

**DISEÑO DE PAVIMENTACION DE CALLES Y PLAN DE ASEO PARA EL
MUNICIPIO DE ALBAN**

JORGE HERNAN DELGADO PAZ

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2003**

**DISEÑO DE PAVIMENTACION DE CALLES Y PLAN DE ASEO PARA EL
MUNICIPIO DE ALBAN**

JORGE HERNAN DELGADO PAZ

Trabajo presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Civil.

**Directora
GLORIA RODRIGUEZ M.
Ingeniera Sanitaria, M. Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO
2003**

**A DIOS Y A MIS PADRES
POR SU GRANDEZA,
A MI FAMILIA
EN AMOR Y POR AMOR**

CONTENIDO

| | pág. |
|--|------|
| INTRODUCCION | 31 |
| 1. PROBLEMA | 32 |
| 2. OBJETIVOS | 33 |
| 2.1 OBJETIVOS GENERALES | 33 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS | 33 |
| 3. ALCANCE Y METODOLOGIA | 34 |
| 3.1 ALCANCE DEL TRABAJO | 34 |
| 3.2 METODOLOGIA | 34 |
| 4. DESCRIPCION BASICA DEL MUNICIPIO DE ALBAN | 36 |
| 4.1 ASPECTOS GEOGRAFICOS E HISTORICOS | 36 |
| 4.1.1 Reseña Histórica | 36 |
| 4.1.2 Situación Geográfica | 36 |
| 4.2 ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS | 37 |
| 4.2.1 Usos del Suelo | 37 |
| 4.2.2 Situación Económica General | 37 |
| 4.2.3 Gestión Financiera Municipal | 38 |
| 4.3 ASPECTOS DEMOGRAFICOS | 39 |
| 4.3.1 Población de Censos Anteriores | 39 |
| 4.3.2 Proyección de la Población | 40 |
| 4.3.2.1 Método Aritmético | 40 |

| | |
|---|----|
| 4.3.2.2 Método geométrico | 41 |
| 4.3.2.3 Tasa de Crecimiento | 42 |
| 4.4 PRIORIDADES ADMINISTRATIVAS | 44 |
| 4.5 ASPECTOS URBANISTICOS | 47 |
| 4.5.1 Topográficas | 47 |
| 4.5.2 Hacinamiento | 47 |
| 4.6 ASPECTOS DE SALUD Y SANEAMIENTO | 47 |
| 4.6.1 Situación General | 48 |
| 4.6.1.1 Mortalidad | 48 |
| 4.6.1.2 Morbilidad | 48 |
| 4.6.2 Factores de Saneamiento Ambiental | 48 |
| 4.7 SERVICIOS PUBLICOS | 49 |
| 4.7.1 Acueducto | 49 |
| 4.7.2 Alcantarillado | 50 |
| 4.7.2.1 Zona Urbana | 50 |
| 4.7.2.2 Zona Rural | 50 |
| 4.7.3 Energía Eléctrica | 51 |
| 4.7.4 Telefonía | 51 |
| 4.7.5 Aseo Urbano | 52 |
| 4.8 ASPECTOS VIALES | 52 |
| 4.9 EQUIPAMIENTO URBANO | 53 |
| 4.9.1 Mercado | 53 |
| 4.9.2 Matadero | 53 |

| | | |
|--------|---|----|
| 4.10 | INFRAESTRUCTURA SOCIAL | 53 |
| 4.10.1 | Educación | 53 |
| 4.10.2 | Recreación y Cultura | 54 |
| 5. | ESTADO ACTUAL DE LAS CALLES | 55 |
| 6. | ESTUDIOS Y ENSAYOS | 56 |
| 6.1 | TOPOGRAFIA | 56 |
| 6.2 | ANALISIS DE TRAFICO | 56 |
| 6.2.1 | Generalidades | 56 |
| 6.2.2 | Conteo del transito | 57 |
| 6.2.3 | Proyección del transito | 57 |
| 6.2.4 | Factor de proyección del transito | 60 |
| 6.3 | ENSAYOS DE CAPACIDAD DEL SUELO | 61 |
| 6.3.1 | Características geológicas generales | 61 |
| 6.3.2 | Objetivo | 62 |
| 6.3.3 | Procedimiento | 62 |
| 6.3.4 | Selección del suelo típico | 63 |
| 6.3.5 | Resistencia del suelo de subrasante | 65 |
| 7 | DISEÑO GEOMETRICO | 68 |
| 7.1 | Diseño en planta | 68 |
| 7.2 | Diseño en perfil | 68 |
| 7.3 | Parámetros de diseño de curvas verticales | 68 |
| 7.3.1 | Velocidad de diseño | 69 |
| 7.3.2 | Velocidad de operación | 69 |

| | |
|---|----|
| 7.3.3 Pendiente máxima | 69 |
| 7.3.4 Pendiente mínima | 69 |
| 7.3.5 Factor de fricción longitudinal | 69 |
| 7.3.6 Longitud mínima de curvas verticales | 69 |
| 7.3.6.1 Criterio de seguridad | 69 |
| 7.3.6.2 Criterio de comodidad y confort | 70 |
| 7.3.6.3 Criterio del Ministerio de Obras Públicas | 71 |
| 7.3.7 Cálculo de curvas verticales | 71 |
| 7.3.8 Peralte | 73 |
| 8 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO | 76 |
| 8.1 Diseño de capa de rodadura | 76 |
| 8.1.1 Parámetros de diseño | 76 |
| 8.1.2 Ancho de carril 3,35 m. | 77 |
| 8.1.3 Ancho de carril 3,05 m. | 81 |
| 8.1.4 Resistencia del concreto | 84 |
| 8.2 Base | 84 |
| 8.2.1 Espesor de base | 85 |
| 8.2.2 Especificaciones | 85 |
| 8.2.3 Compactación | 85 |
| 8.3 Compactación de Subrasante | 86 |
| 8.4 Diseño de Juntas | 86 |
| 8.4.1 Junta longitudinal | 86 |
| 8.4.2 Junta transversal | 88 |

| | |
|--|-----|
| 9 DRENAJE | 90 |
| 9.1 Drenaje Subterráneo | 90 |
| 9.2 Drenaje Longitudinal | 90 |
| 9.3 Estado actual del sistema de drenaje | 90 |
| 9.4 Cálculo hidráulico | 91 |
| 10 PRESUPUESTO | 93 |
| 10.1 CANTIDADES DE OBRA | 93 |
| 11 FICHAS | 106 |
| 12. DETERMINACION DE PARAMETROS BASICOS | 129 |
| 12.1 POBLACION | 129 |
| 12.2 SELECCION DE LA MUESTRA | 129 |
| 12.2.1 Problema | 130 |
| 12.2.2 Metodología | 130 |
| 12.2.3 Población bajo muestreo | 130 |
| 12.2.4 Tamaño de la muestra | 130 |
| 12.2.5 Selección de la muestra | 131 |
| 12.2.6 Análisis de datos | 131 |
| 12.2.6.1 Construcción del intervalo confidencial | 134 |
| 12.2.6.2 Aceptación o rechazo de la investigación | 134 |
| 13 INFORMACION TECNICA DEL SERVICIO DE ASEO ACTUAL | 136 |
| 13.1 ENTIDAD QUE PRESTA EL SERVICIO DE ASEO | 136 |
| 13.2 ASPECTOS GENERALES DE LOS DESECHOS SOLIDOS | 136 |
| 13.2.1 Composición física-química de los desechos | 136 |

| | |
|--|-----|
| 13.2.1.1 Composición física de los desechos | 136 |
| 13.2.1.2 Composición química de los desechos | 137 |
| 13.2.2 Producción y procedencia de los desechos | 137 |
| 13.2.2.1 Producción residencial | 138 |
| 13.2.2.2 Producción institucional | 138 |
| 13.2.2.3 Producción en plaza de mercado | 138 |
| 13.2.2.4 Producción por barrido de calles | 138 |
| 13.2.2.5 Producción total de desechos sólidos | 139 |
| 13.2.3 Producción per-cápita | 139 |
| 13.2.4 Proyección de la producción de desechos | 142 |
| 13.3 MANEJO Y ALMECENAMIENTO DOMESTICO | 142 |
| 13.4 SISTEMA ACTUAL DE RECOLECCION DE DESECHOS DOMICILIARIOS | 145 |
| 13.4.1 Organización | 145 |
| 13.4.2 cobertura | 145 |
| 13.4.3 Cuadrilla de recolección | 145 |
| 13.4.4 Frecuencia de recolección | 145 |
| 13.4.5 Ruta de recolección | 145 |
| 13.4.6 Equipo | 145 |
| 13.4.7 Densidad de los desechos de recolección | 145 |
| 13.4.8 Rendimiento en recolección | 145 |
| 13.4.9 Tiempos en recolección de recipientes | 148 |
| 13.4.10 Calidad en el servicio de recolección | 148 |
| 13.5 RECOLECCION DE DESECHOS EN PLAZA DE MERCADO | 148 |

| | |
|--|-----|
| 13.6 DISPOSICION FINAL DE DESECHOS | 149 |
| 13.6.1 Sitios utilizados | 149 |
| 13.6.2 Sistema de disposición | 149 |
| 13.6.3 Identificación de botaderos a cielo abierto | 150 |
| 13.6.4 Efectos sobre el río Quiña | 150 |
| 14 PLAN DE ASEO URBANO | 152 |
| 14.1 ALTERNATIVAS EN FRECUENCIA DE RECOLECCION | 152 |
| 14.1.1 Expresiones de cálculo | 152 |
| 14.1.1.1 Dimensionamiento del recipiente domiciliario | 152 |
| 14.1.1.2 Número de días laborados | 152 |
| 14.1.2 Parámetros de selección | 156 |
| 14.1.3 Análisis de las alternativas de frecuencia | 159 |
| 14.1.3.1 Una vez por semana | 159 |
| 14.1.3.2 Dos veces por semana | 159 |
| 14.1.3.3 Interdiaria | 159 |
| 14.1.3.4 Diaria | 160 |
| 14.1.3.5 Selección de la frecuencia | 160 |
| 14.2 ALMACENAMIENTO DOMICILIARIO | 160 |
| 14.2.1 Ubicación del recipiente | 160 |
| 14.2.2 Características del recipiente | 161 |
| 14.2.3 Dimensiones del recipiente | 161 |
| 14.2.4 Recomendaciones sobre Almacenamiento en la vivienda | 162 |
| 14.3 MACRORUTEO | 164 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 14.3.1 | Método de recolección | 164 |
| 14.3.2 | Tiempos que conforman el macroruteo | 164 |
| 14.3.3 | Expresiones de cálculo para selección de equipo recolector | 166 |
| 14.3.3.1 | Tiempo calculado de recolección (TR) | 166 |
| 14.3.3.2 | Número de cargas (NC) | 168 |
| 14.3.3.3 | Tiempo total de recolección (TT) | 168 |
| 14.3.3.4 | Días requeridos (DR) | 168 |
| 14.3.3.5 | Número de recolectores (NR) | 168 |
| 14.3.4 | Selección del equipo recolector | 169 |
| 14.3.5 | Cobertura del servicio | 173 |
| 14.4 | MICRORUTEO | 173 |
| 14.4.1 | Personal de recolección | 173 |
| 14.4.2 | Horarios de recolección | 175 |
| 14.4.3 | Rutas de recolección | 175 |
| 14.4.4 | Reglas del microruteo | 175 |
| 14.4.5 | Diagramación | 176 |
| 14.5 | RECOLECCION EN ESTABLECIMIENTOS PUBLICOS | 178 |
| 14.5.1 | Recolección en plaza de mercado | 178 |
| 14.5.1.1 | Frecuencia | 178 |
| 14.5.1.2 | Almacenamiento | 178 |
| 14.5.1.3 | Personal y equipo | 179 |
| 14.5.1.4 | Horario del servicio | 179 |
| 14.5.1.5 | Tiempos de recolección | 179 |

| | |
|---|-----|
| 14.5.2 Recolección en colegios y escuelas | 180 |
| 14.5.2.1 Almacenamiento | 180 |
| 14.5.2.2 Recipientes en escuelas | 180 |
| 14.5.2.3 Recipientes en colegios | 180 |
| 14.6 BARRIDO Y LIMPIEZA DE CALLES | 184 |
| 14.6.1 Horarios y personal | 184 |
| 14.6.2 Equipo | 184 |
| 14.6.3 Rutas de barrido | 184 |
| 14.6.4 Frecuencia | 189 |
| 14.6.5 Procedimiento de barrido | 189 |
| 14.6.6 Sitios de disposición transitoria | 189 |
| 14.6.7 Recolección | 190 |
| 14.6.7.1 Frecuencia, personal y equipo | 190 |
| 14.6.7.2 Horario | 190 |
| 14.6.7.3 Tiempos de recolección | 190 |
| 15 DISPOSICION FINAL | 194 |
| 15.1 COMPOSTAJE | 194 |
| 15.1.1 Parámetros de diseño | 194 |
| 15.1.1.1 Relación Carbono/Nitrógeno | 194 |
| 15.1.1.2 Humedad | 194 |
| 15.1.2 Ventajas del compostaje | 195 |
| 15.1.3 Desventajas del compostaje | 195 |
| 15.2 INCINERACION | 195 |

| | |
|---|-----|
| 15.3 RELLENO SANITARIO | 196 |
| 15.3.1 Ventajas y desventajas de un relleno sanitario | 197 |
| 15.3.1.1 Ventajas de un relleno sanitario | 197 |
| 15.3.1.2 Desventajas de un relleno sanitario. | 197 |
| 15.3.2 Métodos de construcción del relleno sanitario | 198 |
| 15.3.2.1 Método de la zanja o trinchera | 198 |
| 15.3.2.2 Método del área | 198 |
| 15.3.2.3 Método de la pendiente o rampa | 198 |
| 16 DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO | 204 |
| 16.1 ANALISIS DEL SITIO DESTINADO PARA EL RELLENO SANITARIO | 204 |
| 16.1.1 Localización | 204 |
| 16.1.2 Topografía | 204 |
| 16.1.3 Condiciones climáticas de la región | 205 |
| 16.1.3.1 temperatura | 205 |
| 16.1.3.2 Precipitación | 205 |
| 16.1.3.3 Humedad relativa | 205 |
| 16.1.3.4 Evaporación | 205 |
| 16.1.3.5 Recorrido del viento | 205 |
| 16.1.3.6 Brillo solar | 212 |
| 16.1.4 Estudio de suelos | 212 |
| 16.1.4.1 Propiedades Mecánicas | 212 |
| 16.1.4.2 Propiedades Químicas | 212 |
| 16.1.4.3 Nivel freático | 212 |

| | |
|--|-----|
| 16.1.4.4 Permeabilidad | 212 |
| 16.2 PARAMETROS DE DISEÑO | 213 |
| 16.2.1 Población y producción de desechos | 213 |
| 16.2.2 Densidad de los desechos | 214 |
| 16.2.3 Estimación del volumen requerido | 214 |
| 16.3 AREA REQUERIDA | 215 |
| 16.4 CALCULO DEL VOLUMEN DISPONIBLE | 216 |
| 16.5 VIDA UTIL | 216 |
| 16.6 MATERIAL DE COBERTURA | 216 |
| 16.6.1 Cantidad de material de cobertura requerido | 218 |
| 16.7 DISEÑO DE CELDAS | 218 |
| 16.7.1 Dimensionamiento de celda diaria | 219 |
| 16.7.2 Selección de la celda | 220 |
| 16.8 OBRAS DE INFRAESTRUCTURA | 220 |
| 16.8.1 Acceso | 220 |
| 16.8.2 Configuración del sitio | 222 |
| 16.8.3 Drenaje de aguas lluvias | 222 |
| 16.8.4 Drenaje de lixiviados | 223 |
| 16.8.4.1 Diseño canal colector de lixiviados | 224 |
| 16.8.4.2 Tratamiento de lixiviados | 226 |
| 16.8.5 Evacuación de gases | 228 |
| 16.9 CONSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS | 233 |
| 16.9.1 Cerco perimetral | 233 |

| | |
|--|-----|
| 16.9.2 Caseta | 233 |
| 16.9.3 Valla | 233 |
| 16.10 OPERACION DEL RELLENO SANITARIO | 233 |
| 16.10.1 Personal | 234 |
| 16.10.2 Horario de trabajo | 236 |
| 16.10.3 Equipo de operación | 236 |
| 16.11 USO FUTURO | 238 |
| 16.12 IMPACTO AMBIENTAL | 238 |
| 16.12.1 Medidas de mitigación | 239 |
| 16.12.1.1 Suelo | 239 |
| 16.12.1.2 Hidrología | 239 |
| 16.12.1.3 Aire | 239 |
| 16.12.1.4 Fauna y Flora | 239 |
| 16.13 ESTRUCTURA ORGANICA Y FUNCIONES | 240 |
| 16.13.1 Estructura orgánica | 240 |
| 16.13.1.1 Barrido y limpieza | 240 |
| 16.13.1.2 Recolección y transporte | 240 |
| 16.13.1.3 Disposición final | 240 |
| 16.13.2 Funciones del personal | 241 |
| 16.13.2.1 Secretario de obras | 241 |
| 16.13.2.2 Supervisor de aseo (barrido, recolección y transporte) | 242 |
| 16.13.2.3 Obreros de barrido y limpieza | 242 |
| 16.13.2.4 Obreros de recolección | 242 |

| | |
|---|-----|
| 16.13.2.5 Conductor | 242 |
| 16.13.2.6 Supervisor de disposición final | 243 |
| 16.13.2.7 Obreros de disposición final | 243 |
| 16.13.2.8 Celador | 243 |
| 16.14 MANUAL DE OPERACION DEL SERVICIO DE ASEO | 243 |
| 16.14.1 Barrido de calles | 244 |
| 16.14.2 Recolección y transporte | 244 |
| 16.14.3 Disposición final | 245 |
| 17 EVALUACION ECONOMICA DEL SISTEMA DE ASEO | 247 |
| 17.1 COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO | 247 |
| 17.1.1 Costos de personal | 247 |
| 17.1.2 Costos de dotación | 247 |
| 17.1.3 Costos de equipo | 247 |
| 17.1.4 Costos de mantenimiento | 247 |
| 17.2 Costos de adecuación del sitio para el relleno sanitario | 247 |
| CONCLUSIONES | 290 |
| RECOMENDACIONES | 293 |
| BIBLIOGRAFIA | 294 |
| ANEXOS | 296 |

LISTA DE CUADROS

| | pág. |
|--|------|
| Cuadro 1. Usos de la tierra | 38 |
| Cuadro 2. Población económicamente activa | 39 |
| Cuadro 3. Población de censos anteriores | 40 |
| Cuadro 4. Proyección de la población | 44 |
| Cuadro 5. Disposición de aguas negras en veredas | 51 |
| Cuadro 6. Estado de las vías | 53 |
| Cuadro 7. Conteo del tránsito | 58 |
| Cuadro 8. Formato de Cuadro para el cálculo de curvas verticales | 73 |
| Cuadro 9. Cuadro de Minor | 82 |
| Cuadro 10. Análisis para carga de eje mayores | 83 |
| Cuadro 11. Especificaciones para material de base | 86 |
| Cuadro 12. Número de habitantes por vivienda | 131 |
| Cuadro 13. Producción de basuras por vivienda | 132 |
| Cuadro 14. Composición física de los desechos sólidos | 137 |
| Cuadro 15. Análisis Químico | 137 |
| Cuadro 16. Producción de desechos sólidos residenciales | 138 |
| Cuadro 17. Producción de desechos sólidos institucionales | 139 |
| Cuadro 18. Producción de desechos plaza de mercado | 139 |
| Cuadro 19. Densidad de los desechos de barrido | 140 |
| Cuadro 20. Rendimiento de barrido de calles | 141 |

| | |
|--|-----|
| Cuadro 21. Producción total de desechos sólidos | 142 |
| Cuadro 22. Proyección anual de producción de desechos sólidos Para el periodo de diseño | 143 |
| Cuadro 23. Almacenamiento de residuos domiciliarios | 144 |
| Cuadro 24. Densidad de desechos residenciales | 144 |
| Cuadro 25. Tiempos empleados en servicio de recolección | 146 |
| Cuadro 26. Rendimiento en recolección de residuos residenciales | 147 |
| Cuadro 27. Calidad del servicio de recolección | 148 |
| Cuadro 28. Densidad de desechos de plaza de mercado | 149 |
| Cuadro 29. Rendimiento en recolección de desechos de plaza de mercado | 150 |
| Cuadro 30. Análisis Físico-Químico agua del río Quiña | 151 |
| Cuadro 31. Dimensionamiento de recipiente domiciliario frecuencia de recolección una vez por semana | 153 |
| Cuadro 32. Dimensionamiento de recipiente domiciliario frecuencia de recolección dos veces por semana | 154 |
| Cuadro 33. Dimensionamiento de recipiente domiciliario frecuencia de recolección tres veces por semana | 155 |
| Cuadro 34. Peso de desechos en vehículo recolector | 157 |
| Cuadro 35. Número de días laborados Para diferentes frecuencias de recolección | 158 |
| Cuadro 36. Actividades del macroruteo | 165 |
| Cuadro 37. Características del vehículo tipo | 168 |
| Cuadro 38. Alternativas de equipo de recolección frecuencia de recolección dos veces por semana | 170 |
| Cuadro 39. Número de recolectores frecuencia dos veces por semana cobertura 100% | 171 |
| Cuadro 40. Número de viajes a disposición final del equipo seleccionado | 172 |

| | |
|---|-----|
| Cuadro 41. Cobertura del equipo seleccionado para dos días de recolección | 174 |
| Cuadro 42. Tiempo de recolección en la plaza de mercado | 181 |
| Cuadro 43. Producción de desechos en colegios y escuelas | 182 |
| Cuadro 44. Tipo de cajas estacionarias y tambor metálico | 183 |
| Cuadro 45. Almacenamiento en colegios y escuelas | 186 |
| Cuadro 46. Horas requeridas para selección de personal de barrido | 187 |
| Cuadro 47. Viajes a disposición final para selección de equipo de barrido | 188 |
| Cuadro 48. Equipo de barrido | 189 |
| Cuadro 49. Dimensiones de cajas estacionarias para desechos de barrido. | 191 |
| Cuadro 50. Tiempo de recolección en desechos de barrido | 192 |
| Cuadro 51. Valores totales mensuales de temperatura | 206 |
| Cuadro 52. Valores totales mensuales de precipitación | 207 |
| Cuadro 53. Valores totales mensuales de humedad relativa | 208 |
| Cuadro 54. Valores totales mensuales de evaporación | 209 |
| Cuadro 55. Valores totales mensuales recorrido de viento | 210 |
| Cuadro 56. Valores totales mensuales de brillo solar | 211 |
| Cuadro 57. Propiedades Químicas del suelo | 212 |
| Cuadro 58. Densidad de residuos sólidos en disposición final | 214 |
| Cuadro 59. Estimación de volumen y área para el relleno sanitario | 217 |
| Cuadro 60. Número aproximado de celdas diarias | 221 |
| Cuadro 61. Coeficientes de escorrentía | 224 |
| Cuadro 62. Composición química de desechos sólidos | 230 |
| Cuadro 63. Número de moles en desechos sólidos | 231 |

| | |
|--|-----|
| Cuadro 64. Rendimientos en operación del relleno sanitario manual | 234 |
| Cuadro 65. Número de obreros para el relleno sanitario manual | 235 |
| Cuadro 66. Número de horas en operación del relleno con tres obreros | 237 |
| Cuadro 67. Equipo utilizado en el relleno sanitario manual | 238 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|---|------|
| Figura 1. Evolución poblacional según censos en Albán | 43 |
| Figura 2. Organigrama actual de la administración municipal | 45 |
| Figura 3. Perfil de suelos de subrasante | 64 |
| Figura 4. Elementos de la curva vertical | 72 |
| Figura 5. Transición de peraltado | 74 |
| Figura 6. Influencia del espesor de la base granular sobre el valor de k | 78 |
| Figura 7. Nomograma para el cálculo de esfuerzos de borde para eje sencillo | 79 |
| Figura 8. Factor de ponderación de esfuerzos para vías de dos carriles | 80 |
| Figura 9. Construcción del intervalo confidencial | 135 |
| Figura 10. Recipiente tipo para almacenamiento domiciliario | 163 |
| Figura 11. Vehículo recolector | 167 |
| Figura 12. Modelos de ruteo | 177 |
| Figura 13. Equipo de barrido | 185 |
| Figura 14. Método de zanja o trinchera para la construcción de un relleno sanitario | 199 |
| Figura 15. Método del área para la construcción de un relleno sanitario | 200 |
| Figura 16. Método de la pendiente para la construcción de un relleno sanitario | 202 |
| Figura 17. Combinación de métodos zanja-área | 203 |
| Figura 18. Organigrama propuesto para el servicio de aseo | 241 |

LISTA DE ANEXOS

| | pág. |
|---|------|
| Anexo A Cartera de transito | 296 |
| Anexo B Cartera de nivelación | 325 |
| Anexo C Cartera de secciones transversales | 349 |
| Anexo D Resultados de ensayos de laboratorio | 397 |
| Anexo E Diseño en perfil | 431 |
| Anexo F Cartera de volúmenes | 448 |
| Anexo G Formato de encuestas realizadas | 468 |
| Anexo H Topografía lote relleno sanitario | 470 |
| Anexo I Resultado ensayos de suelos del lote para relleno | 495 |
| Anexo J Resultado Ensayos de Permeabilidad | 508 |
| Anexo K Evaluación volumen de trincheras | 513 |
| Anexo L Diseño en perfil vía interna | 515 |
| Anexo M planos | 520 |

LISTA DE PLANOS

- Plano 1. Identificación del estado actual de vías cabecera municipal
- Plano 2. Diseño en planta carrera 4 (salida a Pasto)
- Plano 3. Diseño en planta carrera 2A (salida a San Bernardo)
- Plano 4. Diseño en planta carrera 2A (salida a San Bernardo)
- Plano 5. Diseño en planta carrera 1 (Calle el Zarzo) y carrera 3 (salida a Cebadero)
- Plano 6. Diseño en Perfil Carrera 4 (salida a Pasto)
- Plano 7. Diseño en Perfil Carrera 4 (salida a Pasto)
- Plano 8. Diseño en Perfil Carrera 2A (salida a San Bernardo)
- Plano 9. Diseño en Perfil Carrera 2A (salida a San Bernardo)
- Plano 10. Diseño en Perfil Carrera 1 (Calle el Zarzo)
- Plano 11. Diseño en Perfil Carrera 3 (salida a Cebadero)
- Plano 12. Detalles de juntas y Detalles sumideros
- Plano 13. Detalles alcantarillas
- Plano 14. Ruta actual del servicio de recolección domiciliaria
- Plano 15. Ruta proyectada de recolección domiciliaria
- Plano 16. Rutas de barrido de calles
- Plano 17. Levantamiento planimétrico y altimétrico
- Plano 18. Disposición de trincheras en el lote
- Plano 19. Diseño en Perfil vía interna
- Plano 20-32. Perfiles de trincheras para cálculo de volúmenes
- Plano 33. Detalles generales relleno sanitario

Plano 34. Detalles constructivos relleno sanitario

RESUMEN

El trabajo realizado es una proyección social de la universidad en San José Albán, hacia el mejoramiento de las opciones de crecimiento urbano, que estarán aumentando con la formulación del proyecto de pavimentación de calles. Además la formulación del plan de aseo brinda una solución en el manejo de residuos sólidos y plantea una alternativa para la disposición definitiva de residuos mediante un relleno sanitario.

El trabajo se ha dividido en tres partes: en la primera se incluyen los aspectos generales de San José de Albán, la segunda parte del trabajo comprende el diseño de la pavimentación de los tramos: salida a Pasto, a San Bernardo, a la vereda El Cebadero y la calle el zarzo; en la tercera parte se realiza el Plan de Aseo.

El trabajo topográfico incluye el levantamiento del eje de las calles, formado por tramos rectos y curvas circulares; nivelación del eje de las calles, con el fin de desarrollar un diseño en perfil, éste diseño así como el diseño en planta se condiciona a las características geométricas existentes, procurando el cumplimiento de parámetros básicos de diseño, Para el diseño en perfil se tiene en cuenta parámetros como velocidad, pendiente máxima, longitud mínima de curva.

El conteo del tráfico vehicular se ejecutó en agosto, el tipo de camiones que más se registró son los del tipo C2 (600), rara vez se registra un camión C3 compuesto de tres ejes. Luego de realizar la proyección del tránsito se obtuvo que el mayor tráfico se presenta en el tramo San José – Pasto con 426 vehículos/día.

Se realizaron 10 apiques, con los cuales se obtuvo suficiente información para determinar que la arena limosa es el tipo de suelo que se presenta con mayor frecuencia y sobre el cual se realizó el ensayo de C.B.R., obteniendo un resultado del 34,5 %; en los apiques realizados no se encontró presencia de nivel freático.

El pavimento con placa de rodadura en concreto rígido se escoge por cuanto tiene como características su larga duración y bajo costo de mantenimiento, para Albán, municipio de escasos recursos es necesario una obra de estas características aunque se tenga un costo inicial mayor que al de pavimentos flexibles o articulados.

Para el diseño estructural del pavimento se utilizará una simplificación del método empleado por la P.C.A. (Portlant cement Association), por cuanto no existen datos discriminados de peso de ejes durante la vida útil del pavimento, éste se fundamenta en que la falla del pavimento ocurre por fatiga si los esfuerzos originados por las cargas no exceden la resistencia a flexión del concreto.

Para el diseño estructural se determinaron los siguientes parámetros: C.B.R. (California Bearing Ration) del 34,5 %, que corresponde a un módulo de reacción de subrasante de 365

lb/plg3 = 10.11 kg/cm³, módulo de rotura a flexión (MR) = 40 kg/cm², periodo de diseño de 20 años, carga máxima legal por eje 8,2 toneladas, por recomendación del I.C.P.C. (Instituto Colombiano de Productores de Cemento) se utiliza un factor de seguridad de carga $F_s = 1,0$.

Para brindar una óptima solución mediante el plan de aseo, se evaluó la demanda del servicio a partir de la población y cantidad de residuos que produce, utilizando metodología por muestreo probabilístico, seleccionando las unidades de muestreo según cartas catastrales.

La entidad encargada de prestar el servicio de aseo es la administración municipal, por intermedio de la secretaría de obras públicas que supervisa los procesos de recolección, transporte y disposición de residuos sólidos. Para clasificar específicamente la procedencia de los residuos sólidos, se discriminan los siguientes puntos de producción: residencial, institucional, plaza de mercado, barrido de calles.

De las alternativas de frecuencia de recolección se selecciona la frecuencia de dos veces por semana, debido a que el número de días de almacenamiento de los residuos es de cuatro, evitando presencia de malos olores y acumulación de moscas, es la que mejores resultados ha arrojado en proyectos semejantes, también porque se obtiene un peso de recipiente menor de 25 kg, facilitando su manipulación..

Con el microruteo se obtiene el diagrama de rutas de recolección y minimiza el tiempo neto de recolección; disminuyendo: las distancias muertas, retroceso del vehículo, vueltas en U, vuelta a la izquierda. Con el macroruteo se procura la asignación de ruta que minimicen el tiempo de transporte desde la recolección hasta el sitio de disposición final de los residuos, se calcula según la procedencia de los residuos el número de cargas diarias y el número de días que es necesario laborar de acuerdo a la capacidad del vehículo disponible.

A parte del sistema de recolección de residuos domiciliarios, se tiene un sistema de recolección exclusivo para la plaza de mercado, para ésta la recolección se realiza los días sábado en horas de la tarde; por las características del mercado no es necesario el almacenamiento de los residuos, el personal y equipo a emplear será el mismo que realiza las actividades de recolección domiciliaria.

Dentro de las técnicas de disposición final que pueden utilizar y que son las más conocidas están: Compostación, Incineración, y Relleno sanitario. Debido a que solamente los residuos orgánicos son susceptibles de compostación, se considera éste tipo de tratamiento como un proceso intermedio de disposición final; la incineración no conviene para poblaciones pequeñas debido a que los costos de administración y mantenimiento de un incinerador son altos, la producción de residuos es baja; el relleno sanitario es una alternativa de disposición final de los residuos sólidos de tal forma que no causan perjuicios al medio ambiente. Por las características de la población y producción se construye el relleno sanitario manual.

Las principales características del proyecto de relleno sanitario son:

| | |
|-----------------------------------|---|
| Area del lote | : 46.077 m ² |
| Topografía | : Semiplana |
| Ocupación actual | : cultivo de pastos |
| Volumen disponible para relleno | : 28.282 m ³ . |
| Efecto ambiental | : Controlado por medidas de mitigación. |
| Distancia al centro de producción | : 4,7 km. |
| Accesibilidad | : vía destapada en buen estado. |
| Vida útil | : 11 años y 8 meses. |
| Uso futuro | : Reforestación, cultivo de pastos. |
| Vía interna | : 400 m. |

La celda diaria, será de: 5.80 m. de largo, 4.00 m de ancho y 0.60 m. de alto, con una capa de 0.15 m. de material de cobertura. La base y taludes de las trincheras se impermeabilizan con un suelo arcilloso. Se construirá un canal perimetral en sección trapezoidal revestido en concreto, las dimensiones serán: base menor de 0.30 m., base mayor de 0.60 m., altura 0.30 m y canales internos. Se construirán drenes en piedra que recogen los lixiviados en un punto común y posteriormente realizar un tratamiento primario en un tanque imhoff. Para evacuar los gases se utiliza un sistema de drenes verticales con una sección de 0.40 x 0.40 m., contruidos en grava de tamaño comprendido entre 2 y 4 pulgadas.

Se dispone la construcción del cerco perimetral en madera rolliza con una altura de 1,50 m., colocando cuatro hiladas de alambre de púas espaciadas 0,30m. cada una. Se colocará una valla en la entrada para presentar la obra a la población.

El relleno sanitario manual necesita un inspector, tres obreros, un celador que trabajarán cuatro días a la semana: lunes, martes, viernes y sábado a excepción del celador quien trabajará permanentemente.

Para minimizar el impacto ambiental negativo se preveen obras que controlan los efectos sobre: agua, aire, suelo, fauna y flora; con la construcción de: canal perimetral, drenaje y tratamiento de lixiviados, drén de gases, barreras contra el viento cerco perimetral, etc. se contribuye al buen funcionamiento del relleno.

Los costos analizados para poner en funcionamiento el sistema de aseo contempla dos partes fundamentales: los costos de operación, estos a su vez incluyen los costos de personal, dotación, equipo y su mantenimiento; y los costos relacionados con la adecuación del terreno para el relleno que comprende: vía de acceso, conformación de trincheras, drenajes, etc.).

Con los datos generales del proyecto, y con el presupuesto obtenido se realizan las fichas del Banco Nacional de Proyectos, que incluyen los formatos de identificación del proyecto (ID), los formatos de preparación y evaluación (PE), y los de financiamiento y sostenibilidad (FS); también se realizan las Fichas de Estadísticas Básicas de Inversión.

ABSTRACT

The work made is a social projection from “San Jose de Alban” University to option improvement of urban growth. Options will increase with project formulation of street paving. Besides, cleanliness plan formulation give a solution to solid residues management and proposes an alternative to definitive disposition of residues through a sanitary filling.

This work has been divided into three parts; at the first, general aspects of San Jose de Alban are included, at the second part, the paving design of sections is mentioned, such as exit to Pasto, to San Bernardo, to El Cebadero pathfoot and “Zarzo” street. In the last part, cleanliness plan is carried out.

The topographical work includes raising of street axis, which is formed by right sections and circular curves; leveling of street axis with the goal to develop a design in profile. This design along with plant design is adapted to geometrical characteristics existing, by taking into account the accomplishment of design basic parameters. To design in profile, speed, maxim slope, end minimal length of curve parameters are considered.

The vehicle traffic count was carried out in August. The type of trucks which were registered in a higher number are those type C2 (600). Type of truck C3 is rarely registered (truck composed by three axis). After making the transit project, it was obtained that the highest percentage of traffic is present in San Jose – Pasto section with 426 vehicles a day.

Ten samples collection were made with which enough information was obtained to determine that slimy sand is the soil type present in a higher frequency and about it was made the C. B. R. essay, by obtaining a result of 34.5%. In sample collection made did not find freatical level presence.

Paving with rolling plaque with rigid concretion is chosen because it has as characteristic its large duration and low valve of maintenance. To this municipality, Alban, which has low recourses, it is necessary a work with these features, although the initial cost was higher than flexible by pavings.

Tio structural design of paving, it will use a simplification of employed method by P. C. A. (Portland cement Association), due to there are not data discriminated related to axis weight during useful life of paving. This is based on paving failure happens by fatigue if the origin efforts by charges do not exceed the resistance to flexion of concretion.

To structural design, it was determined the following parameters: C. B. R. (Carolina Bearing Ration) of 34.5%, which relates to a reaction module of subrasant of 365 pound / cubic inch = 10,11 Kg/c.c. , breakage module to flexion (MR) = 40 Kg/cm², design period of 20 years, legal security factor of charge Fs = 1,0 by a recommendation made by I. C. P. C. (Colombian Institute of concretion producers).

To give an optimal solution through cleanliness plan, it was tested service demand from population and residue quantity which is produced by it, by using probabilism sample methodology, by choosing the sample in agreement to cadastral letters.

The entity entrusted to offer the cleanliness service is the municipality administration across office of public works which watches the collection, transport and solid residues disposition process. In order to classify in a specific way the solid residue origin, it was discriminated the following production points: domicile, institution, market, and street cleanliness points.

It was selected from collection frequency alternatives, the frequency of two times per week due to the number of storage days of residues is four, by avoiding the bad odors and flies accumulation, is which obtained the best results in resembling projects. Moreover, it was obtained a weight of recipient under 25 Kg which eases its manipulation.

With the microrouting, it was obtained the collection time because death distances, vehicle backward motion, turns in U – Shape, turn on left decrease too. With the macrorouting, it searches to give an specific route which decreases the transport time from collection point to final disposition residue place. It is collection point to final disposition residue origin, number of charges a day and number of days which are necessary to work in according to vehicle capacity.

Without taking into account the domicile residues collection system. There is a particular collection system to market. For it, collection is made on Saturdays at afternoon hours. Due to market characteristics, it is not necessary the residue storage; human and equipment recourses which will be employed are the same that make domicile collection activities.

Into final disposition techniques that can be used and are the most common are: Burning and sanitary filling. Due to only organic residues are susceptible to compost process, this type of treatment is considered as an intermediate process of final disposition, burning is not convenient to small counties or cities due to administration and maintenance costs of a burner are high, residue production is low; sanitary filling is an alternative of final disposition of solid residues so that they do not cause damages to environment. Due to population characteristics and production ones, a handle sanitary filling is built.

The main characteristics of project of sanitary filling are:

| | |
|------------------------------|---|
| Plot area | : 46.007 m ² |
| Topography | : semiflat |
| Actual occupation | : grass cultivation |
| Volume available to filling | : 28.282 m ³ |
| Environmental effect | : controlled by mitigation measurements |
| Distance to production plant | : 4.7 Km |
| Accessibility | : route without paving in good state |
| Useful life | : 11 years and 8 months |

Future use : reforestation, grass cultivation
Internal route : 400 mts

The dairy cell will be 5.80 m long, 4.00m wide and 0.60 heigh with a 0.15 – meter layer of coverture material. Base and walls of trenches are made impermeable with clay soil. It will build a perimeter channel in trapezium section invested in concretion. Dimmensions will be, 0.30 meters as minor base, 0.60 meters to major base, 0.30 meter heigh and internal channels. It will build stone drainages which retake lixibiates in a common point and then make a primary treatment in an imhoff tank. In order to eliminate gasses, it makes a vertical drainages system with a section of 0.40 x 0.40 m build in broken stone with a size of 2 and 4 inches.

It is planned the perimetral circle construction which will be made in round wood with a heigh of 1.50 mts, by putting four sharp wire lines spaced by 0.30 mts. each one. It will put a fence in the entrance in order to present the work to population.

The handle sanitary filling needs an inspector, three workers a wathman who will work four days a week: on Monday, Thursday, Friday, and Saturdays except wathman who will work everyday.

In order to minimize the negative environmental impact, works are planned to control affects on: water, air, soil, fauna and flora with the construction of a perimetral channel, a drainage, barriers against perimetral fence wind, and so forth. This all will contribute to a good performance of filling.

The cost analyzed in order to put in work the cleanliness system take into account two fundamental parts: operation costs, those include personal, endowment costs and equipment end maintenance ones, and other costs related to terrain adequation to filling involves access route, trenches conformation, drainages, etc.).

With the general data of proyect and with the budget obtained, index cards of National Bank of Projects are made and which include identification models of project (ID), preparation and evaluation models (PE) and financial support and sustainable one (FS); index cards of Basic Statistics of Income are made.

INTRODUCCION

La baja capacidad financiera y la deficiente organización que adolecen los municipios en especial de nuestro departamento, además de disposiciones legales sobre gasto público, se constituyen en factores limitantes del desarrollo municipal y acentúan la necesidad de buscar cooperación y asesoría para desarrollar proyectos que generalmente involucran a sectores importantes de una comunidad o región. En estas situaciones es cuando entidades educativas de nivel superior tienen la posibilidad de hacer presencia y proyectarse hacia la comunidad mediante trabajos que las diferentes facultades con sus programas están en capacidad de adelantar por intermedio de los estudiantes. Es oportunidad también para que el estudiante concluya su formación profesional fortaleciendo sus bases teóricas mediante la realización de trabajos prácticos que le aportarán experiencia para competir en el futuro mercado laboral.

En este sentido surgió la realización del presente trabajo para resolver en el caso específico del municipio de Albán dos problemas prioritarios a saber: el de aseo urbano y el mal estado de las vías, que ameritan la elaboración de proyectos que sirvan para el desarrollo de la población. En efecto; el mal manejo de los residuos sólidos desde su mismo proceso inicial de almacenamiento domiciliario y disposición inadecuada en lugares públicos genera molestias sanitarias y mala presentación estética del pueblo. Por tanto se pretende plantear un plan de aseo con una posible alternativa de disposición final de residuos sólidos.

De otro lado se tiene el problema del mal estado de algunas vías urbanas, que permitan proyectar el desarrollo urbanístico de Albán, teniendo en cuenta que la escasa oferta de vivienda debida en gran parte a las condiciones topográficas, ha impedido la expansión del sector urbano propiciando altos índices de hacinamiento; ante este problema es necesario promover el desarrollo de otras zonas cercanas del perímetro de la población mediante un proyecto de pavimentación que represente un principio de solución y brinde facilidades de acceso a sitios que puedan utilizarse como zonas de desarrollo.

1. PROBLEMA

Medidas a nivel nacional de reducción del gasto público han provocado recortes presupuestales para los municipios, las características de las elecciones populares han llevado a la burocratización del presupuesto destinando gran parte de este a la amplia nómina de empleados municipales, la ineficiencia de las administraciones municipales y los problemas indicados anteriormente han llevado a un mínimo porcentaje la inversión en: programas sociales, desarrollo de infraestructura y proyectos que sean de beneficio común a la población en general. Debido a la escasez de recursos propios el municipio se ve en la necesidad de conseguir recursos ya sea por medio de cofinanciación, recursos específicos o por medio de créditos; necesita entonces el municipio de un profesional para realizar diseños de los proyectos y tener de esta forma una posibilidad en la adquisición de recursos.

