

1-1-2007

Optimización técnica y operativa para la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de Fómeque Cundinamarca

Genny Alexandra Rodríguez Martínez
Universidad de La Salle, Bogotá

Diana Jeised Romero Guauta
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Rodríguez Martínez, G. A., & Romero Guauta, D. J. (2007). Optimización técnica y operativa para la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de Fómeque Cundinamarca. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/392

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**OPTIMIZACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA PARA LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE FÓMEQUE
CUNDINAMARCA**

**GENNY ALEXANDRA RODRIGUEZ MARTINEZ
DIANA JEISED ROMERO GUAUTA**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTA DC
2007**

**OPTIMIZACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA PARA LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE FÓMEQUE
CUNDINAMARCA**

**GENNY ALEXANDRA RODRIGUEZ MARTINEZ
DIANA JEISED ROMERO GUAUTA**

Proyecto de grado presentado para optar al título de
Ingenieras Ambientales y Sanitarias

**Director
ELIÉCER GUILLERMO VARGAS ÁVILA
INGENIERO QUIMICO
ABOGADO**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTA DC
2007**

NOTA DE ACEPTACION

Presidente de Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Ciudad D M A

DEDICATORIA

A Dios por el don de la vida, a mis padres por haberme formado en un hogar lleno de amor, donde los principios morales, el respeto y las buenas costumbres son pan de cada día y por haber hecho de mí una persona de bien, a mi hermana, por compartir conmigo fuertes lazos de amistad y por transmitirme diariamente con su alegría y su espontaneidad la fuerza para luchar en la búsqueda de la realización de mis metas, a mis demás familiares, tíos y abuelos, por haber contribuido en mi formación como persona y como profesional, y a mis amigos por llenar de color y de esperanza cada día de mi vida.

Genny Alexandra Rodríguez M.

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios, por iluminarme en cada momento de mi vida, a mis padres, a quienes les agradezco su constante apoyo, su amor incondicional, su esfuerzo y compañía, a mis familiares que de una u otra forma contribuyeron para que este logro se hiciera realidad, a mis amigos por su amistad, fortaleza y empuje en los momentos alegres y tristes en el transcurso de mi vida

Diada Jeised Romero Guauta

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres por su entrega en la realización de nuestros objetivos.

Al Ingeniero Eliecer Vargas por su apoyo y orientación en el desarrollo de nuestro proyecto como director, y por brindarnos su confianza y su experiencia como ser humano en nuestra formación como profesionales.

Al secretario de Servicios Públicos del Municipio de Fómeque, John Jairo Jara, por su hospitalidad, por su constante colaboración y por la confianza puesta en nosotras en el desarrollo del proyecto.

Al Ingeniero Fredy Garzón, por su colaboración en la primera fase del proyecto de optimización

A la administración Municipal del municipio de Fómeque por su asistencia y el aporte de información

Al los profesores Carlos Angel, Javier Gonzalez, Rafael Ricardo y María del Carmen Robayo por brindarnos su conocimiento y experiencia en la realización del presente proyecto.

Al señor Omar Rincón, maestro de obra del municipio por su asistencia e información en la elaboración del presupuesto

Al señor Jairo Sabogal, por su contribución en el proceso de diseño bajo la asesoría de FUNDASES

A todos y cada uno de los profesores que nos guiaron en el transcurso de nuestra formación académica con su invaluable conocimiento y experiencia.

A nuestros amigos, compañeros y en general a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente proyecto.

