

AUXILIAR DE RESIDENCIA DE OBRA EN EL SUMINISTRO E INSTALACION A
TODO COSTO DEL DESCOLE RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN
CIUDADELA SAN EDUARDO.

PROYECTO DE PASANTIA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL



JUAN SEBASTIAN RAMIREZ RAMIREZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN
2016

AUXILIAR DE RESIDENCIA DE OBRA EN EL SUMINISTRO E INSTALACION A
TODO COSTO DEL DESCOLE RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA
CIUDADELA SAN EDUARDO



JUAN SEBASTIAN RAMIREZ RAMIREZ
COD.: 04092213

Director de pasantía:
Ing. M.Sc. CARLOS A. GALLARDO B.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
POPAYÁN
2016

NOTA DE ACEPTACION

DIRECTOR _____
Ing. M.Sc. CARLOS A. GALLARDO B.

JURADO _____
Ing. JORGE LUIS GONZALES .

JURADO _____
Ing. ALBERTO JOSE CALDAS

Fecha y lugar de sustentación; Popayán, 11 de agosto de 2016.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCIÓN	7
2. JUSTIFICACIÓN	8
3. OBJETIVOS	9
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	10
5. ACTIVIDADES A REALIZAR	11
6. DESCRIPCION DEL PROYECTO	12
7. DESARROLLO Y EJECUCION DE LA OBRA	16
7.1 LOCALIZACION Y REPLANTEO	16
7.2 EXCAVACIONES.....	19
7.3 ENCAMADO O CIMENTACION	26
7.4 MANEJO E INSTALACION DE TUBERIA.....	29
7.5 ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS	35
8. CANAL REDUCTOR DE VELOCIDAD	59
9. CONTROLES DE CALIDAD A CONCRETO SUMINISTRADO.....	60
10. CONCLUSIONES.....	61,62 Y 63
11. BIBLIOGRAFIA.....	64

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Figura 1, Ciudadela San Eduardo.....	13
2. Figura 2. Características correspondientes tramo 122-123 pluvial.....	14
3. Figura 3. Tramo 220-218 pluvial, ancho de zanja 1,30 m.....	19
4. Figura 4. Tramo 224-222, excavación manual.....	20
5. Figura 5. Tramo 216-214, 276-274, excavación a máquina.....	21
6. Figura 6. Tramo 248-246, alcantarillado sanitario 8”.....	21
7. Figura 7. Tramo 224-222, material conglomerado.....	22
8. Figura 8. Nivel freático, tramo 222-220.....	23
9. Figura 9. Tramo 212-211, 272-270. Excavación doble, ancho 2,65 m.....	24
10. Figura 10. Cámara 218, excavación manual.....	25
11. Figura 11. Cámara 220, nivel freático a baja profundidad.....	25
12. Figura 12. Tramo 250-248 S, cimentación con arena de peña.....	27
13. Figura 13. Tramo 218-216, encamado con sub-base granular.....	27
14. Figura 14. Tramo 126-182, cimentación con gravilla por.....	28
presencia de nivel freático	
15. Figura 15. Tipo de cimentación según diseño.....	28
16. Figura 16. Lubricante para empalme de tubería.....	31
17. Figura 17. Cámara 218 fundida, empalme tubería 33”.....	31
18. Figura 18. Tubo tapado con material pesado.....	32
19. Figura 19. Tubo quebrado por mala manipulación.....	32
20. Figura 20. Tubo con campana rota.....	33
21. Figura 21. Silla Tee, silla Yee.....	33
22. Figura 22. Codo 90° novafort, codo 45° novafort.....	34
23. Figura 23. Accesorios de caída ensamblados, silla Yee-codo45°	
codo90° novafort	35
24. Figura 24. Pozo de inspección, detalle estructural.....	37
25. Figura 25. Cámara 180, refuerzo (araña) del brocal en formaleta.....	37
26. Figura 26. Cámara 178, brocal fundido y terminado.....	37
27. Figura 27. Cámara 246, cilindro fundido y terminado.....	38
28. Figura 28. Características de diseño para fundición.....	38
29. Figura 29. Triturado (grava) ¾” para fundición.....	39
30. Figura 30. Mezcladora a gasolina.....	39
31. Figura 31. Cajones para dosificar de 33*33*33 cm.....	40
32. Figura 32. Filtro izquierdo, geo textil NT 1600.....	41
33. Figura 33. Filtro izquierdo, grava ¾”.....	42
34. Figura 34. Plano estructural en planta de canal reductor de velocidad...	43
35. Figura 35. Plano estructural en perfil de canal reductor de velocidad.....	44

36.Figura 36. Canal reductor de velocidad, acero flejado y amarrado para fundición.....	45
37.Figura 37. Cinta PVC D-22 instalada en el canal reductor de velocidad....	45
38.Figura 38. Mixer y tubería para bombeo de concreto premezclado.....	46
39.Figura 39. Bombeo y vibrado de concreto premezclado.....	46
40.Figura 40. Canal reductor de velocidad, piso y muros fundidos.....	47
41.Figura 41. Vista frontal propiedad privada para construcción de canal reductor de velocidad.....	47
42.Figura 42. Vista trasera propiedad privada para construcción de canal reductor de velocidad.....	48
43.Figura 43. Canal reductor de velocidad terminado y material de retiro.....	48
44.Figura 44. Inundaciones y derrumbos en excavación para canal de reducción.....	49
45.Figura 45. Inicio de limpieza en Box culvert existente.....	51
46.Figura 46. Limpieza terminada en Box culvert existente.....	52
47.Figura 47.Tipo de material del sitio, basura barro y escombros.....	52
48.Figura 48. Tres anclajes construidos sobre la línea de tubería pluvial.....	53
49.Figura 49. Anclaje formateado, espesor de 0,20 m concreto 1:2:3.....	53
50.Figura 50. Acero de refuerzo flejado para fundición de anclajes.....	54
51.Figura 51. Caja colectora lado izquierdo de la vía en la vereda Gonzales.....	55
52.Figura 52. Caja colectora lado derecho de la vía en la vereda Gonzales.....	55
53.Figura 53. Vista de la conducción de desagüe sin fundición de las cajas.....	55
54.Figura 54. Diseño en planta del cabezal de entrega.....	56
55.Figura 55. Diseño en perfil del cabezal de entrega.....	57
56.Figura 56. Formaleta de cabezal de entrega.....	58
57.Figura 57. Acero de refuerzo flejado y amarrado.....	58

LISTA DE CUADROS

	Pág.
1. Cuadro1, topografía y diseño original.....	17
2. Cuadro 2, topografía y diseño ajustados.....	18

1. INTRODUCCION

A continuación se presenta el informe final de lo realizado en la pasantía denominada AUXILIAR DE RESIDENCIA DE OBRA EN EL SUMINISTRO E INSTALACION A TODO COSTO DEL DESCOLE DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA CIUDADELA SAN EDUARDO. En este proyecto se realizaron funciones como auxiliar de ingeniería, participando en gran cantidad de procesos constructivos y de diseño que permitieron llevar a la vida real los conceptos adquiridos durante el recorrido académico. Así, se alcanzó cierto grado de madurez profesional al enfrentarse con problemas prácticos que requieran solución inmediata.

Este trabajo de grado, modalidad de Pasantía es un requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil de la Universidad del Cauca, basándose en el Acuerdo N° 051 de 2001 del Consejo Superior Universitario y la Resolución N° 281 del 10 de junio de 2005 del Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca, los cuales aprueban esta modalidad como trabajo de grado.

Se documentaran todas las actividades realizadas a lo largo de la Pasantía, las cuales fueron: excavaciones manuales y a máquina; control de material suministrado para la realización de diversas actividades; instalación de tuberías NOVAFORT de diferentes diámetros; control de calidad de concretos y rellenos; entre muchos otros procesos aprendidos y desarrollados.

2. JUSTIFICACIÓN

La experiencia juega un papel muy importante en cualquier tipo de campo a desenvolverse, dado que esta permite la realización de todos los procesos en los que se interviene de forma correcta y optimiza el desempeño del personal correspondiente.

Por esto la modalidad de pasantía garantiza al estudiante la obtención de esta experiencia y lo convierte en un elemento más útil en los trabajos a realizar una vez alcance el título de ingeniero civil e ingrese a la vida profesional.

Haciendo referencia a la ingeniería civil es de gran importancia que el estudiante obtenga conocimientos en todos los campos relacionados con la misma, como lo son manejo de materiales, control de procesos constructivos, manejo de personal, además del desarrollo de tareas administrativas y las relaciones con los entes que trabajan en conjunto como lo es la interventoría, comprendiendo a cabalidad el desarrollo correcto de un proyecto.

La participación en el proyecto suministro e instalación a todo costo del descole de red de alcantarillado pluvial Ciudadela San Eduardo como auxiliar de ingeniero residente envuelve muchos de los parámetros ya mencionados, asegurando así que este proceso será de gran aporte para el estudiante.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Desempeñar a cabalidad la función de auxiliar de residencia de obra en el proyecto suministro e instalación a todo costo del descole de red de alcantarillado pluvial Ciudadela San Eduardo durante el periodo de la pasantía.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Aprender acerca de los diferentes procesos constructivos que se deben llevar a cabo en el desarrollo de un proyecto de este tipo.
- Conocer los distintos materiales a usar y obtener los criterios que permitan dar una calificación a estos con el fin de realizar obras de alta calidad.
- Identificar los inconvenientes que se pueden presentar en el desarrollo de las obras y con ello adquirir los conocimientos necesarios para dar solución de forma óptima a cada situación.
- Poner en práctica la mayor parte posible de los conocimientos adquiridos durante el pregrado.
- Revisar que todos los procesos se realicen cumpliendo las normas estipuladas y bajo los parámetros de diseño que se han establecido previamente.
- Representar un apoyo real para la institución con la cual se está realizando la pasantía.
- Aprender las normas técnicas correspondientes a cada uno de los procesos realizados y velar porque se aplique cada una de estas durante la realización de la obra.

