 2,875,822.23	$ 30,049,273.65
Costo Indirecto	**$ 10,567,999.77**	**$ 30,338,056.91**	**$ 19,806,862.88**	**$ 20,807,434.70**	**$ 8,627,466.68**	**$ 90,147,820.94**
IVA 16% de Utilidad	$ 563,626.65	$ 1,618,029.70	$ 1,056,366.02	$ 1,109,729.85	$ 460,131.56	$ 4,807,883.78
TOTAL GENERAL	**$ 46,358,292.34**	**$ 133,082,942.97**	**$ 86,886,105.18**	**$ 91,275,280.21**	**$ 37,845,820.50**	**$ 395,448,441.20**

Tabla 60 Resumen financiero de la reparación de redes (Fuente: Autores.)

RESUMEN FINANCIERO GENERAL DE LA REPARACIÓN DE REDES						
	AGUA POTABLE	SANEAMIENTO RESIDUAL	SANEAMIENTO PLUVIAL	SUMINISTRO ELECTRICO	SUMINISTRO TELEFONICO	TOTAL GENERAL
Costo Directo	**$ 424,099.04**	**$ 1,088,463.94**	**$ 1,260,607.27**	**$ 972,710.08**	**$ 671,562.08**	**$ 4,417,442.41**
Administración	$ 42,409.90	$ 108,846.39	$ 126,060.73	$ 97,271.01	$ 67,156.21	$ 441,744.24
Imprevistos	$ 42,409.90	$ 108,846.39	$ 126,060.73	$ 97,271.01	$ 67,156.21	$ 441,744.24
Utilidad	$ 42,409.90	$ 108,846.39	$ 126,060.73	$ 97,271.01	$ 67,156.21	$ 441,744.24
Costo Indirecto	**$ 127,229.71**	**$ 326,539.18**	**$ 378,182.18**	**$ 291,813.03**	**$ 201,468.63**	**$ 1,325,232.73**
IVA 16% de Utilidad	$ 6,785.58	$ 17,415.42	$ 20,169.72	$ 15,563.36	$ 10,744.99	$ 70,679.08
TOTAL GENERAL	**$ 558,114.33**	**$ 1,432,418.54**	**$ 1,658,959.17**	**$ 1,280,086.47**	**$ 883,775.70**	**$ 5,813,354.22**

En una reparación estimada del 0.56% de las redes correspondiente al total instalado, se registró un aumento en el presupuesto necesario del 1,45 %.

8.1.7 Equipo Georadar

Para el equipo Georadar se realizó un análisis del costo de uso del equipo por día de trabajo (8 horas) y dado que el rendimiento de equipo es de 1 kilómetro lineal por día se estableció que con un solo día de uso del equipo era suficiente para levantar el total del área determinada, se estableció que para dar una garantía en la presión

del levantamiento en cuanto a geolocalización se refiere, contaríamos con un topógrafo y que a su vez este haría el control del equipo y levantamiento con una estación total, véase Tabla 61 Análisis de Precios Unitarios Equipo Georadar.

Tabla 61 Análisis de Precios Unitarios Equipo Georadar

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS EQUIPO GEORADAR					
VALOR USO DEL EQUIPO GEORADAR				FECHA	12-09-2015
CAPITULO: 1		ÍTEM No.	1.1	UNIDAD:	DÍA
DESCRIPCIÓN ÍTEM:		EQUIPO GEORADAR (PROPIO)			
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN		UN	CANTIDAD	Vr. UNIT.	Vr. TOTAL
PINTURA		GL	0.06250	$ 37,800.00	$ 2,362.50
VALOR MATERIALES					**$ 2,362.50**
EQUIPO Y HERRAMIENTAS					
DESCRIPCIÓN		UN	RENDIMIENTO	Vr. UNIT.	Vr. TOTAL
HERRAMIENTA (2% MANO DE OBRA)		GLOBAL	1.00000	$ 5,178.22	$ 5,178.22
GPR EASY LOCATOR		DÍA	1.00000	$ 97,050.00	$ 97,050.00
TRANSPORTE EQUIPO		DÍA	1.00000	$ 60,000.00	$ 60,000.00
ESTACIÓN TOTAL		DÍA	1.00000	$ 50,000.00	$ 50,000.00
VALOR EQUIPO Y HERRAMIENTAS					**$212,228.22**
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN		Vr.DIA+PREST	RENDIMIENTO		Vr. TOTAL
TOPÓGRAFO		$104,330.79	1.00000		$ 104,330.79
CADENERO I		$ 65,312.03	1.00000		$ 65,312.03
AYUDANTE		$ 44,634.14	2.00000		$ 89,268.28
VALOR MANO DE OBRA					**$ 258,911.09**
VALOR COSTO DIRECTO					**$ 423,501.81**
A.I.U		%	30		**$ 127,050.54**
VALOR TOTAL ÍTEM					**$615,552.36**

8.2 Probabilidad de ocurrencia de daño sobre la red

Para realizar una evaluación sobre la probabilidad de ocurrencia de una evento de intervención indeseada sobre una red de servicio, es necesario establecer que criterio se evaluara, por tanto solo se tratará la planimetría de estas, debido a que generalmente las intervenciones se realizan con metodología a cielo abierto, de esta manera se siguen los criterios aportados en el concepto de probabilidad clásica manejado para tal fin.

8.2.1 Definición probabilidad clásica

Esta dada por número de resultados favorables a la presentación de un evento dividido entre el número total de resultados posibles. Asignación de probabilidad "a priori", si necesidad de realizar el experimento.

De esta manera, si un suceso puede ocurrir de N maneras mutuamente excluyentes e igualmente probables, y m de ellas poseen una característica A

$$P(A) = \frac{m}{n} = \frac{Numero\ de\ casos\ favorables\ a\ A}{Numero\ de\ casos\ posibles}$$

8.2.2 Metodología de estimación de probabilidad de daño

Para realizar una estimación enfocada al conocimiento de la posibilidad de daños de una red de suministro, se parte del concepto de probabilidad clásica, de esta manera, se relaciona este estudio de probabilidad en referencia al área que ocupa cada uno de los servicios adyacentes al que se instalaría, es decir, se parte del supuesto de que el servicio estudiado es el último en la lista de instalación de redes y los demás ya están situados, además se desconoce su ubicación particular.

En este contexto, para estudiar la probabilidad de daño sobre la red de gas natural, se establece el porcentaje del área total en la que se encuentra ocupación de las redes mencionadas (Red potable, red telefonía y red eléctrica), además se suma un porcentaje de incertidumbre, que acoge la presencia de redes desconocidas, como: acometidas domiciliarias a las redes, filtros, cámaras de inspección desconocidas y ***derivaciones fraudulentas***. Así mismo, se realiza el análisis de probabilidad para cada una de las redes.

