

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE 4500 METROS DE
ALCANTARILLADO EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO (CESAR)
COMO INGENIERO AUXILIAR RESIDENTE Y ELABORACIÓN DE UN
MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLADOS.**

SERGIO PORTILLA ESTEBAN



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE 4500 METROS DE
ALCANTARILLADO EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO (CESAR)
COMO INGENIERO AUXILIAR RESIDENTE Y ELABORACIÓN DE UN
MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLADOS.**

SERGIO PORTILLA ESTEBAN

**Trabajo de grado en la modalidad práctica empresarial, para optar al título
de Ingeniero Civil.**



Director del proyecto de grado

WILFREDO DEL TORO RODRÍGUEZ

Docente de Planta Escuela de Ingeniería Civil - U.I.S.

Tutor de la práctica

Ing. LUIS ANGULO MENDIVIL

Director de obra CONTRUVANNEX

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2011

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios universitarios y darme la salud para hacerlo, por su infinita bondad estoy muy agradecido.

A mi madre Elisa Esteban y a mi padre Joselito Portilla por todo el amor, el apoyo, el sacrificio y sobre todo la oportunidad que me dieron de estudiar esta carrera profesional.

A mis directores de proyecto el ingeniero Wilfredo Del Toro Rodríguez y el ingeniero Luis Angulo Mendivil, quienes me colaboraron cuando lo necesité, para sacar este proyecto adelante y a la empresa CONSTRUVANNEX que me brindó la oportunidad de realizar la práctica empresarial.

A todos mis profesores y compañeros de carrera gracias por los conocimientos y consejos transmitidos que aportaron a mi formación profesional y personal.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	17
2.	INFORMACIÓN DE LA EMPRESA	19
1.1.	RESEÑA HISTÓRICA	19
1.2.	VISIÓN DE LA EMPRESA	19
1.3.	MISIÓN DE LA EMPRESA	20
3.	PRESENTACIÓN DE LA OBRA	20
2.1	NOMBRE DE LA OBRA	20
2.2.	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA	20
2.3.	LOCALIZACIÓN DE LA OBRA.....	21
2.4.	METODOLOGÍA.....	23
2.4.1.	ACTIVIDADES PREVIAS A LOS DISEÑOS	23
2.4.2.	ASPECTOS DEMOGRÁFICOS	24
2.4.2.1.	Población actual	24
2.4.2.2.	Análisis del comportamiento poblacional	24
2.4.2.3.	Población de diseño.....	26
2.5.	PARÁMETROS DE DISEÑO	27
2.5.1.	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL PROYECTO.....	27
2.5.2.	PERIODO DE DISEÑO	28
2.5.3.	DOTACIÓN	29
2.5.3.1.	Dotación neta	29
2.5.3.2.	Dotación bruta	30
2.5.4.	CAUDALES.....	31
2.5.4.1.	Caudal de aguas residuales.	31
2.5.4.2.	Caudal industrial, comercial e institucional.....	32

2.5.4.3.	Caudal por conexiones erradas.	32
2.5.4.4.	Caudal por infiltración.	32
2.5.4.5.	Caudal de diseño.	32
2.5.5.	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING.	33
2.5.6.	DIÁMETRO MÍNIMO DE COLECTORES.	33
2.5.7.	VELOCIDADES.	33
2.5.8.	PENDIENTES.	33
2.5.9.	PROFUNDIDAD HIDRÁULICA MÁXIMA.	33
2.5.10.	PROFUNDIDAD MÍNIMA DE COLECTORES.	33
2.5.11.	CÁMARAS DE CAÍDA.	34
2.5.12.	POZOS DE INSPECCIÓN.	34
2.5.13.	CAUDAL MÍNIMO DE DISEÑO.	34
	DISEÑOS DEFINITIVOS.	35
2.5.14.	DESCRIPCIÓN GENERAL.	35
2.5.15.	DISEÑO DEL SISTEMA.	35
2.5.15.1.	Colectores.	35
4.	RESIDENTE DE OBRA Y AUXILIAR DE INGENIERÍA	36
3.1.	GENERALIDADES.	36
3.2.	DIRIGENTES DE OBRA.	37
3.3.	EL RESIDENTE DE OBRA	38
3.3.1.	PERFIL DEL RESIDENTE DE OBRA:	38
3.3.2.	FUNCIONES DEL RESIDENTE DE OBRA.	38
3.4.	PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA OBRA	39
3.4.1.	TÉCNICOS:	39
3.4.2.	ADMINISTRATIVOS	40
3.5.	DOCUMENTOS DE OBRA.	40

3.5.1.	PLANOS	40
3.5.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	41
3.5.3.	LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICO	41
3.5.4.	PROGRAMACIÓN DE LA OBRA	41
3.5.5.	BITÁCORA DE OBRA.....	41
3.6.	INSPECCIÓN DE OBRA	42
3.7.	ACTAS.....	43
3.7.1.	ACTA DE INICIO	43
3.7.2.	ACTA DE VECINDAD	43
3.7.3.	ACTA DE REUNIÓN.....	43
3.7.4.	ACTA DE OBRA NO PACTADA	44
3.7.5.	ACTA DE PAGO PARCIAL.....	44
3.7.6.	ACTA DE SUSPENSIÓN.....	44
3.7.7.	ACTA DE REINICIO.....	44
3.7.8.	ACTA DE RECIBO FINAL	44
3.8.	INFORMES PERIÓDICOS	44
3.9.	EJECUCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRA	45
3.10.	LABORES REALIZADAS COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA	45
3.10.1.	REALIZAR ACTAS DE VECINDAD.....	45
3.10.2.	REVISIÓN Y SEGUIMIENTO A LA OBRA:	46
3.10.3.	CALIDAD:	46
3.10.4.	SEGURIDAD.....	47
3.10.5.	CANTIDADES DE OBRA Y ACTAS DE COBRO:.....	47
1.	CONOCER MUY BIEN EL DISEÑO DEL ALCANTARILLADO, LAS NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y LA NORMA RAS 2000	51
1.1	NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD:	51

2.	PRELIMINARES.....	53
2.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	54
2.2	SEÑALIZACIÓN	54
2.3	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE, PAVIMENTO RÍGIDO Y ANDENES.....	55
2.4	DEMOLICIÓN DE SARDINELES Y POZOS EXISTENTES	57
3.	EXCAVACIONES	57
3.1.	EXCAVACIÓN MANUAL PARA DOMICILIARIAS, CON $H < 2M$	59
3.2.	EXCAVACIÓN MECÁNICA EN MATERIAL COMÚN, CON $H < 5M$	60
3.3.	EXCAVACIÓN MECÁNICA CON TERRACEO EN MATERIAL COMÚN $5 < H \leq 10 M$	62
3.4.	TRANSPORTE DE MATERIAL SOBRANTE Y ESCOMBRO	63
3.5.	MANEJO DE AGUAS	63
3.6.	INCONVENIENTES PRESENTADOS EN LAS EXCAVACIONES	64
4.	INSTALACIÓN DE TUBERÍA	65
4.1.	DESMONTE DE TUBERÍA EXISTENTE	66
4.2.	PROPIEDADES, SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS	66
4.2.1.	Clases de tubería utilizadas en la construcción de alcantarillados	66
4.2.2.	Características de la tubería PVC-NOVAFORT	68
4.2.3.	ADECUACIÓN DEL TERRENO PARA INSTALAR LA TUBERÍA	72
4.2.4.	INSTALACIÓN DE LAS SILLAS Y A LA TUBERÍA PVC	73
4.2.5.	BAJADA DE LA TUBERÍA AL FONDO DE LA ZANJA	78
4.2.6.	COLOCACIÓN Y UNIÓN ENTRE LOS TUBOS COLECTORES.	79
4.2.7.	CONEXIONES DE LA TUBERÍA A POZOS DE INSPECCIÓN....	80
5.	ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS	84
5.1.	Construcción de pozos o cámaras de inspección	85

5.1.1	Parámetros de diseño	86
5.1.1.1	Diámetro	86
5.1.1.2	Profundidad.....	86
5.1.1.3	Diámetro de acceso.....	86
5.1.1.4	Distancia entre pozos.....	87
5.1.2	Proceso constructivo.....	87
5.2	CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE INSPECCIÓN 60*60*60.....	88
5.3	CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE ALIVIADERO	89
5.4	Construcción de cámaras de caída	90
5.5	CONSTRUCCIÓN DE SUMIDEROS	91
5.6	CONSTRUCCIÓN DE SIFONES INVERTIDOS	92
6	RELLENOS Y COMPACTACIÓN	92
6.1	ACOSTILLADO:.....	93
6.2	RELLENO INICIAL:.....	94
6.3	RELLENO FINAL:	94
6.4	GRADO DE COMPACTACIÓN:	94
7.	REPOSICIONES Y OBRAS DE URBANISMO.....	96
7.1	CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE SIN RELLENOS.....	96
7.2	SUMINISTRO Y CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR PARA PAVIMENTO	97
7.3	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO	98
7.3.1	Colocación y Acabado del Concreto:.....	98
7.3.2	Acabado del Concreto cerca de las Juntas:	98
7.3.3	Curado:.....	99
7.3.4	Protección del Pavimento:	99

7.3.5	Ejecución de las Juntas:.....	100
7.3.6	Sellado de las Juntas:	100
7.4	ANDENES, SARDINELES Y ESCALERAS EN CONCRETO SOBRE PISO 101	
7.5	ASEO Y LIMPIEZA GENERAL.....	101
8.	CONCLUSIONES.....	103
9.	BIBLIOGRAFÍA	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general del proyecto..... 22

Figura 2. Calle 3ra..... 22

Figura 3. Anden en mal estado..... 46

Figura 4. Personal laborando con los implementos de seguridad..... 53

Figura 5. Localización de las obras..... 54

Figura 6. Señalización de las obras 55

Figura 7. Demolición de andenes 56

Figura 8. Excavación y relleno en zanja que contiene tubería..... 58

Figura 9. Excavación manual 60

Figura 10. Excavación mecánica 61

Figura 11. Manejo de aguas..... 64

Figura 12. Excavación en zona con presencia de tuberías de gas 65

Figura 13. Tubería de gres..... 67

Figura 14. Tubería de concreto 68

Figura 15. Tubería PVC-NOVAFORT 69

Figura 16. Diferentes capas en la compactación..... 72

Figura 17. Tubería apoyada sobre el encamado 73

Figura 18. Esquema de silla Y instalada 74

Figura 19. Marcación agujero silla Y 75

Figura 20. Perforación de la tubería utilizando un villamarquin. 75

Figura 21. Perforación de la tubería con serrucho 76

Figura 22. Emparejamiento de la superficie de corte..... 76

Figura 23. Colocación del caucho..... 77

Figura 24. Colocación de la silla 77

Figura 25. Colocación de las abrazaderas 78

Figura 26. Proceso de instalación de tubos colectores 80

Figura 27. Conexión de la tubería a pozo de inspección 81

Figura 28. Vista en perfil pozo colector 81

Figura 29. Cámara de inspección 85

Figura 30. Cámara de inspección cilíndrica en construcción..... 88

Figura 31. Cámara de inspección de 60*60*60 89

Figura 32. Conexión de la tubería al colector.....	89
Figura 33. Cámara de caída.....	91
Figura 34. Diferentes capas de compactación.	93
Figura 35. Compactación del relleno.....	96
Figura 36. Compactación con vibrocompactador.	97
Figura 37. Conformación de base granular para pavimento.....	97
Figura 38. Acabado en concreto.....	98
Figura 39. Detalles de las juntas de pavimento rígido	100
Figura 40. Andén recién construido	101
Figura 41. Estado en que se debe entregar el lugar de las obras.....	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tasa de crecimiento de la población rural del Cesar	25
Tabla 2. Tasa de crecimiento de la población rural de La Jagua	26
Tabla 3. Nivel de complejidad del proyecto	27
Tabla 4. Nivel de complejidad del proyecto (modificado)	28
Tabla 5. Dotación.....	29
Tabla 6. Dotación (modificada).....	30

RESUMEN

TÍTULO

PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE 4500 METROS DE ALCANTARILLADO EN EL MUNICIPIO DE LA JAGUA DE IBIRICO (CESAR) COMO INGENIERO AUXILIAR RESIDENTE Y ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE ALCANTARILLADOS*

AUTOR

SERGIO PORTILLA ESTEBAN**

PALABRAS CLAVES

Práctica empresarial, Construcción, Excavaciones, Alcantarillados, Residente de obra, Pozos de inspección, Conexiones.

DESCRIPCIÓN

Las obras de saneamiento básico en un municipio son muy importantes, la construcción y mantenimiento de los alcantarillados son actividades indispensables para que un municipio tenga un buen funcionamiento y calidad de vida. Como en todas las obras de construcción, una obra de construcción de alcantarillados necesita de la presencia de un Ingeniero residente de obra. Éste profesional es el encargado de supervisar el proceso constructivo de la obra y toda su logística, de manera que la programación, los presupuestos y la calidad en la obra se ejecuten de la mejor manera. De éste profesional depende el control de estos importantes aspectos.

En este trabajo se exponen diversas cuestiones tales como la descripción de las actividades desarrolladas por un Ingeniero residente de obra, los trabajos que se deben tener en cuenta antes de empezar la construcción de alcantarillados (el diseño, la metodología a emplear, la norma RAS, el proceso constructivo, etc.), los problemas que suelen presentarse y la solución de éstos, la supervisión de obras y los procedimientos de construcción de alcantarillados.

El objetivo de la práctica empresarial fue desarrollar trabajos de residencia de obra, donde se aplican ciertas cuestiones relacionadas con las redes de alcantarillado y como consecuencia de la interacción con el entorno real se aprenden muchas cosas que para un recién egresado son desconocidas. Además se elabora un manual que recopila las actividades realizadas para la construcción de una red de alcantarillado.

* Trabajo de grado. Modalidad práctica empresarial.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo del Toro Rodríguez. Tutor de Práctica: Luis Angulo Mendivil.

ABSTRACT

TITLE

BUSINESS PRACTICE IN CONSTRUCTION OF 4500 METERS OF SEWAGE SYSTEM IN THE MUNICIPALITY OF LA JAGUA DE IBIRICO (CESAR), AS AUXILIARY RESIDENT ENGINEER AND ELABORATION OF A SEWAGE SYSTEM CONSTRUCTION MANUAL*

AUTHOR

SERGIO PORTILLA ESTEBAN**

KEYWORDS

Business practice, Construction, Excavation, Sewage system, Resident Engineer, manholes, connections.

DESCRIPTION

The basic sanitation works in a town are very important, construction and maintenance of sewage systems are essential activities for that a town has a good performance and quality of life. As in all construction works, a sewage system construction requires presence of a resident Engineer work. This professional is responsible for monitoring the construction process of work and its logistics, so that the programming, budgeting and quality of work are implemented in the best way. Resident Engineer is who must control these important issues.

This paper describe a number of issues such as description of the activities conducted by a resident engineer work, the works that must be taken into account before starting the construction of sewage system (design, methodology to be employed, standard rules RAS, construction process, etc..) problems that usually occur and their resolution, supervision of works and sewage system construction procedures.

Objective of business practice was to develop auxiliary resident engineer work labor, applying certain issues related to sewage systems and as a result of interaction with real environment are learned many things that are unknown for a recent graduate. In addition elaborates a manual that compiles the activities for the construction of a sewerage system.

* Work Degree. Business Practice Modality

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Civil Engineering School. Director: Wilfredo Del Toro Rodríguez. Tutor of practice: Luis Angulo Mendivil.

1. INTRODUCCIÓN

La etapa de pregrado en la universidad nos brinda los conocimientos teóricos y técnicos durante un largo tiempo, donde nos enseñan las diferentes ramas de la ingeniería, para que salgamos y apliquemos todo esto en el campo de trabajo. Por medio de la práctica empresarial logramos aplicar lo aprendido en la universidad logrando así integrar la teoría con la práctica, y también vamos adquiriendo experiencia en el campo profesional.

El desarrollo de una práctica empresarial en el sector de la construcción de alcantarillados aporta mucho al educando, pues allí es donde ponemos en práctica toda la teoría que al aplicarla idóneamente al campo laboral obtenemos resultados muy buenos. Con unas buenas bases en conocimientos prácticos se obtendrá una muy buena herramienta para desarrollarnos como profesionales de la mejor manera.

Este manual va dirigido a estudiantes, profesionales recién egresados y demás personas interesadas en construcción de redes de alcantarillado. Está dividido en dos partes: la primera trata sobre el proyecto desarrollado por la empresa y las labores desarrolladas en la práctica empresarial como ingeniero auxiliar residente, también las actividades de un ingeniero residente; la segunda parte es un manual sobre la construcción de alcantarillados, definiendo paso a paso cada uno.

***CAPITULO 1: PRÁCTICA EMPRESARIAL COMO ING. AUXILIAR
RESIDENTE, EN LA CONSTRUCCIÓN 4500M ALCANTARILLADO.***

2. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

1.1. RESEÑA HISTÓRICA

CONSTRUVANNEX LTDA, es una empresa con amplia experiencia en el sector público y privado, cuyo representante legal es el Ing. Cesar Augusto Vanegas. Esta empresa está enfocada en el diseño y construcción de obras en todas las áreas de la ingeniería y arquitectura; como también la prestación de servicios especializados en consultoría e interventoría en los mismos campos de desempeño; tales como: interventoría de edificaciones, construcción de edificaciones, interventoría de vías, construcción de vías, operación plantas de tratamientos, operación planta de residuos sólidos, interventoría plantas de residuos sólidos, construcción e interventoría y consultoría de puentes, reposición de redes de alcantarillado pluvial y sanitario, interventoría estaciones-sub estaciones y redes eléctricas, revisión de instalaciones eléctricas, instalación de medidores eléctricos, legalización y normalización entre otras.