4. GENERALIDADES DEL PROYECTO

- **OBJETO DEL PROYECTO**→ El proyecto SUMINISTRO E INSTALACION A TODO COSTO DEL DESCOLE DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN CIUDADELA SAN EDUARDO buscó la canalización de aguas pluviales correspondientes a la ciudadela que alberga 1700 casas en sus tres etapas. Por lo tanto, se diseñó un sistema de alcantarillado, incluyendo un canal de reducción de velocidad, con la finalidad de controlar las fuerzas que podrían alcanzar las aguas de escorrentía debido a los aguaceros torrenciales que se pueden presentar en la ciudad de Popayán. Así, se buscó la correcta realización de la obra y su ejecución total. Fue de vital importancia tener en cuenta la mitigación de los problemas que se podrían generar a futuro como consecuencia de la construcción de la ciudadela mencionada.
- **CONTRATANTE**→ la empresa constructora IC PREFABRICADOS S.A de la ciudad de Cali es el ente contratante que estuvo encargado de la construcción de la CIUDADELA SAN EDUARDO ubicada en la ciudad de Popayán a la entrada al barrio La Paz.
- **CONTRATISTA** → la obra fue realizada por la empresa PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES DE OCCIDENTE- OCCIVILES S.A con Nit 900135121-8 cuyo representante legal es el Ingeniero JUAN CARLOS CANENCIO SANCHEZ.

Esta empresa se encargó de llevar a cabo la total ejecución de la obra y además fue responsable de la afiliación del pasante a seguridad social y riesgos profesionales como está estipulado en el acuerdo de pasantía.

- **CONTRATO** → se realizó la ejecución de esta obra bajo el contrato N° 314CC42631.
- **DURACION PASANTÍA**→ el desarrollo de las actividades que se realizaron en la pasantía tuvieron una duración de 640 horas en el segundo semestre de 2015, las cuales se distribuyeron de acuerdo a la disponibilidad de tiempo del pasante y fueron cumplidas a cabalidad.
- **LUGAR** → el proyecto se desarrolló a lo largo de la vereda González (Cll 66 # 10-89) iniciando en el desemboque al río Cauca, en

proximidades a las piscinas de Comfacauca (barrio Los Angeles), extendiéndose a lo largo de la vereda mencionada hasta llegar a los terrenos correspondientes a ciudadela San Eduardo en proximidades al barrio La Paz. Se debe tener muy en cuenta que para la realización de esta obra se atravesaron predios pertenecientes a los habitantes de la zona y por lo tanto se debió mitigar al máximo los daños que se pudieran generar a medida de que se ejecutaron los procesos constructivos. Se inició el proyecto en la GRANJA INEM, institución educativa de la zona.

5. ACTIVIDADES A REALIZAR

Durante este proyecto se realizaron labores constructivas de principio a fin, pero de la mano a estos procesos se requirió el desempeño del pasante en tareas como:

- Chequeo de nivelación de terreno y toma de topografía que fueron los procesos fundamentales para dar inicio a la construcción.
- Manejo de planos, ya sea para dibujo en AUTOCAD o para lectura y aplicación de diseños en obra.
- Cálculos de volúmenes de excavación, anchos de zanja, diámetros de cámaras, cámaras de caída, y todo esto basando en las normas que rigen el diseño y construcción de alcantarillados.
- Control y diferenciación de materiales resultantes de las excavaciones con la finalidad de aplicar conocimientos de geología y de materiales a su uso o no en los procesos constructivos.
- Control de procesos constructivos para cumplir a cabalidad los diseños establecidos y que se obtuviera la calidad pertinente a la obra en proceso.
- Manejo de personal, distribución de tareas, control de trabajo con elementos de seguridad, control de asistencia y desempeño laboral.
- Relación con la interventoría con el fin de desarrollar el proyecto de la forma correcta y con la aceptación de los entes de control, avanzando siempre con todos los cambios y parámetros aceptados.
- Aplicación de conocimientos teóricos durante los cambios que se debieron realizar a los diseños establecidos como base al aplicarse todo a terreno real.
- Manejo de la comunidad antes durante y después de la ejecución de los procesos constructivos requeridos, logrando que fuese lo menos traumático posible el desarrollo de la obra para los habitantes de la zona.

- Controles de la correcta realización de procesos de fundición, asegurando que se alcanzaran las resistencias de diseño y que se construyeran elementos eficientes y duraderos para el sistema.

6. DESCRIPCION DEL PROYECTO

Ciudadela San Eduardo es un proyecto impulsado por la Gobernación del Cauca con la finalidad de subsidiar viviendas para los habitantes de la ciudad de Popayán.

Esta obra se realizó al norte de la ciudad en el barrio La Paz y cuenta con un área total de 278.931 m² de terreno para ser ejecutada dividiéndose en tres etapas de la siguiente manera:

- Etapa 1 → 692 casas Etapa 2 → 692 casas Etapa 3 → 370 casas.

Para un total de 1754 viviendas de interés social que serán entregadas a la población.

El sistema de alcantarillado pluvial está diseñado para la correcta recolección y conducción de las aguas generadas debido a las posibles lluvias torrenciales que se generan históricamente en la ciudad de Popayán. También se tuvo en cuenta las pendientes tan elevadas del sitio. Con base en todo, esto se diseñó con una capacidad aproximada de 2.0 m³/s, caudal que es el resultado de la unión de los caudales recolectados en las tres etapas mencionadas.

El diseño de la obra ejecutada fue realizado por los Ingenieros Magister en Aguas JHON CALDERON Y NAPOLEON ZAMBRANO, quienes acompañaron el desarrollo de la misma durante todo el proceso, siendo de gran apoyo en momentos de definición de cambios significativos. La Figura 1 muestra la ciudadela San Eduardo.

Figura 1. Ciudadela San Eduardo.

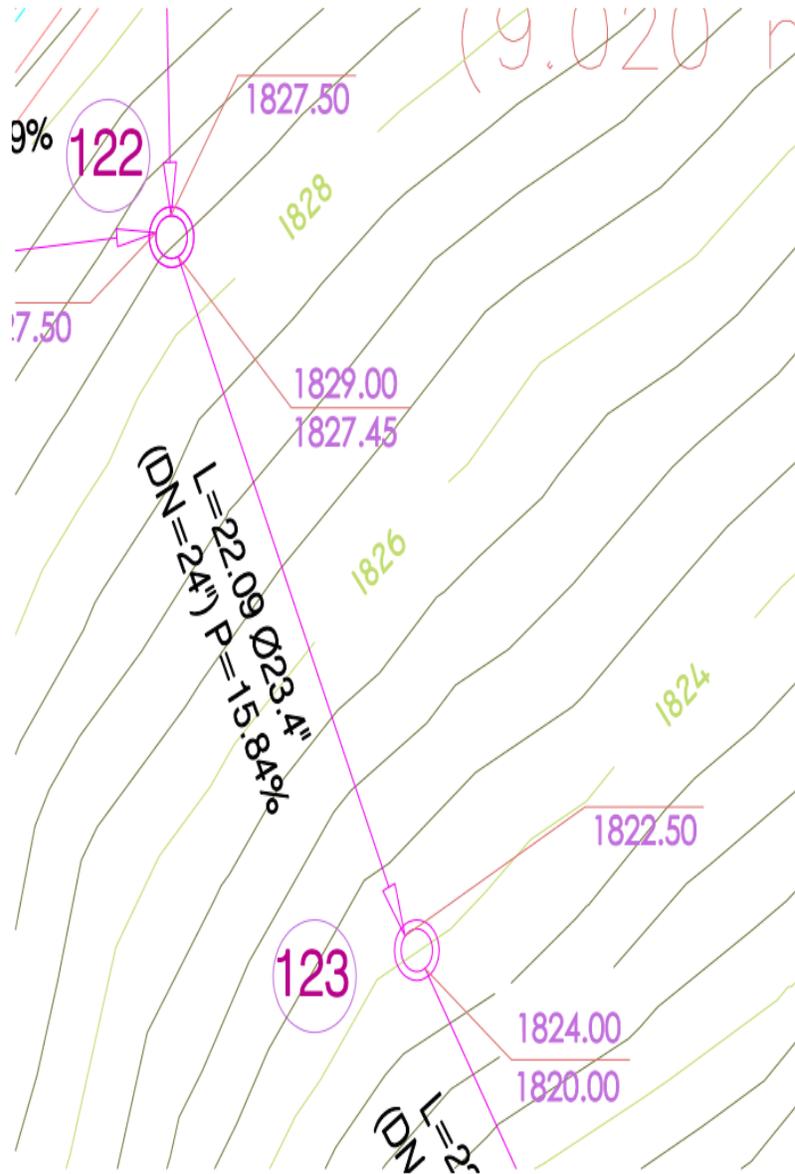


La obra consistió en la instalación de colectores compuestos por tubería NOVAFORT de diferentes diámetros con pendientes adecuadas para el correcto funcionamiento del sistema. Los colectores se conectan por medio de cámaras de inspección instaladas cada cambio de dirección o de pendiente en cada tramo y las cuales tienen características específicas dependiendo de los diámetros y las alturas correspondientes dentro del diseño.

Es fundamental dentro de estos procesos que se respetar totalmente los parámetros originales ya que depende de estos que el sistema funcione como se espera teóricamente, dentro de estos puntos están las longitudes de los tramos, pendientes, diámetros, entre otros.

Inicialmente se tenía contemplada solamente la construcción del trayecto correspondiente al descole del alcantarillado pluvial a partir de la cámara 122 hasta el cabezal de entrega en el río Cauca, pero a lo largo del desarrollo de la obra se adicionó la instalación de un tramo más llegando así hasta la cámara 120 (pluvial) ubicada en el inicio de la etapa 2 de la Ciudadela San Eduardo. Sumado a esto se realizó la instalación del alcantarillado sanitario desde la cámara 122 (sanitaria) que también se encuentra ubicada en el inicio de etapa 2, hasta la cámara 278 existente y ubicada en la GRANJA INEM, la cual tiene una salida de 18" (Figura 2).

Figura 2. Características correspondientes tramo 122-123 pluvial.



El proyecto cuenta con un canal de reducción de velocidad en concreto reforzado en el sistema de alcantarillado pluvial el cual recibirá las aguas recolectadas de las 3 etapas en tubería novafort de 24" y conducirá este caudal hacia el descole disminuyendo la velocidad del flujo notablemente al trabajar formando un resalto hidráulico que ahogara la fuerza generada por las pendientes del terreno, además de que la salida será en un diámetro mayor reduciendo aún más la velocidades posibles, el diseño y la ejecución de esta estructura se explica en el punto 9.

Debido a las pendientes entre 15-30 %, consideradas muy altas en la zona se planeó la instalación de cámaras de caída cuando las diferencias entre bateas de dos tuberías superaran el límite establecido en la RAS 2000 para cámaras de inspección (H= 0.75 m), permitiendo así controlar los caudales muy grandes para que no generen daños futuros en la estructura interna de los cilindros.

