

ASESORIA TÉCNICA A LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL
MUNICIPIO DE SANDONA EMSAN E.S.P.
MODULO II

OSCAR WILLIAN PORTILLA BUCHELI

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2006

ASESORIA TECNICA A LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL
MUNICIPIO DE SANDONA EMSAN E.S.P.
MODULO II

OSCAR WILLIAN PORTILLA BUCHELI

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Civil

Dr. RICHARD ROSERO RAMOS
Director

Ing. JANET OJEDA HIDALGO
Codirector

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2006

Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo son responsabilidad exclusiva de sus autores.

Art. 1 Acuerdo No. 324 del 11 de octubre de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

San Juan de Pasto, 6 de febrero de 2006.

AGRADECIMIENTOS

Los sentimientos de agradecimiento los entrego en primer lugar a DIOS por todas las bendiciones derramadas sobre mi vida y mi familia durante el transcurso de este trabajo, las cuales permitieron cumplir con todas las metas trazadas y acercarme a la realización de uno de mis grandes sueños.

A toda mi familia y en especial a mi grandiosos padres con los que he sido bendecido; gracias por revelarme el significado de ser hombre.

Agradezco también la colaboración prestada por todo el personal de la Empresa de Servicios Públicos de Sandoná EMSAN E.S.P. y en especial por su Director RICHARD ROSERO RAMOS quien con su valiosa orientación y experiencia me permitió afrontar con profesionalismo los diferentes problemas sociales y constructivos que se generan en la implementación de obras de saneamiento básico.

De manera especial agradezco a la ingeniera JANET OJEDA HIDALGO por toda la paciencia, aportes profesionales, consejos y sugerencias brindados constantemente que fueron de gran ayuda en el transcurso de este trabajo.

A todas y cada una de las personas que de una o de otra manera aportaron a esta causa. A todos mis profesores a quienes les debo gran parte de mi formación profesional.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado de manera muy especial a toda mi familia la cual siempre ha depositado en mí, la confianza y la dedicación para ayudarme a cumplir los sueños y anhelos forjados desde que era tan solo un niño. A mi Padre CARLOS BOLIVAR PORTILLA, por toda esa fuerza, apoyo y fe de que las cosas mejorarían cuando atravesamos momentos difíciles, a mi Madre ALBA ELISA BUCHELI, por brindarme el amor y la ternura necesaria para realizar las cosas con dedicación, a todos mis Hermanos que de muchas maneras me inspiraron siempre, y en especial a ti JHON PORTILLA BUCHELI, mi hermano del alma, que desde el cielo harás una fiesta para celebrar conmigo este sueño.

Un espacio aparte dedicado al ser más maravilloso del mundo, mi pequeñín Juan Sebastián, quien con su ángel motiva todos los días de mi vida. Me has cambiado para ser un mejor hombre, me siento feliz de tenerte conmigo, ahora lo que pienso, hago y digo las veinticuatro horas del día, bien o mal son por ti y para ti.

No podía terminar, sin mencionar a una gran mujer quien con su amistad y confianza me dio muchas de las herramientas necesarias para construir este gran anhelo; en un lugar muy especial de mi corazón conservo ese grato sentimiento, gracias por existir Estefany Narváez.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	18
1. MARCO GENERAL	20
1.1 HISTORIA DEL MUNICIPIO DE SANDONA	20
1.1.1 Origen Quillasinga	20
1.1.2 Erección del Municipio	20
1.2 DESCRIPCION DE LA LOCALIDAD	22
1.2.1 Ubicación geográfica	22
1.2.2 Climatología	22
1.2.3 Topografía	23
1.2.4 Recursos hídricos	23
1.2.5 Riesgos naturales o amenazas	23
1.2.6 Análisis e identificación de amenazas y áreas vulnerables	24
1.3 SISTEMAS EXISTENTES	26
1.3.1 Descripción de la infraestructura existente	26
1.3.2 Características socioeconómicas	28
1.4 SISTEMA DE ACUEDUCTO	28
1.4.1 Revisión del inventario del sistema existente de acueducto e Investigación del estado actual de las tuberías	28
1.4.2 Evaluación de cada uno de los componentes del sistema	29
1.5 SISTEMA DE ALCANTARILLADO	35

1.5.1 Revisión del inventario del sistema existente de alcantarillado e Investigación del estado actual de los colectores	35
1.5.2 Análisis de los sitios de descarga	36
2. PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	38
2.1 REPOSICION Y EXPANSION DE LA RED DE ACUEDUCTO DESARROLLADO EN EL BARRIO MADRIGALES	38
2.1.1 Localización y replanteo	39
2.1.2 Movimiento de tierras	39
2.1.3 Adecuación del suelo con material seleccionado	41
2.1.4 Suministro e instalación de tubería	41
2.1.5 Suministro e instalación de accesorios	45
2.1.6 Relleno con material aprovechable	50
2.1.7 Relleno y compactación	50
2.1.8 Señalización	51
2.2 EXPANSION DE ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO MADRIGALES	52
2.2.1 Levantamiento Topográfico	52
2.2.2 Movimiento de tierras	53
2.2.3 Entibados	55
2.2.4 Señalización	56
2.2.5 Construcción de filtro	56
2.2.6 Nivelación del piso	56
2.2.7 Encamado de la tubería	57
2.2.8 Suministro e instalación de tubería	57

2.2.9 Relleno	58
2.2.10 Construcción de cámaras de inspección	59
2.3 EXPANSION DE ALCANTARILLADO PLUVIAL BARRIO MADRIGALES	60
2.3.1 Localización y replanteo	61
2.3.2 Excavación	61
2.3.3 Entibados	61
2.3.4 Perfilado y adecuación de piso	62
2.3.5 Instalación de tubería	62
2.3.6 Conexión a cámara existente	63
2.3.7 Relleno y compactación	63
2.4 DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA CARRERA 7ª. ENTRE CALLES 4 – 8	64
2.4.1 Levantamiento topográfico	64
2.4.2 Diseño del sistema de alcantarillado	64
2.4.3 Presupuesto y cantidades de obra	66
2.5 REVISION TECNICA AL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE	67
2.5.1 Descripción	67
2.5.2 Parámetros sísmicos de diseño	68
2.5.3 Materiales	71
2.5.4 Análisis de carga	71
2.6 ADECUACION DEL RELLENO SANITARIO	72
2.6.1 Estado antes de la intervención	72

2.6.2 Actividades realizadas	73
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFÍA	77

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Datos climatológicos registrados en la estación Bomboná	23
Cuadro 2. Disposición de excretas en la zona urbana de Sandoná	26
Cuadro 3. Emisores finales	27
Cuadro 4. Estratificación de zonas urbanas	28
Cuadro 5. Coeficiente de sitio	68
Cuadro 6. Coeficiente de importancia	69
Cuadro 7. Sistemas estructurales	69
Cuadro 8. Irregularidad en planta ϕ_p	69
Cuadro 9. Irregularidad en altura ϕ_a	70

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Mapa del Departamento de Nariño y Sandoná	22
Figura 2. Mapa de amenazas del volcán Galeras	24
Figura 3. Mapa de Amenazas por Onda de Choque.	25
Figura 4. Fuente de abastecimiento.	29
Figura 5. Captación	30
Figura 6. Desarenador	31
Figura 7. Canaleta Parshall	32
Figura 8. Floculadores	32
Figura 9. Sedimentadores	33
Figura 10. Filtros	33
Figura 11. Tanques de almacenamiento	34
Figura 12. Excavación material común	40
Figura 13. Excavación en conglomerado	40
Figura 14. Excavación en roca	41
Figura 15. Material seleccionado	41
Figura 16. Preparación de la tubería	42
Figura 17. Aplicación de lubricante	42
Figura 18. Empuje del espigo en la unión	43
Figura 19. Empuje mediante el empleo de una barra	43
Figura 20. Empotramiento	44
Figura 21. Empotramiento en accesorios	44
Figura 22. Anclaje de codo y válvula	44
Figura 23. Disposición de materiales	45
Figura 24. Instalación de codos	46
Figura 25. Instalación del collar	47
Figura 26. Instalación manual del buje	47
Figura 27. Inst. registro de incorporación	48
Figura 28. Perforación del registro	48
Figura 29. Inst. adaptador macho	49
Figura 30. Inst. tubería PF + UAD	49
Figura 31. Cajilla de medidor	49
Figura 32. Relleno con material aprovechable	50
Figura 33. Relleno y compactación	51
Figura 34. Aviso de precaución	51
Figura 35. Levantamiento topográfico	53
Figura 36. Preparación zanja	54
Figura 37. Excavación a máquina	54
Figura 38. Material Común	54
Figura 39. Conglomerado	54

Figura 40.	Cordón de roca	55
Figura 41.	Corte de roca	55
Figura 42.	Bancos en tierra	55
Figura 43.	Señalización	56
Figura 44.	Nivel freático	56
Figura 45.	Filtro	56
Figura 46.	Nivelación del piso	57
Figura 47.	Encamado	57
Figura 48.	Instalación de tubería	58
Figura 49.	Relleno inicial	59
Figura 50.	Relleno final	59
Figura 51.	Cámara de inspección	60
Figura 52.	Fundición de tapas	60
Figura 53.	Excavación	61
Figura 54.	Entibados	62
Figura 55.	Adecuación de piso	62
Figura 56.	Instalación de tubería	63
Figura 57.	Conexión a cámara existente	63
Figura 58.	Relleno y Compactación	64
Figura 59.	Cámara de caída	65
Figura 60.	Sistema de filtración	65
Figura 61.	Sumideros	66
Figura 62.	Espectro de diseño	70
Figura 63.	Adecuación a máquina	73
Figura 64.	Chimeneas	73
Figura 65.	Filtros lixiviados	74
Figura 66.	Adecuación final	74

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A. Presupuesto alcantarillado sanitario Carrera 7^a entre calles 4^a y 8^a
- Anexo B. Materiales Carrera 7^a entre calles 4^a y 8^a
- Anexo C. Invitación a cotizar Carrera 7^a entre calles 4^a y 8^a
- Anexo D. Resultados de invitación Carrera 7^a entre calles 4^a y 8^a
- Anexo E. Propuestas Carrera 7^a entre calles 4^a y 8^a
- Anexo F. Ubicación de sumideros Carrera 7^a entre calles 4^a y 8^a
- Anexo G. Actas Carrera 7^a entre calles 4^a y 8^a
- Anexo H. Diseño de correas
- Anexo J. Control de derivas
- Anexo K. Participación de la masa
- Anexo L. Diseño de vigas
- Anexo M. Diseño de columnas
- Anexo N. Editor
- Anexo Ñ. Estados de Carga y Diagramas de Fuerzas

RESUMEN

El presente trabajo compila la información de las diferentes obras realizadas en el municipio de Sandoná, concernientes a la administración y ejecución de proyectos de obras de construcción y Saneamiento Básico; esto es Acueducto, Alcantarillado y Manejo de Residuos Sólidos. Los criterios técnicos y lineamientos fundamentales para llevar a cabo este trabajo, fueron adoptados directamente del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado y el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS.

La financiación para cada uno de las obras adelantadas en esta localidad, como son: expansión de la red de acueducto y alcantarillado sanitario en el barrio Madrigales, expansión y reposición de la red de alcantarillado sanitario en el sector denominado Cra. 7ª. entre calles 4ª – 8ª, diseño de la planta de compostaje y la adecuación del relleno sanitario, la aporto la Empresa de Servicios Públicos de Sandoná EMSAN E.S.P. consiente de la problemática por la que atraviesa esta zona del país y preocupada por brindar una mejor calidad de vida a sus habitantes.

La gestión empresarial para la administración y culminación con éxito de cada uno de los trabajos de Saneamiento Básico se fundamentó en la ley 142 de 1994 que rige y reglamenta a las empresas prestadoras de servicios públicos. El registro fotográfico detalla paso a paso la ejecución de las distintas obras, dando a conocer los procedimientos constructivos utilizados.

ABSTRACT

The present work compiles the information of the different works accomplished in the municipality of Sandoná, concerning to the administration and projects execution of works of construction and Basic Sanitation; that is, Aqueduct, Sewer and Solid Residues Managing. The technical criteria and fundamental limits to carry out this work, they were adopted directly of the Master Plan of Aqueduct and Sewer and the Plan Integral Management of Solid Residues PGIRS.

The financing for each one of the works advanced in this locality are: expansion of the net of aqueduct and sanitary sewer in the neighbourhood Madrigales, expansion and reinstatement of the sanitary sewer net in the sector named Cra. 7^a. between streets 4^a - 8^a, design of the plant of compost and the appropriateness of the sanitary landfill, provided by the Public Service Enterprise of Sandoná EMSAN E.S.P. conscious of the problems for which crosses this zone of the country and concerned about offering a better quality of life to its inhabitants.

Entrepreneurial management for the administration and culmination with success of each one of the Basic Sanitation projects was based on the 142 Law of 1994 that governs and regulates to the lender public service enterprises. The photographic record details step by step the execution of the different works, making known the used constructive procedures.

INTRODUCCION

El crecimiento de la población, así como el desarrollo industrial, la urbanización y otros procesos y efectos del desarrollo experimentado por muchos Municipios Colombianos; exige la implementación apropiada de los proyectos concernientes a Saneamiento Básico; esto es Acueducto, Alcantarillado y Manejo de Residuos Sólidos.

