



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL TIEMPO Y COSTO PARA UN PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO COMPARANDO EL MÉTODO CONSTRUCTIVO CON ZANJA ABIERTA VS REHABILITACIÓN SIN ZANJA (CIPP) BAJO LINEAMIENTOS PMBOK V.6

CLAUDIA PATRICIA RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ
MANUEL ALEJANDRO MURCIA MARTÍNEZ

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS
BOGOTÁ D.C
2021



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Vigilada Mineducación

TRABAJO DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL TIEMPO Y COSTO PARA UN PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO COMPARANDO EL MÉTODO CONSTRUCTIVO CON ZANJA ABIERTA VS REHABILITACIÓN SIN ZANJA (CIPP) BAJO LINEAMIENTOS PMBOK V.6

CLAUDIA PATRICIA RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ

MANUEL ALEJANDRO MURCIA MARTÍNEZ

Trabajo de grado presentado para optar al título de Especialista en Gerencia de Obras

Docente

ISABEL CRISTINA CERÓN VINASCO
Ph.D. CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍAS ARQUITECTÓNICAS
DOCENTE

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS
BOGOTÁ D.C
2021



Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

This is a human-readable summary of (and not a substitute for) the [license](#). [Advertencia](#).

Usted es libre de:

Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Bajo los siguientes términos:



Atribución — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.



NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).

No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni [medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia](#).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es>

1 TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	9
2	GENERALIDADES	11
2.1	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	11
2.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2.2.1	Antecedentes del problema.....	13
2.2.2	Pregunta de investigación	14
2.2.3	Variables del problema.....	14
2.3	JUSTIFICACIÓN	14
3	OBJETIVOS	17
3.1	Objetivo general	17
3.2	Objetivos específicos	17
4	MARCO DE REFERENCIA	18
4.1	MARCO TEÓRICO	18
4.1.1	Metodología tradicional a zanja abierta.....	18
4.1.2	Metodología sin zanja	19
4.1.3	Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (PMBOK) ..	21
4.1.4	Gestión del tiempo	21
4.1.5	Gestión del costo.....	21
4.2	MARCO CONCEPTUAL	22
4.3	MARCO JURÍDICO	23
4.3.1	Normatividad nacional.....	23
4.3.2	Normatividad para la ciudad de Bogotá	24
4.4	MARCO GEOGRÁFICO	25
4.5	MARCO DEMOGRÁFICO	28
4.6	ESTADO DEL ARTE	28

5	METODOLOGÍA	39
5.1	FASES DEL TRABAJO DE GRADO	39
5.2	FASE 1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	39
5.3	FASE 2 ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DEL TIEMPO Y COSTO	39
5.4	FASE 3 COMPARACIÓN DE LAS DOS METODOLOGÍAS	40
5.5	HERRAMIENTAS UTILIZADAS	40
5.6	POBLACIÓN Y MUESTRA	41
5.7	ALCANCE Y LIMITACIONES	41
6	DESARROLLO	42
6.1	FASE 1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	43
6.1.1	INFORMACIÓN GEOGRÁFICA REDES EXISTENTES	43
6.1.2	BASE DE DATOS DE LAS REDES EXISTENTES	45
6.1.3	CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE REDES EXISTENTE ..	47
6.1.4	DIGITALIZACIÓN INFORMACIÓN DE REDES EXISTENTE	48
6.1.5	DATOS DEL PROYECTO	51
6.2	FASE 2 GESTIÓN DEL CRONOGRAMA	55
6.2.1	PLANIFICAR LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA	55
6.2.2	DEFINIR LAS ACTIVIDADES	63
6.2.3	SECUENCIAR LAS ACTIVIDADES	80
6.2.4	ESTIMAR LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES	82
6.2.5	DESARROLLAR EL CRONOGRAMA.....	87
6.3	FASE 2 EVALUACIÓN EL COSTO	93
6.3.1	PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LOS COSTOS	93
6.3.2	ESTIMAR LOS COSTOS	95
6.3.3	DETERMINAR EL PRESUPUESTO	101

6.4	FASE 3 COMPARAR LA GESTIÓN DEL TIEMPO Y COSTOS	105
7	ENTREGA DE RESULTADOS E IMPACTOS	107
7.1	¿CÓMO SE RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS?	110
8	NUEVAS ÁREAS DE ESTUDIO	111
9	CONCLUSIONES	112
10	ANEXOS	118
11	BIBLIOGRAFÍA	119

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	REHABILITACIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO A ZANJA ABIERTA EN LA LOCALIDAD DE ENGATIVÁ FUENTE (EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO, S.F.):.....	18
FIGURA 2	METODOLOGÍA DE ACUERDO CON LA NECESIDAD DE INGRESO A LA EXCAVACIÓN	22
FIGURA 3	MÉTODO CONSTRUCTIVO	23
FIGURA 4	LOCALIZACIÓN GENERAL	26
FIGURA 5	LOCALIZACIÓN ESPECIFICA	27
FIGURA 6	LOCALIZACIÓN SISTEMA DE INFORMACIÓN EAAB	28
FIGURA 7	PRODUCTOS DESARROLLADOS.....	42
FIGURA 8	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ	43
FIGURA 9	RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EXISTENTE EN EL SECTOR	44
FIGURA 10	RED A EVALUAR EN EL PROYECTO	44
FIGURA 11	INFORMACIÓN DE POZOS.....	45
FIGURA 12	INFORMACIÓN DE SUMIDEROS	46
FIGURA 13	INFORMACIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO EXISTENTES	46
FIGURA 14	LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	48
FIGURA 15	DIÁMETRO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	49
FIGURA 16	MATERIAL DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	50
FIGURA 17	REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	51
FIGURA 18	REDES PROYECTO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	52
FIGURA 19	PERFIL DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	53
FIGURA 20	PLANIFICAR LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA	55
FIGURA 21	HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS.....	60
FIGURA 22	ESTRUCTURA DE TRABAJO – METODOLOGÍA CONVENCIONAL	63
FIGURA 23	ESTRUCTURA DE TRABAJO – METODOLOGÍA CIPP	63
FIGURA 24	DEFINIR ACTIVIDADES.....	64
FIGURA 25	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	65
FIGURA 26	INSTALACIÓN DE CERRAMIENTO	65
FIGURA 27	INSTALACIÓN DE CERRAMIENTO	66
FIGURA 28	TRASPORTE DE EQUIPOS	66
FIGURA 29	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	67
FIGURA 30	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.....	67
FIGURA 31	EXCAVACIÓN A MÁQUINA Y RETIRO.....	68
FIGURA 32	ENTIBADO	68
FIGURA 33	DEMOLICIÓN Y RETIRO.....	69
FIGURA 34	RELLENO CON GRAVILLA	69

<i>FIGURA 35</i> TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO	70
<i>FIGURA 36</i> RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON RECEBO	70
<i>FIGURA 37</i> RELLENO RAJÓN	71
<i>FIGURA 38</i> RELLENO BASE GRANULAR CLASE A.....	71
<i>FIGURA 39</i> RELLENO SUB BASE GRANULAR CLASE A.....	72
<i>FIGURA 40</i> PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO	72
<i>FIGURA 41</i> LAVADO DE LA TUBERÍA.....	73
<i>FIGURA 42</i> INSPECCIÓN CON CCTV	73
<i>FIGURA 43</i> IMPREGNACIÓN -RESINA EPÓXICA	74
<i>FIGURA 44</i> INSERCIÓN.....	74
<i>FIGURA 45</i> CURADO DE LA RESINA CON CALOR (AGUA O VAPOR).....	75
<i>FIGURA 46</i> CORTAR SOBRESANTES	75
<i>FIGURA 47</i> INSPECCIÓN CON CCTV	76
<i>FIGURA 48</i> LAVADO DE LA TUBERÍA.....	76
<i>FIGURA 49</i> SECUENCIAR LAS ACTIVIDADES	80
<i>FIGURA 50</i> ESTIMAR LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES	82
<i>FIGURA 51</i> DESGLOSE DE RECURSOS – METODOLOGÍA CONVENCIONAL	85
<i>FIGURA 52</i> DESGLOSE DE RECURSOS – METODOLOGÍA CIPP	86
<i>FIGURA 53</i> DESARROLLAR EL CRONOGRAMA	87
<i>FIGURA 54</i> RECURSOS REQUERIDOS PARA LAS ACTIVIDADES – METODOLOGÍA CONVENCIONAL	91
<i>FIGURA 55</i> RECURSOS REQUERIDOS PARA LAS ACTIVIDADES – METODOLOGÍA CIPP	91
<i>FIGURA 56</i> EVALUACIÓN EL COSTO	93
<i>FIGURA 57</i> ESTIMAR COSTOS	95
<i>FIGURA 58</i> DETERMINAR EL PRESUPUESTO	102
<i>FIGURA 59</i> LÍNEA BASE DE COSTOS – METODOLOGÍA CONVENCIONAL	104
<i>FIGURA 60</i> COSTOS AGREGADOS – METODOLOGÍA CIPP	105

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 PLAN OPERATIVO INVERSIONES REGULADAS POIR	12
TABLA 2 NORMAS ACTUALES DEL EAAB	25
TABLA 3 TECNOLOGÍAS SIN ZANJA PARA REHABILITACIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO – GUÍA PMBOK®	38
TABLA 4 INFORMACIÓN DE POZOS – ATRIBUTOS PARA EL TRABAJO DE GRADO	47
TABLA 5 INFORMACIÓN DE REDES – ATRIBUTOS PARA EL TRABAJO DE GRADO	48
TABLA 6 INFORMACIÓN PERFIL DE LA TUBERÍA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	54
TABLA 7 ENTRADAS - DEFINIR ACTIVIDADES	64
TABLA 8 ATRIBUTOS E ACTIVIDADES TRAMO 1 – MÉTODO CONVENCIONAL	78
TABLA 9 ATRIBUTOS E ACTIVIDADES TRAMO 1 – MÉTODO CIPP	79
TABLA 10 LISTA DE HITOS TRAMO 1 – MÉTODO CONVENCIONAL	79
TABLA 11 LISTA DE HITOS TRAMO 1 – MÉTODO CIPP	80
TABLA 12 ENTRADAS - SECUENCIAR LAS ACTIVIDADES	81
TABLA 13 HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS - SECUENCIAR LAS ACTIVIDADES.....	81
TABLA 14 ENTRADAS - ESTIMAR LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	83
TABLA 15 HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS - ESTIMAR LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	84
TABLA 16 ENTRADAS - ESTIMAR LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES	88
TABLA 17 HERRAMIENTAS - ESTIMAR LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES	92
TABLA 18 ENTRADAS - EVALUACIÓN EL COSTO	93
TABLA 19 HERRAMIENTAS - EVALUACIÓN EL COSTO	94
TABLA 20 ENTRADAS - ESTIMAR COSTOS.....	95
TABLA 21 HERRAMIENTAS - ESTIMAR COSTOS.....	96
TABLA 22 DATOS INICIALES CANTIDADES DE OBRA – MÉTODO CONVENCIONAL	97
TABLA 23 DATOS INICIALES CANTIDADES DE OBRA – MÉTODO CONVENCIONAL	98
TABLA 24 CANTIDADES DE OBRA – MÉTODO CONVENCIONAL	99
TABLA 25 CANTIDADES DE OBRA PRESUPUESTO – MÉTODO CONVENCIONAL	100
TABLA 26 DATOS INICIALES CANTIDADES DE OBRA – MÉTODO CIPP.....	100
TABLA 27 CANTIDADES DE OBRA – MÉTODO CIPP	100
TABLA 28 CANTIDADES DE OBRA PRESUPUESTO – MÉTODO CIPP	101
TABLA 29 ENTRADAS - DETERMINAR EL PRESUPUESTO.....	102
TABLA 30 HERRAMIENTAS - DETERMINAR EL PRESUPUESTO.....	103
TABLA 31 COSTOS AGREGADOS – METODOLOGÍA CONVENCIONAL	103
TABLA 32 COSTOS AGREGADOS – METODOLOGÍA CIPP	104
TABLA 33 COMPARACIÓN TIEMPO METODOLOGÍA CONVENCIONAL Vs CIPP	105
TABLA 34 COMPARACIÓN COSTO METODOLOGÍA CONVENCIONAL Vs CIPP	106
TABLA 35 COMPARACIÓN METODOLOGÍA CONVENCIONAL Vs CIPP	106

1 INTRODUCCIÓN

Colombia es un país que desde hace más de 15 años está en constante crecimiento poblacional, lo cual implica un cambio en las ciudades principales, la infraestructura vial y de redes de servicios públicos deben ser actualizadas y renovadas para suplir las necesidades de la población, ampliar los carriles de las vías, tanques de almacenamiento, plantas de tratamiento entre otras estructuras. En este crecimiento poblacional de las ciudades, las redes de alcantarillado pluvial y sanitario y las redes de acueducto, cumplen una función muy importante, como lo es transportar agua potable a los usuarios para suplir las necesidades básicas y la recolección de las aguas lluvias y residuales. Estas redes de alcantarillado pluvial y sanitario y redes de acueducto, en su mayoría han cumplido su vida útil y adicionalmente requieren actualización a norma.

Las empresas de servicios públicos de las redes de alcantarillado y acueducto en Colombia, han identificado los problemas de las redes, los más relevantes son: capacidad hidráulica; lo cual requiere cambio de diámetro o material, estado estructural de las redes; el cual requiere reparaciones puntuales o de la totalidad de las tuberías, operacionales; reporte de daños de las redes por taponamiento entre otros casos, en las redes de acueducto; existe la perdidas por fugas de las tuberías, lo cual requiere la renovación de las redes.

Así mismo las empresas de servicios públicos, logran priorizar las redes que requieren renovación, rehabilitación o redes nuevas, para prestar un servicio adecuado y satisfacer las necesidades de los usuarios. Existen varias técnicas para remplazar o rehabilitar las redes, el método tradicional y más conocido a zanja abierta y tecnologías sin zanja (Trenchless Technologies), entre los cuales se encuentran los métodos para renovación, constructivos y de mayor envergadura.

“Los proyectos de rehabilitación sin apertura de zanja pueden realizarse en unos días, frente a las semanas y meses que requieren los métodos de excavación y sustitución tradicionales. Adicionalmente el sistema de rehabilitación sin apertura de zanja ofrece mayor seguridad que los métodos convencionales”.¹ Adicionalmente

¹ (Insituform, s.f.) LA MEJOR OPCIÓN PARA RENOVAR LAS CONDUCCIONES EN CIUDADES. Obtenido de Ventajas de la Reparación de tuberías sin obra ni zanja: <https://insituform.es/ventajas-reparacion-tuberias-sin-obra-ni-zanja/>.

se define por I&C S.A.S ,”que si se tienen en cuenta los costos directos, indirectos y socio-ambientales, el valor de los proyectos puede disminuir, especialmente en proyectos a gran profundidad.”²

En el presente trabajo de grado se realizó la evaluación de la gestión de tiempo y costo, en un caso específico, para un proyecto de rehabilitación de tubería de alcantarillado pluvial de diámetro de 1.0 m, comparando el método constructivo con zanja abierta vs la rehabilitación sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe), en la localidad de Usaquén, barrio Verbenal, en el sector ubicado en la calle 185 con Carrera 17 en Bogotá -Colombia, mediante la gestión del tiempo y costos bajo lineamientos PMBOK® sexta edición.

² (Ingenieria & Contratos S.A.S, 2012) S.A.S, I. &. (s.f.). *COMPARACIÓN TECNOLOGÍA SIN ZANJA VS METODOLOGÍA CONVENCIONAL*. Obtenido de <https://www.ingenieriaycontratos.com/tecnologia-sin-zanja>.

2 GENERALIDADES

2.1 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión integral y dinámica de las organizaciones empresariales.

Tipo de Investigación: Descriptiva, caracterización del evento de estudio dentro de un contexto particular, sin influenciar su entorno.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia la población es de aproximadamente 50 millones de habitantes de acuerdo con las proyecciones del Dane del año 2018, de los cuales la concentración de población se encuentra en las ciudades principales, el 77.1% distribuido en las cabeceras municipales, el 7.1% en centro poblados y el 15.8% en zona rural.³

El crecimiento demográfico de la población ha generado que, al paso del tiempo, se demande infraestructura para generar bienestar y cubrir las necesidades de sus habitantes en el espacio en el cual habitan. Las principales necesidades que se debe cubrir, tiene que ver con el acceso a los servicios públicos esenciales para el ser humano, como son los servicios públicos de Acueducto y Alcantarillado y Energía principalmente, también contar con servicio de Gas Domiciliario y Voz y Datos y para cubrir sus necesidades de movilidad tener acceso a vías de comunicación.

“Se estima que el 78 % de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial de la ciudad de Bogotá superan los 50 años de edad y en su mayoría requieren de rehabilitación.”⁴ Para continuar prestando un servicio óptimo a los habitantes la empresa debe realizar inversiones destinadas a la construcción y rehabilitación de redes de alcantarillado sanitario y pluvial.

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, según el Plan Operativo

³ (DANE, s.f.) Censo Nacional de población y vivienda. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/donde-estamos>.

⁴ (ABAUNZA, 2011) Trabajo de grado Evaluación y perspectivas de la utilización de tecnologías sin zanja en redes de alcantarillado. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

Inversiones Reguladas - POIR estima para los años 2016-2025, hacer una inversión de 4.8 billones de pesos⁵, de los cuales, en la Tabla 1 se presentan una parte del POIR y la inversión para rehabilitación de redes de alcantarillado es de aproximadamente de 1.4 billones de pesos.

POIR	PERIODO TARIFARIO 2016 - 2025
Construcción / Renovación / Rehabilitación Redes Locales	\$ 1,166,017
Rehabilitación Subcuencas Alcantarillado	\$ 284,419

Tabla 1 Plan Operativo Inversiones Reguladas POIR

Fuente: EAAB – POIR

Así las cosas, con el paso del tiempo las tecnologías de construcción han tenido avances notables, en la rehabilitación de redes de acueducto y alcantarillado, existe en la actualidad tecnologías de construcción de redes denominadas (Sin Zanja), que tienen como función el desarrollo de construcciones de redes de Acueducto y Alcantarillado sin tener la necesidad de realizar cierres viales para su ejecución.

No obstante, el análisis financiero de las metodologías de construcción con zanja y sin zanja cuentan con diversas variables con respecto a los insumos de trabajo, tiempos estimados en la construcción, impacto urbano y social en la zona de influencia del proyecto y costos de ejecución respectivamente, los cuales deben ser evaluados al momento de seleccionar económicamente alguna de las metodologías planteadas.

Teniendo en cuenta que como se referencio anteriormente el 78% de las tuberías de la ciudad de Bogotá superan los 50 años de edad y adicionalmente la EAAB proyecto una inversión para rehabilitación de las redes de alcantarillado. De allí surge la oportunidad de realizar una comparación de la gestión del tiempo y costo, en un caso específico para un proyecto de rehabilitación de tubería de alcantarillado

5 (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2016) Informe de gestión EAB-ESP. Obtenido de https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2017/Informe_gestion_2016v5.pdf.

pluvial de diámetro de 1.0 m, en la localidad de Usaquén, barrio Verbenal, en el sector ubicado en la calle 185 con Carrera 17 en Bogotá –Colombia.

2.2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá existe hace 132 años, su funcionamiento empezó el día 2 de julio de 1888⁶, “La ciudad de Bogotá cuenta con una red de 8.000 kilómetros de tuberías de acueducto, 4.000 kilómetros de alcantarillado sanitario y 2.500 kilómetros más para aguas lluvia.”⁷ De las cuales como se referencio anteriormente el 78% de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial superan los 50 años de edad y en su mayoría requieren de rehabilitación.

Estas obras de construcción de redes de alcantarillado en su gran mayoría han sido construidas a zanja abierta a lo largo del desarrollo urbanístico de la ciudad de Bogotá, comúnmente son la primera infraestructura que se ejecuta en un desarrollo urbanístico, por sus características constructivas como profundidad, ancho, estabilidad del terreno, ETC.

Las redes de alcantarillado pluvial o sanitario al entrar en servicio posterior a su construcción, la tubería comienza a sufrir un desgaste provocado por la fricción entre el agua y el material que constituye el tubo. Una vez la tubería cumple con su vida útil o sufre algún daño, se debe realizar una renovación de tubería por medio del reemplazo de la red, por medio de una obra civil en la que se cambia la tubería existente por una nueva o por medio de un diagnostico establecer si se puede realizar una renovación de la tubería con tecnologías sin zanja.

“En Colombia en los años 2009 - 2010, se funda ICTIS es un Instituto multidisciplinario de individuos y organizaciones con intereses profesionales en aspectos ambientales y de servicios en temas de las tecnologías Trenchless y de la

6 (Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, s.f.) Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (s.f.). La red de alcantarillado de Bogotá tiene más de medio siglo. Obtenido de <https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/la-empresa/informacion>

7 (EL ESPECTADOR, 2018) ¿De dónde sale el agua de Bogotá? Obtenido de <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/de-donde-sale-el-agua-de-bogota/>

Infraestructura Subterránea, el cual está afiliado a la ISTT - International Society for Trenchless Technology y comparte los mismos intereses básicos por los costos ambientales y sociales.”⁸

“El Instituto ICTIS presenta que una de las tecnologías sin zanja es la reparación en sitio. Esta consiste en arreglar la tubería forrándola por dentro, sin necesidad de cambiarla, cuando el daño es leve, o sea, cuando presenta fugas o infiltraciones.”⁹

El caso de estudio del trabajo de grado es la rehabilitación sin zanja tubería curada en sitio C.I.P.P. (Cured in Place Pipe), proyecto ubicado en la localidad de Usaquén, barrio Verbenal, en el sector ubicado en la calle 185 con carrera 17, se realizará el análisis de costo y tiempo con el fin de obtener un cronograma y el presupuesto para este tipo de proyectos, con método a zanja abierta vs rehabilitación sin zanja y realizar la comparación entre los métodos constructivos.

2.2.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo pueden beneficiar las nuevas tecnologías (rehabilitación de tubería sin Zanja) en el cronograma y/o costo de un proyecto de rehabilitación de redes de alcantarillado pluvial para vías en operación?

2.2.3 VARIABLES DEL PROBLEMA

Las variables del problema a estudiar en este proyecto de grado son cuantitavas:

- Evaluación de la gestión de tiempo.
- Evaluación de la gestión de costo.

2.3 JUSTIFICACIÓN

El proyecto se enmarca en la comparación de la gestión del tiempo y costo de la rehabilitación de tuberías de alcantarillado pluvial mediante el método constructivo a zanja abierta y a la rehabilitación sin zanja CIPP (Cured in place pipe), teniendo

8 (ICTIS, s.f.) Instituto Colombiano de tecnologías de infraestructura subterránea – Quienes somos. Obtenido de <https://ictis.org/es/quienes-somos>.

9 (ICTIS, s.f.) Instituto Colombiano de tecnologías de infraestructura subterránea - Tecnología Sin Zanja Obtenido de <https://ictis.org/es/tecnologia-sin-zanja>

en cuenta que es necesario que los profesionales y empresas prestadoras de servicios públicos conozcan y tengan información base para la aplicación de estas tecnologías, las cuales permiten la rehabilitación de las tuberías optimizando tiempos y minimizando la afectación a la comunidades, debido a que no se afectarán en su totalidad las vías existente, adicionalmente es necesario dar a conocer los costos de estas tecnologías y así poder analizar las ventajas y desventajas del método de rehabilitación con CIPP (Cured in place pipe) y el método tradicional.

La Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá tiene dentro de sus funciones el adecuado manejo de las aguas lluvias de la Ciudad de Bogotá. Cumpliendo con éste objetivo, la empresa debe contar con la infraestructura suficiente para tal fin.

Por otro lado, la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá debe cumplir con el fallo de acción popular “BUENAVISTA I SECTOR” expediente 2016-00177¹⁰ y al fallo de Acción Popular AP 250002315000-2006-01588¹¹, cuyo fin es que la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá debe construir las redes de servicio público del barrio Buenavista II Sector, el cual fue legalizado mediante la resolución No 1632 del 29 de diciembre de 2015¹².

Con la construcción de redes de alcantarillado pluvial nuevas en el sector BUENAVISTA II, éstas serán conectadas a las redes existentes que eventualmente desembocan en el colector ubicado en la Calle 185 con Carrera 17; lo cual produce un aumento considerable de caudal que se transporta por medio de las tuberías, y se hace necesario el desarrollo de una consultoría que determine:

- los tramos de red de alcantarillado que se deben reemplazar por tuberías de mayor capacidad.
- los tramos de tuberías que se deben reemplazar por la edad y/o material de la tubería.
- los tramos de tuberías que se pueden rehabilitar con tecnologías sin zanja, ya que la capacidad con la que cuenta actualmente, sirve al funcionamiento de la red de alcantarillado pluvial una vez se ejecute la totalidad del proyecto.

Una vez obtenido el análisis de tuberías que se pueden rehabilitar por no ser

¹⁰ (Expediente 2016-00177, 2016)

¹¹ (Acción Popular AP 250002315000-2006-01588, 2006)

¹² (Resolución No 1632 del 29 de diciembre de 2015, 2015)

necesario el aumento de diámetro, se entra a determinar el método constructivo que se puede emplear de acuerdo a las variables y particularidades de la zona de construcción del proyecto; entre las variables a tener en cuenta se encuentra el espacio de maniobra de la maquinaria de construcción, la afectación social, los recursos económicos con los que se cuentan para el proyecto, la profundidad en la que se encuentra la red existente y el tiempo de ejecución de la obra.

En este escenario, se evaluó junto con las variables anteriormente mencionadas, la posibilidad de análisis de los métodos constructivos a zanja abierta y sin zanja, en términos de costos y tiempo para la ejecución del proyecto objeto de estudio.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar el diagnóstico comparativo de la gestión del tiempo y costo para un proyecto de rehabilitación de tubería de alcantarillado pluvial de diámetro de 1.0 m, comparando el método constructivo con zanja abierta vs las tecnologías de rehabilitación sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe), en la localidad de Usaquén, barrio Verbenal, en el sector ubicado en la calle 185 con carrera 17, bajo lineamientos PMBOK® sexta edición.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar y analizar la información secundaria; Planos de diseño, informe de diseño, sistema de información geográfico de la EAAB.
- Realizar la gestión del cronograma para la rehabilitación de la tubería de alcantarillado pluvial, mediante métodos a zanja abierta y rehabilitación sin zanja, bajo lineamientos PMBOK® sexta edición.
- Evaluar el costo de las obras de rehabilitación de la tubería de alcantarillado pluvial, mediante métodos a zanja abierta y rehabilitación sin zanja, con base en análisis de precios unitarios públicos.
- Comparar la gestión del tiempo y costos de la rehabilitación de la tubería de alcantarillado pluvial, mediante métodos a zanja abierta Vs rehabilitación sin zanja.

4 MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO TEÓRICO

En este ítem se describe la metodología de la instalación y rehabilitación con zanja abierta y sin zanja, adicionalmente se presenta la definición de la gestión de tiempo y costo.

4.1.1 METODOLOGÍA TRADICIONAL A ZANJA ABIERTA

Para la instalación de tubería a zanja abierta, se deberá realizar la excavación hasta la cota de fondo para la instalación de la misma, posteriormente se deberá instalar la tubería y rellenar de acuerdo con el material propuesto en el modelo de cimentación, a continuación, se listan las actividades para realizar la instalación a zanja abierta de tuberías de alcantarillado y acueducto:

- Localización y replanteo.
- Corte y retiro de la vía o andén.
- Excavaciones.
- Cargue, retiro y disposición del material.
- Instalación de la tubería.
- Rellenos y compactación de material.
- Conformación de la estructura de vía o andén.