Debido a la ubicación de algunos tramos los trabajos se realizaron solamente de forma manual ya que fue imposible el ingreso de maquinaria hasta el sitio, ya que se tenían pendientes importantes y no se contaba con un espacio adecuado para el tránsito, esto al estar colindando con el río Cauca, como consecuencia algunos procesos llevaron un gasto de tiempo muy grande para su realización.

7. DESARROLLO Y EJECUCION DE LA OBRA

El proyecto construido se encuentra definido en la *RAS 2000* como un Alcantarillado Separado. Este sistema está constituido por un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas lluvias que recolectan en forma independiente en un mismo sector. Concretamente, en el proyecto se tienen estas dos líneas de alcantarillado en forma paralela prácticamente en su totalidad.

La obra se inició el día lunes 13 de julio de 2015 en las instalaciones de la GRANJA INEM con la localización y replanteo pertinentes, para ubicar correctamente por coordenadas el emisario final, lugar en donde se construiría el cabezal de entrega y desde donde se empezaron las labores en orden ascendente hasta llegar a la Ciudadela San Eduardo en el barrio La Paz.

Se extrajeron los datos de los tramos iniciales de los planos generados por el departamento de diseño de la constructora IC PREFABRICADOS S.A y se procedió a realizar las nivelaciones correspondientes a los mismos en terreno para iniciar con la instalación.

7.1 LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO

Cuando se realizaron los levantamientos topográficos mencionados, se encontraron diferencias significativas entre las cotas de los planos y las cotas halladas en terreno. Debido a esto, fue necesario hacer cambios en el diseño inicial conservando siempre los parámetros dentro de los rangos permitidos en la construcción de un alcantarillado.

Pero las inconsistencias con la topografía del lugar se siguieron presentando en todos los tramos del sistema dando lugar a un replanteo de diseño obligatorio ya que las variaciones se encontraron en las longitudes de los tramos, los niveles de terreno, las ubicaciones con coordenadas de los puntos, entre otros parámetros. Con base en toda esta diferencia entre el terreno y el diseño planteado se optó por realizar una nivelación total correspondiente a los 18 tramos de la red pluvial y a los 12 tramos de la red sanitaria. Con la información recolectada se procedió a hacer un chequeo comparativo de diseño con respecto al terreno real para obtener una idea concreta y confiable de los trabajos a realizar a lo largo del proyecto.

Este chequeo es fundamental para la realización de la obra por dos razones:

a) Permite realizar las instalaciones correspondientes de forma segura y exacta permitiendo conservar y ejecutar el diseño del proyecto a cabalidad, siendo este el punto fundamental a tener en cuenta para que una vez concluida la fase constructiva pertinente se entregue una obra civil funcional y eficiente que desarrolle de forma total el trabajo para el cual está proyectada.

b) Al obtener la topografía real de la zona se logró revisar el contrato N° 314CC42631 del proyecto SUMINISTRO E INSTALACION A TODO COSTO DEL DESCOLE DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN CIUDADELA SAN EDUARDO en lo concerniente a las cantidades establecidas inicialmente en todos los procesos necesarios como excavaciones, encamados, instalación de tubería, rellenos, fundiciones, entre otros. Todo lo anterior, con la finalidad ajustar el contrato mencionado para darle la capacidad económica necesaria para el correcto pago de las diferentes actas generadas con los avances de obra, asegurando de esta forma el cubrimiento total de todos los ítems a ejecutar. La topografía y los diseños original y ajustado se presentan en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro1. Topografía y diseño original.

PUNTO	TRAMO	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	CB SALIDA	CB LLEGADA	CT INICIAL	CT FINAL
1	120-122	87	17,24	1842,5	1827,5	1845.50	1829.00
2	122-123	22,3	22,20	1827,45	1822,5	1829.00	1824.00
3	123-126	20	22,50	1820	1815,5	1824.00	1818.00
4	126-128 (CANAL)	16,9	0,59	1815,5	1815,4	1818.00	1817.50
5	128-200	23,1	6,19	1815,4	1813,97	1817.50	1815.97
6	200-202	40,6	5,47	1813,92	1811,7	1815.97	1814.65
7	202-204	36,2	4,50	1811,65	1810,02	1814.65	1814.64
8	204-206	30	2,93	1809,97	1809,09	1814.64	1811.38
9	206-208	12	5,00	1807,38	1806,78	1811.38	1809.30
10	208-210	12	8,08	1805,3	1804,33	1809.30	1808.21
11	210-211	36,1	3,05	1804,21	1803,11	1808.21	1805.90
12	211-212	24	9,58	1801,9	1799,6	1805.90	1801,6
13	212-214	23	20,00	1796,6	1792	1801,6	1794.00
14	214-216	11,5	3,30	1789	1788,62	1794.00	1791.14
15	216-218	45,2	7,90	1788,57	1785	1791.14	1787.00
16	218-220	26,3	2,40	1784,95	1784,32	1787.00	1786.50
17	220-222	63,26	6,75	1784,27	1780	1786.50	1780.00
18	222-224	38,2	3,06	1777,95	1776,78	1780.00	1778,78

Cuadro 2. Topografía y diseño ajustados.

PUNTO	TRAMO	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	CB SALIDA	CB LLEGADA	CT INICIAL	CT FINAL
1	120-122	87	18,10	1843,45	1827,7	1846,61	1828,59
2	122-123	22,3	22,20	1827	1822,05	1828,59	1823,98
3	123-126	20	23,20	1819,58	1814,94	1823,98	1816,94
4	126-128 (CANAL)	16,9	0,59	1814,94	1814,84	1816,94	1816,84
5	128-200	23,1	4,72	1814,84	1813,75	1816,84	1816
6	200-202	40,6	3,25	1813,7	1812,38	1816	1814,98
7	202-204	36,2	3,31	1812,33	1811,13	1814,98	1814,73
8	204-206	30	3,20	1811,08	1810,12	1814,73	1814,37
9	206-208	12	6,58	1810,07	1809,28	1814,37	1812,23
10	208-210	12	11,17	1809,23	1807,89	1812,23	1809,89
11	210-211	36,1	6,23	1805,89	1803,64	1809,89	1805,64
12	211-212	24	9,46	1801,64	1799,37	1805,64	1801,37
13	212-214	23	20,00	1796,6	1792	1801,37	1796,025
14	214-216	11,5	17,00	1791,025	1789,07	1796,025	1791,26
15	216-218	45,2	7,88	1788,57	1785,01	1791,26	1787,85
16	218-220	26,3	2,40	1784,96	1784,33	1787,85	1786,99
17	220-222	63,26	6,69	1784,28	1780,05	1786,99	1783,2
18	222-224	38,2	8,77	1780	1776,65	1783,2	1778,78

Con ayuda de estos cuadros comparativos se muestra la información original de diseño y los cambios generados por la topografía real de terreno. Se observan cambios inicialmente de 3 m y estos se siguen presentando a lo largo del proyecto con alturas entre los 0,5 y los 3 m entre las cotas reales y las planteadas.

Además estos cuadros nos permiten observar las variaciones aplicadas a las pendientes de los tramos, las cuales en lo posible se trataron de conservar iguales al diseño original con la finalidad de que el funcionamiento de la red de alcantarillado en conjunto fuera el esperado teóricamente y no causarle variaciones que podrían repercutir en el comportamiento del flujo tratado, criterio que para pendientes bajas o mínimas sería de mucha importancia ya que bajar (disminuir la inclinación del tramo) una pendiente mínima puede llevar a dejarlo recto y hasta llegar a un error de contraflujo en la instalación, situación que colapsaría el funcionamiento de la red y generaría pérdidas de tiempo, dinero, y lo más crítico retrasos en la entrega de la obra terminada ya que estos puntos mal instalados crean una reacción en cadena que puede terminar en la mala ejecución de toda la obra si no se tiene en cuenta este error puntual.

El proyecto consistió en la instalación del descole un sistema de alcantarillado pluvial correspondiente a la obra ciudadela san Eduardo ubicada en el barrio la paz, para llevarlo a cabo se realizaron los siguientes procesos constructivos:

7.2 EXCAVACIONES

Para realizar la instalación de tubería tanto pluvial como sanitaria las excavaciones deben asegurar profundidades suficientes para cumplir con las normas establecidas en la RAS 2000, estas indican que deben conservarse rellenos por encima de la cota clave de los colectores superiores a 0,75 m para vías peatonales y zonas verdes, pero para vías automovilísticas este relleno debe ser mínimo de 1,20 m de espesor.

Las excavaciones para alcantarillado se rigen por el ancho de zanja establecido como normatividad el cual corresponde al diámetro de la tubería a instalar más un espacio de 0,20 m a cada lado de la misma, de esta forma el ancho de zanja para una tubería de 24" sería igual a los 0,60 m de su diámetro más 0,40 m, para un total de 1,0 m como se indica en la Figura 3.

En este proyecto se trabajaron diámetros de 33", 30", 24", 12", 10", 8" y 6", entre las redes sanitaria y pluvial. Por lo tanto se manejaron anchos de zanja de 1,30 m, 1,20 m, 1,0 m, 0,70 m (con este se trabajaron los diámetros de 12", 10", 8" y 6" conservando un espacio lógico de trabajo y seguridad en el proceso constructivo).

Figura 3. Tramo 220-218 pluvial, ancho de zanja 1,30 m.



Las excavaciones pueden realizarse de forma manual o con ayuda de maquinaria. La excavación manual se convierte en la única forma de trabajo en lugares de difícil acceso para maquinaria, por esto se trabajó un gran porcentaje de tramos de esta forma ya que la localización inicial o final del proyecto, dependiendo del sentido con el cual se le mire, fue en la vereda Gonzales en la institución GRANJA INEM, colegio del lugar en donde fue totalmente imposible ingresar maquinaria.

Este tipo de excavación (Figura 4), permite un impacto menor en el suelo a trabajar, permitiendo así una mayor estabilidad en los taludes de la zanja, punto que es de vital importancia para la prevención de derrumbos que pueden significar pérdidas de trabajo pero ante todo pérdidas humanas en cualquier momento. El punto en contra de esta modalidad es el rendimiento, el cual se ve reducido en gran forma comparado con el que puede generar el uso de una excavadora (Figura 5).

Figura 4. Tramo 224-222, excavación manual.



Figura 5. Tramo 216-214, 276-274, excavación a máquina.