8.3 Comparación entre el costo de reparación y el costo del uso del Georadar

En la *Tabla 62 Sobrecosto generado en la ejecución de proyectos. (Fuente: Autores.),* se compara de forma numérica y porcentual los incrementos generados por el uso del equipo Georadar y las reparación a cada red y al proyecto en general.

Tabla 62 Sobrecosto generado en la ejecución de proyectos. (Fuente: Autores.)

AUMENTO PORCENTUAL SOBRE EL PROYECTO GENERADO

	AGUA POTABLE	SANEAMIENTO RESIDUAL	SANEAMIENTO PLUVIAL	SUMINISTRO ELÉCTRICO	SUMINISTRO TELEFÓNICO	TOTAL GENERAL
INSTALACIÓN	$46,358,292.34	$133,082,942.97	$86,886,105.18	$91,275,280.21	$37,845,820.50	$395,448,441.20
VALOR GPR	$550,552.36	$550,552.36	$550,552.36	$550,552.36	$550,552.36	$550,552.36
VALOR REPARACIÓN	$558,114.33	$1,432,418.54	$1,658,959.17	$1,280,086.47	$883,775.70	$5,813,354.22
INCREMENTO POR GEORADAR	1.328%	0.463%	0.708%	0.674%	1.626%	0.156%
INCREMENTO POR REPARACIÓN	1.204%	1.076%	1.909%	1.402%	2.335%	1.470%

En la Ilustración 43 Comparación de aumento porcentual sobre el proyecto se puede ver el impacto económico que tiene el uso del equipo Georadar sobre las redes y sobre el proyecto en general y a su vez muestra el impacto del sobre costo por

reparaciones en cada una de las redes de servicio público mostrando de forma clara el uso del Georadar minimiza ese sobre costo de forma substancial como es el caso de la red de saneamiento pluvial donde la incidencia de reparación es de un 1.909% y del uso del Georadar es de un 0.708%.

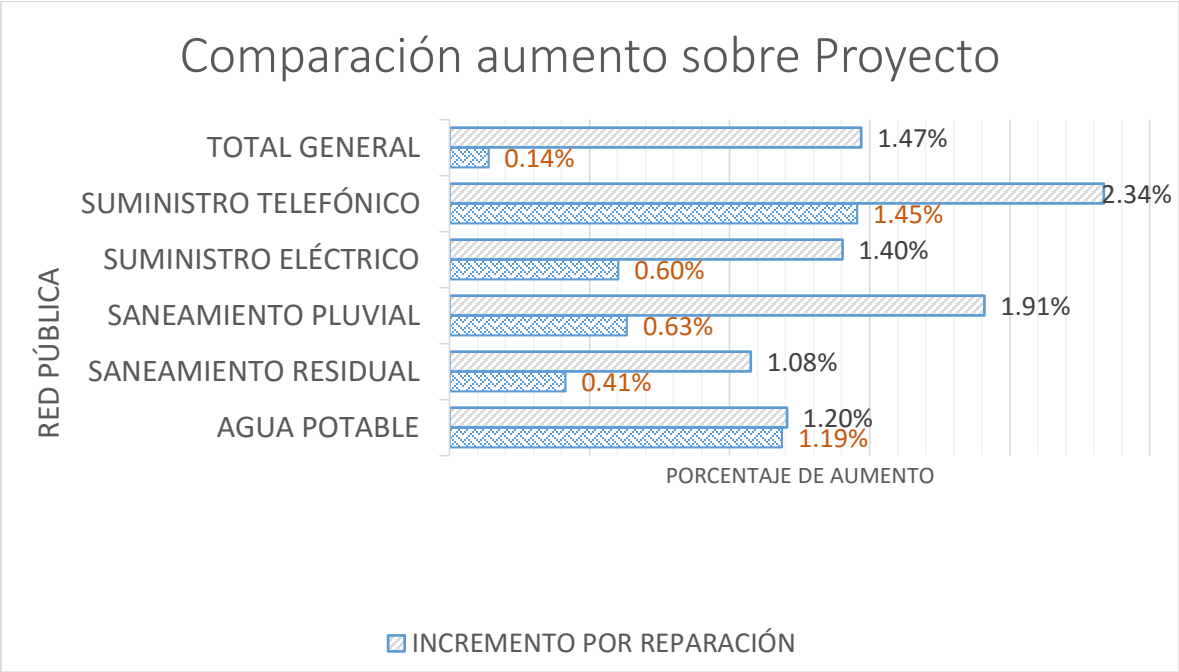


Ilustración 43 Comparación de aumento porcentual sobre el proyecto

Reforzando la gráfica anterior se presenta la siguiente grafica que muestra la relación entre que existe entre el costo del uso del Georadar y el costo de reparaciones, estableciendo que proporción de aumento del costo existe entre las dos variables, véase *Tabla 63 Comparación económica entre ejecuciones de proyectos frente al uso de la tecnología georadar. (Fuente: Autores.), e* Ilustración 44 Relación entre el uso del Georadar y las reparaciones a las redes. (Fuente: Autores.)

Tabla 63 Comparación económica entre ejecuciones de proyectos frente al uso de la tecnología georadar. (Fuente: Autores.)

COMPARACIÓN REPARACIONES USO DE GEORADAR

	AGUA POTABLE	SANEAMIENTO RESIDUAL	SANEAMIENTO PLUVIAL	SUMINISTRO ELÉCTRICO	SUMINISTRO TELEFÓNICO	TOTAL GENERAL
VALOR REPARACIÓN	$558,114.33	$1,432,418.54	$1,658,959.17	$1,280,086.47	$883,775.70	$5,813,354.22
VALOR GEORADAR	$615,552.36	$615,552.36	$615,552.36	$615,552.36	$615,552.36	$615,552.36
VALOR DIFERENCIA	$57,438.02	-$816,866.19	-$1,043,406.81	-$664,534.12	-$268,223.35	-$5,197,801.86
DIFERENCIA EN PORCENTAJE	**10.29%**	**57.03%**	**62.90%**	**51.91%**	**30.35%**	**89.41%**