Figura 1 Rehabilitación de redes de alcantarillado a zanja abierta en la localidad de Engativá Fuente (Empresa de Acueducto y Alcantarillado, s.f.):

4.1.2 METODOLOGÍA SIN ZANJA

En la actualidad existen diferentes técnicas de instalación de tubería sin la necesidad de abrir una zanja, existen dos tipos de métodos, método de renovación de instalación de tuberías existentes: Fractura de tuberías, reentubado, revestimiento deslizante continuo, tubería polimerizada in situ y tuberías fundidas y métodos constructivos sin zanja para redes nuevas; Método de compactación de suelo, perforación horizontal dirigida, perforación e hincado de tubería, microtunneling e hincado de tubería.

4.1.2.1 Fractura de tuberías

La fractura de tuberías (Pipe bursting) ESTE PROCEDIMIENTO consiste en destruir el tubo existente para luego instalar la tubería nueva, sin disminución en la sección y en algunos casos se puede ampliar la misma, se recomienda par tuberías entre 80 y 1000 mm, recomendada para redes de acueducto y gas.

4.1.2.2 Reentubado

El reentubado (Relining) en este sistema se reemplaza la tubería nueva por la existente, esta técnica está limitada para tuberías existentes que puedan disminuir el diámetro, se puede instalar en diferentes diámetros y formas.

4.1.2.3 Revestimiento deslizante continuo

El Revestimiento deslizante continuo (Slip lining) se utiliza para tuberías entre 100y 1700 mm, para diferentes tipos de servicio y para los casos que permitan reducción de la sección transversal, la sección de polietileno es soldado al inicio y al final y se puede instalar de hasta 700 metros.

4.1.2.4 Tubería polimerizada in situ

La tubería polimerizada in situ (Cured in a place pipe) es un encamisado con manga reversible, se puede utilizar en tuberías principales y secundarias de alcantarillado, son tuberías flexibles de fibra de poliéster resistente al acido en dimensiones entre 50 y 2000 mm.

4.1.2.5 Tuberías fundidas

La tubería fundida (Thermoformen pipe) consiste en ingresar la tubería y ampliarla con vapor y aire para anclarla a la tubería existente, el espesor final puede ser inferior a 1mm.

4.1.2.6 Método de compactación de suelo

El método de compactación de suelo (Soil Compaction Methods) consiste en un método de instalación de tuberías para ductos nuevos, se genera un empuje al suelo, mediante varillas de empuje.

4.1.2.7 Perforación horizontal dirigida

La Perforación horizontal dirigida (Thrust Boring) se realiza mediante un empuje con varillas, se realiza entre dos pozos generalmente y también se puede utilizar un martillo. Se utiliza en cruces de carreteras para evitar la excavación a zanja abierta en interferencias.

4.1.2.8 Perforación e hincado de tubería

La perforación e hincado de tubería (pipe ramming) es la instalación de tuberías de acero, mediante empuje que se realiza con un martillo neumático o hidráulico, los diámetros varían entre 150 y 1500 mm.

4.1.2.9 Microtunneling

La Microtunneling, es un sistema de empuje de la tubería con sistema guiado y controlado remotamente, estas máquinas son guiadas por un sistema laser, los diámetros varían entre 25mm hasta 3500mm.

4.1.2.10 Hincado de tubería.

El Hincado de tubería se utiliza para instalación de tuberías subterráneas, el empuje de las tuberías se realiza con un proceso de cilindros hidráulicos, son tuberías en acero el diámetro varía entre 1200mm hasta 3000mm.

4.1.3 GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS (PMBOK)

“La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos proporciona pautas para la dirección de proyectos individuales y define conceptos relacionados con la dirección de proyectos. Describe así mismo el ciclo de vida de la dirección de proyectos y los procesos relacionados, así como el ciclo de vida del proyecto”.¹³

4.1.4 GESTIÓN DEL TIEMPO

La gestión del tiempo del proyecto de acuerdo con el capítulo 6 del PMBOK sexta edición, presenta la secuencia de procesos que se recomienda seguir para la gestión del tiempo, a continuación, se presentan algunas premisas (Project Managment Institute, 2017):

- Planificar la gestión del cronograma: define los criterios y actividades para desarrollar y controlar el cronograma.
- Definir las actividades: se definen las actividades específicas necesarias para producir los entregables.
- Secuenciar las actividades: se determinan las relaciones de las actividades del proyecto.
- Estimar duración de actividades: en esta actividad se estima la cantidad de periodos necesarios para realizar la actividad, para este proyecto se tomará información secundaria del proyecto e información de proveedores de rehabilitación sin zanja.
- Desarrollar el cronograma: en este proceso se analiza las actividades, secuencias, duración, recursos y restricciones del cronograma.

4.1.5 GESTIÓN DEL COSTO

La gestión del costo del proyecto de acuerdo con el capítulo 7 del PMBOK sexta edición, presenta la secuencia de procesos que se recomienda seguir para la gestión de los costos, a continuación, se presentan algunas premisas (Project Managment Institute, 2017):

¹³ (LESSING, 2020) *PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA GESTIÓN DE COSTOS SEGÚN EL PMBOK 6TA EDICIÓN PARA LA CONSTRUCTORA LEEGS INGENIERÍA S.A.S.* BOGOTÁ D.C : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBA, 2020.

- Planificar las Gestión de costos: en este proceso se definen los criterios de unidad de medida, nivel de precisión y exactitud.
- Estimar costos: en este proceso se realiza para cada actividad, para este proyecto.
- Determinar el presupuesto: en este proceso se suman los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costo autorizada.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

En la actualidad existen diferentes técnicas de instalación de tubería sin la necesidad de abrir una zanja, de acuerdo con la tesis en Master universitario en ingeniería de las estructuras, cimentaciones y materiales, denominada Método de excavaciones sin zanjas (Santiago, 2015), en cual se describen dos divisiones en la metodología de instalación de tubería sin zanja, la primera corresponde a la necesidad de ingresar o no personal a la excavación durante la excavación y el segundo grupo corresponde a la especificación del diseño, en algunos casos solo se requiere la renovación de las tuberías instaladas con anterioridad, las cuales han perdido su capacidad o funcionalidad, y los otros los que requieren un instalación de tuberías nuevas, las cuales se localizaran en alineamiento totalmente nuevos.

A continuación, se presenta un gráfico, en el cual se describe cada uno de los grupos, ver en la figura 2 y 3.

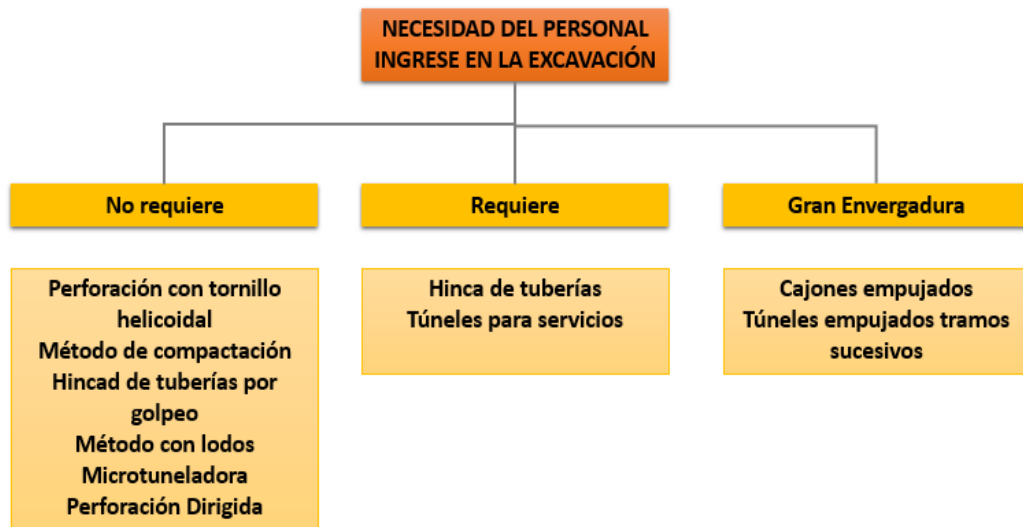


Figura 2 Metodología de acuerdo con la necesidad de ingreso a la excavación

Fuente: Propia

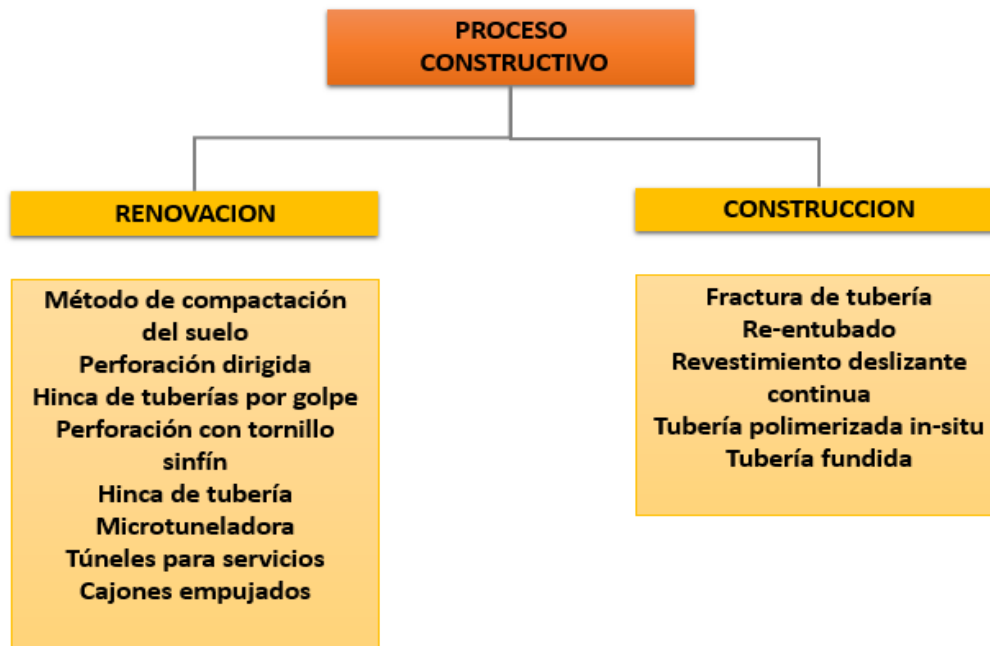


Figura 3 Método Constructivo
Fuente: Propia

4.3 MARCO JURÍDICO

En el marco jurídico se describen las normas, leyes y decretos relacionados con el presente trabajo de grado.

4.3.1 NORMATIVIDAD NACIONAL

A continuación, se presenta la normativa nacional.

4.3.1.1 Constitución política de Colombia

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o

sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

4.3.1.2 Decreto 1729 de 2002

"Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del Artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones".

Definición de Cuenca hidrográficas: es el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

4.3.2 NORMATIVIDAD PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ

A continuación, se presenta la normativa de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá, que se encuentra contenida en la Resolución N° 858 del 5 de agosto de 2002 "NORMAS TÉCNICAS DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO"

N°	TÍTULO
NS-035	REQUISITOS PARA CIMENTACIÓN DE TUBERÍAS EN REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO
NP-040	RELLENOS
NS-123	CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES DE TUBERÍAS PARA LAS REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO
NS-061	ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA REHABILITACIÓN DE REDES Y ESTRUCTURAS DE ALCANTARILLADO

N°	TÍTULO
NS-085	CRITERIOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO
NS-150	CONSIDERACIONES DE DISEÑO EN LA TÉCNICA DE TUBERÍA CURADA EN SITIO (C.I.P.P.)
NS-019	EXCAVACION EN ZANJA
NS-020	DESMONTE, LIMPIEZA, DEMOLICIONES Y TRASLADO DE ESTRUCTURAS
NS-035	REQUERIMIENTOS PARA DISEÑO DE CIMENTACIÓN DE TUBERÍAS EN REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO
NS-038	MANUAL DE MANEJO DE IMPACTO AMBIENTAL Y URBANO
NS-058	ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA INVESTIGACIÓN Y CALIFICACIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO CON EQUIPOS DE CCTV
NS-072	ENTIBADOS Y TABLESTACADOS
NS-079	CRITERIOS PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS SIN ZANJA PARA ACUEDUCTO
NS-090	PROTECCIÓN DE TUBERÍAS EN REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Tabla 2 Normas actuales del EAAB

Fuente: EAAB (Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá, s.f.)

4.4 MARCO GEOGRÁFICO

La evaluación de tiempos y costos para la construcción de la red de alcantarillado pluvial a zanja abierta y con tecnología de renovación sin zanja, se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca en la ciudad de Bogotá; se sitúa al norte de la ciudad en la localidad de Usaquén, específicamente en el barrio Verbenal, ver Figura 4 y Figura 5.

A continuación, se presenta la delimitación de la zona del proyecto:

Dentro de la localidad de Usaquén, el área de influencia del proyecto se encuentra ubicada dentro de las Unidades de planeamiento zonal del distrito:

- Paseo de los libertadores
- Verbenal
- La Uribe

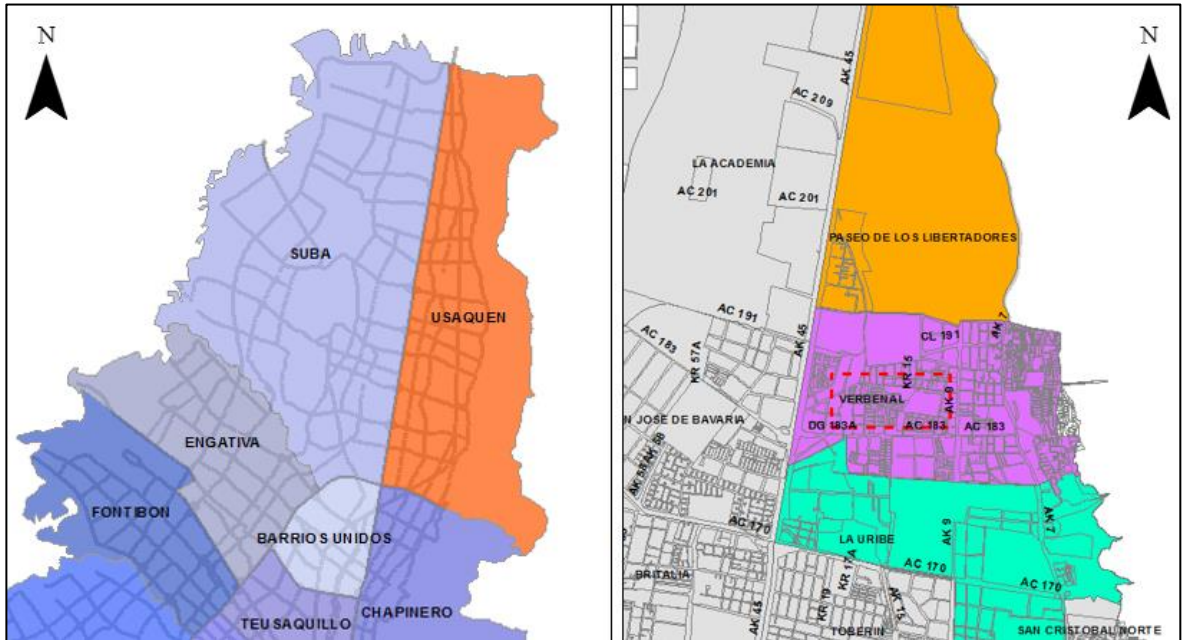


Figura 4 Localización general
Fuente: Propia

El proyecto se localiza entre los barrios:

- El cerezo,
- El Verbenal
- Verbenal san Antonio.

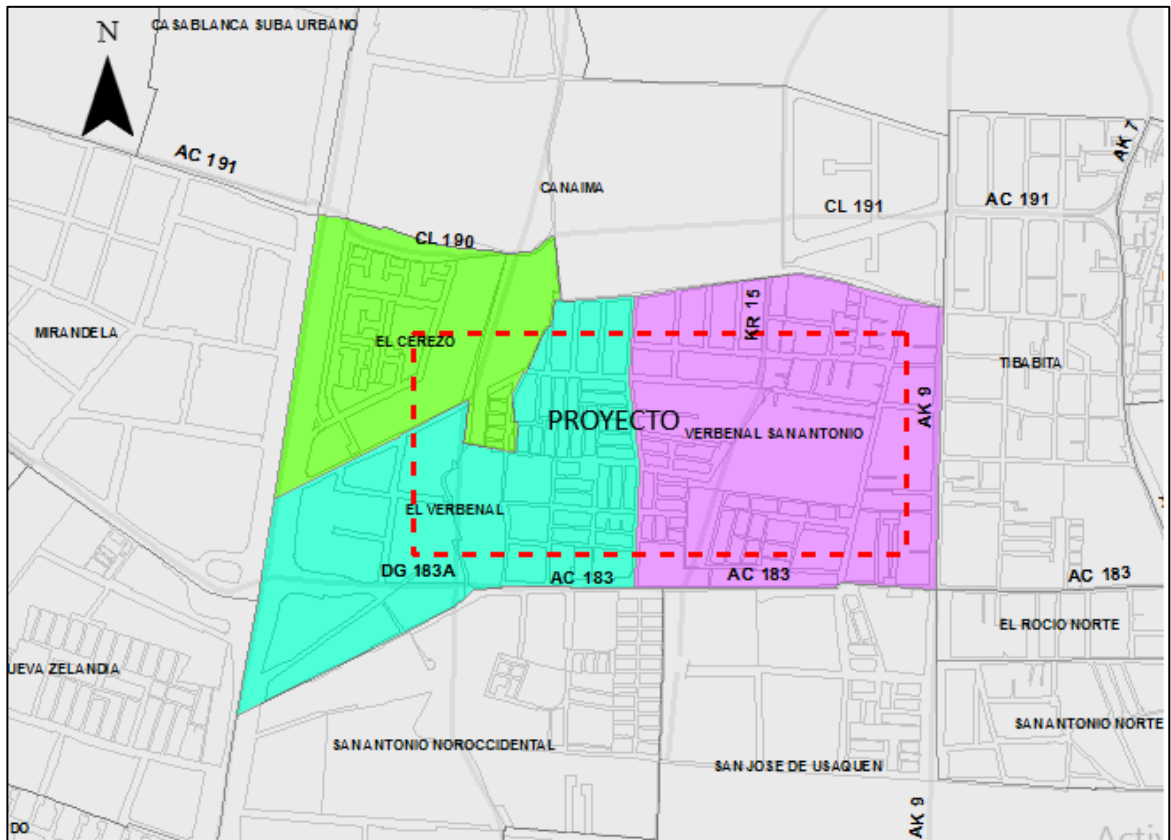


Figura 5 Localización específica
Fuente: Propia

En el Sistema de Información Geográfica de la Empresa de Acueducto y alcantarillado de la ciudad de Bogotá (Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá, s.f.), está localizado dentro del límite de la Zona 1 de la EAAB y se identifica por medio de la Unidad de Gestión de Alcantarillado (UGA) 030, y los tramos de tubería de alcantarillado pluvial que son objeto de análisis se ubican en la Carrera 16 entre Calle 185 y Calle 186, Calle 185 entre Carrera 16 y Carrera 17, Carrera 17 entre Calle 185 y Calle 186, ver Figura 6.

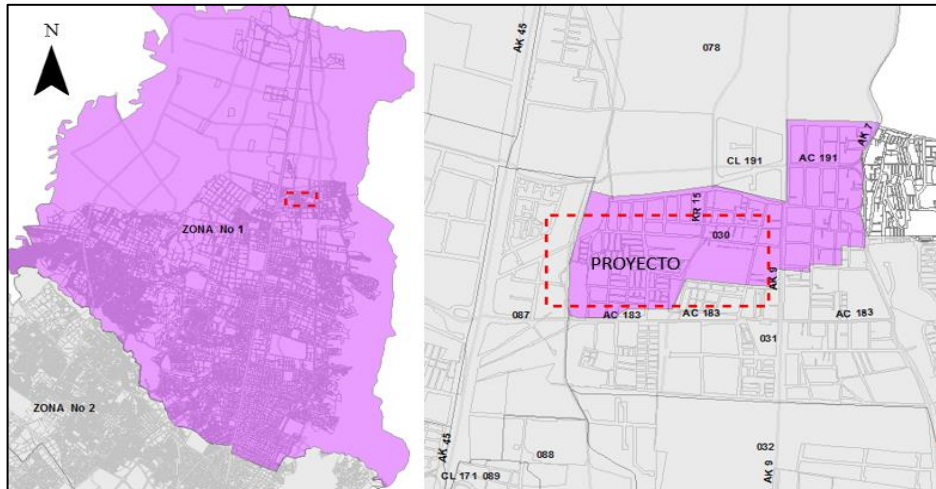


Figura 6 Localización Sistema de Información EAAB

Fuente: Propia

4.5 MARCO DEMOGRÁFICO

La ciudad de Bogotá se encuentra sectorizada por localidades, la localidad de Usaquén se identifica con el numero Uno (1) en el listado de las localidades que conforman el Distrito Capital; la localidad cuenta con una extensión de 6532 hectáreas, el equivalente al 4% del área total de la ciudad; cuenta con 639 barrios y una población de 476184 habitantes y 18355 hogares urbanos para el año 2019. Adicionalmente en esta localidad predomina la población entre 19 y 59 años y los hogares con 2 personas. ¹⁴

En el barrio Verbenal donde se sitúa el proyecto de evaluación de tiempos y costos para la construcción de la red de alcantarillado pluvial a zanja abierta y con tecnología de rehabilitación sin zanja se cuenta con un área de 355.8 hectáreas, lo cual se estima que cuenta con una población aproximada de 50524 habitantes.

4.6 ESTADO DEL ARTE

Para la elaboración del proyecto de grado se tomaron como referencia estudios relacionados con los temas del mismos, rehabilitación de tuberías de alcantarillado mediante zanja abierta y método sin zanja, adicionalmente estudios de la gestión del tiempo y costos con lineamientos PMBOK®, en la Tabla 3 se presentan los estudios relacionados:

¹⁴ (Subdirección de Información Sectorial, s.f.)

<http://habitatencifras.habitatbogota.gov.co/documentos/boletines/Localidades/Usaquen.pdf>

IDENTIFICACION	OBJETIVO GENERAL	CATEGORIAS / VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCION DE INFORMACION	RESULTADOS
<p>(ABAUNZA, 2011) "LA EVALUACIÓN Y LAS PERSPECTIVAS EN LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS SIN ZANJA EN LAS REDES DE ALCANTARILLADO PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ" Bogotá, Colombia, 2011.</p>	<p>El establecimiento de la utilización de tecnologías sin zanja en las redes de alcantarillado pluvial y sanitario en la ciudad de Bogotá y su potencial aplicación en un periodo comprendido para los próximos 10 años.</p>	<p>Utilización tecnología sin zanja, Red alcantarillado Bogotá, Aplicación dentro de un periodo de tiempo.</p>	<p>La recopilación de la información histórica por medio de archivos emitidos por entidades como la EAAB, Libros y fuentes bibliográficas, Registros de ejecución de obras desarrollados a nivel local y global.</p>	<p>Establecimiento del potencial de la aplicación de este tipo de metodologías según el grado de deterioro estructural que se hayan obtenido en el diagnóstico de la tubería.</p>
<p>(HORTUA, 2013) "ESTUDIO DE APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS TRENCHLESS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ" Bogotá, Colombia, 2013.</p>	<p>Conocer las tecnologías sin zanja y sus ventajas, por medio de la documentación del procedimiento y su previo análisis a la implementación de herramientas Trenchless, teniendo en cuenta como parámetro el uso actual en la ciudad, y bajo dicho planteamiento es el de agrupar las herramientas en dos grupos; Herramientas de</p>	<p>Conocimiento tecnología, Herramientas trenchless, agrupación de herramientas, mantenimiento, inspección, rehabilitación y construcción.</p>	<p>La recolección de información documental de diversas fuentes en el tema de interés de la tecnología trenchless.</p>	<p>Establecimiento de las aplicaciones de las tecnologías trenchless para la ciudad de Bogotá.</p>

IDENTIFICACION	OBJETIVO GENERAL	CATEGORIAS / VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCION DE INFORMACION	RESULTADOS
	mantenimiento e inspección, y herramientas de rehabilitación y construcción.			
(Santiago, 2015) "METODOS DE EXCAVACION SIN ZANJA" Madrid, España,2015.	Clasificación y posterior descripción de los diferentes métodos de excavación sin zanja que existen en la actualidad en el mercado a nivel interno y global, y clasificarlos con la mayor precisión, y también con el máximo rigor posibles. Igualmente se tiene como pretensión la descripción de las principales ventajas, en el tema de costos económicos como en el aspecto de medio ambiente, cuyos temas y objetivos que resultan de difícil tratamiento en la actualidad debido a las estrictas normas que cada día se implementan en el mercado de la construcción.	Clasificación métodos de excavación sin zanjas, descripción métodos de excavación sin zanjas, costos económicos y aspecto medioambiental es.	Recopilación de información los tipos de métodos que se realizan sin excavación sin zanja.	Las tecnologías sin zanja se muestran como herramientas de valor económico y social gracias a lo poco invasivo o inexistente en infraestructura vial o ferroviaria, Se tiene una visión general de una nueva forma de construcción y utilización como guía para la determinación de la técnica más conveniente a utilizar.