El tipo de suelo que se encuentra juega un papel muy importante para decidir cómo se deben trabajar las excavaciones, ya que si se encuentra material orgánico a profundidad debe entibarse totalmente la zanja debido a la inestabilidad que este va a generar. Por otro lado si se encuentra suelo amarillo con características óptimas de compactación a profundidades pequeñas no será necesario la entibación de la zanja apoyándonos en la estabilidad característica del suelo. De todas formas y aunque se encuentre suelo de gran calidad en el sitio la normatividad establece para estas excavaciones que en profundidades mayores a 1,5 m deben usarse entibados como prevención de derrumbos y cierres en el sitio de trabajo, procurando siempre evitar la pérdida de vidas humanas. Se indica el ejemplo de entibación en la Figura 6.

Figura 6. Tramo 248-246, alcantarillado sanitario 8”.



Otro tipo de suelo que se encontró fue de tipo conglomerado (o rudita), el cual tiene una composición de rocas redondeadas y restos de otros tipos de rocas formando una capa dura y compacta que ofreció una resistencia mucho mayor a la excavación que un suelo amarillo u orgánico, reduciendo así el rendimiento de la misma, siendo esto un dato a tener en cuenta para cálculos de tiempos de obra, volúmenes de excavación, costos de excavación, entre otros (Figura 7).

Figura 7. Tramo 224-222, material conglomerado.



El nivel freático genera un problema muy fuerte cuando se encuentra a profundidades bajas de excavación ya que indica que toda esta se encontrara acompañada del mismo, la presencia de este origina un inconveniente para la extracción de material ya que se crean formaciones de barro de difícil manejo. Sumado a esto el hecho de que se produzca un estancamiento de flujo en la zanja debido a la difícil extracción del mismo conlleva a la debilitación de los taludes por la absorción y posterior expansión de material, lo cual finalizara en los derrumbes de las paredes de la zanja como se ve en la Figura 8.

Estos derrumbos deben tenerse en cuenta por distintos motivos, entre los principales esta la pérdida de vidas humanas, situación a evitar a todo costo. Pero otro punto a tener en cuenta son los sobre costos generados por estos sucesos, ya que la re apertura de la zanja conlleva tiempo, mano de obra y un doble trabajo con el mismo material. Por lo que el material derrumbado esta suelto, la cantidad de este a tener en cuenta para cobro de acta será la mitad del trabajado debido a su facilidad para la extracción.

Figura 8. Nivel freático, tramo 222-220.



En el desarrollo del proyecto CIUDADELA SAN EDUARDO, en las obras correspondientes a la instalación del alcantarillado se encontraron niveles freáticos a profundidades medias de 2,5 a 3,0 m. Estos flujos encontrados fueron manejados mediante el uso de motobomba y realizando la instalación de los tramos tubo a tubo con la finalidad de no abrir pasos de agua demasiado grandes que serían de difícil control. Esos puntos de niveles freáticos debieron ser bien definidos para evitar la irrupción con las excavaciones en nacimientos naturales, los cuales deben ser conservados o tratados antes de llevar a cabo cualquier tipo de proceso constructivo.

El proyecto se trabajó en forma ascendente desde el emisario final al punto de unión de las etapas en los colectores de intersección de los diferentes frentes (canal de reducción, cámara 126s) por lo tanto tiene como punto de inicio la llegada del tramo final del alcantarillado pluvial en el cabezal de entrega (224) ubicado en el río Cauca en intersección entre la vereda Gonzales y la urbanización los Ángeles en la ciudad de Popayán. Al terminar la instalación de los primeros 4 tramos pluviales se procedió a iniciar la conexión de la red de alcantarillado sanitario en la cámara 278s existente en el terreno y a la cual nos dirige el diseño, esta cámara de inspección tiene una profundidad de 4,02 m y un diámetro de salida de 18”.

En este punto, es decir a partir de la cámara 276s y la 216p se inicia un tramo doble de alcantarillado pluvial y sanitario, como los ejes de las dos líneas se encuentran a una distancia de 1,70 m se decidió hacer una excavación doble para realizar la instalación de los dos tramos (pluvial y sanitario) de forma simultánea y así procurar avanzar con las dos líneas al tiempo. Otra razón por la cual se tomó esta decisión y la cual es muy significativa es el hecho de que al realizar la excavación pluvial e instalar la tubería, cuando se realiza el relleno y se procede a excavar para la línea sanitaria el talud restante entre el relleno y la nueva excavación es de aproximadamente 0,60 m, siendo esto muy poco para resistir los esfuerzos generados debido a los trabajos en la zanja paralela, por lo tanto representa un peligro constante para los obreros que se encuentren perfilando, encamando, rellenando o pegando tubería, esto incluso realizando un entibado cuidadoso en el lugar. Por todo esto se decidió realizar una excavación con un ancho total de 2,65 m cumpliendo con las normas de ancho de zanja para cada línea como se muestra en la Figura 9.

Figura 9. Tramo 212-211, 272-270. Excavación doble, ancho 2,65 m.



Los cilindros para las cámaras de inspección deben ser excavados preferiblemente a mano para asegurar un diámetro exterior exacto y evitar el uso de formaleta

externa, además de esto se evita el relleno posterior de los apiques abiertos con máquina para la fundición de la recámara (Figuras 10 y 11).

Figura 10. Cámara 218, excavación manual.



Figura 11. Cámara 220, nivel freático a baja profundidad



7.3 ENCAMADO O CIMENTACIÓN

Las líneas de colectores deben ser instaladas sobre una superficie uniforme que permita no solo dar sino también conservar de forma permanente las pendientes originales de diseño en cada tramo, lo cual es fundamental para el correcto comportamiento bajo condiciones de funcionamiento de las obras ejecutadas.

Esta uniformidad puede dársele a la zanja de diferentes formas, una de ellas es realizar un relleno compactado como base para la línea con un espesor de 10 a 15 cm sobre el ancho total de la zanja lo largo de la excavación correspondiente al tramo.

También puede compactarse la sección correspondiente al diámetro externo del colector, dando así firmeza exactamente a la zona sobre la cual quedara instalada la tubería.

Los encamados deben realizar con material filtrante para asegurar que no se generen asentamientos a lo largo de la tubería que podrían finalizar en empozamientos en el flujo a tratar y fallas en el funcionamiento del sistema.

Se pueden usar diferentes tipos de materiales dependiendo del estado de la zanja a trabajar, se tienen los siguientes:

- Arena de peña: material de tipo plástico que puede usarse como cimentación de la línea en casos donde se encuentre totalmente limpia la zanja de nivel freático debido a su condición plástica la cual la hace inservible bajo este estado. El material debe tener un porcentaje fino menor al 20% para su utilización (Figura 12).
- Sub base: material grueso con un porcentaje fino pequeño que nos permite trabajar en condiciones de humedad leve ya que no presenta asentamientos importantes, pero cuando los niveles freáticos sean pronunciados debe optarse por no hacer uso de este material (Figura 13).
- Gravilla: material netamente grueso que permite trabajar en condiciones totales de humedad ya que no se ve afectado en su composición y por ende no generara desniveles en las pendientes que deben tener las tuberías cimentadas sobre ella (Figura 14). Permite trabajar en la zanja actuando como filtro de evacuación del agua presentada.

A lo largo del proyecto se usaron de estos tres tipos de material para cimentar las tuberías instaladas dependiendo de las características del suelo que se encontraban al realizar las excavaciones correspondientes procurando dar la mayor seguridad a los procesos realizados.

Figura 12. Tramo 250-248 S, cimentación con arena de peña.



Figura 13. Tramo 218-216, encamado con sub-base granular



Figura 14. Tramo 126-182, cimentación con gravilla por presencia de nivel freático.

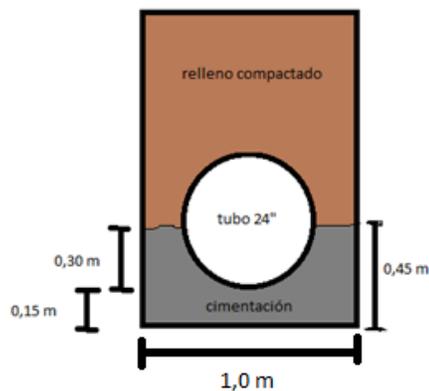


El diseño indicó que la cimentación en este proyecto debería ser con un espesor de 15 cm sobre el cual se soporta la tubería y además debería llevar una cimentación lateral hasta una altura de medio tubo, sea cual sea el diámetro del colector.

De acuerdo a esto los volúmenes de material de encamado a usar en cada zanja deben calcularse con estas alturas y con la diferencia del volumen de la mitad de la sección de la tubería.

Entonces, para una tubería de diámetro 24" se tendría el esquema que se enseña en la Figura 15 y sería.

Figura 15. Tipo de cimentación según diseño.



$$V_{\text{cilindro}} = A_{\text{base}} \cdot h = \pi \cdot r^2 \cdot h = \pi \cdot 0,30^2 \cdot 1,0 = 0,28 \text{ m}^3 / \text{ml}$$

$$V_{\text{semicilindro}} = 0,14 \text{ m}^3 / \text{ml}$$

$$V_{\text{cuadrado}} = A \cdot H \cdot L = 1,0 \cdot 0,45 \cdot 1,0 = 0,45 \text{ m}^3 / \text{ml}$$

$$\rightarrow V_{\text{cimentación}} = 0,45 \text{ m}^3 / \text{ml} - 0,14 \text{ m}^3 / \text{ml} = \mathbf{0,31 \text{ m}^3 / \text{ml}}$$

Es decir que para un tramo de 38,20 ml y tubería de 24" se requiere un total de 11,84 m³, cubriendo así la totalidad correspondiente al diseño presentado.

7.4 MANEJO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA Y ACCESORIOS

La tubería correspondiente al diseño para el *descole de la red de alcantarillado pluvial y sanitario en Ciudadela San Eduardo*, es toda de tipo novafort, esta tubería está formada por un sistema de doble pared siendo lisa la pared interna y corrugada la pared externa, con la finalidad de dar un mayor agarre entre la tubería y el material de relleno compactado, evitando así un deslizamiento futuro de los tubos.