Después de priorización en la administración municipal, se notan necesidades sentidas en los sectores de saneamiento básico y urbanismo, espacio público y zonas de interés general; en que se necesitan formular proyectos como el plan de aseo con alternativa de disposición final de residuos sólidos y pavimentación de algunas calles respectivamente.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GENERALES

Realizar un plan de aseo urbano y complementarlo con un posible sistema de disposición final de residuos sólidos, Diseñar un proyecto de pavimentación de algunos tramos cuya superficie de rodadura se encuentra en mal estado y así promover un mejor desarrollo urbano de San José.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar un posible sistema de disposición final de desechos sólidos, acorde con las necesidades y capacidad del municipio.
- Diseñar el pavimento para los siguientes tramos: Calle el Zarzo, salida a la vereda Cebadero, salida a Pasto, salida a San Bernardo.
- Diligenciar las fichas EBI (Estadísticas Básicas de Inversión) y BPIN (Banco de Proyectos de inversión Nacional), necesarias para presentar los proyectos ante los fondos de cofinanciación.
- Prestar un servicio al municipio de Albán para que con los proyectos tengan mejor oportunidad de adquisición de recursos para la ejecución de los proyectos en estudio.

3. ALCANCE Y METODOLOGIA

3.1 ALCANCE DEL TRABAJO

El trabajo de grado se limita a la elaboración del Plan de Aseo y Pavimentación de Calles del municipio de Albán.

Dentro del proyecto de plan de aseo, se realiza el estudio del almacenamiento domiciliario, determinación de parámetros que influyen en la recolección, transporte y disposición de los desechos, también se incluye el análisis del terreno destinado para el posible sistema de disposición final, definiendo el método y forma de operación del mismo.

El proyecto de pavimentación incluye la determinación de los parámetros de diseño con el fin de obtener una estructura que proporcione una solución adecuada, de acuerdo con las características de la región.

Se incluye para ambos proyectos, la elaboración del presupuesto oficial y las respectivas fichas para el Banco de Proyectos de Inversión Nacional; y facilitar de esta manera al municipio la gestión de los proyectos para la consecución de recursos de cofinanciación o crédito.

3.2 METODOLOGIA

Con el fin de cumplir con los objetivos a desarrollar, el trabajo se organizó por partes fundamentales para tener una coordinación y ordenamiento lógico.

La primera parte consistió en la identificación de la situación actual del municipio de Albán, mediante la recolección de información teniendo como fuente: personas de la región, entidades relacionadas con el desarrollo del municipio, o funcionarios de la administración municipal, que permiten conocer al municipio en sus aspectos social, económico y de infraestructura técnica, sobretodo los aspectos que influyen en los proyectos a desarrollar.

En La segunda parte se formuló el proyecto de pavimentación, dentro del cual se realizaron los trabajos y ensayos conducentes a la determinación de una estructura de pavimento que solucione las necesidades, acorde con las características de la región. Las actividades que fueron necesarias para adelantar este proyecto son: el trabajo de campo y el de cálculos de oficina; en el trabajo de campo se realizó el levantamiento topográfico, recopilación de datos y pruebas o ensayos de laboratorio, todo con el fin de determinar parámetros de diseño; y en el trabajo de oficina se desarrolló el diseño, elaboración de planos, cálculos y memorias.

En una tercera parte que incluye el proyecto para el plan de aseo, se realizó el diseño de sistemas de: almacenamiento domiciliario, recolección y transporte, que incluyen

requerimientos de equipo, personal, horarios y rutas que hacen parte de los trabajos que se desarrollan en los diferentes procesos del sistema de aseo. Para lograr lo anterior se analizaron aspectos como: tipo de vivienda, No. de habitantes por vivienda, tipo de recipiente domiciliario utilizado, lugares donde depositan la basura, cantidad de basura producida, etc. Y se realizó análisis físico y químico de los residuos sólidos con el fin de determinar su composición.

Se realizó también el diseño del sistema de disposición final como una alternativa para el municipio según normas dictadas por la ingeniería, leyes y reglas sanitarias como el decreto 2104 de 1.983 del ministerio de salud pública que reglamenta el manejo de los residuos sólidos según la ley 09 de 1.979 y el decreto 0605 en el que se reglamenta la ley 142 de 1.994 en relación con la prestación del servicio de aseo, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico R.A.S. 2000. Además se analizó el impacto ambiental que se puede llegar a ocasionar, para lo cual se adelantó un análisis de suelos y una evaluación de gases y lixiviados.

4 DESCRIPCION BASICA DEL MUNICIPIO DE ALBAN

4.1 ASPECTOS GEOGRAFICOS E HISTORICOS

4.1.1 Reseña histórica. Así como no existe actas de fundación de grandes ciudades, de la población de San José no se tiene conocimiento de dicho documento, pero existen hipótesis sobre su fundación. El P. Alejandro Ortíz López señala el año de 1.854 como de fundación de San José (Colombia en el Sur pág. 286). Por su parte, el Dr. Ignacio Rodríguez Guerrero (Progreso Nariñense pág. 17) afirma que San José fue fundada en el año de 1.856 por el presbítero José Gómez, sobre los terrenos pendientes localizados entre las quebradas El Ahorcado y El Hatillo, las cuales son tributarias del río Quiña. Esta última tesis, es de las más acogidas entre los historiadores.

El Municipio de Albán perteneció en calidad de corregimiento al Municipio del Tablón de Gómez, bajo el empuje de don "JUAN IGNACIO ORTIZ", se logra formar un movimiento que culminaría en la segregación del territorio ubicado al nor occidente del Tablón. Y para el nombre del nuevo municipio se acordaría el de Albán, como homenaje al General Carlos Albán, Ilustre payanés que había Muerto en Panamá en la guerra de 1.900.

El Municipio de Albán fue fundado en el año de 1.903, mediante la ordenanza No. 41 de Abril 20, emanada de la Asamblea del Cauca con capital Popayán, cuya presidencia la ejercía Luis Felipe Vergara, y la secretaría el señor Idelfonso Díaz del castillo, una vez comunicado este acto administrativo se organizó en San José su designación como cabecera del nuevo Municipio de Albán.

El 20 de Julio de 1.903 se llevó a cabo un acto de instalación del Consejo Municipal, el cual fue designado mediante decreto emanado de la gobernación del Cauca. Luego en segunda sesión de consejo, el día 25 de Julio de 1.903 se estableció la división política del municipio así: 1. San José, 2. Hatoviejo, 3. San Bernardo, 4. Aguacillas, 5. Rinconada, 6. Pindal, 7. Chapiurco, 8. Aguanga, 9. Cebadero, 10. Tambo, 11. El Guarangal.

Mediante ordenanza No. 23 del 26 de Noviembre de 1.992, emanada de la Asamblea de Nariño, se segregó parte del municipio de Albán, para crear el Municipio de San Bernardo.

4.1.2 Situación geográfica. El Municipio de Albán se encuentra situado al nor - oriente del Departamento de Nariño, limita con los siguientes municipios: al norte con San Bernardo, al sur y al oriente con El Tablón de Gómez, al sur-occidente con Arboleda, al nor-occidente con San Pedro de Cartago. la ubicación del municipio de Albán se indica en el Plano 1.

Datos generales del municipio:

- Coordenadas: El Municipio de Albán está ubicado a 1°28" de latitud norte y 77°05" de longitud al oeste de Greenwich, a 1,42° de latitud norte y 3° de longitud oeste de

Bogotá. Ubicado al nor-oriente del Departamento de Nariño y a una distancia de 67 Km. de la capital del Departamento.

- Altura sobre el nivel del mar (cabecera municipal) 1.950 m.
- Temperatura media 19°C
- Extensión territorial del municipio:
 - Sector rural = 3.671,78 hectáreas.
 - Sector urbano = 18,33 hectáreas.
 - Area total = 3.690,12 hectáreas.
- Hidrografía: La hidrografía del municipio se encuentra influenciada por la subcuenca alta del río Juanambú, a la cual vierten sus aguas las microcuencas del río Janacatú y el río Quiña, según consta en el estudio de zonificación y priorización de microcuencas de la zona andina de Nariño. La microcuenca del río Janacatú abarca una extensión de 14.200 hectáreas, y la del río Quiña 10.600 hectáreas.

En el municipio se presentan diferentes elevaciones que van desde 1.000 m.s.n.m., (desembocadura de los ríos Janacatú y Quiña al río Juanambú) hasta los 2.500 m.s.n.m. la configuración del terreno es de un relieve variado y formas diferentes guardando una estrecha relación con el material rocoso original, grado de alteración y pendiente; es así como al suroccidente (río Quiña) y oriente del municipio (río Janacatú), se presenta un relieve abrupto con pendientes altas, disminuyéndose estas hacia el occidente y oriente, donde existen laderas y terrazas.

4.2 ASPECTOS SOCIO-ECONOMICOS

4.2.1 Usos del suelo. Uno de los principales recursos con que cuenta el productor agrario es el componente natural suelo, el cual esta relacionado con actividades productivas de los sectores: agrícola, pecuario y forestal. El municipio de Albán cuenta con un gran porcentaje de su área (37,3%) dedicado a pastos, y cubren una superficie de 1.376 hectáreas. Los suelos ocupados con cultivos permanentes alcanzan 1.034 hectáreas y corresponden a un 28,02% del área total del municipio, es de consideración en el sector agrícola el predominio del cultivo del café sobre los demás renglones productivos.

Las zonas ocupadas por bosques naturales únicamente ocupan 193 hectáreas del municipio y son clasificadas como bosque natural secundario, esta clase de bosque cumple importantes funciones de protección y regulación de fuentes de agua; generalmente estos bosques son intervenidos por campesinos para extracción de leña y carbón vegetal, algunas especies de arboles utilizadas son: aliso, quillotoctoc, urapan, amarillo, nacedero, entre otros. Las tierras de maleza y tierras de labor no irrigadas cubren un 6,73% equivalente a 248 hectáreas. En el Cuadro 1, se indica el uso del suelo en hectáreas en las veredas del municipio.

4.2.2 Situación económica general. No existe en Albán una actividad económica característica de la región que sea capaz de generar la cantidad de empleo necesaria; la economía de la población se basa en el trabajo que ofrece el sector oficial y el de la educación, el resto de la población que no es empleada en estos sectores se ve en la

necesidad de acudir a sortear sus esfuerzos en la difícil labor agrícola; por las razones expuestas, gente con capacidad de desarrollar actividades diferentes a las agrícolas han emigrado buscando mejores oportunidades laborales.

Cuadro 1. Uso de la tierra

MUNICIPIO: ALBAN DEPARTAMENTO: NARIÑO CRECED: ALTIPLANO NARIÑO
CODIGO : 019 CODIGO : 514 CODIGO: 052

| Vereda | Cod. | Area | Cultivos permanentes | | Cultivos anuales | | Pastos | | Bosques | | En descanso | |
|--------------------|-------|------|----------------------|-------|------------------|-------|----------------|-------|-----------|------|-------------|------|
| | | | Ha. | Ha. | % | Ha. | % | Ha. | % | Ha. | % | Ha. |
| El carmelo | 02001 | 227 | 125 | 55.07 | 58 | 25.11 | 38 | 16.74 | 3 | 1.32 | 3 | 1.32 |
| Chapiurco | 01010 | 378 | 134 | 35.45 | 40 | 11.38 | 197 | 52.12 | 2 | 0.53 | 5 | 1.32 |
| Campo bello | 02001 | 344 | 111 | 32.27 | 61 | 16.57 | 159 | 46.22 | 9 | 2.62 | 4 | 1.16 |
| El cebadero | 02003 | 383 | 173.4 | 45.27 | 54.60 | 12.79 | 140 | 36.55 | 4 | 1.04 | 11 | 2.87 |
| San luis | 02003 | 238 | 64 | 26.89 | 41 | 18.49 | 129 | 54.20 | 2 | 0.84 | 2 | 0.84 |
| El tambo | 02004 | 230 | 109 | 47.39 | 46 | 20.43 | 66 | 28.70 | 6 | 2.61 | 3 | 1.30 |
| Viña | 02004 | 240 | 83 | 34.58 | 46 | 17.50 | 102 | 42.50 | 4 | 1.67 | 5 | 2.08 |
| Buenavista palmas | 02003 | 375 | 199 | 53.07 | 69 | 19.20 | 95 | 25.33 | 5 | 1.33 | 7 | 1.87 |
| San jose – cabec. | 02000 | 206 | 84 | 40.78 | 90 | 21.14 | 12 | 5.83 | 6 | 2.91 | 14 | 6.80 |
| El guarangal | 02005 | 547 | 60 | 10.97 | 100.4 | 16.82 | 369.6 | 67.58 | 12 | 2.19 | 5 | 0.91 |
| Betania | 02005 | 400 | 40 | 10.00 | 48 | 9.00 | 294 | 73.50 | 15 | 3.75 | 3 | 0.75 |
| Alto las estrellas | 02005 | 190 | 14 | 7.37 | 17 | 10.53 | 147 | 77.37 | 6 | 3.16 | 6 | 3.14 |
| San bosco | 02008 | 226 | 95 | 42.04 | 59 | 20.80 | 57 | 25.22 | 8 | 3.54 | 7 | 3.10 |
| El socorro | 02008 | 302 | 129 | 42.72 | 58 | 19.54 | 98 | 32.45 | 7 | 2.32 | 10 | 3.31 |
| El divisio | 02005 | 225 | 13 | 5.78 | 25 | 12.44 | 174 | 77.33 | 9 | 4.00 | 4 | 1.78 |
| Total | | | 1.433,4 | | 813 | | 2.078,6 | | 98 | | 89 | |

FUENTE I.G.A.G. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi)

Tomado del Plan de Desarrollo Municipal de Albán 2.003.

La actividad agropecuaria predominante es la caficultura, siendo este el renglón más importante de la economía seguido por la ganadería y los cultivos pan-coger. En los últimos años se ha fomentado los grupos asociativos en procura de desarrollar actividades pecuarias tales como: Porcicultura, avicultura, apicultura, ganadería. El fomento de actividades diferentes a la agricultura tradicional ha implicado una mayor participación de instituciones oficiales como FEDECAFE, CAJA AGRARIA, SENA.

Actualmente de los 10.884 habitantes que son laboralmente activos, un 95% están dedicados al trabajo de la agricultura, ganadería, servicultura y afines, un 5 % son empleados, comerciantes, pequeños industriales, constructores, etc. El Cuadro No.2 muestra la población económicamente activa por sectores.

4.2.3 Gestión financiera municipal. La descentralización fiscal, está fundamentada en la capacidad de financiación para cumplir con las funciones asignadas a los entes municipales. Para tal efecto se parte de dos aspectos:

- Fortalecimiento de los recursos propios

- La redistribución de los ingresos recaudados por el nivel nacional (transferencia).

Cuadro 2. Población económicamente activa

| Municipio de Albán | | |
|--|-----------------------|-------------------------------------|
| Población económicamente activa por rama de actividad | | |
| Actividad | Total personas | % Sobre el total de personas |
| Agricultura., Ganadería., afines | 10.340 | 95 |
| Empleados sector Educación | 174 | 1,6 |
| Empleados sector Oficial | 152 | 1,4 |
| Comercio | 102 | 1,1 |
| Transporte, construcción | 98 | 0,9 |

FUENTE: Núcleo Educativo, Umata, Plan de Desarrollo Municipio de Albán

Fortalecimiento de recursos propios. La Constitución Nacional, artículo 338, establece que los consejos municipales podrán imponer contribuciones fiscales o parafiscales, mediante acuerdos que deben fijar directamente los sujetos activos, pasivos, los hechos, las bases gravables y las tarifas de los impuestos.

La autonomía en la generación de recursos se reforzará mediante la definición y selección de los tributos que aplicará el municipio en su jurisdicción teniendo en cuenta que el municipio debe conservar como de su propiedad, tributos que por ley sean propios a los entes territoriales tales como los impuestos al consumo final, a la propiedad a la utilización de bienes y servicios.

Los municipios por la derogatoria del párrafo único del artículo 22 de la ley 60 de 1993 dejaron de recibir la participación para los gastos de funcionamiento, por tanto es necesario implementar el recaudo de recursos propios para solventar dichos gastos, debido a que únicamente se podrán cubrir con el recaudo de impuestos generados dentro del municipio.

Las transferencias Municipales para garantizar la prestación de los servicios públicos, son distribuidas en porcentajes crecientes, pasaron del 14% en 1.993 hasta el 22% en el año 2.002. la transferencia se distribuirá según las necesidades básicas insatisfechas, el nivel de pobreza y teniendo en cuenta la eficiencia fiscal y administrativa de las localidades.

El municipio de Albán, percibe un exigua participación por concepto de Ingresos tributarios, que alcanzan en promedio el 6% del total, lo cual significa que el municipio no hace uso de su potencial económico formado por el recaudo de los impuestos directos e indirectos.

4.3 ASPECTOS DEMOGRAFICOS

4.3.1 Población de censos anteriores. Los registros censales presentados para el municipio de Albán Por el DANE en los años: 1.951, 1.964, 1.973, 1.985, 1.993, se

muestran en el Cuadro 3.

En los datos del Cuadro 3, se observa cómo la distribución poblacional en el área urbana se mantiene hasta el año 1.973, presentando fluctuaciones entre el 11 y 12 % del total poblacional, mientras que desde éste año, el porcentaje de población aumenta considerablemente, llegando en 1.985 a 15% del total de la población y en 1.993 llega a 25% del total.

Cuadro 3. Población de los censos anteriores

| Zona | Año | | | | |
|----------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 1.951 | 1.964 | 1.973 | 1.985 | 1.993 |
| Cabecera | 990 (11.73%) | 1.050 (12.21%) | 1.351 (12.46%) | 1.881 (15.65%) | 3.776 (25.26%) |
| Resto | 7.450 | 8.316 | 9.489 | 10.142 | 11.170 |
| Total | 8.440 | 9.366 | 10.840 | 12.023 | 14.946 |

Fuente: Departamento Nacional de Estadísticas DANE 2002.

En la zona urbana presenta un crecimiento del 57,56 % de la población en referencia de 1.985 a 1.993, hecho que se explica por que San José sigue la tendencia nacional a urbanizarse constantemente dado que las gentes de campo se desplazan a las poblaciones en afán de mejorar el nivel de vida para sus hijos por medio de la educación, o en busca de seguridad.

El municipio de Albán es netamente rural con un pequeño polo urbano, esto se nota por cuanto el 25,26% del total de la población es urbana y el 74,74% de la población se ubica en la zona rural del municipio; al contrario de los índices departamental: 68,75% Rural, 31,25% urbana y a nivel nacional que es totalmente opuesto con 76% de población en zona urbana y 24% en la zona rural.

4.3.2 Proyección de la población

4.3.2.1 Método aritmético. Se supone en este método que la tasa de variación de la población con el tiempo es constante.

$$Dp / dt = k$$

Integrando la ecuación entre los límites: t_i (año inicial) y t_f (año final), se tiene:

$$\int_{p_i}^{p_f} dp = k * \int_{t_i}^{t_f} dt = k * (t_f - t_i)$$

de donde $p_f - p_i = k*(t_f - t_i)$

Para:

p_f = población para un año futuro
 p_i = población del año inicial
 La constante K se puede calcular así:

$$K = \frac{p_2 - p_1}{t_2 - t_1}$$

En el cual p_2 y p_1 son las poblaciones de los años t_2 y t_1 , obtenidos de la información existente.

4.3.2.2 Método geométrico. Es el más utilizado y se supone que el crecimiento de la población es proporcional a la población existente en un momento dado.

$$\frac{dp}{dt} = k * p \quad ; \quad k = \text{Constante.}$$

$$\int_{p_i}^{p_f} \frac{dp}{p} = k * \int_{t_i}^{t_f} dt \quad ; \quad \left| \text{Ln } p \right|_{p_i}^{p_f} = k * \left| t \right|_{t_i}^{t_f}$$

$$\text{Ln } p_f - \text{Ln } p_i = k * (t_f - t_i)$$

$$\text{Ln } p_f = \text{Ln } p_i + k * (t_f - t_i) \quad ; \quad p_f = p_i * e^{k * (t_f - t_i)}$$

La constante k puede calcularse así:

$$\text{Ln } p_2 = \text{Ln } p_1 + k * (t_2 - t_1)$$

$$k = \frac{\text{Ln } p_2 - \text{Ln } p_1}{t_2 - t_1}$$

Donde : p_2 y p_1 son las poblaciones de los años t_2 y t_1 respectivamente, obtenidos de la información existente. La solución de la ecuación diferencial puede visualizarse en la siguiente forma:

Reemplazando e^k por $(1 + r)$, se obtiene la fórmula de interés compuesto.

$$p_f = p_i * (1 + r)^{(t_f - t_i)} \quad \text{ó}$$

$$p_f = p_i * (1 + r)^n$$

Donde : n = periodo de tiempo a la población que se quiere averiguar. Cuando no se posea la rata de crecimiento anual de la población (r), se la puede calcular de la siguiente forma:

$$p_2 = p_1 * (1 + r)^n$$

$$\text{Log}(1 + r) = \frac{\text{Log}(p_2/p_1)}{n} = \frac{\text{Log}(p_2/p_1)}{n} \quad \text{ó}$$

$$r = \sqrt[n]{\frac{p_2}{p_1}} - 1$$

Donde p_2 y p_1 son las poblaciones de los años t_2 y t_1 obtenidos de los censos.

La escogencia entre el método aritmético y el método geométrico se basa en la inspección de un gráfico trazado a partir de la escala aritmética, una aparente relación lineal implica el uso del método aritmético, en cambio, una curva aparentemente cóncava hacia arriba, implica el uso del método geométrico.

Después de analizar la Figura 1., se trabaja la proyección de la población para la población de San José con el método geométrico, permitido según del nivel medio de complejidad del sistema dado por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico R.A.S., en la tabla F.2.1.

4.3.2.3 Tasa de crecimiento. Con los datos del cuadro de censos suministrados por el DANE calculamos la tasa de crecimiento de la población entre los diferentes periodos censales, con base en la población de la cabecera.

entre 1.951 y 1.964; $n = 13$ años
 $p_2 = 1.050$ habitantes, $p_1 = 990$ habitantes

$$r = \sqrt[n]{\frac{p_2}{p_1}} - 1 = 0,004536$$

entre 1.964 y 1.973; $n = 9$ años
 $p_2 = 1.351$ habitantes, $p_1 = 1.050$ habitantes

$$r = \sqrt[n]{\frac{p_2}{p_1}} - 1 = 0,028402$$

entre 1.973 y 1.985; $n = 12$ años
 $p_2 = 1.881$ habitantes, $p_1 = 1.351$ habitantes

$$r = \sqrt[n]{\frac{p_2}{p_1}} - 1 = 0,027964$$

entre 1.985 y 1.993; $n = 8$ años
 $p_2 = 3.776$ habitantes, $p_1 = 1.881$ habitantes

$$r = \sqrt[n]{\frac{p_2}{p_1}} - 1 = 0,091014$$

Calculando un promedio de r se tiene:

$$r = \frac{0,0045 + 0,0284 + 0,0279 + 0,0910}{4} = 0,03798$$

$$r = 3,80\%$$

La población actual se calcula utilizando la fórmula:

$p_2 = p_1 * (1 + r)^n$ Donde:
 $p_1 = 3.776$ población del último censo
 $r = 0,038$ tasa de crecimiento
 $n = 10$ años

población actual = $3.776 * (1 + 0,03798)^{10}$
 Población actual = 5.482 habitantes en el casco urbano

los resultados de proyección (método geométrico) para la población de la cabecera municipal de Albán, se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Proyección de la población

| Año | Población |
|------------|------------------|
| 2003 | 5482 |
| 2004 | 5690 |
| 2005 | 5906 |
| 2006 | 6130 |
| 2007 | 6363 |
| 2008 | 6605 |
| 2009 | 6856 |
| 2010 | 7116 |
| 2011 | 7386 |
| 2012 | 7667 |
| 2013 | 7958 |
| 2014 | 8260 |
| 2015 | 8574 |
| 2016 | 8900 |
| 2017 | 9238 |
| 2018 | 9588 |

4.4 PRIORIDADES ADMINISTRATIVAS

El alcalde electo para el municipio de Albán ha coordinado el gabinete para cumplir con su programa de gobierno, en la Figura 2, se indica el organigrama de la actual administración municipal y de los poderes legislativo y judicial.

Para el plan de inversiones se prevé que la comunidad y la administración local realice mediante convenios y acuerdos la ejecución de los programas de inversiones, propuestos con base a los parámetros del gobierno y según la Red de Solidaridad, para lo cual aporta recursos a fin de desarrollar proyectos en todos los programas de inversión Municipal.

El plan de inversiones de Albán se estructuró conservando lineamientos y política del plan

de desarrollo Nacional en lo que respecta a la atención y solución a problemas de sectores sociales (salud, educación, vivienda, etc.). Sin embargo se deja de manifiesto la flexibilidad de este plan, ya que todos los programas y proyectos son susceptibles de modificaciones y ajustes, siempre que vayan en procura de solucionar y mejorar la calidad de los servicios y por ende, el bienestar de las comunidades.

Dentro del proceso de formulación del plan de desarrollo municipal, la Administración Municipal y la comunidad identificaron y priorizaron principales programas y proyectos encaminados a fortalecer el desarrollo municipal y los cuales se ordenaron así:

| PROGRAMA | ORDEN |
|---|-------|
| Agua potable y saneamiento básico | 1 |
| Salud y bienestar social | 2 |
| Educación, recreación y cultura | 3 |
| Urbanismo, espacio público y zonas de interés general | 4 |

Dentro del programa Agua potable y saneamiento básico están priorizados los siguientes proyectos:

- Terminación de acueducto regional, este proyecto ya cuenta diseños y se están gestionando los recursos para su ejecución.
- El cambio de la red de alcantarillado, se encuentra también en periodo de gestiones para conseguir recursos.
- Desarrollo del plan de Aseo Urbano.
- Letrinización de veredas, en que no es posible la implementación de sistemas de alcantarillado.

En el programa de Salud y bienestar social el orden de prioridad es.

- Ampliar cobertura de régimen subsidiado.
- Mejoramiento y ampliación del centro hospital.
- Formulación de proyectos para mejoramiento de vivienda.

En Educación, recreación y cultura

- Ampliación de cobertura en educación.
- Ampliación planteles educativos sector urbano y rural.
- Construcción del estadio municipal.

En Urbanismo, espacio público y zonas de interés general, el subprograma Infraestructura vial y transporte tiene identificado los proyectos de:

- Pavimentación vías de acceso principal.
- Ampliación de vías rurales.

4.5 ASPECTOS URBANISTICOS

Como la mayoría de las pequeñas poblaciones, San José no sigue parámetros que coordinen el desarrollo urbanístico, pues la capacidad financiera no es suficiente para implementar una dependencia encargada de la organización de tal aspecto; tampoco se ha desarrollado un plan para identificar y cuantificar los problemas, brindar normas sobre la construcción y soluciones a la escasez de vivienda. La tendencia en San José es que las viviendas se van construyendo a lo largo de las vías que comunican con otras poblaciones o veredas.

En el aspecto urbanístico se presentan las siguientes dificultades.

4.5.1 Topográficas. La parte central donde fue fundada la población es de una topografía regular, pero sus zonas aledañas son de una topografía difícil que eleva los costos de construcción por cuanto se hace necesario el movimiento de grandes cantidades de tierra, la construcción de muros de contención, etc.

4.5.2 Hacinamiento. Dadas las dificultades para conseguir lotes aptos para la construcción se ha presentado el fenómeno de hacinamiento, presentándose casos en los cuales habitan dos o más familias, solo en la actualidad algunas familias se han empezado a organizar y se han conformado asociaciones de vivienda, una de ellas conformada con empleados oficiales y otra conformada por trabajadores de diferentes sectores, aunque ambas poseen buena capacidad económica, la mayor dificultad es la consecución de los lotes.

Las viviendas en el sector urbano se caracterizan por tener una tipología de uso dedicada especialmente a la residencial, la cual en algunos casos se combina con el uso comercial, lo cual se observa en la plaza principal. En lo relacionado con los materiales de construcción, la mayoría de las viviendas del sector urbano son antiguas, tienen sus muros en tapia pisada, cubiertas en teja de barro; y balcones, ventanas y puertas en madera.

4.6 ASPECTOS DE SALUD Y SANEAMIENTO

Centros Médicos y Hospitalarios: El Municipio cuenta con un centro Hospital ubicado en San José a unos 500 mt de la cabecera municipal, y un puesto de salud ubicado en el corregimiento de San Antonio del Guarangal, atendido por una auxiliar de enfermería. Las principales características del servicio que presta el Centro hospital en San José son:

- Jornadas: 2 Jornadas : 8 A.M.- 12 M. y 2 P.M.- 6 P.M. Con disponibilidad de 24 horas para el personal médico.
- Consultas: 30 pacientes diarios y 300 consultas mensuales en promedio.
- Dotación: 1 Consultorio Odontológico, 1 Sala de Partos, 1 Sala de pequeña Cirugía, 1 Área de esterilización, 1 Consultorio Médico, 1 Estación de Enfermería, 1 Sala de Vacunación, 1 Farmacia, 1 Sala de Saneamiento y trabajo social, 1 Sala de laboratorio, 1 Cocina, 1 Ambulancia, 6 Camas y 3 Cunas.
- Personal: 1 Médico Director, 1 Odontólogo, 1 Enfermera Jefe, 2 Auxiliares de Enfermería, 1 Ayudante de Enfermería, 1 Ayudante de Odontología, 1 Auxiliar de Trabajo Social, 1 Inspector de Sanidad, 1 Cajera, 1 Conductor, 2 Celadores, 1 Aseador.

San José cuenta con un consultorio Médico particular y 4 boticas.

4.6.1 Situación general. Según la regionalización elaborada por el Servicio Seccional de Salud de Nariño, S.S.S.N., en el campo de la salud el Municipio de Albán pertenece a la Unidad Regional Norte con sede en el Hospital Regional Eduardo Santos, de la Unión Nar.

Son pocas las veredas cercanas al “centro-hospital”, en su mayoría quedan bastante distantes, siendo las más afectadas las veredas del corregimiento de guarangal. El Centro Hospital de San José presta servicio de: Medicina general, cirugías, urgencias, odontología, laboratorio, inmunización crecimiento y desarrollo, planificación familiar, recientemente se han implementado los programas de hipertensión arterial, lepra y tuberculosis.

No se cuenta con servicio de hospitalización, existen únicamente 6 camas en las que se atienden casos especiales como partos y pequeñas cirugías. Cuando se trata de casos que requieren mayor atención o especialización son remitidos a hospitales de Pasto.

La planta física del Centro Hospital se encuentra en regular estado, requiriendo un cambio total de la cubierta; necesita obras de remodelación como la ampliación de la sala de urgencia, trasladando la sala de odontología a la de crecimiento y desarrollo y adaptando un pequeño hall para esta última.

Posee un lote apto y suficiente para la futura ampliación proyectada, como es la construcción de dos salas de recuperación, una para hombres y otra para mujeres; un garaje para la ambulancia y una vivienda médica. En lo relacionado a la dotación de equipos médicos, éstos son insuficientes y algunos se encuentran completamente inservibles, necesitando su cambio inmediato

4.6.1.1 Mortalidad. La tasa de mortalidad hospitalaria registrada en el municipio de Albán, por cada 10.000 habitantes es la siguiente: 27,2% para menores de un año, 7,0% para edades entre 1- 4 años, de 2,9% en edades entre 5-14, mortalidad de 5,9 para edades entre 15 y 44, mortalidad del 36,1% en edades entre 49 - 50.

En lo que a salud se refiere, el programa de la actual administración contempla suministrar a la población a través del centro hospital servicios de: consultorios médicos y odontológicos, sala de enfermería.

4.6.1.2 Morbilidad. Las enfermedades que ocupan los primeros lugares en el municipio son las diarreicas y las infecciones respiratorias agudas, afectando primordialmente a los menores de cinco años.

4.6.2 Factores de saneamiento ambiental. El municipio presenta problemas ambientales en las zonas cafeteras, donde se presenta contaminación de arroyos, quebradas y ríos producto del proceso de beneficio del café. Además de esto, en la zona rural las excretas contaminan la mayoría de las quebradas del municipio.

Otro foco de contaminación lo constituye la utilización de productos químicos (abonos,

insecticidas, fungicidas etc.) en diferentes labores agrícolas incluido el cultivo de café, que al no cumplir requerimientos de distancias entre áreas de cultivos y quebradas, contaminan la subcuenca y las microcuencas de la región.

Un estudio realizado por el Equipo de Planificación Ambiental EPAC (priorización de problemas ambientales sub-región del Mayo) en la zona norte, permitió priorizar las alternativas de atención en lo relacionado a aspectos ambientales. los resultados se ordenaron así:

- Conservación de microcuencas.
- Educación ambiental.
- Viveros municipales.
- Protección al bosque natural.
- Control a la erosión.
- Recuperación de parque ecológicos.

Todos estos aspectos deben ser tenidos en cuenta con el fin de lograr un equilibrio ecológico, mediante el fomento de programas y proyectos que generen desarrollo sostenible del conjunto.

4.7 SERVICIOS PUBLICOS

4.7.1 Acueducto. Para Albán se formuló un proyecto denominado acueducto regional, con las siguientes características:

- La fuente es la Quebrada Aguacillas, con caudal medio de 305 lps, que aunque presenta un análisis microbiológico no aceptable para consumo humano, es susceptible de tratamiento.
- Consta de una bocatoma de fondo, con un caudal de diseño de 52,72 Lps con las siguientes cotas: rejilla 2.495,97 msnm, nivel mínimo de agua 2.496,42; nivel de agua máximo 2.496,86 y de la tubería de salida 2.495,97 msnm.
- La aducción tiene una longitud diseñada de 20 m. con un diámetro de 8 pulgadas y caudal de diseño de 26,36 lps.
- El desarenador de tipo convencional con un caudal de diseño de 26,36 lps. con una zona de sedimentación de 11,36 m³.

Por el tamaño del proyecto y las dificultades en consecución de recursos, el proyecto de acueducto regional fue programado en tres fases así:

- Fase I. Esta fase comprende la bocatoma, aducción, desarenador, conducción, cámara de derivación el Diviso, tanque el Diviso, cámara de derivación Betania, tanque de Betania cámara de derivación El Guarangal, tanque de Guarangal, distribución y acometidas de las tres veredas.
- Fase II. Esta fase comprende la construcción de los siguientes componentes: Conducción del Guarangal a la planta de tratamiento, cámaras de derivación para las

veredas Socorro y Cebadero, y los tanques respectivos, Planta de tratamiento, la que comprende: Construcción de filtros dinámicos, Construcción de prefiltros, Optimización de filtros lentos, Construcción de sistema de desinfección, Tanque de almacenamiento, Cierro y acondicionamiento estético de la planta.

- Fase III. Esta fase comprende los siguientes componentes: Red El Socorro - Alto de la Estrella, Red El Cebadero - Tambo - San Bosco - San Luis, Red San José (sustitución y ampliación).

El proyecto se ejecutó hasta la segunda fase, exceptuando los tanques de almacenamiento, redes veredales y sus acometidas, quedando pendientes junto con la tercera fase, hasta cuando sea posible la consecución de recursos, es por eso que dentro de las prioridades de este sector se encuentra la terminación del acueducto regional.

4.7.2 Alcantarillado

4.7.2.1 Zona Urbana. La recolección de aguas residuales en la población de San José se realiza en la mayoría de sus sectores, a través de un sistema de alcantarillado separado, construido hace cerca de 20 años; las tuberías están constituidas por tubos de gres para aguas negras y tubos de cemento para las aguas lluvias, sin embargo existen algunos tramos relativamente nuevos en sistema de alcantarillado combinado.

Las descargas del sistema se realizan junto a las quebradas El Hatillo y El Ahorcado, sin ningún tipo de tratamiento que con su bajo poder de recuperación causan graves problemas ambientales a las zonas por donde circulan.

No existe ningún organismo Municipal que se encargue del mantenimiento de este sistema, lo que conlleva a presentar este tipo de problemas. La tarifa que se cobra es la equivalente al 40% del total cobrado por servicios públicos.

Para la vigencia fiscal de 1996 y mediante un convenio de cofinanciación del municipio con el FIS construyeron un colector final de aguas lluvias ubicado en la parte baja de la población, sobre la calle de la salida a Pasto.

4.7.2.2 Zona Rural. En el Cuadro 5. Se muestra un resumen de las formas de disposición final de aguas negras en las diferentes veredas.

Si bien se han ejecutado algunos proyectos tendientes a abastecer a las comunidades rurales de agua a nivel domiciliario, el diagnóstico referente al estado sanitario en cuanto a disposición final de aguas residuales y excretas es muy crítico. En términos generales las familias en su afán de proveerse de una sistema para la disposición final de excretas, han acudido a la construcción de letrinas, el cual a pesar de no ser el método más recomendable, es una solución primaria a nivel rural. En algunas viviendas se han construido pozos sépticos, muchos de ellos construidos por personas inexpertas que en casos en vez de solucionar el problema, lo agravan.

Cuadro 5. Disposición de aguas negras en las veredas

| Forma de disposición final de aguas negras sector rural | | | | | |
|---|-----------------|----------------|------------|--------------|---------------|
| Vereda | Total Viviendas | Alcantarillado | Letrina | Pozo séptico | Campo abierto |
| Carmelo | 115 | 30 | 22 | 10 | 53 |
| Chapiurco | 104 | | 15 | 2 | 87 |
| Campo bello | 78 | | 19 | 17 | 42 |
| Buena vista | 43 | | 15 | 7 | 21 |
| Cebadero | 65 | 25 | 25 | 1 | 14 |
| San Luis | 62 | | | | 62 |
| Tambo alto | 44 | | | 9 | 35 |
| Tambo bajo | 29 | | 2 | 1 | 26 |
| Viña | 24 | | 6 | 8 | 10 |
| Guarangal | 97 | | 65 | 4 | 28 |
| Betania | 56 | | 14 | | 42 |
| Alto de estrella | 24 | | 5 | | 19 |
| San bosco | 70 | | 20 | 20 | 30 |
| El socorro | 65 | | 21 | | 44 |
| El diviso | 32 | | | | 32 |
| Total | 908 | 55 | 229 | 79 | 545 |
| Porcentaje | 100 | 6 | 25 | 9 | 60 |

FUENTE : Plan de Desarrollo Municipal.

4.7.3 Energía eléctrica. El servicio de energía eléctrica está prestado por Cedenar, actualmente contiene 462 usuarios en el casco urbano y 696 en la zona rural, el consumo promedio de energía (KWA) en la zona urbana es de 154,23 y en la zona rural de 47,3

En la población de San José se encuentra la sub-estación San José que es el punto terminal del sistema de subtransmisión, que se extiende desde la sub-estación de Río Mayo, pasando por la sub-estación La Cruz con una longitud de la línea de transmisión entre el Río Mayo y San José de 35 kilómetros, construida con cable de ACSR No. 2 y estructuras de madera inmunizada. La cobertura del servicio a nivel de sector urbano del municipio de Albán esta al rededor del 97.2%, del total de las veredas apenas se tiene una cobertura de 19.1% y el porcentaje de cobertura en cada una de las veredas rara vez alcanza el 15%

Las redes, posteadura y transformadores tienen un tiempo de 20 años de servicio, lo cual indica el deterioro y la necesidad de reponerlos; ésta deficiencia se hace notoria en el servicio de alumbrado público.

4.7.4 Telefonía. Telecom presta sus servicios a San José de Albán en la modalidad de telefonía, telegrafía y correo Nacional, mediante un equipo de 2 canales, el cual resulta deficiente frente a las necesidades de comunicación con los Municipios Vecinos, el resto del Departamento y el País.

Actualmente existen 57 abonados en el casco Urbano y la capacidad total es de 60

derivados, se registran 100 solicitantes, lo que demuestra la necesidad de ampliar los equipos para una mejor cobertura Urbana.

Se efectúan entre 1.700 y 2.100 llamadas desde SAN JOSE DE ALBAN con mayor frecuencia a Pasto, Cali y Bogotá por el sistema Discado Directo Nacional a través de la Central de Pasto. La comunicación con los Municipios cercanos es difícil por la capacidad reducida de los equipos.

4.7.5 Aseo Urbano. La prestación del servicio público de aseo la realiza directamente la administración Municipal a través de la Secretaria de obras, no cuenta con una Empresa de Servicios Públicos, sin embargo el municipio ya ha iniciado algunas actividades para mejorar la prestación del servicio.

Se hace necesario diseñar un plan de aseo para organizar los procedimientos de almacenamiento, recolección, transporte, y tener una alternativa para la disposición final de residuos.

4.8 ASPECTOS VIALES

La infraestructura vial del municipio de Albán se desarrolla a partir de una vía principal del orden nacional, de las cuales se desprende una serie de vías secundarias de bajas condiciones técnicas para el tráfico vehicular. El desarrollo del sector se inició hacia 1.932 y 1.934, a partir de la construcción de la carretera Nacional Pasto - Buesaco - La Unión - Higuerones, desde la cual se proyectó la vía complementaria El Empate - San José - San Pablo considerada vía regional. A nivel interno del municipio la red vial se compone de vías de penetración de tercer orden que comunican la cabecera municipal con las veredas.

La malla Urbana de San José de Albán tiene una longitud de 3.350 mts. lineales, conformada por 5 carreras que van de Norte a Sur y 5 calles que van de Oriente a Occidente.

El 2.03% del total de la extensión de las vías está pavimentada concreto rígido, el 28.0% está adoquinada, el 14.18% está adoquinada y es peatonal, actualmente está sin pavimentar o adecuar el 53.43% del total de las vías vehiculares y el 2.39% de las vías peatonales.

Las vías regionales que comunican a San José de Albán con San Bernardo, El Tablón y El Empate, están afirmadas y por lo general en regular estado de conservación.

El Transporte desde y hacia San José de Albán lo prestan empresas intermunicipales que comunican la zona norte del departamento con la capital del Departamento y con el norte del País; otra modalidad de transporte se presta en los buces tipo escalera, los cuales centran su actividad en el comercio local. En el Cuadro 6 se presenta un resumen de la red vial. En el Plano 1, se indican las principales vías del municipio.

Cuadro 6. Estado de las vías

| Municipio de Albán | | | |
|--------------------------------|--------------|-------------------|---------|
| Estado de las vías | | | |
| Puntos comunicados | Tipo de vía | Entidad encargada | Estado |
| El empate - La Cruz-Higuerones | Troncal com- | MOPT-Dist.14 | regular |
| Campobello-San Antonio | plementaria | | |
| San José-Tablón | Ramal | Departamento | malo |
| San José-El Diviso | Ramal | Departamento | regular |
| San José-El Socorro | Ramal | Departamento | malo |
| San José-El Guarangal | Sub-ramal | Municipio | regular |
| Guarangal-Aguacillas | Ramal | Municipio | regular |
| | Sub-ramal | Municipio | regular |

Fuente Plan de desarrollo del municipio de Albán

4.9 EQUIPAMIENTO URBANO

4.9.1 Mercado. Esta actividad se efectúa los días Sábados entre la 5:00 A.M y 12:00 M. en la plaza principal, por cuanto no existe lote adecuado para la realización del mercado semanal.

El mercado es de carácter Micro-Regional y a él acuden pobladores de El Tablón, San Bernardo, Rosa Florida, El Empate, La Cruz y Arboleda.

Los productos distribuidos por este mercado local, generalmente son de clima medio y frío cultivos de la Micro-Región, Miscelánea en general y productos agrícolas y ganaderos.

4.9.2 Matadero. Funciona en un local ubicado en la vía a El Empate su área es de 150 m² cubiertos y de 25 m² su área de corrales; su construcción es relativamente moderna: Estructura en Concreto y cubierta en teja de barro.

Los pisos están pavimentados y los accesorios para oreo, el canal de desangrado y lavaderos están en mal estado; se sacrifican entre 6 y 7 porcinos (ganado menor) y entre 4 y 6 reses (ganado mayor), cuyo producto se distribuye a nivel local.

4.10 INFRAESTRUCTURA SOCIAL

4.10.1 Educación. El Municipio de Albán de acuerdo al programa del mapa educativo, pertenece al distrito No. 2 con sede en el Municipio de La Unión, pero se relaciona directamente con Pasto.