CONTENIDO

| | Pag |
|---|-----|
| INTRODUCCIÓN | 0 |
| 1.PROBLEMA DE INVESTIGACION | 3 |
| 1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA | 3 |
| 2. JUSTIFICACION | 4 |
| 3.OBJETIVOS | 5 |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL | 5 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS | 5 |
| 4. MARCO LEGAL | 6 |
| 4.1 DE CARÁCTER GENERAL | 6 |
| 4.2 SERVICIO PÚBLICO DE ASEO | 6 |
| 4.3 SANITARIO Y AMBIENTAL | 6 |
| 5. MARCO TEORICO | 8 |
| 5.1 RESIDUOS SOLIDOS | 8 |
| 5.2 MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS | 9 |
| 5.3 COMPONENTES EN EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS | 9 |
| 5.3.1 Reducción. | 9 |
| 5.3.2 Reuso. | 9 |
| 5.3.3 Recuperación. | 10 |
| 5.3.4 Reciclaje | 10 |
| 5.4 GESTIÓN INTEGRAL EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS | 10 |
| 5.4.1 Segregación en la Fuente y Presentación. | 10 |
| 5.4.2 Recolección. | 11 |
| 5.4.3 Transporte. | 12 |
| 5.4.4 Aprovechamiento. | 12 |
| 5.5 EJEMPLOS EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS | 13 |
| 5.5.1 Complejo Medioambiental de la Costa del Sol. | 13 |
| 5.5.1.1 Planta de tratamiento integral de RSU. | 13 |
| 5.5.1.2 Planta de clasificación de envases. | 16 |
| 5.5.1.3 Proyectos de mejoras medioambientales. | 17 |
| 5.5.1.4 Galardones. | 17 |
| 5.5.2 Aplicación de la Tecnología EM en el Municipio de Togui Boyacá. | 18 |
| 5.5.2.1 Capacitación a la comunidad. | 18 |
| 5.5.2.2 Elaboración del EM sólido. | 18 |

| | |
|---|-----------|
| 5.5.2.3 Recolección y aprovechamiento. | 19 |
| 6. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE FÓMEQUE CUNDINAMARCA | 20 |
| 6.1 LOCALIZACIÓN | 20 |
| 6.2 CLIMATOLOGÍA | 20 |
| 6.2.1 Análisis de Parámetros Meteorológicos. | 21 |
| 6.2.1.1 Precipitación. | 21 |
| 6.2.1.2 Temperatura. | 21 |
| 6.2.1.3 Evaporación. | 22 |
| 6.2.1.4 Humedad relativa. | 22 |
| 6.2.4.5 Brillo solar. | 22 |
| 6.3 GEOLOGÍA | 23 |
| 5.3.1 Suelos. | 24 |
| 6.3.2 Usos del Suelo y Actividades Económicas. | 24 |
| 6.3.3 Estratigrafía del área de Ubicación de la Planta de Tratamiento. | 24 |
| 6.4 DESCRIPCIÓN DEL PERÍMETRO URBANO | 26 |
| 6.4.1 Sector Norte. | 26 |
| 6.4.2 Sector Oriental. | 27 |
| 6.4.3 Sector Occidental. | 28 |
| 6.4.4 Sector Sur. | 28 |
| 6.4.5 Sector Centro. | 29 |
| 6.4.6 Configuración Comercial, Institucional y Educativa del Municipio. | 30 |
| 6.4.7 Producción de Residuos en los Diferentes Sectores. | 31 |
| 7. MANEJO DADO A LOS RESIDUOS SÓLIDOS | 32 |
| 7.1 SISTEMA ADMINISTRATIVO | 32 |
| 7.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS | 33 |
| 7.2.1 Sistema Técnico. | 33 |
| 7.2.1.1 Patio de selección. | 33 |
| 7.2.1.2 Enramada para compostaje aerobio. | 34 |
| 7.2.1.3 cuartos de compostaje anaerobio. | 34 |
| 7.2.1.4 Camas para lombricultura. | 34 |
| 7.2.1.5 Cuarto de incineración. | 35 |
| 7.2.1.6 Bio Fábrica. | 35 |
| 7.2.2 Sistema Operativo. | 36 |
| 7.2.2.1 Selección en la fuente. | 37 |
| 7.2.2.2 Recolección selectiva. | 37 |
| 7.2.2.3 Descargue y selección. | 38 |
| 7.2.2.4 Compostaje aerobio. | 38 |
| 7.2.2.5 Enfriamiento. | 39 |
| 7.2.2.6 Tamizado y cernido. | 39 |
| 7.2.2.7 Disposición final. | 40 |
| 7.2.2.8 Lombricultura. | 40 |
| 8. PRODUCCIÓN DE RESIDUOS EN EL MUNICIPIO DE FOMEQUE | 41 |