La Empresa de Servicios Públicos de Sandoná EMSAN E.S.P consciente de la problemática por la que atraviesa esta zona del país y preocupada por brindar una mejor calidad de vida a sus habitantes, se encuentra actualmente desarrollando una serie de obras las cuales permitirán en un mediano plazo posicionar a Sandoná como uno de los primeros Municipios Colombianos en la prestación de servicios públicos, ya que cuenta con el personal calificado, construcción y adecuación de infraestructura apropiada para la potabilización del agua, recolección y evacuación de agua residual y conducción de aguas lluvias, además, se maneja adecuadamente los residuos que se generan en la localidad. Lo anterior, muestra un panorama muy alentador ya que estos trabajos son el resultado de una serie de estudios, como son: el plan maestro de acueducto y alcantarillado y el plan de gestión integral de residuos sólidos, PGIRS.

La participación profesional para proponer soluciones a una serie de problemas propios de la región en los distintos trabajos que requiere adelantar la empresa; hace aún, más cercano el anhelo de alcanzar la misión propuesta por EMSAN E.S.P.

La contribución de la Universidad de Nariño junto con la Facultad de Ingeniería dentro del proceso de formación de mejores profesionales ha dado una importante participación a los estudiantes para intervenir en las diferentes obras que se han venido realizando dentro y fuera de ella. En esta oportunidad gracias a los diferentes convenios celebrados entre la Institución educativa y la Empresa de Servicios Públicos de Sandoná se realizó este trabajo en la modalidad de Pasantía, la cual tuvo como lineamientos fundamentales, el diseño de sistemas de acueductos y alcantarillados, la administración de proyectos y ejecución de los mismos.

El primer trabajo llevado a cabo durante el transcurso de la pasantía fue la implementación del sistema de acueducto, alcantarillado sanitario y pluvial en la urbanización Madrigales, todo esto según lo dispuesto en el banco de proyectos de EMSAN E.S.P. El cumplimiento de las normas que rigen la construcción de estos sistemas, el empleo de tuberías y accesorios adecuados, así como la

contratación de mano de obra calificada y el control constante permitieron lograr el éxito de la obra.

La participación en el diseño del alcantarillado sanitario del sector denominado Cra. 7ª. entre calles 4ª y 8ª considerando aspectos de economía, eficiencia y durabilidad aplicando la normatividad vigente para cumplir con los requerimientos mínimos y/o máximos según sea el caso: diámetro, profundidad hidráulica, profundidad a la cota clave, velocidad, pendiente, etc. que garanticen el buen funcionamiento del sistema; permitió contribuir al desarrollo de un sector deprimido del municipio de Sandoná.

Para continuar con el manejo de residuos sólidos según el Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos, PGIRS, se hace necesario construir una planta de compostaje, la cual permitirá procesar la materia orgánica y aumentar la vida útil de las celdas donde se disponen los residuos. La propuesta arquitectónica desarrollada contempla un sistema compuesto por una zona de vaciado, zona de selección, zona de triturado, zona de bio-estabilización, y zona de maduración. El sistema que se plantea en primera instancia son pórticos estructurales en concreto armado que soportaran una cubierta en teja de asbesto cemento más peso propio y que también cumpla con la Norma Sismo Resistente NSR-98.

Para habilitar una nueva celda dentro del relleno sanitario que permita la disposición final de residuos se llevó a cabo las actividades correspondientes a la adecuación del sitio con la ayuda del buldózer, construcción de filtros de lixiviados que serán conducidos a un tanque, impermeabilización del suelo con geotextil para impedir la percolación de lixiviados, construcción de chimeneas para la evacuación de gases.

1. MARCO GENERAL

1.1 HISTORIA DEL MUNICIPIO DE SANDONA

1.1.1 Origen Quillasinga¹. En el sector central interandino hacia Yacuanquer y por la margen derecha del río Guáitara según Cieza de León, se extendían por las pendientes los territorios ocupados por la antigua nación Quillasinga que eran diferentes a los de la nación de los Quillasinga de la montaña. A lo largo de estas depresiones y pendientes se asentaron los pueblos de Consacá, Sandoná, El Ingenio, La Florida, hasta el Valle de Atriz donde los Quillasingas de la montaña. Estos pueblos que inicialmente no son referenciados por Cieza, aparecen luego en las relaciones geográficas de Indias, cuando se dice que Sandoná ya existía mucho antes de la colonia. Encarnación Moreno, historiadora, confirma que Sandoná era uno de los veinte pueblos que pertenecían a la nación Quillasinga.²

Bajo el dominio español Sandoná perteneció a la doctrina de los ingenios (llamada en ese entonces “doctrina del señor Santo Domingo”) al cuidado de los dominicos y a la encomienda de Don Álvaro Argüello, con el cacique Don Alonso y sus 41 indios tributarios durante el periodo que antecedió a 1582, según fecha de un informe presentado por el corregidor Don Francisco Centelles. Para esta época los habitantes de Sandoná sumaban más de 250 personas.

1.1.2 Erección del Municipio. En el archivo histórico de Pasto se encontró un documento sin firma, fechado en Pasto 10 de Diciembre de 1867, referente a un proyecto de ordenanza de la municipalidad de Pasto, en el cual en su parte pertinente dice:

“Art. 3- Eríjase el distrito la nueva población de Sandoná con el nombre de “Distrito de Mosquera” que tendrá por capital la Villa de Sandoná con los límites siguientes: con el distrito de la Florida, el río del Chacaguaico, desde su origen hasta la confluencia con el Guáitara, y con el distrito de Consacá de la quebrada Honda desde su origen, hasta el mismo río Guáitara”.

En el mismo legado, se informa por ordenanza 23 del 21 de abril de 1865 que se había trasladado la capital del distrito de Consacá al caserío de los llanos de Sandoná, lo que significa que Sandoná hasta 1867 posiblemente, con dicho traslado de la capital, fue cabeza del distrito pero no de Sandoná como tal sino de Consacá. Es probable que para remediar esto, que se presentó en la municipalidad de Pasto, el proyecto de ordenanza antes citado, para dejar a

¹ EOT Municipio de Sandoná

² Larrain Barrios, Horacio: Demografía y Asentamientos Indígenas en la Sierra Norte del Ecuador. Colección Penderos I.O.de Antropología, 1980, p. 169.

Consacá con su propia cabecera homónima. Varios autores han hablado de la ordenanza 33 del 12 de octubre de 1968 como lo que erigió a Sandoná en distrito de Mosquera y con capital Sandoná. Este dato lo tomaron de un artículo por José E. Gómez, en el Boletín Diocesano de Pasto No 49, y en su parte pertinente reducido por José Rafael Zaruma dice; En ese año de 1868 se estableció también la parroquia eclesiástica en los llanos de Sandoná o los Llanos. El distrito de Mosquera según estos datos tuvo los siguientes límites: Norte La Florida y El Tambo, río Chachi por medio. Sur Consacá, Quebrada Honda, faldas del Volcán Galeras por medio. Oriente el distrito de Pasto y por cimas del Volcán Galeras. Occidente con Linares y Ancuya, el río Guáitara por medio.

Sin embargo, llama mucho la atención el hecho que en un documento del 26 de abril de 1872, los Llanos de Sandoná figure como aldea del distrito de Consacá, siendo sus jueces, comisarios o inspectores de policía de la época Manuel Zambrano principal y Tomas Narvárez suplente según lo anterior en la Villa de los Llanos, su gente fue adquiriendo atribuciones y autonomía con sus respectivos jueces, en tanto que Consacá, tenía la sede del alcalde y cabildo del distrito, lo que no era impedimento para que Sandoná, figure como capital del distrito de los llanos de Sandoná, así dependa de algunos aspectos judiciales y administrativos de Consacá.

La poca disposición de los vocales de la municipalidad de Pasto para que Sandoná se convirtiera en distrito separado de Consacá tal vez por motivos políticos o electorales, se evidencia cuando en el artículo 9 de la ordenanza No. 18 de 23 de febrero de 1874 sobre división territorial del municipio de Pasto, se refunde a Sandoná en Consacá, en los siguientes términos: Consacá, su capital la Villa de los Llanos.

Por lo tanto, no se conoce cuando fue restablecido como distrito los Llanos de Sandoná, pero Gómez dice que por ordenanza 6 de 1898 de la Asamblea Departamental del Cauca fue agregado el corregimiento del Ingenio, que pertenecía al distrito de La Florida y anexado al municipio o distrito municipal de Sandoná, incluyendo en dicho corregimiento las parcialidades de Santa Rosa de Anganoy y Santa Bárbara de Cunchuy, antiguo Matancunchuy, quedando como límite de los dos distritos el río Chacaguaico. También Gerardo Maya investigó que en 1876 llamabase distrito del Rosario y en el año 1878 recobró su nombre antiguo Sandoná, aunque la gente solía llamarlo los Llanos de Sandoná.

En definitiva, según estos últimos datos, Sandoná con anterioridad a 1898 y con posterioridad a 1874 debió ser erigido definitivamente como distrito del municipio de Pasto. Posteriormente en el siglo XX, los límites vigentes se reconocieron mediante actas de deslinde con la intervención del Instituto Agustín Codazzi, alcaldes y personeros de los municipios colindantes, estos deslindes se fijaron en 1972 y 1973.

1.2 DESCRIPCION DE LA LOCALIDAD

1.2.1 Ubicación geográfica. El Municipio de Sandoná se encuentra localizado en el centro - oriente del departamento de Nariño, al Noroccidente de la ciudad de San Juan de Pasto y del Volcán Galeras; enmarcado entre el Río Guátara en toda su extensión Occidental; el Río Chacaguaico en toda su extensión oriental; la quebrada Honda al Suroccidente y Sur y hacia la zona Sureste una cordillera que se encuentra entre los 3600 y 3000 m.s.n.m. Tiene una superficie de 101 km² y una temperatura promedio de 18° C. Dista de la ciudad de San Juan de Pasto 48 km. Sus coordenadas son: 1° 17' 22" de Latitud Norte y 77° 28' 53" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Los límites generales del municipio de Sandoná son:

AL NORTE: Municipios de El Tambo y La Florida
AL SUR: Municipio de Consacá
AL ORIENTE: Municipio de La Florida
AL OCCIDENTE: Municipios de Linares y Ancuya

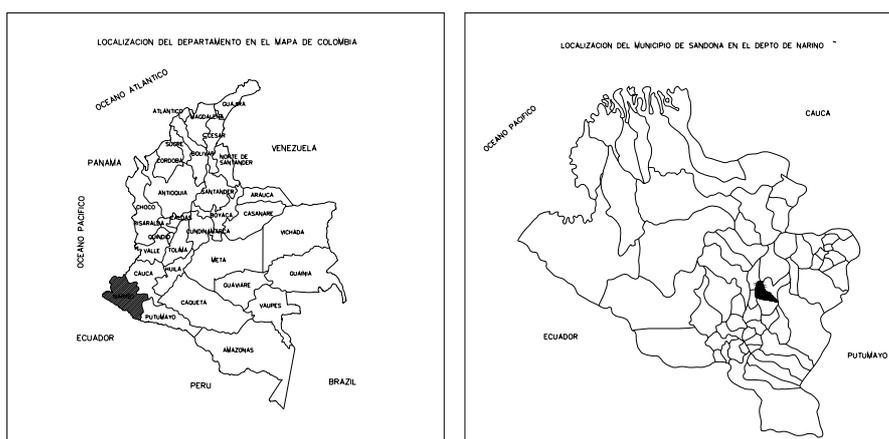


Figura 1. Mapa del departamento de Nariño y Sandoná

1.2.2 Climatología. El régimen climático de Sandoná y el de la región Andina de Nariño está regulado por las variaciones de los fenómenos ecuatoriales. La temperatura de verano, caliente y seca, que se disfruta en Sandoná durante los meses de julio, agosto y septiembre, es el origen de la presencia de los vientos que se intensifican en agosto. Cuando los vientos desaparecen, se produce la máxima temporada lluviosa durante los meses de octubre, noviembre y parte de diciembre. Entre enero y marzo, la precipitación disminuye, pero nuevamente se acentúa en abril y mayo hasta reiniciar en el mes de junio.

TEMPERATURA	Oscila entre los 19,2° C y 20,5° C
PRECIPITACIÓN PROMEDIA ANUAL	1.133,7 mm
PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL	Fluctúa entre 30 y 150 mm
EVAPORACIÓN MEDIA	Varía entre 86 y 125,4 mm mensuales
VALORES TOTALES MENSUALES DE RECORRIDO DEL VIENTO	Oscilan entre una velocidad de 0,89 y 1,69 m
HUMEDAD RELATIVA	El promedio anual es del 80%; el promedio mensual oscila entre el 70 y el 84%.

Cuadro 1. Datos climatológicos registrados en la estación Bombona

1.2.3 Topografía. La topografía de la localidad corresponde a terrenos quebrados con algunas pendientes pronunciadas, mayores del 15%, principalmente la zona ubicada al lado de la montaña.

1.2.4 Recursos hídricos. El territorio Sandoneño forma parte de la gran cuenca del Río Guáitara, extendida de sur a norte en un área de 4.000 km² por el centro de la región montañosa de Nariño. El Municipio de Sandoná, comprende las Subcuencas del Río Chacaguaico, la quebrada Honda o San Juan y tres escurrimientos directos correspondientes a las microcuencas de la quebrada La Feliciano, Saraconcho o El Cucho y Careperro o Magdalena, que se constituyen en el depósito final de las aguas de los Ríos y quebradas tributarias, consideradas de importancia para el Municipio por sus caudales y recorrido.