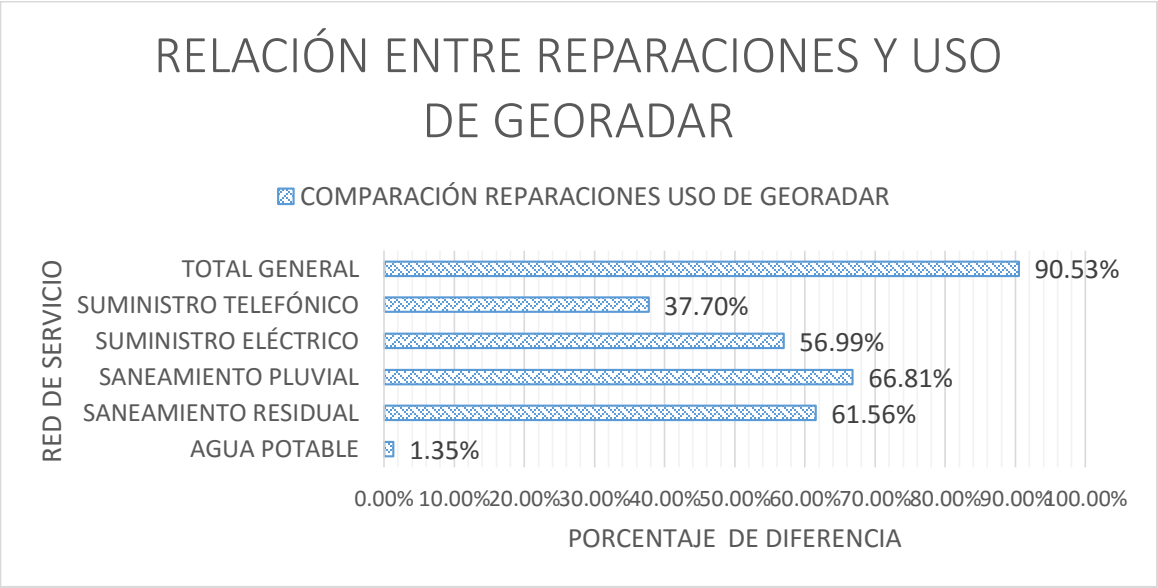


Ilustración 44 Relación entre el uso del Georadar y las reparaciones a las redes. (Fuente: Autores.)

8.4 Análisis de probabilidad de daño

Una vez evaluada la metodología de análisis seleccionada, se determina el área total de influencia, para las redes canalizadas bajo el andén será el área del mismo, y para las construidas bajo la calzada será el área de la misma, véase la *Tabla 64 Área total de influencia - Anden y calzada. (Fuente: Autores.)*

Tabla 64 Área total de influencia - Anden y calzada. (Fuente: Autores.)

ÁREA TOTAL DE INFLUENCIA	
Zona dura (Andén)	**Calzada**
Largo: 230 M Ancho: 4.50 M Área: 1035 M2	Largo:200 M Ancho:6.00 M Área: 1200 M2

Para empezar se establece el área de ocupación de cada una de las redes, esta área incluye solamente el área de la tubería, debido a que las estructuras superficiales como cajas de inspección y/o válvulas generalmente se encuentran visibles.

Además se establece un área de ocupación sobre la calzada, para cada red perteneciente al andén, dado que las redes matrices deben cruzar entre andenes por medio de las calzadas, además de un porcentaje de acometidas residuales y pluviales, que pasan por los mismos, correspondiente al área ocupada por un tramo de tubería del diámetro correspondiente, véase *Ilustración 45 Distribución de redes de servicio (Fuente: Autores.)*

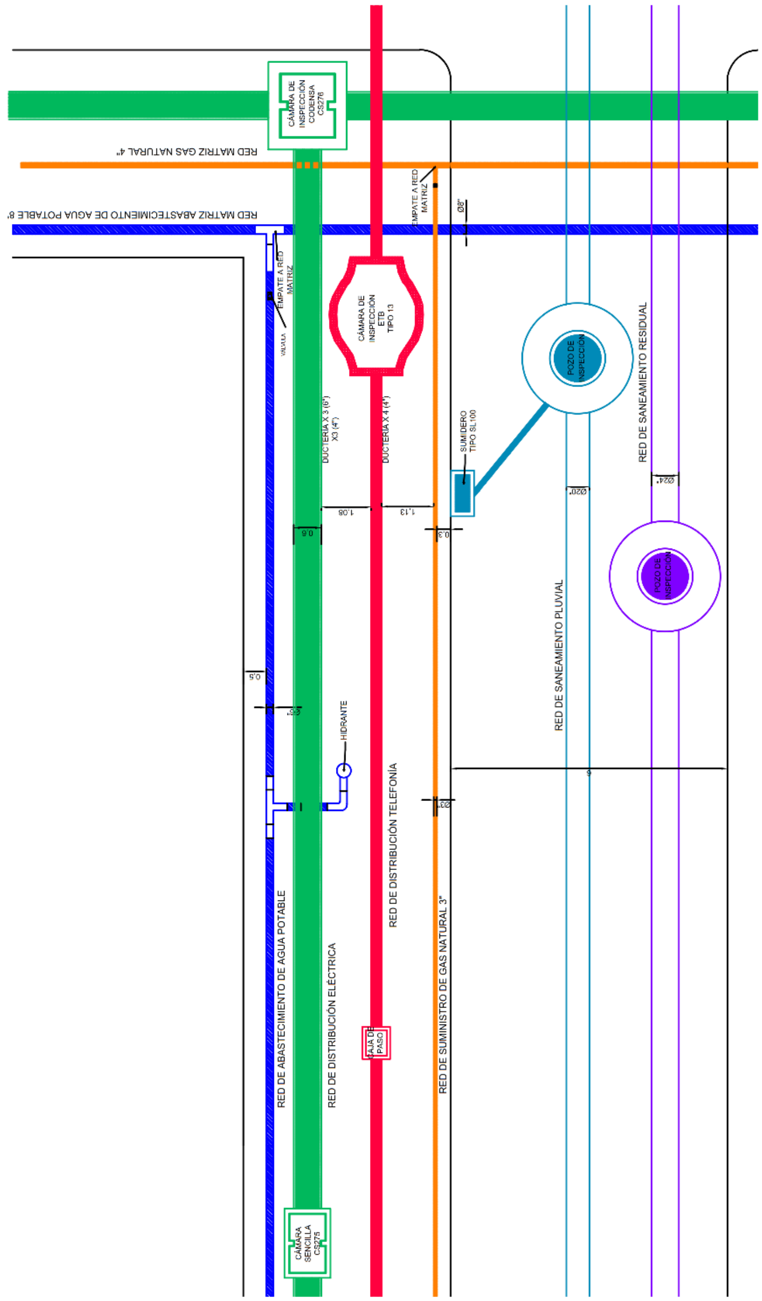


Ilustración 45 Distribución de redes de servicio (Fuente: Autores.)

Estas áreas son acordes con los diámetros y los tramos instalados; y existentes para el caso del gas natural, para los cruces en calzada se establece una longitud de 12 Metros correspondiente a 2 cruces de cada red, véase *Tabla 65 Área de ocupación de redes de servicio. (Fuente: Autores.)*

Tabla 65 Área de ocupación de redes de servicio. (Fuente: Autores.)