Su estructura permite asegurar diferentes características que son obligatorias para las instalaciones de las mismas bajo tierra y en condiciones de flujo libre, muchas de estas dependen del material con el cual son fabricados y los distribuidores aseguran su calidad en todos los aspectos necesarios, estos parámetros son:

- Flexibilidad → esta característica permite afrontar las condiciones que puedan presentar los suelos en los cuales se realiza la instalación, ya sea con asentamientos o deflexiones propias del mismo, siendo esta una característica importante para que no se generen desplazamientos fuertes que pongan en riesgo la vida útil de la tubería.
- Corrosión → los materiales que conforman estos tubos son considerados inertes químicamente, es decir que son químicamente no activos al contacto con las sustancias que puedan transportar los flujos a transportar en los sistemas instalados. De esta forma se logra asegurar el buen comportamiento bajo condiciones de trabajo.
- Impermeabilidad → la total hermeticidad de los tubos novafort da al sistema la capacidad de estar totalmente sellado evitando la pérdida de flujo transportando, siendo esto un punto que afecta directamente el funcionamiento del sistema como está diseñado. Por otra parte la infiltración

en los empalmes repercute en el humedecimiento del material de relleno lo cual conllevará a asentamientos en terreno y en las estructuras del lugar, poniendo en riesgo la estabilidad de los mismos.

- Abrasión → el diseño liso de la pared interna de este tipo de material permite que presente una baja resistencia frente a los sólidos que son transportados por el flujo manejado en el sistema, esto permite que el desgaste sea mínimo internamente y la vida útil de la tubería sea conservada.

Estos, entre muchas otras características permiten que esta clase de tubería sea de óptimo rendimiento para las instalaciones de redes de alcantarillado, dando al sistema una vida útil aproximada de 50 años bajo condiciones de instalación establecidas en la norma técnica.

El reglamento *RAS 2000* establece que para alcantarillado sanitario el diámetro mínimo a utilizar debe ser de 8", y de ahí en adelante se utilizan para ambas redes de alcantarillado diámetros de 8", 10", 12", 16", 18", 24", 27, 30", 33", 36".

A lo largo del proyecto se utilizaron para alcantarillado sanitario diámetros de 12", 10", 8", 6" (caídas en cámaras) para los colectores.

Para la red pluvial se utilizaron diámetros de 33", 30", 27", 24", 8" (caídas en cámaras) para los colectores.

Los diámetros se fueron aumentando en el sistema a medida de que el caudal a transportar es aumentado, esto puede deberse a la conexión de nuevas redes durante el desarrollo de los tramos o el paso por zonas de infiltración al sistema como sumideros que lleven más flujo a la línea en cuestión y por ende se va a requerir un diámetro mayor que maneje correctamente el nuevo caudal a partir del punto interferido.

Los empalmes en este tipo de tubería se realizan mediante el espigo y la campana entre dos tubos, debe llevar el hidrosello correspondiente para hermetizar completamente la unión. Se deben lubricar ambas partes para permitir el empate de forma correcta y no traumática para los tubos a trabajar. En el desarrollo de este proyecto de uso lubricante tipo BEG color azul (grasa, Figura 16) en todos los empalmes y un punto a tener en cuenta fue siempre la revisión del estado de las campanas, los espigos y los hidrosellos antes de unir dos tubos.

Figura 16. Lubricante para empalme de tubería.



Según la *RAS 2000* las profundidades máximas para la instalación de tubería de alcantarillado son de cinco metros, pero con la tecnología de tubos novafort se asegura una resistencia mayor a las presiones externas que el terreno puede generarle a las líneas instaladas, ya sea con los rellenos o flujos que se puedan presentar a futuro. Gracias a esto se pueden instalar líneas con tubería novafort a profundidades de hasta nueve metros.

La instalación de los tubos en las cámaras de inspección debe asegurar total impermeabilidad para que no se produzcan infiltraciones en las boquillas de estos puntos, para esto debe instalarse siempre un espigo y no una campana en la llegada a los pozos, además debe colocarse un hidrosello en la mitad del espesor del muro de la recámara para que quede totalmente embebido y sellado este punto de unión como se indica en la Figura 17.

Figura 17. Cámara 218 fundida, empalme tubería 33”.



La mala manipulación de la tubería repercute en pérdidas monetarias de gran monto ya que un tubo novafort de 24" tiene un valor que oscila entre los dos y los dos millones y medio, es decir, que son pérdidas considerables en el desarrollo de una obra y por las cuales se debe tener un cuidado especial con el lugar de almacenamiento, la forma de transporte, forma de instalación en la zanja, y proceso de ensamble entre tubos para evitar daños, (Figura 18, 19,20).

Lo adecuado es iniciar las instalaciones de las redes en forma ascendente, es decir, iniciando desde el punto de llegada o emisario final hasta el punto de unión a las redes domiciliarias, debido a esto, las líneas colectoras deben ser instaladas iniciando desde el espigo en el primer tubo hacia la campana, realizando el ensamble y continuando de igual forma hasta llegar al siguiente punto. De esta forma nos aseguramos de que al cortar los tubos con la longitud de llegada la parte restante del mismo contenga la campana, permitiendo así su uso futuro en otros proyectos y que no se pierda el material.

Figura 18. Tubo tapado con material pesado.



Figura 19. Tubo quebrado por mala manipulación.



Figura 20. Tubo con campana rota.



De acuerdo al diseño del proyecto se tenían inicialmente 5 cámaras de caída para la red pluvial y 3 para la red sanitaria.

Las cámaras de caída son estructuras diseñadas para el control del impacto que se genera por la caída del flujo, el cual puede dañar la estructura de construida en sistemas de alcantarillado. La norma según la RAS 2000, es que para diferencias entre bateas de entrada y salida mayores a 0,75 m deben construirse este tipo de pozos de inspección con la finalidad de que el flujo sea dividido en 2 a la hora de entrar en la cámara y así generar un colchón de agua que permite disipar la energía producida por la caída proveniente del colector principal.

La construcción de este tipo de pozos de inspección requiere de una serie de accesorios que permite conformar la “caída” correspondiente en cada caso y estos pueden ser variables de acuerdo a lo que se busque. Entre estos están las sillas Tee o Yee con diámetros correspondientes a los colectores en cuestión (Figura 21), están los codos de 90° y 45° con diámetros variables para la instalación de la tubería en la caída (Figura 22), hidrosellos para el sello completo de los empalmes y tubería para hacer la conducción.

Figura 21. Silla Tee, silla Yee.



Figura 22. Codo 90° novafort, codo 45° novafort.



Para la instalación de los accesorios que conforman las cámaras de caída primero se marcó el punto en el cual debe acoplarse la silla para realizar el corte en el colector que llega a la cámara y dejar el orificio para la salida del flujo, después de esto se impermeabilizó la unión de la silla al tubo con *sikaflex* y se aseguró con abrazaderas para que quedara fijo el empalme. Como paso a seguir se instaló un niple de tubería con la longitud requerida para llegar 5 cm por encima de la batea mínima de la cámara, es decir, de la batea de salida en este punto. A este niple se une un codo de 45° o 90° dependiendo del tipo de caída, y posteriormente se conecta con otro niple del mismo diámetro el cual da la llegada hasta la pared del pozo.

En este proyecto se usaron sillas Tee de 27" * 8" para la construcción de las cámaras de caída en la red pluvial, estas son fabricadas bajo pedido, hecho que es muy importante tenerlo en cuenta en la proyección de la obra para que se cuente con la disponibilidad de materiales en el momento necesario. Como complemento se usaron codos de 90° * 8" para el cambio de dirección.

Las cámaras de caída en esta red son la 214, 212, 211, 206 y 123, siendo las primeras 4 para manejar colectores de 30" y la restante de 24".

Para la red sanitaria se usaron sillas Yee de 12" * 6", diámetros que son mucho más comerciales por lo que su adquisición es rápida. En este caso se usaron dos codos, uno de 45° * 6" y otro de 90° * 6" para los dos cambios de dirección necesarios debido a la inclinación inicial que da la silla Yee (Figura 23).

Las cámaras de caída en este caso son la 274, 272 y la 126, manejando los dos primeros colectores de 12" y el restante de 10".

Para la red pluvial se manejaron inicialmente 4 tramos con tubería de 33" partiendo desde el emisario final o cabezal de entrega 224 hasta la cámara 216, a partir de esta llegada se instaló tubería de 30" llegando al punto de empalme en el canal de reducción de velocidad llamado 128 (salida). De acuerdo a esto se tienen construidas con diámetro de 1,90 m (externo) las cámaras 222, 220, 218, 216, 214, 212, 211, 210, 208, 206, 204, 202 y 200, con alturas variables desde los 2,5 m hasta las 5,0 m.

El punto 128 no es una cámara de inspección, solo demarca la salida del canal reductor de velocidad pero no hay acceso ni marcación especial.

A partir de este punto las cámaras tienen un diámetro externo de 1,60 m como lo establece la norma. Entonces las cámaras 126, 123, 122, 120, 118 y 42 tienen estas características.

Como se mencionó anteriormente la red sanitaria inicia en la cámara 278 existente en predios de la granja inem, colegio de la zona. Esta cámara tiene una salida con diámetro de 18" y la llegada instalada fue de 12", por lo tanto todas las recamaras a partir de ahí se construyeron de 1,60 m de diámetro exterior, es decir, las cámaras 276, 274, 272, 270, 268, 266, 264, 262, 260, 126, 124, 122 y 54.

Estos pozos de inspección están compuestos por un piso con espesor de 0,20 m, el cilindro con altura variable con respecto al diseño en particular que se esté trabajando y un brocal reforzado con espesor de 0,25 m con una tapa en concreto. Sobre el piso debe construirse una cañuela que permita dar dirección al flujo en el sentido de la salida de la cámara, evitando así daños en el cilindro interno por la fuerza y forma de llegada del flujo.

El refuerzo está hecho con acero de 3/8" en "chipa" y se denomina la "araña" del brocal (Figura 24, 25, 26 y 27).

Figura 24. Pozo de inspección, detalle estructural.

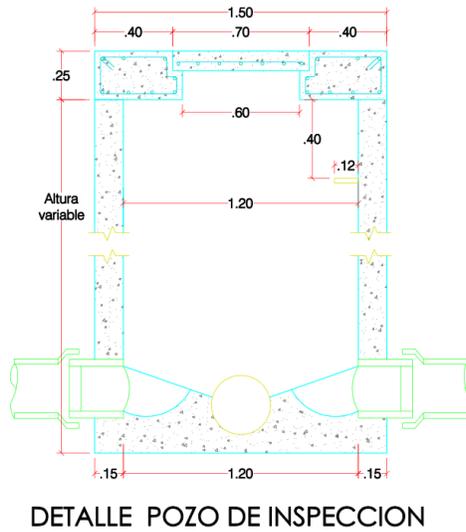


Figura 25. Cámara 180, refuerzo (araña) del brocal en formaleta.



Figura 26. Cámara 178, brocal fundido y terminado.



Figura 27. Cámara 246, cilindro fundido y terminado.