| | |
|--|-----------|
| 8.1 PRODUCCIÓN PER CÁPITA | 41 |
| 8.1.1 Producción Per Cápita Sector Comercial. | 42 |
| 8.1.2 Producción Per Cápita Sector Educativo. | 43 |
| 8.1.3 Producción Per Cápita sector Domiciliario. | 44 |
| 8.1.4 Producción Per Cápita Plaza de Mercado. | 44 |
| 8.2 PESO DE LOS RESIDUOS RECOLECTADOS. | 45 |
| 8.2.1 Peso Vehículo Recolector. | 45 |
| 8.2.2 Pesos Recuperadores Independientes. | 46 |
| 8.2.3 Peso Plaza de Mercado. | 46 |
| 8.3 PROCESO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS | 47 |
| 8.3.1 Metodología para Residuos Orgánicos. | 47 |
| 8.3.2 Metodología para Residuos Inorgánicos. | 47 |
| 8.4 COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS | 49 |
| 9. IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS Y ZONAS DE MANEJO CRÍTICAS. | 53 |
| 9.1 PROCESOS DE TRATAMIENTO CRÍTICOS | 53 |
| 9.1.1 Selección en la Fuente, Almacenamiento y Presentación. | 53 |
| 9.1.2 Recolección. | 54 |
| 9.1.3 Descargue y Selección. | 54 |
| 9.1.4 Compostaje Anaerobio. | 55 |
| 9.1.5 Lombricultura. | 55 |
| 9.1.6 Compostaje Aerobio. | 56 |
| 9.1.7 Incineración. | 56 |
| 9.1.8 Bioseguridad | 58 |
| 9.2 INDICADORES DE EVALUACIÓN DE PROCESOS | 58 |
| 9.3 ÁREAS DE MANEJO CRÍTICAS | 58 |
| 9.3.1 Recolección. | 59 |
| 9.3.2 Bio Fábrica. | 59 |
| 9.3.3 Patio de Selección. | 59 |
| 9.3.4 Cuartos de Compostaje Anaerobio. | 61 |
| 9.3.5 Enramada para compostaje Aerobio. | 61 |
| 9.3.6 Camas de Lombricultura. | 61 |
| 10. PROPOSICIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACIÓN | 62 |
| 10.1 PROPOSICIÓN DE ALTERNATIVAS | 62 |
| 10.1.1 Alternativa de Optimización 1. | 62 |
| 10.1.2 Alternativa de Optimización 2. | 64 |
| 10.1.3 Alternativa de Optimización 3. | 66 |
| 10.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS | 68 |
| 11. DISEÑO DEL SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN TÉCNICO Y OPERATIVO | 71 |
| 11.1 OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA OPERATIVO | 72 |
| 11.1.1 Selección en la Fuente. | 72 |