ÁREA DE OCUPACIÓN DE REDES DE SERVICIO		
Red de servicio	**Zona dura (Andén)**	**Calzada**
Red gas natural	L=230M ø=3” 17,53 M2	L=12M ø=4” 1,22 M2
Red de abastecimiento de agua potable	L=230M ø=6” 35,05 M2	L=12M ø=8” 2,44 M2
Red de distribución eléctrica	L=230M ø=6”x3 105,16 M2	L=12M ø=6”x3 5,49 M2
Red telefonía	L=230M ø=4”x2 46,74 M2	L=12M ø=4”x2 2,43 M2
Red de saneamiento residual	L=4,5M ø=20”x2 4,57 M2	L=100M ø=20” 50,80 M2
Red de saneamiento pluvial	L=230M ø=4”x2 2,74 M2	L=200M ø=24” 121,92 M2

Además, se deben contemplar las áreas donde se encuentran accesorios instalados, como cajas de inspección, cajas de paso, cajas de tipo sencillo, hidrantes, válvulas y pozos de inspección; pues estas áreas deberán ser respetadas en caso de realizar algún tipo de intervención sobre la futura red en servicio, véase *Tabla 66 Área de ocupación de redes de servicio- Accesorios (Fuente: Autores.)*

Tabla 66 Área de ocupación de redes de servicio- Accesorios (Fuente: Autores.)

ÁREA DE OCUPACIÓN DE REDES DE SERVICIO - ACCESORIOS		
Red de servicio	**Zona dura (Andén)**	**Calzada**
Red gas natural	Válvulas – accesorios 0.08 M2	Válvulas – accesorios 0.08 M2
Red de abastecimiento de agua potable	Válvulas – accesorios - hidrante 0.32 M2	Válvulas – accesorios 0.08 M2
Red de distribución eléctrica	Cajas de inspección (Tipo cs276 x 2) – (Tipo cs275 x 9) 19.96 M2	- -
Red telefonía	Cajas de inspección (Tipo 13 x 2) – (Cajas de paso sencillas x 9) 12.08 M2	- -
Red de saneamiento residual	- -	Pozos de inspección 22,62 M2
Red de saneamiento pluvial	- -	Pozos de inspección y sumideros 9,54 M2

Ahora se establecen los porcentajes de ocupación frente al área total de influencia, de esta manera, se establece que el 100% del área ocupada corresponde al área total del andén, este concepto se aplica para el cálculo de ocupación de redes de la calzada de la misma manera, como porcentaje de incertidumbre se toma el 10% del área que no contiene redes conocidas.

A continuación en la *Tabla 67 Porcentaje de ocupación de redes de servicio público (Fuente: Autores.)*, se presenta una relación de las áreas que ocupan las redes sin contar con los componentes de inspección que se encuentran a simple vista tales como, cajas de inspección, cajas de paso, válvulas, pozos de inspección, entre otros.

Tabla 67 Porcentaje de ocupación de redes de servicio público (Fuente: Autores.)

PORCENTAJES OCUPACIÓN DE REDES DE SERVICIO		
Red de servicio	**Zona dura (Andén)**	**Calzada**
Red gas natural	1,69 %	0,10 %
Red de agua potable	3,39 %	0,20 %
Red eléctrica	10,16 %	0,46 %
Red telefonía	4,52 %	0,20 %
Red residual	0,44 %	4,23 %
Red pluvial	0,26 %	10,16%

En base a la *Tabla 67 Porcentaje de ocupación de redes de servicio público (Fuente: Autores.)*, se puede establecer que la red de mayor ocupación en el andén es la red eléctrica con un 10.16%, esto se podría como que es la red más vulnerable a la intervención indeseada esto, partiendo de la primicia del desconocimiento total de la distribución de redes dispuestas en el andén, en este contexto también se puede establecer que la red con mayor probabilidad de intrusión en la calzada, será la red pluvial.

Tabla 68 Porcentaje de área de ocupación de componentes de inspección (Fuente: Autores.)

PORCENTAJES ÁREA DE OCUPACIÓN DE REDES DE SERVICIO - ACCESORIOS		
Red de servicio	**Zona dura (Andén)**	**Calzada**
Red gas natural	0.01 %	0.01 %
Red de abastecimiento de agua potable	0.03 %	-
Red de distribución eléctrica	1.93 %	-
Red telefonía	1.17 %	-
Red de saneamiento residual	-	1.89%
Red de saneamiento pluvial	-	0.80%

En la *Tabla 69 Porcentaje de distribución del subsuelo (Fuente: Autores.), la Ilustración 46 Porcentaje de ocupación de redes de servicio en andén (Fuente: Autores.), y la Ilustración 47 Porcentaje de ocupación de redes de servicio en calzada (Fuente: Autores.)* se visualizan los porcentajes de ocupación de redes frente al área total de anden intervenida, se puede observar, como sin tener conocimiento de las redes de servicios presentes en el subsuelo, al realizar un proceso invasivo de manera puntual existe una posibilidad del 28.41% de intervención indeseada sobre cualquier red existente. Así mismo la Ilustración 47 Porcentaje de ocupación de redes de servicio en calzada (Fuente: Autores.), expresa el mismo caso pero para la calzada

Tabla 69 Porcentaje de distribución del subsuelo (Fuente: Autores.)

PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN DE REDES DE SERVICIO PÚBLICO

Ítem	Zona dura (Andén)	Calzada
Ocupación de redes de servicio público	20,46 %	15,35 %
Porcentaje de incertidumbre	7,95 %	8,46 %
Área sin redes de servicio	68.44 %	73,49 %
Área ocupada por accesorios	3,15 %	2,7 %

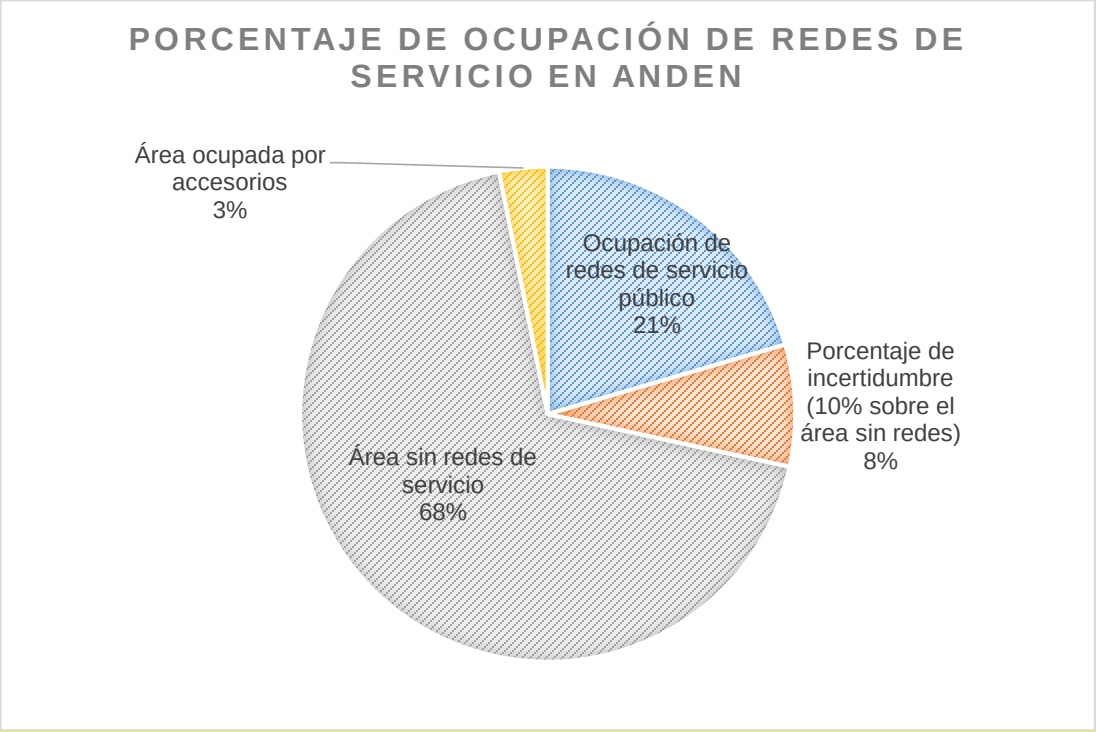


Ilustración 46 Porcentaje de ocupación de redes de servicio en andén (Fuente: Autores.)