IDENTIFICACION	OBJETIVO GENERAL	CATEGORIAS / VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCION DE INFORMACION	RESULTADOS
<p>(RODRIGUEZ GUTIERREZ, MOLANO GARAY, & VARGAS MANRIQUE, 2016) "DETERMINACIÓN DE MATRIZ CUANTITATIVA PARA LA SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA TRENCHLESS APROPIADOS PARA PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLADO EN COLOMBIA" Bogotá, Colombia,2016.</p>	<p>Diseño de una matriz cuantitativa para determinar la selección de tecnología sin zanjas más apropiada para procesos de construcción de redes de alcantarillado.</p>	<p>Matriz cuantitativa, Tecnología trenchless, Construcción, Tubería alcantarillado.</p>	<p>Determinación de variables de la matriz, tubería (material, diámetro, longitud), suelo (profundidad, nivel freático, condiciones suelo), económico (costo instalación), técnico necesidad encamisado, precisión instalación).</p>	<p>Determinación por medio de la ejecución de la matriz la alternativa que mejor se ajusta a los parámetros de evaluación establecidos y recomienda la tecnología Pipe Ramming.</p>

IDENTIFICACION	OBJETIVO GENERAL	CATEGORIAS / VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCION DE INFORMACION	RESULTADOS
<p>(Bejarano Palacios & Cardozo Bedoya, 2017) "Análisis en términos de costos y ventas de un determinado proyecto con variaciones en el tiempo de ejecución" Bogotá, Colombia, 2017.</p>	<p>Identificación de las variaciones en términos de costo y ventas, producidos por el incremento en tiempo de ejecución del proyecto de construcción.</p>	<p>Variaciones Costos, Ventas, Tiempo ejecución, Proyecto de construcción.</p>	<p>Recolección de información primaria suministrada por la propietaria del proyecto, información secundaria previamente recolectada como normas y leyes en vigencia.</p>	<p>Análisis de resultados de disminución de la utilidad estimada y establecimiento de recomendaciones.</p>
<p>(ESTRADA GONZALEZ & FORERO FAJARDO, 2018), "EVALUACIÓN DE GESTIÓN DEL TIEMPO EN TÉRMINOS DE LA GUÍA PMBOK® EDICIÓN CINCO, POR LA METODOLOGÍA SPR DE REHABILITACIÓN DE TUBERÍA SIN ZANJA COMPARADO CON EL MÉTODO CONVENCIONAL DE REHABILITACIÓN DE</p>	<p>Desarrollo del estudio en términos comparativos en la Gestión del Tiempo mediante la guía PMBOK® (edición cinco) a partir de la rehabilitación de tramos de tubería en el colector Quebrada La Vieja en la ciudad de Bogotá-Colombia, por medio de la implementación la tecnología SPR y el método de rehabilitación de tuberías a por medio de excavaciones en zanja.</p>	<p>Gestión del tiempo, Guía PMBOK (Edición 5), Tecnología SPR, Excavación a zanja abierta, Rehabilitación tubería.</p>	<p>Recopilación de información documental de diversas fuentes con el tema de investigación.</p>	<p>Determinación y análisis de la gestión del tiempo en proyectos de rehabilitación de tubería.</p>

IDENTIFICACION	OBJETIVO GENERAL	CATEGORIAS / VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCION DE INFORMACION	RESULTADOS
TUBERÍA" Bogotá, Colombia,2018.				
<p>(SIERRA, CARRILLO RODRIGUEZ, RODRÍGUEZ BELTRAN, & ROJAS QUINTERO, 2018)</p> <p>“ANÁLISIS Y DESARROLLO METODOLOGÍCO A PARTIR DE LOS PROCESOS DE PLANIFICACIÓN PLANTEADOS EN LA GUÍA PMI PARA LA EMPRESA KAPPA INGENIERIAS & DISEÑOS SAS” Bogotá, Colombia,2018.</p>	<p>Ejecucion del análisis y desarrollo de la metodología a partir de los procesos de planificación planteados en la guía PMI para la empresa KAPPA INGENIERIAS & DISEÑOS SAS.</p>	<p>Costo Cronograma</p>	<p>Entrevistas Encuestas Plan de Capacitación</p>	<p>Estimular a nivel directivo la importancia del desarrollo a partir de la guía PMI de los procesos de planificación.</p>

IDENTIFICACION	OBJETIVO GENERAL	CATEGORIAS / VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCION DE INFORMACION	RESULTADOS
<p>(MARTÍNEZ, 2019) O . J . Martínez "ANÁLISIS A NIVEL TÉCNICO Y EN ETAPA DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA, SISTEMA PIPE BURSTING COMPARADO CON SISTEMA DE EXCAVACION CON ZANJA PARA LA RENOVACIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO " Bogotá, Colombia,2019.</p>	<p>Identificación por medio del sistema sin zanja "Pipe Bursting", comparado con el sistema de excavación en zanja y a partir del análisis de factibilidad del proyecto.</p>	<p>Sistema sin zanja Pipe Bursting, Excavación a cielo abierto, Costo - Beneficio, Factibilidad Proyecto.</p>	<p>Revisión de literatura sobre el sistema Pipe Bursting, Recopilación de información de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá ESP.</p>	<p>Generación de estrategias para la toma de decisiones referente a las estrategias constructivas de rehabilitación de las redes de acueducto y alcantarillado pluvial como sanitario, al igual que un sistema de análisis y evaluación de factores de riesgo para cada uno de los sistemas y el impacto social y económico de implantación.</p>

IDENTIFICACION	OBJETIVO GENERAL	CATEGORIAS / VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCION DE INFORMACION	RESULTADOS
<p>(ROMERO, 2019) "DIAGNOSTICO DE CONTRATOS DEL AREA DE MANTENIMIENTO EN ZONAS DE ESPACIO PÚBLICO A CARGO DEL INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO - IDU CON UNA ALTA INCIDENCIA EN COSTOS DE ADICIONES EN DINERO Y PRORROGAS EN TIEMPO, UTILIZANDO LA HERRAMIENTA GERENCIAL DEL PMBOK® 6TA. EDICIÓN." Bogotá, Colombia, 2019.</p>	<p>Ejecutar el diagnostico de las causas provocan en un alto porcentaje a la adición de recursos económicos y prorrogas en tiempo de contratos del área de mantenimiento de espacio público a cargo del Instituto de Desarrollo Urbano - IDU en la ciudad de Bogotá, y las posibles soluciones que busquen la reducción de sobrecostos y los retrasos en tiempo que se lleguen a dar, esto, a través de la comparación por medio del desarrollo de procesos, a partir de lo establecido en la Guía PMBOK® 6ta Edición.</p>	<p>Retrasos en términos de tiempo y sobrecostos en términos económicos de los contratos del área de mantenimiento de espacio público.</p>	<p>Guía de procedimientos que implementa la entidad en el área de Dirección Técnica de Proyectos, la cual tiene a su cargo las etapas de pre-factibilidad, factibilidad, estudios y diseños de los proyectos que se tiene pensados para la etapa de construcción.</p>	<p>A través del diagnóstico se obtiene como hallazgo que la entidad ha venido implementado metodologías Project – Management - PMI, y por otro lado, se presentan inconsistencias en la definición clara del alcance de los proyectos a su cargo.</p>

IDENTIFICACION	OBJETIVO GENERAL	CATEGORIAS / VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCION DE INFORMACION	RESULTADOS
<p>(RODRIGUE, 2019) "APLICACIÓN DE LA GUÍA PMBOK EDICION 6 PARA LA ETAPA DE PLANIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS (VIS) CON LUGAR DE EJECUCIÓN EN EL MUNICIPIO DE VALDIVIA (ANTIOQUIA), CON MATERIALES ECOLÓGICOS WPC." Bogotá, Colombia,2019.</p>	<p>Aplicación de los lineamientos presentados en la guía PMBOK (EDICION 6) para el proceso de planificación, en la etapa de construcción de proyectos de viviendas tipo (VIS) a partir de materiales WPC (Wood Plastic Composite WPC) ubicado en el municipio de Valdivia, departamento de Antioquia, cuyo fin es el establecimiento de fundamentos que arrojen como resultado su correcta ejecución.</p>	<p>Gestionar la integración del proyecto Planificar la Gestión en el Alcance del Proyecto</p>	<p>Equipo de cómputo Portátil. Información relevante y de interés en el área de la gerencia de obras. Guía PMBOK edición 6.</p>	

IDENTIFICACION	OBJETIVO GENERAL	CATEGORIAS / VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCION DE INFORMACION	RESULTADOS
<p>(MANRIQUE VALDERRAMA & CAÑAS ANGARITA, 2020) "DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA DEL PLAN DE DIRECCIÓN EN PROYECTOS DE REHABILITACIÓN CON TECNOLOGÍAS SIN ZANJA PARA REDES DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍA (CURED IN PLACE PIPE) – A PARTIR DE LOS LINEAMIENTOS DEL PMBOK (EDICION 6)" Bogotá, Colombia,2020.</p>	<p>Diseño de una metodología del plan para definir parámetros para la dirección en proyectos de rehabilitación redes de alcantarillado con tecnología CIPP (cured in place pipe) – bajo los lineamientos del PMBOK Edición 6.</p>	<p>Metodología, Plan dirección de proyectos, Rehabilitación sin zanja red alcantarillado, Tecnología CIPP, Guía PMBOK (Edición 6).</p>	<p>Identificación de áreas del conocimiento de inicio y planificación de la Guía PMBOK (Edición 6), Estudio y evaluación del método de rehabilitación sin zanja.</p>	<p>Análisis de resultados y beneficios del diseño de una metodología para el plan de dirección y la viabilidad de implementación en futuros proyectos de rehabilitación de redes con tecnología CIPP.</p>

IDENTIFICACION	OBJETIVO GENERAL	CATEGORIAS / VARIABLES	INSTRUMENTOS RECOLECCION DE INFORMACION	RESULTADOS
<p>(CARDONA SANCHEZ & TORRES MEJIA, 2020) "MODELO DE GESTIÓN DEL TIEMPO Y DE LOS COSTOS DEL PROYECTO PARA LA CONSERVACION DE LA MALLA VIAL Y DEL ESPACIO PUBLICO DEL CONSORCIO HI BOSA, BASADO EN LA METODOLOGÍA DEL PMBOK" Bogotá, Colombia,2020.</p>	<p>Diseñar un modelo para la gestión del tiempo y de los costos del proyecto para la conservación de la malla vial y del espacio público del CONSORCIO HI BOSA, para los segmentos viales priorizados que requieren la renovación del alcantarillado basado en la metodología del PMBOK</p>	<p>Costos Tiempo</p>	<p>Guía PMBOK®</p>	<p>Modelo de gestión del tiempo y de los costos</p>

Tabla 3 Tecnologías sin zanja para rehabilitación de redes de alcantarillado – Guía PMBOK®

Fuente: Propia

5 METODOLOGÍA

5.1 FASES DEL TRABAJO DE GRADO

Para el desarrollo del trabajo de grado se definieron 3 fases: FASE 1 Recopilación de información, FASE 2 Análisis de la gestión del tiempo y costos y FASE 3 Comparación de las dos metodologías.

5.2 FASE 1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La recopilación de información es parte fundamental para el desarrollo de todos los trabajos, en esta fase se deberá recopilar la información relevante para el proyecto, de acuerdo con el trabajo de grado propuesto “EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DEL TIEMPO Y COSTO PARA UN PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO COMPARANDO EL MÉTODO CONSTRUCTIVO CON ZANJA ABIERTA VS REHABILITACIÓN SIN ZANJA (CIPP) BAJO LINEAMIENTOS PMBOK V.6”. La información a recopilar es la siguientes:

- Cartografía de la zona, Bases de datos públicas del IDECA, EAAB, IDU.
- Planos e informe de diseños de redes de alcantarillado pluvial, se obtendrán de la planoteca de la EAAB contrato No 1-01-31100-01207-2017, INFORME FINAL DISEÑO DE REDES PLUVIALES SECTOR BUENAVISTA.

5.3 FASE 2 ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DEL TIEMPO Y COSTO

En esta fase del proyecto de grado se realizó el análisis de la gestión del tiempo y costo de forma independiente para la rehabilitación de tubería con zanja y rehabilitación sin zanja con CIPP, con base en los lineamientos de la guía PMBOK® sexta edición (Project Managment Institute, 2017), que a continuación se presenta:

- Planificar la gestión del cronograma: Se definirán los criterios y actividades para desarrollar y controlar el cronograma.
- Definir las actividades: Se definirán las actividades específicas necesarias para producir los entregables.
- Secuenciar las actividades: se determinarán las relaciones de las actividades del proyecto.

- Estimar duración de actividades: en esta actividad se estimarán la cantidad de periodos necesarios para realizar la actividad, para este proyecto se tomará información secundaria del proyecto e información de proveedores de rehabilitación sin zanja.
- Desarrollar el cronograma: en este proceso se analizarán las actividades, secuencias, duración, recursos y restricciones del cronograma.
- Planificar las Gestión de costos: en este proceso se definen los criterios de unidad de medida, nivel de precisión y exactitud.
- Estimar costos: en este proceso se realiza para cada actividad, para este proyecto.
- Determinar el presupuesto: en este proceso se suman los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costo autorizada.

5.4 FASE 3 COMPARACIÓN DE LAS DOS METODOLOGÍAS

En esta fase se realizó la comparación del análisis del tiempo y costos de la rehabilitación de la tubería de alcantarillado pluvial, mediante instalación a zanja abierta Vs rehabilitación sin zanja, en esta fase se realizarán las siguientes actividades:

- Identificar ventajas y desventajas en tiempo y costos de la rehabilitación de tuberías de alcantarillado a zanja abierta.
- Identificar ventajas y desventajas en tiempo y costos de la rehabilitación de tuberías de alcantarillado con metodologías sin zanja.
- Analizar y comparar las ventajas y desventajas en tiempo y costos de la rehabilitación de tuberías de alcantarillado con zanja abierta y metodologías sin zanja.

5.5 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron las siguientes herramientas:

- Internet.
- Computadores.
- Papelería.
- Impresora.
- información del proyecto.

- Guía PMBOK® sexta edición.

5.6 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para la elaboración del trabajo de grado no se requiere realizar encuestas ni determinar un grupo de población para realizar el análisis, no obstante, en el numeral 2.5 Marco demográfico, se describe la población aledaña al proyecto y la beneficiaria del mismo.

5.7 ALCANCE Y LIMITACIONES

En el trabajo de grado se presenta la evaluación de tiempo y costo de la rehabilitación de la tubería de alcantarillado pluvial, mediante instalación a zanja abierta Vs rehabilitación sin zanja, no obstante, el trabajo no contempla el control de cronograma ni costos.

El trabajo de grado se ejecutará durante aproximadamente 8 meses, de acuerdo con la información y análisis que se logre realizar en este tiempo.

6 DESARROLLO

A continuación, se relacionan los productos desarrollados en el presente trabajo de grado:

CRONOGRAMA DE METODOLOGÍA	
ENTREGABLES	DOCUMENTO
Se presenta la recopilación y análisis la secundaria; Planos de diseño, informe de diseño, sistema de información geográfico de la EAAB.	Capítulo del informe del trabajo de grado.
Se presenta el diagnóstico del análisis de la gestión del tiempo y costo para la rehabilitación de la tubería de alcantarillado pluvial con metodología de zanja abierta y método sin zanja, con base en los lineamientos del PMBOK® sexta edición.	Capítulo del informe del trabajo de grado.
Se presenta la comparación de los análisis realizados para la evaluación de la gestión del tiempo y costo para la rehabilitación de la tubería de alcantarillado pluvial con metodología de zanja abierta vs método sin zanja.	Capítulo del informe del trabajo de grado.
Artículo	Documento Independiente.

Figura 7 Productos Desarrollados

Fuente: Propia

6.1 FASE 1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En esta fase del proyecto se realizó la recopilación de información, a continuación, se presenta la información revisada:

6.1.1 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA REDES EXISTENTES

Las informaciones de las redes existentes del sector del proyecto fueron tomadas del sistema de información geográfico de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, las cuales se pueden descargar en el siguiente Link:

<https://eab-sigue.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=6ad170bd1cdc450b823bd22d0786431d&scale=40000>

En este link se encuentra la ubicación e información de las redes de alcantarillado sanitario, pluvial y redes de acueducto, como se presenta a continuación

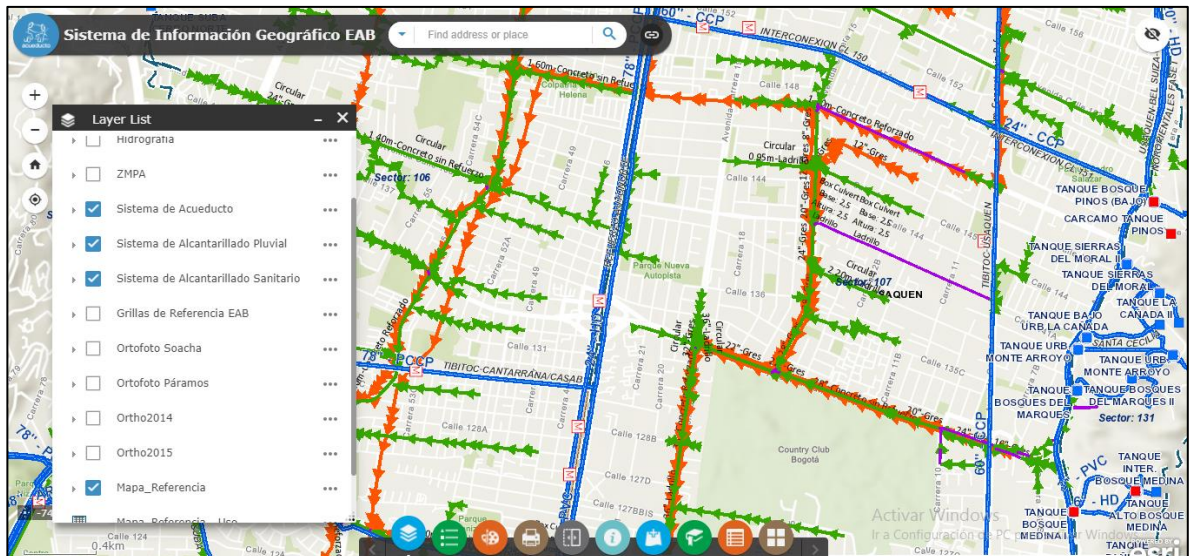


Figura 8 Sistema de información geográfico de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá

Fuente: SIGUE EAAB

Para el proyecto en particular se revisó la información de las redes de alcantarillado pluvial del sector de estudio:



Figura 9 Red de alcantarillado pluvial existente en el sector
Fuente: SIGUE EAB

A continuación, se delimita la zona del proyecto de acuerdo con las áreas de drenaje que recibe, la red existe se presenta en color azul la cual corresponde al colector principal, y la red a evaluar en el proyecto se identifica en color morado, el diámetro de la tubería es de 36" y 1.0m

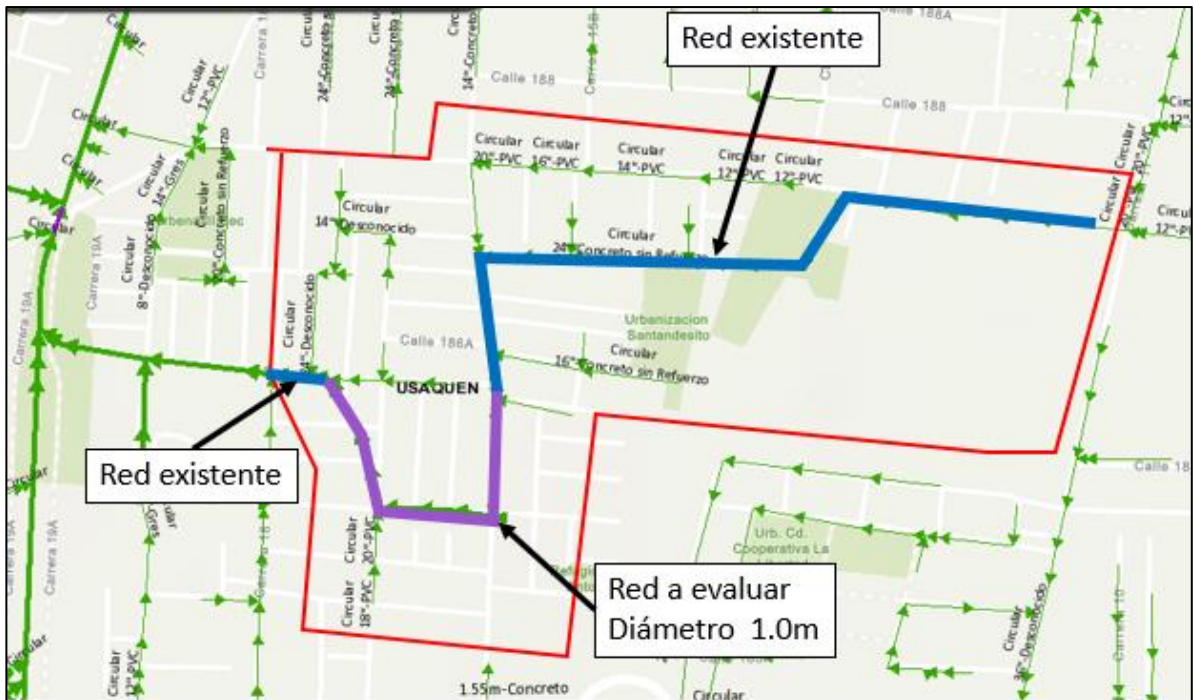


Figura 10 Red a evaluar en el proyecto
Fuente: SIGUE EAB

6.1.2 BASE DE DATOS DE LAS REDES EXISTENTES

En el sistema de información geográfico de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, adicionalmente a la ubicación de los pozos, sumideros y tuberías, se puede obtener la siguiente información para cada uno de los elementos:

Pozos:

Para los pozos de las redes de alcantarillado pluvial se puede ver en la página la siguiente información:

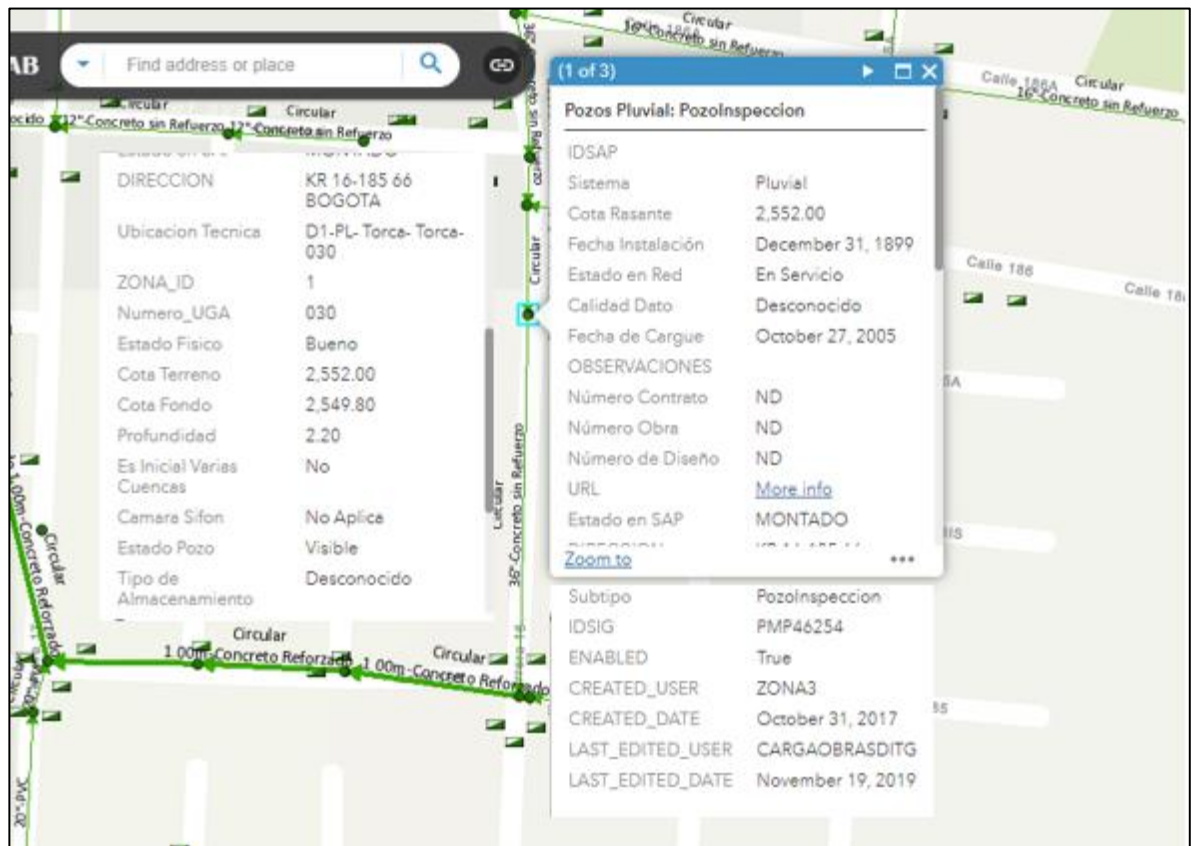


Figura 11 Información de pozos

Fuente: SIGUE EAAB

Sumideros:

Para los Sumideros de las redes de alcantarillado pluvial se puede ver en la página la siguiente información:

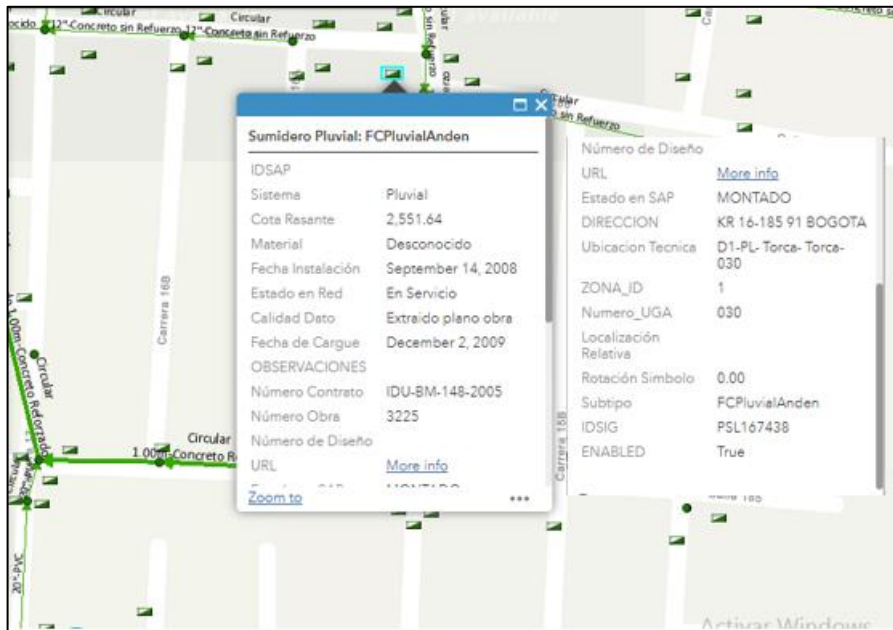


Figura 12 Información de Sumideros
Fuente: SIGUE EAAB

Redes:

Para las redes de alcantarillado pluvial se puede ver en la página la siguiente información:

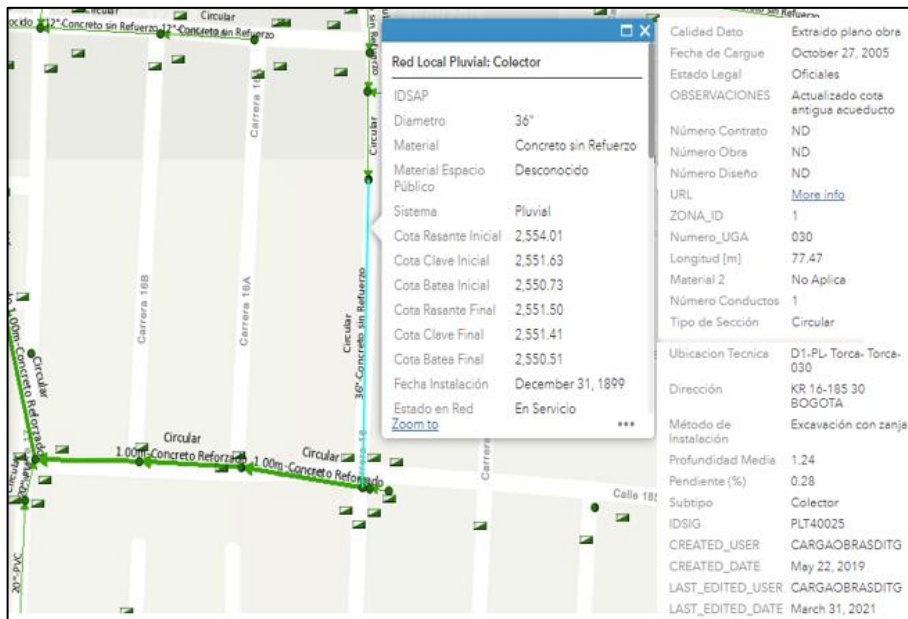


Figura 13 Información de redes de alcantarillado existentes
Fuente: SIGUE EAAB

6.1.3 CLASIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE REDES EXISTENTE

Teniendo en cuenta la información encontrada en el sistema de información geográfico de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, se realizó una clasificación de acuerdo con la relevancia para el trabajo de grado, no se tienen en cuenta los sumideros teniendo en cuenta que la evaluación del trabajo de grado se realiza sobre la red de alcantarillado pluvial troncal. A continuación se presenta para los pozos y redes los atributos que son necesarios para el trabajo de grado, los cuales se presentan en la Tabla 4 y Tabla 5.

ATRIBUTO - POZOS	INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL TRABAJO DE GRADO	
	SI	OBSERVACIÓN
Cota Rasante	X	Corresponde a la cota rasante de la vía en metros.
Fecha Instalación	X	Corresponde a la fecha de instalación de los pozos
DIRECCION	X	Corresponde a la localización del pozo.
ZONA_ID	X	Identifica en cuál de las 5 zonas de la EAAB se encuentra el pozo.
Estado Físico	X	Corresponde al estado estructural del pozo.
Cota Terreno	X	Corresponde a la cota terrero de la vía en metros.
Cota Fondo	X	Corresponde a la cota fondo de la tubería en metros.
Profundidad	X	Corresponde la distancia entre la rasante y la cota clave de la tubería, en metros.
IDSIG	X	Corresponde al código identificador para identificar el pozo.