1.2. VISIÓN DE LA EMPRESA

La visión de la empresa es enfocar todos sus esfuerzos hacia la prestación de servicios de diseño, consultoría y construcción de obras civiles, ambientales y eléctricas, con tendencia a la excelencia permanente para lograr un crecimiento sostenible y eficiente de esta y sus coadyuvantes.

En la realización de los objetivos empresariales estará sujeta a la observancia y respeto de los lineamientos medioambientales, civiles, públicos y de orden superior que siempre ha caracterizado la empresa.

Se encuentra ubicada en la ciudad de Bucaramanga en la Carrera 38 N. 48-59, consta de amplias oficinas en el cual se ejecutan proyectos con calidad humana y técnica, teniendo como fin último la satisfacción del contratante y la población beneficiada. Teniendo como base un excelente grupo de trabajo especializados en las diferentes áreas de obras civiles, dando como resultado una calificación con un alto grado de excelencia.

1.3. MISIÓN DE LA EMPRESA

La misión de la empresa es ofrecer los más altos niveles de calidad en la programación, ejecución y control de obras, en los diversos ramos de la ingeniería y la arquitectura en las que están especializadas.

3. PRESENTACIÓN DE LA OBRA

A la hora de empezar una obra el ingeniero residente debe tener muy claro lo que va a hacer y la rama en la que se va a desempeñar, como este trabajo fue de alcantarillados lo primero que se hizo fue revisar muy bien el diseño de estos sistemas de alcantarillados, todos sus detalles y el alcance de este y así a la hora de estar en la obra no tener inconvenientes, se hizo un resumen de los diseños del alcantarillado trabajado durante esta práctica.

2.1 NOMBRE DE LA OBRA

Mantenimiento y rehabilitación del sistema de alcantarillado del municipio la Jagua de Ibirico departamento del Cesar.

- **Tipo de contrato:** Contrato civil de obra
- **Número del Contrato:** N°. 210
- **Entidad Contratante:** Municipio la Jagua De Ibirico (Cesar)
- **Contratista:** Construvannex Ltda.

2.2. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

Se analizaron las redes del municipio de La Jagua de Ibirico, encontrándose varios problemas en algunos barrios. En términos generales, los problemas encontrados se resumen a vertimientos de aguas residuales en la superficie, conexiones erradas, pozos de inspección obstruidos por sedimentos acumulados por la carencia de tapas y tuberías en contrapendiente.

Debido a que la práctica duro 4 meses, Yo solo alcancé a trabajar en un tramo de construcción y reparación del total de alcantarillado del municipio, que fue en LA CALLE 3^a.

El alcantarillado de la CALLE 3^a surge por los múltiples problemas encontrados en la Avenida Las Palmas y en la Carrera 4 y también surge como complemento al alcantarillado del Barrio San José. Se propone dar solución mediante la instalación de tuberías de PVC NOVAFORT de 12" y 16".

La empresa CONSTRUVANNEX LTDA. Intervino este alcantarillado para solucionar este problema de salubridad que se presentaba en este sector.

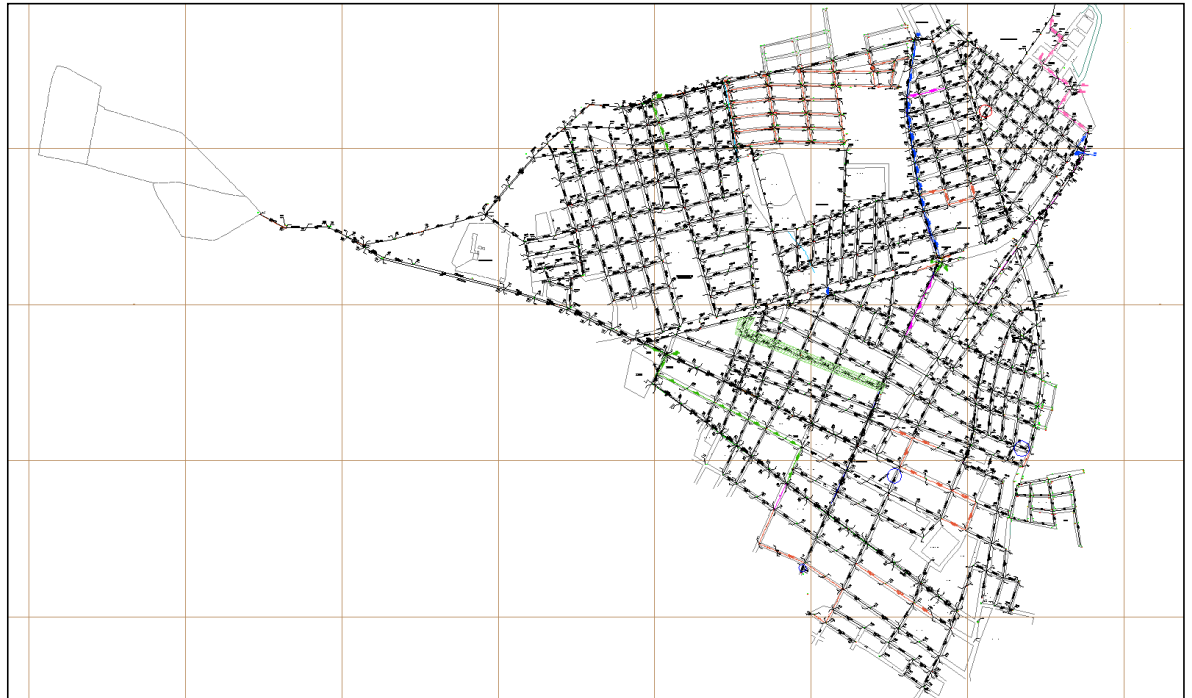
Con la construcción de este sector de alcantarillado se le da solución a un área importante dentro del Municipio de La Jagua de Ibirico de aproximadamente el 12% del casco urbano.

2.3. LOCALIZACIÓN DE LA OBRA

El proyecto se encuentra en el municipio de La Jagua de Ibirico, localizado en la zona central del Departamento del Cesar. Limita al Norte con el municipio de Becerril, al Sur con el municipio de Chiriguáná, al Oeste con los municipios de El Paso y Chiriguáná y al Este con la República de Venezuela.

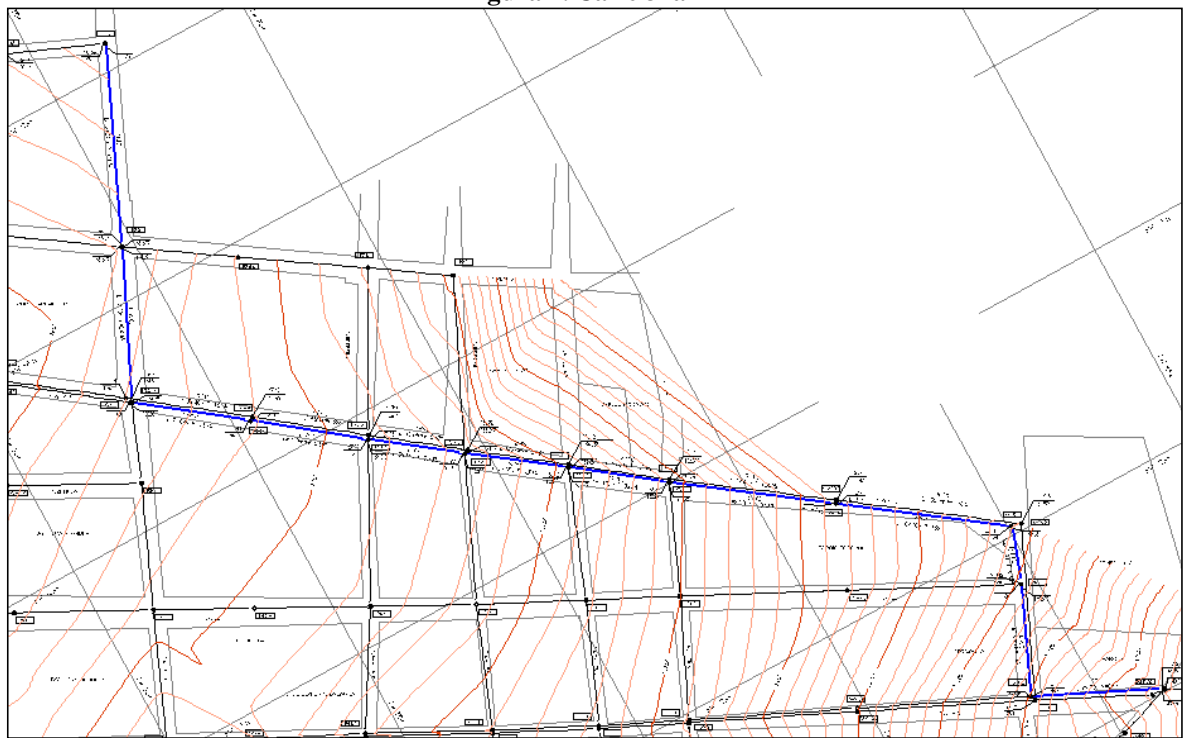
Los alcantarillados a reponer se encuentran distribuidos en todo el casco urbano de La Jagua de Ibirico: El Paraíso hacia el sector Suroriental, Emisario Norte y Galán hacia el sector Nororiental, El Barrio Villa Esperanza hacia el sector Norte, el Matadero en la zona Noroccidental, El Barrio San José y la Calle 3 en el Sur y Suroccidente, respectivamente.

Figura 1. Localización general del proyecto



Fuente: Secretaria De Planeación Municipal

Figura 2. Calle 3ra



Fuente: CONSTRUVANEX

2.4. METODOLOGÍA

Con base en los estudios y diseños iniciales presentados por Aguas de Manizales y con los levantamientos topográficos se procede a hacer los nuevos diseños de los alcantarillados.

Para el dimensionamiento de las estructuras se toman los parámetros establecidos en la RAS-2000.

2.4.1. ACTIVIDADES PREVIAS A LOS DISEÑOS

Para poder realizar los diseños se debe contar con la información de campo, la cual se obtiene mediante los levantamientos topográficos de las redes de alcantarillado, teniendo en cuenta que primero es necesario realizar una investigación exhaustiva de la información y planos existentes, efectuando un reconocimiento del terreno con el fin de evaluar todas las condiciones posibles. Las actividades que al respecto se adelantaron fueron las siguientes:

- Levantamientos planimétricos entre centros de pozos de inspección para determinar las longitudes de los tramos de colectores existentes.
- Levantamientos altimétricos en la totalidad de los pozos existentes, determinando cotas de fondo y de rasante de estos, así como también las cotas de batea y clave de cada una de las tuberías que entran y salen de estos.

Con base en la información obtenida en los levantamientos, se determinan las pendientes de la totalidad de los tramos de colectores existentes.

Los levantamientos fueron realizados con una estación total marca TOPCON y amarrados al sistema geodésico nacional, Nivel de precisión TOPCON AT G6 Y Transito PRINCE-C.

2.4.2. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

2.4.2.1. Población actual

La población actual en el Municipio de la Jagua de Ibirico, a septiembre de 2010, es de 22.829 habitantes con una población flotante (Inmigración, comercial e industrial) del 15 % para un consolidado poblacional de 26.850 habitantes. Dicha información fue facilitada por la Secretaría de Salud municipal y fue obtenida con base en un censo, para jornadas de vacunación, realizada en el transcurso del año en 2010 y para la carnetización del SISBEN.

La población actual en el corregimiento de La Palmita, a septiembre de 2008, es de 1900 habitantes. Dicha información fue facilitada por la Secretaría de Salud municipal y fue obtenida con base en un censo, para jornadas de vacunación, realizado en el transcurso del año en curso.

2.4.2.2. Análisis del comportamiento poblacional

Analizando los resultados de las tasas de crecimiento anual obtenidas, se observa que tanto para la zona rural del departamento del Cesar como para la del municipio de la Jagua de Ibirico para el período intercensal entre los años 1993 y 2005 se tienen tasas decrecientes del -0.57 y -6.62%.

Esta situación explicable si se considera que en esa época se presentó en la zona rural del departamento el fenómeno de violencia por el conflicto entre guerrilla y paramilitares, que ocasionó el desplazamiento significativo de la población que estaba asentada en la zona hacia la cabecera departamental.

En la actualidad este fenómeno ha disminuido ostensiblemente, además, con la explotación de las minas carboneras en la región se ha observado el regreso de población a la zona rural del municipio de La Jagua de Ibirico. Por tal razón, no se consideran representativas las tasas de crecimiento obtenidas, para el departamento y para el municipio, en el período 1993-2005.

Para la zona en mención mediante conteo de viviendas existentes se complementa la metodología sugerida por el RAS 2000 para tales casos.

Por tanto, para realizar las proyecciones de población se adoptó el promedio de estas tasas, que es del 2.0%, valor que se asemeja más al crecimiento poblacional nacional, del orden del 2.00% anual.

Para la zona rural del departamento, con base en esta información y aplicando el modelo exponencial, que se ajusta al crecimiento de este tipo de poblaciones, se determinaron las tasas de crecimiento intercensal.

En la Tabla 1. Tasa de crecimiento de la población rural del Cesar, se observan las poblaciones según los censos y las tasas intercensales obtenidas.

Tabla 1. Tasa de crecimiento de la población rural del Cesar

AÑO DEL CENSO	POBLACIÓN (HABITANTES)	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL
1973	155.898	
		3,71%
1985	241.453	
		1,44%
1993	270.615	
		-0,57%
2005	252.662	

Fuente: CONSTRUVANNEX

Por otra parte, de la misma página se obtuvo información censal de la población rural de La Jagua de Ibirico, correspondiente a los años 1993 y 2005.

En la Tabla 2. Tasa de crecimiento de la población rural de La Jagua, se observan las poblaciones según los censos y las tasas intercensales obtenidas.

Tabla 2. Tasa de crecimiento de la población rural de La Jagua

AÑO CENSO	POBLACIÓN (HABITANTES)	TASA DE CRECI- MIENTO ANUAL
1993	10.679	
		-6,62%
2005	4.692	

Fuente: CONSTRUVANNEX

Analizando los resultados de las tasas de crecimiento anual obtenidas, se observa que tanto para la zona rural del departamento del Cesar como para la del municipio de la Jagua de Ibirico para el período intercensal entre los años 1993 y 2005 se tienen tasas decrecientes del -0.57 y -6.62%.

Se consideran más ajustadas al crecimiento actual de la población rural de La Jagua de Ibirico, las tasas intercensales obtenidas para los periodos 1973-1985, 1985-1993 e incluso 1973-1993. Se observa que para los dos primeros períodos las tasas son respectivamente del 3.71 y 2.74%, mientras que con los datos censales para el período 1973-1993 se tiene una tasa de crecimiento del 1.52%.

Por tanto, para realizar las proyecciones de población del corregimiento de La Palmita, se adoptará el promedio de estas tres tasas, que es del 2.22%, valor que se asemeja más al crecimiento poblacional nacional, del orden del 2.00% anual.

2.4.2.3. Población de diseño

Para establecer la población de diseño se tuvo en cuenta la población actual del casco urbano mediante el conteo de viviendas, facilitada por la Secretaría de Salud municipal, de 26.850 habitantes y considerando la tasa de crecimiento geométrico anual adoptada, del 2.0%.

Se considerará en el proyecto que la población adicional del sector originará un aumento de su densificación poblacional, por tanto solo se contemplarán áreas de desarrollo futuro en algunas zonas perimetrales de la localidad.

Para establecer la población de diseño del Corregimiento de La Palmita, se tuvo en cuenta la población actual, facilitada por la Secretaría de Salud municipal, de 1900 habitantes y considerando la tasa de crecimiento geométrico anual adoptada, del 2.22%.

2.5. PARÁMETROS DE DISEÑO

2.5.1. DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL PROYECTO

De acuerdo con lo establecido en el RAS-2000, la determinación del nivel de complejidad del proyecto depende del tamaño de la población y de la capacidad económica de los usuarios

Tabla 3. Nivel de complejidad del proyecto

Nivel de complejidad del sistema	Población de la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios	Período de diseño (años)
Bajo	< 2,500	Baja	15
Medio	2,501 a 12,500	Baja	15
Medio alto	12,501 a 60,000	Media	20
Alto	> 60,000	Alta	25

Fuente: CONSTRUVANEX

Considerando la tabla anterior, se concluye que para el municipio de La Jagua de Ibirico se tiene un nivel de complejidad Medio Alto. Para el Corregimiento de La Palmita se obtiene un nivel de complejidad Medio.

2.5.2. PERIODO DE DISEÑO

Según la Tabla 3. Nivel de complejidad del proyecto, para nivel de complejidad Medio Alto, el periodo de diseño de las redes de recolección y evacuación de las aguas residuales es de 20 años. Para el nivel de complejidad Medio, el período de diseño es de 15 años.

Para colectores principales o emisarios finales el período de diseño debe ser de 25 años para cualquier nivel de complejidad del sistema.

Según la resolución No. 2320 del 27 de Noviembre de 2009, se modifica parcialmente la Resolución No. 1096 de 2000 en cuanto al nivel de complejidad se refiere (ver Tabla 4. Nivel de complejidad del proyecto (modificado)):

Tabla 4. Nivel de complejidad del proyecto (modificado)

Nivel de complejidad del sistema	Período de diseño Máximo (años)
Bajo, Medio y Medio Alto	25
Alto	30

Fuente: CONSTRUVANNEX

Por lo anotado en la tabla anterior, se concluye que el período de diseño tanto para La Jagua de Ibirico, como para La Palmita será de 25 años.