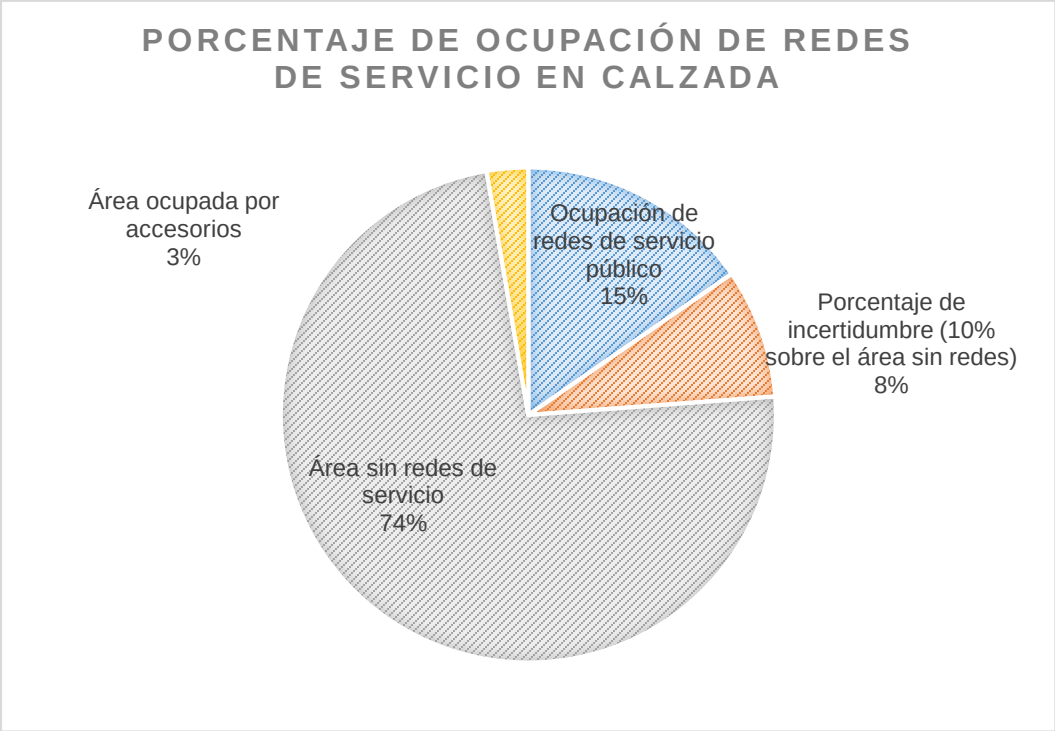


Ilustración 47 Porcentaje de ocupación de redes de servicio en calzada (Fuente: Autores.)

9 Conclusiones

La elaboración de presupuestos para la ejecución de proyectos de índole ingenieril en Colombia, puede ser ejecutada por diversidad de profesionales; en este contexto, eventualmente cualquier profesional que posea relación con este campo, debe estar en la capacidad de valorar, proyectar y estimar, el costo de las actividades necesarias para lograr un fin.

De esta manera, el profesional en Ingeniería Topográfica, en base a los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación profesional, en el componente de formulación, gerencia y administración de proyectos; está en la capacidad de evaluar las consideraciones necesarias para apropiarse de una tecnología naciente por medio de mecanismos financieros y técnicos, esto aplica a diversidad de tecnologías, no solo la evaluada en esta investigación, probablemente investigaciones futuras se centren en equipamientos tales como los scanner laser y las mismas estaciones totales de nueva generación.

La adquisición de equipamientos, es benéfica porque amplia el campo de acción del profesional y simplifica procesos; para el caso de los levantamientos sub-superficiales es innegable el valor agregado, pues realizar este tipo de adquisiciones de datos con las técnicas convencionales sesga la información recolectada.

Este proyecto se enfocó en la estimación de los beneficios técnicos y económicos, que se pueden alcanzar, cuando se adquiere cartografía del subsuelo por medio de análisis financieros propios de la gerencia y administración de proyectos. Para tal fin, se decidió evaluar la tecnología Georadar, a partir de una revisión bibliográfica, que permitió conocer los alcances de esta, establecer de manera simple su funcionamiento y las particularidades mismas relacionadas con la adquisición de información; sabiendo esto se lograron establecer una serie de criterios mínimos necesarios para escoger un equipo de esta gama, permitiendo posteriormente generar una metodología de selección del mismo. Es importante mencionar que

esta revisión bibliográfica permitió conocer las ventajas del trabajo realizado con esta tecnología, a partir de las experiencias de profesionales en el área, y establecer la importancia de su uso en los proyectos de índole ingenieril, concentrando la investigación en el aspecto financiero del equipo y no en su componente técnico.

Con el fin estimar los beneficios que se obtienen al usar una tecnología como el Georadar, fue necesario apreciar el coste de instalación y reparación probable correspondiente a las redes de servicio de una zona de estudio, además de las consideraciones financieras necesarias, para implementar esta tecnología en un levantamiento del sub-suelo con características adecuadas para generar un catastro de redes de la franja de estudio evaluada.

En este contexto, se estableció una zona de estudio con características generales, de tal manera, no se propuso una situación con características que aumentaran la probabilidad de daño o generaran consecuencias de mayor grado, como sería la evaluación de procesos de intervención indeseada sobre redes matriz, por el contrario, la zona de estudio propuesta presenta características propias del proceso de urbanización, en marcado en los cambio de uso del suelo realizados en la ciudad de Bogotá; donde la inserción de comunidades con densidades poblacionales más altas, requiere de la ampliación de la capacidad de las redes.

Los proyectos ingenieriles de este tipo requieren de los profesionales en topografía, pues estos son quienes realizan la gestión del espacio, buscando las alternativas más eficientes. Aunque en la ciudad ha avanzado en el proceso de recolección de información referente a la distribución de las redes de servicio existentes, es complejo construir una base de datos que acople la totalidad de la información necesaria para conformar un catastro de redes, actualizado y fiel a la realidad; pues en ocasiones la dispersión de la información existente es tal, que las entidades encargadas de ejecutar proyectos no la reciben.