*Tabla 4 Información de pozos – Atributos para el trabajo de grado
Fuente: Propia*

ATRIBUTO - REDES	INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL TRABAJO DE GRADO	
	SI	OBSERVACIÓN
Diámetro	X	Corresponde al tamaño de la tubería en metros.
Material	X	Corresponde al material de la tubería en metros.
Sistema	X	Define si el sistema es alcantarillado sanitario , pluvial o combinado.
Cota Rasante Inicial	X	Corresponde a la cota terrero de la vía en metros del pozo inicial.
Cota Clave Inicial	X	Corresponde a la cota clave de la tubería en metros del pozo inicial.
Cota Batea Inicial	X	Corresponde a la cota batea de la tubería en metros del pozo inicial.
Cota Rasante Final	X	Corresponde a la cota terrero de la vía en metros del pozo final.
Cota Clave Final	X	Corresponde a la cota clave de la tubería en metros del pozo final.
Cota Batea Final	X	Corresponde a la cota batea de la tubería en metros del pozo final.
Fecha Instalación	X	Corresponde a la fecha de instalación de los pozos
ZONA_ID	X	Identifica en cuál de las 5 zonas de la EAAB se encuentra el pozo.
Longitud [m]	X	Corresponde a la longitud entre pozos en metros.

ATRIBUTO - REDES	INFORMACIÓN REQUERIDA PARA EL TRABAJO DE GRADO	
	SI	OBSERVACIÓN
Profundidad Media	X	Corresponde a la pendiente del tramo, entre el pozo de inicio y el pozo final, en porcentaje.
Pendiente (%)	X	Corresponde la distancia entre la rasante y la cota clave de la tubería, en metros.
IDSIG	X	Corresponde al código identificador para identificar el pozo.

*Tabla 5 Información de Redes – Atributos para el trabajo de grado
Fuente: Propia*

6.1.4 DIGITALIZACIÓN INFORMACIÓN DE REDES EXISTENTE

Con base en la información el sistema de información geográfico de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, se digitalizo y cargo a un sistema de información geográfico para realizar de manera más ágil la cuantificación de cantidades.

A continuación, se presenta el plano de localización general, en el anexo 1 se encontrarán los esquemas de la localización de las redes de alcantarillado.



*Figura 14 Localización general de la red de alcantarillado pluvial
Fuente: Propia*

A continuación, se presenta la información del diámetro de las redes de alcantarillado pluvial del sector del proyecto.

En el anexo 1 se encontrarán los esquemas de los diámetros de las redes de alcantarillado.



Figura 15 Diámetro de las redes de alcantarillado pluvial
Fuente: Propia

A continuación, se presenta la información del material de las redes de alcantarillado pluvial del sector del proyecto.

En el anexo 1 se encontrarán los esquemas de los materiales de las redes de alcantarillado.



Figura 16 Material de las redes de alcantarillado pluvial
Fuente: Propia

A continuación, se presenta en color rojo las redes que serán evaluadas en este trabajo de grado.

En el anexo 1 se encontrarán los esquemas de los materiales de las redes de alcantarillado.



Figura 17 Redes de alcantarillado pluvial
Fuente: Propia

6.1.5 DATOS DEL PROYECTO

Teniendo en cuenta lo presentado en el trabajo de grado denominado “*PREFACTIBILIDAD DE LA INCORPORACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) EN LA UGA 030 DE LA SUBCUENCA TORCA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ*”, en el cual se describe las obras a realizar en el contrato No 1-01-31100-01207-2017, INFORME FINAL DISEÑO DE REDES PLUVIALES SECTOR BUENAVISTA.

En el informe y trabajo de grado se realizó el análisis hidráulico y la red existente de diámetro de 36” y 1.0m cumple con la evaluación de capacidad hidráulica, por lo tanto, en este trabajo de grado se realiza la evaluación de la instalación de esta tubería en método convencional o con método sin zanja.

A continuación, se presenta el plano de planta de la tubería que se realizara la evaluación, la cual corresponde a los tramos: PLT40023, PLT40024, PLT40025, PLT40026, PLT40027, PLT40028, PLT40029, PLT40030 y PLT40031.

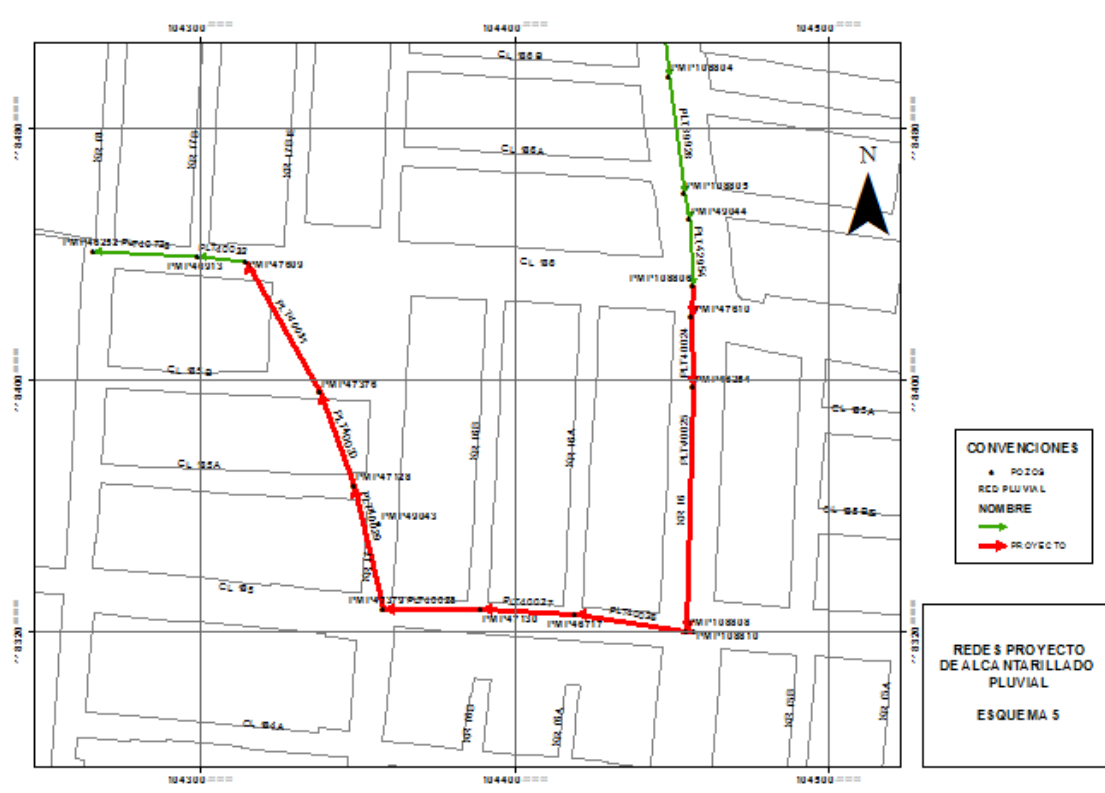


Figura 18 Redes proyecto de alcantarillado pluvial
Fuente: Propia

Con base en la información de cotas se realizó el perfil de las tuberías que son objeto del trabajo de grado:

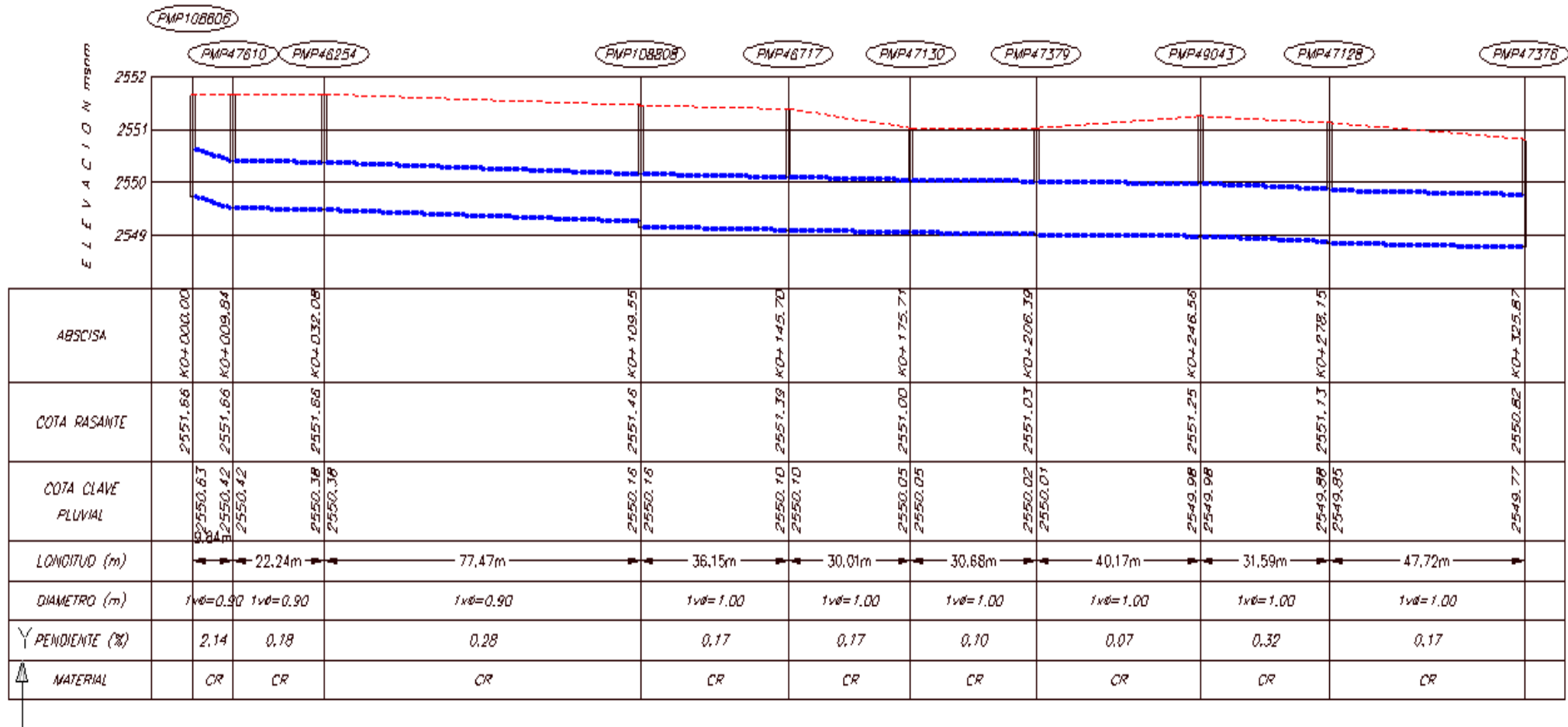


Figura 19 Perfil de la red de alcantarillado pluvial
Fuente: Propia

La información utilizada de cotas y diámetros se presenta a continuación:

IDSIG	POZO INICIO	POZO FINAL	DIAMETRO (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE (m)	MATERIAL	COTA RASANTE INICIAL	COTA CLAVE INICIAL	COTA BATEA INICIAL	COTA RASANTE FINAL	COTA CLAVE FINAL	COTA BATEA FINAL
PLT40023	PMP108806	PMP47610	0.90	9.84	2.14	Concreto sin refuerzo	2551.66	2550.63	2550.89	2551.66	2550.42	2550.68
PLT40024	PMP47610	PMP46254	0.90	22.24	0.18	Concreto sin refuerzo	2551.66	2550.42	2552.69	2551.66	2550.38	2552.65
PLT40025	PMP46254	PMP108808	0.90	77.47	0.28	Concreto sin refuerzo	2551.66	2550.38	2550.73	2551.66	2550.16	2550.51
PLT40026	PMP108808	PMP46717	1.00	36.15	0.17	Concreto reforzado	2551.46	2550.16	2549.16	2551.39	2550.10	2549.10
PLT40027	PMP46717	PMP47130	1.00	30.01	0.17	Concreto reforzado	2551.39	2550.10	2549.10	2551.34	2550.05	2549.05
PLT40028	PMP47130	PMP47379	1.00	30.68	0.10	Concreto reforzado	2551.00	2550.05	2549.05	2551.03	2550.02	2549.02
PLT40029	PMP47379	PMP49043	1.00	40.17	0.07	Concreto reforzado	2551.03	2550.01	2549.01	2551.25	2549.98	2548.98
PLT40030	PMP49043	PMP47128	1.00	31.59	0.32	Concreto reforzado	2551.25	2549.98	2548.98	2551.13	2549.88	2548.88
PLT40031	PMP47128	PMP47376	1.00	47.72	0.17	Concreto reforzado	2551.13	2549.85	2548.85	2550.82	2549.77	2548.77

*Tabla 6 Información perfil de la tubería de alcantarillado pluvial
Fuente: Propia*

Ver anexo 1 Esquemas y plano planta perfil.

6.2 FASE 2 GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

En este capítulo se presenta el desarrollo del Capítulo 6. Gestión del tiempo de la guía del PMBOK 6ta edición.

6.2.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DEL CRONOGRAMA

A continuación, se presentan las entradas, herramientas y salidas de la planificación de la gestión del cronograma

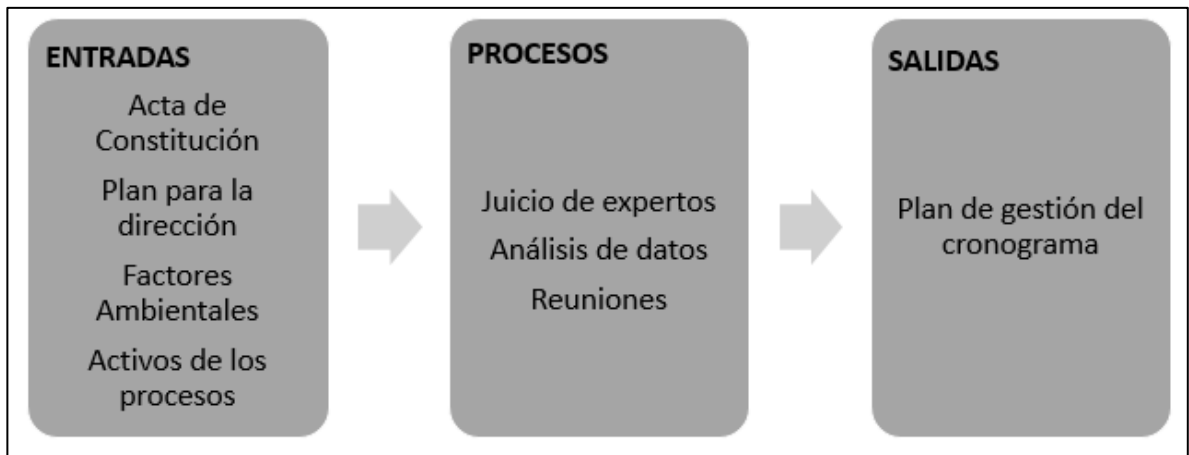


Figura 20 Planificar la gestión del cronograma
Fuente: Adaptado Guía PMBOK

6.2.1.1 Entradas (Planificar la gestión del cronograma)

A continuación, se describen las entradas para Planificar la gestión del cronograma

6.2.1.1.1 Acta de Constitución

Acta de Constitución – Project Charter	
ITEM	DESCRIPCIÓN
1. Descripción del proyecto	El proyecto comprende los tramos de tubería comprendidos por la carrera 17 entre la calle 186 y calle 185, la calle 185 entre carrera 17 y carrera 16 y la carrera 16 entre calle 185 y calle 186; consistente con 9 tramos de tubería existente, de los cuales 6 tramos de tubería son de diámetro de 40 pulgadas y 3 tramos de tubería son de 36 pulgadas, el material de la totalidad de los tramos es en concreto.
2. Definición del producto del proyecto o servicio del proyecto:	El producto final del proyecto es la renovación de la tubería en el mismo diámetro según los análisis de evaluación de capacidad hidráulica realizados previamente, ya sea mediante el cambio de la tubería por metodología a zanja abierta o por medio de renovación de tubería existente con tecnologías sin zanja CIPP.

Acta de Constitución – Project Charter	
ITEM	DESCRIPCIÓN
3. Definición de Requerimientos del proyecto:	El requerimiento específico para la definición del tipo de intervención que se debe realizar en la zona del proyecto, está encaminada con respecto a factores externos como lo son factores de movilidad, ya que sobre la carrera 16 existe una ruta alimentadora del sistema de transporte masivo de la ciudad; el factor social en lo que tiene que ver con el paso del alineamiento de tubería sobre una bahía de parqueo a nivel local, la posible afectación a una zona verde que hace las veces de parque y la posible invasión del espacio público por parte de algunos predios que han extendido sus antejardines o bien sea la probabilidad de que las redes de alcantarillado existentes se encuentren ubicadas en propiedad privada.
4. Objetivos del proyecto:	El objetivo del proyecto es la continuación de la prestación del servicio de alcantarillado pluvial en el área de influencia del colector existente, esto por medio de la renovación de la red anteriormente descrita.
5. Finalidad del proyecto	La finalidad del proyecto tiene que ver con la inminente expansión de la red de alcantarillado pluvial hacia los cerros orientales, por lo cual la red objeto de análisis debe estar en óptimas condiciones de uso para el nuevo caudal a captar y tener una vida útil acorde a las necesidades de expansión del área de influencia del colector.
6. Justificación del proyecto	La justificación del proyecto se enmarca en una serie de acciones populares realizadas por la comunidad en lo que tiene que ver con el adecuado manejo de las aguas lluvias en el sector y que la E.A.A.B atiende por medio de los estudios de ingeniería detallada y diseños y construcción de obras para dar una solución optimizando el servicio de recolección de las aguas lluvias que se precipitan en el sector.
7. Nombramiento del Gerente de Proyecto	El nombramiento del gerente del proyecto, se realiza al momento de desarrollar el acta de constitución del proyecto y en el cual aparte de su nombramiento, se establecen sus responsabilidades y nivel de autoridad. (El alcance del trabajo de grado propuesto no tiene contemplado realizar el acta de constitución del proyecto).
8. Resumen del Cronograma de Hitos del proyecto	Dentro del desarrollo del acta de constitución del proyecto, se define el resumen del cronograma de hitos del proyecto. Se compone de la construcción o renovación por tecnología sin zanja CIPP de 9 tramos de tubería con diámetros de 36" y 40", sin restricciones de tiempo. (El alcance del trabajo de grado propuesto no tiene contemplado realizar el desarrollo del acta de constitución del proyecto).
9. Organizaciones o grupos organizacionales que intervienen en el proyecto	La identificación de los interesados se realiza al momento de desarrollar el acta de constitución del proyecto. (El alcance del trabajo de grado propuesto no tiene contemplado realizar el desarrollo del acta de constitución del proyecto).
10. Principales amenazas	Al momento de desarrollar el acta de constitución del proyecto se identifican las restricciones, supuestos y dependencias a tener en cuenta para las etapas del ciclo de vida del proyecto. (El alcance del trabajo de grado propuesto no tiene contemplado realizar el desarrollo del acta de constitución del proyecto).
11. Principales oportunidades del proyecto	Al momento de desarrollar el acta de constitución del proyecto se identifican las principales oportunidades del proyecto, dentro del marco del trabajo de grado se refiere a una obra pública de utilidad para la E.A.A.B, el distrito y la comunidad del sector de influencia del proyecto que se beneficia por la ejecución de éste. (El alcance del trabajo de grado propuesto no tiene contemplado realizar el acta de constitución del proyecto).

Acta de Constitución – Project Charter	
ITEM	DESCRIPCIÓN
12. Presupuesto preliminar	El presupuesto preliminar se realiza al momento de desarrollar el acta de constitución del proyecto, sin restricciones en el costo. (El alcance del trabajo de grado propuesto no tiene contemplado realizar el desarrollo del acta de constitución del proyecto).
13. Patrocinador que autoriza el proyecto	El patrocinador del proyecto corresponde a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

Tabla 7 Acta de constitución

Fuente: Propia

6.2.1.1.2 Plan para la dirección

El plan de dirección se desarrolla posterior al acta de constitución del proyecto, documento que en el marco del alcance del presente proyecto de grado no se presenta.

Para el desarrollo del plan de dirección del proyecto, se surte el proceso de la definición, preparación y coordinación de los componentes del plan y realizar el proceso de consolidación de un plan de manera integral de dirección del proyecto. El documento del plan de dirección del proyecto, tampoco hace parte de los entregables del presente proyecto de grado, por lo cual se define básicamente en que consiste, mas no se realiza el proceso de desarrollo del plan de dirección del proyecto.

6.2.1.1.3 Factores Ambientales

FACTORES AMBIENTALES METODO CONVENCIONAL	
INTERNOS	EXTERNOS
La empresa constructora, en su estructura organizacional, debe contar con personal experimentado y trayectoria en la construcción de obras nuevas o de renovación de redes de alcantarillado con método a zanja abierta.	Existencia de normativa para la ciudad de Bogotá, que ofrece una guía para la actividad de la construcción de redes de alcantarillado, emanada de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá; a la cual se deben regir las empresas que contraten con la E.A.A.B.
Los riesgos asociados a la actividad de la construcción de redes de alcantarillado nuevo o renovación por método de zanja abierta se minimizan al máximo, por medio de la capacitación del personal que ejecuta las obras, la tenencia del equipo necesario para la realización de la actividad y conocer el manual de ejecución de procedimiento de las actividades asociadas a la construcción de redes.	Existencia de legislación en la que se establecen los lineamientos de contratación en cuanto a capacidad financiera, experiencia y otras condicionales que se deben cumplir para la adjudicación de contratos con la entidad contratante.
La empresa constructora, a nivel de cultura organizacional, debe mantenerse abierto a las novedades en la actividad de la construcción, en equipamiento, medidas de seguridad,	Existencia de periodos de tiempos en los que la contratación publica no se puede realizar, en cuanto a temas legales en periodos electorales,

FACTORES AMBIENTALES METODO CONVENCIONAL	
INTERNOS	EXTERNOS
procesos constructivos y capacitación del personal.	los cuales buscan contrarrestar la corrupción con relación a las elecciones.
Los sistemas informáticos son de apoyo vital al control de ejecución de obra, con respecto a tiempo y costos y son de apoyo para la presentación de información periódica al contratante.	Probabilidad de alteraciones del orden público en la zona en la que se realiza la ejecución de las actividades que se enmarcan en el alcance del contrato.
El talento humano que ejecuta obras de construcción de redes de alcantarillado nuevos o de renovación por método a zanja abierta, se encuentra sin mayores dificultades, ya que ha sido el método más empleado para la instalación de redes desde que se construyeron las primeras de alcantarillado con tuberías, por lo cual existe bastante personal que ha participado en este tipo de proyectos.	

Tabla 8 Factores ambientales método convencional

Fuente: Propia

FACTORES AMBIENTALES METODO CIPP	
INTERNOS	EXTERNOS
La empresa de servicios de tecnología sin zanja, en su estructura organizacional, debe contar con personal experimentado y trayectoria en la renovación de redes de alcantarillado con método de tecnología sin zanja.	Existencia de normativa para la ciudad de Bogotá, que ofrece una guía para la actividad de la construcción de redes de alcantarillado, emanada de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá; a la cual se deben regir las empresas que contraten con la E.A.A.B.
Los riesgos asociados a la actividad de la renovación por método de tecnología sin zanja minimizan al máximo, por medio de la capacitación del personal que ejecuta las actividades, la tenencia del equipo necesario para la realización de la actividad y conocer el manual de ejecución de procedimiento de las actividades asociadas a la construcción de redes.	Existencia de legislación en la que se establecen los lineamientos de contratación en cuanto a capacidad financiera, experiencia y otras condicionales que se deben cumplir para la adjudicación de contratos con la entidad contratante.
La empresa de servicios de tecnología sin zanja, a nivel de cultura organizacional, debe mantenerse abierto a las novedades en la actividad de la renovación de tecnologías sin zanja, en equipamiento, medidas de seguridad, procesos constructivos y capacitación del personal.	Existencia de periodos de tiempos en los que la contratación pública no se puede realizar, en cuanto a temas legales en periodos electorales, los cuales buscan contrarrestar la corrupción con relación a las elecciones.
Los sistemas informáticos son de apoyo vital al control de ejecución de obra, con respecto a tiempo y costos y son de apoyo para la presentación de información periódica al contratante.	Probabilidad de alteraciones del orden público en la zona en la que se realiza la ejecución de las actividades que se enmarcan en el alcance del contrato.
El talento humano que ejecuta las actividades de renovación por método de tecnología sin	

FACTORES AMBIENTALES METODO CIPP	
INTERNOS	EXTERNOS
zanja, tiene sus dificultades al momento de tratar encontrar personal que tenga relación con ese tipo de actividades, por ser una tecnología relativamente nueva en el país. El personal que tiene cierto grado de conocimiento sobre dicha tecnología es bastante reducido.	

Tabla 9 Factores ambientales método CIPP

Fuente: Propia

6.2.1.1.4 Activos de los procesos

Método convencional

- Herramientas de información que se pueden utilizar en cuanto a la gestión del cronograma:
Socializar con los jefes de área el cronograma de cada uno de los tramos de alcantarillado a intervenir, tiempo de inicio y final, formatos de recibo de tubería instalada para realizar un balance rápido de longitud de tubería Vs la jornada laboral y con estos datos se tiene una idea general de la marcha del proyecto de construcción de una red nueva de alcantarillado o de renovación de la misma con método a zanja abierta.
- Herramientas de información que se pueden utilizar en cuanto a la gestión del costo:
Socializar con los jefes de área de la necesidad de controlar el material que se gasta en obra en cada uno de los tramos de alcantarillado a intervenir, cantidad de tubería, materiales de relleno y viajes de volqueta despachados y recibidos, para realizar un balance rápido del consolidado de materiales gastados en la actividad y cuantificarlos en costos. Con estos datos se tiene una idea general del costo real con respecto al valor programado sobre la marcha del proyecto de construcción de una red nueva de alcantarillado o de renovación de la misma con método a zanja abierta."
- Fuentes de consulta de información secundaria con respecto a temas de tiempo de ejecución de obras en lugares cercanos y con características similares al que se va a ejecutar, por medio de método a zanja abierta.

Método CIPP

- Herramientas de información que se pueden utilizar en cuanto a la gestión del cronograma:
Socializar la metodología como se tiene planteado realizar las actividades con los jefes de área del cronograma de cada uno de los tramos de alcantarillado a intervenir, tiempo de inicio y final, renovación de tubería para

realizar un balance de rendimientos por jornada laboral y con estos datos se tiene una idea general de la marcha del proyecto de renovación de tubería con método de tecnología sin zanja.

- Herramientas de información que se pueden utilizar en cuanto a la gestión del costo:
- Socializar con los jefes de área de la necesidad de controlar el material que se gasta en obra en cada uno de los tramos de alcantarillado a intervenir, cantidad de línea textil, material de impregnación de la línea textil (Resina Epoxica), para realizar un balance rápido del consolidado de materiales gastados en la actividad y cuantificarlos en costos. Con estos datos se tiene una idea general del costo real con respecto al valor programado sobre la marcha del proyecto de renovación de una red nueva de alcantarillado con método de tecnología sin zanja.
- Fuentes de consulta de información secundaria con respecto a temas de tiempo de ejecución de obras en lugares cercanos y con características similares al que se va a ejecutar, por medio de método de tecnología sin zanja.

6.2.1.2 Herramientas (Planificar la gestión del cronograma)

De acuerdo con la guía del PMBOK se pueden utilizar las siguiente herramientas y técnicas:

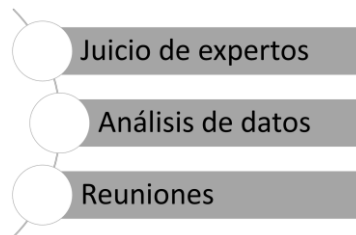


Figura 21 Herramientas y Técnicas
Fuente: Propia

6.2.1.2.1 Juicio de expertos

El juicio de expertos puede ser proporcionado por cualquier grupo o persona con educación, conocimiento, habilidad experiencia o capacitación especializada y bajo esta definición se producen la siguiente serie de incógnitas y su respectiva respuesta:

- Con respecto al tiempo de ejecución de la obra de construcción de una red de alcantarillado nueva o renovación de la existente por medio de tecnología sin zanja (CIPP), cual considera que optimiza mejor el tiempo?