| | |
|---|-----------|
| 11.1.2 Recolección y Transporte de Residuos. | 73 |
| 11.1.3 Compostaje. | 73 |
| 11.1.3.1 Microorganismo eficaces EM. | 74 |
| 11.1.3.2 Etapas del compostaje con EM. | 75 |
| 11.1.3.3 Factores importantes en el compostaje. | 75 |
| 11.1.3.4 Elaboración del compost. | 76 |
| 11.1.3.5 Dimensiones de la pila. | 76 |
| 11.1.3.6 Control de parámetros. | 77 |
| 11.1.3.7 Dosificación del EM. | 77 |
| 11.1.4 Lombricompostaje. | 77 |
| 11.1.4.1 Preparación del sustrato. | 77 |
| 11.1.4.2 Módulos para el proceso de lombricompostaje. | 77 |
| 11.1.4.3 Elaboración de humus. | 78 |
| 11.1.4.4 Cosecha de lombriz. | 78 |
| 11.1.5 Control de Pérdidas en el Aprovechamiento de Residuos Orgánicos. | 79 |
| 11.1.6 Manejo de Residuos No Aprovechables. | 80 |
| 11.1.6.1 Incineración. | 80 |
| 11.1.6.2 Traslado a micro relleno sanitario. | 81 |
| 11.2 OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA TÉCNICO. | 81 |
| 11.2.1 Implementación de Maquinaria. | 81 |
| 11.2.1.1 Pesaje de residuos. | 81 |
| 11.2.1.2 Descargue de los residuos. | 83 |
| 11.2.1.3 Selección de los residuos. | 83 |
| 11.2.1.4 Reducción de tamaño. | 85 |
| 11.2.2 Adecuación de Áreas de Tratamiento. | 85 |
| 11.2.2.1 Área de compostaje. | 85 |
| 11.2.2.2 Camas para lombricompostaje. | 87 |
| 11.2.3 Adecuación de Infraestructura. | 87 |
| 11.2.3.1 Cuartos de almacenamiento. | 87 |
| 11.2.3.2 Área administrativa. | 88 |
| 11.2.3.3 Bio fábrica. | 88 |
| 11.2.4 Nuevas Áreas de Tratamiento. | 89 |
| 11.2.4.1 Zona de secado y empaque de abono orgánico. | 89 |
| 11.2.4.2 Rampa de acceso zona de descargue. | 89 |
| 11.2.5 Protocolo de operación interna | 90 |
| 12. PRESUPUESTO | 91 |
| CONCLUSIONES | |
| RECOMENDACIONES | |
| BIBLIOGRAFIA | |

LISTA DE TABLAS

| | Pag |
|---|-----|
| 1. Parámetros Meteorológicos Fómeque Cundinamarca | 20 |
| 2. Formaciones Geológicas en la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos | 25 |
| 3. Características Físicas de las Rocas | 25 |
| 4. Configuración sector Comercial | 30 |
| 5. Configuración sector Institucional | 31 |
| 6. Configuración Sector Educativo | 31 |
| 7. Equipos de Recolección | 32 |
| 8. Asignación del nivel de complejidad | 41 |
| 9. Valor de Producción Per Cápita | 41 |
| 10. Producción de Residuos Sector Comercial | 42 |
| 11. Producción de Residuos Sector Educativo | 44 |
| 12. Peso de los Residuos Sólidos | 45 |
| 13. Peso de los Residuos Plaza de Mercado | 46 |
| 14. Material Inorgánico Presente | 47 |
| 15. Resultados Caracterización de Residuos Inorgánicos | 48 |
| 16. Composición Física de los residuos sólidos | 49 |
| 17. Composición de los Residuos según su Procedencia | 50 |
| 18. Composición de los Residuos según su Factibilidad de Manejo | 51 |
| 19. Composición de los Residuos según el grado de Peligrosidad | 51 |
| 20. Clasificación de Residuos según la NFPA | 57 |
| 21. Tipología y Procedencia de los residuos según la NFPA | 57 |
| 22. Cuadro Comparativo de Alternativas | 68 |
| 23. Recolección y Transporte de Residuos | 73 |
| 24. Especificaciones Técnicas Báscula 7560 TRUCKMATE | 82 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pag |
|--|-----|
| 1. Disposición de los residuos sólidos | 8 |
| 2. Precipitación en Fόμεque Cundinamarca | 21 |
| 3. Temperatura en Fόμεque Cundinamarca | 21 |
| 4. Evaporación en Fόμεque Cundinamarca | 22 |
| 5. Humedad Relativa en Fόμεque Cundinamarca | 22 |
| 6. Brillo Solar en Fόμεque Cundinamarca | 23 |
| 7. Manejo Dado a los residuos Sólidos | 37 |
| 8. Comportamiento Residuos Inorgánicos | 48 |
| 9. Composición Física de los Residuos Sólidos | 50 |
| 10. Composición Física de los Residuos según su Procedencia | 51 |
| 11. Composición Física de los Residuos según su Factibilidad de Manejo | 51 |
| 12. Composición Física de los Residuos según el Grado de Peligrosidad | 52 |
| 13. Alternativa de Optimización N°1 | 62 |
| 14. Alternativa de Optimización N°2 | 64 |
| 15. Alternativa de Optimización N°3 | 66 |
| 16. Organigrama del Servicio Público de Aseo | 71 |
| 17. Aprovechamiento de los Residuos Orgánicos | 79 |