1.2.5 Riesgos naturales o amenazas. En el marco tectónico, Nariño se encuentra en una de las zonas más activas geológica y tectónicamente del país, el Municipio de Sandoná particularmente está atravesado por distintas estructuras tectónicas, entre las que se tiene:

Fallas geológicas. Los principales rasgos tectónicos de fallamiento en la región lo constituyen:

Falla Ancuya-El Peñol, falla Yumbo, falla Patía-Guaítara y la falla Manchabajoy. (Murcia y Cepeda, 1991).

Falla Patía - Guáitara: Perteneciente al sistema de fallas Cauca – Patía, controla el cauce del río Guáitara, el cual limita el municipio de Sandoná en el extremo Occidental. Tiene una orientación predominante N 10 – 20 E. No se han evidenciado rasgos neotectónicos, sin embargo el gran socavamiento y procesos erosivos intensos generados sobre el cauce y márgenes del río, sugieren su posible actividad.

En el sector del cementerio municipal muestran claramente fisuras asociadas a fallas de origen tectónico que se extienden en dirección SW, atravesando el lote de la urbanización San Jerónimo. (Salas y otros, 2000).

Su cercanía al casco urbano hacen que esta falla tome gran importancia, aunque no se han presentado estudios especializados sobre su grado de actividad, la presencia de fenómenos erosivos intensos alrededor de gran parte de su tramo evidencian el alto grado de inestabilidad de los materiales atravesados por esta.

Diaclazamiento. Corresponden a zonas altamente fracturadas debido a una fuerte actividad tectónica, en el Municipio se pueden identificar los sectores de Roma – Chávez, donde se aproximan la falla reconocida anteriormente.

1.2.6 Análisis e identificación de amenazas y áreas vulnerables

Amenaza volcánica. El casco urbano se ha visto afectado por caída de cenizas principalmente, pero de poco espesor, así como el resto del municipio hace parte de la zona de amenaza baja, según el mapa de amenazas del volcán Galeras, tercera versión, INGEOMINAS 1998. (Figuras 2 y 3).

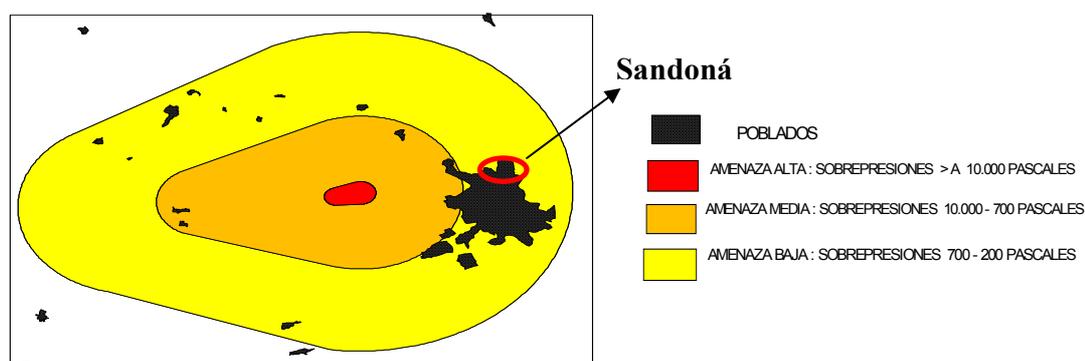


Figura 2. Mapa de amenazas del volcán Galeras.

Fuente: INGEOMINAS, 1998

Amenaza sísmica. Al igual que todo el municipio, no se cuenta con estudios específicos sobre valoración, sin embargo, la cercanía del casco urbano a fallas como la de Manchabajoy, hacen que se demuestre gran interés sobre su grado de actividad. Sobre su trazo se han reconocido evidencias de neotectonismo, como son hundimientos, valles lineares, silletas y escarpes que afectan rocas y depósitos recientes. Algunos hundimientos y colinas residuales se detectan incluso en la zona urbana, sector de La Cumbre, Cementerio, San Jerónimo.

La concentración de población y estructuras en el casco urbano hacen de este un elemento altamente vulnerable a efectos sísmicos, ya sean de carácter tectónico ó volcano-tectónicos.

Una relación de los sismos percibidos en la zona, son relatados en la reseña de desastres en el municipio.

Tercera Versión del Mapa de Amenazas Volcánicas 1997
 Ingeominas
 Tomado de <http://www.ingeminas.gov.co/WEB/PASTO/mapa3ver/mapa.html>
 Mejora en contraste OPS-Colombia

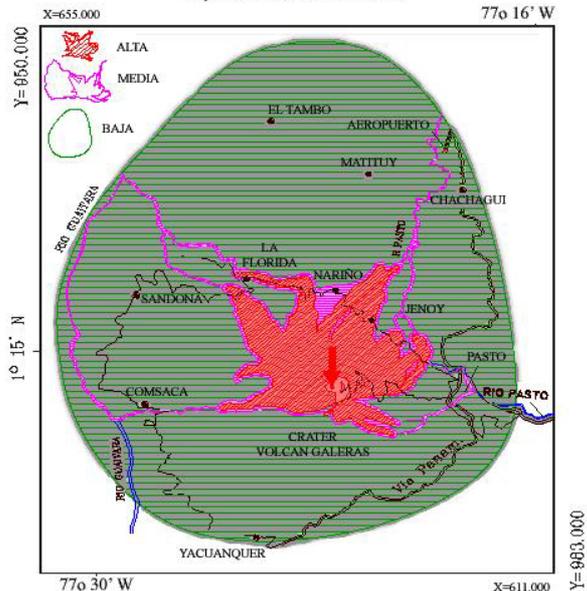


Figura 3. Mapa de amenazas por onda de choque.
 Fuente INGEOMINAS, 1998

Amenaza por deslizamientos. Son reconocidos sobre la quebrada El Cementerio y nacimiento de la quebrada Cucho, límite norte del casco urbano, la erosión y socavamiento de los dos drenajes que la conforman sobre terreno de relleno, han contribuido a desestabilizar las laderas adyacentes, factores antrópicos como la construcción de viviendas de fuerte peso podría contribuir a la inestabilidad de toda esta zona. La amenaza es alta hacia los canales y moderada en sus zonas adyacentes.

Amenaza por desprendimientos. Se verán afectados por fenómenos de desprendimiento y eventuales derrumbos de pendiente el límite oriental del casco urbano, sectores:

- Vía principal a Pasto –hasta la calle 1^a
- Carrera 2^a hasta calle 2^a
- Carrera 1^a sobre el sector de San Francisco
- Cascada de Belén
- Carrera 1^a con calle 7^a y 8^a
- Vía Alto Jiménez
- Limite sur del casco urbano

Amenaza por hundimiento. En el sector occidental del casco urbano de Sandoná la forma del relieve está potencialmente influenciada por la falla de Manchabjoy. En este sector las estructuras del cementerio municipal muestran claramente

fisuras asociadas a fallas de origen tectónico que se extienden en dirección SW, atravesando el lote de urbanización de San Jerónimo. (Salas y otros, 2001).

Las fisuras descritas se encuentran actualmente con rellenos de escombros. Aunque no se las pueda relacionar directamente con la actividad reciente de la falla cercana, si demuestran que la zona está altamente disturbada y con procesos erosivos claros, en donde el substrato se encuentra altamente fracturado. (Observación sobre la colina residual ladera oriental). Por lo tanto, toda obra de infraestructura que se pudiera presentar, debe tener al menos un estudio geotécnico detallado que demuestre el grado de estabilidad de la zona y áreas de influencia directa.

Amenaza por erosión fluvial. Se presenta sobre márgenes de las Quebradas Magdalena, Potrerillo, El Cementerio y El Cucho, los procesos varían de ligeros a moderados.

1.3 SISTEMAS EXISTENTES

1.3.1 Descripción de la infraestructura existente

Vías de acceso. El sistema vial presenta una vía de gran importancia, la Circunvalar al Galeras (en proceso de pavimentación), que integra el municipio y la subregión central andina. Internamente, el municipio cuenta con una red de carreteras y caminos con una cobertura aceptable y con adecuadas condiciones para el tránsito en épocas de verano, más no en tiempos de invierno, debido al poco o nulo mantenimiento. En el casco urbano el sistema vial está conformado por dieciséis (16) calles, nueve (9) carreras dentro del casco urbano.

Condiciones sanitarias

➤ Condiciones generales de salud. En Sandoná Las bajas condiciones socioeconómicas de la población urbana del Municipio, constituyen un factor incidente sobre la salud de la comunidad.

El 99,5% de la población urbana de Sandoná consume agua tratada, el 96,5% dispone adecuadamente las excretas y aguas servidas y el 94,0% accede al servicio de recolección de residuos sólidos.

SISTEMAS	COBERTURA
Alcantarillado publico	95%
Pozo séptico	1,5%
Disposición Superficial y a campo abierto	1,0%
Viviendas con unidades sanitarias compartidas	2,5%

Cuadro 2. Disposición de excretas en la zona urbana de Sandoná
Fuente: Censo sanitario 2002 (Sección Saneamiento Ambiental)

➤ Alcantarillado urbano. Construido en 1954 por el INSFOPAL, tipo mallado sanitario a gravedad; con el tiempo se convirtió en alcantarillado combinado, debido a la ausencia de un sistema alterno pluvial.

Actualmente, el sistema se encuentra en regular estado, ha sobrepasado su vida útil. Existen 1.602 conexiones domiciliarias (Censo sanitario 2002), una población servida de 8.010 habitantes y una cobertura poblacional del 95%.

El alcantarillado tiene siete emisores finales, los cuales se describen a continuación:

EMISORES	FUENTE RECEPTORA INTERMEDIA	FUENTE RECEPTORA FINAL
Emisor Campoalegre	Quebrada La Magdalena	Río Guáitara
Emisor Central 1	Quebrada de Belén	Río Guáitara
Emisor Central 2	Quebrada La Joya	Río Guáitara
Emisor Villa del Rosario	Quebrada de Belén	Río Guáitara
Emisor El Porvenir	Cañada el Porvenir	Río Guáitara
Emisor Manantial	Quebrada la Joya	Río Guáitara
Emisor Naranjal	Quebrada la Joya	Río Guáitara

Cuadro 3. Emisores finales

➤ Sistemas de abastecimiento de agua. La población urbana de Sandoná se encuentra abastecida básicamente por el Acueducto Municipal cuya cobertura alcanza el 93%. En forma secundaria existe un Acueducto alterno privado con 50 usuarios, quienes son también suscriptores del Acueducto urbano. La fuente de abastecimiento es el Río Ingenio, cuya captación se encuentra en la vereda San Andrés.

Condiciones sanitarias de la fuente:

El río Ingenio desde su nacimiento (Alto Ingenio y Alto Jiménez) hasta el sitio de captación, recorre una zona básicamente ganadera. Aunque estas dos localidades no cuentan con sistemas de alcantarillado, las excretas domiciliarias se disponen en pozo séptico. No obstante, se prevé contaminación fecal animal de la fuente a través de escurrimientos de predios ganaderos y desagües indirectos de aguas servidas domésticas.

El agua del río Ingenio puede considerarse de fácil manejo para los fines de consumo humano ya que bacteriológicamente su carga contaminante accede favorablemente al 100% de remoción que se logra en una planta de tratamiento convencional.

1.3.2 Características socioeconómicas. De acuerdo con la última actualización de la estratificación urbana de Sandoná, el mayor porcentaje de la población de la zona urbana se encuentra en estrato 2.

ESTRATO	PORCENTAJE	LADOS DE MANZANA
1	23,00%	65
2	66,80%	192
3	10,20%	29
TOTAL	100,00%	286

Cuadro 4. Estratificación de Zonas Urbanas
Fuente: Actualización Estratificación Urbana de Sandoná (1999)

Actividades económicas predominantes. Se clasifican en diferentes sectores, según su importancia en la economía de la región. En el sector primario se encuentra la agricultura y la ganadería, en el sector secundario, las artesanías en paja toquilla y la producción de panela en los trapiches y al terciario pertenecen; el comercio, microempresas de transformación de materias primas, servicios del sector financiero.

Disponibilidad de mano de obra. Existe bastante disponibilidad tanto de mano de obra calificada como no calificada. Existen profesionales en el campo de la Ingeniería Civil y Sanitaria capacitados para el desarrollo de actividades de la construcción e interventoría que este tipo de obras requiere. Por otra parte, existen maestros de obra que se pueden requerir para este tipo de obras. El costo de la mano de obra de los maestros de obra y personal calificado oscila entre \$15.000 y \$20.000 diarios y el de la no calificada de \$10.000.

Disponibilidad de materiales de construcción. Existen almacenes y ferreterías que suministran tuberías, accesorios, cemento, y hierro; aunque en grandes cantidades por su cercanía es más económico transportarlos desde Pasto.

1.4 SISTEMA DE ACUEDUCTO

1.4.1 Revisión del inventario del sistema existente de acueducto e investigación del estado actual de las tuberías. Se realiza el estudio detallado de las redes de acueducto, tanto de tuberías como de accesorios, se detallan los accesorios con su ubicación, diámetro y demás elementos. De acuerdo con el estudio realizado, se determina la existencia de tuberías de asbesto cemento y PVC, con edades que oscilan entre 45, 18, 13 y 5 años.

1.4.2 Evaluación de cada uno de los componentes del sistema

Sistema de abastecimiento existente

- Sistema de acueducto. La fuente de abastecimiento es la “Quebrada El ingenio”, perteneciente a la Subcuenca Charaguayaco, con un caudal promedio de 120 l / s.



Figura 4. Fuente de abastecimiento

- Captación. La captación se efectúa por medio de un canal que desvía parte de las aguas de la quebrada El Ingenio, a una altura de 1.910 m.s.n.m.