Además, un catastro actualizado y fiel a la realidad permite al contratista y al contratante, ajustar los diseños contemplados a realidades más próximas del entorno del proyecto.

En este contexto, las valoraciones realizadas en esta investigación permiten conocer de manera simple, las consecuencias económicas que se presentan en esta tipología de proyectos. Se logró efectuar una revisión bibliográfica sobre la normatividad vigente, en el ámbito jerárquico y constructivo, sobre las redes de servicios públicos, sinterizando por medio de tablas las principales normas a considerar, para así realizar una evaluación económica de los procedimientos necesarios para ejecutar este tipo de obras. Los cuales se valoraron por medio de capítulos y actividades puntuales que permitieron la posterior construcción de análisis de precios unitarios, que seguidamente se organizaron para construir resúmenes de obra, donde se consideran las actividades de forma general y se establecen las comparaciones pertinentes, para evaluar los montos necesarios para ejecutar este tipo de intervenciones.

Es necesario establecer, que concebir la probabilidad de daño a una red en un proyecto de estas características, es un juicio muy pretensioso, debido a la cantidad de factores que intervienen en el proceso, de tal manera, esta puede ser mayor o menor, dependiendo de variedad de situaciones, es por esta razón que el proceso de adjudicación de un porcentaje asignado a imprevistos, es un juego de azar en la construcción de presupuestos. Cualquier actividad que pueda disminuir la probabilidad de ocurrencia de cualquier evento en las consideraciones presupuestales, generara un valor de salvamento, concepto que se define como el monto no invertido en actividades consecuencia de imprevistos por desconocimiento de la distribución de las redes de servicio.

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se hace evidente que es más costoso realizar reparaciones, que realizar levantamientos sub-superficiales con tecnología Georadar, se contempló la reparación mínima posible realizada

sobre cada red, obviando las reparaciones al gas natural debido a que es lógico que cualquier intervención realizada a esta será un sobre costo, dado que en el proyecto no se contempla la instalación de esta red. Las reparaciones contempladas correspondieron al 0.56 % de las redes instaladas, con este monto calculado se puede determinar que el monto de salvamento que se presentaría en este proyecto, si se usa la tecnología Georadar es 89.41 %, este porcentaje surge de la diferencia entre el monto empleado en un proyecto con reparaciones contempladas y un proyecto con un levantamiento con Georadar asociado.

Evaluando el caso particular de este proyecto, se contextualiza la realidad de proyectos de pequeña magnitud, siendo estos eventualmente más frecuentes, aunque los valores resultado, serían más alarmantes al evaluar daños más considerables como el daño a una red matriz, se siguió este método, en pro de estudiar las situaciones más probables, dada la dificultad de establecer probabilidades de daño más ajustadas a la realidad.

Aunque en este proyecto los montos evaluados en el ítem de reparación pueden ser cubiertos por el porcentaje de imprevistos, debe resaltarse que el porcentaje de estudio de reparación fue el mínimo posible, en caso contrario el porcentaje de imprevistos no es suficiente y se pueden presentan pérdidas para el contratista o para el contratante.

Para terminar, es importante agregar que este proyecto de grado fue enfocado a mostrar el aspecto económico del equipo Georadar en la adquisición de cartografía del sub-suelo y no las consecuencias sociales, ambientales y culturales, que se presentan cuando se realizan este tipo de intervenciones, en la realidad de los proyectos, estas consecuencias pueden ser mayores a las económicas generando problemáticas, que pueden hacer inviable la ejecución de un proyecto.

10 Recomendaciones

Al proyecto curricular,

Es importante aprovechar los espacios académicos existentes para ampliar las tecnologías empleadas en el ejercicio de la topografía, pues la mayor parte de trabajos actuales donde se emplea el Georadar, son ejecutados por universidades de otros países por Ingenieros Topográficos o sus homólogos en formación.

Al profesional en Ingeniería Topográfica,

Conocer y utilizar este tipo de tecnologías de prospección permite ampliar el campo de acción de la profesión, no se debe tener recelo al empleo de procesos de actualización tecnológica; realizar este tipo de análisis financieros no solo es benéfico para valorar tecnologías recientes, también se puede evaluar el componente económico de las actividades de topografía convencional, y apreciar si el cobro realizado actualmente es justo.

Al contratista,

Garantizar la ejecución de las actividades contempladas, es mucho más fácil si se conoce la totalidad del área a intervenir, los problemas nunca deben solucionarse por el camino, se deben proveer de herramientas a los diseñadores encargados que les permitan establecer diseños ajustados a la realidad.

Al contratante,

Las demoras en la ejecución de los contratos no deben tener disculpas, en base a la deficiencia de los catastros de redes existentes, debe emplearse esta herramienta para contemplar los escenarios de manera real, así mismo esta tecnología permitirá seguir incursionando en las tecnologías de instalación de tubería sin zanja sin posibilidades de incurrir en situaciones que acarren actividades adicionales de reconexión, debido al desconocimiento de acometidas.

11 Glosario

Aleas. En una relación contractual, riesgo de incumplimiento de las prestaciones que constituyen su objeto.

Amortización.1. Redimir o extinguir el capital de un censo, préstamo u otra deuda. 2. tr. Recuperar o compensar los fondos invertidos en alguna empresa.

Derivación fraudulenta. Conexión realizada a partir de una acometida, o de una red interna o de los tanques de un inmueble independiente, que no ha sido autorizada por la entidad prestadora del servicio.

Planos Record. Planos entregado por el contratista al finalizar un proyecto, a la entidad que corresponda.

Stand-by. Valor que se debe pagar, se esté utilizando o no la maquinaria.

Sistema presurizado. Conjunto de actividades que permiten garantizar que la presión atmosférica altere las condiciones del tubo.

Sumidero. Estructura diseñada y construida para cumplir con el propósito de captar las aguas de escorrentía que corren por las cunetas de las calzadas de las vías para entregarlas a las estructuras de conexión o pozos de inspección de los alcantarillados combinados o de lluvias.

Subterranización. Poner bajo tierra redes de servicios públicos superficiales, tales como la energía.

Radargrama. Imagen generada a partir de la lectura de un radar. Gráfico de un radar de penetración terrestre.

Permafrost. Permagel o permacongelamiento es la capa de hielo permanente en los niveles superficiales del suelo de las regiones muy frías o periglaciares, como es la tundra.

Odómetro. Es un instrumento de medición que calcula la distancia total o parcial recorrida por un cuerpo (generalmente por un vehículo).

Kársticas. adj. Dicho de una formación caliza: Producida por la acción erosiva o disolvente del agua.

Sereno. Era el encargado nocturno de vigilar las calles y regular el alumbrado público y, en determinadas ciudades o barrios, de abrir las puertas.

Estratificación. Es la propiedad que tienen las rocas sedimentarias de disponerse en capas o estratos, uno sobre otros en una secuencia vertical.