LISTA DE IMAGENES

| | Pag |
|--|-----|
| 1. Perímetro Urbano | 26 |
| 2. Sector Norte | 26 |
| 3. Sector Oriental | 27 |
| 4. Sector Occidental | 28 |
| 5. Sector Sur | 29 |
| 6. Sector Centro | 30 |
| 7. Vehículo Recolector | 33 |
| 8. Patio de Selección | 33 |
| 9. Enramada para Compostaje Aerobio | 34 |
| 10. Cuartos de Compostaje Anaerobio | 34 |
| 11. Camas par Lombricultura | 35 |
| 12. Cuarto de Incineración | 35 |
| 13. Bio Fábrica | 36 |
| 14. Descargue de Residuos | 38 |
| 15. Enfriamiento de Abono | 39 |
| 16. Tamizado de Abono Orgánico | 39 |
| 17. Empaque de Abono Orgánico | 40 |
| 18. Disposición de Residuos no Aprovechables | 40 |
| 19. Recolección de Residuos | 54 |
| 20. Compostaje Anaerobio | 55 |
| 21. Lombricultura | 55 |
| 22. Compostaje Aerobio | 56 |
| 23. Patio de Selección | 59 |
| 24. Cuartos de Compostaje Anaerobio | 60 |
| 25. Enramada para compostaje aerobio | 60 |
| 26. Camas de Lombricultura | 61 |
| 27. Elaboración de Compost | 76 |
| 28. Módulos para Lombricompostaje | 78 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pag |
|--|-----|
| A. Los Suelos en el Municipio de Fómeque Cundinamarca | 1 |
| B. Geología del Municipio de Fómeque Cundinamarca | 4 |
| C. Producción de Residuos en los Diferentes Sectores | 7 |
| D. Ubicación y Configuración de la Planta de Tratamiento | 9 |
| E Inventario de Infraestructura | 11 |
| E1 Patio de Selección Lombricultura | 12 |
| E2 Enramada para Compostaje | 13 |
| E3 Cuarto de Compostaje Anerobio | 14 |
| E4 Camas de Lmbricultura | 15 |
| E5 Cuarto de Incineración | 16 |
| E6 Bio Fábrica (Fachada y Estructura Metálica) | 17 |
| E7 Bio Fábrica (Vista de Techo) | 18 |
| F. Consolidación Ruta de Recolección PGIRS | 19 |
| G. Línea Base Ambiental | 23 |
| H. Diseño Experimental | 36 |
| I. Diseño Optimización Ruta de Recolección | 44 |
| J. Micro Relleno Sanitario | 48 |
| J1. Plano Micro Relleno | 56 |
| J2. Perfil Micro Relleno | 57 |
| K. Levantamiento Topográfico | 58 |
| L. Cotización Mettler Toledo | 60 |
| M. Cotización Sheimer Ltda. | 66 |
| N. Cotización Rota Terra | 70 |
| O. Adecuación de Áreas de Tratamiento | 72 |
| O1. Área de Compostaje | 73 |
| O2. Área de Lombricompostaje | 74 |
| P. Adecuación de Infraestructura | 75 |
| P1. Patio de Selección y Cuartos de Almacenamiento | 76 |
| P2. Bio Fábrica | 77 |
| Q. Estudio de suelos | 78 |
| R. Nuevas Áreas de Tratamiento | 108 |
| R1. Zona de Secado y Empaque de Abono Orgánico | 109 |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| R2. Rampa para Descargue de Residuos | 110 |
| S. Protocolo de Operación Interna | 111 |

GLOSARIO

Ácidos fúlvicos: son parte del complejo de compuestos orgánicos del suelo, de naturaleza muy particular y distinta a la de cualquier sustancia vegetal. Estos ácidos son los representantes menos maduros del grupo de los ácidos húmicos. Poseen un porcentaje de carbono significativamente más bajo y el de hidrógeno es superior al de los ácidos húmicos.