Respuesta: El tipo de intervención que requiere de menor tiempo es la de tecnología sin zanja (CIPP), ya que no recurre a demolición de vías si las llega a tener, por otro lado todo el tiempo con el que se debe contar para las actividades de excavación, instalación del sistema de protección de la excavación, la instalación de la tubería y los rellenos respectivos una vez se encuentra instalada la tubería; esto sin contar que puede aparecer una red de algún servicio público que no se tuviera identificada o también el daño de una red de servicios públicos durante la ejecución de la obra.

- Con respecto al costo de ejecución de la obra de construcción de una red de alcantarillado nueva o renovación de la existente por medio de tecnología sin zanja (CIPP), cual considera que optimiza mejor el costo?

Respuesta: El tipo de intervención que requiere de menor costo sería en una situación muy puntual en la que la tubería se encuentre a poca profundidad de la rasante, sería la opción de construcción de red nueva a zanja abierta, pero a medida que la red se encuentre a una mayor profundidad, el costo de la construcción de una red nueva aumenta de forma gradual, a tal punto que llegaría a igualar el costo de la tecnología sin zanja y fácilmente sobrepasarlo. Si bien a mayor profundidad el costo de la maniobra por medio de tecnología también puede aumentar el valor, este sería mínimo, ya que la cantidad principal a controlar es la longitud de línea textil y resina epóxica, que es básicamente la misma, ya que la profundidad de la red no afecta la longitud del tramo de tubería.

- Que apreciación le merecería como tomador de decisión, en el caso en que que el valor de la propuesta de método con zanja sea prácticamente el mismo que el valor de la metodología sin zanja para la ejecución del proyecto de construcción de red de alcantarillado nueva o renovación de la red existente por medio de método con tecnología sin zanja?

Respuesta: El panorama más inmediato sería una ejecución de obra nueva a zanja abierta, ya que permitiría instalar una red nueva que ofrecería una vida útil garantizada por el fabricante de la tubería y también la construcción de una vía nueva en caso de que existiera o no exista. No obstante, se debe tener en cuenta la razón por la cual se llegó también a la conclusión de proponer la metodología sin zanja, sabiendo de los costos en los que se incurre y también que la evaluación estructural de la tubería existente en la cual se realizaría la renovación de tubería por tecnología sin zanja, podría llegar a presentar imprecisiones y presentar fallas con respecto a su vida útil diseñada.

6.2.1.2.2 Reuniones

Para desarrollar del cronograma, se realizó una reunión semanal, para revisar los recursos y tiempos establecido para las actividades, estas reuniones se realizaron

entre los integrantes del grupo del trabajo de grado.

6.2.1.3 Salidas (*Planificar la gestión del cronograma*)

En este ítem se presenta las salidas de la planificación del cronograma.

6.2.1.3.1 Plan de gestión del cronograma

Para el desarrollo del plan de gestión del cronograma se tienen las siguientes premisas:

- Se utilizó el programa Microsoft Project para la elaboración del cronograma.
- Se utilizó como medida para la duración de las actividades (días).
- El avance se medirá de acuerdo con el avance de cada una de las actividades.

A continuación, se presenta la estructura de trabajo del proyecto definida para la rehabilitación de la tubería de alcantarillado pluvial de diámetro de 1.0 m, comparando el método constructivo con zanja abierta vs las tecnologías de rehabilitación sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe), en la localidad de Usaquén, barrio Verbenal, en el sector ubicado en la calle 185 con carrera 17, como se presenta en la *Figura 22* y *Figura 23*.



Figura 22 Estructura de trabajo – Metodología Convencional
Fuente: Propia

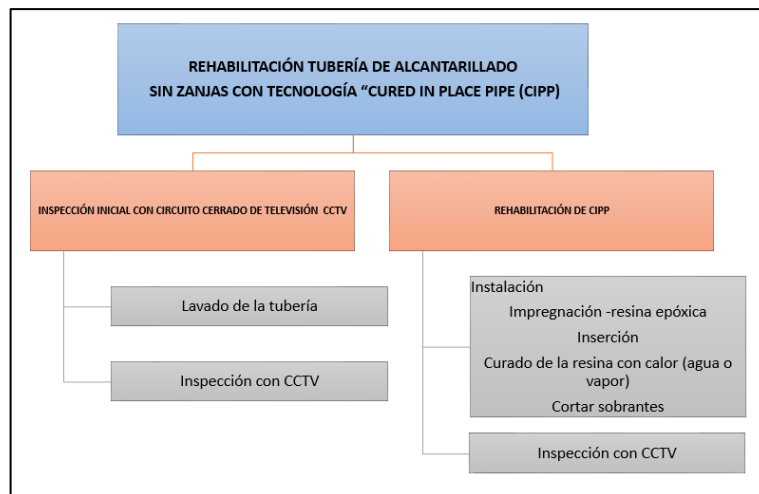


Figura 23 Estructura de trabajo – Metodología CIPP
Fuente: Propia

6.2.2 DEFINIR LAS ACTIVIDADES

A continuación, se presentan las entradas, herramientas y salidas de la definición de actividades.



Figura 24 Definir Actividades
Fuente: Adaptado Guía PMBOK

6.2.2.1 Entradas (Definir Actividades)

A continuación, se describen las entradas para definir las actividades.

Entrada	Descripción
Plan De la gestión del cronograma	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.3.1 Plan de gestión del cronograma.
Línea Base	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.3.1 Plan de gestión del cronograma.
Factores Ambientales	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.3 Factores Ambientales
Activos de los procesos	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.4 Activos de los procesos

Tabla 10 Entradas - Definir Actividades
Fuente: Adaptado Guía PMBOK

6.2.2.2 Herramientas (Definir Actividades)

De acuerdo con la guía del PMBOK se pueden utilizar la herramienta de descomposición, a continuación, se describen las actividades de cada uno de los métodos.

Metodo convencional

- **Localización y replanteo**

Procedimiento que consiste en el traslado de coordenadas cartesianas X, Y y Z,

desde un par de puntos con coordenadas conocidas hasta el sitio del proyecto, se realiza por medio de equipos de topografía que usualmente son utilizados como lo son la estación total para la determinación de las coordenadas planimétricas X, Y y el nivel de precisión para la determinación de la coordenada altimétrica Z.



Figura 25 Localización y replanteo

Fuente: <http://maparegalias.sgr.gov.co/proyecto/perfilproyecto/206262>

- **Instalación de cerramiento**

Actividad consistente en la instalación de un cerramiento en materiales textiles y de señalización de material plástico, el cual tiene como función el aislamiento de la zona de obra con el resto del espacio circundante en el lugar donde se desarrolla el proyecto.



Figura 26 Instalación de cerramiento

Fuente: <https://plastempack.com/producto/115>



Figura 27 Instalación de cerramiento
Fuente: <https://plastempack.com/producto/59>

- **Trasporte de equipos**

Actividad que se realiza en la etapa inicial, final y en ocasiones en el intermedio de la fase de ejecución del proyecto, que consiste en llevar al sitio los equipos que se requieren para la ejecución del proyecto. Los equipos dependiendo del tamaño pueden ser transportados desde camionetas con platon (equipos portatiles o de tamaño manejable para el personal que lo manipula) hasta cama baja (maquinaria pesada de construcción).



Figura 28 Transporte de equipos
Fuente: <http://bogota.colombia.logisven.com/post/lista-de-servicios/articulo/categorias/transporte-de-carga-extradimensionada/transporte-en-equipo-camabaja/en/locaciones/colombia/tolima/guamo-tolima-colombia>

- **Demolición de pavimentos rígidos**

Actividad que se realiza como etapa previa a la excavación mecánica o manual para la instalación de tubería, comúnmente se realiza con un martillo hidráulico, que viene como accesorio en las excavadoras; también se realiza la actividad por medio del martillo neumático alimentado por energía eléctrica.



Figura 29 Demolición de pavimentos rígidos

Fuente: <https://www.carreteras-pa.com/noticias/opera-en-australia-el-martillo-hidraulico-mas-grande-y-potente-del-mundo/>



Figura 30 Demolición de pavimentos rígidos

Fuente: <https://www.ingecivil.net/2018/08/09/uso-los-martillos-neumaticos/>

- **Excavación a maquina y retiro**

Una vez retirada la capa de pavimento rigido, se procede a la ejecucion de la excavacion a maquina, la cual consiste en extraer el volumen de tierra requerido y generar la zanja de ubicación planimetrica y altimetrica en la cual se realiza la instalacion de la tuberia.



Figura 31 Excavación a máquina y retiro

Fuente: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/12/10/apertura-de-zanja-en-la-instalacion-de-tuberias/>

- **Entibado**

Una vez terminada la excavacion y en el proceso, se realiza la instalacion del entibado, que es un sistema de proteccion para los obreros que trabajan dentro de la zanja, como tambien para evitar que el terreno se derrumbe hacia el espacio generado en la zanja excavada. Comunmente el entibado se compone de paredes metalicas y travezaños que tienen la funcion de apuntalar las paredes metalicas a las paredes de la excavacion y su instalacion se realiza con maquinaria pesada debido al peso de la estructura de entibacion.

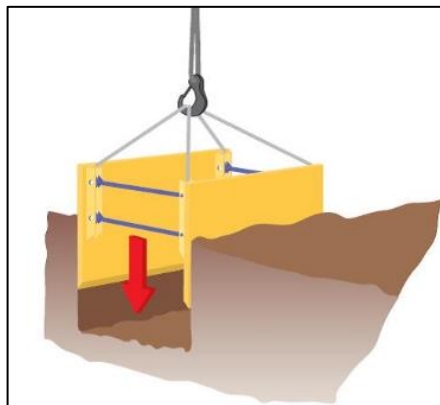


Figura 32 Entibado

Fuente: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/zanjas/>

- **Demolición y retiro**

La actividad de demolición consiste en la destrucción de la tubería existente, la cual será renovada por una nueva, la demolición de la tubería se realiza con la excavadora por medio de ejercer presión con el balde de la máquina sobre la tubería hasta fracturarla o con el martillo hidráulico. La actividad de retiro se relaciona con la recolección de los materiales producto de la demolición de la tubería y su disposición a sitio autorizado.



Figura 33 Demolición y retiro

Fuente: <https://www.interventorianms.com/wp-content/uploads/2017/08/20170713-Demolici%C3%B3n-tuber%C3%ADa-y-aletas-alcantarilla-existent.-PR-250005-Tramo-4505-Unidad-Funcional-3..jpg>

- **Relleno con gravilla**

El relleno en gravilla tiene como función cimentar la estructura de soporte de la tubería a instalar, consiste en acondicionar una capa de un espesor determinado en la cual se va a apoyar la tubería y posteriormente rellenar a los lados y por encima de la tubería dependiendo del modelo cimentación a aplicar.



Figura 34 Relleno con gravilla

Fuente: <https://pdf4pro.com/fullscreen/recomendacion-de-instalacion-para-la-aaa1a.html>

- **Tubería de concreto reforzado 21Mpa de 900mm y 1000 mm de diámetro interior**

La tubería es un elemento que tiene como función la conducción de aguas pluviales o residuales y se instala desde un punto de inicial de captación hasta un punto de entrega.



Figura 35 Tubería de concreto reforzado

Fuente: <http://titandev.trespimedio.co/portfolio/tuberia-reforzada/>

- **Relleno para estructuras con recebo**

El relleno en recebo tiene como función el cubrimiento de la tubería instalada y ocupar el espacio del material excavado previamente y conformar el terreno a sus condiciones iniciales hasta el nivel de terreno natural existente o hasta el nivel de subrasante para el caso de la construcción de vías una vez instalada la red de alcantarillado.



Figura 36 Relleno para estructuras con recebo

Fuente: https://www.findeter.gov.co/system/files/convocatorias/PAF-ATF-O-066-2017/PAF-ATF-O-066-2017%40Anexo_C_Cap3_Movimientos_De_Tierra.pdf

- **Relleno Rajón**

Los rellenos en rajón comunmente son utilizados en suelos con características indeseables, con lo cual se busca evitar hundimientos y deformaciones en su estructura.



Figura 37 Relleno Rajón

Fuente:<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4967/RodriguezPaezDiegoAlexander2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- **Relleno Base Granular clase A**

El relleno con base granular es un material procesado de un espesor diseñado, que se instala sobre la capa de sub-base y por debajo de la carpeta asfáltica y ofrece la resistencia estructural necesaria para que la estructura de pavimento en su conjunto, soporte el tránsito de diseño proyectado.



Figura 38 Relleno Base Granular clase A

Fuente:<https://es.slideshare.net/jorgesilva26/base-granular-proceso-construtivo>

- **Relleno Sub Base Granular clase A**

El relleno con sub base granular es un material procesado de un espesor diseñado, que se instala sobre la subrasante o capa de rajon sellado y por debajo de la capa de base y ofrece la resistencia estructural necesaria para que la estructura de pavimento en su conjunto, soporte el transito de diseño proyectado.



Figura 39 Relleno Sub Base Granular clase A

Fuente: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/experiencia-tolimense-con-bases-y-sub-bases-argos>

- **Pavimento de concreto hidráulico**

Consiste en una mezcla de forma homogénea compuesta por cemento, grava, arena, agua y en casos puntuales cuenta también con aditivos. El concreto hidráulico es muy empleado para la construcción de vías, sobre todo en entornos urbanos, por su resistencia, duración y su relativa facilidad de producción.



Figura 40 Pavimento de concreto hidráulico

Fuente: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/durabilidad-fibras-de-acero-para-pavimentos-de-concreto>

Metodo con CIPP

- **Lavado de la tubería**

Consiste en la inyección de agua a presión por medio de una manguera dentro de la tubería cuya finalidad es la remoción de material que se encuentre obstruyendo el tramo de tubería o para la limpieza de la batea de la estructura, previo a la inserción del vehículo que transporta la cámara de inspección.



Figura 41 Lavado de la tubería

Fuente: <http://plomeroenbogota.com/sondeo-o-lavado-de-tuberias/>

- **Inspección con CCTV**

Una vez realizada la actividad de lavado de la tubería, se procede con la inspección de la tubería por medio de un vehículo dotado de una cámara que registra la imagen que emite el lente y con un distanciometro que permite conocer la longitud de tubería inspeccionada y permite determinar la abscisa en la que se encuentre un punto de interés en el proceso de inspección.



Figura 42 Inspección con CCTV

Fuente: <https://bropemor.com/sistema-robotizado-de-tuberias-140-1200-mm/>

- **Impregnación -resina epóxica**

Proceso que consiste en la aplicación de la resina epoxica en el material textil por medio de rodillos, con los cuales se controla la uniformidad de la impregnacion.



Figura 43 Impregnación -resina epóxica

Fuente: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7549/tesis607.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- **Inserción**

El proceso de insercion se realiza desde el punto de acceso, por dentro de la tuberia existente, hasta el final del tramo de tuberia.



Figura 44 Inserción

Fuente: <https://eeconstruccion.com/cipp.html>

- **Curado de la resina con calor (agua o vapor)**

Una vez insertada la línea textil dentro de la tubería existente, se procede por medio de equipos de suministro a la inyección de agua o vapor, por el tiempo necesario para realizar el curado de la línea textil instalada.



Figura 45 Curado de la resina con calor (agua o vapor)

Fuente: <http://www.vecolombia.com/Informacion%20de%20productos%20VE/CIPP/CIPP%20Technologies.pdf>

- **Cortar sobrantes**

Actividad consistente en retirar por medio de corte los sobrantes de la tubería nueva instalada.



Figura 46 Cortar sobrantes

Fuente: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7549/tesis607.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- **Inspección con CCTV**

Culminado el proceso de corte de sobrantes de la nueva tubería, nuevamente se realiza una inspección por sistema CCTV, esta vez con el fin de revisar el producto final instalado.



Figura 47 Inspección con CCTV

Fuente: <https://www.poceriasinzanja.es/inspeccion-camara-cctv-obras-poceria/>

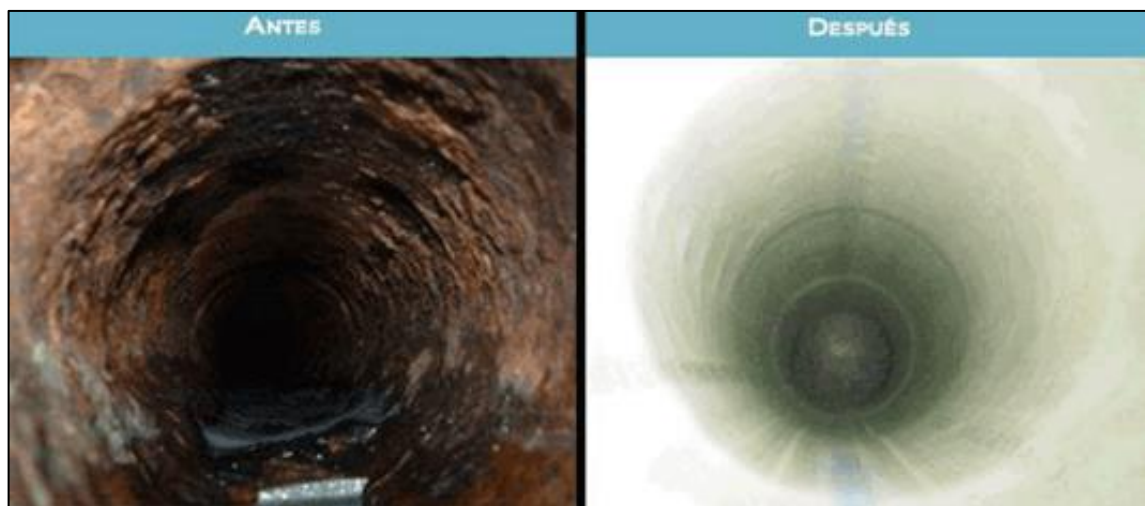


Figura 48 Lavado de la tubería

Fuente: <https://eeconstruccion.com/cipp.html>

6.2.2.3 Salidas (Definir Actividades)

En este ítem se presenta las salidas de la planificación del cronograma.

6.2.2.3.1 Lista de actividades

El proyecto se tiene contemplado realiza en 9 tramos para los dos métodos, a continuación, se presenta el listado de las actividades para el primer tramo, los demás tramos están compuestos por las mismas actividades.

Método Convencional

- Comienzo
- Localización y replanteo
- Cerramiento
- Movilización de Equipos
- Demolición de pavimentos rígidos
- Excavación varia sin clasificar incluye retiro de sobrantes a una distancia menor a 5 km
- Tablestacado metálico
- Demolición y retiro
- Relleno con gravilla
- Tubería de concreto reforzado 21Mpa de 900mm de diámetro interior
- Relleno para estructuras con recebo
- Relleno Rajón
- Relleno Base Granular clase A
- Relleno Sub Base Granular clase A
- Pavimento de contrato hidráulico
- Fin

Método CIPP

- Comienzo
- Inspección inicial con circuito cerrado de televisión CCTV
- lavado y sondeo de redes de alcantarillado entre 16 " y 40 " de diámetro y con grado de colmatación menor del 30%. incluye mano de obra idónea, señalización básica, sumin de combustible y agua.
- Inspección de redes de alcantarillado con sistemas CCTV para diámetros mayores a 36 "
- Rehabilitación red de alcantarillado con tecnología CIPP
- Inspección con CCTV
- Fin

6.2.2.3.2 Atributos de actividades

El proyecto se tiene contemplado realiza en 9 tramos para los dos métodos, a continuación, se presenta el listado de las actividades y los atributos, en el Anexo 2, se adjunta la programación total de los 9 Tramos.

Hito	EDT	Nombre de tarea	Duración
No	1	REHABILITACIÓN TUBERÍA DE ALCANTARILLADO CON METODOLOGÍA CONVENCIONAL	137.45 d
Sí	2	Comienzo	0 d
No	3	CONSTRUCCIÓN TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)	18.15 d
Sí	3.1	Comienzo	0 d
No	3.2	PRELIMINARES	1.04 d
No	3.2.1	Localización y replanteo	0.81 d
No	3.2.2	ALQUILER DE CERRAMIENTO TIPO 1: CONSTA DE SEÑALIZADORES TUBULARES PLÁSTICOS, TRIPLE CINTA PELIGRO CAL. 4, POLISOMBRA 65% PARA CERRAMIENTO. (INCLUYE INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO Y DESINSTALACIÓN).	0.22 d
No	3.2.3	MOVILIZACIÓN DE EQUIPO DESDE LA OBRA HASTA SITIO AUTORIZADO EN CUMPLIMIENTO DEL PMT DENTRO DEL AREA DE INFLUENCIA DE LA OBRA (INCLUYE CARGUE, DESCARGUE Y CARROS ESCOLTA). EL VIAJE ES IDA Y VUELTA.	0.01 d
No	3.3	CORTE Y DEMOLICIÓN DEL PAVIMENTO	0.14 d
No	3.3.1	Demolición de pavimentos rígidos	0.14 d
No	3.4	EXCAVACIÓN A MAQUINA Y RELLENOS	2.66 d
No	3.4.1	Excavación varias sin clasificar incluye retiro de sobrantes a una distancia menor a 5 km	1.41 d
No	3.4.2	Tablestacado metálico	2.66 d
No	3.5	DEMOLICIÓN Y RETIRO DE TUBERÍA EXISTENTE	0.94 d
No	3.5.1	Demolición y retiro	0.94 d
No	3.6	INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA PROYECTADA Y RELLENO	10.6 d
No	3.6.1	Relleno con gravilla	2.5 d
No	3.6.2	Tubería de concreto reforzado 21Mpa de 900mm de diámetro interior	1.99 d
No	3.6.3	Relleno para estructuras con recebo	6.11 d
No	3.7	RECUPERACIÓN DEL PAVIMENTO	4.02 d
No	3.7.1	Relleno Rajón	2.43 d
No	3.7.2	Relleno Base Granular clase A	1 d
No	3.7.3	Relleno Sub Base Granular clase A	0.1 d
No	3.7.4	Pavimento de contrato hidráulico	0.49 d
Sí	3.8	Fin	0 d

Tabla 11 Atributos e actividades Tramo 1 – Método Convencional

Fuente: Propia

Hito	EDT	Nombre de tarea	Duración
No	1	REHABILITACIÓN TUBERÍA DE ALCANTARILLADO CON METODOLOGÍA CONVENCIONAL	36 d
Sí	2	Comienzo	0 d
No	3	CONSTRUCCIÓN TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)	3 d
Sí	3.1	Comienzo	0 d
No	3.2	INSPECCIÓN INICIAL CON CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN CCTV	1 d
No	3.2.1	LAVADO Y SONDEO DE REDES DE ALCANTARILLADO ENTRE 16 " Y 40 " DE DIÁMETRO Y CON GRADO DE COLMATACIÓN MENOR DEL 30%. INCLUYE MANO DE OBRA IDÓNEA, SEÑALIZACIÓN BÁSICA, SUMIN DE COMBUSTIBLE Y AGUA.	0.5 d
No	3.2.2	INSPECCIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO CON SISTEMAS CCTV PARA DIÁMETROS MAYORES A 36 "	0.5 d
No	3.3	REHABILITACIÓN RED DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍA CIPP, CON RESINA DE GRP CURADA CON RAYOS UV, INCLUYE EQUIPOS, MATERIALES, TRANSPORTES Y PERSONAL. DIÁMETRO 36". ESPESOR 9.10 MM. EC = 16.875 MPA. (INCLUYE: FABRICACIÓN, IMPORTACIÓN, NACIONALIZACIÓN, LOGÍ	2 d
No	3.3.1	REHABILITACIÓN RED DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍA CIPP	1 d
No	3.3.2	Inspección con CCTV	1 d
Sí	3.4	Fin	0 d

Tabla 12 Atributos e actividades Tramo 1 – Método CIPP

Fuente: Propia

6.2.2.3.3 Lista de Hitos

En el Anexo 2, se presenta la programación total de los 9 Tramos, para la metodología a zanja abierta y rehabilitación CIPP, no obstante, a continuación, se presenta los hitos para el tramo 1.

Hito	EDT	Nombre de tarea	Duración
No	1	REHABILITACIÓN TUBERÍA DE ALCANTARILLADO CON METODOLOGÍA CONVENCIONAL	137.45 d
Sí	2	Comienzo	0 d
No	3	CONSTRUCCIÓN TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)	18.15 d
Sí	3.1	Comienzo	0 d
Sí	3.8	Fin	0 d

Tabla 13 Lista de Hitos Tramo 1 – Método Convencional

Fuente: Propia

Hito	EDT	Nombre de tarea	Duración
No	1	REHABILITACIÓN TUBERÍA DE ALCANTARILLADO CON METODOLOGÍA CONVENCIONAL	36 d
Sí	2	Comienzo	0 d
No	3	CONSTRUCCIÓN TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)	3 d
Sí	3.1	Comienzo	0 d
Sí	3.4	Fin	0 d

Tabla 14 Lista de Hitos Tramo 1 – Método CIPP
Fuente: Propia

6.2.3 SECUENCIAR LAS ACTIVIDADES

A continuación, se presentan las entradas, herramientas y salidas establecidas para secuenciar las actividades.

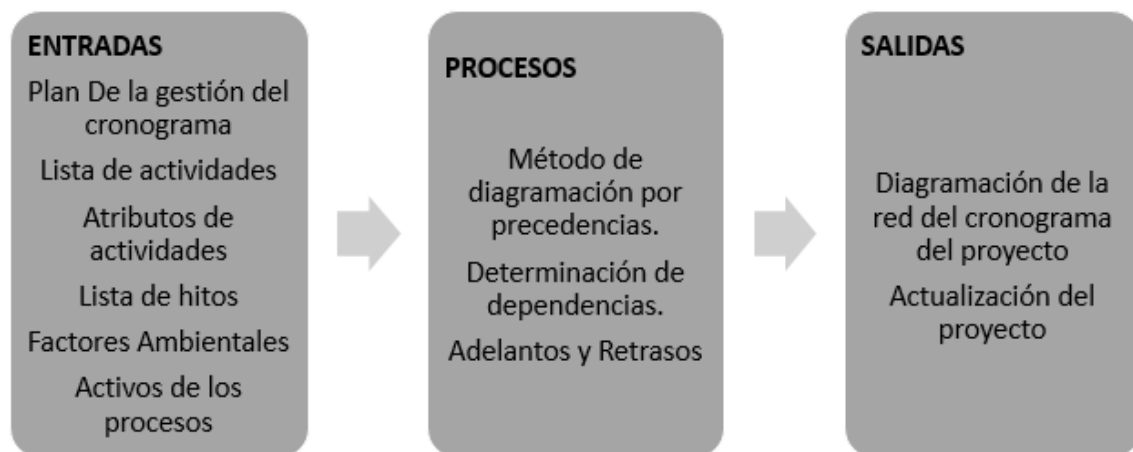


Figura 49 Secuenciar las actividades
Fuente: Adaptado Guía PMBOK

6.2.3.1 Entradas (Secuenciar las Actividades)

A continuación, se describen las entradas para secuenciar las actividades.

Entrada	Descripción
Plan De la gestión del cronograma	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.3.1 Plan de gestión del cronograma.
Lista de actividades	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.2.3.1 Lista de actividades.
Atributos de actividades	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.2.3.2 Atributos de actividades.
Lista de hitos	Esta entrada se describe en el numeral

Entrada	Descripción
	5.2.2.3.3 Lista de Hitos
Factores Ambientales	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.3 Factores Ambientales
Activos de los procesos	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.4 Activos de los procesos

*Tabla 15 Entradas - Secuenciar las Actividades
Fuente: Adaptado Guía PMBOK*

6.2.3.2 Herramientas (Secuenciar las Actividades)

De acuerdo con la guía del PMBOK se pueden utilizar las siguiente herramientas y técnicas:

HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Método de diagramación por precedencias.	El presente trabajo desarrollado, se realizó mediante el método de diagramación, las actividades fueron representadas por nodos y su relación con flechas.
Determinación de dependencias.	El tipo de dependencia aplicado para el presente trabajo de grado, para los dos métodos constructivos es Final Comienzo FC, en esta dependencia la actividad sucesora no puede empezar hasta que esté terminada la actividad previa.
Adelantos y Retrasos	Lo adelantos en este proyecto están definidos por la dependencia Fin Comienzo, lo cual determina la ruta crítica, teniendo en cuenta que todas las actividades dependen de la continuidad de las labores.