Cementación. Proceso por el cual durante la diagénesis precipitan las sales disueltas en el agua situada en los poros de los sedimentos.

Salmuera. Es agua con una alta concentración de sal (NaCl) disuelta.

Pseudo-imagen. Imagen falsa o lectura de un instrumento que se ve como una imagen pero no cuenta con sus propiedades.

Plumas de contaminación. Concentración de contaminante presente en un sector determinado. Puede expandirse (aumento del área contaminada, mantenerse estable o contraerse (reducción del área contaminada).

12 Bibliografía

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2011). *Documento Técnico de Soporte - Modificación al Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá.* Bogotá D.C, Colombia: Secretaría de Planeación.

Annan, A., & Davis, J. (1976). *pImpulse radar sounding in permafrost, Radar de impulsos de resonancia en el Permafrost.* Distrito de Columbia, Estados Unidos: Radio Science.

Ballester, P. G. (2012). *Uso de la prospección geofísica mediante Georradar para el levantamiento topográfico de redes de servicios urbanos.* Barcelona, España: Congreso de Ingeniería Municipal.

Barriga B., J. (2006). *Diseño de alcantarillado sanitario, red de distribución de agua potable, programación y presupuesto de obra para el barrio villa Carol, ubicado en el municipio de Garzón (Huila).* Bogotá D.C,Colombia: Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería Civil.

Beltrán R., Á. (2012). *Costos y presupuestos.* Tepic, México : Instituto tecnológico de Tepic.

Betancur V., G. (2004). *Porcentaje de Imprevistos del -AIUAdministración, Administración, Imprevistos y Utilidad, en los Contratos de Obra.* Medellín, Colombia.: Cámara Colombiana de la Infraestructura Seccional Antioquia .

Boulaem B., N. Y. (2008). *Principios y aplicación del Georadar en Ecología, Geotécnica y arqueología.* Alicante, España.: Universidad de Alicante.

Brito Schimmel, P. (2010). Metodología para la prospección geofísica en arqueología. *LVCENTVM*, 9-22.

Cabrera, D. A. (2009). *Caracterización de Tuberías Enterradas para Redes de Abastecimiento en Servicio Mediante el Análisis de Imágenes Obtenidas con Radar de Subsuelo (Ground Penetrating Radar – GPR).* Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

Caicedo H., B. (Noviembre de 2003). Aplicaciones del Georadar de Subsuelo en Obras Civiles. *Universidad de los Andes de Colombia, 18*, 32-40.

Castillo L., P. (8 de Junio de 2012). Arranca modernización del centro de Bogotá. *El Espectador*, pág. 18.

Castro S., H. F. (2013). Plan de gestión de costos en dirección de proyectos. Aplicación en una empresa del sector minero-industrial de Colombia. *Revista EAN Scielo*, 22-39.

Clarke, R. A. (8 de 11 de 2011). *Info.ee.surrey.ac.uk.* Recuperado el 1 de Julio de 2015, de Info.ee.surrey.ac.uk.: http://info.ee.surrey.ac.uk/Workshop/advice/coils/mu/#itns

CODENSA. (2015). *Memoria Anual Codensa 2014.* Bogotá D.C,Colombia: CONDENSA. Recuperado el 10 de Agosto de 2015, de http://corporativo.codensa.com.co/ES/PRENSA/CENTRODOCUMENTAL/PublicacionesInformes/memoria_codensa_2014_web.pdf

Construdata. (Marzo - Mayo de 2005). Informe Especial Redes de Servicios Publicos. *Revista Construdata*(134), 13-19. Obtenido de http://issuu.com/legissa2010/docs/ed.134

Construdata. (10 de Agosto de 2006). *Banco de conocimiento.* Recuperado el 6 de Junio de 2015, de http://www.construdata.com/BancoConocimiento/R/revista_118/camaras.htm

Construdata. (12 de Marzo de 2006). *Banco del Conocimiento.* Recuperado el 3 de Junio de 2015, de http://www.construdata.com/BancoConocimiento/R/revista_118/camaras3.htm

Construdata. (11 de Agosto de 2006). *Banco del Conocimiento.* Recuperado el 20 de Junio de 2015, de http://www.construdata.com/BancoConocimiento/R/revista_118/camaras3.htm

Cosntrudata. (11 de Enero de 2008). *Banco de conocimiento*. Recuperado el 10 de Marzo de 2015, de http://www.construdata.com/bancoconocimiento/g/gas/gax4.htm#Centros de Medición

Dabas, M. (1998). La prospection géophysique. En M. Dabas, *La prospección Geofísica* (págs. 161-207). Paris,Francia: Collection Archéologiques dirigée par Ferdière.

Diaz, J. S. (27 de 11 de 2013). *Geotecnologia S.A.S.* Recuperado el 1 de Agosto de 2015, de http://erosion.com.co/: http://erosion.com.co/

Dig Smart of Maine Inc. (11 de Junio de 2010). *http://www.digsmartofmaine.com/*. Recuperado el 10 de Julio de 2015, de Digsmartofmaine.com: http://www.digsmartofmaine.com/gpr.php

E.S.P, Empresas Publicas de Medellín. (2004). *Normas para el diseño y construcción de obras civiles para redes de telecomunicaciones.* Medellín, Antioquia, Colombia: Gerencia de Telecomunicaciones .

EAAB, E. d. (2004). *NS-035 Requerimientos para la cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado.* Bogotá D.C, Colombia: EAAB.

EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2004). *(NS-023) Empate de Tuberías en Redes de Acueducto.* Bogotá D.C, Colombia: EAAB.

EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2006). *(NS-027) Instalación de hidrantes.* Bogotá D.C, Colombia: EAAB.

EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2006). *(NS-029) "Pozos de Inspección".* Bogotá D.C: EAAB.

EAAB, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2002). *(NS-047) EAAB "Normas de diseño de sumideros".* BogotáD.C.

El Tiempo. (1 de Agosto de 2015). La dificultad de sancionar por demoras en obras. *El Tiempo*. Recuperado el 2 de Agosto de 2015

ETB, Empresa de telecomunicaciones de bogota. (2008). *Manual de construcción de Cámaras y Cajas de Paso - ETB.* Bogotá D.C.

Garcia, F. (1996). Aplicaiones de georadar- para determinar oquedades en el futuro emplazamiento de pilas de sostenimiento. *GEOGACETA*, 1361-1364.

Gascón, E. (2008). Geo-Radar: Una nueva visión en la arqueología. *AKROS*, 77-81.

Gepard GPR. (20 de Agosto de 2009). *okmmetaldetectors.com.* Recuperado el 20 de Julio de 2015, de http://www.okmmetaldetectors.com/products/ground-penetrating-radar/gepard-gpr.php?lang=es

Gobernación de Cundinamarca. (2000). *Cuenca alta del río Bogotá - Plan de Ordenamiento Territorial.* Bogotá D.C, Colombia: Departamento de Planeación.