Para el municipio de La Jagua de Ibirico, se tiene la siguiente proyección, considerando un período de 25 años para el nivel de complejidad Medio Alto:

$$\begin{aligned}
 \text{Población futura} &= \text{Población actual} * (1+0.02)^{25} \\
 &= 26.850 * (1+0.02)^{25} = 44.050 \text{ habitantes}
 \end{aligned}$$

Para el Corregimiento de La Palmita, se tiene la siguiente proyección, considerando un período de 25 años para el nivel de complejidad Medio:

$$\begin{aligned} \text{Población futura} &= \text{Población actual} * (1+0.02)^{25} \\ &= 1.977 * (1+0.02)^{25} = 3.243 \text{ habitantes} \end{aligned}$$

2.5.3. DOTACIÓN

2.5.3.1. Dotación neta

Según la Tabla B.2.2 del RAS-2000, para el nivel de complejidad medio se tienen dotaciones netas que varían entre 120 y 175 l/hab.día.

Tabla 5. Dotación

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta mínima (L/Hab-día)	Dotación neta máxima (L/Hab-día)
Bajo	100	150
Medio	120	175
Medio alto	130	-
Alto	150	-

Fuente: CONSTRUVANNEX

Sin embargo, según la resolución No. 2320 del 27 de Noviembre de 2009, se modifican las dotaciones máximas netas de la siguiente manera:

Tabla 6. Dotación (modificada)

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para poblaciones con clima frío o templado (L/Hab-día)	Dotación neta máxima para poblaciones con clima cálido (L/Hab-día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: CONSTRUVANEX

Por lo anterior podemos obtener una dotación máxima para La Jagua de Ibirico de 135 L/Hab-día y para el Corregimiento de La Palmita de 125 L/Hab-día.

2.5.3.2. Dotación bruta

Es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante, considerando para su cálculo el porcentaje de pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

La dotación bruta se calcula con la siguiente ecuación:

$$d_{bruta} = d_{neta} / (1 - \%p)$$

Donde: d_{bruta} : dotación bruta

d_{neta} : dotación neta

$\%p$: pérdidas técnicas máximas admisibles

El porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles en la ecuación anterior no deberá superar el 25%.

Por lo tanto, para La Jagua de Ibirico, la Dotación Bruta será de:

$$d_{bruta} = 135 / (1 - 0.25) = 180 \text{ L/Hab-día}$$

Para el Corregimiento de La Palmita, la Dotación Bruta será de:

$$d_{bruta} = 125 / (1-0.25) = 167 \text{ L/Hab-día}$$

2.5.4. CAUDALES

2.5.4.1. Caudal de aguas residuales.

Inicialmente se determina la población correspondiente a cada tramo (P) multiplicando la densidad poblacional (D), expresada en hab./Ha, por el total del área aferente respectiva (Aa), expresada en Ha. Es decir:

$$P = D \cdot A_a$$

El caudal medio de aguas residuales de un tramo se estima con la fórmula:

$$Q_{medio} = P \cdot d_{bruta} \cdot R / 86400$$

En donde R es el coeficiente de retorno de aguas servidas domésticas al sistema de alcantarillado sanitario. Para el nivel de complejidad Medio Alto, el RAS-2000 establece que el valor del coeficiente de retorno debe estar entre 0.80 y 0.85, y para el nivel Medio, está entre 0.70 y 0.80. Se adoptará un valor de 0.80 para efectos de cálculo en el proyecto.

Para calcular el caudal máximo de aguas residuales se multiplica el caudal medio correspondiente por el coeficiente de mayoración (F), definido por la expresión según Harmon, válida para poblaciones entre 1,000 y 1'000,000 de habitantes. Esta ecuación tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. El valor del factor disminuye en la medida en que el número de habitantes considerado aumenta, pues el uso del agua se hace cada vez más heterogéneo y la red de colectores puede contribuir cada vez más a amortiguar los flujos. La expresión es la siguiente:

$$F = 1 + [14 / (4 + \sqrt{P})]$$

P es la población expresada en miles de habitantes. Por tanto:

$$Q_{\text{máx a.r.}} = F \cdot Q_{\text{medio.}}$$

2.5.4.2. Caudal industrial, comercial e institucional.

Teniendo en cuenta las características de la localidad de La Jagua de Ibirico, principalmente con viviendas para uso residencial, que las principales actividades de la población son agropecuarias y que los establecimientos comerciales son escasos debido al tamaño de la localidad, no se considerarán en el proyecto caudales industriales, comerciales e institucionales.

2.5.4.3. Caudal por conexiones erradas.

Para el cálculo del caudal por conexiones erradas se recomienda un aporte de 0.10 L/s-ha, de acuerdo con la Tabla D.3.6 de la RAS-2000 para un nivel de complejidad Medio Alto sin sistema pluvial, sin embargo, se adoptará un valor de 0.20 l/s/Ha para el Municipio de La Jagua y para el Corregimiento de La Palmita, teniendo en cuenta las condiciones críticas de la zona.

2.5.4.4. Caudal por infiltración.

Para todos los niveles de complejidad, con el fin de determinar el caudal por infiltración, la Tabla D.3.7 del RAS-2000 establece valores entre 0.05 y 0.20 l/s/Ha. Se adoptará en el proyecto un valor de 0.18 l/s/Ha.

2.5.4.5. Caudal de diseño.

El caudal de diseño será la sumatoria de los caudales de aguas residuales, conexiones erradas e infiltración. Por lo tanto:

$$Q_{\text{dis.}} = Q_{\text{máx. a.r.}} + Q_{\text{c.e.}} + Q_{\text{inf.}}$$

2.5.5. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING.

El sistema de colectores de aguas residuales se proyectará en tubería plástica. Por tanto el coeficiente de rugosidad de Manning a emplear, de acuerdo con el RAS-2000, será de 0.009.

2.5.6. DIÁMETRO MÍNIMO DE COLECTORES.

El diámetro mínimo de los colectores a proyectar será de 200 mm (8 pulgadas), de acuerdo con el RAS-2000.

2.5.7. VELOCIDADES.

De acuerdo con el RAS-2000 la velocidad real mínima, que garantice el arrastre de sólidos en los colectores, será de 0.45 m/s; la velocidad real máxima será de 5.00 m/s.

2.5.8. PENDIENTES.

Para cada diámetro, las pendientes máximas y mínimas de los colectores estarán determinadas respectivamente por las velocidades reales máxima y mínima, de acuerdo con la fórmula de Manning.

2.5.9. PROFUNDIDAD HIDRÁULICA MÁXIMA.

La máxima relación entre la altura de la lámina de agua y el diámetro del colector (y/D), oscilará entre 0.70 y 0.85.

2.5.10. PROFUNDIDAD MÍNIMA DE COLECTORES.

La profundidad mínima de los colectores a cota clave será de 0.90 m, considerando que las vías de la urbanización no tendrán un tráfico vehicular considerable y que dicho valor es superior al recomendado por fabricantes de tubería plástica (0.90 m).

2.5.11. **CÁMARAS DE CAÍDA.**

Solo se proyectarán cámaras de caída cuando un colector llegue a un pozo de inspección con una altura mayor de 0.75 m con respecto a la cota de batea del colector de salida.

2.5.12. **POZOS DE INSPECCIÓN.**

El diámetro interior de los pozos de inspección será de 1.20 m. La distancia máxima entre los pozos de inspección será de 120 m.

2.5.13. **CAUDAL MÍNIMO DE DISEÑO.**

Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1.5 l/s, se adopta este valor como caudal de diseño.

DISEÑOS DEFINITIVOS.

2.5.14. DESCRIPCIÓN GENERAL.

El diseño para la optimización del sistema de alcantarillado sanitario del Municipio de La Jagua de Ibirico, comprende los siguientes aspectos:

Diseño de los colectores, en tubería PVC, Tipo Novafort de 57 PSI con los correspondientes pozos de inspección.

Dadas las condiciones topográficas, el sistema funcionará totalmente por gravedad, ya que los colectores recogerán las aguas residuales y la transportarán hasta el emisario final.

2.5.15. DISEÑO DEL SISTEMA.

2.5.15.1. Colectores.

El diseño de los colectores se realizó teniendo en cuenta los parámetros definidos en el Numeral 2.5 (parámetros de diseño).

Los cálculos fueron ejecutados mediante el empleo de una hoja electrónica en Excel diseñada por PAVCO, S.A. La cual generó los siguientes resultados:

➤ **Calle 3ra:**

El área tributaria total considerada en el proyecto fue de 22 Ha, se consideraron 6 habitantes por vivienda y 25 viviendas por hectárea. Entonces, la población total es de 3,300 habitantes. Con estos datos y los parámetros de diseños definidos se tiene un caudal de diseño para el tramo inicial del colector principal de 1.96 l/s, que se obtuvo de la siguiente manera:

- Caudal medio de aguas residuales: $Q_{\text{medio}} = 0.50 \text{ l/s}$
- Coeficiente de mayoración (Harmon): $F = 2.40$

- Caudal máximo de aguas residuales: $Q_{\text{máx a.r.}} = 1.20 \text{ l/s}$
- Caudal por conexiones erradas: $Q_{\text{c.e.}} = 0.40 \text{ l/s}$
- Caudal por infiltración: $Q_{\text{inf.}} = 0.36 \text{ l/s}$
- Caudal de diseño para el colector final: $Q_{\text{dis.}} = 1.96 \text{ l/s}$

De manera similar se realizó el cálculo para la totalidad de colectores teniendo en cuenta su área aferente respectiva.

La longitud total de los colectores diseñados es de 1254.4 m, en tubería PVC para aguas residuales unión mecánica, desglosada de la siguiente manera:

- De 20" de diámetro: 509 ml
- De 1" de diámetro: 745 ml

Además del suministro e instalación de la tubería antes mencionada, el diseño comprende lo siguiente:

- Construcción de 16 pozos de inspección en concreto, con diámetro interior de 1.20 m.

4. RESIDENTE DE OBRA Y AUXILIAR DE INGENIERÍA

3.1. GENERALIDADES

Una obra de construcción necesita una supervisión constante y permanente, el residente debe estar en condiciones de dirigir, controlar, administrar, gestionar y buscar soluciones a los problemas que se presenten. Para un ingeniero residente llegar a obtener estas buenas condiciones requiere experiencia y dedicación para adquirir y mejorar estas condiciones.

Este libro ayudara al residente a adquirir y mejorar estas cualidades, para que para que en la obra no tenga tantos inconvenientes como pasa normalmente cuando se cuenta con poca experiencia.

Hacer una práctica empresarial aporta mucho al estudiante, pues allí puede intercambiar conocimientos y aprender mucho de los maestros, directores de obra, diseñadores, etc.

3.2. DIRIGENTES DE OBRA

En una obra de cierta magnitud intervienen muchas personas, contratistas, interventores, directores de obra, decena de obreros, maestros, y otros operarios.

Coordinar sus esfuerzos para la realización de la obra en tiempo, costo y calidad es tarea compleja, que se emprende en equipo con una autoridad principal.

No hay manera única de dirigir una obra, cada obra asume una modalidad particular en su administración.

El principal dirigente de una obra es el propietario.

Después del propietario le sigue el director de obra, que es el profesional responsable de la realización del proyecto.

El director de obra es el jefe inmediato del residente de obra, quien es el responsable de definir detalles importantes de construcción, el manejo de los recursos económicos con los que se cuenta y llega a un acuerdo con y coordina los esfuerzos y las opiniones de los contratistas de todas las actividades que son necesarias para el avance de la obra.

Los contratistas son personas o empresas que han hecho una propuesta o ganado un concurso y firmado un contrato donde especifican las características de su participación y pago.

Para un control de colectivo se realizan comités de obra, donde intervienen el director del proyecto, los residentes, el contratista. Allí ellos toman decisiones sobre la obra y esto queda plasmado en un acta de comité.

3.3. EL RESIDENTE DE OBRA

3.3.1. PERFIL DEL RESIDENTE DE OBRA:

El residente debe ser un profesional de la ingeniería civil o arquitectura, con matrícula profesional, experimentado, que haya participado en la construcción, que sepa dominar las especificaciones técnicas, que tenga criterio para tomar decisiones y corregir fallas, y sobre todo que tenga autoridad para hacer cumplir el contrato.

Las labores de un residente de obra es controlar la ejecución de la obra, conocer los convenios que se hicieron con el contratista cuidando que se cumplan las especificaciones y vigilando que se construya con calidad, en los plazos y costos convenidos.

La residencia de obra en la mayoría de casos es una de las primeras actividades que se desempeña, aunque es bueno que esta labor sea ejercida por una persona con experiencia de no ser así está en desventaja con los contratistas, más experimentados y mañosos.

También debe distinguir claramente lo importante de lo secundario, lo urgente de lo que puede esperar, así como diferenciar lo dispensable de lo conveniente.

3.3.2. FUNCIONES DEL RESIDENTE DE OBRA

Las funciones de un ingeniero residente en el campo de los alcantarillados son:

- Tener los documentos que deben estar en la obra, en orden y actualizados, como: planos, bitácora, formatos.
- Vigilar la ejecución correcta de construcción de acuerdo a los planos y las especificaciones.
- Ordenar los ensayos y pruebas de resistencia de los materiales que hayan sido requeridos.
- Participar en juntas de obra.
- Exigir que se cumpla el cronograma de actividades, y si ocurre algún imprevisto que genere retraso dar solución a este.

- Llevar la bitácora de la obra.
- Realizar cortes de obra a los contratistas, midiendo las obras ejecutadas y autorizando el pago.
- Controlar el personal, de la hora de entrada y salida, como de las ausencias de estos.
- Hacer informes periódicos al director de obra.
- Velar por el buen desarrollo de la obra, el proceso constructivo y su funcionamiento.
- Calcular cantidades de obra por medio de planos y verificando en el sitio.
- Elaborar actas de vecindad y actas de cobro.
- Realizar órdenes de suspensión de la obra.
- Establecer y coordinar la seguridad industrial en la obra.
- Vigilar el funcionamiento de la maquinaria y el rendimiento de los equipos utilizados en la obra.

3.4. PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA OBRA

3.4.1. TÉCNICOS:

Como en cualquier actividad vemos que surgen problemas e inconvenientes, en los alcantarillados no es la excepción, normalmente esto ocurre por cuestión de los planos y las especificaciones.

También en la etapa de ejecución de la obra surgen problemas por cuestiones de mala comunicación, lo que hace que la información varíe y se cometan errores, también cambio de definiciones a último momento o porque los trabajadores no son los más indicados y no logran hacer su trabajo bien, por hacer todo simple y lo más rápido posible.

Otro aspecto importante es la calidad de materiales, a veces por querer ahorrar en materiales se termina cometiendo errores que finalmente salen más caros.

3.4.2. ADMINISTRATIVOS

Uno de los problemas más frecuentes es cuando se presentan fallas en la administración, por ejemplo fallas al hacer los pedidos de material y demoras en el suministro de material a la obra. Una dificultad enorme se presenta cuando los fondos de la obra no son suficientes para los pagos de los proveedores, contratista y personal. Estos problemas generan un retraso en la obra que después tiene que tratar de compensarse y esto genera una mala calidad en toda la obra, pues al tratar de hacer esto rápido los trabajos no son hechos con una buena calidad.

Otra clase de problemas presentados frecuentemente en las obras son los accidentes que ocurren por no tomar precauciones necesarias y uso incorrecto de elementos de protección personal.

3.5. DOCUMENTOS DE OBRA

A continuación se presentan los documentos que un residente debe manejar perfectamente en obra, entender cada uno, para cuando algún inconveniente se presente poder solucionarlo de la mejor manera.

3.5.1. PLANOS

Los planos son la representación gráfica de los diseños, ubicación y dimensiones de lo que vamos a materializar en la obra, los planos más comunes en una construcción de alcantarillados son:

- Alcantarillados sanitario y pluvial
- Redes hidráulicas
- Redes de distribución de gas
- Vías de transporte

3.5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas son los documentos donde se definen las normas, exigencias en cuanto a materiales y equipos, y parámetros que deben aplicarse en los diferentes procesos constructivos.

3.5.3. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICO

El levantamiento topográfico es la representación grafica, que contempla los aspectos de altimetría y planimetría, para la perfecta ubicación de las estructuras.

En la construcción de alcantarillados es fundamental la labor del topógrafo, pues las pendientes deben ser muy precisas para llegar al éxito, y también en las excavaciones para hallar los volúmenes de tierra removida.

3.5.4. PROGRAMACIÓN DE LA OBRA

La programación de la obra es un documento o grafica donde se especifica la fecha de iniciación y terminación de la obra, con los tiempos que comprende cada actividad, así el residente debe estar pendiente de cada tiempo y no permitir retrasos en estos. Cuando por motivos mayores se presenten retrasos en la obra el residente debe modificar la programación, como ocurre con la construcción de alcantarillados normalmente en la temporada de invierno.

3.5.5. BITÁCORA DE OBRA

La bitácora es una herramienta para el control de procesos constructivos, en el cual se anotan diariamente los sucesos relacionados con la ejecución de la obra.

La bitácora debe contar con una hoja de apertura donde deben anotarse los datos del contrato, nombre y cargo de los profesionales autorizados para intervenir en ella.

Además de eso todos los días deben anotarse por el residente e interventor los siguientes aspectos:

- Estado del tiempo.
- Personal laborando.
- Estado del equipo.
- Suministro de materiales.
- Inicio de cada una de las fases de la obra.
- Condiciones de seguridad.
- Accidentes presentados en la obra.
- Ordenes de corrección a defectos de la obra.
- Modificación a planos, especificaciones o a la programación.