De los once núcleos que funcionan en el Distrito No. 2 al Municipio de Albán le corresponde uno, que funcionan en la escuela "Juan Bolaños".

En la cabecera Municipal San José, funcionan tres establecimientos educativos :

A nivel de Educación Básica Secundaria se encuentra el Colegio Nacional "Juan Ignacio Ortíz", creado en Septiembre de 1965, laborando inicialmente como colegio departamental hasta el 31 de diciembre de 1972, pasando luego a ser colegio Nacional. La planta física del colegio se encuentra en regular estado, siendo necesaria la construcción de aulas, unidades sanitarias, salón múltiple. El problema más grave en cuanto a la planta física es el pésimo estado en que se encuentra un muro de contención, con el peligro de desestabilizar la obra existente.

A nivel de Educación Básica Primaria existen dos escuelas : Escuela Urbana Integrada Juan Bolaños, viene funcionando con seis niveles, incluyendo el pre-escolar; el número total de alumnos que asisten a la escuela es de 266. En general, la planta física del establecimiento se encuentra en buen estado, existiendo áreas disponibles para una futura ampliación. La Federación Nacional de Cafeteros ha contribuido para la construcción de un batería sanitaria integral. Referente a mobiliario y material didáctico, éste se encuentra en regular estado de conservación, siendo necesaria la dotación de mobiliario. en la actualidad se a aprobado el cambio de modalidad a Colegio politécnico.

La Escuela Urbana para Niñas funciona con seis niveles, incluido preescolar, el número total de niñas que asisten a la escuela es de 181. La planta física se encuentra en mal estado y es insuficiente. En un lapso de tres años se piensa integrar esta escuela a la Escuela Integrada Juan Bolaños. Requiere de dotación en cuanto a mobiliario y material didáctico.

4.10.2 Recreación y Cultura. En lo relacionado a recreación activa, encontramos en la cabecera municipal el parque principal, en el que existe una cancha de microfútbol, una de voleibol y baloncesto.

La cancha de fútbol municipal se encuentra ubicado a 1.5 km. en la vía Guarangal en la Vereda San Luis. El área total de la cancha es de 3 hectáreas, cuenta únicamente con una graderías en mal estado, lo mismo que el lote el cual no poseen ningún sistema de drenaje. El área restante disponible es apta para otras actividades recreativas.

En el Colegio "Juan Ignacio Ortíz" y en la Escuela Urbana Integrada Juan Bolaños existen canchas de boloncesto, voleibol y microfútbol.

En lo relacionado a recreación pasiva no se cuenta con ningún escenario para desarrollar otro tipo de actividades recreacionales y culturales, a excepción del teatro que funciona en el complejo parroquial. Así mismo, no se cuenta con casa de la cultura.

5. ESTADO ACTUAL DE LAS CALLES

A excepción de algunos tramos en la parte central de la población, Las calles de San José en su mayoría tienen pendientes elevadas, en algunos casos se llegan a presentar pendientes superiores a 30%; las carreras tienen pendientes del 15% y mayores. Por lo anterior tramos que tienen pendientes críticas, son solamente peatonales.

El M.O.P.T encargado hasta hace poco tiempo del funcionamiento de las vías, y actualmente la Gobernación de Nariño, ha desarrollado en la zona de estudio, trabajos de mantenimiento que aunque no con la frecuencia adecuada, han conservado y afirmado la vía; esos trabajos comprenden: Limpieza de taludes, escarificación, recebo y conformación de cunetas. estos trabajos se presentan con mayor frecuencia en los tramos: salida a Pasto, salida a San Bernardo, que tienen mayor afluencia de tráfico por estar dentro de la vía que comunica a la capital del departamento con varios municipios del norte.

Pese a los trabajos de mantenimiento mencionados anteriormente, por su baja periodicidad y factores ambientales, la superficie de rodadura se deteriora fácilmente, produciendo baches y daños en las cunetas, esto provoca que el agua atraviese la vía de un lado a otro; estos factores causan que la vía sea insegura, incomoda e ineficiente para los usuarios.

Hace aproximadamente unos 15 años se adoquino algunas de las calles principales, las condiciones del pavimento no son las mejores pues no se realiza mantenimiento y se nota diferencia en la calidad del adoquín, en unos la superficie se encuentra bastante desgastada; pese a lo anterior el pavimento actual puede prestar servicio por unos años más.

En la administración anterior el alcalde realizó un convenio, según el cual se realizaría la pavimentación en concreto asfáltico, en la actualidad de este trabajo solo se aprecian los sardineles, la superficie de rodadura se encuentra completamente deteriorada.

Respecto a las condiciones de drenaje se tiene que en los 480 metros iniciales del tramo salida a Pasto se ejecutó recientemente el proyecto “Colector Final de Aguas Lluvias”, el cual consiste en la captación de las aguas lluvias que llegan a la parte baja del pueblo, conducir las y entregarlas mediante un cabezal de entrega a un punto de descarga; en este proyecto se contempla la construcción de los sumideros, por lo tanto no necesitan proyectarse en el diseño de la pavimentación. En el Plano 1, se indica el estado de las vías en la cabecera municipal.

6. ESTUDIOS Y ENSAYOS

6.1 TOPOGRAFIA

El proyecto de pavimentación se realiza para las calles de San José que comunican la parte central de la población con sus zonas periféricas, una de las características de estas calles es que llevan ya varios años de servicio y han servido como medio de expansión del pueblo, por lo anterior el trazado debe seguir los alineamientos actuales. De acuerdo a las características anteriores el trabajo topográfico se orienta al levantamiento del eje de las calles, secciones transversales a fin de obtener información de los anchos utilizados de la vía, ubicación de andenes, cunetas, bordes y paramento. El levantamiento de las secciones transversales servirá para tener información topográfica en partes en que sea posible la ampliación de la calle. Se realizarán los siguientes trabajos topográficos:

Levantamiento del eje de las calles a pavimentar, conformado por tramos rectos y curvas circulares; se nota que el trazado de las calles es muy irregular debido a que se trata de una población pequeña sin plan de desarrollo urbanístico y de características topográficas difíciles, esta situación se hace difícil debido a que los dueños de los lotes construyen las viviendas sin tener una entidad que regule esta actividad. En consecuencia la pavimentación en cuanto a su diseño geométrico, está condicionada a la conformación geométrica existente.

Se realizó la nivelación del eje de las calles, con el fin de desarrollar un diseño en perfil, éste diseño así como el diseño en planta se ve condicionado a las características existentes, procurando el cumplimiento de parámetros básicos de diseño.

Sobre el abscisado del eje se levantó secciones transversales para identificar: posibles mejoras a las características geométricas existentes, para determinar el ancho final de la vía y evaluar cantidades de movimiento de tierra.

Del trabajo topográfico se anexan carteras de: tránsito (Anexo A), nivelación (Anexo B.) y transversales (Anexo C.)

6.2 ANALISIS DEL TRAFICO

6.2.1 Generalidades. Por las características de vía intermunicipal en la que se hallan incluidas las calles a pavimentar y por el tamaño de las poblaciones que une (San Pablo, Génova, La cruz, Belén, San Bernardo, San José), el tráfico vehicular es menor y limitado a vehículos hasta de tres ejes, porque las características de la vía no lo permiten y las necesidades de transporte comercial son satisfechas con el servicio que prestan los vehículos actualmente.

Los días Domingo, lunes y viernes se presenta más tráfico que en los otros días por la movilización de camiones y buses escaleras que viajan a Pasto llevando productos de la

región y de la cual regresan con artículos para el comercio. Todos los días y a horarios preestablecidos se presta servicio de transporte inter-urbano e interdepartamental por empresas que operan en el Departamento.

El conjunto de vehículos que conforman el tráfico será el usuario final de la estructura de pavimento, constituyéndose en la variable más importante para el diseño de éste. En efecto el volumen, dimensiones de los vehículos y peso de los ejes que la utilizarán, condicionan el diseño estructural del pavimento.

6.2.2 Conteo del tránsito. El conteo se realizó en el mes de Agosto coincidiendo con la época de verano y el tiempo en que se presenta un mayor movimiento vehicular principalmente por la comercialización de lo producido en cultivos como el café y algunos frutales que en esta época tienen su periodo de cosecha, siendo ésta el motor del agite comercial general de la zona. En esta época se incrementan el transporte interno por la movilización de obreros y productos como (café, naranja, mandarina, plátano, banano, etc.) y el transporte intermunicipal por la comercialización de productos hacia la capital Pasto.

Para propósitos de diseño la información requerida respecto al tráfico en una vía, es su promedio diario y su discriminación por tipo y peso de vehículo, pero los vehículos comerciales (camiones y buses) son los que realmente interesan para el diseño del pavimento.

El periodo de aforo para obtener el tráfico promedio diario se tomó de una semana y el conteo fue manual. Se registró todos los vehículos en un punto de los tramos en estudio durante 7 días continuos clasificándolos en: automóviles, buses y camiones.

Dentro de los vehículos comerciales los que más se registraron son del tipo camión C2 grande (600), rara vez un camión C3 y se destaca la presencia de los buses escalera los que por abuso de los conductores llegan a transportar carga en exceso. Dentro del grupo de vehículos livianos se observa la presencia de gran cantidad de vehículos ecuatorianos que como en la mayoría de municipios de Nariño han incrementado el parque automotor.

En el Cuadro 7, se muestran los conteos realizados en la población de San José en los tramos indicados. Se observa según el Cuadro que se presentó circulación de vehículos livianos y comerciales dentro de los cuales solamente se registró la presencia de los tipos C2-grande (600) compuesto de 2 ejes simples y del tipo C3 compuesto de tres ejes, uno simple y dos en tandem. El tráfico promedio diario semanal evaluado como la totalidad de carros registrados durante una semana y dividido entre 7 se muestra en el Cuadro 7, también se muestra el TPDS discriminado para cada tipo de vehículo.

6.2.3 Proyección del tránsito. Un pavimento deberá ser diseñado para soportar, bajo un mantenimiento razonable, los vehículos que pasen durante su vida de servicio. Sin embargo, no es fácil calcular el tráfico que va haber dentro de unos años ya que en su crecimiento intervienen factores complejos como cambios en la economía regional, en la

población; que no pueden predecirse con seguridad.

Al pavimentar una carretera, además del tráfico normal que tiene la vía, se produce un tráfico atraído que es aquel que sin modificar su origen y su destino utiliza la nueva vía aprovechando la mejora y un tráfico generado, que es aquel que se origina como consecuencia única del mejoramiento de la ruta. Para los tramos en estudio se considera que no se va a producir tráfico atraído, por cuanto se trata de tramos pertenecientes a las vías de acceso a la población y no tienen otra ruta alterna, por tanto las mejoras en la vía son para la totalidad de los usuarios que se movilizan desde y hacia San José. Aunque no hay una manera para determinar el tráfico generado, pero se asume que por el mejoramiento, este tráfico puede ser el 15% del tráfico existente.

El tráfico para diseño del pavimento será la proyección durante el periodo de diseño de la suma del tráfico normal, el tráfico atraído y el generado. En el caso del estudio para encontrar el tráfico de diseño basta con hacer la proyección del tráfico normal.

6.2.4 Factor de proyección del tráfico “ F ”. Factor por el cual hay que multiplicar el tráfico inicial (existente), para obtener el tráfico que operará en el periodo de diseño.

$$TPD = F * TPDo$$

TPD = tráfico promedio diario durante el periodo de diseño.

TPDo = tráfico promedio diario inicial, en este caso se tomó el tráfico promedio diario semanal.

$$TPDo = TPD_{existente} + TPD_{atraído} + TPD_{generado}$$

$$TPD_{generado} = TPD_{existente} * 0,15$$

Si se considera como tráfico de diseño el promedio aritmético de los valores del tráfico diario de cada uno de los años del periodo de diseño, el factor F se obtiene de la siguiente fórmula.

$$F = \frac{(1+i)^n - 1}{n * i}$$

El tráfico que va a operar al final del periodo de diseño se obtendrá para un factor F evaluado como:

$F = (1+i)^n$ (de esta se obtienen valores muy elevados), donde:

n = periodo de diseño

i = porcentaje de crecimiento anual del tráfico.

El periodo de diseño es de 20 años, recomendado por estar acorde con la vida útil de este tipo de obras, y que no se justifica extender más, pues para entonces se pueden presentar cambios relacionados con el funcionamiento de la vía

En el manual de diseño de pavimentos de concreto del I.C.P.C. (Instituto Colombiano de

Productores de Cemento)¹ se encuentra el Cuadro III.3 de la página 21, según la cual podemos obtener f, a partir de n e i. También se tiene que para Colombia se aconseja utilizar un crecimiento promedio de los vehículos de 8,5%.

Tomando como tráfico de diseño el promedio aritmético de los valores del tráfico diario de cada uno de los años del periodo de diseño y para $n = 20$ e $i = 0,085$ tenemos los siguientes cálculos.

$$F = \frac{(1+0,085)^{20} - 1}{20 * 0,085} = 2,42$$

Tramo San José - Pasto:

$$TPD_{\text{existente}} = 153 \text{ vehículos/día}$$

$$TPD_{\text{generado}} = 0,15 * 153 = 22,95 = 23$$

$$TPD_o = 153 + 23 = 176 \text{ vehículos/día}$$

$$TPD = F * TPD_o = 2,42 * 176 = 426 \text{ vehículos/día}$$

Tramo San José - San Bernardo:

$$TPD_{\text{existente}} = 130 \text{ vehículos/día}$$

$$TPD_{\text{generado}} = 0,15 * 130 = 19,5 = 20$$

$$TPD_o = 130 + 20 = 150 \text{ vehículos/día}$$

$$TPD = F * TPD_o = 2,42 * 150 = 363 \text{ vehículos/día}$$

Tramo San Jose - Cebadero:

$$TPD_{\text{existente}} = 30 \text{ vehículos/día}$$

$$TPD_{\text{generado}} = 0,15 * 30 = 4,5 = 5$$

$$TPD_o = 30 + 5 = 35 \text{ vehículos/día}$$

$$TPD = F * TPD_o = 2,42 * 35 = 85 \text{ vehículos/día}$$

6.3 ENSAYOS DE CAPACIDAD DEL SUELO

6.3.1 Características geológicas generales. En Nariño se distinguen tres conjuntos del medio natural: Llanura del Pacífico, Macizo Andino y Llanura amazónica. El sistema de los andes al aproximarse a Colombia por su parte sur forma, a partir de los páramos de El Angel, dos cordones que atraviesan el departamento de sur a norte: el cordón occidental comprende los nevados de Chiles y Cumbal, continúa por el volcán de Azufral y por los cerros de Sotomayor y Piñas, y en el cordón oriental, más complejo, se extiende por los páramos de Juntas, San Francisco, Guapuscal, Chimbacán y Tajumbina para concluir en el cerro Alumbral, en límites con el departamento del Cauca.

El municipio de Albán se ubica en el Macizo Andino del departamento de Nariño, muy próximo a la cordillera occidental en las llamadas vertientes interandinas, parte alta de la cuenca del juanambú en los cañones de clima templado y de características densamente

¹ SANTANDER RESTREPO, Norman. Manual de diseño de pavimentos de concreto del I.C.P.C. Medellín.

poblado. Según publicaciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (I.G.A.C.) San José se encuentra en el grupo de formaciones metamórficas en un complejo polimetamórfico de esquistos verdes a anfibolitas cuarcitas, pizarras y filitas con edad aproximada de 500 millones de años en el periodo cámbrico, perteneciente al paleozoico¹.

También de publicación del I.G.A.C. en su libro Estudio General de Suelos del Departamento de Nariño, volumen X tomo III, se relacionan en el capítulo V.1.3.4. las asociaciones (zonas de características semejantes) donde predomina las rocas metamórficas y en ella se incluye la asociación Naranjal-Aguadita-San José en la cual se analizan tres series o apiques realizados en cercanías de la población de San José. La asociación en mención se localiza en alturas comprendidas entre 1300 y 2200 msnm. limitada entre las márgenes de las quebradas San Bernardo, San Francisco y afluentes; parte sur de Buesaco, corregimiento de Santa María y veredas La Loma, Naranjal, La Aguadita, en los municipios de Buesaco y San José. En esta asociación se describen suelos con erosión moderada y relieve quebrado a fuertemente quebrado, en pendientes de 25-50 % y mayores; texturas medias en la serie Naranjal y moderadas a finas en la serie Aguadita.

La serie Naranjal comprende el 60 % aproximadamente del total de la asociación, suelos desarrollados a partir de rocas metamórficas (esquistos cericíticos y grafitosos y en menor proporción esquistos cloríticos); texturas medias; colores pardo muy oscuro a pardo grisáceo muy oscuro; estructura blocosa débilmente desarrollada, con permeabilidad moderada; bien drenados y con erosión moderada².

6.3.2 Objetivo. Para conocer uno de los parámetros básicos en el diseño estructural del pavimento, detectar tramos débiles, analizar el sistema de drenaje, etc., es absolutamente necesario un conocimiento de la subrasante a través de un apropiado estudio de suelos ejecutado por medio de sondeos.

En el caso de pavimento rígido, por su rigidez posee una resistencia adecuada a flexión. Esto permite la distribución de cargas sobre una gran área transmitiendo a la subrasante pequeñas presiones. Se deduce entonces de lo anterior que la función primordial de la subrasante no es suministrar un soporte de alta resistencia, sino un apoyo razonablemente uniforme. Así si la subrasante no ofrece soporte uniforme a toda la losa del pavimento, esta tiende a trabajar como un puente entre las zonas resistentes y a deformarse excesivamente en las áreas débiles, generando esfuerzos de flexión.

6.3.3 Procedimiento. En muchos proyectos la investigación y evaluación del suelo para diseño de un pavimento se inicia con la determinación de unidades de diseño, para el proyecto en estudio se realizará primero el estudio de las muestras tomadas y el perfil estratigráfico y luego se determinará, con base en el estudio, si existe un tipo de suelo

¹ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Aspectos Geográficos del sector Andino Nariñense. Bogotá: IGAC, 1985, p 26.

²GONZALES F. Alvaro y CORTES L. Abdon. Estudio general de suelos del los municipios de Pasto y otros del Departamento de Nariño. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC, 1990, p. 32

predominante y entrar a conformar unidades de diseño; pero, por el tamaño del proyecto, por la ubicación de San José dentro de una misma formación geológica, y por cuanto factores climáticos y topográficos no alcanzan a tener variaciones apreciables dentro de los tramos a pavimentar, se espera que exista un tipo de suelo predominante y que sea suficiente analizar como una unidad de diseño, esto se determinará una vez se tenga el perfil estratigráfico.

Después de una visita técnica, se determinó los puntos donde se realizaron los apiques, para esta ubicación se tuvo en cuenta los puntos donde posiblemente se presentaran cambios substanciales en el tipo de suelo, esto por observación del suelo y del color de este en los cortes existentes, también se tuvo en cuenta que la distancia entre apiques no sea muy exagerada y que afecte el análisis del suelo o el perfil estratigráfico. Los puntos donde se ubicaron los apiques se indican en el Plano 1.

Una vez realizados los apiques se procede al muestreo, en cada perforación se mide la altura en que se presentan los diferentes tipos de suelo y se toman muestras cada uno de ellos con el fin de determinar el perfil estratigráfico, cada muestra tomada es debidamente empacada y transportada al laboratorio, si en alguna de las perforaciones realizadas se registra la presencia de nivel freático, éste se referencia, pues la presencia afecta el diseño estructural y también el sistema de drenaje.

El paso siguiente lo constituye el trabajo de laboratorio, en esta etapa del estudio se incluyen la determinación de la granulometría, límites líquido y plástico, humedad natural, datos con los que es posible clasificarlos y dibujar un perfil. Los resultados de los ensayos de laboratorio se incluyen en el Anexo D.

Los datos de exploración de campo y los resultados de ensayos de laboratorio se organizan y resumen en un cuadro, para tener la información recopilada y facilitar la toma de datos (ver Anexo D).

Con los datos de campo y resultados de ensayos de laboratorio se elaboró un perfil de suelos de subrasante, este se indica en la Figura 3.

6.3.4 Selección del suelo típico. A la vez que se tomó las muestras en cada sondeo se miró que predomina en varios de ellos la presencia de un tipo de suelo arenoso con buena presencia de grava, confirmando que el análisis se puede realizar considerando una unidad de diseño; pues así se había previsto por el hecho de que la zona donde se ubica el proyecto (San José), se encuentra dentro de una misma formación geológica y de que las condiciones ambientales y topográficas no tienen mayor variación.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones y los perfiles del suelo obtenidos, se procede a la determinación del suelo típico, para determinar la resistencia de éste.

El análisis visual de los perfiles de suelo de los tramos a pavimentar (Figura 3), permite identificar el suelo típico. Se observa sobre la subrasante la existencia de suelos como

arenas limosas de compacidad alta, gravas areno limosas y hasta la presencia de afloramientos rocosos que consisten en una lutita meteorizada; se evidencia que predomina la presencia de gravas areno limosas, por tal razón se toma como suelo típico la arena limosa, sobre el cual se realizarán los ensayos de resistencia.

6.3.5 Resistencia del suelo de subrasante. Entre los ensayos más utilizados para determinar la resistencia de un suelo para pavimentos esta el C.B.R. (relación de soporte California) y la prueba de placa, de estos, se ha masificado el uso del C.B.R por la facilidad en la consecución del equipo, para el proyecto en estudio se realizará este ensayo. El C.B.R. es una medida del esfuerzo cortante del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, este se expresa como porcentaje del esfuerzo que se requiere para hacer penetrar un pistón en el suelo que se ensaya, dividido por el esfuerzo requerido para hacer penetrar el mismo pistón hasta la misma profundidad en una muestra patrón de piedra triturada¹.

Debido a que la resistencia de los suelos varía de acuerdo con su granulometría, características físicas, el método para determinar el C.B.R. cambia según el tipo de suelo, el proyecto que se realiza tiene como suelo característico el areno limoso, para el cual se sigue el método de ensayo de C.B.R que se describe a continuación.

El equipo que se utilizó es el siguiente.

- Cilindro de volumen 2132,7 Cm³, de 7 pulgadas de altura, provistos de collares de extensión de 2 pulgadas de altura y placas de base perforada.
- Martillo de compactación de 10 libras de peso y 18 pulgadas como altura de caída, 2 pulgadas de diámetro en la superficie de contacto.
- Falsos fondos de 2 pulgadas de altura para ser usados durante la compactación y la inmersión.
- Trípode con medidor expansión graduado en 0,001 pulgadas, para medir expansión.
- Pistón de 7,5 pulgadas de longitud aproximadamente y sección de 3 pulgadas cuadradas.
- Maquina de carga de tipo universal o gato con accesorios apropiados para poder aplicar la carga a una rata continua de 0,05 pulgadas/minuto.
- Accesorios varios para manejo de las muestras, tales como cubetas, balanza, horno, etc.

El procedimiento para el ensayo es como sigue:

Se preparan unos 50 kg. de material y se tamizan por la malla 3/4", se desechan las partículas retenidas en esta malla y se reemplaza por un peso igual de material pero con material pasante del 3/4" y queda retenido en el tamiz No. 4".

Se determina el contenido óptimo de humedad y la densidad máxima por medio del Proctor

¹ MUÑOZ RICAURTE, Guillermo. Pavimentos Flexibles. Universidad de Nariño Programa de Ingeniería Civil, Pasto, 1993, p 47.

modificado, usando material que pasó el tamiz de 3/4".

Al material que sobra de la determinación de humedad óptima se le mezcla una cantidad suficiente de agua con fin de lograr la humedad necesaria para lograr la máxima densidad.

Se pesan tres moldes para ensayo de C.B.R., se les coloca sus collares de extensión y se unen a las placas de base perforada, a las que previamente se les a colocado un falso fondo y papel filtro.

Se compactan tres muestras en los moldes preparados, usando en uno 56 golpes, en otro 25 y en el último usando 12 golpes, antes de la compactación se toman muestras de para humedad en cada molde. Cada capa debe ser de 1" de espesor después de compactada y la última capa debe ser de 1/2" más arriba de la unión del molde con su extensión. La humedad de las muestras compactadas no debe ser ni mayor ni menor en 0,5% de la humedad óptima; de otra manera se debe repetir el ensayo.

En cada molde se retira el collar de extensión y con ayuda de una regla se enrasa la parte superior de la muestra. se retira la placa de base y los falsos fondos y a continuación se pesan los moldes y la muestra.

Se coloca un papel filtro sobre la placa de soporte y luego se voltea el molde con la muestra compactada y se coloca sobre la placa.

Se sumerge en agua las muestras así preparadas y sobre estas se colocan sobrepesos de 5 libras con el fin de representar el peso producido por las capas de pavimento que descansarán sobre el material ensayado, una vez construida la estructura. cada sobrepeso de 5 libras representa un espesor aproximado de 3" de material, nunca debe usarse menos de 10 libras de sobrepeso.

Se coloca un filtro de papel sobre la superficie de la muestra compactada, luego la placa perforada con su vástago y sobre esta los sobrepesos requeridos.

Se coloca un extensómetro junto con un trípode que sirva para sostenerlo; se marca sobre el molde la posición inicial de los soportes del trípode, con el fin de colocarlos en la misma posición cada vez que se haga una lectura. Luego se quita el trípode y el extensómetro.

Se sumerge la muestra y se deja allí hasta que esté completamente saturada y no tenga más cambios volumétricos, generalmente se deja durante cuatro días pero para suelos granulares suele ser suficiente con 24 horas.

Se sacan los moldes del agua y se dejan escurrir por espacio de 15 minutos. Se pesa el molde con la muestra saturada con el fin apreciar la cantidad de agua absorbida. Se colocan de nuevo los sobrepesos sobre la muestra saturada.

Se coloca la muestra sobre la plataforma de la prensa de C.B.R, luego se levanta la

plataforma por medio del gato hasta que la muestra esté en contacto con el pistón y se esté aplicando una carga de 10 libras. Luego se vuelve a colocar en cero el indicador de carga. Se coloca también en cero el extensómetro.

Se aplica la carga por medio de un gato hidráulico de la prensa del C.B.R. a una velocidad de 0,05" por minuto. Se toman lecturas de la carga aplicada a 0,005, 0,025, 0,05, 0,075, 0,100, 0,150, 0,200, 0,250, 0,300, 0,400 y 0,500 pulgadas de penetración del pistón.

Se saca la muestra de la prensa de C.B.R. y se toma una muestra de humedad alrededor del orificio dejado por el pistón.

los resultados del ensayo de C.B.R. se indican en el Anexo D.

7. DISEÑO GEOMETRICO

7.1 DISEÑO EN PLANTA

Dos características relevantes se observan en el proyecto respecto a la conformación geométrica, una es las elevadas pendientes que se presentan, críticas en tramos como la parte final de la salida al cebadero, y en general en todos los tramos, presentándose pendientes longitudinales que superan el 15% y transversales superando el 30%; otra es la conformación desorganizada que presentan las calles debido a la ausencia de un plan o programa de desarrollo urbanístico, presentándose bruscas variaciones en los alineamientos y ancho de la vía. Según las condiciones anteriores, lo que se necesita es levantar la configuración geométrica existente, realizando correcciones en los alineamientos donde sea posible, sin que esto afecte considerablemente el aspecto económico del proyecto, para este efecto se realizaron los siguientes trabajos: Levantamiento del eje de las calles, conformado por tramos rectos solamente (debido a la conformación que han tenido las calles) y donde el eje desarrolla curvas, estas se levantaron identificando primero las tangentes, luego el ángulo de inflexión, los puntos de tangencia (puntos de comienzo y fin de la curva) y se calculó los elementos de las curvas. Sobre el abscisado del eje se levantó secciones transversales para obtener información del ancho actual de las calles y en aquellos puntos críticos en que no existan viviendas, analizar la posibilidad de ampliación de acuerdo a las posibilidades que ofrezca el terreno aledaño. Se realizó la nivelación del eje y secciones transversales con el fin de desarrollar el diseño en perfil y evaluar cantidades de obra.

En este tipo de poblaciones pequeñas el eje y ancho de calles tienen bastante irregularidad, el eje se define según la conformación urbanística existente; por lo cual el diseño en planta está limitado a la determinación del ancho de la calle, el cual generalmente está supeditado a la ubicación de las viviendas. El diseño en planta se indica en los planos 2 al 5.

7.2 DISEÑO EN PERFIL

El diseño en perfil se realizará sobre el eje que se determinó en el levantamiento topográfico, cumpliendo con los parámetros de diseño que permitan adoptar, sobretodo las difíciles condiciones topográficas, y tratando de llevar el perfil existente de manera que no afecte considerablemente las condiciones actuales, como los niveles del terreno y de andenes; esto permite controlar que se incrementen los costos por movimiento de tierras. Los perfiles del diseño se indican en los planos 6 al 11.

7.2 PARAMETROS DE DISEÑO DE CURVAS VERTICALES

El proyecto se desarrolla en una zona de características topográficas propias de terrenos escarpados con presencia de pendientes altas, el tráfico promedio diario con valor de 426 (el mayor de los tramos a pavimentar, en la salida a Pasto), ubicado dentro del rango de

tráfico ligero (hasta 500 vehículos/día)¹. Con base en estas características se determinan los principales parámetros de diseño como los siguientes.

7.3.1 Velocidad de diseño “ V ”. De acuerdo a la geografía Colombiana se emplean velocidades de diseño según la clase de terreno y el volumen de tráfico. Para el trabajo a realizar se encontraron pendientes mayores de 8% por lo cual el terreno se clasifica como escarpado, el análisis del tránsito dio como resultado un tráfico ligero menor de 500 vehículos/día para estas características tenemos una velocidad de diseño de 40 Km./hora¹.

7.3.2 Velocidad de operación “ v ”. La velocidad de operación promedio depende de las condiciones de tráfico y de la velocidad de diseño, para condiciones de tráfico de volúmenes bajos y velocidad de diseño de 40 Km./hora se tiene una velocidad de operación de $v = 40 * 0,95 = 40*0,95 = 38$ Km./hora.

7.3.3 Pendiente máxima. Hasta un 3% como pendiente máxima se considera aprobada para velocidad de diseño de 130 Km./hora. Para velocidad de 50 Km./hora las máximas pendientes están entre 5% y 12% dependiendo de la topografía, con promedio cercano a 9%. Para el diseño se adopta como pendiente máxima el 12% debido a que el proyecto no reviste mayor importancia, por las características topográficas y por tener velocidad de diseño de 40 Km./hora.

7.3.4 Pendiente mínima. Esta no tiene relación con la velocidad y la tracción pero si influye directamente en el escurrimiento de las aguas lluvias en el pavimento y a lo largo de las cunetas. Para el tipo de terreno que se tiene y para garantizar un buen funcionamiento de las cunetas se han recomendado como pendiente mínima 0,5%.

6.3.5 Factor de fricción longitudinal “f”. Este coeficiente varía principalmente con la velocidad del vehículo, de manera inversamente proporcional, y con el estado de humedad del pavimento en forma que, cuando éste está mojado, se reduce a poco más de la mitad. La AASHO recomienda, con criterio de seguridad usar $f = 0,40$ y utilizar la velocidad de operación para el cálculo de la distancia de frenado.

El diseño de curvas verticales se calcula teniendo en cuenta los siguientes criterios:

7.3.6 Longitud mínima de curvas verticales

7.3.6.1 Criterio de seguridad. Se evalúa teniendo en cuenta la distancia de visibilidad, y se analiza de la siguiente forma:

- Curvas Convexas:

Caso I (El observador y el objeto están fuera de la curva)

¹ BRAVO, Paulo Emilio. Trazado y Localización de Carreteras, Quinta edición, Bogotá: 1976, p 198-200.

usar $L = 2S - \frac{2(\sqrt{H} + \sqrt{h})^2}{i}$, si $DP > L$

S: Distancia de Visibilidad de frenado

L: Longitud de curva en su proyección horizontal

H: Altura del ojo del conductor sobre el pavimento

h: Altura del obstáculo sobre el pavimento

i: Angulo de alineamientos rectos

Para $H = 1,37$ y $h = 0,10$ $L = 2 * S - 4,44 / i$

Para $H = 1,14$ y $h = 0,15$ $L = 2 * S - 4,23 / i$

Con valores pequeños de i la curva es muy reducida, se recomienda entonces utilizar la fórmula $L = 0,6 * V$

L: Longitud mínima de la curva en m.

V: Velocidad de diseño en km/h

Caso II (El observador y el objeto están sobre la curva)

usar $L = \frac{S^2 * i}{2(\sqrt{H} + \sqrt{h})^2}$, si $DP < L$

Para $H = 1,37$ y $h = 0,10$ $L = S^2 * i / 444$

Para $H = 1,14$ y $h = 0,15$ $L = S^2 * i / 423$ (más utilizada)

También se tiene como longitud mínima $L = 0,6 * V$

H: altura del ojo del conductor

h: altura del obstáculo

- **Curvas Cóncavas:**

Caso I (El observador y el objeto están fuera de la curva)

usar $L = 2S - \frac{3,5S + 150}{i}$, si $S > L$

Caso II (El observador y el objeto están dentro de la curva)

usar $L = \frac{S^2 * i}{3,5 * S + 150}$, si $S < L$

i : Pendiente en porcentaje

S : Distancia de visibilidad en metros

L : Longitud de la curva vertical

En las curvas verticales cóncavas también se tiene que la longitud mínima = $0,6 * V$

7.3.6.2 Criterio de comodidad y confort. La longitud de curva vertical requerida para satisfacer este factor de comodidad, es sólo de un 60% aproximadamente de la requerida

para satisfacer la distancia mínima de visibilidad de frenado en las curvas cóncavas. Indica esto que diseñando curvas verticales con distancia mínima de visibilidad de frenado, queda garantizada la comodidad en la marcha. La comodidad en las curvas convexas no se altera sensiblemente.

7.3.6.3 Criterio Ministerio de Obras Publicas. Según el M.O.P.T. en el diseño vertical la longitud mínima de una curva debe calcularse de acuerdo a la siguiente expresión.

$$L = 20 * S * i$$

7.3.7 Cálculo de curvas verticales. A continuación se indica un ejemplo del procedimiento seguido para el cálculo de las curvas verticales.

Dentro del procedimiento primero se identifica o ubica en el perfil existente, los alineamientos rectos que se han de unir por medio de la curva, para el caso, por tratarse de una vía existente el perfil que se ha de diseñar se ceñirá lo máximo que se pueda al perfil existente a fin de procurar un diseño económicamente adecuado. Se identifican punto inicial del primer alineamiento, punto de intersección de los alineamientos, punto final del segundo alineamiento. Como ejemplo se desarrolla la primera curva vertical del tramo San José San Bernardo.

$$CA = 2080,09$$

$$CB = 2071,5$$

$$CPIV = 2077,8$$

$$LA = 00,0$$

$$LB = 100,0$$

$$APIV = 20,0$$

LA: abscisa punto inicial del primer alineamiento, CA cota del mismo.

LB: abscisa punto final del segundo alineamiento, CB cota del mismo.

APIV: abscisa punto intersección de los alineamientos, CPIV cota del mismo.

Con estos datos se calcula las pendientes: de entrada (m), de salida (n), su diferencia $i=m-n$.

$$m = \frac{CPIV - CA}{APIV - LA} = \frac{2077,8 - 20080,09}{20,0 - 0} = -0,1145$$

$$n = \frac{CB - CPIV}{LB - APIV} = \frac{2071,5 - 2077,80}{100 - 20} = -0,078$$

$$i = -0,114 - (-0,078) = -0,036$$

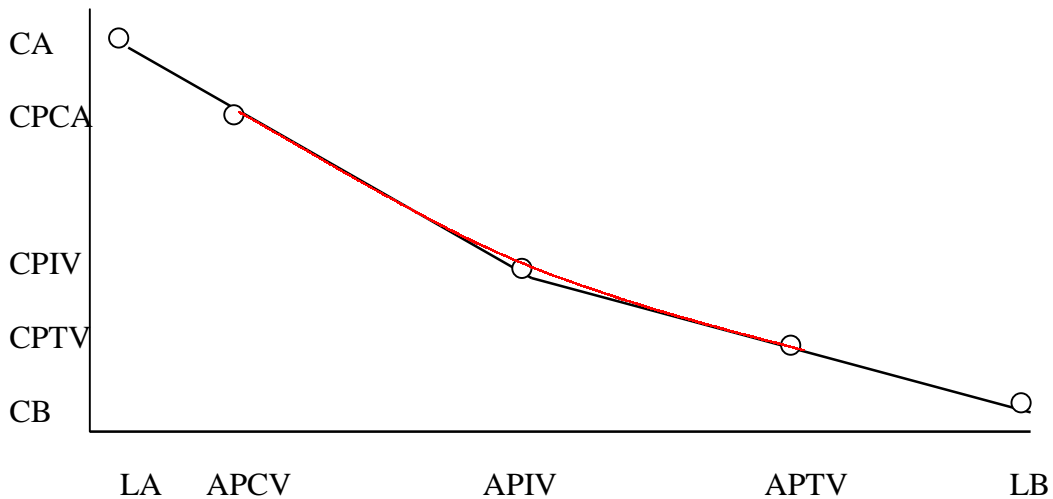
con estos se calcula la distancia de visibilidad de frenado o de parada "S".

$$S = 0,695 * v + \frac{v^2}{254*(f - i)},$$

f: Factor de fricción
 v: velocidad de operación
 i: pendiente en tanto por uno

$$S = 0,695 * 38 + \frac{38^2}{254*(0,4-0,036)} = 42,02\text{m}$$

Figura 4. Elementos de curva vertical



Como se trata de curva cóncava, se utilizan las siguientes fórmulas:

Longitud de la curva:

$$\text{Caso I; } L = 2S - \frac{0,035 S + 1,5}{i} = 2 * 42,02 - \frac{0,035 * 42,02 + 1,5}{0,036}$$

$L = 1,52 \text{ m. } S > L$, estamos en el caso correcto así que la longitud según el criterio de seguridad = 1,52 m.

$$\text{Longitud mínima} = 0,6 * V = 0,6 * 40 = 24 \text{ m.}$$

criterio del M.O.P.T.

$$\text{según este criterio, } L = 20 * S * i = 20 * 42,02 * 0,036 = 30,25 \text{ m.}$$

De los resultados anteriores, se debería tomar $L = 30,25 \text{ m.}$, chequeando la longitud mínima tenemos.

$$\text{Caso I; } L_{\text{mínima}} = 0,6 * V = 0,6 * 40 = 24 \text{ m. } S > L \quad \text{Ok.}$$

Se toma como longitud mínima 30,25, analizando los alineamientos a unir y los posibles requerimientos de la siguiente curva, se tiene la posibilidad de utilizar L = 40 m., que es el que finalmente se utilizó. Se procede con los siguientes cálculos.

$$APCV = APIV - L/2 = 20 - 40 /2 = 0$$

$$APTV = APIV + L/2 = 20 + 40 /2 = 40$$

$$\text{cota del PCV} = \text{CPCV} = \text{CPIV} - m \cdot L/2 = 2077,8 - (0,114 \cdot 20) = 2080,08$$

$$\text{cota del PTV} = \text{CPTV} = \text{CPIV} + n \cdot L/2 = 2077,8 + (-0,078 \cdot 20) = 2076,24$$

APCV: abscisa punto de comienzo de la curva, CPCV cota del mismo.

APTV: abscisa punto de termino de la curva, CPTV cota del mismo.

Con las pendientes m y n se calculan las cotas en tangente de las abscisas de la curva, se calcula la corrección por pendiente con la siguiente fórmula.

$$y = i / (2 \cdot L) \cdot X^2, \text{ donde:}$$

y = Valor la corrección de la cota en la tangente

X = distancia del PCV a la abscisa donde se esta calculando la corrección.

Los resultados se consignan en un formato como el del Cuadro 8.

Cuadro 8. Formato de Cuadro para cálculo de curvas verticales

| Datos | Abscisa | Pendiente | Cota en tangente | Corrección de pendiente | Cota rasante |
|---------------|---------|-----------|------------------|-------------------------|--------------|
| CA = 2080,09 | PCV 000 | | 2080,08 | 0,00 | 2080,08 |
| CB = 2071,50 | 010 | -11,4% | 2078,94 | 0,045 | 2078,99 |
| CPIV= 2077,80 | PIV 020 | | 2077,80 | 0,180 | 2077,98 |
| LA = 0 | 030 | -7,8% | 2077,02 | 0,045 | 2077,06 |
| LB = 100 | PTV 040 | | 2076,24 | 0,00 | 2076,24 |
| APIV= 20 | | | | | |
| A = 10 | | | | | |

Los cálculos de las curvas verticales de todos los tramos se indican en el Anexo E.

7.3.8 Peralte. Según normas del M.O.P.T., para una velocidad de diseño de 40 Km/Hora se tiene una pendiente relativa máxima entre bordes y eje de calzada $Pr = 1/150$, coeficiente de fricción transversal máximo : $f_{max} = 0,185$, se utiliza para carreteras en Colombia un bombeo normal del 2% y rige como peralte máximo el 10%.

Para determinar el peralte y su longitud de transición se siguió un procedimiento de cálculo como el que se muestra en el siguiente ejemplo que corresponde a una curva sobre el tramo de la salida a pasto.

velocidad de diseño $V = 40 \text{ Km./H.}$

radio de la curva 71,11

$$\begin{aligned} \text{Radio m\u00ednimo} &= V^2 / (127 * (e_{\text{max}} + f_{\text{max}})) \\ &= 40^2 / (127 * (0,1 + 0,185)) = 44,21 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{peralte } e &= (R_{\text{m\u00ednimo}} * e_{\text{m\u00e1x}}) / R \\ &= (44,21 * 0,1) / 71,11 = 0,06 \end{aligned}$$

Longitud de transici\u00f3n del peraltado: $L_p = L_e + N$

$$L_e = c * e / Pr$$

c: ancho de carril

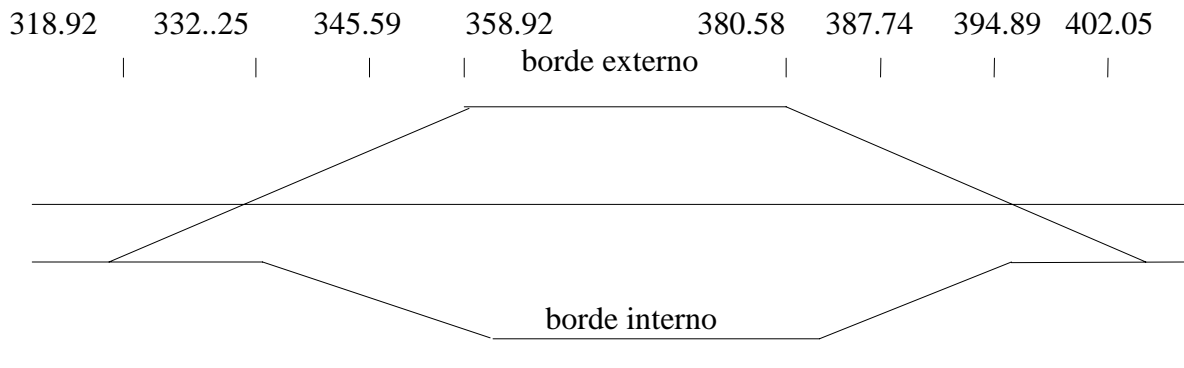
$$L_e = 3,35 * 0,06 / (1/150) = 30,15 \text{ m}$$

$$N = L_e * b\% / e\% = 30,15 * 2/6 = 10,05$$

b%: bombeo normal

$$L_p = 10 + 30 = 40$$

Figura 5. Transici\u00f3n de peraltado.