*Tabla 16 Herramientas y Técnicas - Secuenciar las Actividades
Fuente: Propia*

6.2.3.3 Salidas (Secuenciar las Actividades)

En este ítem se presenta las salidas de la planificación del cronograma.

6.2.3.3.1 Diagramación de la red del cronograma del proyecto

En el Anexo 2 Programación, se presenta la diagramación para la rehabilitación de tubería de alcantarillado pluvial con método constructivo con zanja abierta y tecnología de rehabilitación sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe).

6.2.4 ESTIMAR LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

A continuación, se presentan las entradas, herramientas y salidas establecidas para estimar la duración de las actividades.

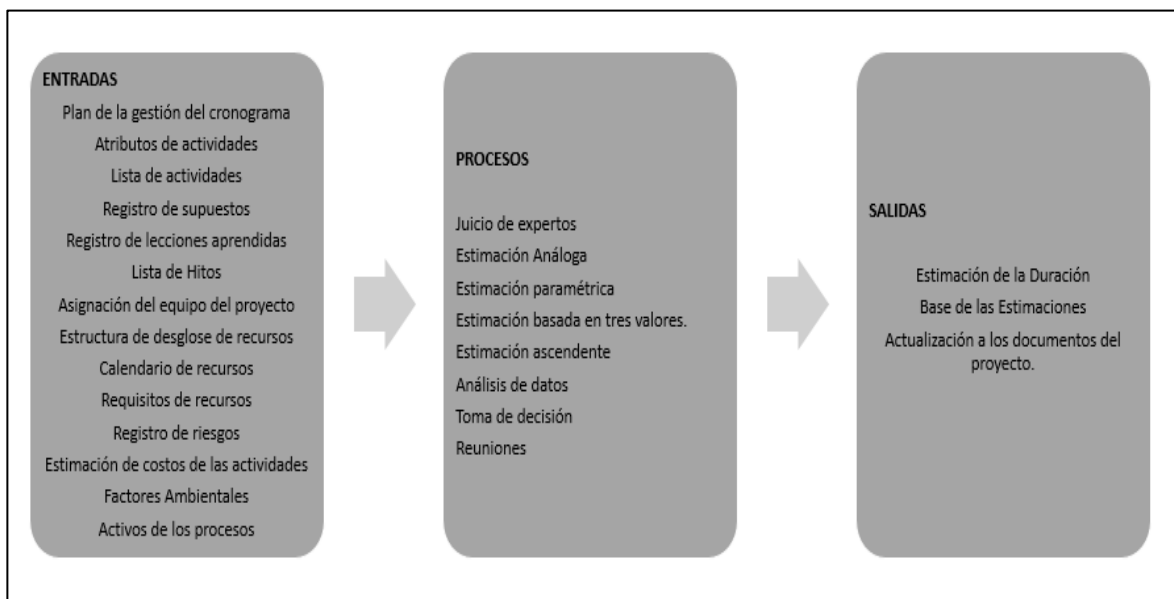


Figura 50 Estimar la duración de las actividades
Fuente: Adaptado Guía PMBOK

6.2.4.1 Entradas (Estimar la duración de las actividades)

A continuación, se describen las entradas para secuenciar las actividades.

Entrada	Descripción
Plan de la gestión del cronograma	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.3.1 Plan de gestión del cronograma.
Atributos de actividades	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.2.3.2 Atributos de actividades.
Lista de actividades	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.2.3.1 Lista de actividades.
Lista de Hitos	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.2.3.3 Lista de Hitos
Estructura de desglose de recursos.	Los recursos del proyecto fueron divididos en: Trabajo Materiales
Calendario de recursos	Para la programación del trabajo de grado se asumió el calendario estándar para todos los recursos, debido a

Entrada	Descripción
	que es una zona urbana y el trabajo nocturno puede generar problemática con la comunidad.
Registro de riesgos	<p>La evaluación de riesgos no está incluida en el trabajo de grado, no obstante, de manera general se presenta a continuación los impactos más relevantes del proyecto:</p> <p>Método Convencional En el método con zanja abierta, requiere mayor recurso humano, de maquinaria y adicionalmente tiene afectaciones climáticas, inferencias con redes secas y húmedas, debido a estos factores, se pueden aumentar los riesgos y demoras en el cronograma.</p> <p>Método CIPP En el método de rehabilitación sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe), el riesgo, está enfocado en la falla de las maquinas, lo cual puede generar un impacto en el cronograma del proyecto, este riesgo puede estar asociado a la falta de mantenimiento preventivo.</p>
Estimación de costos de las actividades	<p>Los costos del proyecto para las dos metodologías de construcción, fueron obtenidos de las siguientes bases de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de precios unitarios del Instituto de desarrollo urbano IDU. • Análisis de precios unitarios del Instituto Nacional de Vías INVIAS. • Análisis de precios unitarios del Instituto de infraestructura y concesiones de Cundinamarca ICCU.
Factores Ambientales	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.3 Factores Ambientales
Activos de los procesos	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.4 Activos de los procesos

Tabla 17 Entradas - Estimar la duración de las actividades

Fuente: Adaptado Guía PMBOK

6.2.4.2 Herramientas (Estimar la duración de las actividades)

De acuerdo con la guía del PMBOK se pueden utilizar las siguiente herramientas y técnicas:

HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Juicio de expertos	Ver numeral 5.2.1.2.1 Juicio de expertos.
Estimación Análoga	No se encontró información pública de proyectos similares para rehabilitación con CIPP.
Estimación	<p>Para el trabajo se elaboró la programación para cada una de las tecnologías, de Los rendimientos del proyecto para las dos metodologías de construcción, fueron obtenidos de las siguientes bases de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de precios unitarios del Instituto de desarrollo urbano IDU. • Análisis de precios unitarios del Instituto Nacional de Vías INVIAS. • Análisis de precios unitarios del Instituto de infraestructura y concesiones de Cundinamarca ICCU.
Estimación basada en tres valores.	No se aplicó para este proyecto.
Estimación ascendente	Ver <i>Figura 51</i> y <i>Figura 52</i> .
Toma de decisión	La toma de decisión para el trabajo de grado fue realizada por los integrantes del grupo, con base en la experiencia adquirida en la academia y en la vida laboral.
Reuniones	Para el desarrollo del trabajo de grado se realizaron reuniones semanales entre los integrantes del grupo de trabajo de grado para revisar la duración de las actividades..

Tabla 18 Herramientas y Técnicas - Estimar la duración de las actividades
Fuente: Propia

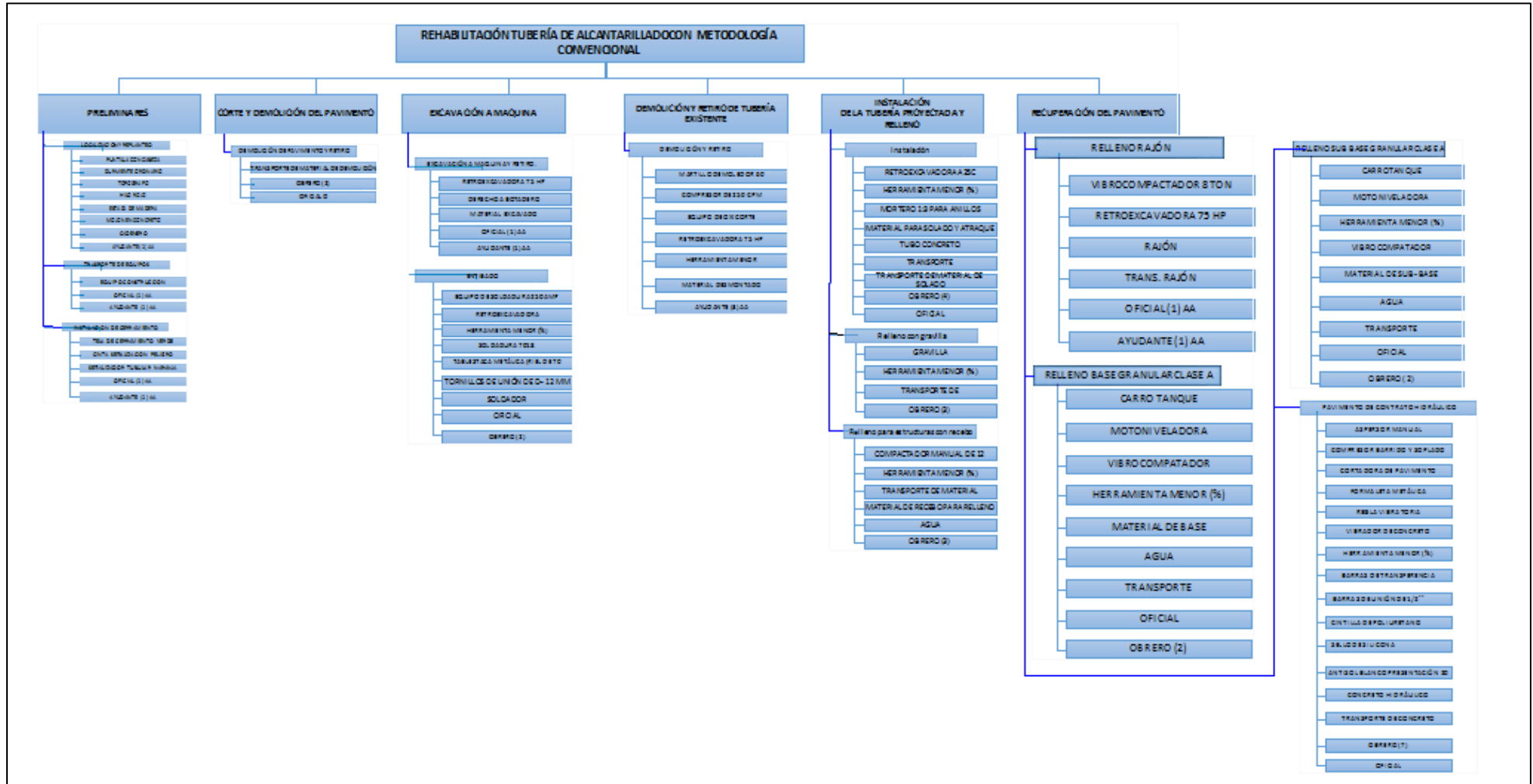
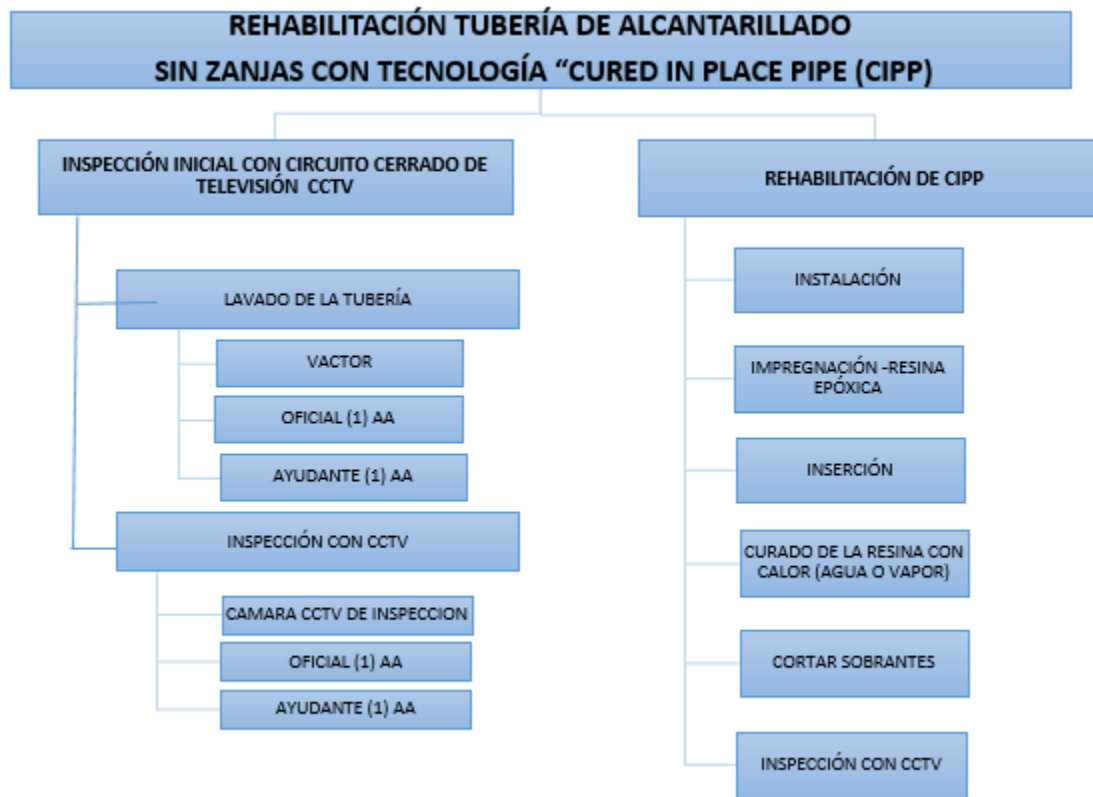


Figura 51 Desglose de recursos – Metodología Convencional
Fuente: Propia



*Figura 52 Desglose de recursos – Metodología CIPP
Fuente: Propia*

6.2.4.3 Salidas (Estimar la duración de las actividades)

En este ítem se presenta las salidas para Estimar la duración de las actividades.

6.2.4.3.1 Estimación de la Duración

En el Anexo 2 Programación, se presenta el cronograma completo para la rehabilitación de tubería por método convencional y con CIPP, ADICIONALMENTE EN EL Anexo 3 Presupuesto, archivo Análisis de precios Unitarios, se presenta la estimación de las duraciones, la cuales fueron calculadas de acuerdo con los rendimientos de los análisis de precios unitarios.

6.2.5 DESARROLLAR EL CRONOGRAMA

A continuación, se presentan las entradas, herramientas y salidas establecidas para desarrollar el cronograma.

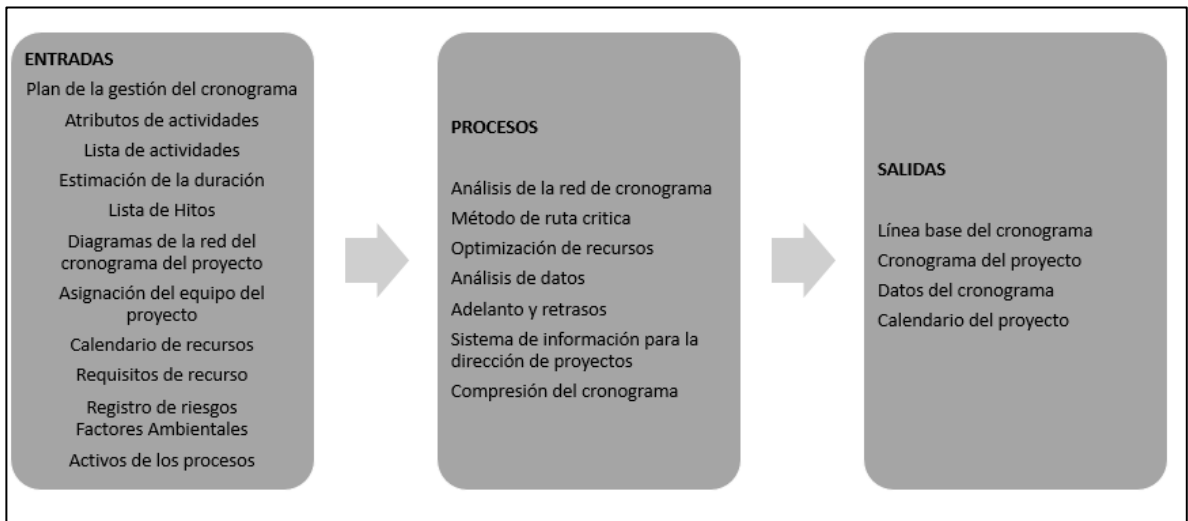


Figura 53 Desarrollar el cronograma
Fuente: Adaptado Guía PMBOK

6.2.5.1 Entradas (Desarrollar el cronograma)

A continuación, se describen las entradas para desarrollar el cronograma.

Entrada	Descripción
Plan de la gestión del cronograma	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.3.1 Plan de gestión del cronograma.
Atributos de actividades	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.2.3.2 Atributos de actividades.

Entrada	Descripción
Lista de actividades	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.2.3.1 Lista de actividades.
Estimación de la duración	Esta entrada se describe en el numeral 6.2.4.3.1 Estimación de la Duración
Lista de Hitos	Esta entrada se describe en el numeral 6.2.2.3.3 Lista de Hitos
Diagramas de la red del cronograma del proyecto	Esta entrada se describe en el numeral 1.1.1.1.1 Diagramación de la red del cronograma del proyecto
Asignación del personal al proyecto	Ver <i>Figura 54</i> y <i>Figura 55</i> .
Calendario de recursos	Para la programación del trabajo de grado se asumió el calendario estándar para todos los recursos, debido a que es una zona urbana y el trabajo nocturno puede generar problemática con la comunidad.
Registro de riesgos	Ver numeral 6.2.4.1 Entradas (Estimar la duración de las actividades).
Factores Ambientales	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.3 Factores Ambientales
Activos de los procesos	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.4 Activos de los procesos

Tabla 19 Entradas - Estimar la duración de las actividades
Fuente: Adaptado Guía PMBOK

NOMBRE DEL RECURSO	CANTIDAD
TOPOGRAFO+CADENERO+AYUDANTE (1) AA	7.17 D
DURMIENTE ORDINARIO	1,077.45 ML
PUNTILLA CON CABEZA 2 "	538.74 LB
HILO ROJO	4,309.82 ML
ESTACA DE MADERA	4,309.82 UN
MOJÓN EN CONCRETO	53.87 UN
ESTACIÓN DE TOPOGRAFÍA	7.17 DI
CARGADOR POTENCIA EN EL VOLANTE 125 HP CLASIFICACIÓN DE RPM DEL MOTOR 2300	12.19 HR.
COMPRESOR 120 HP CON MARTILLO	12.19 HR.
HERRAMIENTA MENOR (%) DEMOLICION PAV	268.1 FTR
TRANSPORTE DE MATERIAL DE DEMOLICIÓN	112.58 M3K
OBRERO (2) + OFICIAL	1.52 D

NOMBRE DEL RECURSO	CANTIDAD
RETROEXCAVADORA 75 HP	114.05 HR.
TRAS MATERIAL EXCAVADO	14,824.93 M3-KM
OFICIAL 1 AA AYUDANTE 1 AA	11.4 D
EQUIPO DE SOLDADURA 250 AMP	145.95 HR.
RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS MOTOR 62HP PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN DE 5.41 METROS	145.95 HR.
HERRAMIENTA MENOR (%) ENTIBADO	1,459.44 FTR
SOLDADURA 7018	48.17 KG
TABLESTACA METÁLICA (RIEL DE 70 LB/YARDA)	4,378.35 UN
TORNILLOS DE UNIÓN DE D= 12 MM	14,594.51 UN
OBRERO 2 - SOLDADOR-OFICIAL	18.25 D
COMPRESOR DE 250 CPM	39.95 HR.
MARTILLO DEMOLEDOR 60 LB	39.95 HR.
EQUIPO DE OXICORTE	8 DI
RETROEXCAVADORA 75 HP DEM2	19.99 HR.
HERRAMIENTA MENOR DEM 2	119.88 FTR
MATERIAL DESMONTADO DEM2	719.32 M3-KM
AYUDANTE (3) AA	5.98 D
HERRAMIENTA MENOR (%) GRAV	292.06 FTR
GRAVILLA	418.68 M3
TRANSPORTE DE MATERIAL SELECCIONADO PARA RELLENO GRAV	418.68 M3KM
OBRERO (3) G	16.1 D
RETROEXCAVADORA A25C	108.62 HR.
HERRAMIENTA MENOR (%) TUB	325.87 FTR
MORTERO 1:3 PARA ANILLOS	6.5 M3
MATERIAL PARA SOLADO Y ATRAQUE	149.9 M3
TUBO CONCRETO REFORZADO 900MM (TIPO 1)	325.87 METRO
TRANSPORTE DE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO	96.25 KGK
TRANSPORTE DE MATERIAL DE SOLADO Y ATRAQUE TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO	149.9 M3K
OBRERO (4) - OFICIAL	13.59 D
COMPACTADOR MANUAL SALTARIN PESO DE OPERACIÓN KG 52 FUERZA DE IMPACTO POR GOLPE KN 12	332.56 HR.
HERRAMIENTA MENOR (%) REC	831.35 FTR
MATERIAL DE RECEBO PARA RELLENO	1,080.74 M3
AGUA	24,940.68 LT

NOMBRE DEL RECURSO	CANTIDAD
TRANSPORTE DE MATERIAL SELECCIONADO PARA RELLENO REC	1,080.74 M3KM
OBRERO (3) RE	41.55 D
R VIBROCOMPACTADOR 8 TON	21.56 HR.
R RETROEXCAVADORA 75 HP	21.56 HR.
R RAJÓN	355.56 M3
R TRANS. RAJÓN	5,333.41 M3-KM
R OFICIAL (1) AA-AYUDANTE (1) AA	21.54 D
B CARROTANQUE DE AGUA 1000 GALONES	7.14 HR.
B MOTONIVELADORA POTENCIA 215 HP ANCHO DE CUCHILLA 4.27 M PESO 18 TON	7.14 HR.
B VIBROCOMPACTADOR POTENCIA 153 HP PESO 10 TON.	7.14 HR.
B HERRAMIENTA MENOR (%)	320.67 FTR
B MATERIAL DE BASE (GRADACIÓN 1)	416.86 M3
B AGUA	7,695.82 LT
B TRANSPORTE DE MATERIAL DE SUBBASE	416.86 M3KM
B OFICIAL OBRERO (2)	0.89 D
SB CARROTANQUE DE AGUA 1000 GALONES	8.35 HR.
SB MOTONIVELADORA POTENCIA 215 HP ANCHO DE CUCHILLA 4.27 M PESO 18 TON.	8.35 HR.
SB VIBROCOMPACTADOR POTENCIA 153 HP PESO 10 TON.	8.35 HR.
SB HERRAMIENTA MENOR	375.92 FTR
SB MATERIAL DE SUB- BASE CBR=20%	481.57 M3
SB AGUA	9,019.69 LT
SB TRANSPORTE DE MATERIAL DE SUBBASE	481.57 M3KM
SB OFICIAL OBRERO (2)	1.05 D
C ASPERSOR MANUAL	42.89 HR.
C COMPRESOR BARRIDO Y SOPLADO	5.36 HR.
C CORTADORA DE PAVIMENTO MÁXIMA PROFUNDIDAD DE CORTE: 160 MM. CAPACIDAD DE DISCO: DESDE 12'' HASTA 18'' DE DIÁMETRO. PESO OPERACIONAL: 135 KG 13.5 HP DE POTENCIA	71.49 HR.
C FORMAleta METÁLICA CONCRETO HIDRÁULICO	42.89 HR.
C REGLA VIBRATORIA DE LONGITUD DE 3 A 5 M MOTOR DE 3600 RPM POTENCIA 6 HP	42.89 HR.
C VIBRADOR DE CONCRETO MOTOR DE 3 HP A 18.000 RPM MANGUERAS DE 4 MT	42.89 HR.
C HERRAMIENTA MENOR	268.1 FTR

NOMBRE DEL RECURSO	CANTIDAD
C BARRAS DE TRANSFERENCIA DE CARGA 1"	1,644.44 KG
C BARRAS DE UNIÓN DE 1/2"	99.3 KG
C CINTILLA DE POLIURETANO SIKAROD PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRÁULICO	297.86 METRO
C SELLO DE SILICONA O SELLADOR AUTONIVELANTE	297.86 METRO
C ANTISOL BLANCO PRESENTACIÓN 20 KG	300.24 KG
C CONCRETO HIDRÁULICO PARA PAVIMENTO MR-43	270.75 M3
C TRANSPORTE DE CONCRETO	270.75 M3KM
C OBRERO (7) OFICIAL	5.36 D
SEÑALIZADOR TUBULAR NARANJA TIPO 3 (2 USOS)	88.91 UN
CINTA SEÑALIZACION PELIGRO 100 MTS (2 USOS)	1,066.71 METRO
TELA DE CERRAMIENTO VERDE (ROLLO 2.1 X 100 M) (2 USOS)	355.57 METRO
CUADRILLA	1.53 D
VIAJE CUADRILLA	0.09 D

*Figura 54 Recursos requeridos para las actividades – Metodología Convencional
Fuente: Propia*

NOMBRE DEL RECURSO	CANTIDAD
VACTOR	325.87 METRO
Cuadrilla 1	4 d
CAMARA CCTV DE INSPECCION	325.87 METRO
Cuadrilla 2	4.5 d
CIPP	325.87 METRO
Cuadrilla 3	9.5 d

*Figura 55 Recursos requeridos para las actividades – Metodología CIPP
Fuente: Propia*

6.2.5.2 Herramientas (Estimar la duración de las actividades)

De acuerdo con la guía del PMBOK se pueden utilizar las siguiente herramientas y técnicas:

HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Análisis de la red de cronograma	Esta entrada se describe en el numeral 6.2.3.3.1 Diagramación de la red del cronograma del proyecto
Método de ruta crítica	El cronograma para las dos metodologías de construcción, fue estructurado en 9 tramos consecutivos, los cuales inician con el fin del tramo anterior, minimizando el personal y equipos a utilizar.

HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
	Por lo anterior el cronograma presentado corresponde a la ruta crítica para cada método.
Adelanto y retrasos	Lo adelantos en este proyecto están definidos por la dependencia Fin Comienzo, lo cual determina la ruta crítica, teniendo en cuenta que todas las actividades dependen de la continuidad de las labores.
Sistema de información para la dirección de proyectos	Para el proyecto del trabajo de grado se utilizó el programa Excel para el cálculo de presupuesto y Microsoft Project para realizar la programación.
Compresión del cronograma	Para el caso del proyecto, no se considera relevante el incremento de maquinaria y equipos, teniendo en cuenta la duración del proyecto.

*Tabla 20 Herramientas - Estimar la duración de las actividades
Fuente: Adaptado Guía PMBOK*

6.2.5.3 Salidas (Desarrollo del cronograma)

En este ítem se presenta las salidas para Estimar la duración de las actividades.

6.2.5.3.1 Línea base del cronograma

En el Anexo 2 Programación, se presenta la programación de REHABILITACIÓN TUBERÍA DE ALCANTARILLADO CON METODOLOGÍA CONVENCIONAL y REHABILITACIÓN TUBERÍA DE ALCANTARILLADO CON METODOLOGÍA CIPP, en los cuales se estableció la línea base.

6.2.5.3.2 Cronograma del proyecto

En el Anexo 2 Programación, REHABILITACIÓN TUBERÍA DE ALCANTARILLADO CON METODOLOGÍA CONVENCIONAL y REHABILITACIÓN TUBERÍA DE ALCANTARILLADO CON METODOLOGÍA CIPP, se presenta la programación para los dos cronogramas.

6.2.5.3.3 Datos del Cronograma

Para el proyecto la programación de los dos métodos en cada uno de los tramos, se incluyeron los hitos de comienzo y fin, actividades, atributos, recursos.

6.2.5.3.4 Calendario del proyecto

Para el proyecto la programación de los dos métodos, se tomaron 8.5 horas

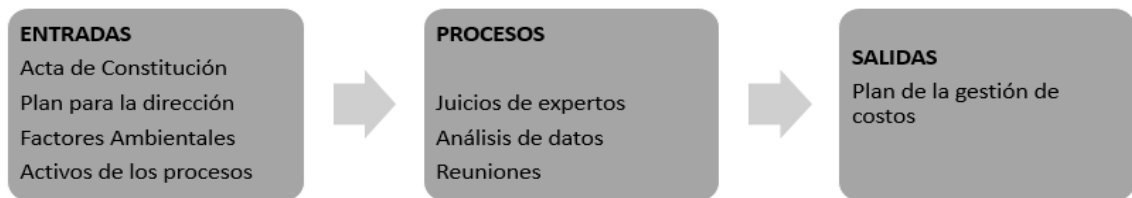
laborales, los domingos como días de descanso.