3.6. INSPECCIÓN DE OBRA

Es necesario supervisar la obra cuando se esté dando comienzo, para evidenciar una falla en la ejecución, se pueda corregir a tiempo ya que es común que los maestros busquen la facilidad que la calidad, ahí es donde el residente de obra debe estar atento a corregir estos errores, y orientar a sus trabajadores para que hagan bien su trabajo y no salirse de las especificaciones.

Es importante revisar que cada una de las tareas se ejecute en el lugar correcto con la calidad indicada en las especificaciones de los materiales, y para eso es necesario que al llegar los materiales a la obra el residente los revise muy bien y que la descarga se haga de manera correcta. Los materiales que no cumplan con las especificaciones o estén en malas condiciones hay que devolverlos, el sitio de almacenamiento es muy importante, para que los materiales no sufran algún cambio.

En caso de que no se haya detectado alguna falla, el residente deberá saber hasta qué punto se podría reparar o si es mejor rechazar el trabajo y ordenar su nueva construcción, en caso de que la calidad, estabilidad, funcionamiento, apariencia no cumpla con la expectativa. Si se presenta este caso se debe buscar la forma corregir estos errores sin afectar la programación de la obra y sus costos.

El residente de obra debe tener bien claro en qué momento se puede iniciar la actividad para tener listo todo lo necesario para la ejecución, debe asegurarse

que la obra reúna las condiciones necesarias y suficientes para que comience la labor sin contratiempos, para ello se debe tener la programación a mano y hacer actas de iniciación correspondientes para que quede constancia que el contratista tiene la pista necesaria y puede exigirle que cumpla con el tiempo de entrega acordado por las partes. Al finalizar una actividad el residente debe recibir a satisfacción y al igual dejar todo por escrito por medio de actas.

3.7. ACTAS

En las obras se manejan varios tipos de actas, a continuación veremos las más comunes para el desarrollo de obras de construcción:

3.7.1. ACTA DE INICIO

Documento donde intervine el contratista y la interventoría, en el cual se deja constancia del inicio del contrato, fecha en que empezara a contar el tiempo para la entrega de la obra, según lo pactado.

3.7.2. ACTA DE VECINDAD

Este documento se hace antes de empezar a efectuar la obra, se registra el estado actual de cada uno de los predios ubicados en el área de influencia del proyecto, con el fin de corregir problemas a los predios si se llegasen a presentar con el desarrollo de la obra. Debe ir firmado por el residente el interventor y el dueño del predio.

3.7.3. ACTA DE REUNIÓN

Es necesario realizar periódicamente una reunión en donde se cuente con la participación del contratista y el interventor, para revisar el avance de la obra y hacerle de esta manera un buen seguimiento a la misma.

3.7.4. ACTA DE OBRA NO PACTADA

Documento donde se registra los bienes o servicios que no fueron pactados en el contrato y deben incluirse para el cumplimiento del mismo.

3.7.5. ACTA DE PAGO PARCIAL

Documento donde se registran las cantidades y el pago de las actividades ejecutadas en un determinado periodo.

3.7.6. ACTA DE SUSPENSIÓN

Cuando ocurre un hecho extraordinario y no se pueda seguir ejecutando la obra, es necesario levantar un acta donde se registre el motivo y el plazo de la suspensión.

3.7.7. ACTA DE REINICIO

Cuando se haya superado el motivo de la suspensión de la obra, se elabora un acta donde se indique la continuidad de esta.

3.7.8. ACTA DE RECIBO FINAL

En esta acta, el interventor y el contratista expresan el cumplimiento del contrato y registran las cantidades de obra.

3.8. INFORMES PERIÓDICOS

El residente debe presentar informes periódicos del manejo de materiales más representativo, tales como la tubería, el cemento, el ladrillo, y también de la maquinaria como la retroexcavadora, bobcat, vibrocompactador y otros.

Para ello se debe tener una cantidad teórica del material que se va a usar, que se saca de mediante planos y sus rendimientos, con esto se lleva un buen control de material para evitar el desperdicio y mal manejo de material.

3.9. EJECUCIÓN Y SUPERVISIÓN DE OBRA

La correcta ejecución de la obra implica garantizar que se construya conforme a los planos y especificaciones técnicas. Para lograr esto se requiere de una muy buena supervisión, razón por la cual que se hizo este manual para ver lo más representativo en la construcción de alcantarillados y lo que requiere mayor supervisión.

3.10. LABORES REALIZADAS COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA

Durante el desarrollo de la práctica empresarial, que duro 4 meses las labores más destacadas fueron las siguientes:

3.10.1. REALIZAR ACTAS DE VECINDAD

En compañía del residente de interventoría se realizaron las actas de vecindad para identificar el estado de las viviendas y demás predios que pueda afectar la obra, antes de empezar la obra en dicho sector. Durante la visita se toman fotos de las fallas que se ven en las viviendas, como: grietas en las paredes y pisos, estado del techo, antejardines. Esto se hace por si se presenta algún daño por la ejecución de la obra, reparar solo lo que se dañó a causa de la obra y nada más.

En la siguiente figura podemos observar el estado en el que se encuentra un andén, por la calzada se hicieron las zanjas para la tubería del alcantarillado, entonces se toma la foto y se llena el acta para que luego la comunidad no pueda decir que por la ejecución de la obra se dañó este andén.

Figura 3. Anden en mal estado



Fuente: CONSTRUVANEX

3.10.2. **REVISIÓN Y SEGUIMIENTO A LA OBRA:**

En las actividades más importantes de la obra como: excavaciones, instalación de tubería, construcción de pozos, rellenos y compactación, reposición de pavimento se hacía un constante seguimiento en compañía del residente para verificar que los procesos constructivos se estuvieran haciendo correctamente, y para aprender de estos procesos.

3.10.3. **CALIDAD:**

La empresa como contratista debía llevar diferentes formatos en donde se verifica la calidad de los procesos y el material entregado en la obra.

Se llevaba el avance diario de la obra en donde se especifica los ensayos realizados durante el día y las inspecciones.

3.10.4. **SEGURIDAD**

La seguridad en la obra es lo primero que se debe tener en cuenta, para esto tenía que estar pendiente que los obreros tuvieran sus materiales de protección y seguridad en todo momento, que las señalizaciones fueran las adecuadas y que se utilizara la maquinaria correctamente.

3.10.5. **CANTIDADES DE OBRA Y ACTAS DE COBRO:**

La función era revisar los planos del alcantarillado y sacar las cantidades de obra, como: tubería, ladrillos T1, cemento, arena, triturado, acero. Materiales para utilizar en la construcción de pozos de inspección, cajillas de inspección y losas de pavimento.

***CAPITULO 2: ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE ASESORÍA PARA
INGENIEROS PRINCIPIANTES EN LA CONSTRUCCIÓN DE
ALCANTARILLADOS.***

GENERALIDADES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

En este capítulo vamos a ver los pasos a seguir para la construcción de un alcantarillado, pues un ingeniero residente debe tener muy claro lo que va a hacer, para cuando vaya a la obra no llevarse sorpresas y estar bien preparado para ejecutar el proyecto.

En obra ponemos a prueba los conocimientos adquiridos en la universidad, y aplicar estos de la mejor forma nos da la tranquilidad de hacer las cosas bien, en este capítulo veremos los pasos más importantes para la ejecución de un alcantarillado explicando cada uno y mostrando fotos para entender más fácil el proceso.

A continuación presento los pasos para la ejecución de un alcantarillado sistema sanitario convencional que fue el ejecutado y analizado en esta práctica empresarial:

1. Conocer muy bien el diseño del alcantarillado, las normas básicas de seguridad y la norma RAS 2000 que es la que se aplica para diseños de alcantarillados.
2. Preliminares.
 - 2.1. Localización y replanteo.
 - 2.2. Demolición de pavimento, sardineles y pozos de inspección.
3. Excavaciones.
 - 3.1. Excavación manual para domiciliarias
 - 3.2. Excavación mecánica material común, con una altura menor a 5m
 - 3.3. Excavación mecánica con terraceo en material común, para alturas entre 5 y 10m.
 - 3.4. Relleno en material granular para dar soporte a la tubería.
 - 3.5. Transporte material sobrante.
 - 3.6. Manejo de aguas.
4. Instalación de tubería
 - 4.1. Desmonte de tubería existente.
 - 4.2. Suministro e instalación de tubería PVC.

5. Estructuras complementarias.
 - 5.1. Construcción de pozos de inspección.
 - 5.2. Construcción de cajas de inspección.
 - 5.3. Construcción de cámaras de caída.
 - 5.4. Acometidas domiciliarias.
6. Relleno y compactación.
7. Reposiciones y obras de urbanismo.
 - 7.1. Conformación y compactación de la subrasante.
 - 7.2. Conformación de la base granular para pavimento.
 - 7.3. Aplicación de pavimento rígido.
 - 7.4. Construcción de andenes y sardineles.
 - 7.5. Aseo y limpieza.

1. CONOCER MUY BIEN EL DISEÑO DEL ALCANTARILLADO, LAS NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD Y LA NORMA RAS 2000

En el capítulo 1 numeral 2 (presentación de la obra), vimos el diseño de este alcantarillado basado en la norma RAS 2000. Es importante tener todos estos datos presentes, para cuando estemos ejecutando la obra aplicar todo esto con la convicción que está bien y así agilizar más el proceso constructivo de la obra.

1.1 NORMAS BÁSICAS DE SEGURIDAD:

Estas normas es muy importante tenerlas y aplicarlas desde el momento que empieza la obra, pues si no se presentaran problemas que podrían salir muy costosos para el contratista. El residente debe velar por el cumplimiento estricto de estas medidas.

Dentro de las normas más importantes de seguridad están:

- **BOTIQUÍN DE PRIMEROS AUXILIOS:** La obra deberá contar con botiquines suficientes que contengan los elementos necesarios para atender primeros auxilios. El residente de obra deberá estar responsabilizado por la utilización y dotación de ellos. Todo el personal de obra deberá tener conocimientos sobre los riesgos de cada oficio y sobre la manera de auxiliar oportunamente a cualquier accidentado. Deberá disponerse en el sitio de las obras de camillas que permitan el transporte de lesionados y mantener una comunicación.
- **ZONA DE TRABAJO:** Durante el desarrollo de los trabajos, el Residente deberá velar por que la zona de trabajo se mantenga en perfecto estado de limpieza y sus alrededores, retirará diariamente las basuras, desperdicios y sobrantes de material, de manera que no aparezca en ningún momento una acumulación de éstos. En cuanto sea posible se separarán las áreas de trabajo de las de tránsito.
- **SEÑALIZACIÓN:** Durante la ejecución de la obra, el Residente estar pendiente de la colocación de las señales de prevención: avisos de peligro en las horas diurnas y luces rojas o reflectivas en horas

nocturnas. Ningún trabajo de excavación de zanjas podrá ejecutarse sin que se hayan colocado señales visibles de peligro.

- **HERRAMIENTAS:** Antes de usar las herramientas, el residente de la obra deberá verificarse su estado. No podrán utilizarse herramientas en mal estado o diseñadas para un trabajo diferente. Las picas, palas, barras y demás herramientas no deben tener mangos defectuosos o mal acabados. No se aceptarán muelas, cinceles, punzones, picas y demás cuyas cabezas tengan imperfectos en sus acabados.
- **EQUIPOS:** Solo personal debidamente calificado y autorizado podrá operar las máquinas que la obra requiera. Todo equipo mecánico deberá inspeccionarse periódicamente. Las escaleras, pasarelas y cualquier otro lugar elevado o a orillas de las excavaciones que sirvan de acceso al personal, deberán estar protegidos por barandillas o pasamanos rígidos, resistentes y robustos. Dichas barandillas o pasamanos deberán ser pintados de amarillo.
- **CASCO DE SEGURIDAD:** Toda persona deberá estar permanentemente provista de un casco de seguridad para poder trabajar, visitar o inspeccionar los frentes de trabajo. Dicho casco deberá ser de material plástico de suficiente resistencia para garantizar una protección efectiva. todo el personal empleado, excepto los profesionales estará con una camisa de color uniforme, pantalón adecuado y zapatos de trabajo.
- **TRANSPORTES:** El transporte personal y material de la obra deberá hacerse en vehículos debidamente acondicionados para tal labor. El personal destinado al movimiento de estructuras metálicas, vigas o elementos prefabricados estará provisto de guantes, delantal, calzado de seguridad y palancas adecuadas.
- **DEMOLICIONES:** El residente de obra deberá tener en cuenta que la demolición deberá regarse periódicamente con agua para reducir al mínimo el polvo y sus molestias y perjuicios, se evitará ensuciar paredes adyacentes, andenes, se retirarán los sobrantes en forma inmediata y se instalarán avisos de seguridad. Para las demoliciones se exigirá el uso

de casco de seguridad y el uso del calzado de seguridad en todo momento. Para operaciones con mucho polvo, se exigirá protección respiratoria y anteojos protectores. Se demolerá todo aquello que haya quedado en peligro y que pueda caer posteriormente por diversas razones.

Figura 4. Personal laborando con los implementos de seguridad



Fuente: CONSTRUVANEX

2. PRELIMINARES

Antes de empezar las obras debemos tener en cuenta otros procesos que se estén haciendo simultáneamente, con el objeto de evitar problemas de interferencias o de contingencias que puedan afectar el normal desarrollo de los trabajos.

Este proceso comprende todas las actividades iniciales o preparativas necesarias para la ejecución de las obras del proyecto, tales como demoliciones, campamentos, almacén, oficinas, cerramientos, instalaciones provisionales de servicios, limpieza y descapote del terreno y la localización de las obras.

2.1 LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO

Es la base del proyecto de tal manera que debe hacerse perfecta, están incluidos los trabajos como localizar, medir, nivelar, trochar, llevar las carteras de campo, hacer las modificaciones a los planos originales y la elaboración de esquemas parciales y planos definitivos de construcción, estos trabajos son realizados por una comisión topográfica. La localización del proyecto se apoyará en los sistemas altimétricos y planimétricos.

El error de cierre en centímetros para la nivelación no debe ser superior a la raíz cuadrada de la longitud de la línea de nivel, expresando dicha longitud en kilómetros. El residente de la obra deberá verificar que los elementos utilizados estén en perfectas condiciones y que el personal de trabajo sea altamente calificado para esta misión.

Figura 5. Localización de las obras



Fuente: CONSTRUVANEX

2.2 SEÑALIZACIÓN

Al iniciar la obra es necesaria la instalación y conservación de las señalizaciones para aislar la obra e informar a la comunidad sobre los peligros

del trabajo que se realizará, como medida de precaución contra accidentes por las obras que se estarán adelantando.

Se deberán aislar todas las zanjas que resulten del proceso constructivo del alcantarillado sin importar que se localicen en zonas urbanizadas, en zonas despejadas o a campo abierto.

Esto se realizará suministrando, instalando y manteniendo señalización continua para producir un encerramiento provisional hasta la finalización del proyecto o cuando se considere un tramo ejecutado seguro, previniendo de esta manera accidentes a las personas y los animales.

Los elementos más utilizados para estas señalizaciones son cinta de precaución, vallas informativas, señales de tránsito, colombinas y todos aquellos materiales necesarios para una buena información a la comunidad.

Figura 6. Señalización de las obras



Fuente: CONSTRUVANEX

2.3 DEMOLICIÓN DE PAVIMENTO FLEXIBLE, PAVIMENTO RÍGIDO Y ANDENES.

Para iniciar las labores de construcción de alcantarillados muchas veces es necesario efectuar la rotura de pavimentos flexibles, rígidos, andenes y escaleras de concreto en los lugares donde sea necesario, con el fin de permitir

efectuar excavaciones para la construcción de colectores o de otras estructuras para el alcantarillado, de acuerdo con los alineamientos consignados en los planos.

En el alcantarillado de la CALLE 3 del municipio de la Jagua fue necesario demoler solo un carril de la calzada, pues el alcantarillado se hizo en este carril. La rotura de las estructuras asfálticas o de concreto rígido deberá realizarse por medios mecánicos que no causen destrozos al resto de la calle.

El ancho de la zona por romper no podrá ser mayor del ancho máximo fijado en los planos para las excavaciones de acuerdo con el tamaño de los tubos.

El espesor a demoler se refiere al espesor del hormigón asfáltico o de concreto respectivamente, incluyendo también el desmonte de la capa de base y sub base en caso de que exista, hasta llegar a la sub rasante.

Los materiales de desperdicio, provenientes de estos trabajos, deberán ser dispuestos en las zonas de botadero, paralelamente al avance de dichos trabajos.

En la figura podemos ver la demolición con un BOB CAT solo en un carril, pues por allí es por donde va a ser construido el alcantarillado.

Figura 7. Demolición de andenes



Fuente: CONSTRUVANEX

2.4 DEMOLICIÓN DE SARDINELES Y POZOS EXISTENTES

Estos trabajos consisten en la realización de todas las operaciones para remover sardineles en donde sea necesario, con el fin de permitir las excavaciones para la construcción de colectores, conexiones domiciliarias o de otras estructuras para el alcantarillado, de acuerdo con los alineamientos consignados en los planos.

Los pozos de inspección existentes deben demolerse cuando en aquellos lugares es necesario efectuar excavaciones o para la construcción de pozos nuevos para el alcantarillado.

La rotura de sardineles y pozos existentes podrá hacerse por medios manuales o mecánicos que no causen destrozos a las estructuras adyacentes.

3. EXCAVACIONES

Después de haber finalizado la demolición del pavimento flexible o rígido, se empieza con el proceso de excavación para luego hacer la instalación de la tubería del colector secundario.

Las zanjas deberán excavarse a lo largo de los alineamientos, según las secciones, pendientes y rasantes que se indiquen en los planos además deberán ser lo suficientemente anchas para permitir a un hombre trabajar en condiciones de seguridad.