Sobre el canal y perpendicular al flujo se encuentra una rejilla con barrotes en hierro. La rejilla tiene una longitud de 1,34 m, consta de 26 barrotes de 1/2" con un espaciamiento libre entre barrotes de 3,50 cm.

El flujo después de la rejilla sigue en canal, llegando a una caja de derivación donde se divide el caudal en dos partes: uno que va por tubería hacia el desarenador y otro que por medio de tubería de AC en 8", evacua el flujo de excesos al Río.

La edad de la estructura es de 45 años aproximadamente, por lo que se encuentra en proceso de deterioro por cumplimiento de su vida útil. Sin embargo, la estructura física se encuentra en buen estado. El sistema está en funcionamiento y no tiene ningún tipo de obstrucciones durante el recorrido del agua.



Figura 5. Captación

- Conducción bocatoma-desarenador. La aducción tiene una longitud de 50 m en una tubería de 8" en AC y se encuentra en buen estado de funcionamiento.
- Desarenador. Se encuentra a 1905 m.s.n.m. el desarenador actual corresponde a una ampliación del anterior (1959), según diseño del Ing. Carlos J. Ávila en 1973, en el cual se efectuaron algunas modificaciones aumentando la altura de los muros (0,80 m) con lo que su profundidad se aumento a 2,43 m. EL sistema consta de una cámara de aquietamiento con vertedero de excesos, zona de decantación, zona de salida, tubería de lavado y un by pass en tubería de AC de 6". Existen cinco válvulas de compuerta lateral: dos a la entrada, que controlan el flujo de entrada al desarenador y el by pass: tres a la salida; una para desagüe; otra para suspensión de flujo a la salida y una tercera que es una válvula vieja que suspende el servicio a la conducción antigua. Al igual que la captación, su estructura se encuentra en un estado aceptable.

La pantalla en la zona de aquietamiento no realiza la función para la cual fue construida, cuyo inicio esta a 0,50 m desde el fondo, tiene una altura de 1,20 m y la profundidad de lámina de agua, en ese punto es de 0,73 m al borde superior de la pantalla. El agua entra por la parte superior, razón por la cual la zona de aquietamiento no esta prestando servicio.

No posee una estructura de salida que capte adecuadamente por medio de vertederos el agua decantada. Tiene una longitud de 14,62 m, altura máxima de 2,92 m al final del mismo y un ancho de 2,45 m. Se toman profundidades promedio en varios sectores de la zona de entrada, cámara de aquietamiento, zona de sedimentación y en la zona de salida.

El desarenador presenta algunos inconvenientes que afectan directamente la eficiencia del sistema, por ejemplo:

- No existe una pantalla adecuada que distribuya uniformemente el flujo de entrada, disminuyendo su eficiencia; por cuanto en el orificio de entrada el agua penetra en forma directa.

La salida del desarenador esta instalada en tubería de PVC en 12", con una longitud de 200 m , para luego realizar un cambio brusco a tubería de AC en 8", esto debido a que hace aproximadamente 12 años se presentó un taponamiento en el sector, la solución inmediata fue cambiar el sector a 12".



Figura 6. Desarenador

➤ Conducción. En su gran mayoría esta conformada por tubería de 8" en AC, con excepción del tramo de 200 m en tubería PVC de 12". No se conoce de daños existentes. En su recorrido, en la Vereda La Loma se extraen 5 l/s para uso del acueducto regional en este sector.

➤ Planta de tratamiento. Ubicada a 1.852 m.s.n.m. la planta de tratamiento de Sandoná fue construida en 1983 con un sistema convencional hidráulico.

Capacidad de tratamiento: 40 lps según información del personal y diseño mostrado por los niveles en Planos, ya que no existe memoria técnica de diseño de la misma en la empresa, pero si los planos respectivos.

El sistema de tratamiento existente esta conformado por los siguientes elementos:

Sistema de llegada, aforo y mezcla rápida: Canaleta Parshall, ancho de garganta de 3".



Figura 7. Canaleta Parshall

Sistema de dosificación de coagulantes en seco Marca Salper. Punto de aplicación salida canaleta. Coagulante: sulfato de aluminio tipo B.

Floculadores hidráulicos de tabiques horizontales con pantallas en concreto.



Figura 8. Floculadores

Sedimentadores convencionales. Dos unidades.



Figura 9. Sedimentadores

Filtros mixtos de arena y antracita con autolavado. Cuatro unidades.



Figura 10. Filtros

Tanque de cloración. Cloración con cilindros de cloro gas. Equipo hidrofloc para aplicación de cloro.

➤ Tanque de almacenamiento. De la planta de tratamiento se desprenden dos ramales uno que va hacia el tanque cercano a la planta y otro que alimenta la

parte alta de la población, situado en El Chorrillo 10 m, por encima del tanque general de la planta, con una conducción en tuberías de AC 8”



Figura 11. Tanques de almacenamiento

Existen dos tanques de almacenamiento: uno situado cerca de la planta de tratamiento y otro situado en El Chorrillo. De la planta sale una tubería que alimenta la red, convirtiendo a este tanque en una especie de tanque de compensación. El tanque de la planta de tratamiento está construido en concreto, con dimensiones de 10 m x 10 m x 4 m, con una capacidad de 400 m³. Su estructura, aunque ya sobrepasa los 40 años, se encuentra en buen estado de funcionamiento y no se notan fisuras, ni filtraciones a su alrededor.

El otro tanque, se encuentra ubicado en El Chorrillo y alimenta el barrio Belén y sus alrededores. Es alimentado directamente desde la planta por una tubería de 8” AC. En la parte media de la conducción se encuentra una válvula de compuerta que sirve para regular el flujo a este tanque. Este tanque se encuentra situado 1,7 m más abajo de la salida de la planta y 10 m más arriba del tanque de la planta, por lo que se utiliza para alimentar la parte alta de la población en el barrio Belén y sus alrededores. Este fue el primer tanque que se construyó, ya sobrepasa los 40 años de servicio. Ha sido reparado continuamente y la última vez hace un año se impermeabilizó internamente. Si bien es cierto que es una estructura muy antigua, sigue sirviendo a la zona alta. Sus dimensiones son de 10,6 x 6,6 x 3,6 m con una capacidad de 250 m³.

➤ Redes de distribución. La red de distribución se encuentra conformada por tuberías de AC, PVC y en algunos sectores en manguera en diámetros de 6”, 4”, 3” y 2”.

La red de distribución se encuentra alimentada desde el tanque de la planta, que abastece la zona media-baja y el de El Chorrillo que alimenta la zona alta de Belén. Tanto la red de la zona media-baja y la zona alta se encuentran

interconectadas por medio de dos válvulas, lo que permite con el juego de las mismas, regular el flujo del tanque de la chorrera y servir de apoyo a la red de las zonas media y baja para aumentar presiones en esta red.

1.5 SISTEMA DE ALCANTARILLADO

1.5.1 Revisión del inventario del sistema existente de alcantarillado e investigación del estado actual de los colectores. El sistema de alcantarillado existente esta conformado por tubería de concreto y Novafort. La mayoría de la tubería en concreto tiene más de 40 años de servicio; cerca de un 15% ha sido cambiada por tubería Novafort en algunos tramos.

El casco urbano cuenta con 6 emisarios, ubicados en diferentes puntos del Municipio. Las características de cada uno de ese detallan a continuación:

- Emisor ubicado en la calle 5ta en el sector del cementerio
1790 m.s.n.m
Presenta dos tuberías de salida con diámetro de 24" y caída a una quebrada.
Caudal aforado = 5 l / s
- Emisor ubicado en el matadero
1788 m.s.n.m

Existe en Box Culbert, donde se reúne el agua de la Quebrada Las Delicias y las aguas sanitarias del sector, es el emisario de mayor capacidad, donde desembocan las aguas del matadero.
Caudal aforado = 30 l / s
- Emisor ubicado en la salida al Municipio de Consacá
1756 m.s.n.m

En este emisario se reúnen aguas negras con aguas del arroyo El Socorro, posee un diámetro de 24" y en su recorrido final se observa la existencia de 3 cámaras de caída con una separación de 20 m entre cada una.
Caudal aforado = 12 l / s
- Emisario ubicado en El Porvenir
1755 m.s.n.m
Caudal aforado = 2 l / s.
- Emisario ubicado en El Naranjal
1.771 m.s.n.m

Ubicada en la salida hacia la ciudad de Pasto, aquí se bota el agua de lavado de la planta de tratamiento, posee una tubería de 24".
Caudal aforado = 15 l / s

- Emisario El manantial. Tubería de 10"
Caudal aforado = 2 l / s.

Es un número grande de emisarios (6) lo cual dificulta el tratamiento de las aguas, por lo tanto es necesario agruparlos.

El emisor del matadero recolecta también las aguas provenientes de la quebrada "Las delicias ", la cual se junta en el Box Culbert en su parte final. Este emisor es el que mas caudal recolecta y evacua, siguiéndole en importancia el de El Naranjal, La Yee, Cementerio, Porvenir y Manantial.

1.5.2 Análisis de los sitios de descarga. Para medir la contaminación de los sitios de descarga se efectuaron análisis de oxígeno disuelto antes y después de los sitios de descarga con el objeto de medir el grado de contaminación a lo largo de las quebradas receptoras y determinar si existe o no recuperación de las mismas en su recorrido.

Emisario El Matadero. Inicia con la quebrada Belén en la parte alta continuando su curso libre atravesando la mitad del poblado y finalmente llegando a un Box Culbert, el cual descarga al matadero. Aproximadamente 200 m aguas abajo recoge las aguas de la urbanización Villa de Rosario, continuando su curso libremente en unos 40 m y de ahí en adelante la topografía adquiere una pendiente pronunciada.

Emisario El Naranjal. A partir de 50 m después de la descarga, se presenta una caída pronunciada hasta el sitio del puente La Joya, a unos 4 km, donde existe una estabilidad del flujo por presentarse topografía plana cerca al relleno sanitario del casco urbano. Desde el sitio de descarga hasta La Joya y aguas abajo no existe una población concentrada, en la zona hay una serie de viviendas muy dispersas; aguas abajo de la Joya el cauce se enrumba hacia el Río Guátara, siendo aumentado por el aporte de otras quebradas.

Emisario La Y. Situado a la salida para Consacá, el emisor esta conformado por una serie de cámaras de caída en razón de lo pendiente de la zona. El emisor en su descarga se une a la quebrada La Magdalena.

En términos generales, se puede analizar con base a los estudios de oxígeno disuelto y su nivel de evolución durante el día que las aguas residuales evacuadas por los emisores no son muy contaminadas, ya que se encuentran niveles de oxígeno disuelto en todos los casos evaluados indicadores de vida aerobia. Además aguas abajo de los sitios de descarga, generalmente, se presentan

pendientes pronunciadas lo que facilita la recuperación de los niveles de oxígeno. No existen poblaciones ni caseríos en el trayecto de las fuentes receptoras y sólo se presentan casos de viviendas aisladas.

Las fuentes receptoras se unen con otras quebradas y desembocan al Río Guátara.

2. PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

La Empresa de Servicios Públicos de Sandoná EMSAN E.S.P, comprometida con el desarrollo del municipio ha direccionado los proyectos relacionados con acueducto, alcantarillado y aseo en la zona urbana del municipio teniendo en cuenta la priorización de necesidades como lo establece la norma RAS 2000 expandiendo así la cobertura de los tres servicios con eficiencia, calidad y dando viabilidad a lo planteado al Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado desarrollado por la Universidad de Nariño en el año 2003, es así como en el segundo semestre del año 2005, se lograron desarrollar los proyectos mencionados a continuación:

Reposición y expansión de la red de acueducto en el Barrio Madrigales
Expansión de alcantarillado sanitario Barrio Madrigales
Expansión de alcantarillado pluvial Barrio Madrigales
Adecuación del relleno sanitario

Diligenciamiento de compromisos legales, administrativos, financieros, operativos, técnicos, que en un futuro serán presentados ante el Ministerio de Desarrollo Económico, para así poder participar y estar entre las mejores empresas de servicios públicos de Colombia.

Para la realización de estas obras se inició estudiando el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, realizando las visitas correspondientes a los lugares mencionados, se programaron varias reuniones con la comunidad hasta llegar a un acuerdo.

Se realizó el análisis de precios unitarios y el correspondiente presupuesto de obra discriminado para cada una de ellas los cuales se presentan más adelante. Paralelamente somos vinculados al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS liderado por el Ministerio de Desarrollo y Medio Ambiente y orientado por CINARA de la Universidad del Valle.

2.1 REPOSICION Y EXPANSION DE LA RED DE ACUEDUCTO DESARROLLADO EN EL BARRIO MADRIGALES

La urbanización Madrigales ubicada en el sector Nororiente del casco urbano de Sandoná con aproximadamente 50 viviendas por construir y 250 personas beneficiadas con el proyecto. Este sector no tenía el servicio de acueducto del municipio por ello se había postergado su construcción. Con la ejecución del proyecto se dará desarrollo al sector el cual se encuentra en proceso de adjudicación de subsidios de vivienda. Cabe destacar que la urbanización

Madrigales y sus alrededores se encuentra establecida como zona de expansión según el E.O.T.