6.3 FASE 2 EVALUACIÓN EL COSTO

En este capítulo se presenta el desarrollo del numeral Capítulo 7. Gestión del tiempo de la guía del PMBOK 6ta edición.

6.3.1 PLANIFICAR LA GESTIÓN DE LOS COSTOS

A continuación, se presentan las entradas, herramientas y salidas establecidas para realizar la evaluación de costos.



*Figura 56 Evaluación el costo
Fuente: Adaptado Guía PMBOK*

6.3.1.1 Entradas (Evaluación el costo)

A continuación, se describen las entradas para desarrollar la evaluación el costo.

Entrada	Descripción
Plan De la gestión del cronograma	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.3.1 Plan de gestión del cronograma.
Plan para la dirección	Esta entrada se describe en el numeral 6.2.1.1.2 Plan para la dirección
Factores Ambientales	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.3 Factores Ambientales
Activos de los procesos	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.4 Activos de los procesos

*Tabla 21 Entradas - Evaluación el costo
Fuente: Adaptado Guía PMBOK*

6.3.1.2 Herramientas (Evaluación el costo)

De acuerdo con la guía del PMBOK se pueden utilizar las siguiente herramientas y técnicas:

HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Juicios de expertos	<p>Los costos del proyecto para las dos metodologías de construcción, fueron obtenidos de las siguientes bases de datos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de precios unitarios del Instituto de desarrollo urbano IDU. • Análisis de precios unitarios del Instituto Nacional de Vías INVIAS. • Análisis de precios unitarios del Instituto de infraestructura y concesiones de Cundinamarca ICCU. <p>De acuerdo con estos valores y las cantidades calculadas a partir de la información del sistema de información geográfico de la EAAB, se calcularon los costos del proyecto para cada actividad.</p> <p>El detalle de los Análisis de precios Unitarios se presenta en el Anexo 3 Presupuesto.</p>
Análisis de datos	No se aplicó para este trabajo de grado, el análisis del presupuesto llega hasta el análisis de costo directo.
Reuniones	Para el desarrollo del trabajo se realizaron reuniones de trabajo semanales para revisar la duración y análisis de precios unitarios de las actividades.

Tabla 22 Herramientas - Evaluación el costo
Fuente: Adaptado Guía PMBOK

6.3.1.3 Salidas (Evaluación el costo)

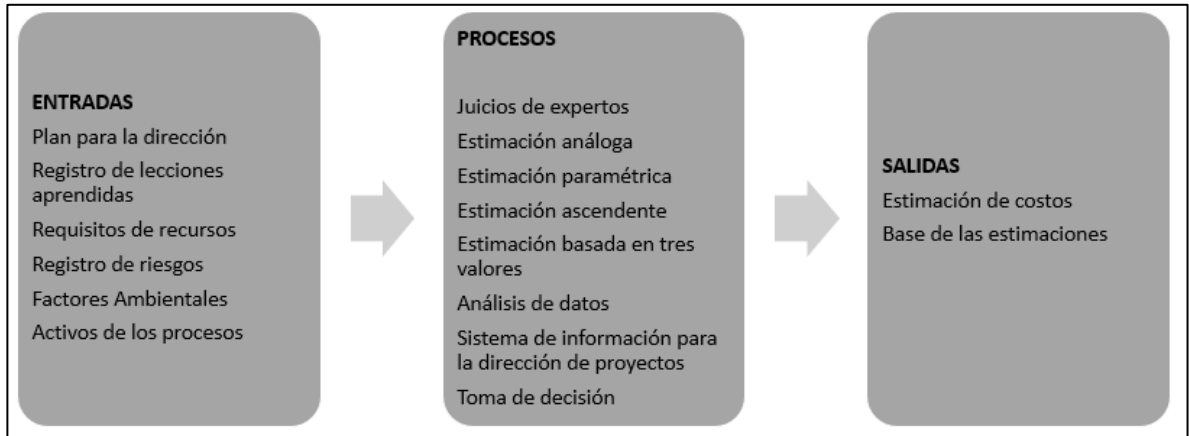
En este ítem se presenta las salidas para realizar la evaluación de costos.

6.3.1.3.1 Plan de la gestión de costos

En el Anexo 3 Presupuesto, se presentan los costos para la REHABILITACIÓN TUBERÍA DE ALCANTARILLADO CON METODOLOGÍA CONVENCIONAL y REHABILITACIÓN TUBERÍA DE ALCANTARILLADO CON METODOLOGÍA CIPP, adicionalmente se presenta el cálculo de la duración y recurso para cada uno de las actividades por tramo, en el archivo “Análisis de precios Unitarios”.

6.3.2 ESTIMAR LOS COSTOS

A continuación, se presentan las entradas, herramientas y salidas establecidas para estimar los costos.



*Figura 57 Estimar costos
Fuente: Adaptado Guía PMBOK*

6.3.2.1 Entradas (Estimar costos)

A continuación, se describen las entradas para desarrollar la evaluación el costo.

Entrada	Descripción
Plan para la dirección	Esta entrada se describe en el numeral 6.2.1.1.2 Plan para la dirección
Registro de lecciones aprendidas	No se cuenta con información pública de los costos de rehabilitación de tubería con CIPP.
Requisitos de recursos	Ver <i>Figura 54</i> y <i>Figura 55</i> .
Registro de riesgos	Ver numeral 6.2.4.1 Entradas (Estimar la duración de las actividades).
Factores Ambientales	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.3 Factores Ambientales
Activos de los procesos	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.4 Activos de los procesos

*Tabla 23 Entradas - Estimar costos
Fuente: Adaptado Guía PMBOK*

6.3.2.2 Herramientas (Estimar costos)

De acuerdo con la guía del PMBOK se pueden utilizar las siguiente herramientas y técnicas:

HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Juicios de expertos	Esta entrada se describe en el numeral 6.3.1.2 Herramientas (Evaluación el costo)
Estimación análoga	No se encontró información pública de proyectos similares para rehabilitación con CIPP.
Estimación	Para el trabajo se elaboró la programación para cada una de las tecnologías, de Los rendimientos del proyecto para las dos metodologías de construcción, fueron obtenidos de las siguientes bases de datos: <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de precios unitarios del Instituto de desarrollo urbano IDU. • Análisis de precios unitarios del Instituto Nacional de Vías INVIAS. • Análisis de precios unitarios del Instituto de infraestructura y concesiones de Cundinamarca ICCU.
Estimación ascendente	Ver <i>Figura 51</i> y <i>Figura 52</i> .
Estimación basada en tres valores	No se aplicó para este proyecto.
Análisis de datos	No se aplicó para este proyecto.
Sistema de información para la dirección de proyectos	Para el proyecto del trabajo de grado se utilizó el programa Excel para el cálculo de presupuesto y Microsoft Project para realizar la programación.
Toma de decisión	Se realizaron reuniones semanales entre os integrantes de grupo para evaluar los costos y duraciones utilizados para el proyecto.

Tabla 24 Herramientas - Estimar costos

Fuente: Adaptado Guía PMBOK

6.3.2.3 Salidas (Estimar costos)

En este ítem se presenta las salidas para estimar los costos.

6.3.2.3.1 Estimación de costos

De acuerdo con la información obtenida de la página de LA EAAB y presentada en el numeral 6.1 FASE 1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN, SE DETERMINARON LAS CANTIADES DE OBRA PARA DA UNO DE LOS METODODOS DE CONTRUCCION ESTA INFROMACION SE PRESENTA EN EL Anexo 3 Presupuesto, EN LOS ARCHIVOS:

- CALCULO DE TRAMOS TUBERIA - PRESUPUESTO - CIPP
- CALCULO DE TRAMOS TUBERIA - PRESUPUESTO – CONVENCIONAL

Estas cantidades fueron determinadas para cada uno de los tramos, a continuación, se presenta en cálculo para el tramo 1 a manera de ejemplo, teniendo en cuenta que todos los tramos consideras las mismas actividades y a misan estructura para el cronograma y el presupuesto:

Método Convencional

TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)

DATOS INICIALES		
COTA RASANTE INICIAL (m)	PMP47128	2551.130
COTA RASANTE FINAL (m)	PMP47376	2550.820
COTA CLAVE INICIAL (m)	PMP47128	2549.850
COTA CLAVE FINAL (m)	PMP47376	2549.770
DIAMETRO INTERNO TUBERIA (m)		1.000
ESPELOR PARED TUBERIA (m)		0.113
LONGITUD TUBERIA (m)		47.720
LONGITUD VIA (m)		47.720
ANCHO DE ZANJA TUBERIA (m)		2.146
ANCHO DE ZANJA VIA (m)		2.550
ESPELOR PAVIMENTO EXISTENTE (m)		0.200
ESPELOR RELLENO BASE TRITURADO (m)		0.150
AREA ATRAQUE TUBERIA RELLENO TRITURADO (m)		0.725
AREA ATRAQUE TUBERIA RELLENO RECEBO (m)		0.725
PENDIENTE TUBERIA		0.17%
PENDIENTE VIA		0.65%
ESPELOR RELLENO RAJON VIA (m)		0.300
ESPELOR RELLENO EN RECEBO PARA SELLO RAJON VIA (m)		0.100
ESPELOR RELLENO SUB - BASE GRANULAR VIA (m)		0.300
ESPELOR RELLENO BASE GRANULAR VIA (m)		0.200
ESPELOR PAVIMENTO VIA (m)		0.200
ALTURA DE EXCAVACION MECANICA VIA (m)		0.900

*Tabla 25 Datos iniciales cantidades de obra – Método Convencional
Fuente: Propia*

ABSCISA (TUBERIA)	COTA RASANTE	COTA DEMOLICION	COTA CLAVE	COTA LOMO	COTA BATEA	COTA TRITURADO	COTA FONDO	ALTURA DEMOLICION PAVIMENTO	ALTURA EXCAVACION MECANICA	ALTURA RELLENO RECEBO
0.00	2550.820	2550.620	2549.770	2549.883	2548.770	2548.657	2548.507	0.200	2.113	0.737
10.00	2550.885	2550.685	2549.787	2549.900	2548.787	2548.674	2548.524	0.200	2.161	0.785
20.00	2550.950	2550.750	2549.804	2549.917	2548.804	2548.691	2548.541	0.200	2.209	0.833
30.00	2551.015	2550.815	2549.820	2549.933	2548.820	2548.707	2548.557	0.200	2.258	0.882
40.00	2551.080	2550.880	2549.837	2549.950	2548.837	2548.724	2548.574	0.200	2.306	0.930
47.72	2551.130	2550.930	2549.850	2549.963	2548.850	2548.737	2548.587	0.200	2.343	0.967
								0.200	2.232	0.856

*Tabla 26 Datos iniciales cantidades de obra – Método Convencional
Fuente: Propia*

CANTIDADES DE OBRA TUBERIA	
VOLUMEN DEMOLICION DE PAVIMENTO (m3)	20.477
VOLUMEN EXCAVACIÓN MECANICA COMPLETA (m3)	228.485
VOLUMEN DE LA TUBERIA INSTALADA A DEMOLER (m3)	56.334
VOLUMEN EXCAVACIÓN MECANICA REAL (m3)	172.151
VOLUMEN DE LA TUBERIA INSTALADA DEMOLIDA (m3)	18.855
VOLUMEN RETIRO DE ESCOMBROS (m3)	211.482
VOLUMEN RELLENO BASE TRITURADO (m3)	15.357
VOLUMEN ATRAQUE TUBERIA RELLENO TRITURADO (m3)	34.597
VOLUMEN TOTAL RELLENO TRITURADO (m3)	49.954
VOLUMEN ATRAQUE TUBERIA RELLENO RECEBO (m3)	34.597
VOLUMEN RELLENO RECEBO A COTA DEMOLICION (m3)	87.606
VOLUMEN TOTAL RELLENO RECEBO (m3)	122.203
LONGITUD SUMINISTRO DE TUBERIA (m)	47.720
LONGITUD INSTALACION DE TUBERIA (m)	47.720
AREA ENTIBADO (m2)	212.990

CANTIDADES DE OBRA VIA	
CORTE DE PAVIMENTO (m)	95.440
VOLUMEN DEMOLICION DE PAVIMENTO (m3)	3.861
VOLUMEN EXCAVACIÓN MECANICA (m3)	109.517
VOLUMEN RETIRO DE ESCOMBROS (m3)	113.378
VOLUMEN RELLENO RAJON (m3)	36.506
VOLUMEN RELLENO EN RECEBO PARA SELLO RAJON (m3)	12.169
VOLUMEN RELLENO SUB - BASE GRANULAR (m3)	36.506
VOLUMEN RELLENO BASE GRANULAR (m3)	24.337
VOLUMEN CONSTRUCCION PAVIMENTO (m3)	24.337

Tabla 27 Cantidades de obra – Método Convencional

Fuente: Propia

A continuación, se presenta el resultado de las cantidades registradas para determinar el presupuesto para el tramo 1.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	CONSTRUCCIÓN TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)		
1.1	PRELIMINARES		
1.1.1	Localización y replanteo	m2	121.686
1.1.2	ALQUILER DE CERRAMIENTO TIPO 1: CONSTA DE SEÑALIZADORES TUBULARES PLÁSTICOS, TRIPLE CINTA PELIGRO CAL. 4, POLISOMBRA 65% PARA CERRAMIENTO. (INCLUYE INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO Y DESINSTALACIÓN).	ML/ME	100.54
1.1.3	MOVILIZACIÓN DE EQUIPO DESDE LA OBRA HASTA SITIO AUTORIZADO EN CUMPLIMIENTO DEL PMT DENTRO DEL AREA DE INFLUENCIA DE LA OBRA (INCLUYE CARGUE, DESCARGUE Y CARROS ESCOLTA). EL VIAJE ES IDA Y VUELTA.	VIAJE	0.22
1.2	CORTE Y DEMOLICIÓN DEL PAVIMENTO		
1.2.1	Demolición de pavimentos rígidos	m2	24.337
1.3	EXCAVACIÓN A MAQUINA Y RELLENOS		

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1.3.1	Excavación varias sin clasificar incluye retiro de sobrantes a una distancia menor a 5 km	m3	281.668
1.3.2	Tablestacado metálico	m2	212.990
1.4	DEMOLICIÓN Y RETIRO DE TUBERÍA EXISTENTE		
1.4.1	Demolición y retiro	m3	18.855
1.5	INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA PROYECTADA Y RELLENO		
1.5.1	Relleno con gravilla	m3	49.954
1.5.2	Tubería de concreto reforzado 21Mpa de 900mm de diámetro interior	m	47.720
1.5.3	Relleno para estructuras con recebo	m3	122.203
1.6	RECUPERACIÓN DEL PAVIMENTO		
1.6.1	Relleno Rajón	m3	36.506
1.6.2	Relleno Base Granular clase A	m3	24.337
1.6.3	Relleno Sub Base Granular clase A	m3	36.506
1.6.4	Pavimento de contrato hidráulico	m3	24.337

Tabla 28 Cantidades de obra Presupuesto – Método Convencional
Fuente: Propia

Método CIPP

TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)

DATOS INICIALES		
COTA RASANTE INICIAL (m)	PMP108806	2551.660
COTA RASANTE FINAL (m)	PMP47610	2551.660
COTA CLAVE INICIAL (m)	PMP108806	2550.630
COTA CLAVE FINAL (m)	PMP47610	2550.420
LONGITUD TUBERIA (m)		9.840
LONGITUD VIA (m)		9.840

Tabla 29 Datos iniciales cantidades de obra – Método CIPP
Fuente: Propia

CANTIDADES DE OBRA TUBERIA	
LONGITUD SUMINISTRO DE TUBERIA (m)	9.840

Tabla 30 Cantidades de obra – Método CIPP
Fuente: Propia

A continuación, se presenta el resultado de las cantidades registradas para determinar el presupuesto para el tramo 1.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	CONSTRUCCIÓN TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)		
1.1	INSPECCIÓN INICIAL CON CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN CCTV		
1.1.1	LAVADO Y SONDEO DE REDES DE ALCANTARILLADO ENTRE 16" Y 40" DE DIÁMETRO Y CON GRADO DE	m	47.72

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
	COLMATACIÓN MENOR DEL 30%. INCLUYE MANO DE OBRA IDÓNEA, SEÑALIZACIÓN BÁSICA, SUMIN DE COMBUSTIBLE Y AGUA.		
1.1.2	INSPECCIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO CON SISTEMAS CCTV PARA DIÁMETROS MAYORES A 36"	m	47.72
1.2	REHABILITACIÓN RED DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍA CIPP, CON RESINA DE GRP CURADA CON RAYOS UV, INCLUYE EQUIPOS, MATERIALES, TRANSPORTES Y PERSONAL. DIÁMETRO 40". ESPESOR 9.80 MM. EC = 16.875 MPA. (INCLUYE: FABRICACIÓN, IMPORTACIÓN, NACIONALIZACIÓN, LOGÍSTICA Y SUMINISTRO DE MATERIALES (LINER), PROCESO INSTALACIÓN, CURADO CON LUZ ULTRAVIOLETA, PERSONAL Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS PARA FINALIZAR LA REHABILITACIÓN, INSPECCIÓN FINAL CON EQUIPO CCTV. (ENTREGA DE VIDEO, INFORME POS REHABILITACIÓN E INFORME DE PROTOCOLO DEL PROCESO DE REHABILITACIÓN CON NORMA TÉCNICA EAB)).	m	47.72

*Tabla 31 Cantidades de obra Presupuesto – Método CIPP
Fuente: Propia*

6.3.2.3.2 Base de las estimaciones

Los valores utilizados en el proyecto corresponden a los análisis de precios unitarios de 3 fuentes públicas:

- Análisis de precios unitarios del Instituto de desarrollo urbano IDU.
- Análisis de precios unitarios del Instituto Nacional de Vías INVIAS.
- Análisis de precios unitarios del Instituto de infraestructura y concesiones de Cundinamarca ICCU.

Con base en esta información se determinaron los presupuestos y los rendimientos utilizados para determinar las duraciones.

6.3.3 DETERMINAR EL PRESUPUESTO

A continuación, se presentan las entradas, herramientas y salidas establecidas para determinar el presupuesto

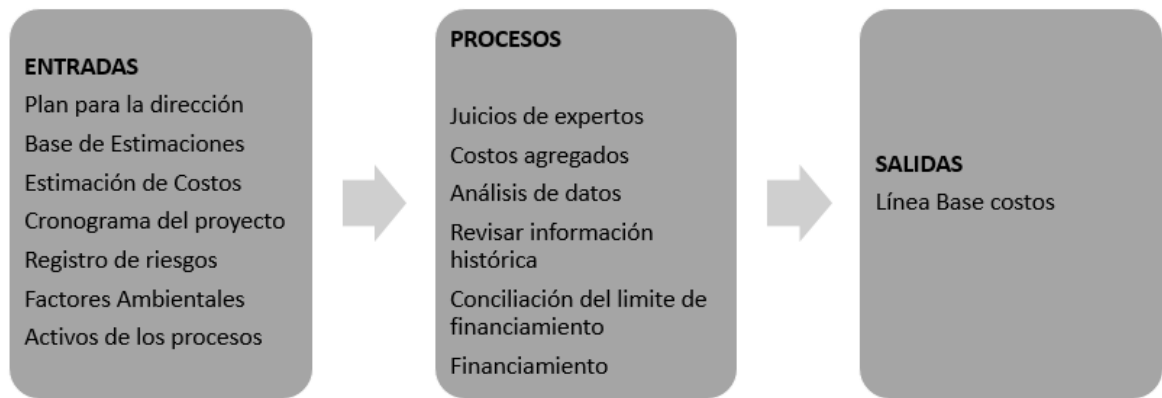


Figura 58 Determinar el presupuesto
Fuente: Adaptado Guía PMBOK

6.3.3.1 Entradas (Determinar el presupuesto)

A continuación, se describen las entradas para desarrollar la Determinar el presupuesto.

Entrada	Descripción
Plan para la dirección	Esta entrada se describe en el numeral 6.2.1.1.2 Plan para la dirección
Base de Estimaciones	Esta entrada se describe en el numeral 8.3.2.3 Salidas (Estimar costos)
Estimación de Costos	Esta entrada se describe en el numeral 8.3.2.3 Salidas (Estimar costos)
Cronograma del proyecto	Esta entrada se describe en el numeral 8.2.5 DESARROLLAR EL CRONOGRAMA
Registro de riesgos	Ver numeral 6.2.4.1 Entradas (Estimar la duración de las actividades).
Factores Ambientales	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.3 Factores Ambientales
Activos de los procesos	Esta entrada se describe en el numeral 5.2.1.1.4 Activos de los procesos

Tabla 32 Entradas - Determinar el presupuesto.
Fuente: Adaptado Guía PMBOK

6.3.3.2 Herramientas (Determinar el presupuesto)

De acuerdo con la guía del PMBOK se pueden utilizar las siguiente herramientas y técnicas:

HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Juicios de expertos	<p>Para la determinación de costo y duración en el trabajo de grado se utilizaron bases de datos de Análisis de precios unitarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de precios unitarios del Instituto de desarrollo urbano IDU. • Análisis de precios unitarios del Instituto Nacional de Vías INVIAS. • Análisis de precios unitarios del Instituto de infraestructura y concesiones de Cundinamarca ICCU.
Costos agregados	Ver <i>Tabla 34</i> y <i>Tabla 35</i> .
Análisis de datos	El proyecto de grado contempla el análisis de costos hasta costos directos.
Revisar información histórica	No se cuenta con información publica de costos o rendimiento de proyectos similares con rehabilitación CIPP.
Conciliación del límite de financiamiento	El proyecto de grado contempla la etapa de financiamiento, adicionalmente no es representativo para la comparación propuesta entre tecnologías de construcción.
Financiamiento	

*Tabla 33 Herramientas - Determinar el presupuesto.
Fuente: Adaptado Guía PMBOK*

TRAMO	15/05/2021	15/06/2021	15/07/2021	15/08/2021	15/09/2021	15/10/2021	03/11/2021
TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)	\$ -	\$ 114,248,754	\$ 114,248,754	\$ 114,248,754	\$ 114,248,754	\$ 114,248,754	\$ 114,248,754
TRAMO 2 PLT40030 (PMP49043 - PMP47128)	\$ -	\$ 51,368,911	\$ 77,523,609	\$ 77,523,609	\$ 77,523,609	\$ 77,523,609	\$ 77,523,609
TRAMO 3 PLT40029 (PMP47379 - PMP49043)	\$ -	\$ -	\$ 95,055,558	\$ 95,055,558	\$ 95,055,558	\$ 95,055,558	\$ 95,055,558
TRAMO 4 PLT40028 (PMP47130 - PMP47379)	\$ -	\$ -	\$ 20,917,372	\$ 69,660,598	\$ 69,660,598	\$ 69,660,598	\$ 69,660,598
TRAMO 5 PLT40027 (PMP46717 - PMP47130)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 73,796,111	\$ 73,796,111	\$ 73,796,111	\$ 73,796,111
TRAMO 6 PLT40026 (PMP108808 - PMP46717)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 31,280,427	\$ 91,929,497	\$ 91,929,497	\$ 91,929,497
TRAMO 7 PLT40025 (PMP46254 - PMP108808)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 103,927,207	\$ 260,187,466	\$ 260,187,466
TRAMO 8 PLT40024 (PMP47610 - PMP46254)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,475,864	\$ 72,983,678
TRAMO 9 PLT40023 (PMP108806 - PMP47610)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 31,600,947
TOTAL	\$ -	\$ 165,617,665	\$ 307,745,292	\$ 461,565,056	\$ 626,141,333	\$ 783,877,457	\$ 886,986,218

*Tabla 34 Costos agregados – Metodología Convencional.
Fuente: Propia*

TRAMO	15/05/2021	15/06/2021	30/06/2021
TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)	\$0	\$218,515,415.52	\$218,515,415.52
TRAMO 2 PLT40030 (PMP49043 - PMP47128)	\$0	\$144,654,274.44	\$144,654,274.44
TRAMO 3 PLT40029 (PMP47379 - PMP49043)	\$0	\$183,943,089.72	\$183,943,089.72
TRAMO 4 PLT40028 (PMP47130 - PMP47379)	\$0	\$140,487,278.88	\$140,487,278.88
TRAMO 5 PLT40027 (PMP46717 - PMP47130)	\$0	\$137,419,271.16	\$137,419,271.16
TRAMO 6 PLT40026 (PMP108808 - PMP46717)	\$0	\$165,535,043.40	\$165,535,043.40
TRAMO 7 PLT40025 (PMP46254 - PMP108808)	\$0	\$322,129.37	\$279,388,040.41
TRAMO 8 PLT40024 (PMP47610 - PMP46254)	\$0	\$0.00	\$80,206,402.72
TRAMO 9 PLT40023 (PMP108806 - PMP47610)	\$0	\$0.00	\$35,487,005.52
TOTAL	\$0	\$990,876,502	\$1,385,635,822

Tabla 35 Costos agregados – Metodología CIPP.
Fuente: Propia

6.3.3.3 Salidas (Determinar el presupuesto)

En este ítem se presenta las salidas para determinar el presupuesto.

6.3.3.3.1 Línea base de costos

A continuación, se presenta la línea base de costos para las dos metodologías de construcción.

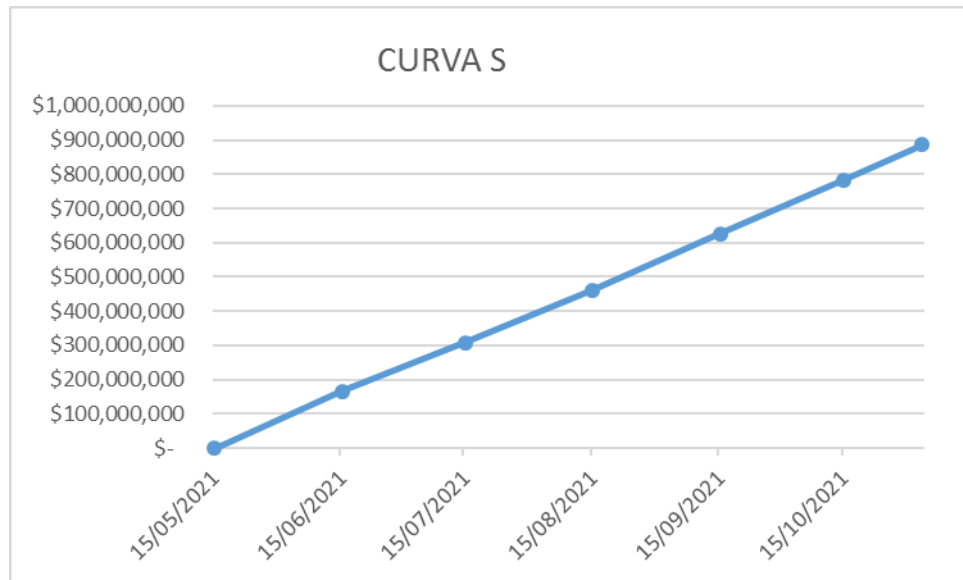


Figura 59 Línea base de costos – Metodología Convencional
Fuente: Propia

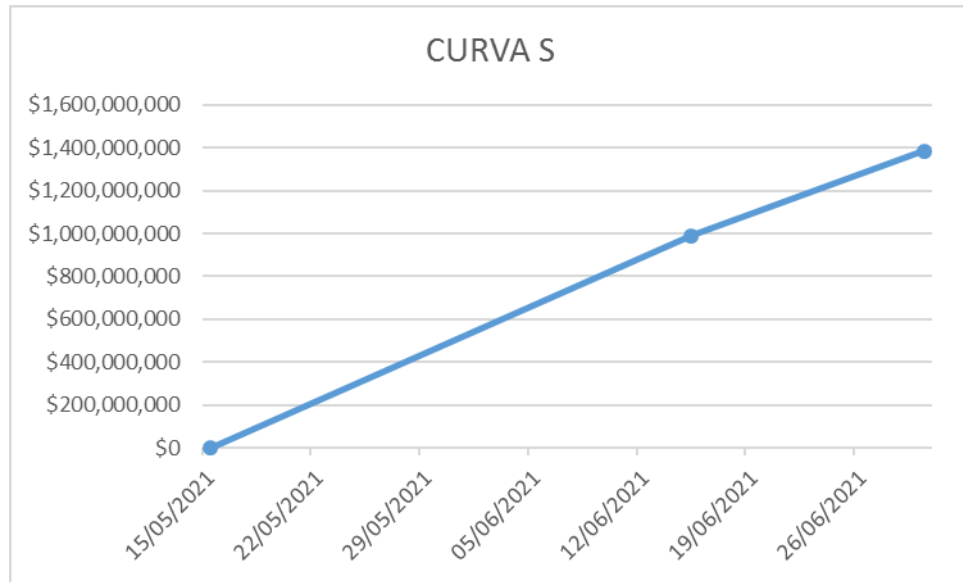


Figura 60 Costos agregados – Metodología CIPP
Fuente: Propia

6.4 FASE 3 COMPARAR LA GESTIÓN DEL TIEMPO Y COSTOS

A continuación, se presentan el tiempo de rehabilitación de tuberías de alcantarillado pluvial, para los 9 tramos para cada una de las metodologías, en el cual se puede identificar que en el método de rehabilitación sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe), el tiempo se reduce un 74% aproximadamente con relación a la instalación convencional.