Las excavaciones de zanjas para alcantarillado no deben llevarse más allá de 50 metros del punto en donde se haya construido el colector.

Tanto la excavación de zanja como el relleno deben estar de acuerdo con la norma ASTM 2321.

- **Disposición de los materiales**

Cuando el material de las excavaciones es apto para utilizarlo en rellenos, deberá colocarse lateralmente a las excavaciones o en sitios previamente determinados para formar bancos de almacenamiento o en el propio lugar en que vayan a ser utilizados.

- **Profundidad de excavación**

Esta profundidad la determina la cota de la batea, que viene dada en los planos y características del diseño.

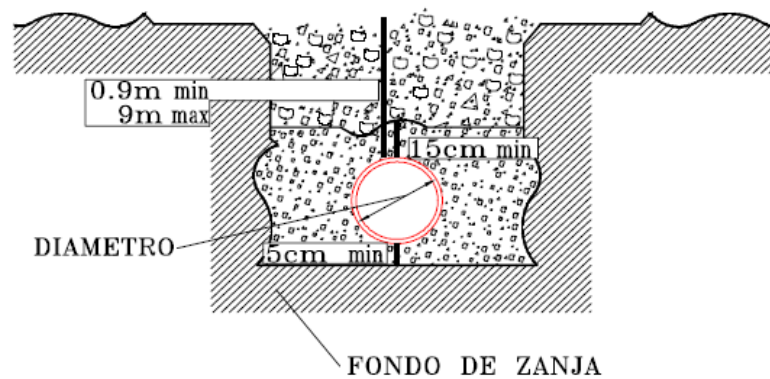
Es recomendable excavar un poco más de lo especificado para rasantear el fondo de la zanja de acuerdo a la pendiente.

Un fondo de zanja inestable debe ser estabilizado a criterio del ingeniero. Se recomienda colocar material de fundación (pétreo grueso) en capas compactadas de 15 cm y sobre este la capa de encamado de material fino.

Las excavaciones a máquina deben llevarse hasta una profundidad máxima de 0.10 metros por encima de la cota de excavación final, para permitir la terminación de la zanja a mano hasta el nivel especificado de cimentación.

En el caso de encontrarse roca en el fondo de cimentación, ésta debe excavar mínimo 0.20 metros por debajo de la superficie de apoyo inferior de las tuberías prefabricadas.

Figura 8. Excavación y relleno en zanja que contiene tubería



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

- **Ancho de excavación para zanjas**

El ancho de excavación para las zanjas será siempre igual al especificado en los planos para cada diámetro. La tolerancia nunca debe ser mayor de $\pm 5\%$ del ancho especificado en los planos. En el caso de excavaciones de zanjas no previstas en los planos, se adoptará un ancho igual al diámetro exterior de la tubería más 0.40 m.

- **Taludes en las zanjas**

En general, los taludes de las zanjas serán verticales para tuberías. Cuando se presenten indicios de inestabilidad o por conveniencias de construcción sea necesario tender los taludes de las zanjas, se tendrá en cuenta lo siguiente:

Los taludes de las zanjas podrán ser más suaves que el vertical desde 30 cm por encima de la cota clave del tubo, siempre y cuando no se afecte la estabilidad de las edificaciones vecinas, ni se intercepten servicios públicos.

Sin embargo, la zanja deberá ser rigurosamente vertical entre el fondo de cimentación y la altura correspondiente a la clave de los tubos, más 30 cm, en todos los casos.

3.1. EXCAVACIÓN MANUAL PARA DOMICILIARIAS, CON $H < 2M$

Esta excavación se realiza desde la caja de inspección hasta la zanja del colector secundario, con el fin de instalar la tubería domiciliaria que lleva las aguas sanitarias de las casas hacia el colector, la profundidad de esta excavación va variando debido a la pendiente de la tubería.

Las siguientes indicaciones deben seguirse a la hora de realizar este tipo de excavación:

- Las operaciones de excavación se harán respetando todas las dimensiones indicadas en los planos.
- Las excavaciones para cimentaciones deben llevarse hasta obtener un piso de cimentación que satisfaga al interventor, aunque el nivel así obtenido sea inferior al indicado en los planos.
- El Contratista debe tomar todas las precauciones necesarias para controlar la estabilidad de los taludes de excavación así como de los terrenos vecinos.

Figura 9. Excavación manual



Fuente: CONSTRUVANEX

3.2. EXCAVACIÓN MECÁNICA EN MATERIAL COMÚN, CON $H < 5M$

Este es el tipo de excavación más usado en los alcantarillados, en esta actividad de excavación para zanjas de alcantarillado se utiliza maquinaria pesada generalmente retroexcavadoras en profundidades máximas de 5 m realizadas con una sección homogénea, sin terrazas o escalonamiento laterales.

A continuación se presentan recomendaciones para aplicarlas y obtener un buen resultado en excavaciones de este tipo:

Las zanjas deberán excavar a lo largo de los alineamientos y según las secciones y rasantes que se indiquen en los planos.

Cuando la zanja a excavar tenga una profundidad menor a igual 3.50 m, se utilizara un ancho de zanja igual al diámetro del tubo más 40 centímetros.

Si la profundidad de la zanja está entre 3.50 y 5 metros, el ancho de zanja mínimo será de 1.50 m, lo anterior en consideración al riesgo del personal que trabajará posteriormente en el fondo de las zanjas.

Lo anterior no implica que la zanja tendrá un ancho variable, pues el ancho de zanja anteriormente establecido se aplicará uniformemente desde la rasante hasta el fondo de la misma, en una sola sección.

La apertura de excavaciones de zanjas para alcantarillado no debe llevarse más allá de 100 metros medidos desde su punto de inicio o desde donde haya quedado construido el anterior tramo de colector.

Las operaciones de excavación se harán respetando en un todo las dimensiones indicadas en los planos.

El residente de obra debe tomar todas las precauciones necesarias para controlar la estabilidad de los taludes de excavación así como de los terrenos vecinos, es decir, dentro de esta actividad deberán incluirse los entibados, con las particularidades descritas al inicio del presente capítulo.

Figura 10. Excavación mecánica



Fuente: CONSTRUVANEX

3.3. EXCAVACIÓN MECÁNICA CON TERRACEO EN MATERIAL COMÚN $5 < H \leq 10$ M

Es un tipo de excavación particular pues no se presenta frecuentemente en los alcantarillados, se utiliza terraceo para evitar la erosión del talud debido a la gran altura de la zanja, la actividad de excavación mecánica para zanjas profundas de alcantarillado utiliza maquinaria pesada que son generalmente retroexcavadoras.

Las zanjas deberán excavarse a lo largo de los alineamientos y según las secciones y rasantes que se indiquen en los planos.

Cuando la zanja a excavar tenga una profundidad total entre 5 y 10 metros, se iniciará la excavación con un ancho de zanja "B" igual al diámetro del tubo mas 2.40 m, la cual se profundizará hasta la mitad de la altura total ($H/2$). En $H/2$ la zanja se reducirá a un ancho "B" igual al diámetro del tubo mas 0.40 m hasta alcanzar la cota de cimentación del tubo o estructura que se alojará en el fondo.

Cuando la zanja a excavar tenga una profundidad total mayor a 10 metros, se iniciará la excavación con un ancho de zanja "B" igual al diámetro del tubo mas 4.40 m, la cual se profundizará hasta un tercio de la altura total ($H/3$). En $H/3$ la zanja sufrirá una primera reducción, quedando con un ancho "B" igual al diámetro del tubo mas 2.40 m hasta alcanzar una profundidad de $2H/3$. En este nivel la zanja volverá a reducirse a un ancho "B" igual al diámetro del tubo más 0.40 m hasta alcanzar la cota de cimentación de la tubería o estructura que se alojará en el fondo.

Lo anterior indica que la zanja tendrá un ancho variable, es decir, habrá terracedos para facilitar la operación del equipo de excavación en niveles. El anterior procedimiento garantiza que no existirán niveles de terrazas con cortes superiores a cinco metros, por lo cual se deberá hacer la consecución de un equipo que tenga el alcance máximo descrito.

La apertura de excavaciones de zanjas para alcantarillado no deben llevarse más allá de 100 metros medidos desde su punto de inicio o desde donde haya quedado construido el anterior tramo de colector.

Las operaciones de excavación se harán respetando en un todo las dimensiones indicadas en los planos u ordenadas por el Interventor.

El Contratista debe tomar todas las precauciones necesarias para controlar la estabilidad de los taludes de excavación así como de los terrenos vecinos, es decir, dentro de esta actividad deberán incluirse los entibados, con las particularidades descritas al inicio del presente capítulo.

3.4. TRANSPORTE DE MATERIAL SOBRENTE Y ESCOMBRO

El material que no es apto para usar en el relleno de las zanjas, hay que llevarlo en volquetas a un lugar de depósito apropiado, para que no impida el libre desplazamiento de las personas y de los trabajadores.

El acarreo de materiales debe hacerse siempre con los equipos apropiados para cada distancia de acarreo especificada y para las condiciones de acceso y localización de las obras.

La distancia de acarreo del material se determinará midiendo la distancia más corta o la ruta que previamente apruebe el Interventor, desde el centro de gravedad del sitio de excavación hasta el centro de gravedad del lugar de descargue en el botadero.

3.5. MANEJO DE AGUAS

Esta actividad consiste en controlar aguas de escorrentía y aguas de origen freático que interfieren con el normal avance del proyecto.

Normalmente esto ocurre en temporadas de invierno, entonces se debe tener listos los equipos necesarios para evitar el atraso de la obra.

Para evitar este inconveniente se emplearán equipos apropiados como bombas a gasolina o eléctricas u cualquier otro equipo destinado a manejar y controlar la permanencia de aguas en las zanjas de alcantarillado o en las excavaciones para sus estructuras. El residente deberá asignar para esta labor tantos equipos como sea necesario dependiendo del grado de afectación que sufra la obra y del caudal que se deba controlar.

Cuando el bombeo se efectúe por sectores se emplearán las unidades necesarias distribuidas en forma tal que permitan alcanzar un máximo de rendimiento en el menor tiempo posible, con el fin de evitar las socavaciones que se forman por detrás del tablestacado y que debilitan la existencia del terreno adyacente cuando se produce concentración de las masas de agua.

Figura 11. Manejo de aguas



Fuente: CONSTRUVANEX

3.6. INCONVENIENTES PRESENTADOS EN LAS EXCAVACIONES

En las excavaciones generalmente los problemas se presentan son el cruce de tuberías hidráulicas y de gas sobre las zanjas, pues esto disminuye el rendimiento en las excavaciones y atrasa la obra.

Al contratista se le suele pagar la reposición de tubería de presión, pues trabajando con la retroexcavadora es muy difícil evitar el daño a la tubería, entonces se rompen estas tuberías para trabajar mas cómodo y luego se reponen.

El residente de obra debe tener los planos de las instalaciones de gas natural muy presente, pues una ruptura de esta tubería implicaría gastos y daños a la comunidad, esta tubería atraviesa las zanjas cada 80 metros

aproximadamente, el residente de obra avisará al operador de la retroexcavadora para que él esté pendiente y evitar la ruptura de la tubería de gas.

Otro inconveniente en las excavaciones son las caídas de las paredes laterales de las zanjas, este problema se presenta cuando el material es poco cohesivo, por las lluvias y los niveles freáticos altos, entonces cuando se trabajan alturas mayores de 5 metros es recomendable hacer terraceo a la zanja para evitar el deslizamiento de las paredes.

Figura 12. Excavación en zona con presencia de tuberías de gas



Fuente: CONSTRUVANEX

4. INSTALACIÓN DE TUBERÍA

Después de haber excavado y hecho la zanja, con una profundidad y ancho adecuado se procede a instalar la tubería del colector ó emisario según sea el caso, y si es una reposición de alcantarillado se procede al retiro de las tuberías existentes para posibilitar la ejecución integral del proyecto.

Este paso es muy importante en la ejecución de un alcantarillado, debe tenerse mucho cuidado en los alineamientos de la tubería y manejo de pendientes, el trabajo del topógrafo en este caso es fundamental.

4.1. DESMONTE DE TUBERÍA EXISTENTE

En algunos alcantarillados es necesario cambiar la tubería, ya sea por el deterioro de esta o porque el caudal ha aumentado considerablemente desde su diseño, esto suele suceder cuando se crean nuevos barrios o invasiones grandes que en el diseño no se tenía presupuestado.

En la ejecución de alcantarillado que realicé mis prácticas empresariales no hubo desmonte de tubería, pues toda se instaló nueva.

El residente de la obra deberá asesorar al maestro y sus ayudantes para evitar errores en el desmonte de la tubería.

El desmonte se hace con herramientas manuales, se deberán separar las uniones de la tubería que se habrá de extraer. Esta operación debe realizarse con el cuidado necesario para no dañar la tubería que debe permanecer o las estructuras conexas al tramo que se remueve. Realizado lo anterior, podrá extraerse la tubería de las zanjas por medios manuales o mecánicos, dependiendo del diámetro y peso que tienen los tubos seccionados.

4.2. PROPIEDADES, SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

Cuando la zanja esté en óptimas condiciones, se halla excavado hasta obtener la profundidad y ancho necesarios se procede a construir el cimiento y el encamado de la zanja para así iniciar la instalación de la tubería, como podemos ver en la figura:

4.2.1. Clases de tubería utilizadas en la construcción de alcantarillados

- *Tubería de gres*

Gres es el resultado de la mezcla de arcillas y chamota (cerámica reciclado, escombros cerámicos - Porcelana, azulejos etc.,) de hecho 30% del tubo de

gres es material reciclado, después de pasar por la etapa de sinterización durante su cocción. La sinterización ocurre a los 1100 - 1200 grados de temperatura. Es entonces cuando la estructura del material de arcillas se transforma en un material de estructura densa, dura, impermeable, y resistente a los ácidos y alcalinos.

Esta clase de tubería dejó de usarse por su difícil manejo y desventajas respecto de las otras clases de tuberías.

Figura 13. Tubería de gres



Fuente: <http://www.almacencanaima.com/files/galerias>

- ***Tubería de concreto***

Es utilizada cuando los caudales son muy elevados, se ve en las ciudades donde la población es más elevada por lo tanto las aguas sanitarias son mayores, sirven como colectores principales y emisario final. Para diámetros menores no es recomendable por sus elevados costos y difícil manipulación.

La tubería de concreto reforzado es resistente, fácil de instalar, de gran durabilidad y se fabrica para múltiples usos: Colectores de aguas lluvias, sistemas de alcantarillado sanitario, conducciones de agua potable por gravedad, alcantarillas, sistemas de riego, son todos indicativos de la versatilidad, seguridad y economía a largo plazo de esta tubería. Con mínimas modificaciones en su refuerzo de acero durante la etapa de diseño, la tubería de concreto reforzado con su pared exterior lisa y su gran resistencia del

material puede especificarse también para ser instalada por el proceso de gateado.

Figura 14. Tubería de concreto



Fuente: <http://www.almacencanaima.com/files/galerias>

- **Tubería de PVC**

Es la tubería más usada en la construcción de alcantarillados principalmente en las redes secundarias de alcantarillado y cuando no son caudales muy altos, también en colectores principales y emisarios finales, debido a su fácil instalación, economía y resistencia.

En la construcción del alcantarillado del municipio de La Jagua de Ibirico solo se uso tubería PVC, una clase de tubería muy utilizada que es la tubería NOVAFORT.

4.2.2. Características de la tubería PVC-NOVAFORT

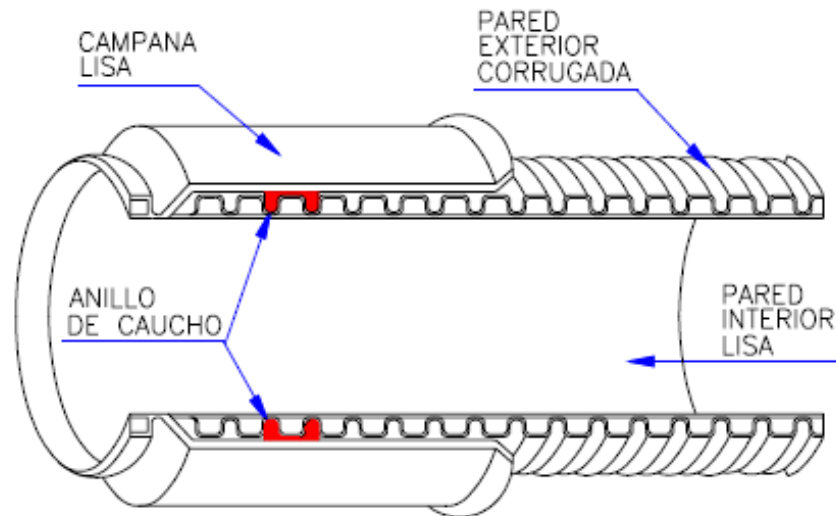
Esta tubería es la más usada en Colombia para la construcción de alcantarillados, por su alta calidad, economía, durabilidad, capacidad hidráulica, estabilidad estructural y fácil instalación.

NOVAFORT es una tubería de pared estructural, fabricada en un proceso de doble extrusión, pared interior lisa y exterior corrugada. Sistema de unión mecánico, campana espigo con hidrosello de caucho.

Fabricada bajo la Normas Técnicas Colombianas, NTC 3722-1, tubos y accesorios de pared estructural para sistemas de drenaje subterráneo y alcantarillado.

Figura 15. Tubería PVC-NOVAFORT

TUBERÍA, CAMPANA Y CAUCHO



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

Características de la tubería NOVAFORT:

- **Resistencia química**

La tubería está fabricada a partir de un material inerte a la acción de las sustancias químicas presentes en los efluentes, lo mismo que al ataque corrosivo tanto de suelos alcalinos como de suelos ácidos.