Para la fundición de estos pozos se utilizaron los materiales establecidos según el diseño que presentó la empresa contratante en este caso IC PREFABRICADOS S.A, los cuales fueron un concreto de 21 Mpa mezclado con cemento según la norma NTC 121 Y NTC 321, agregados con peso normal cumpliendo la norma NTC 174, y una relación agua cemento según la norma NTC 3459. El acero debe ser corrugado de 420 Mpa según la norma NTC 2289 (Figura 28, 29 y 30).

Figura 28. Características de diseño para fundición.

MATERIALES:

CONCRETO:

- CONCRETO $f'_c = 21 \text{ MPa}$
- CEMENTO NTC 121 + NTC 321
- AGREGADO PESO NORMAL NTC 174
- AGUA NTC 3459

ACERO DE REFUERZO:

- ACERO $f_y = 420 \text{ MPa}$
- CORRUGADO NTC 2289
- MALLAS ELECTROSOLDADAS NTC 2310

Figura 29. Triturado (grava) $\frac{3}{4}$ " para fundición



Para asegurar la resistencia de diseño de 21 Mpa se trabajó con concreto mezclado en sitio con uso de mezcladora con motor a gasolina, agregando una relación 1:2:3 de cemento, arena y triturado utilizando cajones para mantener esta dosificación en volumen (Figura 31).

Figura 30. Mezcladora a gasolina



Figura 31. Cajones para dosificar de 33*33*33 cm.



Otra estructura ejecutada en este proyecto es un canal reductor de velocidad encargado de manejar y servir como unión de los tres caudales provenientes de los tres frentes de la ciudadela para la cual se estaba construyendo la red de alcantarillado. Inicialmente este canal tenía una longitud de 14,20 m, un ancho de 2,0m y una altura de 2,0 m, pero cuando se realizó la localización por coordenadas la ubicación de la tapa de acceso al canal quedó en predios privados por lo cual se hizo un alargamiento de 2,70 m al mismo para que este punto quedara por fuera de este terreno.

Una modificación que se hizo fue en el ancho de la estructura debido a la necesidad de infiltrar aguas naturales del lugar en está tratando de evitar un problema de asentamiento futuros en el lugar, para esto se construyeron unos filtros lateras para la conducción del flujo mencionado compuestos por grava $\frac{3}{4}$ ", tubería de 6" y geo textil NT 1600 (Figura 32 y 33).

El canal reductor de velocidad finalmente se construyó con una longitud de 16,90 m, un ancho de 2,5 m y una altura de 2,0 m. los muros del mismo tienen un espesor de 0,25 m al igual que el piso y la tapa. El refuerzo es acero de $\frac{1}{2}$ " en su totalidad tanto transversal como longitudinalmente y con espaciamiento de 0,20 m en ambos casos (Figuras 34, 35 y 36).

Como condición de diseño y una efectiva recomendación constructiva se utilizó *CINTA PVC D-22* con la finalidad de impermeabilizar el canal totalmente, evitando filtraciones en las juntas de concreto entre el piso o losa de la estructura y los muros del mismo al fundirse en orden sucesivo.

La instalación consiste en colocar la cinta con la mitad de su ancho embebido en la parrilla correspondiente a la losa y la otra mitad embebida en la parrilla correspondiente a los muros sobre el perímetro de toda la estructura (Figura 37), así al realizar la fundición en dos tiempos las uniones quedarán totalmente selladas para evitar pérdidas de caudal que causen daños en la zona.

Figura 32. Filtro izquierdo, geo textil NT 1600



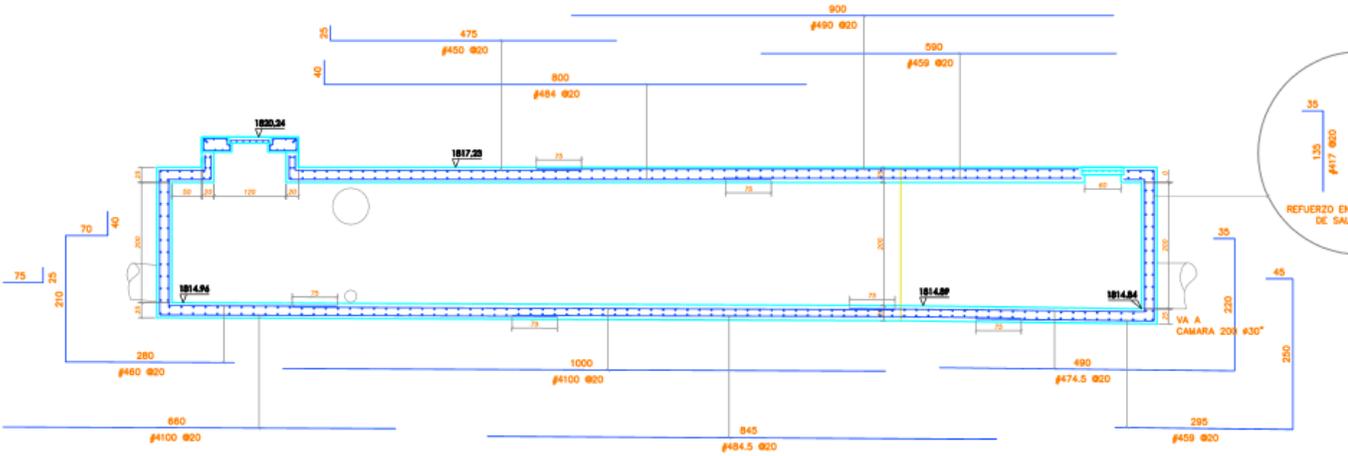
Figura 33. Filtro izquierdo, grava $\frac{3}{4}$ "



El sistema de este filtro consistió en la utilización una línea doble de tubería de 6" perforada que recoge el flujo del nacimiento del lugar y lo conduce a una caja ciega que lo infiltra en el canal de reducción y lo conduce por las líneas salientes. Estos tubos están cubiertos por material grava de $\frac{3}{4}$ " y envuelto en el geo textil descrito como un cubo traslapando una de sus caras para la total impermeabilización del filtro.

Es de total importancia para la construcción de estos filtros que se realiza correctamente la instalación del geo textil NT 1600 ya que esto asegura la vida útil del mismo, cuando se hace de esta forma se logra mantener limpio el material filtrante usado, libre de taponamientos de barro y basura por dejar espacios sin cubrir, en este caso grava de $\frac{3}{4}$ ", la cual tendrá la funcionalidad desea en todo momento logrando conducir este caudal naciente en el sitio a la red para que no tenga ninguna afectación la cimentación del lugar.

Figura 35. Plano estructural en perfil de canal reductor de velocidad.



DESPIECE DE ACERO PLANTA CANAL DE REDUCCIÓN DE VELOCIDAD
ESCALA 1 - 25 MEDIDAS EN cm



Figura 36. Canal reductor de velocidad, acero flejado y amarrado para fundición.



Figura 37. Cinta PVC D-22 instalada en el canal reductor de velocidad.



Para la fundición de esta estructura se decidió trabajar con concreto premezclado para asegurar una resistencia de 28 Mpa debido a que va a trabajar con un caudal muy grande y velocidades muy fuertes debido a las pendientes naturales de la zona (Figura 38, 39 y 40).

Figura 38. Mixer y tubería para bombeo de concreto premezclado.



Figura 39. Bombeo y vibrado de concreto premezclado.



Figura 40. Canal reductor de velocidad, piso y muros fundidos.



El gran obstáculo que se presentó para la construcción de esta estructura hidráulica fue su ubicación en el proyecto, el punto quedó en el lindero entre dos casas de la vereda Gonzales, lugar en el cual se adelanta la ejecución. Aunque en esta intersección se tiene una *ACEQUIA* encargada de conducir las aguas provenientes por escorrentía de la montaña hacia el sitio mencionado y llevarlas hasta inmediaciones de la CRC en donde desaguan de forma natural en los potreros, esta no tiene las dimensiones correspondientes a las requeridas para la construcción del canal reductor de velocidad, por esto se pidió la autorización a la vivienda perteneciente a la señora Elvira Flor con dirección cra 68 # 10-66 en la vereda Gonzales (Figuras 41 y 42).

Figura 41. Vista frontal propiedad privada para construcción de canal reductor de velocidad.



Figura 42. Vista trasera propiedad privada para construcción de canal reductor de velocidad.



Debido a que la cimentación del lugar era totalmente relleno y basuras, es decir, material de muy mal comportamiento bajo condiciones de humedad y ante la aplicación de cargas grandes, realizar la excavación presentó un sin número de derrumbos que generaron retrasos en los procesos, un sobre manejo de material de retiro proveniente de la montaña el cual fue arrastrado por las lluvias intensas que se generaron por periodos de tiempo a lo largo del desarrollo de la obra (Figura 43). Estos retrasos generaron además sobrecostos en el presupuesto inicial debido a extensiones en pagos de mano de obra y a pérdida de tiempo por la inhabilidad que generó el estado climático (Figura 44).

Figura 43. Canal reductor de velocidad terminado y material de retiro.



En vista de la mala conformación de este material se llegó a un acuerdo con los propietarios de la vivienda el cual consistía en la construcción de un muro de contención que permitiera recuperar los niveles originales del lote y además de esto dar estabilidad total a la vivienda aledaña ya que por los procesos ejecutados esta se vio muy afectada en este sentido. Este muro consta de una longitud de 22,70 m, un espesor de 0,25m y un alto variable de 1,40 m a 3,0 m ya que este va en forma diagonal pasando por el canal reductor de velocidad, esto debido a la extensión del lote privado usado, fundido con concreto de 21 Mpa y las especificaciones indicadas con anterioridad. El refuerzo longitudinal fue de 3/8" (acero chipa) y el vertical todo acero de 1/2" con espaciamientos de 0,20 m a lo largo del amarre (Figuras 45, 46 y 47).

Figura 44. Inundaciones y derrumbos en excavación para canal de reducción.



La fundición de este muro se realizó usando la mezcladora indicada anteriormente y se procuró realizar la fundición por tramos debido a que el estado climático de lluvias constantes no permitían realizar la excavación para la zarpa o base de la estructura y con fines de lograr un avance de obra y solucionar este inconveniente se optó por este sistema, asegurando la unión por tramos con el uso del aditivo *SIKADURE* de sika con el cual se permite un agarre completo entre la parte fundida y la parte a fundir. Este muro tiene una longitud total con altura de 3,0 m de 15,7 m, y los 7,0 m restantes corresponden a una altura de 1,40 m. La necesidad de que la altura para agarre fuera de 3,0 m debió precisamente a la situación de suelos de mala calidad ya evidenciada en el texto.