TRAMO	METODO	
	CONVENCIONAL (Días)	CIPP (Días)
TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)	18.15	3
TRAMO 2 PLT40030 (PMP49043 - PMP47128)	12.74	4
TRAMO 3 PLT40029 (PMP47379 - PMP49043)	15.27	4
TRAMO 4 PLT40028 (PMP47130 - PMP47379)	11.36	5
TRAMO 5 PLT40027 (PMP46717 - PMP47130)	12.24	4
TRAMO 6 PLT40026 (PMP108808 - PMP46717)	15.85	4
TRAMO 7 PLT40025 (PMP46254 - PMP108808)	35.93	4
TRAMO 8 PLT40024 (PMP47610 - PMP46254)	10.75	4
TRAMO 9 PLT40023 (PMP108806 - PMP47610)	5.16	4
TOTAL	137.45	36

Tabla 36 Comparación tiempo Metodología Convencional Vs CIPP
Fuente: Propia

A continuación, se presentan el costo de rehabilitación de tuberías de alcantarillado pluvial, para los 9 tramos para cada una de las metodologías, en el cual se puede identificar que, en el método de rehabilitación convencional, el costo se reduce un 36% aproximadamente con relación a la instalación sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe).

TRAMO	METODO	
	CONVENCIONAL	CIPP
TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)	\$ 114,248,754	\$ 218,515,416
TRAMO 2 PLT40030 (PMP49043 - PMP47128)	\$ 77,523,609	\$ 144,654,274
TRAMO 3 PLT40029 (PMP47379 - PMP49043)	\$ 95,055,558	\$ 183,943,090
TRAMO 4 PLT40028 (PMP47130 - PMP47379)	\$ 69,660,598	\$ 140,487,279
TRAMO 5 PLT40027 (PMP46717 - PMP47130)	\$ 73,796,111	\$ 137,419,271
TRAMO 6 PLT40026 (PMP108808 - PMP46717)	\$ 91,929,497	\$ 165,535,043
TRAMO 7 PLT40025 (PMP46254 - PMP108808)	\$ 260,187,466	\$ 279,388,040
TRAMO 8 PLT40024 (PMP47610 - PMP46254)	\$ 72,983,678	\$ 80,206,403
TRAMO 9 PLT40023 (PMP108806 - PMP47610)	\$ 31,600,947	\$ 35,487,006
TOTAL	\$ 886,986,218	\$ 1,385,635,822

*Tabla 37 Comparación Costo Metodología Convencional Vs CIPP
Fuente: Propia*

A continuación, se presenta el análisis de ventajas y desventajas a nivel general de la instalación de tubería por método convencional Vs tecnología sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe), no obstante, se aclara que el trabajo está enmarcado en costo y tiempo.

ITEM	METODO	
	CONVENCIONAL	CIPP
TIEMPO	La metodología requiere un mayor tiempo para la ejecución de la rehabilitación de las tuberías	La metodología requiere un menor tiempo para la ejecución de la rehabilitación de las tuberías
COSTO	La metodología requiere un menores costos para la ejecución de la rehabilitación de las tuberías	La metodología requiere un mayores costos para la ejecución de la rehabilitación de las tuberías
IMPACTO SOCIAL	Mayor impacto con relación al tiempo de la ejecución.	Menor impacto con relación al tiempo de la ejecución.
IMPACTO DE MOVILIDAD	Mayor impacto con relación al tiempo de la ejecución, afectación de tráfico a las vías aledañas.	Menor impacto con relación al tiempo de la ejecución.

*Tabla 38 Comparación Metodología Convencional Vs CIPP
Fuente: Propia*

7 ENTREGA DE RESULTADOS E IMPACTOS

A continuación, se presenta el resumen de las actividades desarrolladas en el trabajo de grado, con las cuales se logró cumplir los objetivos planteados

ACTIVIDAD	RESULTADO
<p>Recopilación y análisis de información</p> <p>En esta fase del proyecto se realizó la recopilación de información, con base en el sistema de información geográfico de la EAAB.</p>	<p>Con base en esta información se obtuvieron los planos de planta y perfil y se definieron las cantidades para la rehabilitación con zanja abierta y CIPP.</p>
<p>Gestión del cronograma – rehabilitación con zanja abierta</p> <p>Para el desarrollo de esta fase se definió la estructura de desglose de trabajo, se definieron y secuenciaron las actividades y estimaron las duraciones de las mismas para el método de rehabilitación con zanja abierta.</p>	<p>Las actividades definidas para cada uno de los tramos fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comienzo • Localización y replanteo • Cerramiento • Movilización de Equipos • Demolición de pavimentos rígidos • Excavación varia sin clasificar incluye retiro de sobrantes a una distancia menor a 5 km • Tablestacado metálico • Demolición y retiro • Relleno con gravilla • Tubería de concreto reforzado 21Mpa de 900mm de diámetro interior • Relleno para estructuras con recebo • Relleno Rajón • Relleno Base Granular clase A • Relleno Sub Base Granular clase A • Pavimento de contrato hidráulico • Fin <p>Con base en las actividades definidas se secuenciaron y estimaron los tiempos para cada una de las actividades, el tiempo para la rehabilitación en zanja abierta es de 137 días.</p>

ACTIVIDAD	RESULTADO
<p>Gestión del cronograma – rehabilitación CIPP</p> <p>Para el desarrollo de esta fase se definió la estructura de desglose de trabajo, se definieron y secuenciaron las actividades y estimaron las duraciones de las mismas para el método de rehabilitación con CIPP.</p>	<p>Las actividades definidas para cada uno de los tramos fueron:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comienzo • lavado y sondeo de redes de alcantarillado • Inspección inicial con circuito cerrado de televisión CCTV • Rehabilitación red de alcantarillado con tecnología CIPP • Inspección con CCTV • Fin <p>Con base en las actividades definidas se secuenciaron y estimaron los tiempos para cada una de las actividades, el tiempo para la rehabilitación en zanja abierta es de 36 días.</p>
<p>Evaluación del costo–rehabilitación a zanja abierta</p> <p>Para el desarrollo de esta fase se determinaron las cantidades y valores para cada una de las actividades con base en los análisis de precios unitarios para el método de rehabilitación con zanja abierta.</p>	<p>En esta fase se obtuvieron los siguientes resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinación de cantidades de corte y demolición, excavaciones, rellenos, tuberías y rehabilitación de pavimento, con base en el sistema de información geográfico de la EAAB. • Bases de datos de Análisis de precios unitarios utilizadas: <ul style="list-style-type: none"> • Instituto de desarrollo urbano IDU. • Instituto Nacional de Vías INVIAS. • Instituto de infraestructura y concesiones de Cundinamarca ICCU. <p>Con base en las cantidades y valores se definieron los costos para la rehabilitación con tubería sin zanja.</p>

ACTIVIDAD	RESULTADO
<p>Evaluación del costo – rehabilitación CIPP</p> <p>Para el desarrollo de esta fase se determinaron las cantidades y valores para cada una de las actividades con base en los análisis de precios unitarios para el método de rehabilitación CIPP.</p>	<p>En esta fase se obtuvieron los siguientes resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinación de cantidades de inspección con CCTV y rehabilitación con CIPP, con base en el sistema de información geográfico de la EAAB. • Bases de datos de Análisis de precios unitarios utilizadas: <ul style="list-style-type: none"> • Instituto de desarrollo urbano IDU. <p>Con base en las cantidades y valores se definieron los costos para la rehabilitación con tubería sin CIPP.</p>
<p>Comparar la gestión del tiempo y costos</p> <p>En esta fase se realizó la comparación en tiempo y costo para la rehabilitación de tuberías de alcantarillado con zanja abierta Vs CIPP.</p>	<p>En esta fase se obtuvieron los siguientes resultados:</p> <p>El tiempo de rehabilitación de tuberías de alcantarillado pluvial sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe), se reduce un 74% con relación a la instalación convencional.</p> <p>El costo de rehabilitación convencional, se reduce un 36% con relación a la instalación sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe).</p>

7.1 ¿CÓMO SE RESPONDE A LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS?

¿Cómo pueden beneficiar las nuevas tecnologías (rehabilitación de tubería sin Zanja) en el cronograma y/o costo de un proyecto de rehabilitación de redes de alcantarillado pluvial para vías en operación?

De acuerdo con los resultados del trabajo de grado y con base en la Guía PMBOK 6 Edición, específicamente para la tecnología sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe) en la localidad de Usaqué, barrio Verbenal, en el sector ubicado en la calle 185 con carrera 17, en tiempo es menor para la rehabilitación con CIPP, no obstante, los costos incrementan, a continuación, se nombran algunos aspectos relevantes:

- Las actividades del método convencional como; excavaciones, rellenos y pavimentos, tienen mayor incertidumbre, en las cuales puede afectar el clima, mano de obra, consecución de materiales entre otras.
- Para la instalación de tubería por método convencional el impacto social y en la movilidad es mayor, no obstante, se debe tener en cuenta el aumento en costos.
- Para la instalación con tecnología sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe), la estructura de trabajo es más simple, el personal y equipo es menor comparado con la metodología convencional.
- Evaluada la metodología convencional Vs tecnología sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe), en tiempo se evidencia que la rehabilitación con CIPP, reduce el tiempo en un 74%, no obstante, el costo con el método convencional, tiene una reducción del 36%.

8 NUEVAS ÁREAS DE ESTUDIO

En el alcance del presente trabajo no se contempló la comparación de riesgos de la tecnología convencional Vs tecnología sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe), adicionalmente se pueden evaluar a profundidad los beneficios ambientales, sociales y de movilidad que pueden llegar afectar a una población como en localidad de Usaquén, barrio Verbenal, en el sector ubicado en la calle 185 con carrera 17.

En este proyecto no se evaluó a profundidad la edad de las tuberías y cuando puede ser más viable cambiar la tubería de acuerdo con este criterio, por prevención y evitar inversiones futuras y adicionalmente identificar zonas en las cuales se realiza rehabilitación con CIPP y posteriormente se realizan intervenciones en la vía.

9 CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados del trabajo de grado, elaborado con base en la Guía PMBOK 6 Edición y específicamente para la zona de estudio en la localidad de Usaquén, barrio Verbenal, en el sector ubicado en la calle 185 con carrera 17, se identificó que para un proyecto ejecutado mediante la tecnología convencional a zanja abierta, debido a la cantidad de actividades que se deben ejecutar, tales como; corte y demolición del pavimento, excavaciones, demolición de tuberías, instalación de la tubería proyectada, relleno y recuperación del pavimento, el tiempo de ejecución para el método convencional es de 137 días aproximadamente, para la metodología con CIPP (Cured in a place pipe), la cantidad de actividades y la duración de las mismas son menores al método convencional y corresponde a la inspección inicial con circuito cerrado de televisión y la rehabilitación con CIPP, el tiempo de ejecución para este método es de 36 días. Adicionalmente los costos para la instalación con metodología a zanja abierta, se reducen un 36% aproximadamente con relación a la rehabilitación sin zanja con tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe). De tal forma que el tiempo es menor para la metodología con CIPP, pero los costos se incrementan.
- Se realizó la recopilación y análisis de la información secundaria, con base en el Sistema de información geográfico de la EAAB, en el cual se logró identificar las características de la tubería propuesta para realizar la comparación de las metodologías a zanja abierta y CIPP para rehabilitación de tuberías de alcantarillado, a continuación, se presentan las características que fueron tenidas en cuenta para realizar la evaluación de tiempo y costo:

IDSIG	POZO INICIO	POZO FINAL	DIAMETRO (m)	LONGITUD (m)	PENDIENTE (m)	MATERIAL	COTA RASANTE INICIAL	COTA CLAVE INICIAL	COTA BATEA INICIAL	COTA RASANTE FINAL	COTA CLAVE FINAL	COTA BATEA FINAL
PLT40023	PMP108806	PMP47610	0.90	9.84	2.14	Concreto sin refuerzo	2551.66	2550.63	2550.89	2551.66	2550.42	2550.68
PLT40024	PMP47610	PMP46254	0.90	22.24	0.18	Concreto sin refuerzo	2551.66	2550.42	2552.69	2551.66	2550.38	2552.65
PLT40025	PMP46254	PMP108808	0.90	77.47	0.28	Concreto sin refuerzo	2551.66	2550.38	2550.73	2551.66	2550.16	2550.51
PLT40026	PMP108808	PMP46717	1.00	36.15	0.17	Concreto reforzado	2551.46	2550.16	2549.16	2551.39	2550.10	2549.10
PLT40027	PMP46717	PMP47130	1.00	30.01	0.17	Concreto reforzado	2551.39	2550.10	2549.10	2551.34	2550.05	2549.05
PLT40028	PMP47130	PMP47379	1.00	30.68	0.10	Concreto reforzado	2551.00	2550.05	2549.05	2551.03	2550.02	2549.02
PLT40029	PMP47379	PMP49043	1.00	40.17	0.07	Concreto reforzado	2551.03	2550.01	2549.01	2551.25	2549.98	2548.98
PLT40030	PMP49043	PMP47128	1.00	31.59	0.32	Concreto reforzado	2551.25	2549.98	2548.98	2551.13	2549.88	2548.88
PLT40031	PMP47128	PMP47376	1.00	47.72	0.17	Concreto reforzado	2551.13	2549.85	2548.85	2550.82	2549.77	2548.77

- Se realizó la gestión del cronograma para cada una de las alternativas de rehabilitación de tuberías de alcantarillado, en las cuales, con base en la estructura de desglose de trabajo, se definieron y secuenciaron las actividades y se estimaron las duraciones con base en los rendimientos de los análisis de precios unitarios. En el desarrollo de esta fase, se logró evidenciar que las actividades y duraciones son mayores para la rehabilitación de tuberías con zanja abierta en comparación a las actividades y duraciones de la rehabilitación con CIPP (Cured in a place pipe). De acuerdo con lo determinado en el cronograma, se identificó que el tiempo de rehabilitación de tuberías de alcantarillado pluvial polimerizada en situ (Cured in a place pipe), se reduce un 74% aproximadamente con relación a la instalación convencional, como se presenta a continuación, el beneficio en tiempo es mayor en los tramos de mayor longitud.

TRAMO	Longitud (m)	METODO	METODO	%
		CONVENCIONAL (Días)	CIPP (Días)	
TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)	47.720	18.15	3	83%
TRAMO 2 PLT40030 (PMP49043 - PMP47128)	31.590	12.74	4	69%
TRAMO 3 PLT40029 (PMP47379 - PMP49043)	40.170	15.27	4	74%
TRAMO 4 PLT40028 (PMP47130 - PMP47379)	30.680	11.36	5	56%
TRAMO 5 PLT40027 (PMP46717 - PMP47130)	30.010	12.24	4	67%
TRAMO 6 PLT40026 (PMP108808 - PMP46717)	36.150	15.85	4	75%
TRAMO 7 PLT40025 (PMP46254 - PMP108808)	77.470	35.93	4	89%
TRAMO 8 PLT40024 (PMP47610 - PMP46254)	22.240	10.75	4	63%
TRAMO 9 PLT40023 (PMP108806 - PMP47610)	9.840	5.16	4	22%
TOTAL	325.87	137.45	36	74%

- Se realizó la evaluación del costo para las dos metodologías de rehabilitación de tuberías de alcantarillado, con base en las duraciones definidas en el cronograma y los valores de los análisis de precios unitarios, los cuales se tomaron de bases públicas; Análisis de precios unitarios del Instituto de desarrollo urbano IDU, Análisis de precios unitarios del Instituto Nacional de Vías INVIAS y Análisis de precios unitarios del Instituto de infraestructura y concesiones de Cundinamarca ICCU. Las cantidades de obra para cada metodología fueron determinadas con base en la información recopilada del sistema de información geográfico de la EAAB (longitud, profundidad, diámetro etc.). De acuerdo con lo determinado en el presupuesto, se identificó que el costo de rehabilitación de tuberías de alcantarillado pluvial, para el método convencional, se reduce un 36% aproximadamente con relación a la rehabilitación sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe).

TRAMO	Longitud (m)	METODO		%
		CONVENCIONAL	METODO CIPP	
TRAMO 1 PLT40031 (PMP47128 - PMP47376)	47.72	\$ 114,248,754	\$ 218,515,416	48%
TRAMO 2 PLT40030 (PMP49043 - PMP47128)	31.59	\$ 77,523,609	\$ 144,654,274	46%
TRAMO 3 PLT40029 (PMP47379 - PMP49043)	40.17	\$ 95,055,558	\$ 183,943,090	48%
TRAMO 4 PLT40028 (PMP47130 - PMP47379)	30.68	\$ 69,660,598	\$ 140,487,279	50%
TRAMO 5 PLT40027 (PMP46717 - PMP47130)	30.01	\$ 73,796,111	\$ 137,419,271	46%
TRAMO 6 PLT40026 (PMP108808 - PMP46717)	36.15	\$ 91,929,497	\$ 165,535,043	44%
TRAMO 7 PLT40025 (PMP46254 - PMP108808)	77.47	\$ 260,187,466	\$ 279,388,040	7%
TRAMO 8 PLT40024 (PMP47610 - PMP46254)	22.24	\$ 72,983,678	\$ 80,206,403	9%
TRAMO 9 PLT40023 (PMP108806 - PMP47610)	9.84	\$ 31,600,947	\$ 35,487,006	11%
TOTAL	325.87	\$ 886,986,218	\$ 1,385,635,822	36%

- El costo de la rehabilitación de tuberías de alcantarillado sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe) por metro lineal es de \$4,252,112; para la ejecución de este trabajo se requiere un equipo y personal especializados, lo cual incrementa el costo.

Para la rehabilitación de tubería de alcantarillado a zanja abierta el valor por metro lineal es de \$2,721,902, la ejecución de estas actividades no requiere personal ni equipos especializados.

- Para la construcción de redes de alcantarillado por metodología a zanja abierta, el reclutamiento de personal, ya sean directores de obra, ingenieros residentes técnicos de redes hidrosanitarias, oficiales de obra o ayudantes de obra; son de más fácil consecución de dichos perfiles, ya que las redes de alcantarillado hasta finales del siglo 20 se habían construido generalmente por método a zanja abierta.

Para el caso de las tecnologías sin zanja el tema del reclutamiento de personal si es un poco más dispendioso, ya que dichas tecnologías son relativamente nuevas, por lo tanto es muy escaso el personal que cuente con experiencia previa en este tipo de ejecuciones de obras de renovación de tuberías por medio de tecnología (CIPP), en términos de talento humano como directores de obra, ingenieros residentes técnicos de redes hidrosanitarias, oficiales de obra, ayudantes de obra, operarios y equipos.

- Una de las variables que afectan el presupuesto y el cronograma en la construcción de redes de alcantarillado pluvial por medio del método a zanja abierta es la profundidad, la cual a mayor altura de excavación los tiempos de ejecución aumentan y por consiguiente aumentan las cantidades de obra a ejecutar, lo que conlleva a un aumento del presupuesto para la construcción de la red; En cambio, con la metodología de tecnologías sin zanja (CIPP), el valor sufriría una variación que se puede despreciar, por consiguiente en términos de presupuesto la metodología a zanja abierta puede llegar a tener los mismos costos y en cronograma sería aun mayor el tiempo de ejecución del que ya se tiene presupuestado.
- Para la instalación de tubería por método convencional el impacto social y en la movilidad es mayor, no obstante, se debe tener en cuenta el aumento en costos.

- Para la instalación con tecnología sin zanja tubería polimerizada en situ (Cured in a place pipe), la estructura de trabajo es más simple, el personal y equipo es menor comparado con la metodología convencional.

10 ANEXOS

- Anexo 1 Esquemas
- Anexo 2 Programación

Anexo 2.1 Programación Tecnología Convencional

Anexo 2.2 Programación Tecnología CIPP

- Anexo 3 Presupuesto

Anexo 3.1 Presupuesto Tecnología Convencional

Anexo 3.2 Presupuesto Tecnología CIPP

11 BIBLIOGRAFÍA

CARDONA SANCHEZ, E., & TORRES MEJIA, J. (2020). Modelo de gestión del tiempo y de los costos del proyecto para la conservación de la malla vial y del espacio público del consorcio hi bosa, basado en la metodología del PMBOK. BOGOTÁ D.C.: Universidad católica de colombia.

ESTRADA GONZALEZ, N., & FORERO FAJARDO, C. (2018). Evaluación de la gestión del tiempo bajo la guía PMBOK® 5TA edición para. BOGOTÁ D.C.: Universidad católica de colombia.

ABAUNZA, J. A. (2011). Evaluación y perspectivas de la utilización de tecnologías sin zanja. Bogotá: Pontificia universidad javeriana Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7549/tesis607.pdf?sequ>

Acción Popular AP 250002315000-2006-01588. (2006).

Bejarano Palacios, A., & Cardozo Bedoya, E. (2017). Análisis de costo y ventas de un proyecto con variación en el tiempo de ejecución. Bogotá D. C.; Universidad Católica De Colombia.

CULMAN CHAUX, C., & MURCIA MARTÍNEZ, M. (2020). Prefactibilidad de la incorporación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (suds) en la uga 030 de la subcuenca torca en la ciudad de Bogotá. Bogotá D. C.; Universidad Católica De Colombia.

DANE. (s.f.). DANE Censo Nacional de población y vivienda. Obtenido de DANE Censo Nacional de población y vivienda: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/donde-estamos>

EL ESPECTADOR. (2 de 07 de 2018). ¿De dónde sale el agua de Bogotá? Obtenido de <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/de-donde-sale-el-agua-de-bogota/>

Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá. (s.f.). Sistema de

Información Geografico. Obtenido de <https://eab-sigue.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=6ad170bd1cdc450b823bd22d0786431d&scale=40000>

Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá. (s.f.). Sistema de Información Normalización Técnica. Obtenido de <https://www.acueducto.com.co/webdomino/sistec/consultas.nsf>

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (31 de 12 de 2016). Informe de gestion EAB-ESP. Obtenido de https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/2017/Informe_gestion_2016v5.pdf

Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (s.f.). La red de alcantarillado de Bogotá tiene más de medio siglo. Obtenido de https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/la-empresa/informacion-general!/ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8zizQKdDQwtDIz8DEyMnA0CgwOcgvxDnQ19jMz0w_Sj9KOKS_TDCSmMAkob4ACOBkD9UViUOBo4BRk5GRsYuPsbYVWAYkZBbl6lbnaglgAtxs7r/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/

Empresa de Acueducto y Alcantarillado. (s.f.). En diciembre un sector de Villa Luz estrenará alcantarillado. Obtenido de https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB/anotsecsecundaria/not_villaluzalcantarillado_03_11_17!/ut/p/z1/tVPBUslwEP0WDz1Ctk0HGM8FHZAzdAYVaC6dtA0IWhJs0wJ-vaucGEF0GDM5ZDdvX95udgknc8K1aFQurDJaFGhHvBMzdhO6Hnj3gyGjEE4n3l341AdwgUwJJ3ydqoxE1Bc-ywLwKe0wP_ATxolk

Expediente 2016-00177. (2016). Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62271>

HORTUA, G. A. (2013). Estudio de la aplicación de tecnologías trenchless en. BOGOTÁ D.C.: Universidad católica de colombia.

ICTIS. (s.f.). Instituto Colombiano de tecnologías de infraestructura subterránea - Quienes somos. Obtenido de <https://ictis.org/es/quienes-somos>

ICTIS. (s.f.). Instituto Colombiano de tecnologías de infraestructura subterránea - Tecnología sin zanja. Obtenido de <https://ictis.org/es/tecnologia-sin-zanja>

Ingeniería & Contratos S.A.S. (2012). Comparación tecnología sin zanja vs metodología convencional. Obtenido de <https://www.ingenieriacontratos.com/tecnologia-sin-zanja>

Insituform. (s.f.). La mejor opción para renovar las conducciones en ciudades. Obtenido de Ventajas de la Reparación de tuberías sin obra ni zanja: <https://insituform.es/ventajas-reparacion-tuberias-sin-obra-ni-zanja/>

LESSING, O. H. (2020). Propuesta para la implementación de la planificación y estimación de la gestión de costos según el pmbok 6ta edición para la constructora leegs ingeniería S.A.S. BOGOTÁ D.C.: Universidad católica de colombia.

MANRIQUE VALDERRAMA, L., & CAÑAS ANGARITA, J. (2020). Diseño de metodología del plan para la dirección EN. BOGOTÁ D.C.: Universidad católica de colombia.

MARTÍNEZ, O. J. (2019). Análisis técnico y factibilidad económica, sistema pipe. BOGOTÁ D.C.: Universidad católica de colombia.

Project Managment Institute. (2017). Guia de fundamentos para dirección de proyectos (Guia PMBOK), sexta edicion. USA: Pensilvania:.

Resolución No 1632 del 29 de diciembre de 2015. (2015). Obtenido de <http://www.sdp.gov.co/transparencia/normatividad/actos-administrativos/resolucion-1632-de-2015>

RODRIGUE, J. S. (2019). Aplicación de la guía PMBOK 6ed en la planificación de la. BOGOTÁ D.C.: Universidad católica de colombia.

RODRIGUEZ GUTIERREZ, S., MOLANO GARAY, C., & VARGAS MANRIQUE, I. (2016). Matriz cuantitativa de selección de tecnología trenchless. BOGOTÁ D.C.: Universidad católica de colombia.

ROMERO, D. C. (2019). Diagnostico de contratos de mantenimiento de espacio público del instituto de desarrollo urbano - idu con alta incidencia en costos de adiciones y prorrogas, utilizando la herramienta gerencial del PMBOK 6TA. EDICIÓN. BOGOTÁ D.C.: Universidad católica de colombia.

Santiago, F. M. (2015). Métodos de excavación sin zanja. Universidad en ingeniería de las estructuras, cimentaciones y materiales.

SIERRA, E. A., CARRILLO RODRIGUEZ, S., RODRÍGUEZ BELTRAN, L., & ROJAS QUINTERO, C. (2018). Análisis y desarrollo de la metodología bajo los procesos de planificación de la guía pmi para la empresa kappa ingenierias & diseños SAS. BOGOTÁ D.C.: Universidad católica de colombia.

Subdirección de Información Sectorial. (s.f.). Indicadores demograficos localia de usaquen. Obtenido de <http://habitatencifras.habitatbogota.gov.co/documentos/boletines/Localidades/Usaq>

uen.pdf