Presenta gran resistencia a la acción corrosiva del ácido sulfhídrico y a los gases de alcantarilla.

La pared interna lisa y dureza del material, presentan un excelente comportamiento a la abrasión de los materiales presentes en el agua que transportan, con mínimo desgaste de sus paredes. Pruebas sobre tubería fabricadas de PVC indican una vida útil superior a 50 años.

- **Hermeticidad**

Los tubosistemas para alcantarillado NOVAFORT, impiden la exfiltración de agua de los conductos, protegiendo el medio ambiente al garantizar que las

aguas transportadas no se exfiltren al medio y eventualmente puedan contaminar el agua sub-superficial.

También impiden la infiltración, garantizando la estabilidad del relleno de la zanja así como las estructuras en la superficie.

Además, garantizan que el caudal transportado sea el caudal diseñado, asegurando el adecuado funcionamiento del sistema de alcantarillado y los caudales, que llegan a las plantas de tratamiento. Esta característica, igualmente, impide la penetración de raíces que pueden causar obstrucciones en los conductos.

En laboratorio se efectúan pruebas de acuerdo con las normas NTC 3722-1 y NTC 5070 que soportan esta afirmación, pues simulan su comportamiento asociado al uso en condiciones extremas. Estas pruebas incluyen presión hidráulica interna y de vacío a las uniones para NOVAFORT.

- ***Flexibilidad***

Los Tubosistemas para alcantarillado por ser flexibles, aseguran excelente comportamiento a los movimientos del suelo, sismos y asentamientos diferenciales, brindando estabilidad al sistema.

La rigidez de las Tuberías se determina en laboratorio, de acuerdo a las Normas NTC 3722-1 y NTC 5070 al 5% de la deflexión. La rigidez de la Tubería más la rigidez del suelo que la rodea, aportan la resistencia estructural necesaria para soportar las cargas de diseño, conservando las ventajas de su flexibilidad.

- ***Mayor capacidad hidráulica***

La pared interior lisa de los tubosistemas para alcantarillado, significa baja resistencia al flujo dando como resultado mayor capacidad hidráulica permitiendo menores pendientes y diámetros de diseño, (menor movimiento de tierra, transporte, etc), lo que a su vez se traduce en reducción de costos del sistema.

- **Resistencia al impacto**

De acuerdo con las normas NTC 3722-1 y NTC 5070 se hacen ensayos que dan como resultado una resistencia al impacto de 220lb.pie sin presentar fractura.

Esta característica permite la manipulación durante el transporte e instalación sin presentar roturas ni daños, disminuyendo el desperdicio en obra.

- **Menor peso**

NOVAFORT, es una tubería liviana que se puede manejar fácilmente en obra, por cuadrillas pequeñas y hace innecesario el uso de equipo pesado en su manejo, colocación e instalación.

- **Transporte**

Es la práctica ideal, usar vehículos de superficie de carga lisa, libre de clavos o tornillos salientes para evitar daños.

Cuando se transportan distintos diámetros en el mismo viaje, los diámetros mayores deben colocarse primero en la parte baja de la plataforma del camión.

Se deben dejar libres las campanas alternando campanas y espigos para evitar deformaciones innecesarias que impidan el normal ensamble del sistema.

Se recomienda amarrar los tubos con elementos no metálicos, para que no se produzcan cortaduras.

- **Almacenamiento**

La tubería debe almacenarse horizontalmente en una zona plana, aislada del terreno por apoyos espaciados 2m de tal forma que se evite el pandeo de los tubos y que no queden en contacto con los extremos. Deben apilarse en dos filas máximo, colocando abajo la Tubería más pesada y revisando que no se cause deformación a los tubos.

Las campanas deben quedar libres e intercaladas campanas y espigos.

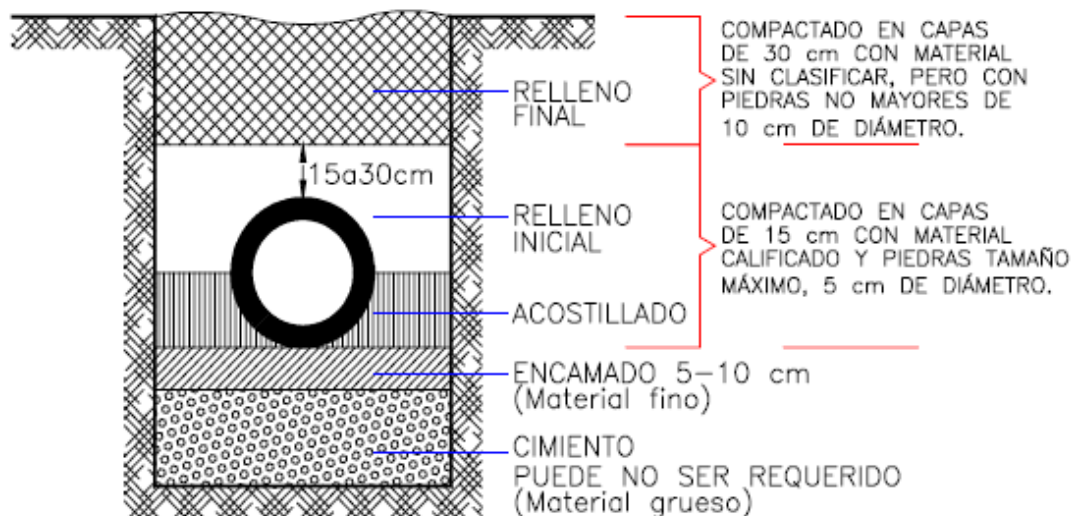
Si el almacenamiento a la intemperie va a ser mayor a 30 días, debe protegerse de la luz directa del sol con un material opaco pero manteniendo adecuada ventilación.

La protección de los cauchos solo debe retirarse cuando va a ser instalada la Tubería y si ha sido mantenida en almacenamiento por largos períodos de tiempo, debe revisarse su estado.

Las uniones deben guardarse bajo techo, igualmente apoyadas y en forma vertical.

4.2.3. ADECUACIÓN DEL TERRENO PARA INSTALAR LA TUBERÍA

Figura 16. Diferentes capas en la compactación.



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

- **CIMIENTO**

Que puede ser o no requerido y que en caso necesario, consistirá de una capa de restitución

con material seleccionado pétreo al material de mala calidad removido.

- **ENCAMADO O PLANTILLA DE LA TUBERÍA**

Consiste en crear una capa de 5 a 10 cm de material fino, que servirá de apoyo a la tubería. El

material utilizado será del propio material de excavación o de material de préstamo o importado y deberá ser apisonado hasta obtener una superficie firme de soporte de la tubería en pendiente y alineamiento.

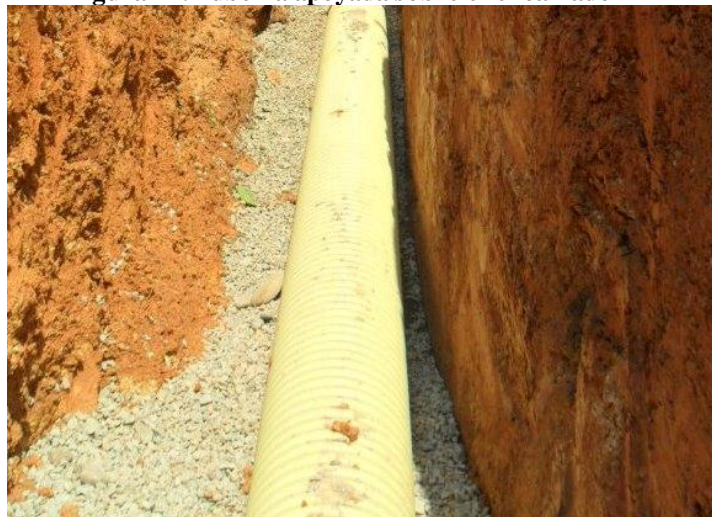
La función primordial del encamado es la de ofrecer un apoyo firme, continuo y homogéneo en donde se pueda posar convenientemente la tubería retirando cualquier objeto extraño que pueda impedirlo.

Si se presentara el caso de un material poco consistente en el fondo de la zanja o la existencia de niveles freáticos altos, se recomienda un encamado en piedra y gravilla con suficiente espesor como para mejorar las condiciones del suelo y drenar el agua permitiendo el trabajo en seco.

El encamado también permite absorber las irregularidades que quedan en el fondo de la zanja al realizar la excavación. En la figura podemos observar cómo queda el encamado.

La compactación debe hacerse a mano con los pisones de la figura, para obtener un encamado firme.

Figura 17. Tubería apoyada sobre el encamado

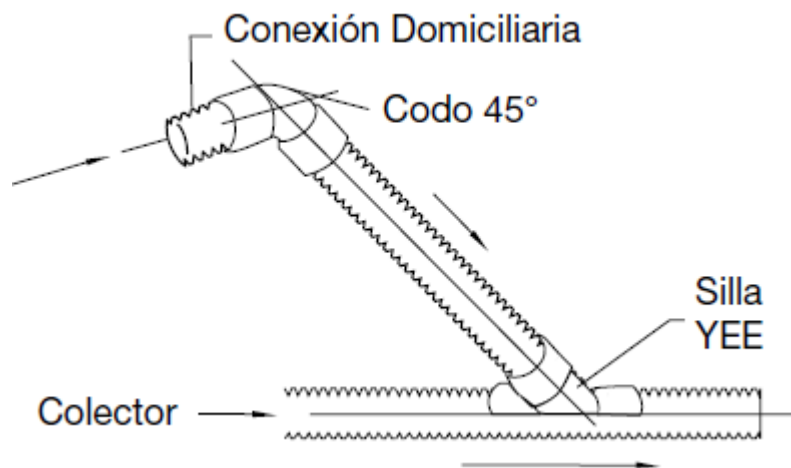


Fuente: CONSTRUVANEX

4.2.4. INSTALACIÓN DE LAS SILLAS Y A LA TUBERÍA PVC

Esta instalación debe hacerse antes de meter la tubería en la zanja, pues afuera es mas cómodo instalar la silla Y. A continuación esta un esquema de cómo va la silla Y en el colector.

Figura 18. Esquema de silla Y instalada



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

Primero debemos tener las medidas exactas de los distanciamientos de las cajas de inspección, para saber en dónde van a ir las sillas Y, una vez tengamos estas medidas marcamos los puntos sobre el tubo de PVC e instalamos las sillas que sea necesario siguiendo las siguientes indicaciones:

1. Coloque el caucho de la silla sobre la tubería, haciendo coincidir las crestas del caucho con los valles de la tubería. Trace el contorno del hueco, utilice preferiblemente un marcador.

Figura 19. Marcación agujero silla Y



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

2. Perfore la tubería utilizando un villamarquin.

Figura 20. Perforación de la tubería utilizando un villamarquin.



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

3. Con un serrucho de punta abra el hueco siguiendo el borde exterior de la marca.

Figura 21. Perforación de la tubería con serrucho



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

4. Remueva la rebaba de la tubería hasta que la superficie quede lisa.

Figura 22. Emparejamiento de la superficie de corte



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

5. Coloque el caucho en la posición marcada teniendo la precaución de verificar que quede al borde del hueco y coincidiendo cresta - valle.

Figura 23. Colocación del caucho



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

6. Instale la silla sobre el caucho y la tubería controlando que las aberturas en la Tubería, caucho y salida de la silla coincidan.

Figura 24. Colocación de la silla



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

7. Coloque la abrazadera sobre la silla en la posición marcada y ajuste alternadamente hasta la línea de apriete.

Figura 25. Colocación de las abrazaderas



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

8. Una vez puestas las sillas Y en la tubería NOVAFORT, está todo listo para instalar la tubería en la zanja.

4.2.5. BAJADA DE LA TUBERÍA AL FONDO DE LA ZANJA

La bajada de la tubería al fondo de la zanja se hará manualmente o por medios mecánicos, de acuerdo al peso de los tubos. En ningún caso se aceptará que la tubería se arroje al fondo de la zanja.

El descenso de la tubería a la zanja deberá considerarse como la primera etapa del montaje de la tubería. La velocidad del montaje podrá aumentarse si los operarios que lo ejecuten conocen su trabajo y colaboran atendiendo las siguientes normas:

- a. Tener alineada la tubería lista para bajar los tubos.
- b. Colocar los tubos de tal forma que al bajarlos queden cerca del sitio definitivo, reduciendo al mínimo el número de movimientos dentro de la zanja.
- c. Tener la zanja lista para el montaje en todos sus aspectos, de acuerdo con lo establecido en los numerales sobre excavaciones, con el fin de que los ajustes a última hora sean mínimos.
- d. Tener en el sitio de colocación todos los elementos necesarios para el montaje de la tubería, teniendo en cuenta el tipo de esta que se va a utilizar (uniones, anillos de caucho, lubricantes, etc.), para entregárselo a los instaladores cuando ellos lo necesiten.

- e. Bajar los tubos con pesos menores a 69 kgs. por medio de lazos, en zanjas con profundidades menores a 1.50 metros. Para pesos mayores emplear 2 ó 4 hombres para bajar los tubos por medio de lazos y si las zanjas son de mayor profundidad, utilizar equipos mecánicos.
- f. Bajar los tubos uno por uno, sin arrojarlos al fondo de la zanjas.

4.2.6. COLOCACIÓN Y UNIÓN ENTRE LOS TUBOS COLECTORES

Antes de proceder a la colocación de los tubos, el residente de obra debe comprobar los niveles de las bases de asentamiento de la tubería, con el fin de evitar y si es del caso corregir, los posibles errores cometidos con anterioridad. Los trabajos de instalación se comenzarán desde la parte inferior del tramo, en sentido contrario a la dirección del flujo, hacia la parte superior del mismo. Los tubos deberán quedar perfectamente alineados y nivelados, para lo cual se utilizarán aparatos de precisión. El cuerpo del tubo deberá descender plenamente sobre la base de apoyo.

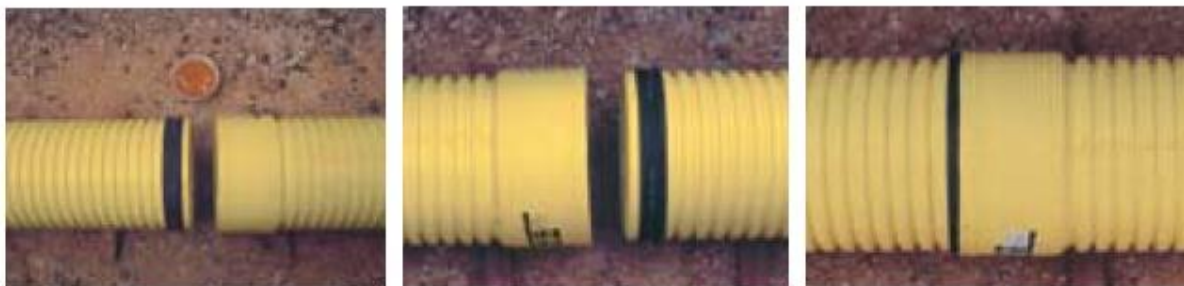
Antes de proceder a la unión de los tubos, se examinarán los bordes de los mismos y los accesorios, para comprobar que se encuentren en buen estado, sin imperfecciones y limpios.

Las siguientes indicaciones es recomendable hacerlas para una buena unión de tubos:

- Limpie con un trapo limpio y seco la parte interior de la campana y/o unión y el caucho. Haga lo mismo con la parte exterior del tubo a ser insertada.
- Aplique lubricante generosamente en la campana y/o unión y el caucho.
- Alinee la campana y/o unión con el tubo e introduzca.
- Se recomienda usar un bloque de madera que proteja el tubo del equipo de empuje.
- Aplique presión de empuje constante, hasta que el tubo se deslice suavemente dentro de la campana y/o unión hasta el tope indicado.

- Para diámetros mayores a 36” el empuje debe hacerse primero en la parte baja del diámetro del tubo e ir subiendo paulatinamente. Esto facilita el proceso evitando el desalineamiento de la Tubería.
- Si encuentra indebida resistencia a la inserción, debe desensamblar y revisar los elementos, cambiarlos si es necesario y reiniciar el proceso de ensamble.

Figura 26. Proceso de instalación de tubos colectores



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

4.2.7. CONEXIONES DE LA TUBERÍA A POZOS DE INSPECCIÓN

Es importante tener en cuenta que estas conexiones deben garantizar la hermeticidad y conservar las condiciones de flexibilidad de la Tubería.