Los filtros laterales mencionados con anterioridad buscan complementar la función que realizara el muro de contención de dar estabilidad al relleno generado para el lote aledaño, ya que si se hubiese rellenado simplemente con tierra amarilla de buena calidad, por mucha compactación que se le aplicara el flujo de estos nacimientos naturales del sitio llevarían a una socavación futura que indicaría posibles asentamientos que pondrían en riesgo la estabilidad de las obras existentes en el lugar, además de las vidas humanas como interés principal.

Luego de tener lista la obra de prevención establecida (filtro), se procede a realizar el relleno correspondiente usando tierra amarilla seca de buena calidad la cual fue dada por la empresa contratante *IC PREFABRICADOS S.A* perteneciente al movimiento de tierras realizado para la construcción de la ciudadela.

El relleno se realiza por capas con espesores entre 30 y 40 cm procurando que el apisonador de impacto utilizado para dar compactación puede trabajar correctamente y brinde los grados de compactación esperados según su eficiencia y rendimiento.

Para el relleno sobre una red de tubería debe tenerse mucho cuidado con el inicio, este debe realizarse a unas 3 o 4 capas con espesor de 0,20 m utilizando un pisón manual para evitar cualquier daño en los tubos con el apisonador de impacto ya que la fuerza de compactación podría romperlos o deformarlos disminuyendo o anulando en su totalidad la vida útil de los mismos.

El *descole* como se denominó al proyecto en cuestión inicia exactamente con el canal de reducción de velocidad para la parte correspondiente al alcantarillado pluvial, ya que en este punto se unen los descoles de todos los frentes de la ciudadela, que son frente 1, 2 y 3 como se estableció inicialmente. Esta unión se hace de forma frontal proveniente de frente 1 con diámetro de 24", de lado izquierdo llega frente 3 con tubería de 24", pendiente de 3,44% y por la derecha se conecta frente 2 con tubería de 16" y una pendiente de 21%. De forma

similar ocurre para la red de alcantarillado sanitario, la cual intersecta los frentes 1,2 y 3 en la cámara 126 con diámetro de 1,90 m (externo), en el mismo orden de la intersección pluvial con diámetros de 10", 8" y 8".

Para la conexión de la red pluvial saliente del canal en el empalme 128 a la cámara de inspección 200 se atraviesa la vía que conecta la panamericana en el sector cauca de la ciudad de Popayán con las piscinas de comfacauca y conjuntos aledaños pasando por la vereda Gonzales como enlace.

Bajo esta vía existe un box culvert que se creería tiene como función el manejo de las aguas provenientes de la vía en cuestión ya que a partir de este punto no se cuenta con cunetas sobre ella. La cuestión es que esta estructura se encuentra totalmente colmatada con basuras, barro y escombros por lo cual realmente no estaría trabajando y debido a esto se requiere la mencionada *ACEQUIA* que lleva el agua transportada superficialmente hacia las invasiones continuas a la vereda Gonzales.

Para la instalación de la red se realizó la limpieza total sin encontrar una losa o piso en el sitio, es decir que todo era material de relleno (Figura43, 44 y 45). Debido a esto se retiró este material y se compacto el fondo del box culvert con tierra amarilla de buena calidad buscando dar estabilidad para el paso de la tubería. Pero teniendo en cuenta que el trasfondo en este sitio es tierra orgánica con alto potencial expansivo y de baja estabilidad se decidió la construcción de una serie de anclajes en concreto reforzado que permitieran asegurar la pendiente en el tramo, evitando que las posibles infiltraciones de agua por la escorrentía natural generen una supresión que tienda a levantar la línea instalada generando un daño grave en la red y en la zona de ejecución.

Figura 45. Inicio de limpieza en Box culvert existente.



Figura 46. Limpieza terminada en Box culvert existente.



Figura 47. Tipo de material del sitio, basura barro y escombros.



Los anclajes consistieron en unos anillos con acero de $\frac{1}{2}$ " que rodean el tubo y lo amarran a la cimentación dejándolo totalmente fijo. Son 3 ubicados a lo largo de 8 m que es la longitud en la cual queda sumergida la línea en el box culvert existente (Figura 48, 49 y 50), estos con una resistencia de diseño de 21 Mpa y usando los materiales establecidos con anterioridad.

Figura 48. Tres anclajes construidos sobre la línea de tubería pluvial.



Figura 49. Anclaje formateado, espesor de 0,20 m concreto 1:2:3.



Figura 50. Acero de refuerzo flejado para fundición de anclajes.



En vista de que el Box culvert existente bajo la vía que atraviesa la vereda Gonzales no estaba funcionando y debido a esto a futuro se van a presentar inundaciones en la zona por el colapso a la llegada del caudal recogido por las cunetas, el cual no tiene un control o salida, se decidió hacer una intervención ajena a lo concerniente con la construcción del *descole de la red de alcantarillado pluvial y sanitario en ciudadela san Eduardo*.

Esto consistió en la construcción de unas cajas colectoras que recojan el caudal proveniente de las cunetas y lo guíen por medio de una tubería de 24" hacia terrenos de la CRC en donde estos se evacuaran correctamente en un canal natural de sección cuadrada existente en el sitio, y por donde se ha realizado esta evacuación con anterioridad sin tener problema alguno.

Se construyeron tres cajas, dos para recolección del flujo en las cunetas que cuentan con una tapa para inspección y limpieza, la otra cerrada para el cambio de dirección final del flujo hacia los terrenos de la CRC (Figuras 51, 52 y 53).

Figura 51. Caja colectora lado izquierdo de la vía en la vereda Gonzales.



Figura 52. Caja colectora lado derecho de la vía en la vereda Gonzales.



Figura 53. Vista de la conducción de desagüe sin fundición de las cajas.



Como finalización de la obra se construyó el cabezal de entrega en el punto 224, este tiene como función el anclaje de la tubería de 33" correspondiente a la red de alcantarillado pluvial instalada y que tiene como llegada este punto.

Inicialmente el diseño tenía un cabezal con altura de 0,92 m, un ancho de 1,50 m y un espesor de 0,30 m. Pero haciendo un análisis de este diseño se observó que se estaba trabajando con una tubería de diámetro 33" lo que en m son aproximadamente 0,84, restando de esta manera solo 0,08 m para el recubrimiento de la tubería de llegada, esto lo haría no funcional debido a la fuerza de arrastre con la que viene el flujo a descolar en esta parte del río cauca (Figura 54).

Además de esto, es este punto 224 de llegada pluvial llega de forma paralela una línea sanitaria con tubería de diámetro 16" de asbesto y la cual arroja agua sanitaria al río cauca. Debido a que es una tubería existente y a que transporta un flujo no es conveniente sellarla (Figura 55).

Figura 54. Diseño en planta del cabezal de entrega.

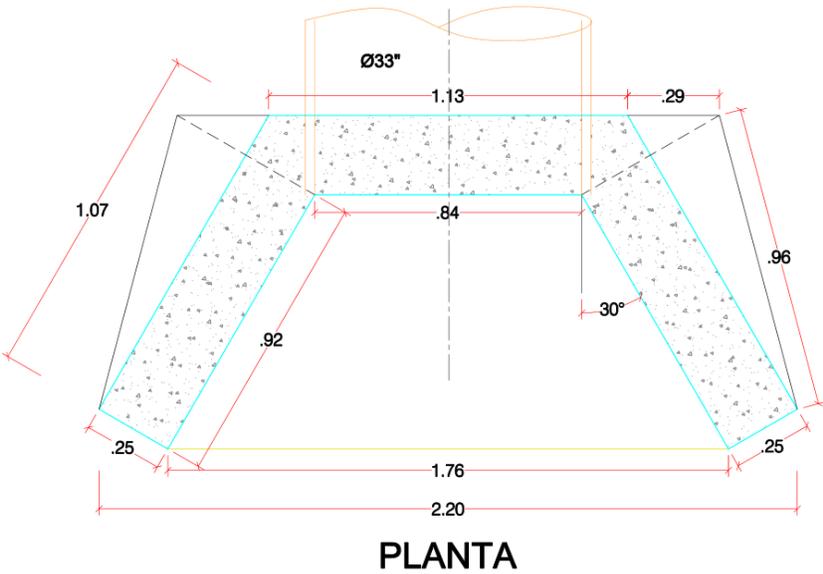
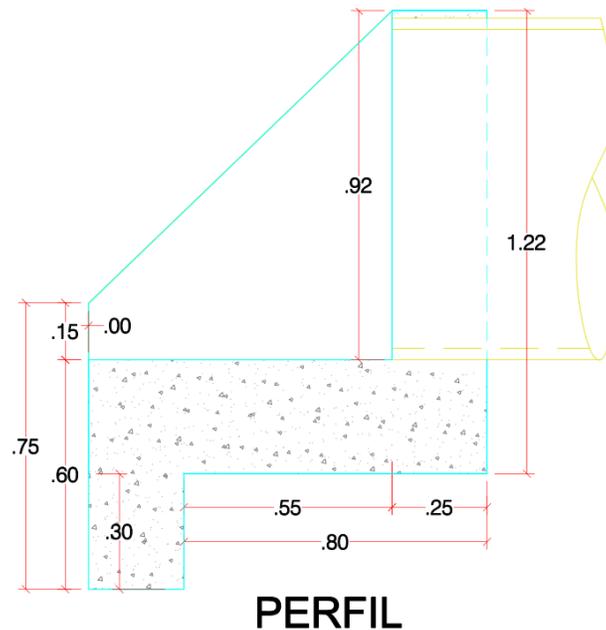


Figura 55. Diseño en perfil del cabezal de entrega.



Por estas razones se decidió cambiar las dimensiones de la estructura de forma que abrazara las dos tuberías que llegan al lugar y les brinde un anclaje real a este punto que pueda manejar la fuerza que genera manejar caudales grandes y pendientes tan fuertes.

Este cabezal es en concreto reforzado de 21 Mpa con las características ya mencionadas anteriormente. El refuerzo consiste en una parrilla doble vertical y una parrilla doble horizontal que es la base del mismo con gradas de reducción de velocidad. El refuerzo es de acero de $\frac{1}{2}$ " con espaciamentos en todos los sentidos de 0.20 m. finalmente y para cumplir con las características físicas ya mencionadas se construyó un cabezal de 2,50 m de ancho y con una altura de 2,20 m asegurando así además del anclaje necesario un relleno suficiente para cumplir con la norma sobre la tubería de 33" (Figuras 56, 57).