Antes de ejecutar la obra, se realizó una reunión a la que asistieron entre otros: el Alcalde de Sandoná, doctor Roberto Coronel Pantoja, El Secretario de Planeación, Ingeniero Luís Rodrigo López, el director de la Empresa de Servicios Públicos de Sandoná EMSAN E.S.P. doctor Richard Andrés Rosero, los pasantes de la Universidad de Nariño Lesly Anit Narváez y Oscar Portilla Bucheli, la comunidad de la Urbanización Madrigales; en esta reunión se acordó, por unanimidad que la comunidad aportará toda la mano de obra necesaria para la realización de los trabajos como son excavaciones, relleno y compactación; por otro lado EMSAN E.S.P. suministrará los materiales y la asesoría técnica para que las especificaciones y cantidades de obra se cumplieran según los diseños contemplados en los planos, estipulados en el plan maestro de acueducto y alcantarillado del año 2003, y demás recursos necesarios para el cumplimiento de la obra, se dio a conocer la viabilidad del proyecto, sus beneficios, el presupuesto de la obra, cantidades de obra, se recogieron firmas para asumir responsabilidades, de esta reunión se levantó acta.

El día veinticuatro de agosto de 2005 se iniciaron las obras con localización y replanteo.

2.1.1 Localización y replanteo. Esta actividad se desarrolló con el fin de localizar el eje por el cual deberá ir la tubería de presión para acueducto, complementar el catastro de redes de acueducto para la zona urbana, determinar la longitud real de la tubería que se debería tender.

En la urbanización Madrigales en expansión de acueducto la longitud a cubrir es de 203 m.

2.1.2 Movimiento de tierras. La zanja excavada tiene las siguientes dimensiones: 0,5 m de ancho, 1,1 m de profundidad. Con esto se logra cumplir con la norma RAS 2000,

Excavación a mano en material común. Se excavaron 150 m en material común, es decir 82,5 m³, el rendimiento de la cuadrilla formada por dos obreros fue de 6m³ diarios es decir esta actividad se desarrolló en un día con un total de 14 obreros; la zanja debe tener 1,1 m de profundidad, 0,5 m de ancho.



Figura 12. Excavación material común

Excavación a mano en conglomerado. Se excavaron 38 m en conglomerado, es decir 21 m^3 , el rendimiento de la cuadrilla formada por dos obreros fue de $3,5 \text{ m}^3$ día.



Figura 13. Excavación en conglomerado

Excavación en roca. La excavación en roca se hizo para un volumen de $8,25 \text{ m}^3$, en algunos tramos se hizo túnel para que la tubería pase por debajo, en otros donde la roca era mayor se procedió a sacarla por cortes, y en otros casos con diferencial.



Figura 14. Excavación en roca

2.1.3 Adecuación del suelo con material seleccionado. Se realizó con el fin de evitar objetos duros como rocas, troncos, etc.; se utilizó arena grisácea, en un espesor de 15 cm que sirve como colchón de amortiguamiento para esfuerzos que deberá soportar la tubería. Se emplearon 16 m³ de arena tendidos y compactados en 203 m de zanja.



Figura 15. Material seleccionado

2.1.4 Suministro e instalación de tubería. La tubería instalada es PVC Unión Platino de 6" y 3", se ciñen a la Norma Técnica Colombiana 382 y están garantizadas para el transporte de agua potable. Para mantener el RDE (Relación Diámetro Espesor) constante en la unión platino se aumenta el espesor de pared del tubo en el tramo donde se forma la campana y de esta forma, la presión de trabajo se garantiza también en la unión platino; se tendieron 35 m, de tubería de 6" y 168 m, de tubería de 3".

Proceso de instalación. Se limpia cuidadosamente el interior de la campana así como el espigo, antes de unir.



Figura 16. Preparación de la tubería

Se lubrica de manera pareja la mitad de la longitud del espigo. Se mueve el espigo de tal forma que apenas penetre en la boca de la unión.



Figura 17. Aplicación de lubricante

Se asegura que las tuberías estén perfectamente alineadas en ambos planos. Esto es importante nunca se debe tratar de introducir el espigo en ángulo.

Se empuja el espigo hasta la marca de entrada. Esto debe hacerse con un movimiento rápido siendo de gran ayuda el impulso que se gana entre la boca de entrada y el sello de caucho.



Figura 18. Empuje del espigo en la unión

Para esta actividad de unión de tubería se ayuda mediante el empleo de una barra, apoyada sobre un trozo de madera colocado en el centro del tubo.



Figura 19. Empuje mediante el empleo de una barra

Empotramientos. Cuando una tubería está sujeta a presión hidrostática interna, esta presión actúa igualmente en todas las paredes de la tubería produciendo “fuerzas de empuje” es esencial eliminar los movimientos debidos a estos empujes cuando la tubería no está unida por soldadura. Debe proveerse empotramiento externo en todas las tees, curvas, tapones, válvulas, etc. para resistir las fuerzas de empuje. Debido a la flexibilidad intrínseca del PVC, es además importante diseñar los empotramientos en las curvas para contrarrestar la tendencia a desacoplarse.

Los empotramientos consisten en bloques de concreto colocados entre la tubería, los accesorios y la pared de la zanja sin disturbar, para transmitir al terreno las fuerzas del empuje. Las dimensiones de los bloques de concreto dependen de la

resistencia del suelo natural. Un análisis del suelo determina esta capacidad de carga.



Figura 20. Empotramiento

Al calcular las fuerzas del empuje debe incluirse el golpe de ariete y tomarse un factor de seguridad de 2.

Es conveniente que los accesorios tengan la mayor parte de su pared externa en contacto con el concreto, para que el bloque no solo transmita el empuje, sino también para que sirva de restricción al movimiento del accesorio mismo.



Figura 21. Empotramiento en accesorios

El concreto no debe envolver totalmente la tubería o el accesorio. Con los cambios de presión interna ocurren variaciones en el diámetro externo que no se deben impedir, pues causarían esfuerzos cortantes innecesarios en la pared del tubo.

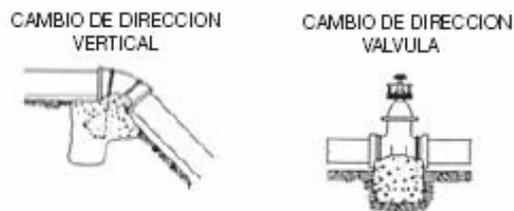


Figura 22. Anclaje de codo y válvula

Es buena práctica colocar un filtro asfáltico o un polietileno grueso entre la tubería o accesorio y el concreto, para impedir la abrasión.

2.1.5 Suministro e instalación de accesorios. Como es necesario, en un sistema de expansión de red de acueducto se debe emplear accesorios y con ellos los diferentes materiales que permiten realizar empalmes lógicos y seguros, se instalaron tees, cruces, reducción, codos, unión reparación, bujes, tapones, válvulas, hidrantes, tapa válvulas, cuyas cantidades se especifican más adelante.

Los accesorios, y demás materiales fueron suministrados por Casa Andina; las tees unión platino, son de PVC de 3" x 3" x 3"; las cruces son en hierro fundido de 3", las reducciones son en PVC, de 6" a 3", instalación de codos de 90° en PVC, se emplearon uniones de reparación de 3" unión Platino, que son de PVC, emplearon tapones de 6" y 3", las válvulas instaladas son en HF sello en Bronce Torino, de 6" y 3", se instalara un hidrante Pedestal tipo Milán de 3", se instalaron tapa válvulas Torino.



Figura 23. Disposición de materiales

Instalación de tee unión platino. Se limpia cuidadosamente el interior de la campana de los tres extremos de la tee, así como el espigo de la tubería antes de unir.

Hay que lubricar de manera pareja la mitad de la longitud del espigo, se mueve el espigo de tal forma que apenas penetre en la boca de la unión.

La tee y la tubería deben estar perfectamente alineadas en ambos planos. No se debe introducir el espigo en ángulo.

Empuja el espigo hasta la marca de entrada. Se realiza con un movimiento rápido siendo de gran ayuda el impulso que se gana entre la boca de entrada y el sello de caucho. Se puede utilizar como ayuda el empleo de una barra apoyada sobre un trozo de madera en el centro del tubo.

El empotramiento se realiza entre la pared de la zanja y el centro de la tee, para que de esta forma se transmita las fuerzas de empuje al terreno.

Instalación de cruz en HF. El proceso de instalación es igual al empleado con tubería y accesorios Unión Platino, en este caso también se hace un empotramiento en concreto en cada lado de la cruz.

Se emplea unión reparación a uno de los lados dependiendo la dirección que lleva la campana del tubo.

Instalación de codos de 90°. Se debe realizar el mismo procedimiento de instalación empleado para tubería Unión Platino.



Figura 24. Instalación de codos

Instalación de válvulas. Para la instalación de válvulas es necesario emplear unión de reparación en uno de los extremos de la válvula, realizar el respectivo anclaje, y los pasos son iguales a los empleados en la instalación de tubería Unión Platino.

Instalación de hidrante. Los accesorios empleados fueron: una tee unión platino, tubería de presión Unión Platino, unión reparación unión Platino, Válvula en HF sello en bronce.

Entre los materiales empleados para esta actividad se encuentra el cemento, triturado, arena, agua, madera, rajón en algunos casos, lubricante Novafort. Unión Platino, Uni – Safe.

Las herramientas empleadas fueron, palas, palustre, barra, baldes.

Instalación de tapa válvula Torino. El desarrollo de esta actividad se logró empleando tubo de cemento de 10", cemento, arena, triturado.

El tubo de cemento se colocó sobre la válvula, para protegerla del material de relleno y compactación colocado en la zanja, además este sirve de soporte para la colocación de la tapa válvula.

La base de la tubería se asegura con una mezcla de concreto, al igual que la tapa válvula.

Conexiones domiciliarias. Las conexiones domiciliarias se harán siguiendo las recomendaciones técnicas dadas por la empresa de servicios públicos EMSAN E.S.P.

Los pasos para la instalación son los siguientes. Limpiar la tubería para colocar el collar de derivación. Quitar la tuerca y el buje del collar. Instalar la cinta del collar en el tubo, sin golpearlo, girándolo sobre este, dejándolo girar libremente. Se ubica el collar en un ángulo aproximadamente de 45° hacia donde va a quedar la cajilla del medidor.



Figura 25. Instalación del collar

Se ajusta el buje en el collar, acomodándolo con las guías que este trae; se enrosca la tuerca para ajustar el buje. Primero con la mano y luego con la ayuda de una llave de cinta hasta terminar de apretar.

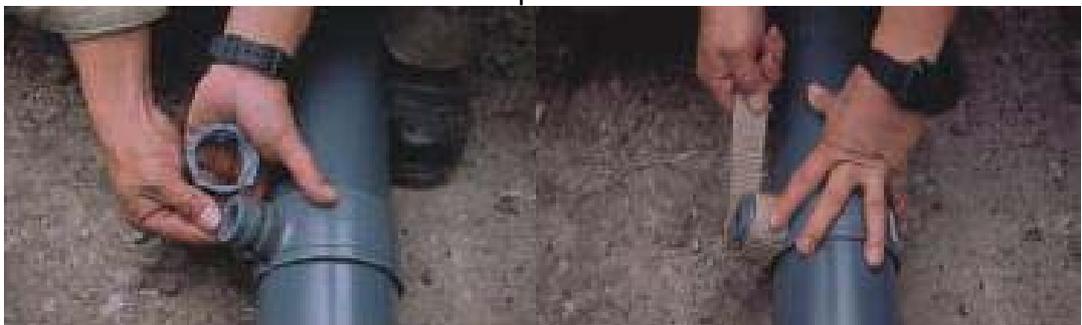


Figura 26. Instalación manual del buje

Se instala el registro de incorporación con cinta de teflón en el collar de derivación, no sin antes aflojar la tuerca y suavizarlo para abrir y cerrar fácilmente. Con la llave No 12 se ajusta suavemente el registro.



Figura 27. Inst. registro de incorporación

En el registro de incorporación se enrosca la máquina para perforar el tubo; esta debe tener broca para metal. Una vez perforado el tubo se devuelve la broca, se cierra el registro en el caso en que se trabaje en presencia de agua de lo contrario se instala con el registro abierto, se retira la máquina y se verifica que este bien perforado, de no ser así se repite el proceso.



Figura 28. Perforación del registro

Una vez perforado correctamente, se instala sobre el registro un adaptador macho PF + UAD (Polímeros Fenólicos de Ultra Alta Densidad) con cinta de teflón, ajustándolo suavemente con la llave No. 12. Introduzca hasta el fondo del adaptador la tubería PF + UAD, ajuste la tuerca con la mano fuertemente



Figura 29. Inst. adaptador macho



Figura 30. Inst. tubería PF + UAD

Extienda el tubo PF + UAD hasta la cajilla del medidor, tome la medida del tubo a cortar dejándolo un poco largo para evitar tensiones innecesarias. Arme el medidor dentro de la cajilla del mismo. Este debe tener registro de corte con adaptador macho PF + UAD, medidor, registro de bola, adaptador macho PF + UAD, alargador y subidor, adaptador macho PF + UAD y Tee de Prueba.



Figura 31. Cajilla de medidor

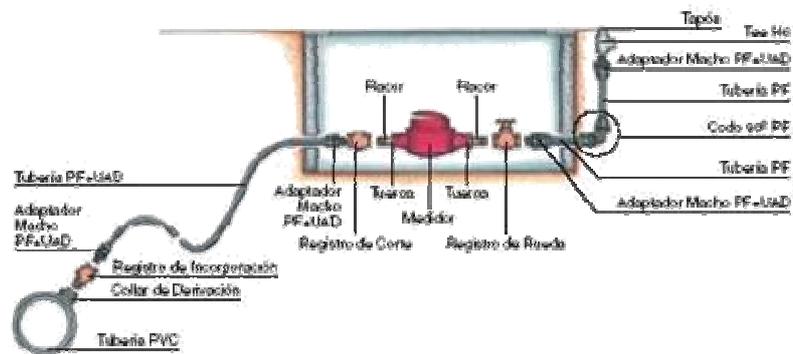


Figura 32. Acometida domiciliaria

Se ajusta el tubo en el adaptador macho PF + AUD apretándolo con la mano. Cierra el registro de rueda o de bola, se abre el registro de incorporación. Verificar que no haya fugas en las conexiones. Si no hay fugas, abra el registro de bola.