La longitud de transici\u00f3n del peraltado solamente se puede desarrollar en su totalidad en la parte de entrada a la curva, pues la entretangencia lo permite. En la salida de la curva, parte derecha, la entretangencia es corta y es necesario compartir esta longitud entre la curva que se analiza y la siguiente; cuando esto ocurre la longitud disponible no alcanza a cubrir la longitud de transici\u00f3n del peraltado, se recurre a utilizar parte de la curva para hacer la transici\u00f3n, seg\u00fan regla del M.O.P.T. esto es posible si la parte de la transici\u00f3n que se ubica dentro de la curva no excede el 30% de la longitud total de esta.

Abscisa del PC de curva 2 : $PC2 = 358.92$

Abscisa del PT de curva 2 : $PT2 = 391.41$

Abscisa del PC de curva 3 : $PC3 = 412.69$

Longitud de la curva = 32,49 $32,49/3 = 10,83$

Longitud disponible para transición = $(PC3-PT2)/2 + LC/3$
Longitud disponible para transición = $10,64 + 10,83 = 21,47$.

Abscisa PT= 391,41 $391,41-10,83 = 380,58$ m.
 $380,58 + 21,47 = 402,05$

8. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

8.1 DISEÑO DE CAPA DE RODADURA

¡Error! Marcador no definido. Para el diseño se utilizará una simplificación del método empleado por la P.C.A. (Portland Cement Association), que se fundamenta en el concepto de que la falla de las losas de pavimento ocurre por fatiga, en el supuesto de que los esfuerzos originados por las cargas no excedan la resistencia a flexión del concreto. La simplificación del método se utiliza cuando no existen datos discriminados del peso y número de ejes durante la vida útil del pavimento. Básicamente, consiste en dimensionar el espesor de la losa de tal manera que resista un número ilimitado de repeticiones de la carga máxima legal por eje, esto equivale a buscar un espesor que produzca, bajo la carga máxima legal por eje, un esfuerzo de flexión no mayor de la mitad del módulo de rotura (MR) del concreto. Con el espesor obtenido se calcula entonces el número de repeticiones admisibles para otros ejes mayores que puedan circular.

8.1.1 Parámetros de diseño. Del análisis de suelos resultó C.B.R. de diseño = 34,5%, con base en el valor de CBR y utilizando Cuadros de correlación¹, se puede establecer el correspondiente módulo de reacción de la subrasante de 365 Lb./plg³. = 10,11 kg/cm³.

Para carreteras secundarias, calles residenciales y otras vías con tráfico liviano, el I.C.P.C. recomienda un factor de seguridad de carga $F_s = 1,0$.

El concreto que se utilice en la construcción de pavimentos rígidos debe tener un módulo de rotura a la flexión (MR) no menor de 40 kg/cm² a 28 días, concretos de menor resistencia son, normalmente, de alta absorción y presentan problemas de durabilidad, bien sea por baja calidad de los agregados o por un valor excesivamente alto de la relación agua/cemento, o por ambas causas simultáneamente. Por otra parte para obtención de concretos con resistencia a flexión mayor a 50 kg/cm² se necesita una tecnología avanzada y la utilización de equipos dosificadores y mezcladores muy perfeccionados, lo cual no es fácil encontrar en la región. En consecuencia el diseño de las losas para el pavimento debe hacerse idealmente con base en un valor de MR entre 40 y 45 kg/cm² a 28 días, para el diseño tomamos MR = 40 kg/cm².

Periodos de diseño de 40 años son muy utilizados en Estados Unidos según recomendaciones hechas por la P.C.A, basadas en observaciones de pavimentos en funcionamiento. En Colombia, por la carencia de estadísticas de tráfico y poca disponibilidad de recursos financieros, la tendencia es a utilizar periodos de diseño entre 20 y 30 años. Para el proyecto en estudio se toma como periodo de diseño = 20 años.

Carga máxima legal por eje en Colombia = 8,2 Ton.

¹ GERSTNER BRUNS, Erhard. Diseño de Pavimentos. Cali: Facultad de Ingeniería Universidad del Valle, 1985, P 51.

8.1.2 Ancho de carril 3,35 m. Para el diseño se tienen los siguientes datos:

Módulo de reacción de la subrasante 10.11 kg/cm^3

Módulo de rotura a flexión del concreto $MR = 40 \text{ kg/cm}^2$

Carga máxima legal eje sencillo Colombia = 8,2 ton.

Carga de diseño = $8,2 * 1,0 = 8,2 \text{ ton}$.

Esfuerzo máximo en el concreto = $0,5 * MR = 0,5 * 40 = 20 \text{ kg/cm}^2$

El proceso de cálculo se inicia suponiendo un espesor de base, con este dato y con el módulo de reacción de la subrasante se determina el módulo de reacción del conjunto (base granular y subrasante); para esto se utiliza la figura 6 (Influencia del espesor de la base granular sobre el valor de k). Según esta figura para espesores de base de 10,0 cm. y 15,0 cm. el máximo valor de k del conjunto que se registra es 10,5. Adoptando un espesor de 10 cm. de base, se obtiene un valor k del conjunto $10,5 \text{ kg/cm}^3$.

Entrando al nomograma para cálculo de esfuerzos de borde para eje sencillo del Manual de Diseño de Pavimentos de Concreto del I.C.P.C. (figura 7.), con K del conjunto = 10,5, carga de diseño de 8,2 Ton. y espesor de losa de 15 cm (adoptado), se obtiene un esfuerzo $f_t = 19,30 \text{ kg/cm}^2$.

Cuando el carril es estrecho, menor de 3,65 m., aumenta el porcentaje de vehículos que circulan por el borde exterior del pavimento, existe entonces la posibilidad que la fatiga ocasionada por esos vehículos exceda la calculada sobre las juntas transversales. Entonces es necesario, calcular el factor de ponderación de esfuerzos “f” para calzadas de menos de 3,65 m de ancho; factor este, por el cual debe multiplicarse el esfuerzo ocasionado por una carga de eje sobre una losa de características dadas en que el punto crítico de mayor frecuencia de aplicación de carga es sobre el borde de junta transversal, para obtener el llamado esfuerzo de borde ponderado, que tiene en cuenta la acción del tráfico sobre el borde exterior del pavimento. El factor de ponderación de esfuerzos se calcula mediante la figura 8.

Para encontrar el factor de ponderación de esfuerzos se requiere el conocimiento del “Radio de Rigidez Relativa de Westergaard”, representado por L.

$L = \left(\frac{E * d^3}{12 * (1 - u^2) * k} \right)^{1/4}$, donde :

E: Módulo de elasticidad del concreto.

d: espesor de la losa de concreto.

u: Módulo de Poisson del concreto = 0,15.

K = Módulo de reacción de la subrasante.

$L = \left(\frac{280.000 * 15^3}{12 * (1 - 0,15^2) * 10,11} \right)^{1/4} = 53,13 \text{ cm}$

Con este dato obtenido de L y para una carga de eje sencillo de 8,2 Ton se tiene un factor de ponderación de esfuerzos $f = 1,03$. El esfuerzo f_t corregido del concreto para carril de 3,35 m, será $= 1,03 * 19,30 = 19,88$

Esfuerzo máximo en el concreto = $20 \text{ kg/cm}^2 > 19,879$.
Relación de esfuerzos $f_t/MR = 19,879/40 = 0,497 < 0,50$ Chequea.

Para ancho de carril 3,35 se utilizará:
Espesor de base granular = 10 Cm.
Espesor de losa de concreto = 15 Cm.

El cálculo para cargas de eje mayores se presenta en el Cuadro No. 10. Para el cálculo de la columna (número de repeticiones admisibles se utiliza el Cuadro 9. Cuadro de Minor)

De los cálculos del Cuadro se tiene para el pavimento de 11 cm de base y capa de rodadura de 15cm y ancho de carril 3,35 m. resiste:
Un número ilimitado de ejes sencillos de 8,2 Ton.
Hasta 32 repeticiones diarias de ejes sencillos de 9 Ton durante 20 años.
Hasta 5 repeticiones diarias de ejes sencillos de 10 Ton durante 20 años.

8.1.3 Ancho de carril 3,05 mt. En el proyecto se presentan anchos menores a 3,35 por lo cual es necesario realizar el chequeo para carril de 3,05.

Conservando los espesores de base (10 cm) y losa (15 cm) y datos anteriores:
 $f_t = 19,30 \text{ kg/cm}^2$

$L = ((280.000 * 15^3) / (12 * (1 - 0,15^2) * 10,11))^{1/4} = 53,13 \text{ cm}$
Con L y carga de eje sencillo de 8,2 Ton se encuentra el valor del factor de ponderación de esfuerzos para vías de dos carriles de 3,05m de ancho c/u, $f = 1,12$.
El esfuerzo f_t corregido del concreto para carril de 3,05 m, será $= 19,30 * 1,12 = 21,62 \text{ kg/cm}^2$
Esfuerzo máximo en el concreto = 20 kg/cm^2
 $21,39 > 20$ no chequea
Relación de esfuerzos $f_t/MR = 21,39/40 = 0,53 > 0,50$ no chequea.

Adoptando Espesor de base granular de $e = 10 \text{ Cms}$, espesor de losa de concreto = 16cm.
K del conjunto de base granular y subrasante de $10,5 \text{ kg/cm}^2$.
Para este dato, carga de diseño de 8.2 Ton y espesor de losa de 16 cm, se obtiene un esfuerzo $f_t = 17,6 \text{ kg/cm}^2$. Como se trata de carril de 3,05 m se encuentra el factor de ponderación de esfuerzos.

$L = ((E * d^3) / (12 * (1 - u^2) * k))^{1/4}$.
 $L = ((280.000 * 16^3) / (12 * (1 - 0,15^2) * 10,11))^{1/4} = 55,77 \text{ cm}$
Con este dato obtenido de L y para una carga de eje sencillo de 8,2 Ton se tiene un factor de ponderación de esfuerzos $f = 1,12$. El esfuerzo f_t corregido del concreto para carril de 3,05 m, será $= 1,12 * 17,6 = 19,72$

Esfuerzo máximo en el concreto = $20 \text{ kg/cm}^2 > 19,72$.
Relación de esfuerzos $f_t/MR = 19,72/40 = 0,49 < 0,50$ Chequea.

Para ancho de carril 3,05 m. se utilizará:
Espesor de base granular = 10 Cm.
Espesor de losa de concreto = 16 Cm.

El cálculo para ejes mayores se presenta en el Cuadro 10.

De los datos del Cuadro se tiene para el pavimento de 10 cm de base, capa de rodadura de 16 cm y ancho de carril 3,05 m. resiste:

Un número ilimitado de ejes sencillos de 8,2 Ton.

Hasta 32 repeticiones diarias de ejes sencillos de 9 Ton durante 20 años.

Hasta 4 repeticiones diarias de ejes sencillos de 10 Ton durante 20 años.

Los resultados dan como espesor de losa 15 cm., para ancho de carril 3.35 m. y 16 cm. para ancho de carril 3,05; ambos anchos de carril con espesor de base granular 10 cm. Por facilidad de construcción y para mejorar las condiciones del pavimento cuando se trabaja ancho de carril 3.35 m, se ha determinado unificar los espesores, quedando los siguientes para todo el proyecto:

espesor de losa 16 cm.

espesor de base granular 10 cm.

8.1.4 Resistencia del concreto. Para el diseño estructural del pavimento, se requiere un concreto con un módulo de rotura $MR = 40 \text{ kg/cm}^2$, por lo que la resistencia a la compresión a 28 días será:

$$MR = 2,6 \cdot \sqrt{f'c}$$

$$f'c = (MR/2,6)^2 \quad f'c = (40/2,6)^2$$

$$f'c = 236,69 \text{ kg/cm}^2 = 3.381,29 \text{ lb/pie}^3$$

Se debe por lo tanto utilizar una mezcla para un concreto con 3500 lbs/pie^3 de resistencia a la compresión.

Los materiales disponibles son los siguientes:

GRAVA: se consigue aproximadamente a 4 km de San José, proviene de la trituración del material extraído del río El Quiña.

ARENA: se extrae de minas de el salado (vereda Chapiurco), a aproximadamente 4,5 km de San José

CEMENTO: Portlant tipo 5 disponible en la región

8.2 BASE

La función primordial de la base es prevenir el bombeo; en subrasantes bombeables sometidas a tráfico pesado es absolutamente necesario la colocación de la capa de base; una

vez colocada, ella cumple funciones secundarias tales como:

Ayudar a controlar los cambios de volumen en subrasantes altamente expansivas, Mejorar la capacidad de soporte del suelo de la subrasante (incrementar y uniformizar el valor del módulo de reacción K), Proporcionar una superficie limpia y estable para los trabajos de pavimentación.

8.2.1 Espesor de base. Los asentamientos ocasionados en la base granular por el tráfico dependen también muy estrechamente del espesor de ella. Según ensayos de la AASHO, una base de 30 Cm. puede llegar a sufrir asentamiento mayor que dos veces el de bases de 15 y 10 cm. de espesor, y la de 10 cm. fue la menos afectada. También se observó como en vías en servicio las bases de 5 a 8 cm. de espesor funcionan efectivamente contra el bombeo, aún bajo cargas continuas de vehículos pesados. De lo anterior se entiende respecto al espesor de base, que espesores mayores de 10 cm. no ofrecen protección adicional contra el bombeo y en cambio, a más de elevar el costo del proyecto, conducen a asentamientos indeseables bajo el tráfico; por estas razones la práctica racional es utilizar espesores de 10 a 15 cm. para bases granulares, por tratarse de un tráfico no muy pesado.

Para el proyecto se obtuvo un espesor de base de 10 cm, este se encuentra dentro del rango recomendado según el manual para diseño de pavimentos del I.C.P.C.

8.2.2 Especificaciones. Para que el material que compone la base desempeñe adecuadamente su función, debe satisfacer los siguientes requisitos.

- Tamaño máximo de agregados = espesor de base/3 = $10/3 = 3.3$ cm.
- Porcentaje que pasa el tamiz No. 200 máximo 15.
- Índice de plasticidad máximo 6.
- Límite líquido máximo 25.
- El material debe estar libre de materia orgánica y bolas de arcilla.
- EL material de base debe cumplir con la especificación M-147 de la AASHO, que se indica en el Cuadro 11.

Para la construcción de la base puede utilizarse un material que satisfaga los requisitos granulométricos A, B, C, D, E ó F, pero para garantizar uniformidad en el soporte, se recomienda escoger solamente una de las bandas granulométricas admisibles y, dentro de ella, seleccionar una curva de trabajo, a la cual deberá ceñirse el material utilizado en la construcción, con tolerancia de 3 a 5 puntos porcentuales.

Aproximadamente a 5 Km. de San José en la vía que de esta población conduce a Pasto existe una fuente de material para base y a la cual se realizó un ensayo de granulometría y compactación, cuyos resultados se anexan junto con los resultados de análisis de suelos (Anexo D.). Según los resultados el posible material de base se puede ajustar a la banda granulométrica B, admisible según especificaciones AASHO M-147-65.

8.2.3 Compactación de la base. Los materiales granulares son susceptibles de sufrir asentamientos permanentes (por densificación) bajo las cargas de tráfico. Para evitar este

efecto, se recomienda una compactación mínima del 100% de la densidad máxima del proctor, que se obtiene a la humedad óptima.

Cuadro 11. Especificación para material de base

| Tamices | | Porcentaje que pasa, por peso | | | | | |
|----------|--------|-------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| US stand | Mm | A | B | C | D | E | F |
| 2" | 50 | 100 | 100 | - | - | - | - |
| 1" | 25 | - | 75-95 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3/8" | 9,5 | 30-65 | 40-75 | 50-85 | 60-100 | - | - |
| No.4 | 4,75 | 25-55 | 30-65 | 35-65 | 50-85 | 55-100 | 70-100 |
| No.10 | 2,00 | 15-40 | 20-45 | 25-50 | 40-70 | 40-100 | 55-100 |
| No.40 | 0,425 | 8-20 | 15-30 | 15-30 | 25-45 | 20-50 | 30-70 |
| No.200 | 0,0074 | 2-8 | 5-20 | 5-15 | 5-20 | 6-20 | 8-25 |

La fracción que pasa el tamiz No. 200 no será mayor que 2/3 de la que pase el tamiz No.40. La fracción que pasa el tamiz No.40 tendrá un límite líquido no mayor que 25 y un índice de plasticidad no mayor que 6.

Fuente: Manual de diseño de pavimentos de concreto. Instituto Colombiano de Productores de Cemento.

Según el ensayo de proctor realizado al posible material de base, la máxima densidad que se logra es 2,22 gr/cm² para una humedad óptima de 6,8 %. por tratarse de un material arenoso se recomienda la compactación con rodillo neumático con unidad de vibración.

8.3 COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE

Se debe compactar la subrasante hasta el 100% de la máxima densidad, según el ensayo realizado se debe alcanzar 2,01 gr/Cm³, a la humedad óptima del 11,0 %.

Por tratarse de un material arenoso el equipo recomendado para realizar la compactación es el de rodillo neumático con unidad de vibración, dado el caso de difícil consecución o alquiler se puede utilizar compactación por método de presión con rodillo liso, por ser de fácil consecución; pero siempre y cuando se logren las condiciones de compactación que se indican anteriormente. La subrasante se deberá compactar a una profundidad mínima de 30 Cm.

8.4 DISEÑO DE JUNTAS

8.4.1 Junta longitudinal. La principal función de la junta longitudinal es la de controlar el agrietamiento por alabeo (efecto producido por la diferencia de alargamientos de las capas superior e inferior de la capa de pavimento al encontrarse estas sometidas a diferentes temperaturas según sea durante el día o la noche, o por efectos ambientales como la humedad). Por las características del equipo que se dispone, lo usual en nuestro país es que el

pavimento se construye carril por carril, entonces la junta longitudinal es también de construcción. Se construirá junta longitudinal del tipo machiembreado con barras de anclaje.

Las barras de anclaje se diseñan para resistir la fuerza de tracción generada por la fricción entre la losa del pavimento y la subrasante. La sección transversal del refuerzo por unidad de longitud de junta se calcula con base en la siguiente ecuación.

$$A_s = \frac{b \cdot f \cdot w}{f_s}$$

A_s = Area de refuerzo por unidad de longitud de junta (cm^2/m)

b = Ancho del carril (m)

W = Peso de losa por unidad de área (kg/m^2)

f_s = Esfuerzo de trabajo de acero (kg/cm^2)

F = Coeficiente de fricción losa - suelo

$b = 3.35 \text{ m}$

$W = (1.0 \times 1.0 \times 0.16) \times 2400 = 384 \text{ kg}/\text{m}^2$

$f_s = 0.67 \times f_y = 0.67 \times 4200 = 2814 \text{ kg}/\text{cm}^2$

$F = 1.5$

$$A_s = \frac{3.35 \times 1.5 \times 384}{2814} = 0.69 \text{ cm}^2/\text{m}$$

En acero corrugado produce barras de diámetro 1/2" en adelante, se necesita Colocar una varilla de 1/2" cada 1.50 m. Según el I.C.P.C. se recomienda que la separación máxima entre varillas sea 1,20 m. Colocar una varilla corrugada de 1/2" cada 1,2 m.

Para ancho de carril 3,05 m. y espesor de losa 16 cm.

$b = 3.05 \text{ m}$

$W = (1.0 \times 1.0 \times 0.16) \times 2400 = 384 \text{ kg}/\text{m}^2$

$f_s = 0.67 \times f_y = 0.67 \times 4200 = 2814 \text{ kg}/\text{cm}^2$

$F = 1.5$

$$A_s = \frac{3.05 \times 1.5 \times 384}{2814} = 0.62 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Colocar una varilla corrugada de 1/2" cada 1,2 m.

Longitud de las barras de anclaje

$$L = \frac{2 \cdot A \cdot f_s}{a \cdot p} + 7.5$$

L = Longitud de la barra de anclaje

A = Area transversal de la barra.

a = Esfuerzo de trabajo por adherencia. Para acero corrugado se utiliza $a = 0.1 F < 24.5$

kg/cm²

P = perímetro de la barra (cm)

$$A = 1.27 \text{ cm}^2 \text{ (barra f 1/2")}$$

$$a = 0.1 \times 245 = 24.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$p = \text{PI} * d = 3.99 \text{ cms}$$

$$L = \frac{2 \times 1.27 \times 2814}{24.5 \times 3.99} + 7.5 = 80.62 \text{ cms}$$

Colocar barras 1/2" de 0.85 m de longitud cada 1.2 m.

8.4.2 Juntas transversales. Las juntas transversales pueden ser de contracción, expansión, alabeo o de construcción. Generalmente las juntas de contracción funcionan también como de alabeo y de expansión, mientras que las de construcción se programan para que coincidan con las de las anteriores. Así se obtiene un pavimento a base de losas prácticamente iguales entre sí.

Las juntas de contracción tienen su origen básicamente en la retracción del concreto, esta y la fricción de la losa con el terreno ocasionan esfuerzos de tracción; como la resistencia del concreto a la tracción es baja, estos esfuerzos longitudinales ocasionan rotura, que se manifiesta en forma de grietas transversales espaciadas de tal forma que los tramos de losa entre dos grietas consecutivas no estén sometidos a esfuerzos de tracción mayores que la resistencia del concreto. La actitud es entonces tratar de controlarlas fijando de antemano su posición. Las juntas de contracción son también juntas de alabeo, es decir, controlan las grietas causadas por el alabeo del pavimento, que tienen su origen en por las condiciones climáticas especialmente por la temperatura y la humedad.

Las juntas de expansión, tienen como función minimizar el efecto de la dilatación térmica de las losas de concreto, como estas se programan para que coincidan con las juntas de contracción, solamente se construirán juntas de expansión cuando existan estructuras fijas como: tapas de cámaras de inspección o sumideros, y en empalmes con vías pavimentadas.

Juntas de construcción Las juntas transversales de construcción se proyectan de tal forma que coincidan con las de contracción. Cuando la interrupción del vaciado sea imprevista, es necesario colocar una junta de construcción no programada; para este caso, la losa no debe ser menor de 3 metros, tendrá todo el ancho de vaciado, la transmisión de carga se hace por medio de junta machiembreada. Para facilidad en la construcción (carril por carril), por el tipo de equipo que se dispone, se necesita la colocación de una junta longitudinal de construcción; esta coincide con la longitudinal de alabeo.

Para tráfico liviano (calles residenciales, vías secundarias, etc.), La trabazón de agregados funciona eficazmente con juntas espaciadas a 4,50 m., colocarlas sin pasadores.

Por recomendaciones del I.C.P.C. para el sellado de las juntas de pavimento se debe utilizar

sellantes termoplásticos o los de curado químico por mezcla de dos componentes, debido a que las masillas y los de curado químico por expansión presentan muy baja resistencia a la penetración de cuerpos extraños dentro de la junta, y poca capacidad de recobrar su forma original después de deformarse. Para el proyecto se utilizará material sellante termoplástico, se utilizará asfalto líquido, el plano 12 indica las formas para construcción de juntas.

9. DRENAJE

Según la mayoría de autores el drenaje es un factor importante que incide en el buen funcionamiento y duración de un pavimento; el agua puede llegar a disminuir la resistencia de los suelos, por consiguiente, es necesario construir obras que alejen el agua lo más pronto del pavimento. En forma general se diferencian dos sistemas o tipos de drenaje: el superficial y el subterráneo.

9.1 DRENAJE SUBTERRANEO

El drenaje subterráneo se necesita cuando se presentan situaciones como las siguientes: presencia de nivel freático cerca a la superficie, cuando existen en la subrasante aguas infiltradas o fuentes interiores de agua, o cuando hay presencia de zonas bajas pantanosas. Para el proyecto que se está realizando no se presentan ninguna de estas situaciones, en los apiques realizados para el estudio de suelos no se encontró nivel freático, lo que indica que este se encuentra a más de 2 metros de la superficie; tampoco se registraron zonas pantanosas, las pendientes pronunciadas facilitan el movimiento de las aguas de escorrentía; además se trata de una obra que lleva varios años de funcionamiento y no se han presentado dificultades con el drenaje, excepto por el descuido de las autoridades en la realización de trabajos de mantenimiento.

9.2 DRENAJE SUPERFICIAL

El objeto fundamental es captar las aguas lluvias que corren directamente sobre la calzada y sus zonas aledañas y desalojarlas a una corriente natural o a una obra de drenaje transversal.

El proyecto se ubica en la zona urbana del municipio de Albán, por la configuración geométrica de las calles y el ancho disponible para desarrollar la vía no permite la construcción de cunetas, por tal razón, para el sistema de drenaje longitudinal se construirá en el borde del pavimento, los sardineles, para que junto con la superficie de rodadura formen una sección hidráulica que permita la evacuación de las aguas, las juntas transversales del pavimento deben coincidir con la junta de los sardineles para evitar que éste se agriete por prolongación de la junta del pavimento. La sección transversal típica se indica en los planos de detalles. En los puntos donde se necesite se ubicarán sumideros, estos serán de rejilla horizontal por cuanto las pendientes del terreno lo exigen.

9.3 ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA DE DRENAJE

En los tramos que se ubican en la zona periférica del casco urbano existen alcantarillas en funcionamiento y que se pueden utilizar, a continuación se indica la situación actual del sistema de drenaje y los puntos donde se necesita la construcción de nuevas obras.

En el tramo salida a pasto, recientemente se construyeron los sumideros que corresponden al

proyecto “Colector Final de Aguas Lluvias”, el cual llega hasta la abscisa k0+485, los sumideros que ya se construyeron están ubicados en las abscisas k0+00, en k0+250, en k0+130, en k0+440; en k0+035 existe una rejilla metálica a lo largo de la intersección con el tramo peatonal de la calle 4ª, en k0+200 también existe una rejilla metálica a lo largo de la intersección con el tramo peatonal de la calle 2ª, en k0+335 existen una rejilla metálica y un sumidero.

De la abscisa k0+485 las condiciones del drenaje son las siguientes: Hay alcantarillas en buen estado en las abscisas k0+485, k0+615, k0+803, construidas en tubería de concreto de diámetro 24”, estas necesitarían solamente limpieza; se completaría el sistema de drenaje construyendo una alcantarilla en la abscisa k0+970 y reparando la de la abscisa k0+695; en estas condiciones se tendría como la mayor distancia que separa a dos alcantarillas la de 167 m., entre la abscisa k0+803 y la k0+970.

En el tramo de la salida a San Bernardo se presenta la siguiente situación: se encuentran funcionando en buen estado los box-colvert de las abscisas k0+130 y k0+360, también funcionan adecuadamente las alcantarillas de las abscisas k0+055, k0+669, k0+775, k0+992 , k1+112, estas son de diámetro 24”; construyendo tres alcantarillas en k0+290, k0+540 y en k0+885, de 24” se adecua el drenaje aceptablemente. La situación mas crítica estaría entre la alcantarilla k0+540 y el box-colvert de k0+360, pues la longitud que los separa es 180 m., pero la sección del box-colvert y la pendiente longitudinal favorecen el escurrimiento y evacuación de las aguas que lleguen a la vía.

En el tramo Salida a la vereda Cebadero existen alcantarillas en buen estado en las abscisas k0+085 k0+316, k0+460, k0+525, k0+356; Para adecuar el drenaje en este tramo se hace necesario construir dos sumideros en k0+010 y una alcantarilla en k0+210, ya que la existente se encuentra deteriorada y tapada, el agua atraviesa la vía dañando la superficie de rodadura.

En la calle el Zarzo existe una alcantarilla en k0+373 en buenas condiciones, se necesita construir sumideros en las abscisas k0+00 k0+090, k0+175, k0+275, k0+432.

9.4 Cálculo hidráulico.

Para calcular el área hidráulica de alcantarillas se utiliza la fórmula de Talbot, cuya expresión es como sigue:

$$a = 0,183 * C * A^{0.75}$$

a : Área hidráulica necesaria en la obra en m².

A : Área hidráulica de la cuenca por drenar en Ha.

C : Coeficiente que varía de acuerdo a las características del terreno.

La longitud más crítica que se tiene entre dos alcantarillas es la de 167 m. entre las abscisas k0+803 y k0+970 del tramo salida a Pasto, asumiendo que se capten las aguas de un área

167x180 m², (3 hectáreas) y tomando como valor de C = 0,65 por cuanto la zona aledaña a la vía se caracteriza por ser de terrenos bastante quebrados y en su mayoría dedicados a cultivo de pastos, café que absorben buena cantidad del agua; los cálculos resultan como sigue.

$$a = 0,183 * .65 * 3^{0.75}$$

$$a = 0.271 \text{ m}^2.$$

El tubo de 24" proporciona un área disponible de 0.29 m², que son suficientes para las necesidades que se presentan. En las alcantarillas a construir se recomienda utilizar este diámetro, los detalles de construcción para alcantarillas se indican en el plano 13.

10. PRESUPUESTO

La realización del presupuesto es una parte esencial para la evaluación de un proyecto y posterior aprobación y viabilización con fin de adquirir los recursos para la financiación de la obra, dado que en un presupuesto se incluyen datos como los de las cantidades de obra a ejecutar y el precio que se ha de pagar por estas, los reajustes e imprevistos, interventoría, el A.U.I.; datos que influyen en la ejecución de la obra y que son la base en torno a la cual se desarrolla el trabajo del interventor, para que la obra se ejecute como se proyecta, o se autorice modificaciones.

10.1 DETERMINACIÓN DE CANTIDADES DE OBRA

En la determinación de cantidades de obra intervienen

Longitud total del proyecto:

| | |
|-------------------------------------|---------------|
| - Salida a Pasto (carrera 4) | = 997,93 m. |
| - Salida a San Bernardo (carrera 2) | = 1.245,84 m. |
| - Salida a Vda. Cebadero(carrera 3) | = 540,00 m. |
| - Calle el Zarzo (carrera 1) | = 443,97 m. |
| Longitud total | = 3.227,74 m. |

Area superficial:

| | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| - Salida a Pasto (carrera 4) | = 6.586,44 m ² . |
| - Salida a San Bernardo (carrera 2) | = 8.133,23 m ² . |
| - Salida a Vda. Cebadero(carrera 3) | = 3.198,59 m ² . |
| - Calle el Zarzo (carrera 1) | = 2.565,13 m ² . |
| - Area total | = 20.483,40 m ² . |

Volúmenes de excavación:

| | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| - Salida a Pasto (carrera 4) | = 1.633,27 m ³ . |
| - Salida a San Bernardo (carrera 2) | = 2.222,90 m ³ . |
| - Salida a Vda. Cebadero(carrera 3) | = 905,34 m ³ . |
| - Calle el Zarzo (carrera 1) | = 811,75 m ³ . |
| Volumen total | = 5.573,31 m ³ . |

Volúmenes de Terraplén:

| | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| - Salida a Pasto (carrera 4) | = 58,70 m ³ . |
| - Salida a San Bernardo (carrera 2) | = 34,04 m ³ . |
| - Salida a Vda. Cebadero(carrera 3) | = 27,10 m ³ . |
| - Calle el Zarzo (carrera 1) | = 24,45 m ³ . |
| Volumen total | = 144,30 m ³ . |

Longitud total de Sardinel integrado a la placa:

- Salida a Pasto (carrera 4) = 1.966,86 m.
- Salida a San Bernardo (carrera 2) = 2.491,68 m.
- Salida a Vda. Cebadero(carrera 3) = 1.080,00 m.
- Calle el Zarzo (carrera 1) = 855,44 m.
- Longitud total de sardineles = 6.393,98 m.

Acero de refuerzo para sardineles:

Se construirán sardineles de base mayor 15 cm, base menor 10 cm. y altura 20 cm., el refuerzo constará del 3 varillas longitudinales de diámetro 3/8" y flejes de diámetro 1/4" cada 45 cm.

$$\begin{aligned} \text{hierro de } 3/8'' &= 3 * 1 * 0,56\text{kg/m} = 1,68 \text{ kg/m} \\ \text{hierro de } 1/4'' &= (1/0,45) * 0,7 * 0,25\text{kg/m} = 0,39 \text{ kg/m} \\ \text{cantidad total de hierro para sardineles en kg/m} &= 2,07\text{kg/m.} \end{aligned}$$

Acero para juntas longitudinales:

Junta longitudinal acero corrugado $d = 1/2''$ $L = 0,85$ m., colocado cada 1,2 m.

Longitud total de junta = 3.227,74 m.

número total de pasadores = $(1 + 3.227,74/1,2) = 2.691$

Longitud = $2.691 * 0,85 = 2.287$ m.

en una varilla de 6m. se utilizan $0,85 * 7 = 5,95$ m., desperdiciándose el 0,83%

Longitud total de acero = $2.287 * 1.0083 = 2.307$ m.

Sumideros

Construcción

Salida a Pasto

- Salida a Vda. Cebadero 2
- Calle el Zarzo 10
- Total de sumideros 12

Alcantarillas

Arreglo

Construcción

- Salida a Pasto 1 1
- Salida a San Bernardo - 3
- Salida a Vereda Cebadero - 1
- Total de Alcantarillas 1 5

Cámaras inspección

Arreglo

- Salida a Pasto 14
- Salida a San Bernardo 4
- Salida a Vereda Cebadero 5
- Calle el Zarzo 13
- Total de Cámaras inspección 36

Este dato se logra con base posibles alcantarillas que se pueden ver afectadas.

Excavación a mano:

en este se incluyen los volúmenes de excavación de obras complementarias como alcantarillas, sumideros y la excavación que se necesita para realizar las reparaciones en posibles daños de acometidas domiciliarias de acueducto y alcantarillado. Según información de los fontaneros, se asumió que se puede necesitar aproximadamente la reparación de 15 acometidas de acueducto y 8 acometidas de alcantarillado.

Alcantarillas $15,5 \text{ m}^3 * 5 = 77,5 \text{ m}^3$

Sumideros $4,7 * 12 = 56,0 \text{ m}^3$

Acometidas domiciliarias acueducto $1,8 * 15 = 27 \text{ m}^3$

Acometidas domic. alcantarillado $3,64 * 8 = 29,12$

Volumen total de excavación a mano = $189,62 \text{ m}^3$.

Demolición de andenes:

- Salida al Cebadero:

ubicación: k0+045 (0.98 m^3), k0+090 (0.20 m^3), k0+130 (0.90 m^3), k0+160 (0.17 m^3), k0+420 (0.94 m^3); para un total de 3.19 m^3 .

- Calle el Zarzo:

ubicación: k0+035 (0.4 m^3), k0+193 (0.5 m^3), k0+410 (0.54 m^3); para un total de 1.80 m^3 .

Total demolición andenes en el proyecto 4.99 m^3 .

Después de la determinación de las cantidades de obra, se puede realizar el presupuesto, Para la realización de éste dispone de un programa de computador que facilita el manejo del presupuesto en general. La esencia del programa está en que a partir de los productos primarios (materiales, equipo, mano de obra), se conforman subproductos; los subproductos utilizan varios productos primarios u otro subproducto para obtener un nuevo producto mediante algún proceso de elaboración, (se pueden analizar como subproductos el concreto, la mampostería, las cuadrillas de trabajo). Una vez conformados los subproductos se puede entrar a analizar los ítems que se deben organizar, un ítem puede agrupar uno o varios subproductos o productos primarios, estos son ya un producto final y la agrupación de ítems forma los capítulos, así el capítulo movimiento de tierras lo pueden conformar los ítems: excavación a máquina, excavación a mano, retiro de sobrantes. etc.

los resultados de análisis del presupuesto se presentan a continuación.

11. FICHAS BANCO NACIONAL DE PROYECTOS Y ESTADISTICAS BASICAS DE INVERSION

El Banco Nacional de Proyectos, según programa del Departamento Nacional de Planeación ha desarrollado una metodología de identificación, preparación y evaluación de proyectos que compitan por fondos del Presupuesto General de la Nación y que no tengan una metodología específica de evaluación.

La identificación, preparación, y evaluación de dichos proyectos debe presentarse junto con el diligenciamiento de la ficha de Estadísticas Básicas de inversión.

El objetivo central de todo proyecto de inversión pública es solucionar un problema o necesidad en una población determinada. A través de las fichas del banco nacional de proyectos, planeación nacional pretende establecer las condiciones para que dicha solución sea óptima y con ello garantizar una adecuada asignación de recursos del Presupuesto general de la Nación.

La asignación de inversión del presupuesto general de la nación se realiza a dos tipos de proyectos:

Los “Proyectos tipo a” son aquellos que están relacionados con la producción de bienes y servicios a través de un proceso de producción establecido. En ellos no existe divisibilidad dentro del proceso de inversión. Esto implica que una vez tomada la decisión de inversión se deben realizar todas las obras previstas para que luego de ello se inicie la generación de beneficios. Se incluyen dentro de este grupo proyectos de infraestructura, de producción de servicios básicos, etc.

Los “Proyectos tipo b” están relacionados con acciones puntuales para la solución de un problema o necesidad. En ellos, cada fracción de la inversión realizada genera beneficios. La posibilidad de variar inversiones generando variación en los beneficios hace flexible la asignación de presupuesto en cada proyecto. Se incluyen dentro de este grupo los proyectos de asistencia técnica, conservación y recuperación ambiental, capacitación, investigación, etc.

La característica principal de los proyectos tipo a es que únicamente luego de finalizar el proceso de inversión se empiezan a generar los beneficios del proyecto, o sea que no existe divisibilidad dentro del proceso de inversión. Esto implica que al tomar la decisión de llevar a cabo el proyecto, es necesario desarrollar todas las actividades previstas, ya que realizar solo una parte de ellas implica que no genere los beneficios planteados por el proyecto. Por lo tanto se incurre en un desperdicio de los recursos utilizados, presentando un gran costo para el País. Un proyecto inconcluso no genera beneficios, el retraso de las obras a su vez genera retraso en la obtención de los beneficios y una disminución sustancial de la rentabilidad de los proyectos.

Los proyectos tipo a se caracterizan, a su vez, por tener definidos la vida útil, el período de inversión y el período de operación del proyecto. La inversión se realiza en un periodo de tiempo determinado de antemano y generalmente concluye con una obra física. El período siguiente consiste en la operación del proyecto, en el cual se inicia la obtención de los beneficios, objeto del mismo proyecto. La operación del proyecto está asociada con costos anuales que permiten su funcionamiento. En algunos casos el período de inversión puede coincidir con la operación del proyecto.

La vida útil del proyecto se define como el período durante el cual se obtienen los beneficios, y depende del funcionamiento del proyecto y de la forma como se administre. Para un adecuado funcionamiento del proyecto se debe tener en cuenta que siempre es necesario destinar recursos en operación y mantenimiento.

Por las características de los proyectos en estudio, tanto el relleno sanitario como el de pavimentación se encuentran dentro del grupo de tipo a, por lo tanto, para ambos se seguirá la metodología de este tipo de proyectos.

Los formatos suministrados por planeación, para este tipo de proyectos se dividen en tres grupos:

Formatos de identificación del proyecto. En los cuales se suministra información sobre aspectos generales, estos formatos se identifican con las letras ID a la cual se le antepone un número, con el fin de conocer el número del formato y el grupo al que pertenece (ID-##).

Formatos de preparación y evaluación. Este grupo de formatos contiene información sobre los beneficios del proyecto, costos de inversión, operación y mantenimiento, impacto ambiental; este grupo de formatos se identifican en forma semejante al anterior (PE-##).

Formatos de financiamiento y sostenibilidad del proyecto. En estos se describe y valora globalmente las fuentes de financiamiento definidas para la solución de la necesidad. se identifican igual que los anteriores, mediante letras y números (FS-##).

Junto a los grupos de formatos anteriores, debe también diligenciar la ficha de estadísticas básicas de inversión; estas contienen un resumen de la información consignada en los formatos del Departamento Nacional de Planeación. Esta ficha contiene información que debe diligenciar la entidad evaluadora del proyecto.

Los formatos diligenciados se indican a continuación.

12. DETERMINACION DE PARAMETROS BASICOS

En un proyecto para la solución y prestación de un servicio indispensable como el de aseo, es necesario conocer la demanda del servicio, para este fin se ha de determinar la población que se va a servir y la cantidad de desechos que esta produce en términos de desechos en peso por habitante y por día. El evaluar la demanda del servicio permite determinar las necesidades en: equipo, personal, establecimiento de rutas de recolección y capacidad del sistema de disposición final; necesidades estas que se han de solventar para un óptimo servicio de aseo.

Antes de iniciar el proceso de diseño es necesario clasificar el proyecto dentro del nivel de complejidad del sistema, el cual rige para cada uno de los componentes del proyecto, éste depende de el tamaño de la población (proyectada al periodo de diseño = 9328), de la capacidad económica de los usuarios y el grado de exigencia técnica para adelantar el proyecto; adoptando por nivel de complejidad el que resulte mayor entre la clasificación obtenida por la población urbana y la capacidad económica¹. Para el presente proyecto tenemos:

Por población en la zona urbana comprendida entre 2501 y 12500, tenemos un nivel de complejidad medio.

Por capacidad económica de los usuarios tenemos un nivel de complejidad medio debido a: no se tiene un estudio estratigráfico, el salario promedio del municipio e ingreso personal promedio del municipio, son bajos, por cuanto la mayoría de sus habitantes derivan su sustento en el jornal por labores de agricultura y no alcanzan a completar el salario mínimo mensual; y en un bajo porcentaje de la población, que corresponde a: funcionarios públicos, comerciantes, terratenientes, llegan a tener ingresos superiores a cuatro salarios mínimos.

Para el proyecto corresponde un nivel de complejidad medio bajo, por lo expuesto anteriormente.

12.1 POBLACION

En la primera parte del trabajo de grado se realizó la proyección de la población con base en los datos censales del DANE, se aplicó el método de proyección geométrica y se obtuvo una rata de crecimiento de 0,038; con ésta se realizó la proyección y se obtuvo los datos consignados en el cuadro 4.

12.2 SELECCION DE LA MUESTRA

¹ MINISTERIO DE DESARROLLO Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico. Bogotá Noviembre de 2000. Título F Sistema de aseo urbano Pág. A9

12.2.1 Problema. El primer problema que se enfrenta cuando se pretende brindar una solución al manejo de las basuras, es determinar la cantidad de desechos que produce la población; dado que no es fácil disponer del equipo ni de los recursos para realizar un conteo directo de los desechos producidos, se plantea una metodología por muestreo probabilístico que se espera tenga una aproximación aceptable y proporcione una solución al problema. Para aplicar métodos de probabilidad y estadística se establece la siguiente relación:

$R = Y / X$, Donde:

Y es la cantidad total de basura producida en un día por una población X.

X es el número de personas que en un día producen Y cantidad de basura.

La relación R se puede estimar mediante una muestra del total de la población en la cual se miden las cantidades Y_i de basura que produzcan X_i personas en determinada cantidad de tiempo. Los X_i e Y_i se medirán en cada una de las unidades de muestreo escogidas, esta selección está sometida al azar, en consecuencia también lo estarán X_i , Y_i y R lo que permite aplicar métodos de probabilidad y estadística a la medida encontrada.

12.2.2 Metodología. Esta se basa en la valoración de R mediante un muestreo simple aleatorio que se realiza en los días críticos de la semana; una vez hecha la valoración se construye un intervalo confidencial que contenga la medida real con una probabilidad del 95%, permitiendo la aceptación o rechazo. En caso de rechazo se debe aumentar el tamaño de la muestra tomada, o mejorar los métodos de medición.

12.2.3 Población bajo muestreo. El total de la población a la que se ha de prestar el servicio es el conjunto del cual se toma la muestra. Para nuestro caso, de la población a servir el sector más representativo es el residencial y del cual se selecciona las unidades de muestreo. Las unidades de muestreo deben cubrir la totalidad de la población y no se deben sobreponer, en el sentido de que todo elemento de la población debe pertenecer a una y solo una unidad. Para el estudio realizado se toma como unidad de muestreo las personas que residen en una vivienda.