Figura 56. Formaleta de cabezal de entrega.



Figura 57. Acero de refuerzo flejado y amarrado.



8. CANAL REDUCTOR DE VELOCIDAD

En el tramo 126-128, que transporta un caudal de 1.8 m^3 de aguas lluvias, con una velocidad de 9.8 m/s , es necesario reducir la energía cinética y para ello se ha proyectado un canal para disminución de dicha energía. Es este canal reúne toda la escorrentía correspondiente a la ciudadela terminada y habitada mediante las redes correspondientes al sistema de alcantarillado pluvial por lo que es un caudal de gran importancia al sumársele las inclinaciones naturales del lugar que conllevaran a velocidades nocivas para el buen funcionamiento del sistema y no permitirán que las obras tengan la vida útil esperada.

Se plantean los parámetros necesarios para realizar el correcto cálculo de las características que debe tener el canal de reducción para que se apropiado para la red en cuestión.

Y_1 = Altura del resalto, en m

Y_2 = Altura del agua al final del resalto, en m.

L_R = longitud del resalto, en m.

Tomando un canal con un Ancho de 1.50 m y un caudal de 2.0 m^3 por seguridad, se obtiene:

$$Q = A \times V \quad \rightarrow \quad 2.0 = 1.5Y_1 \times 9.8 \quad \rightarrow \quad Y_1 = 0.14 \text{ m}$$

Reemplazando en la fórmula inicial:

$$Y_2 = -0.14/2 + (0.14^2/4 + 20.14V_1^2/g)^{1/2}$$

$$\rightarrow Y_2 = 1.65 \text{ m}$$

Longitud del Resalto

$$L_R = 6(Y_2 - Y_1) \quad \rightarrow \quad 6(1.65 - 0.14)$$

$$\rightarrow L_R = 9.06 \text{ m}$$

Altura de paredes del canal = 2.0 m

Se efectúa la transición del canal, inclinando las paredes con respecto al plano vertical, cada una de ellas 5 grados hasta una abertura de 30° .

El fondo del canal tendrá inclinaciones del 5% hacia el centro del mismo, para facilitar la evacuación de partículas cuando se presenten pequeños caudales.

9. CONTROLES DE CALIDAD A CONCRETO SUMINISTRADO

Todas las fundiciones ejecutadas en la obra *suministro e instalación a todo costo del descole de alcantarillado pluvial en ciudadela san Eduardo* se realizaron bajo los parámetros entregados por el departamento de diseño de la empresa constructora *IC PREFABRICADOS S.A*, empresa contratante para la obra mencionada.

El departamento de diseño de *IC PREFABRICADOS S.A* determino que para las cámaras de inspección, cabezales de entrega, cajas de inspección, canal de reducción, muros de contención, entre otras estructuras de concreto y concreto reforzado se trabajaría con una relación 1:2:3 de materiales (cemento, arena y triturado) y una relación agua cemento de 0,52 para asegurar una resistencia en las estructuras de 21 Mpa (3000Psi) o superior a esta.

Para llevar un control permanente que permitiera asegurar las características mencionadas a todas las estructuras en cuestión se tomaron cilindros como muestras en cada fundición realizada. Estos cilindros se enviaron a *GEOANALISIS-LAB, laboratorio de concretos, suelos y pavimentos* para realizarle las pruebas correspondientes para certificar la resistencia con los valores obtenidos. Se anexa un cuadro de resultados que indica los valores obtenidos en la resistencia de diferentes estructuras.

Para el canal reductor de velocidad se utilizó concreto pre-mezclado de la empresa *PREDELCA S.A* mediante mecanismo de bombeo debido a la dificultad de ingreso del Mixer hasta el punto de fundición.

10. CONCLUSIONES

- Para el desarrollo de un proyecto civil, sea cual sea el campo de hacia el cual este orientado su fin y por ende su proceso constructivo, es de vital importancia que se realice una proyección de principio a fin de la totalidad de la obra. Esto hace referencia a tener en cuenta desde la localización, ya que dependiendo de esto se definirán los costos de materiales y transportes, acarreos, maquinarias a usar, tipos de terreno, entre otros factores que no solo influyen directamente en los costos de ejecución, sino que se verán reflejados en los tiempos necesarios para el cumplimiento de los contratos que se vayan a establecer. Dentro de este denominado cronograma de obra deben tenerse en cuenta las cantidades de obra, estas determinaran cuanto material se va a requerir y los tiempos de inyección de estos al campamento. La correcta realización de esta proyección permite que la obra se desarrolle con la mayor eficiencia posible y en los tiempos esperados para el cumplimiento del contrato.
- Ya entrando en lo correspondiente a redes de alcantarillado, la topografía, punto importante en todo proyecto, representa el punto real de partida para la ejecución de este tipo de obra ya que con base en una topografía certera y exacta se van a poder generar diseños de igual forma exactos que permiten realizar cálculos reales de todo lo correspondiente a ella y así crear un acuerdo contratante-contratista (contrato) que sea representativo del proyecto en cuestión, logrando cubrir la totalidad del mismo y evitando así en lo posible los denominados *OTRO SI*, que son adiciones contractuales a el contrato, que como parte critica o perjudicial tienen los incrementos en el presupuesto inicial, variando así las condiciones iniciales de contratación.
- Para que el funcionamiento de las redes de alcantarillado instaladas sea el esperado es muy importante que se respeten todas las condiciones de diseño establecidas previamente, tales como pendientes, diámetros, longitudes, cimentaciones, entre otros parámetros que aseguran el correcto desempeño de las obras realizadas.
- Los cambios en diseño, por mínimos que sean deben ser presentados al departamento encargado de este campo de la empresa contratante. Este punto es muy importante ya que un cambio en una red de alcantarillado por pequeño que parezca va a generar variaciones en el comportamiento hidráulico del sistema completo, ya sea aumento de velocidades o disminución de las mismas, factor que en redes planas podría producir estancamientos en los colectores y posteriores fallas en el funcionamiento.

- Para todas las estructuras de concreto reforzado es fundamental el chequeo del acero de refuerzo, desde los diámetros de las barras, espaciamientos entre ramas, estribos, traslapos y demás. También es muy importante cuidar las relaciones en la mezcla de concreto para asegurar que se obtengan las resistencias esperadas y necesarias en las estructuras ejecutadas. Cuidando estos dos factores se obtendrán obras funcionales y con una vida útil aceptable, además de brindar un factor de seguridad antes, durante y después del desarrollo del proyecto.
- La toma de muestras en una fundición es imprescindible ya que esta permite ir observando el comportamiento de los materiales que se estén usando en la mezcla, además también permite el chequeo de las dosificaciones usadas y del tipo de mezclado. Se deben tomar la cantidad de especímenes que permitan tener una muestra representativa de cada fundición, y lo más importante es el proceso de curado que se debe realizar una vez sea desencofrado cada cilindro con el cual se asegura que la muestra no se quemé y pueda reflejar las condiciones reales de resistencia de las estructuras construidas.
- El factor climático va a jugar un papel muy importante en cualquier tipo de construcción, en Popayán (cauca) por ejemplo, se tiene un clima variado con poca regularidad, es decir, se tienen días soleados con fuertes lluvias repentinas que pueden causar daños o impedir el normal desarrollo de la obra, ocasionando retrasos que originan pérdidas monetarias por manejo de personal y por incumplimientos en los contratos que se están ejecutando. Por este motivo es importante tener este factor en cuenta antes de iniciar todo proyecto con la finalidad de prevenir los efectos adversos que, el agua, puede generar.
- Los conocimientos adquiridos a lo largo del pregrado son muy importantes cuando se inicia el trabajo en campo, sin importar que se esté en la modalidad de pasantía porque se asume una actitud de responsabilidad directa sobre las decisiones que se tomen en la obra y en la supervisión de todo lo concerniente a la misma. Para esto es indispensable tener totalmente claros los diversos conocimientos que brinda la universidad del cauca en el programa de pregrado, porque una vez en el mercado laboral se van a requerir la hidráulica, las vías, el concreto, los suelos y todos los conceptos que debieron adquirirse con anterioridad. Tener claro esto, permite delimitar

o debatir las decisiones que su equipo de trabajo pueda tomar en momentos decisivos, ya que en ocasiones por más experiencia que tengan otros es posible que estén ejecutando procesos de forma errada o sin el cuidado pertinente. De esta forma se logra cumplir a cabalidad el objetivo de representar un apoyo real en todo momento que se requiera durante el proceso de trabajo realizado.

- En el caso de trabajo de campo, se tiene un equipo de trabajo conformado en su mayoría por obreros calificados de acuerdo a los conocimientos propios y el aporte que generan por los mismos en el trabajo, el manejo de esta cuadrilla que se forma es un tema delicado porque se debe establecer una relación de respeto que permita derivar funciones en la forma que se crea como director de un proyecto sea más conveniente sin tener problema alguno con ello.
- La seguridad industrial es un tema importante ya que representa el cuidado que como entidad se esté brindando al personal que pertenece a la misma y el cual está ejecutando la obra. No solo se trata de la imposición del uso para evitar sanciones por accidentes que pueden prevenirse, sino de la educación del personal con capacitaciones adecuadas que les permitan conocer y aprender todo acerca de lo que se denomina el autocuidado, además del correcto uso de todos los elementos de protección proporcionados por el contratante al iniciar labores.
- Las maquinas representan apoyos importantes en toda obra, pero de igual forma pueden generar sobrecostos representativos en los presupuestos iniciales y por ende variaciones en la relación costo-ganancia que se tiene planificada.

11. BIBLIOGRAFIA

- ASESORIA DISEÑADORES. NAPOLEON ZAMBRANO Y JHON CALDERON.
- DEPARTAMENTO DE DISEÑO CONSTRUCTORA IC PREFABRICADOS S.A. PLANOS Y BOSQUEJOS. ARQUITECTO ANDRES COLINA.2014.
- MANUAL TECNICO PAVCO, NOVAFORT-NOVALOT. (<http://www.pavco.com.co/manuales/manuales-tecnicos>).
- MEMORIA 1. CIUDADELA SAN EDUARDO. IC PREFABRICADOS S.A.
- NORMA TECNICA COLOMBIANA RAS 2000. ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS.
- NOTAS DE CLASE ALCANTARILLADOS. DOCENTE MARIA ELENA CASTRO.
- SIKA. (ENERO DE 2015). HOJA TECNICA DE PRODUCTO. *CONSTRUYENDO CONFIANZA SIKA* , PÁGS. 1 - 2.