Teniendo en cuenta que el PVC no se adhiere al concreto y asegurando que aún en la zona de empalme con la cámara, la tubería puede deflectarse de acuerdo con lo previsto en el diseño, se recomienda:

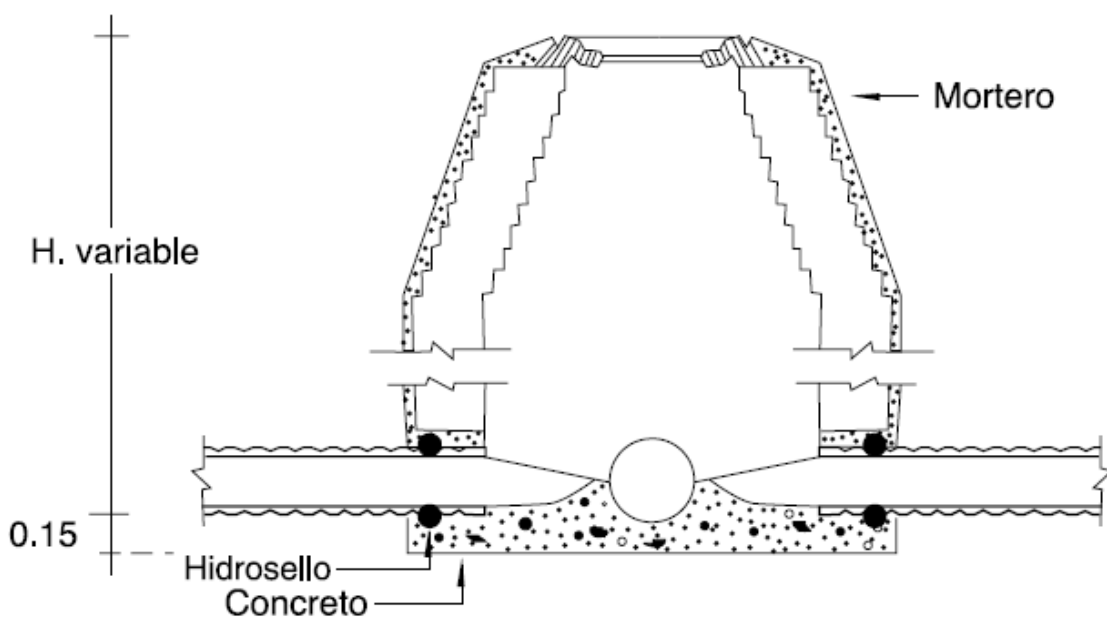
- Coloque el caucho a partir del último valle completo de la tubería teniendo en cuenta que la parte de mayor chafalán vaya colocada hacia el extremo.
- Introduzca la tubería en la cámara de inspección, verificando que el caucho quede a la mitad del muro.
- Aplique mortero y emboquille.

Figura 27. Conexión de la tubería a pozo de inspección



Fuente: CONSTRUVANNEX

Figura 28. Vista en perfil pozo colector



Fuente: CONSTRUVANNEX

5.1.1 Notas importantes sobre instalación

- **Cambios de dirección**

En los sistemas de alcantarillado los cambios de dirección se realizan en general mediante cajas o pozos de inspección.

Cuando se instala el espigo dentro de la campana, no se deben producir tensiones sobre ésta, por lo tanto la deflexión debe ser de 0 grados, así la

campana podrá absorber de forma natural las deflexiones provocadas por los asentamientos del terreno y movimientos sísmicos.

La deflexión en la campana debe ser de 0 grados en colectores y conexiones domiciliarias. Cuando se requieran cambios de dirección menores de 6 grados en las conexiones domiciliarias, estos se pueden lograr aplicando flexión sobre el tubo y aislando la campana.

La deflexión considerada es respecto al eje del tubo.

- ***Instalación a la intemperie***

Cuando la tubería instalada va a quedar expuesta a la radiación solar, debe cubrirse con un techo opaco o protegerse con una pintura que cumpla con las siguientes características:

- No debe necesitar solvente ni tener base thinner. Esta sustancia no se comporta bien con el PVC
- Debe tener un componente reflectivo, como aluminio o similar
- Debe asegurarse la adherencia al PVC con la aplicación directa o a través de la aplicación de un “primer”. Una de las formas de preparar la superficie es lijando suavemente en seco, limpiando con limpiador antes de aplicar la pintura.

- ***Condiciones de suelo inestable***

Si el suelo natural es de muy mala calidad y el fondo de la zanja no es estable y no permite garantizar la estabilidad de la tubería, debe diseñarse sistemas de estabilización que garantice

la sostenibilidad del sistema. Debe consultarse la opinión de un especialista en suelos y diseñar las estructuras adecuadas para la estabilización del fondo de apoyo de la tubería.

- **Presencia de nivel freático**

Cuando hay nivel freático presente, el encamado y al menos hasta $\frac{1}{2}$ Dext (o hasta la altura del nivel freático), debe usarse material granular, Clase I o II, con el grado de densidad relativa que exija el diseño y envuelto en geotextil no tejido.

- **Instalación en pendientes altas**

Debe instalarse cimentación con material granular e instalar un dado de contención en cada unión como se indica a continuación.

Se habla de pendientes altas para pendientes mayores al 15% pero debe ser definida por el consultor de acuerdo con las condiciones específicas de cada proyecto.

- **Instalación con altas velocidades**

Aplica lo indicado para pendientes altas y se recomienda usar Cámaras de Inspección como complemento que garantizan resistencia a la abrasión como las tuberías Novafort.

Cuando no sea posible usar estas cámaras, se recomienda forrar las cañuelas de las cámaras rígidas con tubería partida a la medida.

- **Condiciones extremas para el material**

- El PVC es un material termoplástico que puede ser fundido aplicando calor, de tal forma que nunca debe instalarse, almacenarse o someterse a una fuente de calor que pueda deformarlo. La temperatura máxima a que puede transportar agua es de 60°C.
- No aplique solventes ni someta la tubería a contacto con estos.
- No someta la tubería a contacto directo con elementos punzantes, tales como herramientas metálicas o piedras angulosas mayores a 3/4".

- ***Inspección y pruebas de campo antes de puesta a servicio***

El residente a cargo debe definir las inspecciones y pruebas a realizarse al sistema después de instalado.

Algunas de las inspecciones recomendables se describen a continuación:

- Limpieza
- Inspección Visual:

Verificación de alineamientos y ausencia de obstrucciones.

- Prueba de Estanqueidad:

Puede hacerse prueba con aire a baja presión, prueba de infiltración o exfiltración. Es recomendable, efectuar la prueba con aire a baja presión de acuerdo con la norma ASTM F 1417. La prueba de infiltración es aceptable siempre que el nivel freático esté por encima del lomo de la tubería a probarse.

La prueba de exfiltración, siempre que el nivel freático esté por debajo del nivel de instalación de la tubería a ser probada.

5. ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

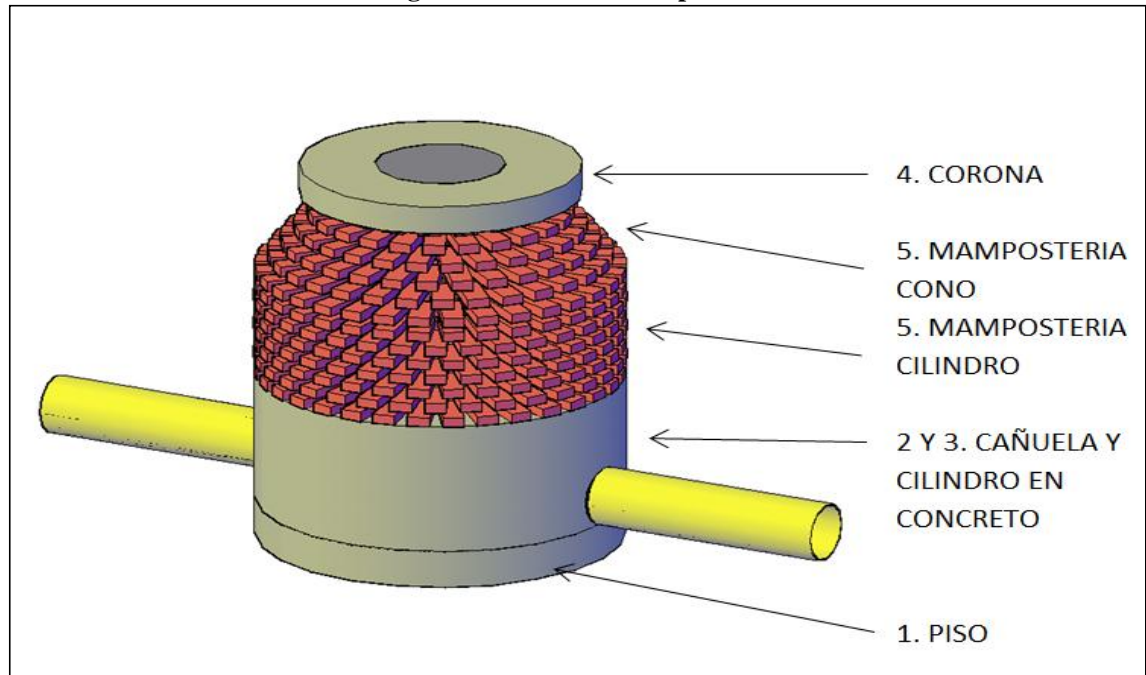
Los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales, pluviales y combinadas están conformados por dos componentes principales:

- la red de colectores.
- estructuras adicionales o complementarias.

Cuyo fin es asegurar que el sistema opere satisfactoriamente y pueda ser inspeccionado y mantenido correctamente. Dentro de las estructuras complementarias están las estructuras de conexión y pozos de inspección, cámaras de caída, sumideros, aliviaderos, codos, curvas y reducciones, sifones invertidos, transiciones, canales y otras estructuras especiales.

5.1. Construcción de pozos o cámaras de inspección

Figura 29. Cámara de inspección



Fuente: CONSTRUVANEX

La unión o conexión de dos o más tramos de colectores debe hacerse con estructuras hidráulicas, denominadas estructuras de conexión. Usualmente, estas estructuras son pozos de unión o conexión o estructuras-pozo. Estas estructuras están comunicadas con la superficie mediante pozos de inspección, los cuales permiten el acceso para la revisión y mantenimiento de la red. El término pozo de inspección usualmente hace referencia al conjunto estructura de conexión-pozo de inspección.

Por lo general, la forma de la estructura-pozo es cilíndrica en su parte inferior y de cono truncado en su parte superior. Sus dimensiones deben ser suficientemente amplias para que el personal de operación y mantenimiento pueda ingresar y maniobrar en su interior. Para esto debe ser provista una escalera de acceso con pasos de hierro y los elementos mínimos de seguridad industrial para los operarios. La cañuela o piso de la estructura es una plataforma en la cual se hacen canales que prolongan los conductos y encauzan sus flujos, cuando esto se requiera. La

parte superior remata en una protección de su desembocadura a la superficie donde se coloca la correspondiente tapa. Deben hacerse consideraciones sobre la ventilación de los pozos.

Los pozos de inspección se hacen para los siguientes casos:

- Arranques de colectores.
- Cambios de dirección de colectores.
- Cambios de diámetro de colectores.
- Cambios de pendiente de colectores.
- Cambios de sección de colectores.
- Intersección de colectores.
- Entre tramos rectos de colectores de determinada longitud.
- Curvas de colectores.

5.1.1 Parámetros de diseño

5.1.1.1 Diámetro

En los pozos comunes el diámetro interior es generalmente de 1,20 m . Para casos especiales, el diámetro debe estar 1,5 a 2 m , dependiendo de las dimensiones de los colectores afluentes.

Para pozos comunes construidos para colectores con diámetros menores que 0,6 m, su diámetro interior debe ser de 1,2 m para permitir el manejo de varillas y demás elementos de limpieza.

Para pozos especiales construidos para colectores hasta de 1,1 m de diámetro, su diámetro interior es 1,5m. De igual manera, para colectores de 1,20 m o más de diámetro, el diámetro interior del pozo debe ser 2m, con el fin de permitir el empleo de equipos de limpieza. En estos casos, el pozo puede colocarse desplazado del eje del colector principal para mejorar la accesibilidad.

5.1.1.2 Profundidad

La profundidad mínima de los pozos de inspección debe ser 1 m sobre la cota clave del colector afluente más superficial.

5.1.1.3 Diámetro de acceso

El diámetro del orificio de entrada es generalmente 0,6 m. Sin embargo, si la altura del pozo es menor que 1,8 m el cuerpo del cilindro puede ser extendido hasta la superficie, donde debe disponerse de una losa como acceso.

5.1.1.4 Distancia entre pozos

La distancia entre pozos está directamente relacionada con el urbanismo y con la utilización de equipos y métodos de limpieza de los colectores, sean éstos manuales o mecanizados. Si los métodos son manuales las distancias entre pozos son menores en relación con los métodos mecánicos. La distancia máxima entre pozos, para los primeros, está entre 100 y 120 m, y para métodos mecánicos o hidráulicos puede llegar a los 200 m. En el caso de alcantarillados sanitarios sin arrastre de sólidos, la distancia entre pozos o cajas puede ser de este orden. En emisarios o colectores principales, donde las entradas son muy restringidas o inexistentes, la distancia máxima entre estructuras de inspección puede incrementarse en función del tipo de mantenimiento, la cual puede ser del orden de 300 m. En cualquier caso, las distancias adoptadas deben ser sustentadas con base en los criterios expuestos.

5.1.2 Proceso constructivo

Los pozos de inspección serán de forma cilíndrica y estarán cimentados sobre una placa de concreto reforzado con los espesores indicados en los planos o según el diseño; sobre la cimentación se colocará la mampostería de los pozos respetando las orientaciones dadas al inicio del presente capítulo y se terminará con un cono de reducción, todo lo anterior con sujeción a los diseños mostrados en los planos respectivos. En el remate del cono de reducción se instalará una tapa con aro metálico rellena de concreto reforzado. Todos los pozos tendrán escaleras en varilla redonda de acero que cumpla las normas ICONTEC 161, colocadas cada 0.30 Mts. Estos escalones se entregarán debidamente pintados con pintura anticorrosiva.

La placa de fondo tendrá cañuelas pulidas en mortero 1:2 para encauzar las aguas hacia la tubería afluyente. La profundidad de las cañuelas será de 2/3 del

diámetro de la tubería saliente del pozo y con pendiente del 5%, en dirección del flujo.

Las excavaciones que deban realizarse para construir estas estructuras estarán incluidas dentro de esta misma actividad y no contemplarán por separado.

Figura 30. Cámara de inspección cilíndrica en construcción



Fuente: CONSTRUVANEX

5.2 CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE INSPECCIÓN 60*60*60

Las cajas de inspección de 60*60*60 cms. (medidas interiores) formaran parte del sistema de alcantarillado que conduce aguas residuales de las conexiones domiciliarias hacia el colector secundario. Esta caja de inspección se ubica en el antejardín de las casas, pues esta es la que recoge todas las aguas residuales de las casas.

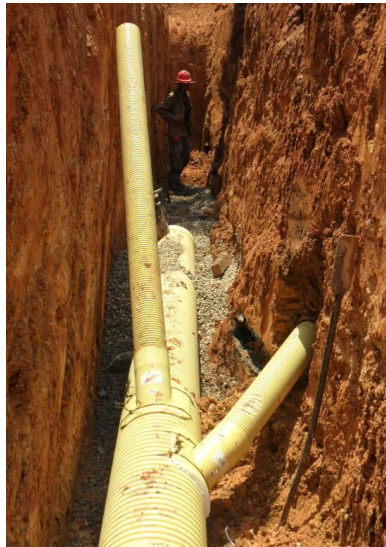
Figura 31. Cámara de inspección de 60*60*60



Fuente: CONSTRUVANNEX

La conexión de la caja de inspección al colector podemos verlo mejor en la siguiente figura:

Figura 32. Conexión de la tubería al colector



Fuente: CONSTRUVANNEX

5.3 CONSTRUCCIÓN DE CAJAS DE ALIVIADERO

Los aliviaderos en sistemas combinados tienen como objetivo disminuir los costos de conducción de los flujos hasta el sitio de disposición final o de tratamiento de las aguas residuales. Estas estructuras derivan parte del caudal

que se supone es de escorrentía pluvial a drenajes que usualmente son naturales o a almacenamientos temporales, aliviando así los caudales conducidos por colectores, interceptores o emisarios al sitio de disposición final, que puede ser una planta de tratamiento de aguas residuales. En algunos casos están provistos de un tanque de almacenamiento a continuación del alivio con el propósito de almacenar los contaminantes provenientes del primer lavado de la época de lluvias, el cual puede arrastrar concentraciones mayores de contaminación.

Los aliviaderos pueden ser laterales, transversales o de tipo vórtice, y deben permitir que el caudal de aguas residuales de tiempo seco continúe por el colector hasta la planta de tratamiento o lugar de disposición final, pero durante determinados eventos de precipitación y escorrentía asociada deben derivar o aliviar lo que les corresponda de aquella porción en exceso a la capacidad de la red aguas abajo o la capacidad de la planta de tratamiento.

5.4 Construcción de cámaras de caída

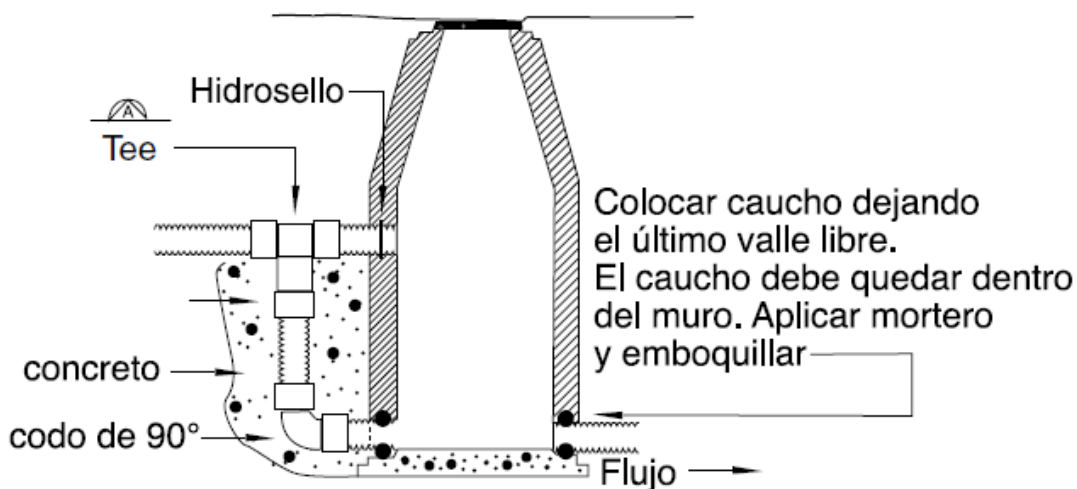
Las cámaras de caída son estructuras de conexión frecuentes en terrenos con pendiente pronunciada, con el objeto de evitar velocidades mayores de las máximas permisibles, cuando la velocidad es mayor a 5m/s se recomienda proteger las cañuelas y las paredes del pozo, donde impacte el chorro, con medios tubos de PVC. Para pegar estas medias tuberías al pozo se debe aplicar arena sobre el tubo pegándola con soldadura (esto es para mayor adherencia) y luego adherir la tubería al pozo con mortero. Esto asegura que la estructura no sufrirá erosión.