Ácidos húmicos: Son parte del complejo de compuestos orgánicos del suelo, de naturaleza muy particular y distinta a la de cualquier sustancia vegetal. Poseen mayor porcentaje de carbono y menor porcentaje de hidrógeno que los ácidos fúlvicos.

Ácidos nucleicos: Macromoléculas complejas de suma importancia biológica, contienen ácidos nucleicos en forma de ácido desoxirribonucleico (ADN) y ribonucleico (ARN) para los organismos vivos.

Amonificación: Conversión a ion amonio del nitrógeno que en la materia viva aparece principalmente como grupos amino ($-NH_2$) o imino ($-NH-$).

Auditoria: Revisión sistemática de una actividad o de una situación para evaluar el cumplimiento de las reglas o criterios en examinar los documentos, para emitir un informe que garantiza la exactitud y correcta interpretación de las anotaciones efectuadas en ellos.

Bacterias Fototrópicas: Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía.

Desarrollo sostenible: Es un desarrollo que satisfaga las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades

Dioxinas: Nombre genérico del policloro dibenzo-p-dioxinas (PCDD), son el nombre con el que se conoce a un grupo de 75 compuestos formados por un núcleo básico de dos anillos de benceno unidos por dos átomos de oxígeno en el cual puede haber como sustitutos de uno a ocho átomos de cloro.

Diseño: Esquema o estructura lógica de acción que permite mantener constante el flujo de las variables experimentales pertinentes y controlar así la influencia de las variables independientes sobre las variables dependientes.

Drenaje: Sistema de evacuación de aguas sobrantes ya sean de riego, lluvia, para evitar zonas freáticas altas y encharcamientos a nivel de raíces.

Esquema de ordenamiento territorial (EOT): Procesos que se deben desarrollar en el Municipio con el propósito de generar un modelo territorial eficiente y competitivo, mediante la integración de recursos humanos, financieros, organizacionales, políticos y naturales, buscando satisfacer las necesidades individuales y colectivas de los diferentes sectores de la población del Municipio.

Factores de riesgo: circunstancias y características del cliente y la operación que hacen que exista una mayor probabilidad de corresponder con una operación sospechosa de lavado de activos.

Furanos: Nombre genérico es policloro-dibenzofuranos (PCDF) son un grupo de 135 compuestos de estructura y efectos similares a las dioxinas y cuyas fuentes de generación son la misma. Se considera que estos compuestos son los contaminantes principales de los policlorobifenilos (PCB). Cuando se hace referencia a las dioxinas y compuestos similares en los textos de divulgación se incluye también a los furanos y PCB.

Gallinaza: Mezcla de los excrementos de las gallinas con los materiales que se usan para cama en los gallineros los cuales son ricos en nitrógeno y muchos otros nutrientes.

Gestión de residuos sólidos urbanos. El conjunto de actividades encaminadas a dar a los mismos el destino más adecuado y de acuerdo con sus características, para la protección de la salud humana, los recursos naturales y el medio ambiente. Comprende las operaciones de recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y eliminación o las de transformaciones necesarias para su reutilización, su recuperación o reciclaje.

Hemicelulosas: Son polímeros ramificados de pentosas y hexosas; forman parte de la matriz de las células de diferentes plantas.

Humus: Sustancia compuesta por productos orgánicos, de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos (hongos y bacterias). Posee un color negruzco debido a la gran cantidad de carbono que contiene.

Lixiviado. Extracción de sustancias solubles de un material sólido, por agua

Mesófilos: Microorganismos que presentan temperaturas óptimas a los 25-40°C y máximas entre 35 y 47°C.

Microorganismos termotolerantes: Continúan la transformación del material orgánico. Predominan los hongos termófilos y Actinomycetos. Por encima de los 65° C, las bacterias que forman esporas preponderan y los hongos mueren.

Permeabilidad: Propiedades de fluidez de la membrana biológica que permiten el pasaje de sustancias al interior y hacia el exterior de las células.

pH: Es el menor logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno, expresada en moles por litro.