2.1.6 Relleno con material aprovechable. El relleno se comenzó inmediatamente, después de la colocación de la tubería con el fin de protegerla. El relleno inicial está compuesto por material fino de la misma zanja o similar. Se relleno con cuidado y compactando con pisón manual, perfectamente alrededor de la tubería.



Figura 32. Relleno con material aprovechable

Cuando el material excavado tiene piedras, el material fino compactado del relleno inicial debe hacerse hasta 15 cm por encima de la tubería. Esto puede reducirse a 10 cm cuando existe material de relleno libre de piedras en cantidad suficiente para otros 30 cm de altura.

En ningún momento puede incluirse en el relleno piedras o rocas que puedan asomar en el relleno inicial o llegar a hacer contacto con la tubería.

2.1.7 Relleno y Compactación. Luego de culminada la instalación de la tubería se procedió a rellenar inicialmente con material seleccionado en los primeros 15 cm por encima de la cota clave; el relleno final hasta la rasante se lo hizo con material generado en la excavación; la compactación se realiza con pisón manual en capas de 15 cm en toda la línea de conducción.



Figura 33. Relleno y compactación

2.1.8 Señalización. Durante todo el proceso de construcción e instalación del sistema de suministro de agua potable; se colocó cinta de señalización en cada uno de los tramos donde se trabajó y se preveía algún tipo de peligro, con el fin de evitar accidentes para los transeúntes, vehículos, entre otros.



Figura 34. Aviso de precaución

2.2 EXPANSIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO BARRIO MADRIGALES

En oficina se revisaron los planos de la “Urbanización Madrigal” en los cuales se encontraban materializados los diseños de los sistemas para el suministro de agua potable y alcantarillado sanitario elaborados por el Ing. Mauricio Torres; en ellos se encontró ciertas discrepancias en cuanto a criterios de economía y durabilidad, puesto que el sistema de alcantarillado planteado, consideraba pendientes demasiado altas, que en un futuro podría ocasionar el desgaste de las tuberías y finalmente el colapso del sistema, por lo cual se optó por replantear y recalcular el sistema, para lo que debió llevarse a cabo un nuevo levantamiento topográfico.

Considerando esta situación, se procedió a realizar un Análisis de Precios Unitarios del sistema de acueducto y de alcantarillado, así como un presupuesto estimativo de cada una de las obras, con el fin de que la Empresa pueda determinar sus límites y capacidades de aporte, además de acordar con la comunidad la colaboración que esta prestaría en cuanto a mano de obra.

El día veinticuatro (24) de septiembre de 2005, se iniciaron labores de implementación del alcantarillado sanitario, con las actividades que se describen a continuación:

2.2.1 Levantamiento topográfico. Esta actividad se realizó con el fin de establecer el eje definitivo del sistema de alcantarillado; lo cual permitió conocer las cotas y abscisas reales del mismo para proceder al rediseño. El equipo utilizado fue: un nivel de precisión, mira, jalones, cinta métrica; herramientas y materiales como: maceta, clavos, nylon y estacas.

La longitud total del levantamiento fue de 172,1 metros lineales. Las memorias correspondientes, están consignadas en el archivo de la Empresa de Servicios Públicos de Sandoná EMSAN E.S.P., previa revisión y aprobación, tanto de la Ing. Marcela Martínez, Directora de Obra, como del Ing. Jhony Narváez, Interventor de Obra y Técnico de la Secretaría de Planeación e Infraestructura Municipal.



Figura 35. Levantamiento topográfico

2.2.2 Movimiento de tierras

Excavación con máquina. El ancho de la zanja fue de 0,70 m, dimensión correspondiente al ancho del balde de la máquina excavadora y que permite a un obrero trabajar en condiciones de seguridad, además de procurar la adecuada alineación y ensamble de las tuberías. Las zanjas realizadas se rigen a partir de la Norma ASTM D 2321, así como su respectivo relleno. De esta manera, el ancho mínimo de esta será el diámetro exterior de la tubería más 30 cms.

La longitud de excavación que se logró mediante la utilización de la máquina fue de 132 metros lineales, con profundidades entre los 0,8 – 2,5 m, especificados en los cortes calculados en el diseño; en las partes más altas del lugar la máquina no alcanzó a profundizar lo requerido en el corte; la excavación culminó al llegar a la carretera para dejar libre el acceso a la carrera 1A, vía al Alto Jiménez. Igualmente, queda pendiente la excavación de un tramo de 34,1 metros lineales, que debe realizarse en la parte baja de la urbanización, por donde pretende evacuarse el agua residual recogida; y no fue posible ejecutarse en el momento debido a que en dicha parte del proyecto, se requiere la construcción de un filtro para el drenaje del agua, proveniente del nivel freático alto que se presenta en el lugar y su respectivo relleno hasta el nivel del terreno, situación que fue solucionada por parte de la Asociación de Vivienda en los días siguientes.



Figura 36. Preparación zanja



Figura 37. Excavación a máquina

Excavación a mano. En la zona se encontró material común, conglomerado y roca; por lo cual la excavación manual se ha tenido que realizar en los tres tipos de material. Debido a que la máquina no alcanzó a profundizar según lo requerido en los cortes calculados; especialmente en los tramos contiguos a la carrera 1A (pendientes pronunciadas), de longitud aproximada 51,8 metros lineales; se tuvo que nivelar el piso de manera manual, de los cuales en 45 metros lineales se debió profundizar manualmente entre 1,2 – 1,5 metros; y 7 metros lineales con profundidades entre 3,5 – 3,6 metros, que la máquina dejó pendientes debido a que era necesario dejar libre el acceso a la carrera 1A vía al alto Jiménez. Para solucionar esta situación, se decidió trasladar la cámara No. 1, 2,8 m antes de lo proyectado en el diseño, para que la construcción no interfiriera con el acceso a dicha población. De esto se dejó constancia en el acta de modificación respectiva.



Figura 38. Material Común



Figura 39. Conglomerado

Se retardó el avance de la obra por la presencia de cordones de roca encontrados en el tramo alto del lugar, por tanto se necesitó de la labor de corta-pedreros, contratados directamente por la asociación de vivienda representada por el Sr. Mario Rubio, quien asumió este imprevisto.



Figura 40. Cordón de roca



Figura 41. Corte de roca

Luego de realizar el filtro correspondiente en la parte baja, se procedió a hacer la zanja para la tubería (Cámara 3 a Cámara 2A, como se señala en el diseño), de forma manual, debido a la falta de disponibilidad de la excavadora, con profundidades entre 2 y 3.2 mts.

2.2.3 Entibados. Se deja puentes de tierra cada 10 m para evitar posibles fallas del terreno. En cada uno de estos se rompen túneles con el fin de dar paso al tendido de tubería y además para evitar que en esta época de invierno se inunde la zanja.



Figura 42. Bancos en tierra

2.2.4 Señalización. Se dispuso de la señalización respectiva con cinta de precaución, con el fin de evitar posibles inconvenientes que puedan afectar a los transeúntes, obreros, funcionarios de la empresa y todo el personal comprometido con la obra.



Figura 43. Señalización

2.2.5 Construcción de filtro. Debido a que en la parte baja de la zona del proyecto se encontró el nivel freático elevado, se realizó la construcción de un filtro de sección: 10 centímetros de ancho por 15 centímetros de alto, acondicionado con grava y gravilla de buena calidad y Geotextil no tejido Ref. 1600, ubicado lateralmente a la tubería de recolección del agua residual, gastos asumidos por la asociación de vivienda.



Figura 44. Nivel freático



Figura 45. Filtro

2.2.6 Nivelación del piso. Una vez hecha la perforación en los puentes de tierra, se toma niveles con nivel de manguera, se da la pendiente por cada tubo, se afirma

manualmente con el pisón y finalmente se proporciona un piso fino con arenón traído de la cantera de la población de Roma Chávez, ubicada a 5 km del casco rural de Sandoná.



Figura 46. Nivelación del terreno

2.2.7 Encamado de la tubería. Se realizó, un colchón o encamado con arenón, de 5 a 10 cm de alto. El material empleado es el resultado de la meteorización de roca, esto permite estimar que su calidad es buena, por tanto garantiza la estabilidad de la obra, mantener uniforme la pendiente de trabajo y por consiguiente la funcionalidad de la tubería de alcantarillado cuando esta esté en uso, además, controla que no se presenten asentamientos, se realizó el vaciado de este material, se compactó y se enrasó.



Figura 47. Encamado

2.2.8 Suministro e instalación de tubería. La tubería a emplear, especificada en el diseño, es Novafort de diámetro 8 pulgadas. Entre las cámaras 3 y 2A, por proyección de servicio hacia otras urbanizaciones, se optó por implementar el alcantarillado con tubería de 10 pulgadas, esto se consignará en el acta de finalización. Durante el proceso de instalación se tuvo en cuenta:

- ✓ Limpiar cuidadosamente el interior de la campana y el espigo antes de unir.
- ✓ Lubricar de manera uniforme la mitad de la longitud del espigo, moviendo este último de tal manera que penetre una mínima fracción en la boca de la unión.
- ✓ Alinear cada tubo con su respectivo eje y anclarlos en el suelo mediante la utilización de estacas; esto es importante porque nunca se debe tratar de introducir el espigo en ángulo.
- ✓ Empujar el espigo hasta la marca de entrada. Esto debe hacerse con un movimiento rápido, siendo de gran ayuda el empleo de una barra apoyada sobre un trozo de madera colocado en el centro del tubo y el impulso que se gana entre la boca de entrada y el sello de caucho.

Se instalaron 29 tubos; 24 tiros completos de 6 mts y 5 fracciones.



Figura 48. Instalación de tubería

2.2.9 Relleno

Con material seleccionado. Esta actividad se desarrollo con el fin de asegurar la tubería instalada con un material de excavación apto, de tal forma que no ofenda o cause daños a la tubería, el suelo utilizado fue de composición limo arcilloso; comprendiendo la cobertura de la base donde se asienta la tubería hasta lograr una capa de 20 cm por encima de la cota clave del tubo, compactando cuidadosamente con pisones de mano.



Figura 49. Relleno inicial

Con material aprovechable. Se desarrolla hasta llegar a la rasante de la vía, la compactación se hace mediante el empleo de pisones manuales, en capas de 30 cms.



Figura 50. Relleno final

2.2.10 Construcción de cámaras de inspección. El sistema de evacuación de aguas residuales de la “Urbanización Madrigal” requiere la construcción de 7 cámaras de inspección. Fueron construidas de tipo cónico, de diámetro interno 1,2 metros, en ladrillo en tizón, la mezcla utilizada en la fundición del solado y la adecuación de la cañuela fue diseñada para alcanzar una resistencia de $f'c = 3000$ psi. Hasta el momento se encuentran repelladas y provistas de los escalones de hierro; queda pendiente el esmaltado y la fundición y colocación de las tapas.



Figura 51. Cámara de inspección



Figura 52. Fundición de tapas

2.3 EXPANSION DE ALCANTARILLADO PLUVIAL BARRIO MADRIGALES

El sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias se proyectó en la urbanización Madrigales ya que las condiciones propias de esta localidad requerían una solución inmediata a la evacuación de la escorrentía pluvial. Las condiciones topográficas, mal estado de las vías y el precario desarrollo urbano de este sector no permitía evacuar los caudales a través de las cunetas de las calles. La amenaza y el riesgo de inundaciones para este sector es notable por ello la Empresa de Servicios Públicos de Sandoná EMSAN E.S.P. decidió conectar dicha

urbanización al colector pluvial principal que se encuentra a tan solo 50 mts de la zona.

2.3.1 Localización y replanteo. Se colocó el estacado necesario y suficiente para identificar en el terreno los ejes de la tubería, así como también las longitudes, anchos y niveles para ejecutar las excavaciones. Las mediciones se hicieron con cinta, ejecutando los trazados con tránsito y nivelando con aparatos de precisión.

2.3.2 Excavación. Se realizó las labores de excavación según las líneas y pendientes mostradas en los planos. El volumen total excavado fue de 80 m³, el material que predominó a lo largo de la conducción fue material común; fácil de cortar, lo que permitió un avance significativo en el tiempo de ejecución de esta obra. El material extraído se coloca a suficiente distancia de las excavaciones, de tal manera que no se convierta en sobrecarga que desestabilice los taludes.



Figura 53. Excavación

2.3.3 Entibados. La protección se realiza a través de soportes temporales, como son los entibados y acodamientos que son necesarios para estabilizar los taludes o para garantizar la seguridad de los obreros que se encuentran trabajando en el interior de las zanjas.



Figura 54. Entibados

2.3.4 Perfilado y adecuación de piso. El fondo de la zanja se niveló hasta lograr la pendiente establecida en el diseño, además se retiraron rocas y material punzante que puedan afectar la tubería. Se procedió a colocar un colchón de arena de 10 cm de espesor debidamente compactado de manera manual para que permita el apoyo de la tubería en toda su longitud.



Figura 55. Adecuación de piso

2.3.5 Instalación de tubería. Para este proyecto se instalaron 50 m de tubería PVC de 8" teniendo en cuenta la metodología descrita anteriormente para la correcta instalación de esta clase de tuberías. Se utilizó un codo de 90° que permitió hacer el cambio de dirección de la tubería y lograr la conexión con la cámara existente sobre la carrera 2ª.