También todos los colectores que lleguen a una estructura de conexión, con una diferencia mayor de 0.75 m con respecto a la batea del colector de salida, deben entregar al pozo mediante una cámara de caída, cuya boca inferior debe estar orientada en tal forma que el flujo confluya con un ángulo máximo de 15° con respecto a la dirección del flujo principal. Para colectores afluentes menores de 300 mm de diámetro puede analizarse la alternativa de no construir la cámara de caída pero proveer un colchón de agua en la parte inferior del pozo que amortigüe la caída.

Las cámaras de caída partirán de una silla de derivación en yee o en tee, seguida de un tramo de tubería PVC vertical del diámetro y longitud especificados y terminaran en un codo a 90 grados, de donde partirá un niple que ingresa en el pozo de inspección. En caso de utilizarse silla yee, deberá adicionarse un codo a 45 grados.

Por tratarse de tuberías verticales, deberá atracarse en toda su longitud utilizando concreto de 2000 psi, incluyendo un pequeño muerto en el codo donde hace ingreso la tubería hacia el pozo de inspección.

Figura 33. Cámara de caída



Fuente: CONSTRUVANEX

5.5 CONSTRUCCIÓN DE SUMIDEROS

Son estructuras para la captación de la escorrentía superficial, que pueden ser diseñadas en forma lateral o transversal al sentido del flujo, y se localizan en las vías vehiculares o peatonales del proyecto.

La capacidad de recolección de aguas lluvias del conjunto de sumideros de un sistema pluvial o combinado debe ser consistente con la capacidad de evacuación de la red de colectores para garantizar que el caudal de diseño efectivamente llegue a la red de evacuación.

Los sumideros deben ubicarse en los cruces de las vías, de tal manera que intercepten las aguas antes de las zonas de tránsito de los peatones y en los puntos intermedios bajos. Los siguientes son algunos criterios para su ubicación:

1. Puntos bajos y depresiones.
2. Reducción de pendiente longitudinal de las calles.
3. Antes de puentes y terraplenes.
4. Preferiblemente antes de los cruces de calles y pasos peatonales.
5. Captación de sedimentos.

5.6 CONSTRUCCIÓN DE SIFONES INVERTIDOS

Deben proyectarse sifones invertidos en los casos en que sea necesario salvar accidentes topográficos o de otra índole, tales como obstáculos, conducciones o viaductos subterráneos, cursos de agua a través de valles, entre otros, que impidan la instalación de colectores en condiciones normales.

Los sifones invertidos están conformados por dos o más tuberías, dependiendo del caudal de diseño que se requiera conducir. Estas tuberías deben constar de facilidad de limpieza.

La velocidad mínima de flujo para el caso de alcantarillado sanitario debe ser 1 m/s y el diámetro mínimo debe ser 200 mm. Para el sistema pluvial o combinado la velocidad mínima es 1,2 m/s y el diámetro mínimo de 300 mm. En cualquier caso, la velocidad mínima debe ser superior a la velocidad de autolimpieza determinada por esfuerzo cortante.

Las entradas a los conductos auxiliares deben ser reguladas por vertederos, de tal forma que las tuberías puedan entrar en servicio progresivamente.

6 RELLENOS Y COMPACTACIÓN

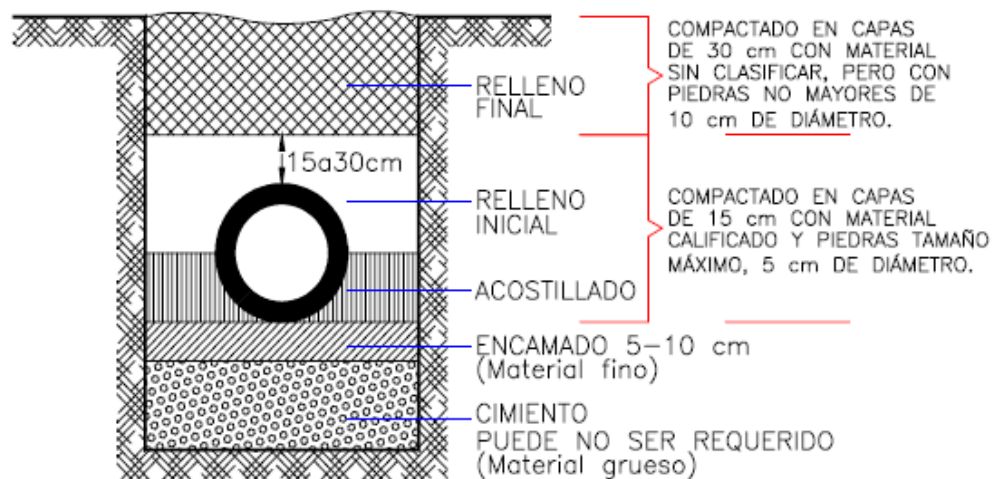
Después de tener todo un tramo del sistema de alcantarillado listo, la tubería del colector instalada, las cajillas de inspección, los pozos de inspección, la cimentación y encamado; se procede a hacer el relleno de las zanjas y posteriormente la compactación.

El relleno se efectuará lo más rápidamente posible después de instalada la tubería, para proteger a ésta contra rocas que puedan caer en la zanja y eliminar la posibilidad de desplazamiento o de flotación en caso de que se produzca una inundación, evitando también la erosión del suelo que sirve de soporte a la tubería.

El suelo circundante a la tubería debe confinar convenientemente a la zona de relleno para proporcionar el soporte adecuado a la tubería, de tal manera que el trabajo conjunto de suelo y tubería le permita soportar las cargas de diseño.

El relleno de zanjas se realizará por etapas según el tipo y condiciones del suelo de excavación, como sigue:

Figura 34. Diferentes capas de compactación.



Fuente: <http://pavco.com.co/files/data>

El cimiento y el encamado ya deben estar, pues la tubería esta sobre ellos.

6.1 ACOSTILLADO:

Corresponde a la parte del relleno entre la superficie de apoyo inferior del tubo sobre la capa de encamado y el nivel del diámetro medio, realizado con un material proveniente del material de excavación (aceptado) o en caso contrario con material de préstamo o importado.

Este material no deberá contener piedras de tamaño superior a 5 cm por uno cualquiera de sus lados o diámetro. Las capas de material para compactar no serán superiores a 15 cm.

6.2 RELLENO INICIAL:

Corresponde al material que cubre la parte superior del tubo desde el nivel del diámetro medio hasta un límite de 15 a 30 cm sobre su generatriz superior. Este material no deberá contener piedras de tamaño superior a 5 cm por uno cualquiera de sus lados o diámetro.

6.3 RELLENO FINAL:

Comprende la capa de material entre el límite superior del relleno inicial y la rasante del terreno; se podrá utilizar el mismo material de excavación si este es de calidad aceptable y puede contener piedras, cascotes o cantos rodados no mayores de 10 cm por uno cualquiera de sus lados o diámetro, y puede ser vertido por volteo o mediante arrastre o empuje de equipo caminero. Las capas de relleno para compactar no serán mayores de 30 cm de altura.

Antes de la compactación, el contenido de humedad del material debe ser el óptimo para ser sometido hasta una compactación para conseguir por lo menos el 95% de la máxima densidad seca, según el ensayo del Proctor Estándar.

Los equipos de compactación a utilizar desde la capa de cimiento hasta la de relleno inicial pueden ser compactadores manuales y mecánicos; rodillos solo podrán ser utilizados sobre el relleno final.

6.4 GRADO DE COMPACTACIÓN:

La capacidad de la tubería para resistir las cargas externas, depende en gran parte del método empleado durante su instalación, el cual a su vez depende del tipo de material utilizado.

Dependiendo del material a utilizar en el lleno se define el siguiente procedimiento para la compactación:

➤ **Relleno en material común.**

En esta clase de rellenos, el material común se extenderá en capas sensiblemente horizontales menores de 30 centímetros de espesor y se procederá a compactarlas. Antes de compactar cada capa, se procederá a retirar los granos mayores de 10 centímetros y a desmenuzar los terrones orgánicos que pueda haber en los materiales, utilizando rastrillo de discos u otro equipo similar; en caso de que no sea posible la destrucción de estos grumos, deberán retirarse del relleno. Una vez que se compruebe que el contenido de humedad y las condiciones del material de una capa son satisfactorios, se procederá a la compactación con el equipo, hasta obtener una densidad entre el 95% y el 100% de la máxima densidad seca obtenida en el ensayo Proctor Standard.

➤ **Relleno seleccionado o granular.**

El material se extenderá en capas sensiblemente horizontales de 20 centímetros de espesor compactado. Una vez se compruebe que el contenido de humedad y los materiales de una capa son satisfactorios, se procederá a la compactación con un equipo apropiado, hasta obtener una densidad relativa mínima del 85%.

Figura 35. Compactación del relleno



Fuente: CONSTRUVANEX

7. REPOSICIONES Y OBRAS DE URBANISMO

7.1 CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE SIN RELLENOS

Todas las rasantes que sean objeto de pavimentación en material rígido o flexible deberán conformarse y compactarse para brindar un soporte resistente a las estructuras superiores.

Para el caso de rasantes que se destaparon o que quedaron expuestas por las demoliciones de pavimento, se compactara utilizando vibrocompactador manual en condiciones de humedad controlada.

Figura 36. Compactación con vibrocompactador.



Fuente: CONSTRUVANEX

7.2 SUMINISTRO Y CONFORMACIÓN DE BASE GRANULAR PARA PAVIMENTO

La base granular se extenderá con motoniveladora y se compactará utilizando vibrocompactador autopropulsado con humedecimiento siempre que haya espacio suficiente para su operación o se podrá utilizar vibrocompactador manual en el caso de espacios angostos. Los procedimientos y calidades de la base instalada serán como lo determinen las normas vigentes del Ministerio de Transporte.

Figura 37. Conformación de base granular para pavimento



Fuente: CONSTRUVANEX

7.3 SUMINISTRO Y APLICACIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO

Debe hacerse la construcción de un pavimento de concreto en cemento Portland con módulo de rotura MR-36 y atendiendo las Normas y Especificaciones dadas anteriormente para preparación de concretos.

Se deberá construir una carpeta asfáltica con espesor mínimo de 15 cms. Para este fin se usarán preferiblemente formaletas metálicas v tendrán una profundidad igual al espesor indicado en el borde de las losas de concreto.

7.3.1 Colocación y Acabado del Concreto:

El sobre-espesor de la capa de distribución del concreto por encima de la rasante debe ser tal que cuando ya esté compactado y acabado, la losa quede con el espesor indicado en los planos. Podrá colocarse concreto únicamente sobre subrasantes que hayan sido preparadas de acuerdo con las especificaciones respectivas.

Figura 38. Acabado en concreto



Fuente: CONSTRUVANEX

7.3.2 Acabado del Concreto cerca de las Juntas:

El concreto adyacente a las juntas será compactado con un vibrador introducido en el concreto sin que entre en contacto con la junta, los dispositivos transmisores de carga, las formaletas o la subrasante. Después que el concreto haya sido colocado en ambos lados de la junta y enrasado

deberá sacarse la cinta (metálica o de madera) lenta y cuidadosamente. Luego será cuidadosamente terminado con palustre. La cinta será limpiada totalmente y aceitada antes de usarla nuevamente.

7.3.3 Curado:

Este se hará en una de las dos formas siguientes:

- Curado por Agua.

El curado se hará cubriendo toda la superficie con costales húmedos, lonas u otro material de gran absorción. El material se mantendrá húmedo por el sistema de tuberías perforadas, de regadoras mecánicas u otro método apropiado.

También puede cubrirse la superficie con hojas de papel o tela plástica. Al colocarlas sobre el concreto fresco, previo un humedecimiento uniforme de la superficie, se pisarán para que el viento no las levante. En esta forma no se requerirá el empleo adicional de agua una vez la superficie haya sido cubierta. El tramo debe revisarse frecuentemente para asegurarse que si tenga la humedad requerida.

- Curado por Compuestos Sellantes.

El compuesto sellante deberá formar una membrana que retenga el agua del concreto y se aplicará a pistola o con brocha inmediatamente después que la superficie esté saturada de agua, con autorización de la Interventoría en cuanto al tipo y características del componente que se utilizará.

La humedad del concreto debe permanecer intacta por lo menos durante los siete días posteriores a su colocación.

7.3.4 Protección del Pavimento:

El Contratista pondrá y mantendrá cercas y vallas convenientemente localizadas para evitar el tránsito a lo largo del pavimento recién construido. Cualquier parte del pavimento que aparezca dañado por el tránsito o por otras causas antes de su aceptación final, será reparado por su cuenta, de una manera satisfactoria para la Interventoría.

Ordinariamente no se permitirá el tránsito por el pavimento recién construido hasta los siete (7) días posteriores a la colocación del concreto y este período podrá aumentarse si los ensayos a la flexión indican que es prudente hacerlo. Las vigas para ensayo a la flexión serán curadas en el sitio. Su módulo de rotura deberá ser mínimo de 35 Kg/cm².

7.3.5 Ejecución de las Juntas:

Todas las juntas longitudinales y transversales se harán de acuerdo con los detalles y posiciones mostrados en los planos y serán construidos siguiendo una línea recta precisa, con sus caras perpendiculares a la superficie del pavimento. Cuando se necesiten ranuras, estas serán cuidadosamente conformadas con plantillas. La forma de la plantilla será tal que la ranura quede de las dimensiones precisas especificadas.

Figura 39. Detalles de las juntas de pavimento rígido



Fuente: CONSTRUVANEX

7.3.6 Sellado de las Juntas:

Antes de dar al servicio, se procederá a sellar todas las juntas con material sellante. Podrá usarse asfalto sólido de penetración 60–70 o 70–85 mezclado con polvo de arena que pase de malla No. 100, aplicado en caliente. Previamente las ranuras deberán limpiarse cuidadosamente sacando de ellas toda materia extraña, para esta operación se usarán cepillos de alambre de

acero y la superficie interior deberá estar seca. El sellado asfáltico quedará 6 mm. por debajo de la superficie del pavimento.

7.4 ANDENES, SARDINELES Y ESCALERAS EN CONCRETO SOBRE PISO

Estas estructuras complementarias se construirán en aquellos sitios donde han debido demolerse, para permitir el paso de la tubería de alcantarillado o de sus estructuras.

Se construirán andenes con espesor de 12 cms y sardineles de sección 12x40 cms, salvo que los espesores señalados no permitan enrasar el concreto terminado con el concreto existente, en cuyo caso debe adaptarse el espesor de manera que no se creen desniveles ni resaltos. El concreto será de 2500 psi y le serán aplicables todas la normas descritas en los capítulos anteriores sobre preparación, formaletería y vertido de concretos. Para el caso de escaleras, estas deberían construirse con las mismas dimensiones que tenían las que fueron demolidas.

Figura 40. Andén recién construido



Fuente: CONSTRUVANEX

7.5 ASEO Y LIMPIEZA GENERAL

Al finalizar todas las labores de reposición, se procede a limpiar y dejar en perfecto estado todas la calles y sitios intervenidos.

La operación de retiro de basuras y escombros podrá ser efectuada, indistintamente, a mano o mediante el empleo de equipos mecánicos; sin embargo, esta operación deberá efectuarse invariablemente todos los días en las áreas afectadas por las basuras y escombros.

Todos los materiales provenientes del retiro de basuras y escombros de las áreas de construcción deberán colocarse fuera de ellas, de tal manera que no interfieran los trabajos de construcción que deben ejecutarse posteriormente.

Figura 41. Estado en que se debe entregar el lugar de las obras



Fuente: CONSTRUVANEX

8. CONCLUSIONES

- Realizar una práctica empresarial, como auxiliar de ingeniería en la construcción de alcantarillados fue muy importante para mí, pues apliqué muchos conocimientos adquiridos a lo largo de mi formación con estudiante de ingeniería civil, y también me preparé para enfrentar el mundo laboral del ingeniero.
- El éxito en el desarrollo de las obras de construcción está en una buena planeación de recursos de personal y de maquinaria, pero también apoyado de una administración que esté presente siempre.
- Cuando la teoría se tiene, el mejor complemento es la práctica, pues allí se aprende muy bien el funcionamiento y el proceso constructivo de las obras.
- Esta obra fue muy importante para mí, pues en esta obra se integraron varias ramas de la ingeniería como: suelos, acueductos y pavimentos, esto hace que la ingeniería civil me agrade cada días más debido a su gran campo de desarrollo.
- Con este manual de alcantarillados, se pretende que el lector al verlo se interese por este tema de los alcantarillados, ya que es un tema muy importante en la ingeniería civil, pues el saneamiento siempre va a existir y el ingeniero tendrá que estar ahí para solucionar los problemas que se presenten de este tipo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Diseño de acueductos. Escuela de ingeniería 1995.
- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, RAS 2000.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS, normas colombianas para el sector de la construcción, Bogotá: ICONTEC.
- Alcantarillados sanitarios, disponible en internet:
<http://micigc.uniandes.edu.co/Construccion/hidsave/sanitari.htm>
- PAVCO LTDA, manual técnico- tubería novafort. Disponible en internet:
http://pavco.com.co/files/data/20110331121305_s.pdf