Gutierrez, J. M. (2004). Análisis del subsuelo utilizando técnicas geofísicas. Sistema Georadar RAMAC/GPR. *TOPCART 2004* (pág. 4). Madrid, España: TOPCART 2004.

Hernández L., C. (2006). *Estudio geofísico en Begastri. Resultados preliminares.* Begastri, Región de Murcia, España.: Universidad Complutense de Madrid.

IDU, Instituto de Desarrollo Urbano. (2006). *Canalizaciones para la Red de Télefonos.* Bogotá D.C, Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá. Recuperado el 15 de Julio de 2015, de http://webidu.idu.gov.co:9090/jspui/bitstream/123456789/37428/27/60016889-23.pdf

Lee, K. N. (2007). *Un mundo en proceso de urbanización.* Barcelona, España: Centro de Investigación para la paz.

Linkinormas. (2003). *CS200 Características de ductos corrugados de PVC.* Bogotá D.C, Colombia: CODENSA. Recuperado el 10 de Julio de 2015, de http://likinormas.micodensa.com/Norma/cables_subterraneos/camaras_ducterias/cs200_caracteristicas_ductos_corrugados_pvc

Linkinormas. (2003). *CS211 Detalles ductos, zanjas y rellenos. 9 ductos diámetro Ø 4".* Bogotá D.C, Colombia: CONDENSA. Recuperado el 15 de Julio de 2015, de http://likinormas.micodensa.com/Norma/cables_subterraneos/camaras_ducterias/cs211_detalles_ductos_zanjas_rellenos_9_ductos

Linkinormas. (2004). *CS203 Construcción de canalizaciones eléctricas.* Bogotá D.C, Colombia: CODENSA. Recuperado el 12 de Julio de 2015, de http://likinormas.micodensa.com/Norma/cables_subterraneos/camaras_ducterias/cs203_construccion_canalizaciones_electricas

Linkinormas. (2010). *CS275 Caja de inspección sencilla para canalización de M.T. y B.T.* Bogotá D.C, Colombia: CODENSA. Recuperado el 20 de Julio de 2015, de http://likinormas.micodensa.com/Norma/cables_subterraneos/camaras_ducterias/cs275_caja_inspeccion_sencilla_canalizacion_m_t

Linkinormas. (2010). *CS276 Caja de inspección doble para canalización de M.T. y B.T.* Bogotá D.C, Colombia: CODENSA. Recuperado el 20 de Julio de 2015, de

http://likinormas.micodensa.com/Norma/cables_subterraneos/camaras_ducterias/cs276_caja_inspeccion_doble_canalizacion_m_t

Lorenzo, E., & Hernández, C. (1995). *Prospección geoftsica en yacimientos arqueológicos con georadar en España.* Región de Murcia, España.: Universidad Complutense de Madrid.

Moreno N., I. (2003). *Tecnología de radar de penetración terrestre como herramienta para el estudio del patrimonio cultural y bienes inmuebles de arquitectura civil.* Michoacán de Ocampo, Mexico.: Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo.

Morris, P. W. (2006). Exploring the role of formal bodies of knowledge in defining a profession–The case of project management. *International Journal of Project Management*(8), 710-721.

Nieto, L. (15 de Enero de 2004). Aplicación de sensores radar para detectar y evaluar el estado del pavimento y la red de tuberías y servicios en el subsuelo urbano. Ourense, Galicia, España.

Núñez A., A., & Jordi, P. D. (2010). *Georadar Aplicado A La Arqueología: El Palacio Del Real De Valencia.* Cataluña, España: Universidad de Cataluña.

Olhoeft G., R. (2000). (Maximizing the information return from ground penetrating radar) - Maximizar el retorno de información de radar de penetración del suelo. *Journal of Applied Geophysics - Diario de Geofísica Aplicada, 43*, 175.

PAVCO. (2014). *Guía de instalación Tubosistemas Biaxial para Acueducto.* Colombia: Bogotá D.C. Recuperado el Abril de 2015

PAVCO. (2014). *Manual Técnico Tubosistemas - Conducción Gas.* Bogotá D.C, Colombia.

PAVCO. (2014). *Manual Técnico Tubosistemas para alcantarillado NOVAFORT.* Bogotá D.C, Colombia: LABORATORIOS DE ENSAYOS EN TUBERIAS Y ACCESORIOS DE PVC.

PAVCO. (2015). *Tubosistemas Conduit TL y SCH 40,Cajas Eléctricas, Conduflex, Ductos Telefónicos y Eléctricos , y otros.* Bogotá D.C, Colombia.: Gerencia de Producto de PAVCO.

Pellicer L., V. (2001). *Ensayos no destructivos en hormigón. Georadar y Ultrasonidos.* Valencia, España: Universidad Politecnica de Valencia.

Pérez G., M. d. (2001). *Radar de subsuelo.Evaluación para aplicaciones en arqueología y en patrimonio histórico-artístico.* Cataluña,España.: Universidad Politécnica de Cataluña.

Prada F., O. J. (2009). *Estado del arte de diseño de sumideros en sistemas de alcantarillados en Colombia.* Bogotá D.C, Colombia: Universidad de la Salle. Programa de Ing. Civil.

Secretaria de planeación Municipio El Rosal. (2006). *Diagnostico, Estudios, Diseños Y Formulación Del Plan Maestro De Acueducto Y Alcantarillado Del Casco Urbano Y Centros Poblados Del Municipio De El Rosal.* El Rosal, Cundinamarca, Colombia.

Sierra, T. M. (2007). Áreas residenciales y desarrollo urbano en Bogotá. En J. C. Del Castillo, & Otros, *Urbanismos No.1* (págs. p. 28 - 68). Bogotá: Unibiblos Publicaciones Universidad Nacional De Colombia.

Sossa, K. Z. (2011). *Una vasija revelará la historia.* Bogotá D.C, Colombia: Instituto ColombianoDe Antropología e Historia- ICANH.

Tavera, M. (2008). *Aplicación del georadar para la mejora del rendimiento de una red hídrica.* Valencia, España: Universidad Politécnica De Valencia.

Tipler, P. (2004). *Physics for Scientists and Engineers: Electricity, Magnetism, Light, and Elementary Modern Physics (5th edición).* Distrito de Columbia, Estados Unidos: W. H. Freeman.

UNAL, U. N., & Bogotá, A. d. (01 de 01 de 2005). *Bogotá en Documentos*. Recuperado el 16 de 07 de 2015, de http://www.bogotaendocumentos.com/cronologia/1900/

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (20 de Enero de 1998). *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Recuperado el 3 de Abril de 2015, de Ingeniería Topografíca: http://www.udistrital.edu.co/dependencias/tipica.php?id=29#/getContentTipica.php?c=objetivos&id=29

Vergara N., N. V., & Carmona P., J. A. (2012). *Metodología de gerencia de proyectos para empresas dedicadas a construir obras civiles, enmarcado en el PMBOK-V4.* Medellín, Colombia: Universidad de Medellín.

13 Anexos