12.2.4 Tamaño de la muestra. El tamaño indica cuantas unidades (n) se seleccionarán de la población. Por el hecho de tomar solo parte de la población los resultados de los muestreos están sujetos a incertidumbre, esta se puede reducir pero desafortunadamente se requiere de tiempo y una buena capacidad económica; según experiencias en trabajos similares se ha determinado que un tamaño aceptable de la muestra se considera entre el 3% y 5% del total de la población. Para el proyecto que se está realizando se tomó el 5%, para tener un margen de seguridad.

Según el DANE en San José de albán el número de viviendas para 1973 fue de 240, para 1985 de 330 Y para 1993 se tiene un total de 453 viviendas en la zona urbana (ver Cuadro 12.), con estos datos se determinó un promedio de habitantes por vivienda de 6.55, utilizando este dato se obtiene para 2003 aproximadamente $5482/6,55 = 837$ viviendas.

Aplicando el 5% al número de viviendas estimado se fijó el tamaño de la muestra:

número de viviendas a encuestar $n = 837 * 0,05 = 41,85$
 $n \cong 42$ viviendas.

Para ofrecer mayor rango de seguridad se toma $n = 50$ viviendas.

Cuadro 12. Número de habitantes por vivienda

| Año | Numero de hab. Zona urbana | Numero de viviendas | Numero de hab. Por vivienda |
|------------|---------------------------------------|--------------------------------|--|
| 1973 | 1351 | 240 | 5.63 |
| 1985 | 1881 | 330 | 5.70 |
| 1993 | 3776 | 453 | 8.33 |

Fuente : Departamento Nacional de estadísticas. DANE.

12.2.5 Selección de la muestra. En la población de Albán no se presenta una marcada diferencia de capacidad económica de clases y estratos sociales, por esto la muestra se distribuirá en todo el casco urbano sin discriminación. El muestreo simple aleatorio es un método de selección de unidades tomadas de un total, de tal forma que cada una de las muestras posibles tengan la misma oportunidad de ser escogidas.

Con ayuda de las cartas catastrales se seleccionaron las viviendas a encuestar mediante muestreo sistemático, para ello se numeraron las viviendas de las cartas catastrales, resultando un total de 453, para determinar el intervalo de variación (K) se utiliza la siguiente expresión:

$K = N/n$ donde:

$N =$ Número total de viviendas registradas = 437

$n =$ Tamaño de la muestra = 50

$K = 437 / 50 = 8,7$

$K = 9$

De las primeras 9 viviendas se toma al azar la vivienda No. 6 según el orden catastral y que corresponde a la primera unidad a encuestar, las siguientes a encuestar serán la 15, 24, 33, 42, 437, los datos de las unidades muestrales seleccionadas se indican en el cuadro 13.

12.2.6 Análisis de datos. Después de calculado el tamaño de la muestra y seleccionadas las unidades de muestreo es necesario determinar la información a obtener en cada una de ellas, dentro de los que tiene mayor importancia el número de personas que habitan y la basura que producen.

La toma de muestras en cada una de las viviendas se realizó distribuyendo bolsas plásticas para que se almacene los desechos de cuatro días, para posteriormente recogerlos y pesarlos; junto con este trabajo se ejecutó una encuesta a los moradores de las viviendas, cuyo formato se presenta en el Anexo G.

Con los datos encontrados se calcula r:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{\sum_{i=1}^n X_i}$$

$$r = 437.17 / 351 = 1,2455$$

Para medir la bondad de la estimación de r es necesario calcular su varianza, una medida de dispersión de los datos al rededor de su promedio y calcular también el error estándar estimado (E.E.). La varianza se expresa mediante la siguiente fórmula.

$$V(r) = \frac{1-f}{n * \bar{x}^2} * \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - r * X_i)^2}{n-1}, \text{ donde:}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad f = n / N$$

reemplazando valores tenemos:

$$f = 50 / 453 = 0.11$$

$$\bar{X} = 351 / 50 = 7,02 \text{ Hab./vivienda}$$

La manera más rápida para calcular V(r) en un procesador matemático es:

$$V(r) = \frac{1-f}{n * \bar{x}^2} * \frac{\sum_{i=1}^n Y_i^2 - 2r \sum_{y=1}^n Y_i X_i + r^2 \sum_{i=1}^n X_i^2}{n-1}$$

De el cuadro 13. Se tienen los siguientes datos:

$$\text{sumatoria de } Y_i^2 = 3988.76$$

$$\text{sumatoria de } X_i^2 = 2725.00$$

$$\text{sumatoria de } Y_i * X_i = 3249.07$$

$$V(r) = \frac{1-0,11}{50 * 7,02^2} * \frac{3988.86 - 2 * 1,25 * 3249.07 + 1,25^2 * 3 * 2725.0}{50 - 1}$$

$$V(r) = 0,00090$$

El error estándar se calcula mediante la expresión:

$$E.E.(r) = \sqrt{V(r)}$$

$$E.E.(r) = (0,0009)^{1/2} = 0,03005$$

Con los valores obtenidos se construye un intervalo confidencial que garantice una verdadera medida con una probabilidad del 95%. De las anteriores fórmulas y con los datos de el cuadro 13 (producción de basuras por vivienda), se realiza los siguientes cálculos:

12.2.6.1 Construcción del intervalo confidencial. Con los valores obtenidos de r , $V(r)$, $E.E.(r)$, se construye un intervalo confidencial en el cual se puede afirmar que con una probabilidad del 95%, la verdadera medida de R esté dentro del intervalo construido. La expresión para calcular el intervalo será:

$$r \pm 1,96 * E.E.(r)$$

$$\text{Límite Inferior} = 1,2455 - 1,96 * 0,03005 = 1,1866 = 1.19$$

$$\text{Límite Superior} = 1,2455 + 1,96 * 0,03005 = 1,304 = 1.30$$

12.2.6.2 Aceptación o rechazo de la investigación. El error permitido, para no ocasionar problemas en el servicio y manejo de desechos es del orden de $\pm 5\%$ el valor de r . Se puede entonces, construir otro intervalo mediante el cual se juzgará la aceptación o rechazo de r ; el intervalo esta comprendido por:

$$r \pm 0,05 * r$$

Para el proyecto en cuestión tenemos:

$$\text{Límite Inferior} = 1,2455 - 0,05 * 1,25 = 1,1832 = 1.18$$

$$\text{Límite Superior} = 1,2455 + 0,05 * 1,25 = 1,3078 = 1.31$$

Superponiendo las gráficas, se observa que los límites del intervalo confidencial están dentro de los límites del intervalo de aceptación o rechazo, lo anterior indica que el tamaño de la muestra tomada se considera representativa, una representación gráfica se indica en la Figura 9.

13. INFORMACION TECNICA DEL SERVICIO DE ASEO ACTUAL

13.1 ENTIDAD QUE PRESTA EL SERVICIO DE ASEO

La entidad encargada de prestar el servicio de aseo urbano es el municipio de Albán por medio de la secretaría de obras públicas, esta a su vez depende directamente del alcalde. El secretario de obras es el directo encargado de la supervisión del proceso de recolección de basuras.

No existe una organización técnica ni financiera, que se encargue de la prestación del servicio de aseo. Los recursos para el servicio de aseo provienen de aportes municipales, tal como ocurrió para la consecución de la volqueta que actualmente presta el servicio de recolección lo cual se logró mediante un crédito.

13.2 ASPECTOS GENERALES DE LOS DESECHO SOLIDOS

13.2.1 Composición física y química de los desechos. Para el mejor conocimiento de las características de los desechos que produce una población, se analiza su composición física y química, ambos aspectos cambian de una población a otra; pues el tipo de desechos producidos depende de factores como el económico, social, climático, niveles de desarrollo, etc. Estos parámetros son determinantes en la elección del sistema de disposición final.

Los residuos sobre los cuales se realizó los ensayos para determinar su composición física y química proceden del sector residencial, pues estos residuos representan la mayoría dentro de los sectores de producción (83,77%), cuadro 21.

13.2.1.1 Composición física de los desechos. Existe gran variedad de materiales que se pueden encontrar dentro de los desechos, sin embargo, los componentes se pueden agrupar en categorías de cierta homogeneidad. Comúnmente se tienen los siguientes grupos de materiales: material combustible (plásticos, cartón, Papel, textiles), material fermentable (material orgánico), material inerte (metales, vidrio, huesos); esta clasificación ofrece su importancia en la solución final al problema de los desechos.

La clasificación física de los desechos sólidos se realizó a partir de los desechos recolectados durante el período de muestreo. Se pesó los desechos en análisis, luego, de la muestra se seleccionó: el plástico, cartón, papel, vidrio, latas, huesos, y textiles; la cantidad de desechos orgánicos se estableció de la diferencia entre el peso total de la basura bajo muestreo y los pesos parciales de los subproductos. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 14.

De los resultados mostrados se aprecia que la mayoría son materia orgánica, confirmando el predominio de desechos de tipo residencial.

Cuadro 14. Composición física de los desechos sólidos

| Composición | Peso Kg | Peso % |
|--------------------|--------------------|-------------------|
| Materia orgánica | 402.41 | 92,05 |
| Papel y cartón | 12.07 | 2,76 |
| Plásticos y Caucho | 11.77 | 2,69 |
| Textiles | 2.40 | 0,55 |
| Vidrio | 5.77 | 1,32 |
| Metales | 1.61 | 0,37 |
| Huesos | 1.14 | 0,26 |
| Total | 437,17 | 100 |

13.2.1.2 Composición química de los desechos. Es indispensable conocer la composición química de los residuos cuando se pretende determinar el sistema de disposición final a que se han de someter, pues estos parámetros definen si los residuos sólidos son incinerables o poseen buenas cualidades para un proceso de compostación. Por ser los recomendados y que se pueden evaluar con técnicas disponibles en nuestra región, los parámetros que se determinan son: Materia orgánica, Nitrógeno, Carbono, Humedad, PH, Cenizas.

Los ensayos para determinar la composición química fueron realizados por la sección de laboratorios y equipos, en el laboratorio de Química de la Universidad de Nariño, sobre una muestra representativa obtenida por cuarteo, los resultados se consignan en el cuadro 15.

Cuadro 15. Análisis químico

Análisis Bromatológico : M.O., N, C, Humedad, PH, Cenizas.
Muestra : Residuos sólidos origen residencial.
Procedencia : San José de Albán Nariño.

| Parámetro | Contenido |
|------------------|------------------|
| PH | 5,79 |
| Materia orgánica | 40,1% |
| Nitrógeno | 1,47% |
| Carbono | 25,5% |
| Humedad | 76,6% |
| Cenizas | 29,7% |

13.2.2 Producción y procedencia de los desechos. Dentro de una clasificación general, los desechos pueden tener una procedencia rural, minera, o municipal; el proyecto en cuestión beneficiará directamente a la zona urbana del municipio de Albán, por tal razón los desechos se califican como de orden municipal.

Para el proyecto es importante determinar la producción y clasificar de una manera más específica la procedencia de los desechos, para desarrollar esta labor se discrimina la producción o puntos de producción así: residencial, institucional, Plaza de mercado, barrido de calles; determinando en cada uno de ellos la producción en kg / día. En la zona urbana del municipio de Albán se tiene una producción total de 2035.11 kg/día (Cuadro 21.).

13.2.2.1 Producción residencial. La producción de residuos residenciales se determina como la cantidad de desechos producidos por los habitantes de las viviendas incluidas en la muestra, en un periodo de tiempo que se considera como crítico y comprende los días viernes, sábado, domingo y lunes; esto por la permanencia de las personas en las residencias durante el fin de semana. Las características de estos desechos dependen de los hábitos de la gente, siendo un factor determinante en el nivel socioeconómico de los usuarios. La producción residencial es de 1704.9 kg/día la producción per-cápita es de 0,311 kg/Hab-día (Cuadro 16.).

Cuadro 16. Producción de desechos sólidos residenciales

| Número de viviendas | | Número habitantes | | Producción | | |
|---------------------|-------|-------------------|-------|--------------|----------------|-----------------|
| Muestra | Total | Muestra | Total | 4 días kg | Ppcr kg/h/d | total kg/día |
| 50 | 780 | 351 | 5482 | 437.17 | 0,311 | 1704.9 |

$$\text{Producción per cápita residencial} = 437.17 / 351 / 4 = 0,311 \text{ kg / h / d}$$

13.2.2.2 Producción institucional. Para cuantificar los desechos producidos por este concepto se incluyen las instituciones del municipio de Albán que son más frecuentadas, dentro de estas se incluye: colegios, alcaldía municipal, también se incluyen juzgado, registraduría y telecom, que se ubican en la misma edificación. La producción de desechos institucionales es de 35,37 kg/día, (Cuadro 17.), con una densidad de 241,88 kg/m³.

13.2.2.3 Producción en plaza de mercado. Se evaluó la cantidad de desechos producidos en la plaza de mercado a partir de la densidad y volumen de los residuos que se acumulan el día sábado, este es el único día de mercado y los desechos son evacuados el mismo día en horas de la tarde; se estimó una producción de 151,71 kg / día (ver Cuadro18.).

13.2.2.4 Producción por barrido de calles. Esta labor no se realiza por parte del municipio, pues el sistema de aseo no tiene una organización que permita ofrecer este servicio, sin embargo el barrido de calles se lleva a cabo por algunas amas de casa como complemento del aseo de sus viviendas, esfuerzo este que se ve afectado debido a que si no se barre toda la calle o zona, por diversos factores la basura sin recoger se dispersa fácilmente. Por esto se considera entonces que el servicio debe ser prestado por el municipio para evitar zonas sin barrer.

Cuadro 17. Producción de desechos sólidos institucionales

| Institución | Producción | |
|----------------------------------|--------------|------------|
| | kg/día | % |
| Alcaldía | 1,86 | 5,26 |
| Colegio Politécnico Juan Bolaños | 7,72 | 21,82 |
| Colegio Nacional Juan Ignacio O. | 9,31 | 26,32 |
| Escuela Guillermo Vizuette E. | 8,95 | 25,30 |
| Juzgado Registraduría y Telecom | 4,01 | 11,34 |
| Policía Nacional | 3,52 | 9,95 |
| Total | 35,37 | 100 |

Cuadro 18. Producción de desechos plaza de mercado

| Muestra No. | Densidad Kg/m ³ | Volumen m ³ | Producción kg | |
|-------------|----------------------------|------------------------|---------------|--------|
| | | | Semanal | Diaria |
| 1 | 298 | 3,58 | 1066,84 | 152,40 |
| 2 | 276 | 3,83 | 1057,08 | 151,01 |
| Promedio | 287 | 3,7 | 1061,96 | 151,71 |

Para incluir las basuras del barrido de calles en el diseño del sistema disposición final de los residuos, fue necesario determinar la producción de estos, la cuantificación se realizó mediante pruebas de barrido con obreros, arrojando los siguientes datos: producción de residuos 143.13 Kg/día, (Cuadro 20) y densidad promedio de 391,98 Kg/m³, (Cuadro 19), de manera semejante se obtuvieron los rendimientos en barrido, estos se indican en el cuadro 20.

13.2.2.5 Producción total de desechos sólidos. Con base en los muestreos realizados (datos consignados en el Cuadro 13) y los datos de producción de basura de otros sectores diferentes al residencial, se determinó que en la actualidad se están produciendo un total de 2.035 ton/día, el incremento anual en relación con las proyecciones demográfica y variables de generación de desechos per cápita, se estimará del orden del 1,5% anual de acuerdo al estándar nacional. La producción actual de desechos sólidos por sectores se indica en el Cuadro 21.

13.2.3 Producción per cápita. Después de evaluada la producción total de desechos (Cuadro 21.), y la población (Cuadro 4., de la primera parte); se calcula la producción per cápita total para el año de 2003, mediante la expresión:

$$PPCT = \text{Producción total/No. de habitantes (kg/hab-día)}$$

$$PPCT = 2035.11/5482 = 0.371 \text{ kg/hab-día}$$

Los resultados para los demás años se muestran en el Cuadro 22.

Cuadro 21. Producción total de desechos sólidos

| Procedencia | Producción | |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| | kg/día | Porcentaje |
| Residencial | 1704.9 | 83.77 |
| Plaza de mercado | 151.71 | 7.45 |
| Barrido de calles | 143.13 | 7.03 |
| Institucional | 35.37 | 1.74 |
| Total | 2035.11 | 100 |

13.2.4 Proyección de la producción de desechos. Para poblaciones pequeñas es difícil adquirir información sobre las variaciones en la producción per cápita de desechos en años anteriores, pues las autoridades no llevan un control de la cantidad de desechos que movilizan los obreros. Para realizar la proyección de la producción se toma como incremento de producción anual el valor estándar nacional de 1,5%¹.

Al proyectar la producción de residuos sólidos se toma en cuenta la proyección de la población y la estimación de la producción per cápita total. Para proyectar la producción de desechos generados en sectores como el residencial, mercado, barrido de calles, e institucional, se calculan con los porcentajes obtenidos para 2003, consignados en el Cuadro 21. Los datos de las proyecciones se indican en el Cuadro 22.

13.3 MANEJO Y ALMACENAMIENTO DOMESTICO

Uno de los primeros puntos de acumulación y mezcla de los diferentes tipos de desechos es en el almacenamiento domiciliario, las condiciones en que se almacena inicialmente los desechos sólidos están resumidas en el Cuadro 23, que contiene los datos obtenidos de las viviendas que conforman la población muestral .

Condiciones ambientales como la temperatura y el hecho de que la mayoría de los residuos son del tipo orgánico 40,1% (Cuadro 15), conllevan a una rápida descomposición produciendo olores desagradables y conformando un medio adecuado para el desarrollo de insectos y otros animales transmisores de enfermedades.

En este primer ciclo de la basura, se hace necesario por lo tanto un manejo adecuado, mediante recipientes de almacenamiento que mantenga los residuos sin provocar malestar a las personas que los producen, hasta tanto llega el momento de su evacuación mediante el servicio de aseo.

¹ Diseño de Relleno Sanitario San Juan de Pasto, Volúmenes I y II. Pasto. Julio de 1989. Pág.45

Cuadro 23. Almacenamiento de residuos domiciliarios

| Recipiente | Características del recipiente | | | | | | | | Total |
|-------------------|--------------------------------|------|------|------|-------|--------|------|------|-------|
| | Material | | | | | Estado | | | |
| | B.P. | R.P. | R.M. | R.C. | C ó E | B | R | M | |
| Cantidad | 10 | 15 | 4 | 3 | 18 | 15 | 24 | 11 | 50 |
| Porcentaje | 20.0 | 30.0 | 8.0 | 6.0 | 35 | 30.0 | 48.0 | 22.0 | 100 |

Bolsa plástica :B.P. Costal o Estopa : C ó E
 Recipiente plástico :R.P. Bueno : B
 Recipiente metálico :R.M. Regular : R
 Recipiente de cartón :R.C. Malo : M

Según los datos de el Cuadro 23, el 36,00% de las viviendas entrevistadas almacenan los residuos en costal de fique o estopa plástica, el 30,00% lo hace en recipiente plástico, en algunos casos se encontró residuos almacenados en recipientes metálicos y en otros casos en cajas de cartón.

En referencia al estado de los recipientes se encontró que un 30% tenían buen estado, un 48.0% estaban en regular estado y recipientes en mal estado el 22.0%.

Una de las características fundamentales de las de las viviendas de las poblaciones pequeñas, es que poseen grandes patios y en ocasiones también tienen huertas; el patio es el sitio que más se utiliza para ubicar el recipiente de almacenamiento de la basura, en ocasiones cuando no pasa el vehículo recolector la basura es arrojada a los huertos. En pocas oportunidades se encuentra que el recipiente para desechos se ubica en la cocina.

La densidad de los desechos residenciales se determinó mediante la relación peso a volumen, para esto se utilizó dos recipientes de volumen conocido; el peso de la muestra se calculó como la diferencia de peso de recipiente con muestra y peso de recipiente vacío; se realizaron varias medidas y se tomó de ellas un promedio. Los datos se consignan en el Cuadro 24.

Cuadro 24. Densidad de desechos residenciales

| Prueba No. | Peso (kg) | Volumen (m3) | Densidad (kg/m3) |
|-----------------|-----------|--------------|------------------|
| 1 | 9,80 | 0,04 | 245 |
| 2 | 5,10 | 0,02 | 255 |
| 3 | 12,7 | 0,05 | 254 |
| 4 | 5,7 | 0,02 | 285 |
| Promedio | | | 260 |

13.4 SISTEMA ACTUAL DE RECOLECCION DE DESECHOS DOMICILIARIOS

13.4.1 Organización. El sistema de aseo depende directamente de la alcaldía; Por no existir un sistema que permita recaudar fondos y establecer una oficina que se responsabilice de la organización financiera y técnica del sistema de aseo, las condiciones en que este se presta en la actualidad no satisface completamente las necesidades de la población.

13.4.2 Cobertura. El servicio de recolección que actualmente se presta, tiene una cobertura del 83.46%, con la ejecución del diseño que se adelanta, se pretende lograr una cobertura del 100% durante el periodo de diseño.

13.4.3 Cuadrilla de recolección. Las labores de recolección se realizan empleando una cuadrilla conformada por: un conductor y cuatro obreros, de ellos dos se ubican en la tolva de la volqueta para recibir los residuos, los otros dos son los encargados de levantar los recipientes; debido a que el trabajo es mayor para los obreros que levantan los recipientes, esta labor se realiza por turnos.

13.4.4 Frecuencia de recolección. Se presta servicio de recolección dos veces por semana, una vez los días martes y otra los viernes; las labores de recolección se inician a las 7:00 A.M. y se terminan a las 3:00 P.M.

13.4.5 Ruta de recolección. la ruta que en la actualidad sigue el vehículo recolector no tiene planeación por parte de la entidad encargada de prestar el servicio, solamente el conductor decide donde inicia, donde termina y el recorrido en la parte central del pueblo, según su parecer. La ruta que sigue el conductor con más frecuencia en la actualidad se muestra en el Plano 14. (Ruta actual servicio de recolección).

13.4.6 Equipo. Para la recolección de los desechos se dispone de una volqueta chevrolet modelo 88 con capacidad para un volumen de 4,5 m³, se tiene como herramienta menor una carreta, escobas y palas; el estado de la volqueta es bueno, por no existir un control sobre el uso de la herramienta menor, esta la deterioran rápidamente.

13.4.7 Densidad de desechos en recolección. En la región no se dispone de equipo con capacidad para medir el peso de la volqueta vacía y el peso con los desechos, por lo cual se tomó una muestra representativa; a esta se le realizaron cuatro pruebas de densidad, utilizando dos recipientes de volumen conocido y se midiendo el peso de los residuos que contiene el recipiente. los resultados se presentan en el Cuadro 34.

13.4.8 Rendimiento en recolección. El servicio de recolección sigue un proceso desde la salida de la volqueta del garaje hasta que regresa al mismo lugar, a cada uno de procesos hubo necesidad de tomarles el tiempo que requieren, para de esta forma evaluar el tiempo total empleado en recolección y así determinar su rendimiento. Los tiempos empleados en la recolección se indican en el Cuadro 25. El rendimiento en el servicio de recolección se evalúa con base al tiempo total y tiempo neto; el tiempo total se considera el empleado en

prestar el servicio entre la hora de salida y entrada al garaje del vehículo recolector, el tiempo neto tiene en cuenta el tiempo empleado en la recolección de los recipientes. Los datos se presentan en el Cuadro 26.

13.4.9 Tiempos en recolección de recipientes. Por la dificultad que ofrece la altura de la volqueta y el peso de los recipientes para la manipulación de estos, se evaluó el tiempo ocupado en desocupar los recipientes.

En promedio los tiempos en recolección neta son: 17 seg. en costales, 16 seg. en recipientes plásticos y 9 seg. en bolsas plásticas. Los tiempos presentados anteriormente deben ser afectados por el periodo que se demora el usuario en sacar los recipientes, este tiempo es de 18 seg, sobre todo porque se presentan tramos que por la pendiente son peatonales y donde no entra el vehículo recolector.

13.4.10 Calidad en el servicio de recolección. Para tener conocimiento de la calidad del servicio se incluyó en la encuesta, preguntas al respecto, pues los usuarios son los directamente beneficiados o los afectados con la calidad del servicio. Los resultados se indican en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Calidad del servicio de recolección

| Encuestados | Servicio de recolección | | | Bota basura en otros lugares | |
|-------------------|-------------------------|---------|------|------------------------------|------|
| | Bueno | Regular | Malo | No | Si |
| Numero | 24 | 16 | 10 | 39 | 11 |
| Porcentaje | 48.0 | 32.0 | 0.20 | 78.0 | 22.0 |

13.5 RECOLECCION DE DESECHOS EN LA PLAZA DE MERCADO

Cuando se realiza la recolección de los residuos domiciliarios se efectúa conjuntamente la recolección de residuos de los otros sectores; pero existe un servicio de recolección exclusivo para los desechos de la plaza de mercado. El personal y equipo utilizados en recolección de desechos domiciliarios son también los utilizados en la recolección de residuos de la plaza de mercado.

El mercado presenta actividad el día sábado, a él asisten los habitantes de las veredas que sacan sus productos para venderlos y llevan a sus casas los productos que les hace falta y que son necesarios para sus actividades cotidianas; el mercado se inicia a las 5:00 A.M. y se termina aproximadamente a las 12:00 P.M. La recolección de los desechos se inicia a la 1:00 P.M.

La densidad promedio es de 283,37 kg/m³, los resultados se indican en el Cuadro 28, los rendimientos de recolección en la plaza de mercado se indican en el Cuadro 29.

Cuadro 28. Densidad de desechos de plaza de mercado

| Prueba No. | Peso kg | Volumen M ³ | Densidad kg/ m ³ |
|------------|------------|---------------------------|--------------------------------|
| 1 | 10,40 | 0,036 | 288,89 |
| 2 | 10,00 | 0,036 | 277,78 |
| 3 | 13,80 | 0,036 | 283,33 |
| Promedio | | | 283,37 |

13.6 DISPOSICION FINAL DE DESECHOS

13.6.1 Sitios utilizados. Anteriormente se utilizaba como sitio de disposición final de desechos un botadero a cielo abierto ubicado aproximadamente a 1 kilómetro de la población, en la vía que conduce a la vereda Guarangal; en vista de que la situación se volvió crítica por la acumulación de desechos en cercanías a la población, se adecuó luego un lote en cercanías al río Quiña en la vereda chapiurco, aunque mal ubicado el relleno funcionó adecuadamente pero durante el periodo de tiempo que duró el alcalde de turno, porque con el cambio de este se dejó de asignar los recursos necesarios para el funcionamiento del relleno. Desde hace aproximadamente un año se tiene un lote en la vereda Alto de las estrellas, donde se están llevando los residuos sólidos.

13.6.2 Sistema de disposición. Inicialmente se tenía un botadero a cielo abierto en la salida a guarangal, con el paso de los años y por acumulación de basuras sin cobertura, la situación se volvió crítica y se construyó un muro de contención aprovechando una pequeña depresión cerca al río Quiña; este botadero dejó de funcionar adecuadamente causando perjuicios sobre el medio ambiente principalmente sobre el río y habitantes de la zona. Actualmente en la vereda alto de las estrellas se dispone de un lote, donde se está experimentando con el aprovechamiento de los residuos, pero se hace necesario de que en caso de no funcionar el sistema, se tenga una alternativa para disposición final .

Cuadro 29. Rendimiento en recolección de desechos plaza de mercado

| No. Obreros | Tiempo (hora:min) | | | | Peso Total Kg | Rendimiento Hom - min / ton. | |
|----------------|-------------------|------------------|-------------------|-------|---------------------|---------------------------------|--------|
| | En Recolección | a disposición | En Disposición | Total | | Neto | total |
| 5 | 1:10 | 0:28 | 0:11 | 2:07 | 1061,96 | 329,6 | 597,95 |

Rendimiento neto = cuadrilla * tiempo neto / peso recolectado.

Rendimiento total = cuadrilla * tiempo total / peso recolectado.

13.6.3 Identificación de botaderos a cielo abierto. Por inspección directa se ha identificado botaderos a cielo abierto en la cabecera municipal de Albán, ubicados en partes terminales de alcantarillas o pontones. Se identificaron los siguientes puntos:

- Sobre la quebrada el Ahorcado hay punto de contaminación en las carreras 2A y 4.
- En el Zanjón “El Higuero” hay contaminación en el cruce con las carreras 2 y 3.

También se identificó un punto de contaminación sobre la quebrada el hatillo en la zona rural del municipio, sobre la vía que conduce a Pasto; este es un botadero casual.

13.6.4 Efecto sobre el río Quiña. El agua es un elemento imprescindible para el sustento de la vida y una fuente necesaria para toda actividad económica, por lo tanto se considera como un bien público que debe ser preservado. El agua que transporta una corriente fluvial aparte de ser el medio donde habita un amplio sistema de elementos vivos e inertes, es un recurso que el hombre consume directamente y utiliza profusamente en diferentes actividades.

Las principales fuentes de contaminación sobre el río, antes del botadero de basura son: Las descargas de residuos sólidos y vertimiento de aguas servidas de la población de San Bernardo, ubicada aproximadamente a 15 km aguas arriba del punto en que funcionaba el botadero de San José; Otra fuente de contaminación del río Quiña es el la descarga de residuos y vertimiento de productos finales de actividades agropecuarias, dentro de los cuales se tiene el vertimiento del producto final del lavado del fique y café, procesos que utilizan agua y luego es vertida como aguas residuales.

Las formas abruptas del relieve determinan la morfología del río originando grandes turbulencias y velocidades, factores que juegan a favor de la disponibilidad de oxígeno y por lo tanto influyen en la capacidad de autodepuración de las aguas.

Para la toma de muestras se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- El objeto es verificar la contaminación por efectos del botadero sobre el río en proximidades al puente El Salado en la vereda Chapiurco.
- Se trata de una Quebrada con movimientos rápidos en que el punto de muestreo se puede escoger libremente tanto lateral como verticalmente, siendo necesario únicamente un punto de muestreo.
- La muestra fue tomada a inicios del invierno, lo que incide en mayor vertimiento tanto de residuos sólidos como de lixiviados producto del botadero y residuos agrícolas; por estas razones se considera la muestra tomada en una época crítica.

Por lo expuesto anteriormente y porque un análisis completo del río Quiña implica elevados costos, se determinó tomar solamente dos muestras una antes y otra después del botadero, con el fin de verificar principalmente el efecto provocado por los desechos del basurero; Los resultados de los análisis realizados se muestran en el Cuadro 30.

Cuadro 30. Análisis físico químico

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| Procedencia | : Albán Nariño |
| Fecha de muestreo | : Febrero 16 de 1997 |
| Hora de muestreo | : 9:00 A.M. |
| Muestra No. 1 | : Antes del botadero (150 m.) |
| Muestra No. 2 | : Después del botadero (300m.) |
| Temperatura ambiente | : 27°c |

Resultados del análisis

| Parámetro | Muestra No.1 | Muestra No.2 |
|----------------------|--------------|--------------|
| Temperatura | 20°c | 20°c |
| Turbiedad UNT | 7,14 | 10,5 |
| Color UPC | 10 | 15 |
| Sólidos totales mg/L | 100 | 130 |
| Fósforo Total mg/L | 0,30 | 0,75 |
| Nitrógeno total mg/L | 14,0 | 16,8 |
| Grasas y aceite mg/L | 6,00 | 10,0 |
| DBO ₅ | 14,5 | 19,8 |
| DQO | 24,2 | 36,5 |
| PH | 8,04 | 8,14 |

De los resultados de los ensayos se observa que:

En cuanto a los parámetros físicos: la temperatura no tiene variación notable pues la diferencia de nivel entre los dos puntos de muestreo no es mucha, los incrementos se destacan en los sólidos totales, la turbiedad y el color; aunque la turbiedad no alcanza a poner en peligro el sistema ecológico (turbiedad < 200), afecta la calidad para usos posteriores del agua.

De los parámetros Químicos se observa que aunque estos no llegan a tener los niveles de aguas residuales, si se nota el efecto que el botadero alcanza a tener sobre la calidad del agua del río, disminuyendo así la capacidad de auto depuración.

14. PLAN DE ASEO URBANO

14.1 ALTERNATIVAS DE FRECUENCIA DE RECOLECCION

La frecuencia es el parámetro fundamental dentro del sistema de recolección, por tanto se hace necesario determinarlo con anterioridad y seleccionar entre las alternativas más comunes como: diaria, interdiaria, una vez por semana y dos veces por semana; la que mejor se acomode a las necesidades.

14.1.1 Expresiones de cálculo

14.1.1.1 Dimensionamiento del recipiente domiciliario. Volumen de la residuos en el recipiente: (VRB) en m³, se calcula mediante la siguiente expresión.

$VRB = (n * NH * PPCR) / (DRB)$, donde:

n : Número de días de almacenamiento domiciliario según la frecuencia de recolección.

NH : Número de habitantes por vivienda = 7,02 promedio. (Cuadro 13.)

PPCR : Producción per cápita residencial. (Cuadro 22.)

DRB : Densidad de la basura en el recipiente = 260 kg/m³. (Cuadro 24.)

Area del recipiente: (A)

$A = VRB / h$, donde:

h : Altura efectiva de llenado = 90% H

H : Altura comercial del recipiente.

Peso de los desechos en el recipiente: (PRB)

$PRB = VT * DRB$

$VT = (PI * H) * (D^2 + d^2 + D*d)/12$

VT : volumen del recipiente lleno

D : Diámetro superior del recipiente (comercial)

d : Diámetro inferior del recipiente, $d = \sqrt{(A*4/\pi)}$

PT : Peso del recipiente lleno.

$PT = VT * DRB + \text{Peso del recipiente.}$

Los datos resultado de los cálculos se indican en los Cuadros 31, 32 y 33 con frecuencias de recolección de una, dos y tres veces por semana; respectivamente.

14.1.1.2 Número de días laborados. Para su cálculo se utilizan las siguientes expresiones.

Personal (O) : Cuadrilla = 1 conductor + 4 obreros

Equipo: una volqueta marca chevrolet con capacidad aproximada de dos toneladas.

DR: Número de días requeridos para recolectar la producción total de los días en almacenamiento.

$$DR = NC / CD$$

NC : Número de cargas

$$NC = P/C$$

P : Producción total en los días de almacenamiento.

$$P = PR * n$$

PR : Producción residencial diaria + Producción institucional (Cuadros 16 y 17), para 2003 = 1740,27 kg.

n : Número de días de almacenamiento.

C: Capacidad del vehículo

$$C = Vc * Dc$$

Dc : Densidad de la basura en el vehículo, Dc = 358 kg/m³ (Cuadro 34.)

Vc : Volumen del vehículo = 4,5 m³

$$C = Vc * Dc = 4,5 * 358,0 = 1.611,0 \text{ kg}$$

$$CD = J * 60/T$$

CD : Número de cargas diarias

J : Jornada laboral = 8 horas/día

$$T = R * C / O$$

T : Tiempo total de recolección.

R : Rendimiento total de recolección = 313,13 hom.-min/ton. (Cuadro 25.)

O : Cuadrilla de recolección

$$T = 313,13(\text{hom.-mín/ton}) * 2 (\text{ton}) / 5(\text{hom}) = 125,25 \text{ min.}$$

$$CD = 8*60/125,25 = 3,83$$

DS : Número de días trabajados a la semana.

$$DS = F * DR$$

F : Frecuencia de recolección.

Los resultados para cada una de las frecuencias y para cada uno de los años se indican en el Cuadro 35.

14.1.2 Parámetros de selección. La frecuencia apropiada para un servicio satisfactorio y económico está determinada por la cantidad de basuras a evacuar, el clima y las demandas ciudadanas. El máximo periodo para la recolección de desechos se debe establecer con base en:

- El tiempo que se puede almacenar la basura en un recipiente de dimensiones razonables, que permita su fácil manipulación. El peso total de recipiente y desechos no debe superar los 25 kg.

- El tiempo en que los desperdicios orgánicos al descomponerse producen malos olores bajo condiciones normales de almacenamiento, este proceso se acelera en ambientes cálidos.
- El tiempo dentro del ciclo de la mosca que esta necesita para pasar de huevo a larva, en época de verano es frecuentemente de cuatro días.
- Los costos generados por la prestación del servicio de recolección relacionados con el personal y equipo utilizado, a más días laborados mayor costo.

14.1.3 Análisis de las alternativas de frecuencia

14.1.3.1 Una vez por semana. Utilizando esta frecuencia se producen problemas por la alta descomposición que tiene los residuos orgánicos, que en el proyecto son el 92,05 % de los residuos (Cuadro 14), esta frecuencia es aplicable cuando se tienen desechos compuestos por cenizas, material no combustible y combustible, material inerte. El periodo de almacenamiento es mayor al tiempo de incubación de la mosca, creándose así un medio propicio para el desarrollo de esta.

El recipiente empleado para esta frecuencia excede el peso normal de manejo (Cuadro 31.), ocasionando problemas en su manipulación.

La ventaja de la recolección con frecuencia de una vez a la semana es el menor costo en el pago de personal y mantenimiento de equipo, pues los días laborados son menores que en las otras frecuencias.

14.1.3.2 Dos veces por semana. Esta es la que mejores resultados ha arrojado hasta el momento, especialmente en la zona residencial. El peso del recipiente dimensionado para esta frecuencia no ocasiona problemas al personal de recolección, pues es menor de 25 kg.

Como el mayor periodo de almacenamiento es de cuatro días, no origina problemas a los usuarios por descomposición de materia orgánica y acumulación de moscas.

La frecuencia de recolección dos veces por semana no sufre incremento muy representativo en días de trabajo, con respecto a la frecuencia de una vez por semana, esta última frecuencia necesita 2.09 (3) días para evacuar las 8 cargas y la cuadrilla está en capacidad de realizar 3.8 diarias.

14.1.3.3 Interdiaria. También se conoce como frecuencia de tres veces por semana, esta frecuencia cumple con requerimientos de peso y dimensiones razonables para el recipiente de almacenamiento domiciliario.

El almacenamiento domiciliario duraría máximo tres días, lo que impide la descomposición de materia orgánica y los criaderos de moscas.

Esta solución se encuentra dentro de los criterios sanitarios de selección, pero origina un incremento en los costos, debido a que los días de trabajo se incrementan de 4 a 6; esta es la proporción del incremento en los costos (ver Cuadro 35.)

14.1.3.4 Diaria. Esta frecuencia se caracteriza principalmente por ser muy costosa, aunque en el aspecto sanitario se considera la mejor; se trabaja seis días de la semana, descansando los domingos y presentándose sobrecarga los lunes. Esta frecuencia se utiliza principalmente para establecimientos de alta producción de desechos, ya sean comerciales o institucionales.

14.1.3.5 Selección de la frecuencia. Por la baja producción de desechos sólidos y elevado costo que implican, se descartan las frecuencias como la interdiaria y la diaria; se tienen entonces como alternativas la de dos veces por semana y una vez por semana. Para frecuencias de una y dos veces por semana se realizó el dimensionamiento de los recipientes. Los resultados indicados en los Cuadros 31 y 32 muestran que para frecuencia de una vez por semana el recipiente llega a tener un peso mayor al permitido de 25 kg, esto incide en la manipulación. En cambio el peso y dimensiones del recipiente para frecuencia de recolección dos veces por semana son aptos para el manejo por parte de los obreros que tienen que levantar el recipiente. La frecuencia una vez por semana presenta problemas por descomposición de materia orgánica y presencia de moscos, en estos aspectos influye el clima templado que posee San José de Albán.

La frecuencia de recolección más conveniente es entonces, la de dos veces por semana, pues está acorde con la producción de desechos, el clima, la capacidad del servicio, facilidades de tipo económico, y se da cumplimiento al RAS en su título F.3.3.4 donde manifiesta que el servicio de recolección debe realizarse al menos dos veces por semana.

14.2 ALMACENAMIENTO DOMICILIARIO

Para un óptimo almacenamiento doméstico deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- El saneamiento, evitando la producción y proliferación de roedores, malos olores y vectores.
- La salud en los recolectores, tratando de evitarles al máximo: hernias, tuberculosis, enfermedades en la piel y en la columna.
- Mejorar la eficiencia en la recolección.
- La estética en las viviendas y vías públicas

14.2.1 Ubicación del recipiente. En la población de San José la mayoría de las viviendas poseen patio o solar, este es un lugar óptimo para la ubicación del recipiente de almacenamiento domiciliario ya sean estopas, botes, cajas o bolsas plásticas; siempre protegidos de la lluvia y el sol para evitar la descomposición y aumento de peso que dificulten su manejo.

La localización en el patio no debe interferir con el movimiento diario dentro de la vivienda, si no se dispone de patio o solar, el recipiente se debe alejar de la circulación frecuente de las personas por razones de estética y olores que puedan causar los residuos.

14.2.2 Características del recipiente. De acuerdo al material utilizado los recipientes pueden ser: desechables o retornables, como desechables se encuentran las bolsas plásticas que mejoran los tiempos de recolección, son livianas e impermeables, y el usuario se limita a sacarlas sin preocuparse por su pérdida; tienen como desventajas que se rompen o destruyen fácilmente, no son reciclables y el costo. Son recomendables los recipientes plásticos por ser livianos, resistentes, y no corrosivo. En general los recipientes retornables, según el RAS en su título F.3.3.3.1, deben tener las siguientes características:

- peso y construcción que faciliten el manejo durante la recolección.
- Fabricados en material impermeable, de fácil limpieza, con protección contra el moho y la corrosión, como el plástico, caucho o metal.
- Dotados de tapa con buen ajuste, que no dificulte el proceso de vaciado durante la recolección.
- Diseñados de modo que, estando cerrados o tapados, no permitan la entrada de agua, insectos o roedores, ni el escape de líquidos por sus paredes o por el fondo.
- Con bordes redondeados y de mayor área en la parte superior, de modo que se facilite el vaciado.
- Capacidad de acuerdo con lo que establezca la entidad que presta el servicio de aseo.

14.2.3 Dimensiones del recipiente. Se diseña el recipiente teniendo en cuenta los cuatro días de almacenamiento máximo originado por la frecuencia seleccionada de recolección (dos veces por semana), que coinciden con el periodo de incubación de la larva de la mosca, también determinan el tamaño del recipiente la densidad de la basura y el número de habitantes por vivienda.

La producción de desechos sólidos (P), de una familia en 2003 es de:

$$P = PPR * NH * DA$$

PPR = Producción per cápita residencial

NH = Número de habitantes por vivienda

DA = Número de días de almacenamiento

$$P = 0.311 \text{ (kg/hab-día)} * 7,02 \text{ (hab/viv)} * 4 \text{ días}$$

$$P = 8,73 \text{ kg/vivienda.}$$

La basura residencial tiene una densidad promedio en el recipiente de 260 kg/m^3 , con lo cual se tiene un volumen de:

$$V = (8,73) / (260)$$

$$V = 0,034 \text{ m}^3$$

Se recomienda una altura de 0,60 por su facilidad de manejo y operación. considerando una altura efectiva del 90% ya que no es conveniente llenar completamente el recipiente para evitar derrames, el área de la sección se puede calcular de la siguiente forma.

$$\text{Altura total } H = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{Altura efectiva } h = 0,60 * 0,9 \cong 0,55 \text{ m.}$$

$$\text{Area} = 0,034 \text{ m}^3 / 0,55 \text{ m}$$
$$\text{Area} = 0,062 \text{ m}^2$$

Con el área del recipiente se calcula el diámetro inferior:

$$d = \sqrt{(0,062 * 4 / \pi)}$$

$$d = 0,28 \text{ m} \cong 30 \text{ Cm}$$

La parte superior del recipiente debe tener mayor diámetro que la base para facilitar el vaciado. el diámetro superior adecuado es de 40 cm.