Figura 56. Instalación de tubería

2.3.6 Conexión a cámara existente. Para lograr evacuar la escorrentía pluvial captada por la tubería de 8" se debía lograr conectar con una cámara de inspección ubicada sobre la carrera 2ª, la diferencia del nivel que existe entre el punto donde confluye el máximo caudal pluvial y la cámara es apenas el necesario para que el flujo trabaje a un régimen estable, de todas maneras se prevé un aumento significativo en las presiones internas del ducto por ello se hizo la conexión utilizando un mortero de pega que garantice la unión de la tubería con la cámara.



Figura 57. Conexión a cámara existente

2.3.7 Relleno y compactación. Para el relleno se utilizó material seleccionado para cubrir aproximadamente unos 20 cm por encima de la cota clave de la tubería compactando adecuadamente de forma manual. Para el relleno final se utilizó material de excavación el cual se lo compactaba en capas de 20 cm hasta alcanzar la rasante del suelo



Figura 58. Relleno y compactación

2.4 DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA CARRERA 7^a. ENTRE CALLES 4 - 8

Los barrios beneficiados con este proyecto, San José y San Carlos, ubicados al Noroccidente del casco urbano de Sandoná, son sectores poco poblados por la carencia de sistemas adecuados de recolección y disposición de aguas negras. En este lugar, existía un sistema obsoleto porque ya había cumplido su vida útil, el cual presentaba roturas internas y básicamente su diámetro interno se había disminuido, lo que estaba ocasionando problemas de colmatación de tuberías, malos olores e inundación en épocas de lluvias.

2.4.1 Levantamiento topográfico. Se llevó a cabo empleando una comisión de topografía conformada por un topógrafo y dos cadeneros, el equipo utilizado fue el adecuado para esta clase de trabajos (tránsito, nivel de precisión, miras, etc.). Se determinaron las cotas del terreno al igual que el eje del sistema de alcantarillado.

2.4.2 Diseño del sistema de alcantarillado. La responsabilidad de un primer diseño del sistema de alcantarillado sanitario surge en el sector denominado Kra. 7^a. Se consideran aspectos básicos de economía y durabilidad, estrictamente regidos en las Normas RAS 2000, para obtener condiciones aceptables de pendiente y velocidad. Para mayor exactitud se recurrió al programa proporcionado por PAVCO, obteniendo los chequeos indispensables (Ver anexo A).

Diseño de cámaras de caída. Debido a la pendiente pronunciada que se presentaba en un sector de la obra, fue necesario construir una estructura de conexión de este tipo, todo esto con el fin de evitar velocidades mayores de las máximas permisibles; además, la diferencia entre el colector de llegada con respecto a la batea del colector de salida supera ampliamente los 75 cm.



Figura 59. Cámara de caída

Diseño de filtro. La visita y el reconocimiento hecho al sector donde se adelantó la obra, permitió determinar rápidamente la presencia de niveles freáticos superficiales, por tanto fue necesario plantear una solución que logre evacuar el agua que aflora hacia la superficie, para que no interfiera con la instalación de los colectores principales de alcantarillado y además no se genere sobre estos esfuerzos hidrostáticos y flotación. Para ello se construyeron dos filtros en geotextil no tejido ref. 1600 con lechos de rajón y grava; las dimensiones de los filtros son de 0,20 m de ancho, 0,25m de alto y 40m de largo; cada uno de ellos se dispuso al lado de la tubería lo cual facilitó el drenaje y colocación de la tubería.



Figura 60. Sistema de filtración

Diseño de sumideros. Se ubicaron en los extremos de las cunetas y en los puntos bajos de la calzada con el fin de captar la escorrentía superficial. Se diseñaron tres sumideros de forma lateral al sentido del flujo. La conexión se hizo directamente a la cámara más cercana teniendo en cuenta que el colector que lo recibe es de diámetro suficiente para evacuar aguas combinadas a la vez. (Ver anexo A)

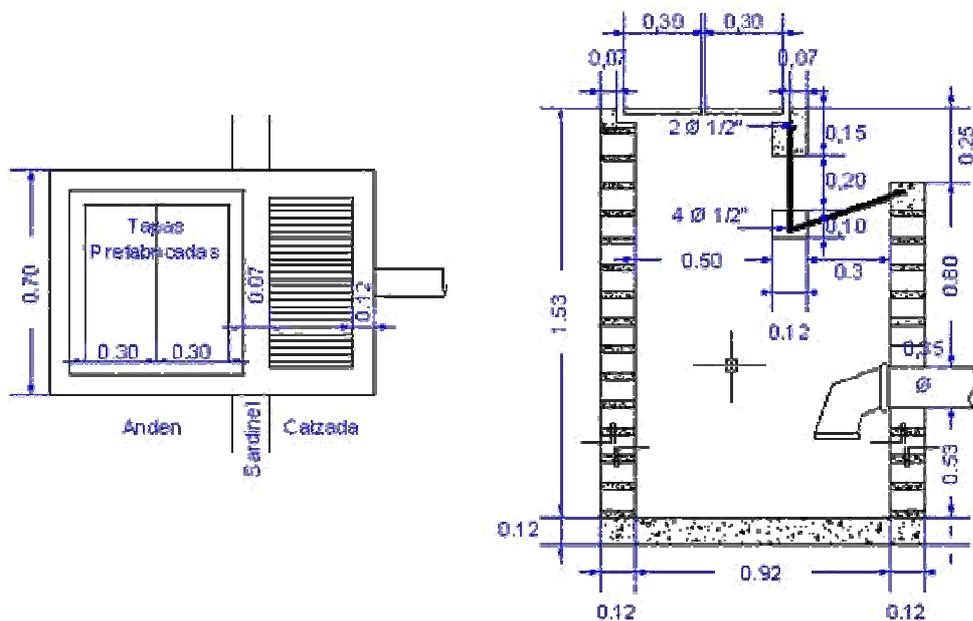


Figura 61. Sumideros

2.4.3 Presupuesto y cantidades de obra. Con el diseño materializado en planos se continuó realizando el Análisis de Precios Unitarios y su respectivo presupuesto estimativo, para que EMSAN E.S.P. pueda determinar sus límites y alcances en lo que se refiere a los aportes.

Previo inicio de los trabajos, se concertó una reunión a la que asistieron entre otros: El Director de la Empresa de Servicios Públicos de Sandoná EMSAN E.S.P., Dr. Richard Rosero Ramos, los Pasantes de la Universidad de Nariño, Lesly Narvárez Benavides y Oscar Portilla Bucheli, el Presidente de la Junta de Acción Comunal de los barrios antes mencionados, Sr. Pedro Matituy, y en general la comunidad beneficiada con esta obra. Se dio a conocer la viabilidad del proyecto, sus beneficios, el presupuesto de obra correspondiente, las cantidades de obra y los límites de la Empresa en cuanto a su aporte. En ella se acordó, que debido a la limitación de recursos asignados para este proyecto, la comunidad aportaría con mano de obra y con la gestión del préstamo de la máquina excavadora, ante la Alcaldía Municipal, para las actividades de excavación.

En Sandoná (N), el día veinticinco (25) de septiembre del año 2005, se inicia con los trabajos de implementación del alcantarillado sanitario; inicialmente en el tramo comprendido en la Carrera 7ª entre las calles 4ª a 6ª.

2.5 REVISION TECNICA AL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE

2.5.1 Descripción

Evaluación dinámica

La evaluación dinámica de la estructura se desarrolla con base en las Normas Colombianas de Construcciones Sismorresistentes; NSR-98.

El análisis de diseño se hace por el Sistema Estructural Aporticado (Titulo C) con respecto a las fuerzas horizontales sísmicas a partir del período de vibración fundamental de la estructura y espectro elástico de aceleraciones. (Titulo A). La evaluación sísmica se realiza mediante un análisis dinámico.

Análisis dinámico elástico espectral

➤ Metodología del análisis. Se tiene en cuenta los siguientes requisitos, en el método de análisis dinámico elástico espectral:

- a) Obtención de los modos de vibración
- b) Respuesta espectral modal
- c) Respuesta total
- d) Ajuste de los resultados
- e) Evaluación de las derivas
- f) Fuerza de diseño en los elementos
- g) Diseño de los elementos estructurales

➤ Número de modos de vibración. Se incluyeron en el análisis dinámico, todos los modos de vibración que contribuyen de una manera significativa a la respuesta dinámica de la estructura. Según NSR-98 se considera que se ha cumplido este requisito cuando se demuestra que, con el número de modos empleados, se ha incluido en el cálculo de la respuesta, de cada una de las direcciones horizontales principales, por lo menos el 90% de la masa participante de la estructura.

Modelo de análisis sísmico. La estructura se somete a un modelo de Análisis Dinámico (la solución se realiza mediante el método de la combinación cuadrática completa CQC) con base en el Espectro Elástico de Diseño de Aceleraciones según la Norma NSR-98.

Se analiza además con base en el método de fuerza horizontal equivalente y se elige el mayor cortante.

Si el mayor valor se obtiene por el método de fuerza horizontal equivalente, se obtiene una relación de cortantes entre los dos modelos y el resultado de este

factor se utiliza en la amplificación del modelo dinámico en la aplicación del espectro, así:

Caso 1. Si el método de fuerza horizontal equivalente > Cortante método análisis modal

$$\text{Factor espectral} = \frac{\text{Cortante fuerza horizontal equivalente}}{\text{Cortante análisis modal}} \geq 1$$

Caso 2. Si el método de fuerza horizontal equivalente < Cortante método análisis modal

$$\text{Factor espectral} = 1 \quad \text{Cortante análisis modal}$$

El modelo dinámico se resuelve (A.2.6.3) con base en los siguientes parámetros de análisis.

Se incluye las vigas de cimentación en el modelo tridimensional, las vigas de carga y riostras se entrelazan y transmiten el peso al suelo por medio de columnas y zapatas.

2.5.2 Parámetros sísmicos de diseño

Ciudad:	SANDONA	NSR-98 A.2.3
Zona de Amenaza:	ALTA	NSR-98 A.2.3
Coefficiente de Aceleración Aa:	0.3	NSR-98 A.2.3
Sistema Estructural:	Aporticado	
Coefficiente de Sitio S ₃ :	1.5	NSR-98 A.2.4
Grupo de Uso:	II	
Coefficiente de Importancia:	1.1	NSR-98 A.2.5
Método de Análisis Dinámico:	CQC	
Masa Edificación:	Peso Propio, Acabados	
Características Vibratorias:	Masa, Rigidez = Periodo de Vibración	

TIPO DE PERFIL	COEFICIENTE DE SITIO	USADO
S1	1.0	X
S2	1.2	
S3	1.5	
S4	2.0	

Cuadro 5. Coeficiente de sitio

GRUPO DE USO	COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	USADO
IV	1.3	X
III	1.2	
II	1.1	
I	1.0	

Cuadro 6. Coeficiente de importancia (Tabla A. 2-4)

Definición de las características de la estructuración y material estructural empleado

SISTEMA	CONSTRUIDO	PROYECTADO POR CONTROL DE DERIVAS
APORTICADO DUAL MUROS ESTRUCT.	X	X

Cuadro 7. Sistemas estructurales

Mediante el espectro se evalúa los desplazamientos en los nodos, las fuerzas en los miembros. Los modos de respuesta se combinan según las especificaciones de NSR-98.

La solución se realiza mediante el método de la combinación cuadrática completa (CQC).

Material: Concreto Estructural
 Capacidad de Disipación de Energía: Especial

Coeficiente de capacidad de disipación de energía. El valor del coeficiente para la capacidad de disipación de energía al clasificar la estructura como irregular, se utiliza para vigas y columnas un valor equivalente al coeficiente de reducción en altura y planta al especificado por la norma así:

Grado de irregularidad de la estructura

TORSIONAL	$\Phi_p = 0.9$	
SALIENTES EXESIVOS	$\Phi_p = 0.9$	X
DIAFRAGMA DISCONTINUO	$\Phi_p = 0.9$	
DESPLAZAMIENTO PLANO DEL PORTICO	$\Phi_p = 0.8$	
EJES NO PARARLELOS	$\Phi_p = 0.9$	

Cuadro 8. Irregularidad en planta Φ_p (Tabla A.2-7 NSR-98)

PISO FLEXIBLE	$\Phi_a = 0.9$	x
VARIACION EN LA MASA	$\Phi_a = 0.9$	
RETROCESO EXCESIVO	$\Phi_a = 0.9$	
DESPLAZAMIENTO DEL ELEMENTO	$\Phi_a = 0.8$	
PISO DEBIL	$\Phi_a = 0.9$	

Cuadro 9. Irregularidad en altura ϕ_a

(Tabla A.2-8 NSR-98)

Se presentan dos tipos de irregularidad en planta y un tipo de irregularidad en altura. Según la norma NSR-98 A.3.3.3 cuando la edificación tiene varios tipos de irregularidad en altura o en planta simultáneamente se aplica el menor valor así:

Irregularidad en planta $\phi_p = 0.9$

(Tabla 2.7 NSR-98)