El peso del recipiente de desechos sólidos se determina de la siguiente forma:

$$\text{PRB} = (\text{VRB} * \text{DRB}) + \text{PR}, \text{ donde}$$

PRB : Peso del recipiente lleno

DRB : Densidad de la basura en el recipiente

$$\text{VRB} : \text{Volumen del recipiente} = (\pi * H) * (D^2 + d^2 + D * d) / 12$$

Para $D = 0.4 \text{ m}$., $d = 0.3 \text{ m}$., $h = 0.6 \text{ m}$. (caso de recipiente lleno), se tiene:

$$\text{VRB} = 0,0581 \text{ m}^3$$

PR = Peso del recipiente vacío

$$\text{PRB} = (0,0581 * 260) + 5 \text{ kg}$$

$$\text{PRB} = 20,11 \text{ kg}$$

El peso encontrado es menor de 25 kg, el cual se considera como el máximo que puede cargar el operario sin sufrir percances con el manejo de los recipientes. El recipiente tipo se muestra en la Figura 10.

14.2.4 Recomendaciones generales sobre el almacenamiento en la vivienda. El peso del recipiente no debe exceder los 25 kg., para que pueda ser manipulable tanto por la persona encargada de sacar el recipiente al paso del vehículo, como por el operario, que por repetición del esfuerzo al levantar el recipiente puede llegar a sufrir lesiones que le afecten la salud.

Aunque en este tipo de poblaciones pequeñas los residuos de cocina se utilizan para alimentación de animales, puede ocurrir que no sea esta la costumbre, entonces se recomienda almacenarlos en un recipiente o bolsa plástica, para que luego sean llevados diariamente al recipiente de recolección general, debida mente empacados, pues este tipo de desechos se descomponen rápidamente.

El recipiente debe lavarse cada vez que sea desocupado entre recolección y recolección, con el fin de desprender de sus paredes desperdicios que puedan quedar adheridos y eliminar posibilidades de contaminación.

La prestación del servicio de recolección se realiza solamente para residuos provenientes de labores normales de la vivienda, en ningún caso el usuario del servicio debe depositar desechos de construcción, sustancias líquidas, excretas, cenizas o materiales encendidos, troncos, ramas o elementos que ocupen volumen en exceso, etc.

Los recipientes deben ubicarse en el extremo de la acera, cerca a la vía de tránsito del vehículo recolector. Es necesario que los usuarios tengan pleno conocimiento del horario de recolección; lo anterior para mejorar los tiempos de recolección y evitar que el recipiente tenga mucho tiempo en el andén y su contenido sea vaciado por animales.

14.3 MACRORUTEO

Con el macroruteo se persiguen objetivos como:

Selección y cálculo de los tiempos de viajes entre los sitios que se realiza la recolección de desechos sólidos y el lugar de disposición final.

Con la asignación de rutas que minimicen el tiempo de transporte desde el lugar de recolección al de disposición de desechos, optimizar el uso de los recursos que se dispone para prestar el servicio de aseo.

14.3.1 Método de recolección. Existen dos métodos de recolección: el de recolección directa en que el mismo vehículo que hace la recolección, lleva los desechos al sitio de disposición final y el otro método que comprende la utilización de estaciones de transferencia.

Por el tamaño de la población (menos de 20.000 habitantes), cantidad de desechos producidos (menor a 5 toneladas diarias), y cercanía del lugar de disposición final, el método que mejor se ajusta es el de recolección directa de desechos y disposición final sin la utilización de estaciones de transferencia.

14.3.2 Tiempos que conforman el macroruteo. Los tiempos utilizados en el proceso de macroruteo se determinaron realizando un seguimiento al vehículo recolector, teniendo en cuenta que para las labores de aseo se tiene una jornada laboral de 8 horas. Las actividades y sus tiempos que conforman el macroruteo se indican en la Tala 36.

Tiempo de Recolección (TR): Tiempo que utiliza la cuadrilla en recolectar basura desde que inicia el vaciado del primer recipiente hasta que es descargado el último en el vehículo. Para el proyecto que se realiza, este tiempo se determinó para una cuadrilla de cinco hombres y se obtuvo como rendimiento 166 hombres/minuto/tonelada, lo que indica que se requieren 166 hombres para recoger una tonelada en un minuto, en minutos por tonelada es 33,27 (Ver Cuadro 26); este rendimiento se considera como medio.

Tiempo de Transporte (Tt): Se refiere al tiempo empleado en transportar los desechos en el vehículo recolector hasta el sitio de disposición final, éste se determinó mediante el seguimiento realizado y corresponde en promedio a 29 minutos.

Tiempo de Descarga (TD): tiempo utilizado por el personal de recolección en descargar la basura en el sitio de disposición final, el promedio obtenido es 12 minutos

Tiempo Fuera de Ruta: el tiempo fuera de ruta está compuesto por los siguientes tiempos:
T1: Tiempo que se utiliza para realizar un chequeo en el garaje antes de salir a la ruta de recolección; 15 minutos.

T2: tiempo de viaje desde el garaje al inicio de ruta; en promedio se utilizan 4 minutos.

T3: Tiempo empleado para realizar posibles reparaciones en promedio 20 minutos.

T4: tiempo empleado en el viaje desde el sitio de disposición final hasta el garaje al término del día laboral, en promedio 16 minutos.

T5: tiempo de viaje desde el lugar de disposición final hasta el sitio de recolección para continuar la ruta; en promedio 13 minutos.

14.3.3 Expresiones de cálculo para selección del equipo recolector. La selección se realizará teniendo como punto de partida el equipo existente, adecuar su funcionamiento y si es necesario llegar a reemplazarlo.

El municipio de Albán, para prestar el servicio de recolección cuenta con una volqueta marca chevrolet modelo 88 con una capacidad para 4,5 m³ (Figura 11.), este vehículo se encuentra en buen estado. Teniendo en cuenta que el servicio de recolección será prestado dos veces por semana, se analizará para el equipo existente el número de días requeridos para desalojar la cantidad de desechos producida.

Las expresiones de cálculo utilizadas son las siguientes.

14.3.3.1 Tiempo calculado de recolección (TR)

TR = (Rn * PC) / O, donde:

Rn: rendimiento neto de recolección = 166 hom-min./ton. (Cuadro 26.).

Pc: Peso de los desechos de recolección domiciliaria en el vehículo (Cuadro 37.)

O: Número de hombres de la cuadrilla de recolección. (Cuadro 26.)

Para volqueta de 4,5 m³

$$TR = 166 * 1,61 / 5 = 53,45$$

Cuadro 37. Características del vehículo tipo

| Volumen (m ³) | Densidad de desechos en vehículo recolector, promedio (kg/m ³) | Peso de desechos en vehículo recolector(ton) |
|---------------------------|--|--|
| 6 | 358 | 2,15 |
| 4,5 | 358 | 1,61 |

Peso de desechos en vehículo recolector = volumen * densidad

14.3.3.2 Número de cargas (NC). Corresponde al número de cargas que debe efectuar el vehículo recolector para evacuar la producción de desechos de 4 días de almacenamiento.

$$NC = PT / PC$$

PT : Producción de desechos en cuatro días de almacenamiento domiciliario (Cuadro 35).

$$PT = 6,96 \text{ ton.}$$

$$PC = 358 * 4,5 = 1,61$$

$$NC = 6,96 / 1,61 = 4,32$$

14.3.3.3 Tiempo total de recolección (TT). Se calcula mediante la siguiente expresión.

$$TT = NC * TR + (NC - 1) * (Tt + Td + T5) + (T1 + T2 + Tt + TD + T3 + T4), \text{ donde:}$$

Tt: Tiempo de transporte = 29 min.

TD: Tiempo de descarga = 12 min.

T1, T2, T3, T4, T5 Tiempos fuera de ruta.

Para volqueta de 4,5 m³:

$$TT = 4,32 * 53,45 + (4,32 - 1) * (29 + 12 + 13) + (15 + 4 + 29 + 12 + 16 + 20)$$

$$TT = 506,18 \text{ min.}$$

14.3.3.4 Días requeridos (DR). Número de días requeridos para desalojar los desechos de cuatro días, considerando una jornada laboral de 8 horas; sin incluir el tiempo de almuerzo.

$$Dr = TT / (J * 60 \text{ min. })$$

J : jornada laboral de 8 horas.

14.3.3.5 Número de recolectores (NR).

$$NR = PT / (dhab * PC * X)$$

PT : Producción residencial, institucional en cuatro días (Cuadro 35).

dhab : Número de días hábiles de recolección de la producción de basura en cuatro días, con frecuencia de recolección dos veces por semana, en el Cuadro 39 se realiza el análisis para 1 y 2 días.

X : Número de cargas del vehículo recolector en el día

$$X = NC / DR$$

DR se toma de el Cuadro 38.

Una vez obtenido el número de recolectores se calcula la población a servir:

$$P = (NR * dhab * X * DC * Vc * f) / (4 * PPCR * Cob.)$$

P : Población a servir

f : porcentaje de la utilización del vehículo.

Cob : Porcentaje de cobertura del servicio.

DC : Densidad en vehículo recolector.

Los días de almacenamiento son 4.

Utilizando un vehículo recolector, en un día de trabajo, la población atendida será:
 $P = (1 * 2 * 4.07 * 358 * 4,5 * 100) / (4 * 0,311 * 100) = 5.270 \text{ hab.}$

Utilizando un vehículo recolector, en dos días de trabajo, la población atendida será:
 $P = (1 * 2 * 4.07 * 358 * 4,5 * 100) / (4 * 0,311 * 100) = 10.541,43 \text{ hab.}$

La Población existente es de 5.482 habitantes, de esta forma se tiene que el vehículo y cuadrilla actual necesitan de dos días de trabajo para una cobertura de cien por ciento.

Los resultados de las alternativas de equipo se muestran en el Cuadro 38. Y los resultados del número de recolectores en el Cuadro 39.

14.3.4 Selección del equipo recolector. Dado que el Municipio de San José ya posee un equipo recolector, lo que se programa es la optimización en la utilización del mismo. El vehículo que actualmente realiza el trabajo es suficiente para ofrecer el servicio de aseo, según el siguiente análisis recomendado por el RAS en su página F.32:

- Económica y financieramente no conviene adquirir un equipo nuevo, no se posee disponibilidad presupuestal y es difícil acceder a un crédito.
- La marca del vehículo que se posee tiene amplia disponibilidad en el mercado para repuestos y mantenimiento.
- Aunque con otros vehículos se mejoraría la velocidad de llenado y vaciado, no se lograría disminuir los días trabajados.
- La capacidad del vehículo existente se ve limitada por el volumen, situación que se puede mejorar ampliando el cajón, sin llegar a sobrepasar la capacidad en peso, el vehículo existente debe dotarse de una carpa.
- No existe problema por el tamaño de las calles, para cualquier tipo de vehículo recolector.
- El trazado de las vías no limita la utilización del vehículo existente ni de otro tipo de vehículo como los compactadores.
- A pesar de existir pendientes altas en el recorrido, no se presentarían problemas si no se rebasa su capacidad en peso y volumen.
- Por el tamaño y tipo de población no se presentan densidades poblacionales que exijan tipos de vehículos diferentes al existente.
- Por la cantidad de residuos producidos y la distancia a disposición no se requiere de unidad de compactación.

En el Cuadro 38. Se observa que el número de días requeridos para evacuar los desechos de cuatro días de almacenamiento es de 2 hasta el año 2016, para el año 2017 se requiere de 3 días con la misma frecuencia de recolección y con el equipo existente; también se realizó el análisis para una volqueta de 6 metros cúbicos, como muestra el Cuadro 38, desde el año 2005 hasta el 2017 se necesitaría de dos días.

En el Cuadro 40, se indica el número de viajes a disposición final que ha de realizar el vehículo recolector de que se dispone.

14.3.5 Cobertura del servicio. De los datos consignados en el Cuadro 21, tenemos que la producción de residuos sólidos (residenciales e institucionales) es de 1.740,27 ton/día; y de 6,96 ton. en cuatro días.

La cantidad de basura que recolectará y transportará el vehículo efectuando 4 cargas por día con frecuencia de dos veces por semana será:

$$CTBR = VC * DC * N$$

CTBR : Cantidad total de basura recolectada

N : Número de cargas = 4

$$CTBR = 4,5 * 358 * 4 = 6.444 \text{ kg.}$$

$$\text{La cobertura del servicio} = 6.444 / 6.961 = 0,9257 = 92.57\%$$

Trabajando con el vehículo que se dispone, con una frecuencia de dos veces por semana, y un día cada vez, se logran coberturas inferiores al cien por ciento para cada uno de los años de proyección; para lograr cobertura total, se hace necesario incrementar a dos los días de trabajo por cada vez, en el cuadro 41 se indica la cobertura que se alcanza con un solo día.

14.4 MICRORUTEO

El microruteo tiene por objeto detallar el diagrama de rutas de recolección y minimizar el tiempo neto de recolección.

Una correcta programación de las rutas a seguir disminuye pérdida de tiempo por recorrido de distancias “muertas”(calles sin servicio o con muy poco servicio), retroceso de los vehículos, vueltas en U, vueltas a la izquierda.

14.4.1 Personal de recolección. La cuadrilla de obreros, depende del tipo de vehículo recolector a utilizar, como se trata de seguir utilizando la volqueta con que realiza actualmente los trabajos de aseo, se conservará también la cuadrilla que consiste en 1 conductor, 2 obreros recibiendo y esparciendo la basura en el volco y 2 obreros recogiendo los recipientes.

14.4.2 Horarios de recolección. Como la frecuencia de recolección es de dos veces por semana y el vehículo disponible está en capacidad de evacuar los desechos sólidos producidos en el periodo de almacenamiento (cuatro días), durante un día y una fracción del siguiente; entonces la primera recolección realizará el día lunes y martes, debido a que los días de mayor almacenamiento de desechos son los del fin de semana por permanencia de las personas en la vivienda, y la segunda el día viernes y primeras horas de sábado.

Se estableció la jornada laboral de ocho horas, con el siguiente horario para ambos días, de 8:00 A.M. a 12:00 M. y de 1:00 P.M. a 5:00 P.M. La recolección de los desechos del mercado se inicia a las 2:00 P.M. hasta 6:00 P. M.

14.4.3 Rutas de recolección. Para poblaciones pequeñas como San José la determinación de las rutas es una labor no muy complicada, pero se dificultan la implantación de rutas por la ausencia de un plan de desarrollo urbanístico definido, y el cumplimiento de normas establecidas para microruteo, por las características topográficas y presencia de buen número de calles ciegas. Los parámetros fundamentales del proceso de recolección tales como: frecuencia, equipo, personal, horarios ya se definieron. Para la fijación de ruta, se tendrá en cuenta las reglas del microruteo.

14.4.4 Reglas del microruteo

Según el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico (RAS), se tienen las siguientes recomendaciones:

- El diseño de la microruta debe comenzar en el punto más cercano al garaje del vehículo y terminar en el punto más cercano al sitio de disposición final de éstos.
- Los residuos localizados en zonas de congestión vial se deben recoger a una hora del día que no haya congestiones de tráfico que retrasen el recorrido.
- El diseño de la microruta debe minimizar los giros en "Ü" y los giros a la izquierda.
- La microruta debe promover que el recorrido de las calles sea en el sentido de las manecillas del reloj.
- La microruta debe ser continua, es decir que contenga una serie de calles sin zonas muertas o traslapadas con calles correspondientes a otras rutas.
- Las microrutas correspondientes a una misma zona de servicio deben en lo posible recolectar un mismo número de cargas diarias, lo que le da flexibilidad al servicio.
- Las vías cerradas deben ser recolectadas así: desplazamiento en reversa y recolección en marcha adelante.
- En lo posible las microrutas deben ser diseñadas para que empiecen y terminen cerca de calles de tráfico alto. Utilizando las barreras topográficas y físicas como bordes de la macroruta.
- En zonas de cerros, la recolección debe empezar en la parte más alta y continuara cuesta abajo mientras se cargan los vehículos.
- En calles empinadas, la recolección empezará en la parte más alta y, si se deben recoger ambas aceras, el conductor viajará cuesta abajo mientras el personal recolector carga el camión.
- En caso de recolección en ambas aceras deben preferirse rutas derechas, con pocos giros
- El conductor o jefe de cuadrilla debe contar con una carta de recorrido o microruta preestablecida al momento de iniciar los servicios.
- Debe minimizarse los tiempos muertos y recorridos improductivos.
- Tránsito real y futuro.
- Censo de grandes generadores de basura.
- Usos del suelo.
- Alturas permisibles en puentes.

El tamaño de la población y sus condiciones topográficas, con varias calles peatonales, no

permiten mayores opciones para el microruteo, sin embargo en lo posible se aplican las recomendaciones, además de aplicar algunos patrones específicos de ruteo que pueden ayudar en el trazado total de la ruta, como se indica en la (Figura 12.)¹.

14.4.5 Diagramación. Las difíciles condiciones topográficas limitan las opciones de selección de rutas, pues son escasas las vías vehiculares, las calles son en su mayoría peatonales: la calle 1 en su totalidad es peatonal, la calle 2 es peatonal excepto el tramo entre las carreras 2 y 3, lo mismo ocurre con la calle 3 que es peatonal excepto el tramo entre carreras 2 y 3 y con la calle 4 peatonal excepto el tramo entre carreras 2 y 3, también es peatonal la calle 5 entre carreras 1 y 2, y entre 2 y 3; en el recorrido que realiza el actual conductor utiliza éste tramo de la calle 5, pero corriendo mucho riesgo, pues la pendiente del tramo es elevada (aproximadamente el 30 %), es un abuso lo que se está cometiendo; al transitar por este tramo se pone en peligro el equipo de recolección y se corre el riesgo de causar accidentes a peatones, por lo tanto este tramo no será utilizado para la nueva ruta.

teniendo en cuenta que la zona céntrica tiene escasas opciones de rutas y que las mayores posibilidades de futuro desarrollo se encuentran hacia las vías de acceso a la población, se plantea una ruta de recolección. El Plano 15 indica la diagramación de la ruta; el recorrido es el siguiente:

Inicia en la carrera 3 sobre la salida al cebadero cerca a la quebrada el hatillo, continua por la carrera 3 hasta la calle 5, baja por esta hasta la carrera 4, hace el recorrido por ésta desde la calle 5 hasta dar con la calle 1ªA, se regresa por la misma hasta la carrera 4 y continua hasta la salida a Pasto. Regresa a la calle 5 con carrera 3 avanzando por esta hasta la calle 4, en la que hace giro y la recorre hasta la carrera 2, por la cual avanza hasta la calle 3, la que recorre hasta retomar la carrera 3, sobre esta avanza hasta la calle 2 y toma la salida a san bernardo por la cual avanza hasta la casa del señor José Mora, se ubica nuevamente en la calle 2 con carrera 3 avanzando hasta dar con la calle 3, baja hasta la carrera 3 girando por la calle 4 hasta encontrar nuevamente la calle 2 avanzando por esta a encontrar la intersección de calle el zarzo con salida a guarangal, hace el recorrido de la calle el zarzo y regresa a retomar la salida a guarangal, que es la vía que conduce a la vereda alto de las estrellas, donde se ubica el relleno.

El recorrido se inicia en la salida a la vereda El cebadero por la cercanía del garaje de la volqueta, y se termina en la salida a guarangal, que es la vía que conduce al lote de disposición final.

14.5 RECOLECCION EN ESTABLECIMIENTOS PUBLICOS

En la actualidad sólo se presta servicio de recolección a la plaza de mercado, a los demás establecimientos se los sirve cuando se realiza la recolección domiciliaria, se necesita entonces organizar un sistema de recolección para la plaza de mercado.

¹ COLLAZOS P. Héctor. Manual del curso de post grado sobre recolección de desechos sólidos y limpieza de vías. Universidad del Valle. Cali.

14.5.1 Recolección en plaza de mercado. Se facilita la organización de un sistema de recolección exclusivo para los desechos del mercado, pues la forma como éste funciona y el tiempo que dura permiten que todas las labores se realicen en un solo día. Las actividades en la plaza de mercado se inician en la madrugada, hacia las 5:00 A.M. y terminan aproximadamente a las 12:00 M., en este momento inicia las labores de barrido y transporte de los desechos. En el sistema de recolección de la plaza de mercado se cumple con buena puntualidad ya que el espacio donde funciona la plaza de mercado es en muchas ocasiones utilizado para otras actividades culturales o recreativas.

14.5.1.1 Frecuencia. La recolección de la plaza de mercado se realizará los días sábado, pues es el único día que funciona el mercado; la gente tanto del sector urbano como rural ya está acostumbrada a esta disposición, e incluso algunas oficinas funcionan los días sábado para atender los clientes que llegan de la zona rural y tienen compensatorio el día lunes. Los desechos producto de las actividades del mercado no tienen posibilidad de causar molestias por descomposición ya que son evacuados rápidamente.

14.5.1.2 Almacenamiento. La forma como funciona el mercado indica que no es necesario la disposición de un sistema de almacenamiento para los desechos del mercado, tanto los campesinos como los comerciantes de productos llevados desde Pasto almacenan los desechos en estopas o los dejan organizando pequeños montones; para evitar que animales o efectos ambientales dispersen los residuos, los obreros recolectores realizan el barrido y van cargando al mismo tiempo los desechos a la volqueta. No es funcional entonces la utilización de un sistema de almacenamiento.

14.5.1.3 Personal y equipo. Se empleará el mismo personal y equipo que realiza las labores de recolección domiciliaria, pues la manera como se disponen los residuos en la plaza permite que la misma cuadrilla de recolección (chofer y cuatro obreros) sea suficiente para el trabajo a realizar, además los obreros tienen que realizar al mismo tiempo el barrido, motivo por el cual se considera que el tamaño de la cuadrilla es adecuado.

14.5.1.4 Horario del servicio. Las actividades del mercado se realizan en horas de la mañana presentándose variaciones en el tiempo de duración de este, pero lo máximo que dura es hasta la 1:00 P.M.; a esta hora aproximadamente inician las labores de barrido, recolección y transporte al lugar de disposición final. Toda esta actividad se realiza el mismo día evitando la putrefacción de la materia orgánica y el esparcimiento de los residuos en las partes aledañas a la plaza de mercado.

14.5.1.5 Tiempos de recolección. Tiempo neto de recolección (TR), Tiempo comprendido desde el momento que llega hasta el momento que sale el vehículo con los desechos producidos en la plaza de mercado. se obtuvo un rendimiento de recolección en plaza de mercado de 329 hombres – minuto / tonelada.

Tiempo de transporte (Tt). Tiempo empleado en transportar los desechos sólidos del mercado, en el vehículo hasta la disposición final. se determinó en 28 minutos.

Tiempo de descarga (TD). Tiempo empleado en descargar la basura en el sitio de disposición final. TD = 16 minutos.

Tiempo de viaje desde el garaje hasta la plaza de mercado (T2) = 3 minutos.

Tiempo de viaje desde el sitio de disposición final al garaje (T4). Este tiempo es de 15 minutos.

Tiempo de viaje desde el sitio de disposición final a la plaza de mercado (T5) = 15 minutos.

Para el cálculo del tiempo empleado en el servicio de recolección a la plaza de mercado se utilizan las siguientes expresiones.

TR : Período neto de recolección. (min.)

$$TR = (R_n * P_c) / O$$

Rn : Rendimiento neto de recolección en plaza de mercado.

$$R_n = 329 \text{ hom-min/ton. (Cuadro 30.)}$$

Pc : Peso de los desechos del mercado en el vehículo recolector

$$P_c = V_c * DPM$$

Vc : volumen del carro recolector = 4,5 m³

DPM : Densidad de los desechos en la plaza de mercado.

$$DPM = 283,37 \text{ kg/m}^3$$

NC : Número de cargas.

$$NC = PT / P_c$$

PT : Producción total de la plaza de mercado.

Pc : Peso de los desechos del mercado en el vehículo recolector

TT : Tiempo total en recolección.

$$TT = NC * TR + (NV - 1) * (T_t + TD + T5) + (T2 + T_t + TD + T4)$$

NV : Número de viajes a disposición final.

HR : Horas requeridas para desalojar los desechos del mercado

$$HR = TT / 60 \text{ min.}$$

Los datos obtenidos de las anteriores expresiones de cálculo se consignan en el Cuadro 42.

Dado que el número total de horas requeridas para evacuar toda la producción de desechos de la plaza de mercado es menor de 4, hasta el año 2015, el horario de servicio será de 1:00 a 5:00 Pm, el día sábado, para los años 2016 y 2017 es conveniente iniciar el trabajo de recolección a las 12:30.

14.5.2 Recolección en colegios y escuelas. Por el número de personas que llegan a concentrarse en instituciones públicas, colegios y escuelas es necesario prestar un buen servicio de recolección de desechos para que los establecimiento se mantengan en

condiciones habitables. La producción de desechos en colegios y escuela se indican en el Cuadro 43.

La recolección de desechos institucionales se realizará conjuntamente con los domiciliarios, pues, en los cálculos de recolección y evacuación domiciliaria se incluyeron los datos de producción institucional, debido a que el volumen de producción de este no llega a ser muy importante.

14.5.2.1 Almacenamiento. Las instituciones educativas que funcionan en el municipio no cuentan con recipientes adecuados para el almacenamiento de desechos, por lo tanto es necesario diseñar recipientes para ofrecer un eficiente servicio de recolección. En el Cuadro 44, se indican tipos de cajas estacionarias y tambor metálico que se pueden utilizar para el almacenamiento.

14.5.2.2 Recipientes en escuelas. Para el almacenamiento de residuos sólidos en la escuela, se utilizarán tambores metálicos que comercialmente se consiguen de las siguientes características altura $h = 1,0$ m, diámetro $D = 0,55$ m, volumen $v = (0,25 * \pi * 0,55^2) * 0,9 = 0,213$ m³. La cantidad de tambores de acuerdo a la producción generada. (Ver Cuadro 44.) .

14.5.2.3 Recipientes en colegios. Para el almacenamiento en los colegios también se utilizarán tambores metálicos de las mismas características de los anteriores, su número se indica en el Cuadro 45, de acuerdo con la producción de desechos de cada institución (ver Cuadro 43.).

14.6 BARRIDO Y LIMPIEZA DE CALLES

Por la baja capacidad económica y más que todo por la falta de una organización en el sistema de aseo, en San José no se presta el servicio barrido de las calles, en estas circunstancias se pretende organizar el barrido de calles y tener la posibilidad de que se asigne presupuesto para este fin, teniendo como base para el análisis los datos recolectados.

14.6.1 Horarios y personal. El número de obreros que han de desarrollar el barrido de calles depende del número de horas disponibles para adelantar este trabajo, estas horas no deben interferir con el normal desarrollo de las actividades cotidianas de la comunidad para tener facilidad en la prestación del servicio de barrido.

Se considera que el horario más recomendado para desarrollar los trabajos de barrido es el comprendido entre Las 4:00 A.M. y las 8:00 A.M., consiguiéndose así una jornada laboral de 4 horas.

Después de fijado el horario se procede a plantear alternativas de personal con el fin de determinar el número adecuado de obreros que efectuarán el trabajo de barrido, (ver Cuadro 46 .).

De los datos del Cuadro 46, se determina que son necesarios tres obreros para realizar el

barrido en 4 horas hasta el año 2.010, de este año al 2014 los tres hombres necesitan 5 horas, los dos últimos años de la proyección se necesitarían 6 horas.

14.6.2 Equipo. Por la extensión de las vías en San José, la solución más práctica y económica es el barrido manual, ya que la adquisición de equipo mecánico para barrido no se justificaría. En el barrido manual se utiliza el siguiente equipo: Escobas con fibras cortas y duras, ya sean vegetales o de plástico.

Para el transporte de los residuos se puede utilizar una carretilla o un carro de mano, se recomienda utilizar el carro de mano por poseer mejor capacidad y disminución del número de viajes a disposición final, con respecto a la carretilla. Según el Cuadro 47, se necesita 1 viaje a disposición final con el carro de mano, en cambio con la carretilla se necesita un número mayor de viajes.

Cada obrero a parte del carro de mano debe estar dotado además de: una pala, botas y overol (Cuadro 48.); el equipo debe irse reemplazando a medida que se deteriore. El obrero se hará responsable del equipo que se le asigne (ver Figura 13.)

14.6.3 Rutas de barrido. Se fijan en función de la longitud de las vías a barrer, la cantidad de desechos producidos y el rendimiento de barrido. La longitud a barrer por día, se determina relacionando la cantidad de desechos que se producen a diario y los desechos que se originan por metro (Cuadro 20.); según el diseño tres obreros cubrirán esa longitud.

Cuadro 48. Equipo de barrido

| Descripción | No. | Características |
|--------------------|------------|--------------------------------|
| Carro de mano | 3 | Metálico, mantenimiento diario |
| Palas | 3 | Metálica de punta ancha |
| Escobas | 3 | De iraca o escubilla |

Con la longitud que le corresponde barrer a un obrero por día se establecen nueve rutas; cada obrero se encarga de tres de ellas, realizando una diariamente en un tiempo máximo de cuatro horas, permitiendo efectuar el barrido dos veces a la semana.

Los recorridos de las diferentes rutas y las rutas que le toca a cada obrero en los diferentes días se indican en el Plano 16.

14.6.4 Frecuencia. con el fin de mantener aseadas las vías y obtener cobertura del 100%, el barrido se realizará con una frecuencia de dos veces por semana por ruta; de esta forma cada obrero se encarga de una ruta diaria.

14.6.5 Procedimiento de barrido. Para el barrido de calles se seguirá el siguiente procedimiento:

- Se seguirá el diagrama de la ruta programada para cada obrero.
- Cada operario iniciará su recorrido a las 4:00 A.M., barriendo las cunetas a ambos lados de la calle, acumulando el producto de su barrido en determinados sitios, según el volumen, para regresar luego con su carro de mano o carretilla y proceder a la recolección hasta completar la capacidad del carro; trasladándola hasta la caja estacionaria correspondiente, la caja estacionaria que le corresponde ocupar a cada ruta se indica en el Plano 16.
- Una vez depositada en la caja estacionaria la basura transportada, cada obrero regresará al sitio donde interrumpió su labor y continuará hasta completar la ruta correspondiente.
- Al termino de la jornada el equipo deberá ser regresado al garaje.

14.6.6 Sitios de disposición transitoria. Es necesario localizar sitios específicos para depositar la basura proveniente del barrido, lo más cerca posible a la finalización de las rutas.

El número total de rutas programadas es 9, por lo tanto se fijarán tres sitios de disposición transitoria, a cada uno de los cuales convergen tres rutas.

En los lugares de disposición transitoria se ubican cajas estacionarias de 0,6 m. por 1,0 m. por 1,5 m; estas cajas tienen una capacidad para prestar servicio hasta el año 2011, para los años consecutivos se. colocarán cajas de 0,6 m. por 1,0 m. por 2,0 m (Cuadro 49.). Las cajas estacionarias han de ser metálicas, provistas de tapa y fijadas al piso mediante una base en concreto.

14.6.7 Recolección. Aunque la producción de desechos por este concepto no es muy considerable, la recolección si es dispendiosa y se necesita tener un sistema de recolección independiente de la recolección de desechos producidos por otros conceptos.

14.6.7.1 Frecuencia, personal y equipo. Este servicio se prestará los días sábado en horas de la mañana, para completar jornada de trabajo con la recolección de desechos de plaza de mercado y se prestará también los días martes.

El personal y equipo utilizados serán los mismos con que se trabaja la recolección domiciliaria.

14.6.7.2 Horario. El horario depende del número de cargas que realice el equipo recolector y del tiempo total empleado en esta actividad. Del Cuadro 50, se tiene que el número de viajes requeridos es de 1, y para el periodo de diseño se necesitan máximo dos horas; Los sábados el servicio se puede prestar de 10:00 A.M. a 12:00 M., los días martes el horario también será de 10:00 A.M. a 12:00 A.M. esto para los años del diseño en que la recolección domiciliaria no requiera de dos días completos de recolección.

14.6.7.3 Tiempos de recolección. Tiempo neto de recolección: (TR) = Tiempo comprendido desde el momento que llega hasta el momento que sale el vehículo con los desechos recogidos.

Tiempo de transporte (Tt) = 28 minutos.

Tiempo de descarga (TD) = 16 minutos.

Tiempo de viaje desde el garaje al inicio de ruta (T2) = 3 minutos.

Tiempo de viaje desde el sitio de disposición final al garaje (T4) = 15 minutos.

Tiempo de viaje desde el sitio de disposición final al reinicio de ruta (T5) = 15 minutos.

Para el cálculo del tiempo empleado en el servicio de recolección se utilizan las siguientes expresiones.

TR : Período neto de recolección. (min.)

$$TR = (Rn * Pc) / O$$

Rn : Rendimiento neto de recolección = 329 hom-min/ton.

Pc : Peso de los desechos.

$$Pc = Vc * DBB$$

Vc : volumen del carro recolector = 4,5 m³

DBB : Densidad de los desechos de barrido DPM = 392 kg/m³

NC : Número de cargas.

$$NC = PT / Pc.$$

PT : Producción total de tres días del barrido.

Pc : Peso de los desechos del mercado en el vehículo recolector

TT : Tiempo total en recolección.

$$TT = NC * TR + (NV - 1) * (Tt + TD + T5) + (T2 + Tt + TD + T4)$$

NV : Número de viajes a disposición final.

HR : Horas requeridas para desalojar los desechos.

$$HR = TT/60 \text{ min.}$$

Los datos obtenidos de las anteriores expresiones de cálculo se consignan en el Cuadro 50.

El recorrido de recolección de desechos de barrido es sencillo, pues solo debe realizar el recorrido desde el garaje, pasa a la caja estacionaria No.1 (carrera 4 con calle 1 salida a Pasto), luego pasa por los desechos de la caja No. 2 (carrera 4 con calle 3), avanza por la carrera 4 hasta la calle 5 toma la carrera 3 hasta la calle 3 avanzando por esta hasta el punto donde se ubica la caja estacionaria No. 3 calle 3 entre carrera 1 y 2 (tramo peatonal).

15. DISPOSICION FINAL

Dentro del proceso de prestación del servicio de aseo, generalmente la etapa de disposición final es la que más dificultades presenta, la práctica común y casi general en pequeñas poblaciones es el vertimiento de los residuos sólidos a una corriente de agua o la descarga a cielo abierto sin ningún tratamiento, convirtiéndose en una de las principales fuentes de contaminación y deterioro del medio ambiente.

Las técnicas de tratamiento que pueden utilizarse y que son las más conocidas son: Compostación, Incineración y Relleno Sanitario.

15.1 COMPOSTAJE

La compostación (llamado también tratamiento bacteriológico), es un proceso de degradación de la basura orgánica en un compuesto similar al humus, cuyo producto final se llama compost y se presume que sirve como mejorador de suelos para aprovechamiento agrícola, solo la fracción orgánica es susceptible de este tipo de tratamiento, por lo que no se considera la compostación como un método de disposición final. La compostación es un proceso intermedio de disposición final, ya que el material no compostable requiere de un método o tratamiento complementario de disposición.

Algunos estudios indican que las basuras orgánicas deberían ser procesadas biológicamente para convertirlas en material estable antes de ser añadidas a los suelos, es así como el compost no debe considerarse como un fertilizante, ya que su principal valor es su contenido orgánico que lo califica como un mejorador de suelos, este producto facilita a los suelos malos, mejorar el contenido de nutrientes y aumentar la capacidad de almacenamiento de humedad.

15.1.1 Parámetros de diseño. Los principales parámetros que se analizan para un proceso de disposición de residuos sólidos utilizando el compostaje son:

15.1.1.1 Relación carbono / nitrógeno. La tasa bajo la cual la materia orgánica se descompone, está determinada por las cantidades relativas de carbono y nitrógeno presentes en los residuos, la relación óptima carbono/nitrógeno está entre 30 y 40; mientras mayor sea la relación mayor será el tiempo de estabilización necesario.

Según el análisis químico efectuado a los desechos sólidos del municipio de Albán (Cuadro 15.), la relación Carbono/Nitrógeno es de 17,35, valor que indica carencia en suministro de nutrientes para un proceso de compostación adecuado.

15.1.1.2 Humedad. Para garantizar un proceso de compostación eficiente, se estima que el contenido de agua de los desechos debe estar entre el 40% y 60%, de lo contrario se debe ejercer un riguroso control de la humedad, con el fin de no afectar las velocidades de

reacción.

La humedad de los desechos de Albán (Cuadro 15.), es del 76,6% considerado alto, por tanto dificulta el manejo, el compostado se vuelve compacto y se reduce la cantidad de aire presente, tornándose en una descomposición anaerobia con los subsecuentes problemas de olores desagradables.

15.1.2 Ventajas del compostaje

- Permite eliminar residuos de la industria alimenticia, de papel, aserraderos, etc. Además, facilita por su modo de operación, la recuperación de vidrio, caucho, papel y otros productos similares. Por lo anterior permite captar algunos fondos por venta de compost y por reciclaje.
- Es una de las pocas formas operativas actuales de neutralización de los desperdicios orgánicos.
- No se tienen efectos ambientales de los otros métodos por cuanto La actividad biológica acelera la descomposición de minerales insolubles como los fosfatos, disminuye la pérdida de nitrógeno por lixiviación al incorporarse en biomasa, la materia orgánica disminuye la cantidad de fertilizantes químicos requeridos y estimula el crecimiento vegetal.

15.1.3 Desventajas del compostaje

- Altos costos de operación y mantenimiento.
- Requiere asistencia técnica.
- Requiere como método complementario, labores de reciclaje y separación de materiales.
- por las características de los residuos analizados la humedad del 76,6% causa dificultades necesitando controlarla, con el fin de no afectar las velocidades de reacción.
- La relación Carbono Nitrógeno indica secases en el suministro de nutrientes, para la obtención de un adecuado compost.

15.2 INCINERACION

La incineración es un proceso que consiste en que por medio del calor se destruye toda clase de basuras, aún de las cenizas y se emplea prácticamente para desperdicios y animales muertos.

Es un procedimiento de eliminación de basura que se utiliza en lugares donde no hay mucha disponibilidad de terreno para ubicar el relleno sanitario, o que el espacio sea muy reducido. Con el proceso de incineración se destruyen todas las bacterias e insectos y no hay residuo sólido o líquido que presente problemas secundarios.

Los costos de adquisición y mantenimiento de un incinerador son elevados para poblaciones pequeñas en que la producción de residuos es relativamente baja y

generalmente los recursos económicos son escasos. En estas poblaciones pequeñas conviene económicamente buscar otras soluciones.

15.3 RELLENO SANITARIO

El relleno sanitario es una alternativa de disposición final de los residuos sólidos en el suelo según normas determinadas por la ingeniería, de tal forma que no causen perjuicios al medio ambiente, riesgos a la salud pública tanto durante la operación como después de terminado.

El procedimiento se basa en recibir las basuras, extenderlas por capas en celdas previamente dimensionadas, cubiertas con un material seleccionado y compactadas de acuerdo al avance de la operación; para que se considere como sanitario debe controlar los problemas que pueden ser causados por los líquidos y gases producidos, no deben existir animales perjudiciales como moscas, ratas e insectos.

El relleno sanitario es el único medio verdadero de disposición final de los desechos sólidos, los otros métodos conocidos, por su forma de operación dejan un residuo final que debe ser dispuesto a través del relleno sanitario; perfilando al relleno sanitario como una verdadera solución al problema de disposición final de residuos por cuanto en la actualidad existen soluciones adecuadas para problemas como la producción de gases y la contaminación del agua por infiltración, pues estos no eran considerados anteriormente.

El relleno sanitario puede ser manual o mecánico, la elección entre estos dos métodos depende en gran parte del número de habitantes a servir, de la procedencia y cantidad de basura que se produce diariamente.

El relleno sanitario manual se tiene como una alternativa técnica y económica para poblaciones con menos de 40.000 habitantes y que produce una cantidad de basura inferior a 20 toneladas por día; bajo la técnica de operación manual, solo se requiere equipo pesado para los trabajos iniciales de adecuación del sitio, excavación del material, construcción de vías internas; los demás trabajos pueden realizarse manualmente.

La alternativa de disposición final mediante un relleno sanitario es necesaria para Albán por cuanto:

- Es un verdadero método de disposición final de residuos que no necesita procesos complementarios
- Las condiciones de población y producción de desechos están dentro del rango de condiciones del sistema.
- Es la alternativa que se acomoda a las condiciones económicas del municipio, frente a otros sistemas de disposición que requieren una inversión inicial superior.
- Es un método completo y definitivo dada su capacidad para recibir todo tipo de desechos, obviando los problemas de las cenizas en la incineración y de los desechos no susceptibles de descomposición orgánica en la compostación. Permitiendo a la alcaldía

cumplir con los requerimientos como entidad encargada del sistema de aseo urbano.

15.3.1 Ventajas y desventajas de un relleno sanitario manual.

15.3.1.1 Ventajas de un relleno sanitario. El relleno sanitario como método de disposición final de desechos sólidos urbanos, es sin lugar a dudas el método de disposición final que mejor se acomoda a las necesidades que al respecto tienen países como el nuestro. Sin embargo es necesario que se asignen los recursos financieros y técnicos adecuados para su planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento.

La inversión inicial de capital es inferior a la que necesita para implementar cualquiera de los métodos de tratamiento: incineración o compostación.

Se genera empleo de mano de obra no calificada, de la cual se dispone en abundancia en la región.

El terreno donde se ubica el relleno se puede destinar para uso futuro en la construcción de áreas recreativas, reforestación, campo deportivo.

Un relleno sanitario se puede poner en operación en un periodo de tiempo corto. Se considera flexible ya que no precisa de instalaciones permanentes y fijas, también porque es apto para recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.

15.3.1.2 Desventajas de un relleno sanitario. La primera barrera para la construcción de un relleno sanitario la constituye la adquisición del terreno, debido a la oposición que se suscita por parte del público, ocasionada en general por factores como: falta de conocimiento sobre la técnica de relleno sanitario, asociarse el término relleno sanitario al de un vertedero de basuras a cielo abierto, La evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales.

El rápido proceso de urbanización encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, debiéndose ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de las rutas de recolección, lo cual aumenta los costos de transporte.

La supervisión constante de la construcción para mantener un alto nivel de calidad de las operaciones.

Alto riesgo de transformarse en un vertedero a cielo abierto por la carencia de voluntad política de las administraciones municipales, ya que en ocasiones se muestran renuentes a apropiarse los recursos necesarios para una correcta operación y mantenimiento.

Se puede presentar una eventual contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las debidas precauciones.

Los asentamientos más fuertes se presentan los dos primeros años de terminado el relleno, por lo tanto se dificulta el uso inmediato del terreno una vez terminado el relleno.

15.3.2 Métodos de construcción del relleno sanitario. El procedimiento de construcción del relleno sanitario manual depende de la topografía, también lo determina la fuente de material para cobertura y de la profundidad del nivel freático; las tres formas de efectuar el relleno se indican a continuación¹.

15.3.2.1 Método de la zanja o trinchera. Este método se emplea en zonas planas y consiste en excavar zanjas de dos o tres metros de profundidad, parte de la tierra extraída se utiliza como cobertura requiriendo un botadero adicional para la tierra sobrante de excavación.

En época de lluvia las aguas pueden inundar las zanjas por tanto Se debe tener cuidado en construir canales perimetrales para captarlas y desviarlas, incluso proveer de canales internos. Las paredes longitudinales de la zanja deberán ser cortadas de acuerdo al ángulo de reposo del suelo excavado.

Se debe tener cuidado con condiciones desfavorables como la ubicación en terrenos rocosos que dificultan la excavación incidiendo en el costo de esta, o terrenos donde el nivel freático hace presencia muy superficialmente, teniéndose riesgos en la contaminación del acuífero. El método se indica en la Figura 14.

15.3.2.2 Método del área. Este tipo de relleno se emplea generalmente cuando se dispone de terrenos con depresiones artificiales o naturales, la operación del relleno sanitario tiene el siguiente proceso de trabajo.

Los vehículos de recolección vacían los desechos directamente en el frente de operación, los desechos son esparcidos y compactados en capas de 15 a 30 cm, luego se procede al recubrimiento con una capa de 10 a 15 cm de material que puede ser de los terrenos adyacentes o que en su defecto la fuente de material no se encuentre muy alejada del sitio del relleno. Luego se procede al recubrimiento superior o sello del relleno sanitario con una capa compacta de material de por lo menos 60 cm de espesor. (ver Figura 15.).

15.3.2.3 Método de la pendiente o rampa. Este procedimiento se emplea sobre una pendiente natural o construyendo rampas, opera en forma similar a los rellenos tipo zanja o área, pero los desechos son descargados y se extienden sobre una rampa, se apisona contra el talud y se recubren diariamente con una capa de material de 15 cm de espesor; la rampa debe tener una pendiente de unos 30°, terminada la operación y alcanzado el nivel previsto, se recubre con una capa de tierra o material similar de 60 cm de espesor. El método de rampa se utiliza en terrenos de declive moderado o en aquellos que tengan una capa de material susceptible de ser usado para recubrimiento o como sello del relleno. Puede

¹ SALAZAR CANO, Roberto. Conferencias de Ingeniería Ambiental. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 1993.

planearse para ir formando escalones en terrenos de pendiente más o menos pronunciada haciendo pequeñas excavaciones para lograr el material de recubrimiento. (Figura 16.).

Por cuanto los métodos de relleno sanitario de zanja y de área tienen técnicas similares de operación, pueden combinarse para lograr un mejor aprovechamiento del material de cobertura y rendimientos en la operación. (Figura 17.).

16. DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO

16.1 ANALISIS DEL SITIO DESTINADO PARA RELLENO SANITARIO

Para escoger el sitio donde se ubicará el relleno sanitario deben seguirse criterios de exclusión, análisis hidrológico y escurriente. Las difíciles condiciones topográficas que presentan la mayoría de los terrenos de Albán, entorpecen la selección del lote no pudiendo aplicar los anteriores criterios, la gente que posee terreno no quieren salir de este ya que es su fuente de recursos, o si tienen decisión de vender los precios son exagerados y exigiendo rapidez en el pago, aspecto en el que el municipio no tiene mucha credibilidad.

Actualmente el Municipio dispone de un lote de 4,6 hectáreas donde se puede plantear como alternativa la disposición final de residuos sólidos en un relleno sanitario, debido a que cumple con las características definidas por el R.A.S. , como son:

- Se pueden minimizar los efectos de impacto ambiental.
- La distancia de la cabecera municipal al lote no exagera los costos de transporte.
- Tiene suficiente área, para cumplir con la capacidad requerida para la vida útil.
- Se tiene acceso al sitio mediante vía veredal.
- Material del sitio se puede utilizar como material de cobertura.
- Las características topográficas brindan facilidades de operación
- El municipio ya posee escritura que lo acredita como propietario del lote.

Además el lote cumple con restricciones y distancias mínimas:

- El lote se ubica a más de 1000 m. del casco urbano.
- A una distancia de 500 m. a la redonda del lote no se encuentran cuerpos de agua ni corrientes superficiales.
- El lote no se encuentran en zona de fallas geológicas.
- No se afectan fuentes de agua potable, a 500 m. del lote no se observan pozos de agua potable, manantiales o fuentes superficial o subterránea de abastecimiento hídrico.

16.1.1 Localización. El lote al que se realizó el estudio se ubica al sur-oriente de la cabecera municipal, a una distancia de 4,7 kilómetros en la vereda Alto de las estrellas, el lote cuenta con una vía de acceso la cual se prolonga hasta otras fincas. El área del lote es 46.077 m².

16.1.2 Topografía

Para el levantamiento topográfico en sus componentes planimetría y altimetría, se utilizó una estación total Sokkisha SDM 3F 06, el procedimiento se inicia asignando coordenadas y una altura de punto, una vez instalada la estación con su respectivo azimut, se procede a realizar lecturas utilizando el prisma, el cual se va colocando según los cambios

topográficos, siendo necesario hacer mayor número de lecturas donde se presenten cambios bruscos. La estación capta las coordenadas de cada punto, datos con los cuales se procede a la elaboración de la cartera topográfica y representación en un plano, los cálculos se muestran en el Anexo H, (Plano 17.).

16.1.3 Condiciones climáticas de la región. Se obtuvieron datos de la estación meteorológica de San Bernardo, ubicada en la vereda La Vega, antes territorios del municipio de Albán, los datos de la estación son los siguientes: latitud 0130 N, longitud 7702 W, elevación 2190 m.s.n.m., estación tipo CO número 5204503 instalada en septiembre de 1.972, la estación se ubica dentro de la corriente del Juanambú, toda la información fue suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales regional Nariño-Cauca.

16.1.3.1 Temperatura. El valor medio anual de temperatura obtenido es de 15,5 °c, la temperatura más elevada es de 17 °c y la más baja es de 14,1 °c. Los datos se presentan en el Cuadro 51.

16.1.3.2 Precipitación. Representa la cantidad de agua meteórica total líquida y sólida que cae sobre una superficie determinada, llamada sección pluviométrica.

La precipitación promedio anual es de 1953 mm, el valor máximo mensual es de 539,2 mm y el mínimo de 6,4 mm. Se presentan dos épocas de invierno al año; la primera época de invierno se presenta con mayor intensidad durante los meses de Noviembre y Diciembre. Los meses que se presenta con mayor intensidad el verano es en Junio, Julio y Agosto. Los datos de precipitación se indican en el Cuadro 52.

16.1.3.3 Humedad relativa. Es la cantidad de vapor de agua que existe en la atmósfera y es función de la evaporación, temperatura y altura sobre el nivel del mar; a menor temperatura menor humedad. Para la zona en estudio se tiene anualmente un promedio del 83% de humedad relativa, desde 1.987 hasta 1.996 se han tenido como valores máximo 93% y mínimo 74% de humedad relativa (Cuadro 53.).

16.1.3.4 Evaporación. Se considera como el retorno de la humedad de la tierra a la atmósfera a través de la evaporación del agua de la superficie del suelo, las plantas y la transpiración de las últimas. La evaporación se mide en mm y depende del tipo de suelo, vegetación y algunos factores climatológicos como temperatura y humedad. Según los datos de la estación meteorológica se tiene un valor medio anual de 1.035,8 mm, el máximo mensual es 120,9 mm y el mínimo mensual es 54 mm, los datos se indican en el Cuadro 54.

16.1.3.5 Recorrido del viento. Aire en movimiento motivado por la diferencia de presión barométrica entre dos lugares. En el municipio de Albán se presentan los vientos de acuerdo a los periodos de invierno y verano, los vientos de mayor intensidad se presentan en los meses de Julio y Agosto (Cuadro 55). La estación de La Vega no posee instrumentos para medir la dirección del viento; según el I.D.E.A.M.

16.1.3.6 Brillo solar. El valor promedio anual del brillo solar es de 1.533 horas, el máximo valor mensual es de 181,3 horas de brillo solar y corresponde al mes de julio y el mínimo mensual es de 64,1 horas en el mes de enero; Cuadro 56.

16.1.4 Estudio de suelos. Es necesario realizar un análisis de suelos para conocer las características del suelo sobre el cual se han de disponer los residuos sólidos, conocer la posibilidad de desplazamientos de la infiltración y de como es posible que alcance el nivel freático y aguas superficiales. El estudio interesa desde el punto de vista de la calidad del material de excavación para ser utilizado como material de cobertura.

16.1.4.1 Propiedades mecánicas. Para determinar las propiedades mecánicas del suelo se realizaron cuatro apiques distribuidos como se indica en el Plano 17, a los cuales se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio: granulometría, límites de consistencia, humedad natural; permitiendo determinar la estratigrafía y posición del nivel freático, los resultados de los ensayos realizados se indican en el Anexo I.

16.1.4.2 Propiedades químicas. La composición química se determinó con base a una muestra conformada por todos los estratos. El análisis químico lo realizó la sección de laboratorios y equipos en el laboratorio de química de suelos de la Universidad de Nariño, los resultados se muestran en el Cuadro 57.

Cuadro 57. Propiedades químicas del suelo

| Propiedad química | Resultado |
|--------------------------|------------------|
| Densidad aparente gr/cc | 1,1 |
| Humedad Higroscópica % | 1,5 |
| Arenas porcentaje | 50,88 |
| Arcillas porcentaje | 20,40 |
| Limos porcentaje | 28,72 |
| Materia Orgánica % | 3,0 |

16.1.4.3 Nivel freático. Entre mayor sea la profundidad del nivel freático, las aguas subterráneas se verán menos afectadas por el funcionamiento del relleno sanitario y la operación de éste será menos complicada. El apique No. 4 se excavó hasta 4 metros sin encontrar presencia de aguas subterráneas (nivel freático), se tiene entonces menores posibilidades que se produzcan efectos negativos del relleno sobre las aguas subterráneas.

16.1.4.4 Permeabilidad. Uno de los aspectos que debe tenerse en cuenta es la cantidad de agua que, procedente de la lluvia directa sobre las trincheras o de escorrentía de zonas aledañas puede penetrar en el terreno y las celdas del relleno y producir los llamados líquidos lixiviados o percolados los cuales deberán encausarse para someterlos a un tratamiento posterior; mientras mayor sea la cantidad de agua que se puede infiltrar, mayor será la cantidad de lixiviados. La transformación de la materia orgánica por acción de microorganismos es un proceso en el que se tiene como subproducto agua con alta

concentración de contaminantes que pueden llegar a afectar corrientes de aguas subterráneas y superficiales.

El coeficiente de permeabilidad depende del tamaño de los vacíos, éste a su vez está relacionado con la distribución del tamaño de las partículas; por lo tanto se puede esperar que exista alguna clase de correlación entre el coeficiente de permeabilidad y la granulometría.

Allen-Hazen encontró experimentalmente que el coeficiente de permeabilidad de filtros de arena se puede expresar aproximadamente por medio de la siguiente formula:

$$K = C * D_{10}^2 \text{ donde:}$$

K: coeficiente de permeabilidad en Cm/seg

C: coeficiente que varía de 41 a 146 con valor promedio de 100 trabajando con arenas.

D10: Tamaño efectivo en cm. = 0,1191 cm.

Aplicando la anterior ecuación al estrato arenoso (segundo estrato) se obtuvo el valor:

$$K = 100 * 0,1191^2 = 1,42 \text{ Cm/seg.}$$

Lo anterior es aplicable a arenas; para limos se realizó un ensayo de infiltración utilizando los estudios realizados por Green-Ampt, mediante los cuales se obtiene la permeabilidad del suelo haciendo uso de los métodos numéricos, con los cuales se puede calcular también: volumen de infiltración (V_i), porosidad, porcentaje de infiltración (di/dt). Los datos se indican en el Anexo J.

Dadas las características permeables del sitio por la presencia de arena, es necesario prever un aislamiento para evitar que los lixiviados contaminen posibles corrientes de agua.

16.2 PARAMETROS DE DISEÑO

16.2.1 Población y producción de desechos. Para determinar la cantidad de desechos que se han de disponer en el relleno, es necesario conocer la proyección de población y su producción residuos, los datos de población son tomados de información censal oficial y los de producción de desechos según el estudio desarrollado para el plan de aseo.

Los valores actuales y sus proyecciones, tanto de la población a servir como de los residuos que esta produce se indican en el Cuadro 22.

16.2.2 Densidad de los desechos. Para determinar este parámetro se realiza una prueba de campo que determina el grado de compactación de los desechos, dato con el cual se fija la vida útil del relleno; la prueba de campo consistió en apisonar los desechos en tres capas en un molde de volumen conocido y con un pisón de peso determinado, variando el número de golpes, para luego pesarlo y calcular la densidad para las diferentes energías de compactación. (Cuadro 58.).

La densidad en un relleno sanitario manual puede estar comprendida entre 400 kg/m^3 y

500 kg/m³, de la prueba realizada se obtuvo un resultado de densidad promedio de 495,70 kg/m³, dato que se encuentra dentro del rango¹.

16.2.3 Estimación del volumen requerido. El volumen que se requiere del relleno sanitario se estableció en función de: la densidad de los desechos sólidos estabilizados en el relleno sanitario manual, La producción diaria de desechos sólidos, la cantidad del material de cobertura; esta puede ser de 20% a 25% del volumen de desechos¹. Para los cálculos se emplean las siguientes expresiones.

Cuadro 58. densidad de residuos sólidos para disposición final

| No. de golpes | Peso Kg. | Densidad kg/m ³ |
|---------------|----------|----------------------------|
| 7 | 11.25 | 483.87 |
| 8 | 11.49 | 494.19 |
| 9 | 11.61 | 499.35 |
| 10 | 11.75 | 505.38 |
| Promedio | | 495.70 |

volumen molde de compactación = 0,02325 m³

Número de capas = 3

Peso pisón = 3 kg.

$$V_{dd} = D_{pd} / D_{rs}$$

V_{dd} : Volumen de desechos a disponer en un día (m³/día).

D_{pd} : Cantidad de desechos producidos (kg/día), (Cuadro 22).

D_{rs} : Densidad de desechos compactados (kg/m³), (Cuadro 58).

V_{da} = V_d * 365 : Volumen de desechos sólidos en un año m³/año.

Con estas fórmulas se puede calcular el volumen del relleno sanitario para el primer año, afectando el valor que se obtiene por un factor por material de cobertura:

$$VRS = V_{da} * FMC$$

VRS : volumen del relleno sanitario m³/año

FMC : Factor por material de cobertura.

La cantidad de material de cobertura necesario normalmente está en relación M.C. : D.S. de 1:4 a 1:5 por volumen, es decir debe emplearse 1m³ de M.C. por cada 4 a 5 m³ de D.S. o sea entre un 20 a 25 %¹. Por el tamaño del proyecto se utiliza el 20%.

¹ SALAZAR CANO, Roberto. Conferencias de Ingeniería Ambiental. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, 1993.

¹ PEREZ GUTIERREZ . Luis. Guía para el diseño, construcción y operación de un relleno sanitario manual. Gobernación de Antioquia. Medellín, Abril de 1998. Pág. 61

Para conocer el volumen total durante la vida útil se tiene:

$$VRS_{vu} = \sum_{i=1}^n VRS$$

VRS_{vu} : Volumen de relleno sanitario durante la vida útil.

n : número de años

Los resultados de las anteriores expresiones para cada año durante el periodo de diseño se calculan con base en la población estimada al final de cada año, los resultados se muestran en el Cuadro 59.

16.3 AREA REQUERIDA

Con el volumen calculado según las anteriores expresiones, se puede también estimar el área necesaria para la construcción del relleno sanitario evaluando aproximadamente la altura del relleno. El área requerida para la construcción de un relleno sanitario depende de los siguientes factores:

- Cantidad de material de cobertura.
- Densidad de compactación de los desechos sólidos.
- Profundidad o altura del relleno sanitario.
- Areas adicionales para obras complementarias.

$$ARS = VRS/HRS$$

ARS : área a rellenar sucesivamente (m^2)

VRS : Volumen necesario de relleno ($m^3/año$).

HRS : Altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

La profundidad de una celda no debe exceder de 4 m., pues entre mayor sea su altura menor será la necesidad de material de cobertura final. Sin embargo, celdas con menor profundidad disminuyen los asentamientos, de ahí que profundidades entre 2,0 m. y 3,0 m. son recomendables²; para el proyecto que se adelanta se utiliza alturas de 3 metros en el tipo de trinchera.

$$AT = F * ARS$$

AT : Area total requerida (m^2)

F : Factor de aumento de área adicional.

Factor de aumento requerido por vía interna, caseta para portería e instalaciones, etc. Este se considera entre un 20% y 40% del área a rellenar. Para el proyecto por sus características y tamaño se toma del 20%, Los resultados de área necesaria se indican en el Cuadro 59.

² SALAZAR CANO, Roberto. Conferencias de Ingeniería Ambiental. Universidad de Nariño. San Juan de Pasto. 1995

16.4 CALCULO DEL VOLUMEN DISPONIBLE

Para el cálculo de la vida útil del relleno sanitario es necesario conocer la capacidad disponible del terreno para disponer los residuos sólidos. Por la topografía que presenta el terreno y el área disponible, se determinó construir un relleno sanitario por método de zanja o trinchera.

Para la disposición de las zanjas en el lote se tubo en cuenta la topografía del mismo, de tal forma que los lixiviados puedan ser recogidos en un punto común para realizarles el respectivo tratamiento. Con el fin de no afectar la estabilidad la distancia entre zanjas es de 2 metros, la disposición de las zanjas en el lote se indican en el Plano 18.

Para calcular el volumen de las zanjas se trazó perfiles paralelos entre sí y perpendiculares al desarrollo de la trinchera, en los Planos 20 a 32 se indican las secciones de las trincheras a las que se calcula el área para luego calcular el volumen. los cálculos del volumen de trincheras se muestran en el Anexo K.

El volumen total disponible es 28.282 m³

16.5 VIDA UTIL

La vida útil está en función de factores como los que a continuación se indican:

Volumen total disponible en el sitio.

Grado de compactación de los desechos en relleno sanitario.

Volumen del material de cobertura, considerado en 20% del total de volumen disponible.

Después de calculados los volúmenes disponible (28.282,31 m³) y requerido, que se encuentra en el Cuadro 59, se establece que la vida útil del relleno es de 11 años 8 meses.

16.6 MATERIAL DE COBERTURA

La cantidad de material de cobertura necesario depende del tamaño de las celdas construidas, principalmente de la profundidad total del relleno; teniendo en cuenta que la capa de tierra que separa dos celdas contiguas será de 0,15 m. y la capa final de material de cobertura sobre la celda superior será de 0,60 m. Por el método de construcción (Zanja), se aprovechará el material de excavación de trincheras para ser utilizado como cobertura; la excavación se realizará preferiblemente con retroexcavadora, a razón del rendimiento que se obtiene, en caso contrario se realizará a mano.

La cantidad de material de cobertura se evalúa como el 20% del volumen total a rellenar. La cobertura cumple funciones como:

- Evitar la propagación de olores e incendios.
- Evitar el acceso y proliferación de roedores, gallinazos y moscas.

- Disminuir la infiltración de agua lluvia a través de los desechos sólidos, lo cual disminuye la cantidad de lixiviados.
- Permitir el manejo de los gases con ayuda de las chimeneas.
- Servir de base para el desplazamiento de trabajadores y del vehículo recolector durante la operación del relleno sanitario.
- Mejorar la apariencia del relleno.
- Permitir el crecimiento de vegetación.

16.6.1 Cantidad de material de cobertura requerido.

| | |
|---|----------------------------|
| Espesor cobertura final | : 0.60 m. |
| Espesor cobertura intermedia | : 0.15 m. |
| Volumen total del relleno | : 28.282,31 m ³ |
| Volumen material de cobertura necesario | : 5.656,46 m ³ |

El volumen de excavación es suficiente para la necesidad de material de cobertura. Se dispone de una depresión para la disposición del material de excavación sobrante; según los estudios de suelos anexo I, se considera que el material de excavación es adecuado como material de cobertura.

16.7 DISEÑO DE CELDAS

Cada una de las celdas del relleno sanitario está constituida por una cantidad determinada de desechos sólidos compactados, aislados completamente por una capa de material de cobertura. Una celda constituye una unidad fundamental de trabajo.

Las dimensiones de una celda se determinan en función de la cantidad de desechos que recibe el relleno sanitario, el día viernes o sábado, que llegan: la producción residencial e institucional de cuatro días, el día sábado se recibirá la basura del mercado y la de barrido de calles de cuatro días de almacenamiento.

Para 2.003 se diseñará la celda tipo, para los demás años del periodo de diseño se conservarán las dimensiones y se variará el número de celdas que se construyen diariamente, si es del caso.

16.7.1 Dimensionamiento de celda diaria. Para 2.003 la producción residencial e institucional que recibe el relleno sanitario es de:

$$PRI = ((PRD + PID) * DA) / N$$

PRI : Producción residencial e institucional.

PRD :Producción residencial diaria (Cuadro 22.).

PID :Producción institucional diaria (Cuadro 22.).

DA :Número de días de almacenamiento.

N : Número de días en que se recogen los desechos del periodo de almacenamiento.

$$PRI = ((1704,9 + 35,37) * 4) / 1 = 6,96 \text{ ton.}$$

La cantidad de residuos de plaza de mercado y barrido de calles que llega al relleno sanitario el día sábado es de:

$$PMB = (PM * 7 + PB * 4) / N$$

PMB :Producción de basura en mercado y barrido de calles.

PM :Producción en plaza de mercado.

PB :Producción de barrido de calles.

N :Número de días en que se recogen los desechos.

$$PMB = (151,71 * 7 + 143,13 * 4) / 1$$

$$PMB = 1,63 \text{ Toneladas.}$$

Como se observa la cantidad de basura que llega los días lunes y viernes es diferente a la que llega el día sábado, por lo anterior se dispone el diseño de dos tipos de celda.

Celda tipo 1.

Este tipo de celda se diseña para la basura residencial e institucional y se conformará diariamente los días lunes y viernes.

Volumen de la celda tipo 1: VC1, será:

VC1 = (PRI/DRS) donde:

PRI : Producción residencial e institucional que recibe diariamente el relleno.

DRS : Densidad de los desechos en el relleno sanitario (Cuadro 58.).

$$VC1 = 6,96 \text{ ton.} / 0,4957 \text{ ton/m}^3.$$

$$VC1 = 14,04 \text{ m}^3.$$

Se tiene como recomendación una altura total de celda de 0,75 m, incluidos 15 centímetros de espesor de material de cobertura, se tiene entonces un altura de desechos de 0,60 m., resultando un área de celda 1 AC1:

$$AC1 = 14,04 / 0,60 = 23,40 \text{ m}^2.$$

Como se tiene que la base de la trinchera = 4,0 m., la longitud de la celda 1 es:

$$L1 = AC1 / 4,0 = 5,85 \text{ m.}$$

Celda tipo 2.

Este tipo de celda se diseñará para la basura de plaza de mercado y barrido de calles, se conformará diariamente los días sábado. El procedimiento para dimensionamiento es el mismo que se siguió para la celda tipo 1.

$$VC2 = PMB / DRS$$

$$VC2 = 1,63 \text{ ton.} / 0,4957 \text{ ton./m}^3 = 3,29 \text{ m}^3.$$

$$AC2 = 3,29 / 0,6 = 5,48 \text{ m}^2.$$

Ancho 3,0 m.

$$L2 = 5,48 / 3 = 1,83 \text{ m} = 2,0 \text{ m.}$$

16.7.2 Selección de la celda. Con el fin de facilitar la operación del relleno sanitario conviene utilizar solamente un tipo de celda, esto permite que la basura que se recibe diariamente sea cubierta completamente.

El tipo de celda a utilizar para el relleno sanitario manual de San José, será celdas de 3,0 m. de ancho, 5,8 m. de largo, y una altura 0,60 m. con 0,15 m. de material de cobertura. La inclinación del talud de la celda diaria será de 3:1 (H:V), según recomendaciones del R.A.S. en su título F, literal F.6.4.5.

Para los años del periodo de diseño, el número de celdas que se configuran diariamente y dependen del número de días de recolección de desechos de cuatro días de almacenamiento y la cantidad de desechos que se reciban diariamente. (Cuadro 60.). La disposición de las celdas se indica en el Plano 33.

16.8 OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

Se programaron obras de infraestructura para dar cumplimiento a requisitos sanitarios y facilitar la operación y funcionamiento del relleno.

16.8.1 Acceso. Se tiene acceso al lote por medio de una vía que llega de San José y continúa a fincas de la vereda Alto de las estrellas, con el fin de entregar la basura lo más cerca posible al frente de trabajo, se programa la construcción de una vía interna con base en recebo compactado de 30 Cm de espesor, tiene una longitud de 400 m., el ancho de calzada es de 4,0 m., con una pendiente transversal del 2%.

La configuración de la vía en planta se indica en el Plano 17, el diseño en perfil se indica en el Plano 19, los datos de este diseño se presentan en el Anexo No. L. Se obtuvieron las siguientes cantidades de obra:

Volumen de corte = 339.0 m³

Volumen de terraplén = 138.9 m³

Base en recebo compactado = 1600 m²

Espesor base en recebo 30 Cm.

16.8.2 Configuración del sitio. La configuración hace referencia a la excavación de las trincheras y al tratamiento del suelo de soporte que debe prepararse para la recepción de los desechos sólidos recogidos. Para la excavación en trincheras ha de utilizarse maquinaria, preferiblemente una retroexcavadora por su maniobrabilidad y rendimiento, no se aconseja la utilización de obreros para la excavación de trincheras, pues su rendimiento es muy bajo. La configuración de cada trinchera se ejecuta de acuerdo a los perfiles trazados, estos se indican en los Planos 20 a 32.

Los taludes de corte en trincheras se conformarán tal que no causen erosión, la inclinación

del talud será 1:2 (horizontal : vertical); la base de las trincheras tendrá una pendiente del 2% hacia el lado del corte donde se ubica el dren, con el fin de recoger los líquidos lixiviados y conducirlos a través de filtros a un punto común de tratamiento.

Debido a las características de permeabilidad del suelo de soporte donde se ubica el relleno sanitario, se hace necesario restringir la infiltración de líquidos percolados y evitar contaminar aguas subterráneas; para esto se dispone la colocación de una capa compacta de arcilla de 0,30 m, sobre una geomembrana en la base y talud de la trinchera.

16.8.3 Drenaje de aguas lluvias. Con el fin de evitar que las aguas lluvias que se producen en la zona y que por escorrentía pueden llegar al relleno sanitario, provoquen dificultades en la operación de éste, se diseñó un canal perimetral que intercepte estas aguas y las evacue sin causar trastornos en el funcionamiento del relleno sanitario. Con la colocación del canal se evita mayores riesgos de contaminación, propagación de malos olores y aumento en la producción de lixiviados. Además del canal perimetral se construirán canales transversales en tierra para lograr una mejor evacuación de las aguas lluvias que puedan afectar al relleno sanitario.

Diseño del canal perimetral:

Este se construirá en forma trapezoidal en paredes de concreto simple, los detalles se indican en el Plano 33.

Cálculos:

$$Q = P * T / A$$

P : Precipitación media anual = 1.999 mm

Q : Caudal de aguas lluvias (m³/seg)

A : Area de influencia = 35.000 m² (aproximadamente)

T : Tiempo en segundos (para un año = 31.536.000 seg).

$$Q = 1,999 * 35.000 / 31.536.000 = 1,22 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg}.$$

Según la fórmula de Manning para flujo uniforme se tiene:

$$V = (R^{2/3} * S^{1/2}) / n$$

V : velocidad media (m/seg.)

R : Radio hidráulico (m.)

S : Pendiente de la solera del canal = 2%

n : Coeficiente de rugosidad = 0,013

$$Q = (A * R^{2/3} * S^{1/2}) / n$$

Se utilizará canal trapezoidal (mitad de hexágono), revestido en concreto pobre.

$$A = y^2 * \sqrt{3}$$

y = Altura efectiva en metros.

$$\text{Perímetro mojado} = 2 * y * \sqrt{3}$$

$$R = A / \text{perímetro mojado} = y / 2$$

reemplazando en la ecuación $Q = (A * R^{2/3} * S^{1/2}) / n$

$$y = 3,99 * 10^{-2} \text{ m.} = 3,99 \text{ cm.}$$

$$A = 3,99 * \sqrt{3} = 6,93 \text{ cm}^2.$$

$$b = (2 * y * \sqrt{3}) / 3 = 8,00 \text{ cm.}$$

Por cuanto las dimensiones encontradas son muy pequeñas se adoptan dimensiones adecuadas para dar funcionalidad y facilidad en construcción, el canal tendrá las siguientes dimensiones:

Ancho inferior = 30 cm.

Ancho superior = 60 cm.

Altura = 30 cm.

Inclinación de las paredes del talud 1:2 (H:V), (ver Plano 33).

16.8.4 Drenaje de lixiviados. Los problemas originados por los lixiviados pueden ser la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas debido principalmente a las altas cargas orgánicas y a los componentes tóxicos que pueden contener. La carga orgánica agota el oxígeno de las aguas y altera la vida de la flora y fauna acuáticas. Los desechos en San José son en su mayoría de origen doméstico, con un alto contenido de materia orgánica y poca o ninguna presencia de residuos sólidos con contenido de materiales tóxicos.

La infiltración de aguas lluvias a través del material de cobertura produce mayor cantidad de lixiviados que el originado por la humedad de la misma basura. Las características de los lixiviados dependen de la clase de basura dispuesta en el relleno, PH de los desechos y factores ambientales como humedad y temperatura.

Para el control de los líquidos lixiviados se construirán canales rellenos con grava de un tamaño máximo de siete centímetros, colocados en los talones del taludes de las trincheras.

16.8.4.1 Diseño canal colector de lixiviados. Para efectuar el cálculo de la cantidad de lixiviados se tiene en cuenta el siguiente análisis: Cuando se presenta precipitación, el agua lluvia puede escurrir superficialmente, ser utilizada por las plantas o recargar el suelo hasta su máxima capacidad de almacenamiento, después de saturada esta capacidad, se inicia el proceso de percolación. Cuando la humedad que existe en el relleno sanitario (material de cobertura y desechos sólidos) no se alcanza a saturar, no se produce lixiviados, según lo anterior tenemos:

$$PER = P - R / O - ET - STB - STS$$

PER :Percolación

P :precipitación

R / O :Escorrentía superficial = $P * CR / O$

ET :Evaporación

STS :Capacidad de saturación del suelo

STB :Capacidad de saturación de los desechos

Cuadro 61. Coeficientes de escorrentía

| Condiciones superficiales | Pendiente superficial % | Coefficiente de escorrentía |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Suelo arenoso | 2 | 0,05 - 0,10 |
| Suelo arenoso | 2-7 | 0,10 - 0,15 |
| Suelo arenoso | >7 | 0,15 - 0,20 |
| Suelo pesado | 2 | 0,13 - 0,17 |
| Suelo pesado | 2-7 | 0,18 - 0,22 |
| Suelo pesado | >7 | 0,25 - 0,35 |

Fuente : SALAZAR ARIAS, Alvaro. Relleno Sanitario. Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia (AINSA).

Los lixiviados se producirán cuando el suelo de cobertura y los desechos hayan alcanzado su punto de saturación, Dada esta condición se tiene que:

$$PER = P - R/O - ET$$

Según información suministrada por el I.D.E.A.M. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), Precipitación $P = 1.999$ mm (valor total medio anual Cuadro 52).

Evaporación : $ET = 1.028$ mm (valor total medio anual Cuadro 54).

CR / O = Coeficiente de escorrentía para suelo arenoso. Cuadro 61.

Reemplazando, tenemos:

$$PER = 1.999 - 1.999 * 0,07 - 1.028$$

$$PER = 831,07 \text{ mm/año} = 831 \text{ mm/año.}$$

Para el tratamiento de los lixiviados estas deberán llevarse a un punto común, por lo tanto la máxima dimensión del canal será la que incluya la recolección de los lixiviados de el área ocupada por el relleno $A = 15942$ m² según Cuadro 59. Para dar margen de seguridad se utiliza para cálculos $A = 25.000$ m².

$$QPER = PER * A \text{ donde:}$$

$QPER$: Caudal de percolados en Lps.

A : Area del relleno = 25.000 m²

$$QPER = (831 \text{ lt/m}^2 \text{ año}) * (25000 \text{ m}^2 / (365 * 24 * 60 * 60 \text{ seg})) = 0,66 \text{ LPS.}$$

Basados en la ecuación de Manning para canales rectangulares se tiene:

$$V = R^{2/3} * S^{1/2} * (1/n), \text{ donde :}$$

V : velocidad media en m/seg.

R : Radio hidráulico m.

S : Pendiente 2%

n : Coeficiente de rugosidad = 0,035 (canal con lecho pedregoso)

$$Q = V * A$$

$$Q = A * R^{2/3} * S^{1/2} * (1/n)$$

Para sección rectangular óptima el ancho (b) del canal es igual a dos veces la altura de la lámina de agua (y) y el radio hidráulico la mitad de la altura del agua.

$$A = 2 * y^2, \quad R = y / 2$$

$$Q = 2y^2 * (y/2)^{(2/3)} * S^{(1/2)} * (1/n)$$

$$y = (0,66 * 10^{-3} * 0,035 * 2^{(2/3)} / (2 * 0,02^{0,5}))^{3/8}$$

$$y = 3,49 \text{ Cm.}$$

$$b = 2y = 2 * 3,49 = 6,98 \text{ cm.}$$

El canal de drenaje de lixiviados se elabora en piedra y por cuanto las dimensiones encontradas son tan pequeñas que dificultan el proceso de construcción, se ampliará la sección del canal a 40 cm de ancho por 40 cm de alto, recubierto con geotextil tejido 1400.

Las dimensiones anteriores se utilizarán tanto para los drenes que recogen los lixiviados en las trincheras y lo entregan al colector, como para el colector principal, que intercepta y lleva los lixiviados al punto común de recolección y procesamiento (Tanque Imhoff), con el fin de dar un tratamiento biológico al lixiviado.

16.8.4.2 Tratamiento de lixiviados. Se diseñará un tanque imhoff para ofrecer un tratamiento consistente en la eliminación de sólidos sedimentables y digestión anaerobia de los mismos.

El tanque imhoff consiste en un deposito conformado por un compartimento superior y uno inferior. El agua a tratar atraviesa longitudinalmente el compartimento superior (zona de sedimentación), los sólidos que sedimentan atraviesan una ranura situada en el fondo del compartimento superior, pasando al compartimento inferior (zona de almacenamiento y digestión de fangos), para su digestión a la temperatura ambiente.

El tanque imhoff es sencillo de operar y no exige la supervisión por parte de personal especializado, no existe equipo mecánico que mantener.

Según la norma RAS 2000, se tiene las siguientes parámetros para el dimensionamiento en el diseño de un tanque imhoff:

Compartimento de sedimentación:

- Tiempo de retención TR entre 2 y 4 horas.
- Tasa de desbordamiento superficial zona de sedimentación ($m^3/m^2/día$) 25 a 40
- Relación largo / ancho = 2:1 a 5:1
- Pendiente tolva de sedimentación 1,25:1 a 1,5:1(V : H)
- Ancho mínimo para caída de sólidos 15 - 30 cm.
- Proyección de las ranuras 15 - 30 cm.

Area de ventilación del gas

- Area efectiva para escape de gases entre 15% - 30% del área total.
- Ancho de la abertura 45 a 75 cm.

Area de digestión de lodos

- La zona de digestión tendrá una capacidad para almacenar un volumen de 55-100 lt/cápita
- Tubería de recolección de lodos 8" a 12".
- Profundidad debajo de la ranura hasta la superficie superior del lecho lodos = 30 a 90 cm.
- Pendiente tolva de digestión 2:1,4 (H : V)

Cálculo de zona de sedimentación:

Area superficial (As)

$As = Q / q$ donde:

Q : Caudal a tratar.

q : Carga superficial = $25 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$

$Q = 0,66 \text{ lps} = 57,02 \text{ m}^3/\text{día}$

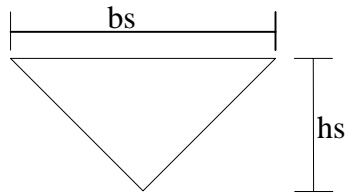
$As = 57,02 / 25 = 2,28 \text{ m}^2$

Relación $L / bs = 3,0$; $As = bs * L$

$2,28 \text{ m}^2 = 3,0 * bs^2$; $bs = 0,87 \text{ m}$.

Tomando $bs = 0,90 \text{ m}$; $L = 2,70 \text{ m}$.

Altura de la zona de sedimentación (hs):



$$(bs / 2) / hs = 1 / 1,25$$

$$hs = 0,9 * 1,25 / (2 * 1)$$

$$hs = 0,56 \text{ m}.$$

Cálculo de la zona de gases (ZG):

El área de gases (Ag) = 15% - 30% de área total.

tomando como $Ag = 25\%$ del área total

Area total : $At = Ag + As$

$Ag = 0,25 * (Ag + As)$

$Ag = 0,25 Ag + 0,25 As$

$0,75Ag = 0,25As$

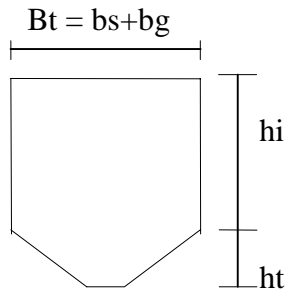
$Ag = 0,33As = 0,33 * 2,70 * 0,9$ $Ag = 0,80 \text{ m}^2$

$Ag = 2 * bg * L$
 $bg = Ag / (2 * L) = 0,80 / 5,4 = 0,15$ (valor bajo)
 tomamos $b = 0,25m.$ y $bg = 0,50 m.$

Zona neutra (ZN):

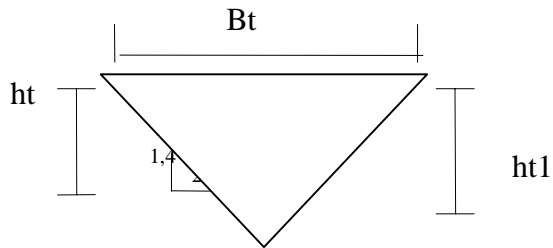
La altura de la zona neutra debe estar entre 0,40 y 0,50 m. se asume como altura de la zona neutra 0,50m.

Zona de digestión (ZD):



$Bt =$ ancho total
 $Bt = 0,90m. + 0,50m. + 0,20m.$ (0,20 por ancho de muros internos Zona gases)
 $Bt = 1,60 m.$

Cálculo de la tolva (fangos):



$$(Bt / 2) / ht1 = 2 / 1,4 \quad ht1 = 1,6 * 1,4 / (2 * 2) = 0,56m.$$

VT : volumen de la tolva.
 $VT = (1,6 * 0,56 / 2) * 2,7 = 1,21 m^3$

VD : volumen de la zona de digestión.
 $VD = Q * Tretención = 57,02 m^3/día * 3h * 1día / 24h = 7,13 m^3$

Cálculo de la zona rectangular de digestión VR :
 $VR = VD - VT = 7,13m^3 - 1,21m^3 = 5,92m^3$
 $VR = L * hi * Bt$

$$h_i = 5,92\text{m}^3 / (1,60 * 2,7) = 1,65 \text{ m.}$$

Los detalles se indican en los Plano 33.

16.8.5 Evacuación de gases. En un relleno sanitario se presentan malos olores que pueden ser causados por concentraciones de sulfuro de hidrógeno (H_2S) y explosiones causadas por el metano (CH_4), estos gases junto con el dióxido de Carbono (CO^2), son los que principalmente se producen en un relleno sanitario. El metano que no es soluble en agua se concentra dentro del relleno hasta que comienza a tener desplazamientos a través de espacios vacíos hasta llegar finalmente a la atmósfera; para evitar que haya una acumulación de estos gases, se debe facilitar la salida rápida del relleno.

Se determina la cantidad de gas producido en un relleno sanitario en volumen por unidad de peso de desechos sólidos (m^3/kg), la cantidad de gas que se produce varía ya que depende de factores como condiciones climáticas de la región y principalmente de la composición química de los desechos.

Haciendo un análisis para 100 kilogramos de basura y utilizando la composición física de los desechos (Cuadro 14.) y del análisis químico (Cuadro 15.), según el cual la humedad de los desechos sólidos es 76,6%; asumiendo que la humedad está asociada con los compuestos orgánicos, se determina la cantidad de desechos orgánicos en una base seca que se descompondrían:

Materia orgánica (base seca) = Desechos orgánicos - humedad.

Desechos orgánicos = 92,05%

Papel y cartón = 2,76%

Total desechos orgánicos en 100 kg = 92,05 + 2,76 = 94,81 kg.

Materia orgánica (base seca) = 94,81 - 76,6 = 18,21 kg

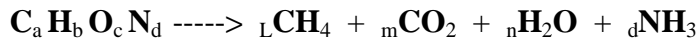
Se determina la cantidad de desechos orgánicos que son descompuestos en un periodo razonable de tiempo, asumiendo que la madera se descompone en un 50% y que del material disponible, un 5% permanecerá como ceniza.

Desechos orgánicos descomponibles = 18,21 * 0,95 = 17,30 kg

La basura orgánica generalmente se compone de elementos como: Carbono, Hidrógeno, oxígeno y Nitrógeno; entonces el compuesto se puede expresar mediante la fórmula $\text{C}_a\text{H}_b\text{O}_c\text{N}_d$ y los coeficientes a,b,c,d se pueden determinar con base a los valores porcentuales obtenidos del análisis químico de los desechos (Cuadro 15 y Cuadro 62); Se determina el número de moles de los elementos componentes de la basura empleando el peso molecular de cada elemento y su porcentaje promedio en peso (Cuadro 63). La composición será:



Al descomponerse la basura orgánica produce metano (CH_4), dióxido de Carbono (CO_2), Amoníaco (NH_3) y agua (H_2O), el proceso se puede representar mediante la siguiente ecuación:



De esta expresión se puede formar las siguientes ecuaciones:

$$m = a - L$$

$$n = c - 2m$$

$$a + b + c + d = 5L + 3m + 3n + 4d$$

Resolviendo es sistema se tiene:

$$L = (4a + b - 2c - 3d) / 8$$

$$m = (4a - b + 2c + 3d) / 8$$

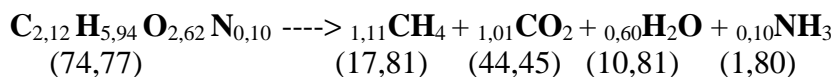
$$L = (-4a + b + 2c - 3d) / 4$$

$$L = 1,11$$

$$m = 1,01$$

$$n = 0,60$$

La ecuación que resulta será:



El número entre paréntesis en la parte inferior de la anterior expresión indica los pesos moleculares de los componentes.

El peso del metano y del dióxido de carbono según la ecuación encontrada, para 100 kg de desechos descompuestos será:

$$\text{Metano} = 17,81 * 17,30 / 74,77 = 4,12 \text{ kg.}$$

$$\text{Dióxido de carbono} = 44,45 * 17,30 / 74,77 = 10,28 \text{ kg.}$$

Con las densidades del metano de $0,717 \text{ kg/m}^3$ y del dióxido de carbono de $1,977 \text{ kg/m}^3$, se puede calcular el volumen de estos gases.

$$\text{Volumen de metano} = 4,12 \text{kg} / 0,717 \text{kg/m}^3 = 5,75 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de dióxido de carbono} = 10,28 \text{kg} / 1,977 \text{kg/m}^3 = 5,20 \text{m}^3$$

El porcentaje de participación en la mezcla resultante es:

$$(\%) \text{Metano} = 5,75 \text{m}^3 * 100 / (5,75 \text{m}^3 + 5,20 \text{m}^3) = 52,51\%$$

$$(\%) \text{CO}_2 = 5,20 \text{m}^3 * 100 / (5,75 \text{m}^3 + 5,20 \text{m}^3) = 47,49\%$$

La cantidad total teórica de gas que se produce por unidad en peso seco de material orgánico es:

$$(5,75\text{m}^3 + 5,20\text{m}^3) / 18,21\text{Kg} = 0,60 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

En 100 kilogramos es de:

$$(5,75\text{m}^3 + 5,20\text{m}^3) / 100 = 0,1095 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Significa que cada kilogramo de desecho sólidos produce $0,1095\text{m}^3$ de metano y dióxido de carbono.

Del valor encontrado se estima que un 30% se genera en los dos primeros años y el 70% en el tiempo restante de vida útil.