Irregularidad en altura $\phi_a = 0.9$

(Tabla 2.8 NSR-98)

$$R = R_0 * \phi_p * \phi_a$$

$$R_0 = 7$$

$$R = 7 * 0.9 * 0.9 = 5.67$$

$$E/R = 1 / 5.67 = 0.176$$

$$0.3 * E/R = 0.3 / 5.67 = 0.053$$

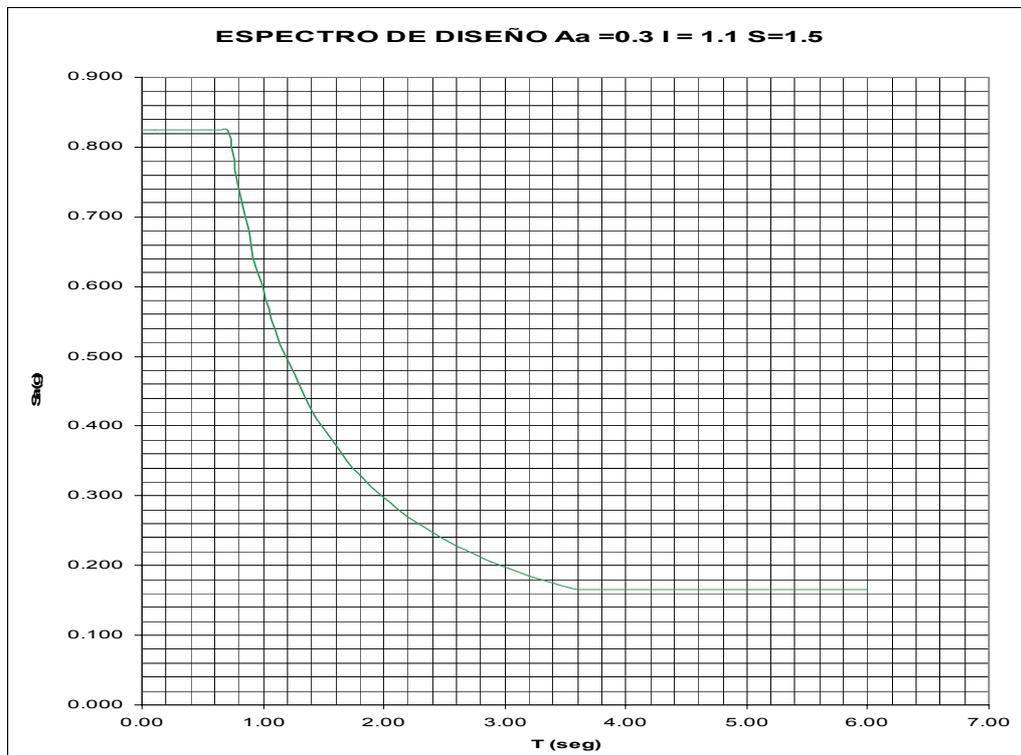


Figura 62. Espectro de diseño

2.5.3 Materiales

Concreto. Material que se forma por medio de la mezcla homogénea de los agregados inertes grava y arena, un ligante que es el cemento hidráulico y agua, todo esto en las debidas proporciones, para la obtención de una resistencia nominal $f'_c = 3000$ psi.

Acero. Refuerzo en barras corrugadas que cumplen con la NTC 2289, colocado en el concreto para absorber esfuerzos de tracción, de compresión, de cortante o de torsión; con una resistencia a la fluencia $f_y = 60000$ PSI longitudinal y transversalmente con una resistencia nominal a la fluencia.

2.5.4 Análisis de carga de la cubierta. Para el diseño de correas en lámina delgada, se utilizo el programa de cálculo de Acesco el cual permite definir los perfiles más eficientes de acuerdo a su sección y tipo de acoplamiento (C sencillas o en cajón). Desde la pantalla principal pueden definirse las cargas, combinaciones, determinar el numero de luces y longitud de los apoyos, además se establece las normas que regulan el diseño. (Ver Anexo J, Memorias de cálculo, diseño de correas).

Carga muerta

PESO DE LA ESTRUCTURA	10kg/m ²	0.10 KN/m ²
TEJA ASBESTO-CEMENTO	20kg/m ²	0.20 KN/m ²
CARGA ADICIONAL	20kg/m ²	0.20 kg/m ²

$$D = 50\text{kg/m}^2 \quad 0.50 \text{ KN/m}^2$$

Carga viva

$$L = 50\text{kg/m}^2 \quad 0.50 \text{ KN/m}^2$$

Carga última

$$w = 1.4D + 1.7 L$$

$$\text{Carga última cubierta} \quad 155\text{kg/m}^2 \quad 1.55 \text{ KN/m}^2$$

2.5.5 Análisis de la estructura de concreto

Método de proceso

El modelo de la estructura de concreto se analizó mediante el programa de cálculo Staad Pro 2004, el cual permite el diseño en hormigón armado. Como datos de entrada requiere módulos de elasticidad, características de resistencia y ductilidad de los materiales, sección y longitud de los elementos estructurales; además considera todas las sollicitaciones como cargas muertas, vivas, de viento y

sísmicas entre otras, con todas las combinaciones posibles a las que se puede ver expuesta una estructura. (Ver Anexo L)

El análisis modal es viable ya que existe la posibilidad de ingresar el sismo de diseño de la estructura y aplicarlo en las distintas direcciones para obtener los diferentes modos de deformación y el periodo fundamental de la estructura. El método de acelerar cargas implícito en el programa permite establecer con un alto grado de precisión la magnitud de los esfuerzos y las secciones y cuantías necesarias para soportarlos. (Ver Anexo K)

Los resultados obtenidos en el modelamiento de la estructura de concreto son los aceptados por la NSR-98, esto es; el desplazamiento lateral máximo no supera el 1% de la altura del piso, (Ver Anexo J, Memorias de cálculo, Control de derivas), el análisis dinámico cumplió con la participación de la masa hasta alcanzar el 90% utilizando cuarenta modos de vibración. (Ver Anexo J, Memorias de cálculo, Participación de la masa)

Los esfuerzos generados en las columnas fueron superados al aplicar la cuantía mínima de refuerzo ($0,01 \cdot A_g$); para las vigas las cantidades de hierro fueron un poco mayores a las cuantías mínimas requeridas, (Ver Anexo J, Memorias de cálculo, Diseño de Columnas). En el diseño predominó la utilización de hierro 5/8" longitudinal y 3/8" transversalmente. (Ver Anexo J, Memorias de cálculo, Diseño de Vigas).

2.6 ADECUACION DEL RELLENO SANITARIO

2.6.1 Estado antes de la intervención. El relleno sanitario fue adecuado a partir de julio 26 de 2003, en un lote de propiedad de la empresa ubicado en la vereda la Joya distante a cuatro kilómetros de la ciudad de Sandoná, tiene un área de cobertura de 1050 m^2 , en el vaso se dispuso drenes cubiertos por material granular, geotextil no tejido para filtros y geotextil tejido cuya función es la conducción de lixiviados a una futura piscina aerobia, se observa que se hizo la construcción de chimeneas de aireación, enseguida se recubre el área restante del vaso con geotextil tejido dando paso a la puesta en marcha del relleno.

Dando continuación al trabajo realizado por EMSAN E.S.P. desde el año 2003 se adelantó la obra de adecuación de un nuevo vaso ya que la anterior celda cumplió su vida útil colmatándose como se habría previsto en el diseño, aplicando las mismas técnicas de compactación, esto es, colocando capas de 20 a 30 cm y luego colocando el material de cobertura para alcanzar a largo plazo una mayor densidad y vida útil del sitio. Se recomienda lograr una altura entre 1,0 m a 1,5 m para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad. (Ver anexo M)

2.6.2 Actividades realizadas. De acuerdo a la técnica de operación manual empleada, sólo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, y excavación de zanjas o material de cobertura. El día 2 de Octubre de 2005 se utilizó el buldózer para realizar actividades como despejar las vías internas del relleno, colocar la basura en un lugar estratégico para luego ser extendida y compactada en el vaso adecuado.



Figura 63. Adecuación a máquina

Se construyeron chimeneas de aireación para evitar la acumulación de gases en el interior del vaso. Una vez construidas las chimeneas se comenzó a extender y compactar los residuos sólidos en capas de 0,4 m aproximadamente, con el peso de la máquina dando cuatro pasadas.



Figura 64. Chimeneas

Las excavaciones para filtros de lixiviados del nuevo vaso son de 0,4 m de alto x 0,4 m de ancho y 40 m de largo. La fumigación se realiza con Solfac, cada viernes en horas de la tarde.



Figura 65. Filtros lixiviados



Figura 66. Adecuación final

CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema para el suministro de agua potable, en las etapas de redes y conexiones domiciliarias requiere la elección adecuada de materiales para la conducción del fluido; los cuales deben garantizar entre otros, la ausencia de fugas, la no contaminación, eliminación de infiltraciones, la posibilidad de soportar terrenos agresivos, temperaturas extremas, severas condiciones de trabajo y por último deben permitir un fácil manejo en la instalación aún con mano de obra no especializada.
- Eliminar los movimientos en las tuberías de conducción, causados por la presión hidrostática a la que se someten constantemente, utilizando empotramientos externos en todas las curvas y cambios de dirección reduce la posibilidad de desarticular el sistema.
- La adecuación del suelo de fundación que soporta las tuberías, permite reducir la posibilidad del efecto de curvatura en estas.
- Para garantizar la estabilidad de un sistema de alcantarillado durante la vida útil para el que ha sido diseñado, los elementos que lo componen deben cumplir varias características; esto es, óptimo comportamiento hidráulico resistencia a la corrosión y al impacto, hermeticidad, flexibilidad, fácil instalación y mantenimiento.
- La elaboración del Plan de Gestión de Residuos Sólidos PGIRS ha permitido que la Empresa de Servicios Públicos de Sandoná EMSAN E.S.P. construya bases sostenibles para el manejo de los residuos sólidos a largo plazo, ya que cuenta con un elemento de planificación del servicio público de aseo.
- La construcción de una planta de compostaje, permitirá reducir el contenido orgánico de la basura por la acción de microorganismos contenidos en la misma, resultando un material mejorador de suelos. Además de lo anterior, esto contribuirá a prolongar la vida útil del terreno determinado para llevar a cabo la disposición de los residuos.
- La revisión del diseño estructural utilizando herramientas de cálculo como el programa Staad Pro 2004, permitió determinar, que la propuesta realizada por el Ingeniero William Castillo cumple con lo exigido por la Norma Colombiana Sismorresistente NSR-98, esto es; desplazamiento horizontal máximo, análisis dinámico, diseño a flexión, cortante y torsión para todos los elementos estructurales.

RECOMENDACIONES

- Prestar cuidado de no envolver totalmente con concreto la tubería cuando se programen empotramientos o anclajes a las tuberías de conducción de agua, ya que causaría esfuerzos innecesarios en las paredes de los tubos.
- Definir las inspecciones y pruebas al sistema de alcantarillado sanitario después de instalado, como son: Inspección visual con el fin de verificar los alineamientos de las tuberías y ausencia de obstrucciones, prueba de estanqueidad para determinar la infiltración o exfiltración si el nivel freático se presenta.
- Determinar el material de fundación así como también el grado de compactación que deberá tener tanto para el encamado, soporte lateral y relleno final, es de gran importancia para lograr un adecuado comportamiento de la tubería
- Transportar y almacenar las tuberías y accesorios conforme a las recomendaciones de la casa del fabricante.
- Realizar un estricto control de calidad en los materiales empleados en la construcción de la planta de compostaje, ya que en la región hay una concepción herrada en el manejo de estructuras de concreto armado.
- Llevar a cabo el estudio de suelos pertinente en el lugar de construcción de la planta de compostaje para determinar la capacidad portante del suelo firme, ya que la propuesta de cimentación fue elaborada tomando un valor de 10 Ton/ m² y del cual se tiene un alto grado de incertidumbre.

BIBLIOGRAFIA

_____. Diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas servidas. RAS 005. Santa Fe de Bogotá: Ministerio de Desarrollo, 2004.

_____. Diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales. RAS 006. Santa Fe de Bogotá: Ministerio de Desarrollo, 2004.

_____. Identificación, justificación y priorización de proyectos, RAS 002. Santa Fe de Bogotá: Ministerio de Desarrollo, 2003.

_____. Ley 142 de 1994, Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios. Santa Fe de Bogotá: CRA 1995.

_____. Planteamiento y diseño hidráulico de redes de distribución de agua potable, RAS 003. Santa Fe de Bogotá: Ministerio de Desarrollo, 2004.

_____. UNICEF. Colombia, ARD Colombia, Catastro de redes, municipios menores y zonas rurales. Santa Fe de Bogotá: Ministerio de Desarrollo, 2004.

COLOMBIA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Definición de nivel de complejidad y evaluación de la población dotación y demanda de agua RAS 001. Santa Fe de Bogotá: Ministerio de desarrollo. 2004

COLOMBIA, MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. Reglamento técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000. Santa Fe de Bogotá: Ministerio de Desarrollo, 2004.

COMISION DE REGULACION DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO. Metodología para el cálculo de un índice de precios en Acueducto y Alcantarillado. Santa Fe de Bogotá: CRA, 200.1

CONCEJO MUNICIPAL DE SANDONA. Esquema de Ordenamiento Territorial de Sandoná 2003.

KEMMER, Frank. Manual del agua, su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. México: Mc Graw Hill, 1990.

PAVCO. Manual técnico de Tubosistemas de acueducto, unión platino, unión safe y alta presión, acometidas domiciliarias PF + UAD. Bogotá: PAVCO, 2002.

PAVCO. Manual técnico de sistemas de alcantarillado Novafort. Bogotá: PAVCO, 2000.

SALAZAR CANO, Roberto. Conferencias de Acueductos. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, 2003.

SALAZAR CANO, Roberto. Conferencias de Alcantarillados. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, 2003

UNIDAD DE SERVICIOS DE INGENIERIA. Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Sandoná. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, 2003.