Los gases que se producen en el relleno se controlan mediante un sistema que les permita llegar fácilmente a la atmósfera y que consiste en la instalación de drenes de ventilación de $0,4\text{m} \times 0,4\text{m}$, hechos de grava, cuyo tamaño puede variar de 2 a 4 pulgadas; la forma de las chimeneas se logra con el empleo de estacas y malla metálica. Una vez se concluya la última celda se colocarán dos tubos de concreto, el primero perforado para facilitar la captación y salida de gases, éste deberá ir embebido en grava (continuación de chimenea) con el fin de los desechos no obstruyan los orificios del tubo. El diámetro del tubo de concreto será de 6 pulgadas, las chimeneas se distribuirán a lo largo del dren de lixiviados de acuerdo a la longitud de las zanjas e irán interconectadas al dren de lixiviados para obtener una mayor eficiencia del sistema; los detalles se indican en el Plano 33.

16.9 CONSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS

16.9.1 Cerco perimetral. Se construirá un cerco perimetral en alambre de púas con el fin de facilitar la identificación del lote, seguridad, disciplina en obra e impedir principalmente el acceso de animales al interior del relleno ya que pueden destruir las celdas la longitud del cerco es de 1.041m.

El cerco se construirá en madera rolliza, con altura total del cerco 1,2 m. Se dispondrán cuatro hiladas de alambre de púas, separadas 30 centímetros.

Es importante también la conformación de un cerco de arboles y de arbustos de rápido crecimiento Para la estética, aislamiento visual y a la vez sirven para y plásticos levantados por el viento.

16.9.2 Caseta. En el lote existe una construcción, que puede ser utilizada como sitio para guardar las herramientas de trabajo, resguardo de trabajadores, sitio para cambio de ropa antes y después del trabajo. La vivienda existente dispone de instalaciones sanitarias donde los obreros podrán satisfacer sus necesidades, las aguas servidas pasan de un tanque séptico a un pozo de infiltración. Se facilita realizar instalación eléctrica debido a que la vereda ya cuenta con este servicio.

16.9.3 Valla. Con el fin de que la comunidad identifique el sitio donde se desarrolla la disposición de los residuos, se colocará junto a la entrada, en un lugar visible una valla donde se identifica el proyecto y además se solicita la participación de la población su para el éxito de la obra.

16.10 OPERACION DEL RELLENO SANITARIO

El relleno sanitario se considera como una obra en permanente ejecución, pues se va desarrollando según las necesidades. Debido a que el periodo de construcción no es corto, es necesario que las autoridades municipales sean consientes de la necesidad de adjudicar recursos que garanticen el funcionamiento durante el periodo de servicio, pues muchos problemas se presentan con los cambios de administrador municipal.

Los recursos asignados por el funcionario cubrirán gastos de personal requerido y equipo fundamental de trabajo, con los que se han de realizar la operación y mantenimiento adecuados del relleno sanitario.

16.10.1 Personal. La cantidad de obreros que se necesita en el relleno sanitario se evaluará para una jornada laboral de ocho horas netas y teniendo en cuenta los rendimientos de un obrero en el desarrollo de actividades como movimiento y compactación de basura y tierra, que se han establecido para estudios similares y se indican en el Cuadro 64.

La frecuencia de trabajo en el relleno sanitario será tal que coincida con la de los días de recolección de desechos, puesto que la basura que llega al sitio debe ser cubierta a diario. De acuerdo a las cantidades de obra necesarias para el funcionamiento del relleno sanitario y a los rendimientos de el Cuadro 64, se determinó el número de obreros requeridos (Cuadro 65.).

La relación aplicada para determinar el número de obreros es:

No. hombres = Cantidad de obra / (rendimiento * tiempo de trabajo)

Cuadro 64. Rendimientos en operación del relleno sanitario manual

| Actividad | Rendimiento |
|--|--------------------------------|
| Movimiento de tierra para cobertura | 0,50 m ³ /hora/hom. |
| Movimiento de desechos(Distribución y conformación de celdas) | 0,95 ton/hora/hom. |
| Compactación de desechos | 20,0 m ² /hora/hom. |
| Compactación de celda terminada (Desechos y material de cobertura) | 20,0 m ² /hora/hom. |

Fuente: Collazos, Héctor y Hernández Leonardo. Relleno Sanitario Manual. Revista ACODAL No. 87, abril de 1979.

$$\begin{aligned}
\text{Volumen D.S. día} &= \text{No. de celdas/día} * \text{tamaño de celda} \\
&= 1 * (5,8 * 4,0 * 0,6) = 13,92 \text{ m}^3/\text{día} \\
\text{Vol. mat. cobertura (zanja)} &= 0,15 * (4 * 5,8 + 4 * 0,75) = 3,82 \text{ m}^3. \\
&= 3,82 * 1,25 = 4,77 \text{ m}^3/\text{día. (en material suelto)}. \\
\text{Movimiento de tierras:} & \\
\text{Vol. mat. cobertura (Area)} &= 0,15 * (5,8 * 0,75 * 2 + 4 * 0,75 + 5,8 * 4) \\
&= 5,23 \text{ m}^3. \\
&= 5,23 * 1,25 = 6,54 \text{ m}^3/\text{día. (en material suelto)} \\
\text{Movimiento de desechos:} & \\
\text{Peso residuos diarios} &= \text{volumen} * \text{densidad} \\
&= 13,92 \text{ m}^3/\text{día} * 0,4957 \text{ ton./m}^3. = 6,48 \text{ ton./día.} \\
\text{Compactación de desechos} &= \text{No. celdas} * \text{Area} * \text{No. de capas compactación} \\
\text{Area desechos a compactar} &= 1 * (5,8 * 4,0) * 2 = 46,4 \text{ m}^2/\text{día.} \\
\text{Compactación material de cobertura:} & \\
\text{Area a compactar} &= 5,8 * 4,0 = 23,20 \text{ m}^2/\text{día.}
\end{aligned}$$

16.10.2 Horario de trabajo. Para un óptimo funcionamiento del relleno sanitario es indispensable fijar un horario de trabajo, este se debe establecer a partir del rendimiento y el número de obreros necesarios para realizar los trabajos programados.

A modo de confirmación del número de horas necesarias se calcula el Cuadro 66, del cual se tiene que tres obreros alcanzan a desarrollar las actividades, trabajando 6,61 horas; generalmente un obrero se contrata por 8 horas diarias, se tiene entonces un margen de tiempo que se puede utilizar en el mantenimiento de obras dentro del mismo relleno sanitario; el horario de trabajo será de 8 A.M. a 12:00 A.M. y de 2:00 P.M. a 6:00 P.M.

16.10.3 Equipo de operación. Para la operación del relleno sanitario manual, será suficiente tener como equipo herramientas menores tal como: carretillas, rastrillos, palas, pisón de mano, rodillo compactador; con los cuales es suficiente para suministrar la densidad de diseño a los desechos sólidos.

Dimensiones del pisón de mano

El peso del pisón que puede ser manejado con facilidad por un obrero se considera de 10 kg.

$$P_{pp}/V_{pp} = P_{pm}/V_{pm}$$

P_{pp} : Peso del pisón empleado en el ensayo de compactación = 3 kg.

V_{pp} : Volumen del pisón de prueba ($1,39 * 10^{-3} \text{ m}^3$).

P_{pm} : Peso del pisón de mano (10 kg).

V_{pm} : Volumen del pisón de mano.

Reemplazando los valores en la ecuación anterior se tiene:

$$V_{pm} = (10 \text{ kg} * 1,39 * 10^{-3} \text{ m}^3) / 3 \text{ kg} = 0,0046 \text{ m}^3.$$

Para una altura del pistón de 12 centímetros, el área será:

$$\text{Area} = 0,0046 / 0,12 = 0,038 \text{ m}^2.$$

$$\text{lado de pisón} = (0,038)^{1/2} = 0,195 \approx 0,20 \text{ m}.$$

El pisón de mano tendrá 0,20 m de lado y lado, con una altura de 0,12 m y construido en concreto.

Como rodillo de compactación se acondicionará una caneca metálica de 55 galones llena hasta la mitad de su capacidad, con arena, se utiliza esta material por su facilidad de manejo.

En el Cuadro 67 se indican las herramientas utilizadas, su cantidad de pende del número de obreros. Es necesario dotar de guantes, botas, overol y mascarilla con el fin de brindarles seguridad en el trabajo; también es aconsejable que periódicamente se realice exámenes médicos, pues los obreros están expuestos a problemas de salud.

Cuadro 67. Equipo utilizado en el relleno sanitario manual

| Descripción | Características | Número |
|--------------------|--|---------------|
| Pisón de mano | h=0,12 m L=0,2m, en concreto pobre. | 3 |
| Rodillo | caneca metálica 55 galones, llena de arena | 1 |
| Carretilla de mano | Metálica llanta neumática. | 3 |
| Palas | Metálicas de punta ancha | 3 |
| Rastrillo | Metálicos | 3 |
| Barra | Metálicas | 3 |
| Picos | Metálicos | 3 |

16.11 USO FUTURO

Después de copada la vida útil del relleno sanitario y colocados mínimo 60 cm. de espesor de capa de cobertura final, se debe promover la integración del sitio al medio ambiente natural; esto se logrará realizando cultivos para el pastoreo, también se puede utilizar el sitio para reforestación ya sea con arboles nativos o de explotación maderera.

Por la distancia a la población no se recomienda utilizar el lote para construcción de área deportiva o como zona recreativa.

16.12 IMPACTO AMBIENTAL

En toda obra civil que esté involucrada con el mejoramiento de las condiciones de vida, se causa algún efecto (benéfico o negativo) sobre el medio en el que se desarrolla; siendo indispensable buscar que el efecto negativo sea el mínimo posible. En tales condiciones las entidades encargadas de la financiación de proyectos se limitan a revisar el efecto que una obra puede llegar a tener sobre los elementos básicos componentes del medio ambiente (agua, aire, suelo, fauna, flora, hombre) y exigir de acuerdo a las características de la obra, medidas de mitigación de efectos conducentes a evitar un desequilibrio en el medio ambiente en que se está interviniendo.

Con la implementación del plan de aseo urbano y relleno sanitario manual como alternativa de disposición final de desechos sólidos, se pretende se pretendan ejecutar obras que permitan el manejo de residuos sin causar efectos ambientales negativos.

Las medidas de mitigación valoradas como acciones institucionales y comunitarias que permiten un manejo adecuado del plan de aseo consecuente con la disminución de efectos ambientales negativos, a la vez permiten obtener beneficios en aspectos económico y ambiental del proyecto. Un relleno sanitario manejado bajo normas técnicas de diseño, operación y administración, es una solución adecuada en que los efectos se considera están en beneficio del medio ambiente, ofreciendo mejoría en cuanto a calidad ambiental en el casco urbano.

16.12.1 Medidas de mitigación. La existencia de botaderos a cielo abierto ocasiona problemas puntuales en cada botadero sobre suelo, agua, aire, fauna, flora y sobre la comunidad que habita en las zonas aledañas. La implementación del plan de aseo permite el control de efectos sobre el medio, pues se facilita la aplicación de las medidas de mitigación. A continuación se señalan medidas de mitigación de efectos sobre:

16.12.1.1 Suelo. El movimiento de tierras o disposición temporal de estas se realizará utilizando solamente el espacio destinado para el relleno sanitario, evitando invadir otros predios o zonas localizadas fuera del cerco perimetral. Para disposición del material sobrante o del que no se ha de utilizar se cuenta con una depresión cercana que puede ser utilizada como punto de descarga. La misma ejecución del relleno sanitario con sus obras complementarias, se constituyen en obras de mitigación sobre el componente suelo, tales como: la colocación del geotextil con capa de arcilla, drenes de gas, construcción de eras para secado de lodos.

16.12.1.2 Hidrología. No se cuenta con fuentes de agua cercanas que se puedan ver afectas por el funcionamiento del relleno sanitario. Se realiza control de aguas superficiales mediante la construcción de un canal perimetral y canales en cada trinchera con el fin de interceptar el agua y evitar que atravesase las celdas aumentando la cantidad de lixiviados, Con la utilización de una capa de arcilla compactada se evitará la infiltración de lixiviados; los lixiviados que se producen se captan y conducen hasta un colector principal para darles tratamiento utilizando un tanque imhoff.

No se presentan problemas de contaminación de aguas subterráneas, pues el nivel de aguas

freático no se encontró cerca a la superficie.

16.12.1.3 Aire. La contaminación del aire puede llegarse a provocar por la producción de gases, las medidas tomadas para el control de los gases son:

- Instalación de chimeneas para evacuación de gases
- Equipo contra incendios para controlar posibles accidentes
- Construcción de barreras naturales contra el viento.

16.12.1.4 Fauna y flora. Con el fin de evitar introducción de animales el área del relleno sanitario, diariamente se debe garantizar el confinamiento de los desechos sólidos, asegurando que al final de cada jornada no se queden desechos al aire libre y todos sean recubiertos plenamente. Para evitar presencia de animales se debe:

- Mantener en buenas condiciones el cerco perimetral
- Dar cumplimiento a condiciones de recubrimiento diario de residuos.

No existirá efecto sobre la vida vegetal ya que no existen en el lote especies superiores, solamente se presenta pastos y arbustos de altura media, se propiciará el sembrado de arboles mejorando las condiciones de vida vegetal.

16.13 ESTRUCTURA ORGÁNICA Y FUNCIONES

Para un adecuado funcionamiento del sistema de aseo en general, se necesita tener una estructura administrativa que se encargue de llevar a efecto el diseño realizado. En la actualidad el municipio cuenta con la organización básica administrativa suficiente para prestar un eficiente servicio de aseo, sin embargo es indispensable crear y organizar una estructura operacional que disponga de la cantidad necesaria de trabajadores en todos los procesos del plan de aseo.

16.13.1 Estructura orgánica. El sistema de aseo para el presente proyecto cuenta con tres grupos de trabajo que estarán dirigidos por el alcalde y secretario de obras. Los grupos son:

16.13.1.1 Barrido y limpieza. Este grupo se encargará del barrido de calles y espacios públicos, acumulando los desechos recogidos en las cajas estacionarias. El trabajo lo realizará cada obrero de acuerdo a las rutas establecidas y asignadas. Según el diseño se necesitan tres obreros a cada uno de los cuales le corresponde cubrir tres rutas de un total de nueve establecidas. Estos obreros serán controlados por un supervisor.

16.13.1.2 Recolección y transporte. Encargados de realizar las actividades de recolección de desechos residenciales, institucionales, plaza de mercado, y cajas estacionarias; para luego transportarlas al relleno sanitario. Para este trabajo se incluirán un conductor y cuatro obreros vigilados por un supervisor con el fin de cubrir las rutas establecidas.

16.13.1.3 Disposición final. Este grupo de obreros se encargará de recibir la basura en el sitio de disposición, distribuirla y confinarla en el relleno sanitario de acuerdo al diseño realizado y según las órdenes del supervisor. El grupo de trabajo lo conforman un supervisor y tres obreros.

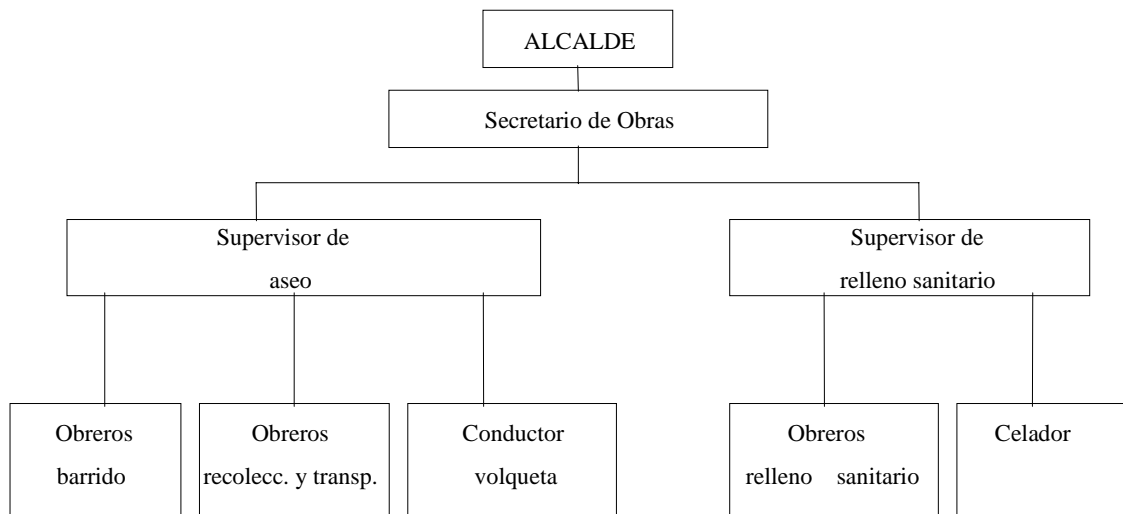
La capacidad financiera y administrativa del municipio no alcanza para tener una secretaría de Planeación con dependencias como: de servicios públicos (acueducto, alcantarillado, aseo), obras de infraestructura, Producción Agropecuaria, etc. Por tal motivo el organigrama para prestación del servicio de aseo indica que el secretario de obras sea el directo coordinador del servicio de aseo, junto con los inspectores de cada grupo de trabajo del sistema de aseo. En la Figura 18., se indica el organigrama propuesto para el servicio de aseo.

16.13.2 Funciones del personal. A continuación se presentan las funciones que deben cumplir los empleados que participan en las actividades del sistema de aseo urbano. Las directivas de la administración municipal debe encargarse de que cada trabajador cumpla con el objetivo para el cual se le ha empleado, esto a fin de obtener éxito en el proceso de aseo.

16.13.2.1 Secretario de obras. Además de las funciones que debe desempeñar el secretario de obras en otros sectores a su cargo, para el plan de aseo y relleno sanitario debe cumplir con las siguientes funciones:

- Dirigir todas las actividades concernientes al proceso de aseo urbano (barrido, recolección, transporte, disposición final de desechos).
- Informar a su superior o jefe de personal de la administración, irregularidades que se presenten y posibles cambios de personal y actividades concernientes al servicio de aseo.
- Con anticipación determinar las necesidades del sistema de aseo para hacer la solicitud de recursos, equipo o materiales; elaborar el presupuesto de gastos para aseo urbano.
- De acuerdo al diseño vigilar que las rutas de aseo sean cumplidas o acondicionarlas cuando se presenten situaciones que ameriten el cambio de ruta.
- Con las rutas diseñadas y con los frentes de trabajo que se necesitan, asignar y distribuir a cada grupo su trabajo.
- Propiciar el mantenimiento y operación del equipo destinado para cada grupo de trabajo.
- Evaluar alternativas tendientes a mantener un adecuado sistema de aseo y promover campañas de información a la comunidad sobre el sistema de aseo y comportamiento que deben adoptar.
- Dirigir y coordinar las actividades de barrido de vías, recolección y transporte para hacer cumplir las rutas, los horarios y frecuencias establecidas.
- Determinar las necesidades de los grupos de trabajo a su cargo para el normal desarrollo de las actividades y diligenciar ante su superior la solicitud correspondiente.

Figura 18. Organigrama propuesto para servicio de aseo



16.13.2.2 Supervisor de aseo (barrido, recolección, transporte). Sus funciones son:

- Informar a los obreros a su cargo sobre el uso y mantenimiento adecuado del equipo suministrado o que tienen a su bajo su responsabilidad.
- Informar al jefe inmediato sobre cambios que se requieran sobre el desarrollo de actividades o sobre el personal.
- Tratar de resolver problemas e imprevistos que se presenten en el barrido y limpieza o en recolección y transporte.

16.13.2.3 Obreros de barrido y limpieza. Entre sus funciones se cuentan:

- Realizar las labores de barrido en la ruta previamente asignada.
- Recoger y depositar los desechos producto del barrido en las cajas estacionarias correspondientes previamente determinadas
- Conservar en buen estado el equipo que utiliza para realizar su trabajo.
- Informar al supervisor sobre las necesidades que se le presenten para poder realizar normalmente su trabajo.
- Estar en disposición del supervisor ante la presencia de cambios en las actividades programadas.

16.13.2.4 Obreros de recolección. Las funciones son:

- Realizar los trabajos de recolección en la ruta establecida.
- Evitar el vaciado de desechos fuera del vehículo recolector.
- Tratar adecuadamente los recipientes de basura de los usuarios.
- Colaborar en la descarga de la basura del carro recolector en el sitio de disposición final.

- Junto con el conductor procurar el mantenimiento en buen estado del equipo que utiliza el grupo de trabajo.

16.13.2.5 Conductor. Sus principales funciones:

- Ceñirse a las rutas programadas de recolección y transporte que se le indican.
- Cumplir con las instrucciones y trabajos que le señale el supervisor.
- Mantener el vehículo a su cargo en buen estado, efectuar el mantenimiento y las inspecciones previas que sean necesarias.
- Informar al supervisor sobre los daños o necesidades del equipo, repuestos y herramientas.
- Informar al supervisor sobre circunstancias que afecten el proceso normal de recolección.

16.13.2.6 Supervisor de disposición final

- Seguir las instrucciones indicada por el secretario de obras.
- Coordinar y dirigir las actividades relacionadas con la disposición final de los desechos.
- Verificar el cumplimiento técnico y eficaz de las especificaciones del relleno sanitario como: tamaño, distribución, llenado, compactación de celdas y todas las actividades relacionadas con el buen funcionamiento del relleno sanitario.
- Distribuir el trabajo entre los obreros del relleno sanitario y asignarles funciones específicas, dando orientación e instrucciones sobre el trabajo a desarrollar.
- Comunicar al jefe inmediato las necesidades que se presenten en dotación de equipo, herramientas o materiales para el normal desarrollo de actividades y funcionamiento del relleno sanitario.
- Llevar un control sobre la calidad del trabajo de cada obrero y su rendimiento, con el fin de detectar posibles cambios de personal e informarlos a su jefe inmediato.

16.13.2.7 Obreros de disposición final.

- Efectuar las actividades del relleno sanitario desde el descargue hasta el terminado de la celda y demás trabajos que le asigne el supervisor, cumplir con los horarios establecidos.
- Se encarará de mantener en buen estado la vía de acceso y sistemas de drenaje, tanque imhoff, etc. garantizando un adecuado funcionamiento.
- Realizar el mantenimiento adecuado al equipo y herramientas que utiliza y tiene a su cargo.
- Informar al superior sobre las necesidades y dificultades en el desarrollo de su trabajo.

16.13.2.8 Celador

- Almacenar y vigilar las herramientas destinadas a las labores de disposición final , una

- vez terminado el trabajo diario.
- Entregar diariamente a los trabajadores del relleno las correspondientes herramientas.
 - vigilar permanentemente la zona del relleno, para evitar el acceso de personas extrañas o animales que puedan alterar el normal funcionamiento del relleno.

16.14 MANUAL DE OPERACIÓN DEL SERVICIO DE ASEO

Para un mejor conocimiento de las actividades del sistema de aseo tanto por las personas que dirigen las actividades como por las que las ejecutan, se presenta un resumen de las actividades que se deben llevar a cabo; la administración municipal debe solicitar a los usuarios el conocimiento del sistema de aseo para que sirvan de sistema de control, pues ellos son los directos beneficiados o perjudicados con el funcionamiento del sistema de aseo.

A continuación se indican las principales actividades que deben desarrollar cada uno de los grupos de trabajo.

16.14.1 Barrido de calles. De acuerdo a las necesidades de la población se programaron nueve rutas de barrido, para cubrirlas se necesitan tres obreros cada uno de los cuales se ha de ocupar de tres de ellas, ejecutando una diaria.

Las actividades de barrido se inician el día lunes con el barrido de las rutas No. 1, 5 y 3, el día martes se cubrirán las rutas 2, 6 y 7, y el miércoles las rutas 4, 8 y 9; para tener una frecuencia de barrido de dos veces por semana las actividades de barrido se repiten los días jueves, viernes y sábado. Cada uno de los recorridos para las diferentes rutas se indican en el Plano 16.

Los obreros iniciarán sus labores a las 4:00 A.M. y terminarán a las 8:00 A.M. El procedimiento de barrido se indica en la sección 14.6.5 de este proyecto.

Debido a la forma de funcionamiento de la plaza de mercado, el barrido, recolección de desechos de éste se desarrolla en forma simultánea el mismo día, no se necesita recipientes de almacenamiento, de las labores se encargan los cuatro obreros y el conductor, inician trabajo a la 1:00 P.M. y terminan a las 5:00 P.M., de acuerdo a la cantidad de desechos producidos.

16.14.2 Recolección y transporte. El procedimiento de recolección será como sigue:

Se inician las labores a las 8:00 A.M. con cuatro obreros y el chofer. Dos obreros se encargan de recoger los recipientes colocados en los andenes a lado y lado de la calle, los otros dos se encargan de recibir los recipientes en la tolva y vaciar los desechos.

La presencia del vehículo recolector se anunciará mediante el sonido de un silbato, el vehículo detendrá su marcha en los puntos de acumulación de recipientes como en las intersecciones con vías peatonales, para permitir que los obreros realicen su labor

adecuadamente.

Los obreros de recolección deben mantener un buen trato de los recipientes del usuario.

La recolección de los desechos se debe ejecutar los días programados y ruta establecida con el fin de que cada usuario se acostumbre a tener una hora fija de paso del vehículo recolector y así procurar que los recipientes permanezcan poco tiempo expuestos en la calle.

Una vez completa la capacidad de carga del vehículo recolector, éste se dirige al relleno sanitario para el vaciado de los desechos; enseguida regresa al sitio donde suspendió la recolección para continuar con el proceso y realizar la misma secuencia de trabajo hasta completar la ruta.

Para la recolección domiciliaria se estableció una ruta, el recorrido de ésta se indica en el Plano 15. La ruta se cubrirá los días lunes, martes y viernes, sábado, con un horario de 8:00 A.M. a 12:00 A.M. y de 1:00 P.M. a 5:00 P.M.

Los desechos de plaza de mercado se recogerán el día sábado, con el personal de recolección domiciliaria, en horas de la tarde 1:00 P.M. a 5:00 P.M.

Los desechos institucionales se recogerán simultáneamente con los residenciales. Los desechos producto del barrido se recogerán los días sábado en horas de la mañana de 10:00 A.M. a 12:00 A.M. Esto para dar continuidad con el trabajo de recolección de desechos de plaza de mercado; también se recogerán desechos de barrido los días martes de 8:00 A.M. a 10:00 A.M. Este horario puede irse corriendo a medida que para el periodo de diseño la recolección de desechos residenciales no alcance a hacerse el lunes y se necesite parte del día martes.

16.14.3 Disposición final. Se empleará el método de zanja o trinchera, cada trinchera se llenará con celdas de basura compactada de 5,8 m de largo por 4,0 de ancho y 0,75 m. de alto incluidos los 0,15 m. de capa de cobertura intermedia.

El supervisor del relleno tendrá bajo su responsabilidad el control de operación del relleno: calidad de construcción y compactación, limpieza, entrada del vehículo recolector, tiempos; con el fin de evaluar rendimientos y presentar un informe al secretario de obras.

El relleno empieza su funcionamiento una vez se han construido las obras necesarias como: vía interna, excavación del al menos 1 trinchera, construcción de canal interceptor de aguas para la trinchera, Construcción de el filtro de lixiviados a todo lo largo de la trinchera, filtro colector y obras de tratamiento de lixiviados

Por medio de la vía, el vehículo recolector avanzará hasta dejar lo más cerca los desechos al punto de conformación de celda.

Los obreros del relleno sanitario se encargarán de preparar la base de la trinchera donde se dispondrán los residuos, trabajo consistente en: extender la geomembrana en longitud suficiente para cubrir el área de la celda diaria, compactar sobre ésta la capa de arcilla de 30 cm. de espesor, y si es del caso avanzar con la construcción de la chimenea de gases. Luego se procede ya a disponer la basura, extendiéndola con el rastrillo en capas de 0,20 m. con el pistón de mano la compactarán procurando que en toda el área de cada capa se completen aproximadamente cuatro golpes y una pasada del rodillo. Una vez conformada la celda la basura debe ser recubierta con material transportado con las carretillas. La capa de cobertura tendrá 0,15 m. y se compactará pasando el rodillo de mano indicado en la sección 13.10.3. sobre los residuos ya compactados.

Las celdas en su parte libre (parte de la celda contigua a la siguiente en forma longitudinal), se irán colocando con un talud de 1:2 (vertical : horizontal) para facilitar la construcción y compactación.

La basura de la próxima celda se esparcirá y densificará apoyándose sobre el declive formado por la celda anterior. Diariamente se conformará una celda durante todo el periodo de diseño, con la diferencia de que para los primeros años del proyecto solo se necesita trabajar dos días para la evacuación de desechos de cuatro días de almacenamiento, pero desde el año 2.013 en adelante se necesitará trabajar tres días para evacuar los desechos de los cuatro días de almacenamiento, estos se dispondrán en dos celdas, una diaria.

Los obreros programados para el relleno sanitario se encargarán de mantener el área libre de basura dispersa y fumigar la zona del relleno para eliminar insectos y otros vectores.

En el relleno sanitario manual trabajarán los días lunes, martes, viernes y sábado tres obreros y un supervisor, con un horario de 8:00 A.M. a 12:00 A.M. y de 2:00 P.M. a 6:00 P.M.; además se asignará un celador permanente.

17. EVALUACION ECONOMICA DEL SISTEMA DE ASEO

Se realiza un análisis de los costos para la implementación del plan de aseo, teniendo en cuenta dos grupos de costos que se destacan: los costos de operación (personal, dotación, equipo y su mantenimiento) y los costos relacionados con la adecuación del terreno para el relleno sanitario manual, los valores del análisis corresponden a precios vigentes a marzo de 2.003.

17.1 COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

Se incluye dentro de estos los costos por: contratación de personal, el suministro de su dotación, compra de equipo menor para operación, también se incluyen costos de mantenimiento tanto del equipo menor como del vehículo utilizado en la recolección de los desechos. Costos estos que son indispensables para mantener en funcionamiento los grupos de: trabajo de barrido, recolección y transporte, disposición final.

17.1.1 Costos de personal. Son los costos de contratación del personal de los grupos de trabajo; estos se fijan con base al salario mínimo incluidas prestaciones sociales, importancia del cargo.

17.1.2 Costos de dotación. son gastos realizados para la dotación del personal que labora en el sistema de aseo urbano (barrido, recolección y transporte, relleno sanitario), esto con el fin de brindar seguridad ante accidentes en el trabajo y dar cumplimiento a disposiciones legales.

17.1.3 Costos de equipo. Costo del equipo menor establecido según el estudio, y que necesita cada uno de los grupos de trabajo para desarrollar sus actividades.

17.1.4 Costos de mantenimiento. Hace referencia a los gastos realizados para mantener un buen funcionamiento del equipo de operación del sistema de aseo, se evalúa para cada uno de los grupos de trabajo; el grupo de recolección y transporte es el que más recursos necesita por este concepto, dadas las necesidades del vehículo en combustible, lubricantes, llantas y repuestos.

A continuación se evalúan los costos de operación y mantenimiento para cada uno de los tres grupos de trabajo.

17.2 COSTOS DE ADECUACION DEL SITIO PARA RELLENO.

Estos costos hacen referencia a los trabajos de configuración del lote donde funcionará el relleno sanitario, trabajos como: construcción vía de acceso, conformación de trincheras, drenaje de aguas lluvias, drenaje de lixiviados, drenaje de gases, y demás obras complementarias que son necesarias para el adecuado funcionamiento del relleno. A

continuación se muestra la evaluación de los costos de adecuación del sitio.

CONCLUSIONES

Es importante y puede llegar a ser de gran trascendencia para el desarrollo de un municipio el trabajo de un Ingeniero Civil, sobre todo en municipios como el de Albán en que se necesita organizar una dependencia con capacidad técnica para planeación y formulación de proyectos .

Uno de los problemas que enfrenta la población de San José es el hacinamiento debido a la escasa oferta de vivienda y lotes para construcción, es necesario entonces, promover el crecimiento de la población, se estima que la pavimentación de los tramos en estudio contribuye con la solución de este problema.

Según el orden de prioridades de la administración municipal se tiene como de primer orden el programa de agua potable y saneamiento básico, dentro del cual ya se encuentra en ejecución el acueducto regional y ya se construyó el colector final de aguas lluvias de la parte baja de la población se determinó entonces que en el sector se necesita la formulación de un plan de aseo urbano.

Para éste tipo de proyectos de pavimentación de calles en pequeñas poblaciones, es necesario seguir para el diseño geométrico tanto en planta como en perfil, la conformación geométrica existente y que se determina por la ubicación de las viviendas; esto se presenta como una limitante en el diseño.

El mayor tráfico en los tramos a pavimentar se presenta en la salida a pasto, donde se encontró un tránsito promedio diario de 426 vehículos/día, el cual está comprendido en el rango de los menores de 500 vehículos/día, parámetro utilizado para el diseño geométrico y estructural.

Por las características geológicas, por el tamaño del proyecto (las características del relieve y factores ambientales no cambian notoriamente), y por que las características de los suelos analizados lo permiten, se toma para evaluar la resistencia del suelo de rasante, una sola unidad de diseño y como suelo típico el arena limosa según análisis del perfil estratigráfico.

Por condiciones geométricas se presentan tramos con ancho de carril de 3,35 m. y 3,05 m.; el diseño estructural se chequeó para ambos anchos, pero por poca diferencia entre los espesores de base y placa de concreto requeridos en cada uno de los casos, los espesores para todo el proyecto se unificaron a: 10 cm. para base granular y de 16 cm. para placa de concreto.

Si bien en San José la producción de residuos sólidos no es alta (2,03 ton./día), se necesita implementar un sistema de aseo, que permita una mayor organización en las etapas de manejo de residuos.

El proyecto que se plantea pretende para Albán un plan de aseo integro, en el que se analiza: el tamaño del recipiente domiciliario, se organiza el barrido de calles (labor que en la actualidad no se realiza), recolección de desechos de diferentes sectores (residencial,

barrido de calles, mercado, institucional), también se organiza un sistema de disposición final que cumple los requerimientos técnicos de éste tipo de obras, utilizando una tecnología sencilla.

En San José se presenta un promedio de 7 habitantes por vivienda, presentándose casos de hacinamiento; los últimos censos registraron un incremento en el porcentaje de habitantes en la zona urbana con respecto al resto del municipio. El tamaño de la muestra es aceptable según los intervalos de aceptación y rechazo de la muestra realizados para el proyecto.

Las características y costumbres de la población llevan a un predominio en producción de desechos orgánicos, esto confirma en los análisis físico y químico realizados.

Se realizaron pruebas de barrido para proyectar el servicio de barrido de calles, éste trabajo se ejecutará dos veces a la semana, se disponen nueve rutas de las cuales se encargan tres obreros haciendo una ruta diaria cada uno y trabajando seis días a la semana.

Las actividades del mercado se realizan únicamente los días sábado en horas de la mañana, el espacio ocupado es la plaza principal, los demás días de la semana la plaza es utilizada para otras actividades entre las cuales se encuentra las culturales, recreativas y deportivas; por lo anterior la evacuación de los desechos del mercado se efectúa una vez se finaliza la actividad sin necesidad de un mecanismo de almacenamiento.

La frecuencia de recolección de desechos que se tendrá en San José es la de dos veces por semana, ésta se puede cubrir con el equipo existente, es ideal por efectos de costos y mantenimiento de condiciones óptimas de salubridad, además permite el almacenamiento de desechos domiciliarios en un recipiente de dimensiones y peso manejables.

La conformación geométrica de la población y la topográfica inciden en que San José tenga limitadas opciones de ruteo para recolección.

La ventaja económica que ofrecería la posibilidad de utilizar el reciclaje como técnica de disposición intermedia o complementaria de los desechos se ve disminuida por el alto porcentaje de materia orgánica que contienen los desechos y por la necesidad de transporte de los productos a centros de acopio, además se tendería a una desorganización en el manejo de basuras causando problemas estéticos y sanitarios.

El alto contenido de humedad (76,6 %) y la baja relación carbono nitrógeno (17,35) que presentan los desechos producidos en San José, hacen que las posibilidades de aplicar la compostación como un proceso para transformación de desechos represente riesgo de que el proceso fracase.

El relleno sanitario es considerado como el único medio de disposición final de desechos sólidos, debido a que los otros métodos de manejo de residuos son considerados como procesos intermedios de tratamiento.

El lote existente para el relleno sanitario (Alto de las estrellas), cumple con los requerimientos técnicos mínimos exigidos por la Ingeniería en éste tipo de obras además con la realización de las obras complementarias, se da cumplimiento a requisitos de impacto ambiental y saneamiento. El lote para el relleno sanitario es adecuado por cuanto no afecta corrientes de agua, zonas agrícolas, centros poblacionales y cumple con disposiciones legales del ministerio de salud pública según el decreto No. 2104 de julio de 1983.

Por las características topográficas del lote se selección del método de construcción del área, además porque permite incrementar la capacidad del relleno aumentando la vida útil.

El control de aguas superficiales que pueden llegar al lote se realiza mediante la construcción de un canal perimetral y la distribución de canales internos en el área del relleno. El control de lixiviados se realiza mediante la construcción de drenes de grava en cada trinchera, estos drenes confluyen a un drén colector, este lleva los lixiviados a un tanque imhoff, el drén colector está previsto de cajas de inspección para permitir el monitoreo.

Por presencia de arena en el suelo Es indispensable la impermeabilización en el fondo y taludes de las trincheras mediante la colocación de una geomembrana y una capa de arcilla de 30 cm.

Se debe adelantar campañas educativas respecto al manejo de los desechos a nivel de hogar, colegios, instituciones, oficinas, etc., con el fin de que la gente conozca el funcionamiento del sistema de aseo y la participación que pueden tener para mantener una eficiencia y organización del manejo de desechos.

En la actualidad se está desarrollando para San José de Albán un proyecto de desarrollo institucional, en éste se incluye inicialmente los servicios públicos de acueducto y alcantarillado; es indispensable que con base en este proyecto, con su estratificación y sistema tarifario se proyecte también un sistema tarifario para el servicio de aseo.

RECOMENDACIONES

No solo para coordinar y controlar las actividades de todo el sistema de aseo, sino que también para supervisar los trabajos inherentes a obras públicas, se necesita para Albán un Ingeniero Civil, que planifique los escasos recursos que llegan al municipio (propios, de cofinanciación, o créditos).

Se detectó el problema de hacinamiento por falta de lotes para vivienda y espacios públicos, la administración municipal debe promover la elaboración y ejecución de un plan de desarrollo urbano debido a que el crecimiento del municipio se encuentra estancado desde varios años.

La implementación del sistema de aseo debe estar precedida de una concientización mediante campañas educativas sobre el manejo de desechos y la forma como los habitantes pueden contribuir a mantener un sistema de aseo eficiente.

Una vez puesto en funcionamiento el sistema de aseo del municipio debe encargarse de clausurar los pequeños botaderos clandestinos.

Por ningún motivo debe dejar de asignarse los recursos necesarios para la supervisión de las labores a realizar por los trabajadores, tanto del plan de aseo como del relleno sanitario, es conveniente facilitar capacitación a los operarios de barrido, recolección, transporte y de disposición final, a los cuales se ha de dotar permanentemente de los accesorios necesarios para desarrollar su trabajo e implementos para su seguridad laboral.

Para mantener una buena estética del relleno sanitario es necesario que al final de la jornada se recojan desechos como papeles y otros que por acción del viento u otros agentes, pueden ser arrojados fuera del área de trabajo.

Debe fumigarse periódicamente el área del relleno para eliminar la posibilidad de que se alcancen a desarrollar moscas que hayan iniciado su ciclo de vida en el recipiente domiciliario y llegan al relleno por medio del vehículo recolector, donde, si se dan las condiciones pueden llegar a completar su etapa de vida y reproducción.

No se debe efectuar quemas dentro del relleno sanitario, esto podría conllevar a un incendio el cual se puede complicar por la presencia de gas producto de la descomposición de los desechos orgánicos. Se debe suministrar al grupo de trabajo en disposición final un extinguidor.

BIBLIOGRAFIA

ASOCIACION DE INGENIEROS DE ANTIOQUIA. Desechos sólidos: generación, almacenamiento, recolección, reciclaje. Medellín, 1987.

BOWLES, Joseph E. Manual de laboratorios de suelos en Ingeniería Civil. México: Editorial Mc Graw Hill, 1981.

BRAVO PAULO, Emilio. Trazado y localización de carreteras. Bogotá: Carvajal S.A., 1976. 334p.

CHAO, Lincoln L. Estadística para las ciencias administrativas. México: Mc Graw Hill, 1982.

COLLAZOS P, Héctor, etal. Manual del curso de Postgrado sobre recolección de desechos sólidos y limpieza de vías. Cali: Universidad del Valle, 1977. 173p.

COLLAZOS P, Héctor, etal. Manual del curso de Post-grado sobre relleno sanitario. Cali: Universidad del Valle, 1977. 101p.

CORAL MONCAYO, Hugo. IV Seminario de actualización en Geotécnia Ingeniería Sísmica. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería Programa de Ingeniería Civil, 1996.

GERSTNER BURNS, Erhard. Diseño de pavimentos. Cali: Universidad del valle departamento de mecánica de sólidos y materiales, sección de mecánica de suelos, 1985.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Normas Colombianas para la presentación de tesis de grado. Bogotá: ICONTEC, 1996. 132p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE PRODUCTORES DE CEMENTO. Pavimentos de concreto, Manual de diseño. Medellín: Editorial Piloto, 1991. 129p.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Aspectos geográficos del sector andino nariñense. Bogotá: Imprenta y ediciones IGAC, 1984. 137p.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de suelos de los municipios de Pasto y otros del Departamento de Nariño, volumen X tomo III. Bogotá: Imprenta y ediciones IGAC, 1975. 972p.

JARAMILLO PEREZ, Jorge A. Guía para el diseño, construcción y operación de un relleno sanitario manual. Medellín: Imprenta departamental de Antioquia, 1988. 153p.

LAMBE T. y WHITMAN. Mecánica de suelos. México: Centro regional de ayuda técnica, 1972.

LOPEZ GARRIDO Jaime. y VIDAL, Francisco. Basura urbana: recogido, eliminación y

reciclaje. Barcelona: Editores técnicos asociados, 1975.

METCALF Y EDDI. Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales. Colombia: Panamericana formas e impresos S.A, 1994. 969p.

MINISTERIO DE SALUD. Decreto número 0605 de 1996. Bogotá, marzo de 1986.

MUÑOZ RICAURTE, Guillermo. Pavimentos flexibles. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería Civil, 1993. 431p.

NAVIA A, Carlos. Breve monografía de San José de Albán (Nar.). Pasto: Imprenta departamental, 1987. 106p.

OROSCO J, Alvaro. Desechos sólidos, una aproximación racional para su recolección, transporte y disposición. Medellín: Universidad de Antioquia, 1975. 282p.

PEREIRA MARTINEZ, José. y RODRIGUEZ ACOSTA, Rolando. Eliminación de los residuos sólidos urbanos. Barcelona: Editores técnicos asociados, 1980.

RIVERA, Mauricio A. Estudio de aseo urbano, estudio de alternativas Instituto Nacional de Fomento Municipal. Pasto, 1980.

SALAZAR CANO, Roberto. Conferencias de Hidráulica. Pasto: Universidad de Nariño Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil, 1983.

SALAZAR CANO, Roberto. Conferencias de Ingeniería Ambiental. Pasto: Universidad de Nariño Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil, 1993.

TORRES N, Alvaro. y VILLATE B, Eduardo. Topografía. Bogotá: Editorial Norma, 1983.

VEN TE CHOW. Hidráulica de los canales abiertos. México: Editorial Diana, 1983.

WIRSHING, James R. y WIRSHING, Roy H. Introducción a la topografía. México: Impresora Roma, 1987. 361p.

MINISTERIO DE DESARROLLO. Reglamento sector agua Potable y saneamiento básico. Bogotá. 2000.