Plan de contingencia: Acciones a realizar, recursos a utilizar y personal a emplear en caso de producirse un acontecimiento intencionado o accidental que inutilice o degrade los recursos informáticos o de transmisión de datos de una organización.

Seguridad industrial: Conjuntos de principios leyes, normas y mecanismo de prevención de los riesgos inherentes al recinto laboral, que pueden ocasionar un accidente ocupacional, con daños destructivos a la vida de los trabajadores o a las instalaciones o equipos de las empresas en todos sus ramos

INTRODUCCIÓN

Desde el origen de la vida, el hombre ha utilizado los recursos naturales para su supervivencia, sin embargo, con el transcurrir del tiempo la evolución cultural ha marcado el progreso de la humanidad; antiguamente el hombre subsistía del consumo y uso de los recursos naturales, y los residuos de su actividad se integraban rápidamente en la naturaleza sin ser causa de problemas medioambientales. La evolución de la humanidad ha traído consigo la extracción y transformación de elementos naturales con la utilización de energía disponible, el proceso de industrialización, con la explotación indiscriminada de los recursos naturales conllevaron con el tiempo a la contaminación de ríos, tierras, aguas subterráneas y hasta el aire que respiramos diariamente, a raíz de los elevados índices de residuos derivados de los procesos de producción, además de esto, el establecimiento de zonas densamente pobladas en torno a los grandes polos industriales contribuye considerablemente con la generación de residuos.

Como consecuencia de todos estos procesos, el hombre ha tenido que idear sistemas que permitan aprovechar los residuos que produce a diario. El municipio de Fómeque Cundinamarca, cuenta con una planta para el aprovechamiento de los residuos generados en el casco urbano, pero, a pesar de que lleva poco tiempo en funcionamiento (alrededor de cinco años) presenta problemas tanto de carácter administrativo como operativo, los cuales han generado impactos negativos en el medio ambiente y por ende inconformismo en la población asentada alrededor de sus instalaciones.

El presente proyecto tiene como objetivo presentar un sistema de optimización técnica y operativa para la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de Fómeque Cundinamarca, a través del desarrollo de actividades consecutivas. La metodología utilizada se basa en el desarrollo de actividades concretas en cada objetivo específico: para el primer objetivo “evaluación de la situación actual de la planta”, se inició con la recopilación de información registrada en el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) y el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), así como con el reconocimiento de la planta de tratamiento y el sistema operativo por medio de la revisión de documentación administrativa y visitas técnicas a la planta, también se hizo un inventario de la infraestructura con que cuenta la planta y se elaboró la línea base ambiental respecto de los procesos desarrollados en el sistema de aprovechamiento de los residuos; con respecto al tipo y la cantidad de residuos generados en el municipio, se realizó una caracterización física de los mismos durante cuatro semanas, seguido de la aplicación de un diseño experimental con el fin de establecer su composición física; adicional a esto se efectuó un estudio topográfico para efectos de diseño de nuevas áreas de tratamiento. El segundo objetivo “proposición y selección de alternativas de aprovechamiento”, consta de la identificación de procesos de tratamiento desfavorables desde el punto de vista ambiental y zonas de manejo que deben ser excluidas o tratadas

de manera especial, de esta forma, se proponen alternativas de optimización técnicas y operativas para seleccionar y evaluar la más conveniente teniendo en cuenta aspectos técnicos y ambientales, además de la viabilidad económica. El tercer objetivo “Diseño de alternativas de optimización”, se fundamenta en el diseño de la propuesta seleccionada a través del planteamiento de procedimientos claros desde la selección en la fuente hasta la disposición final, tales procedimientos integran el tratamiento de residuos orgánicos bajo técnicas certificadas, propuesta para manejo de lixiviados, procedimientos de procesamiento y separación de materiales inorgánicos y mecanismos de disposición final para los residuos no aprovechables, así como también se propone la adecuación de la infraestructura existente y la implementación de equipos y maquinaria.

Por último se diseñó un protocolo de operación interna para el sistema tratamiento de los residuos sólidos, el cual cuenta con la descripción de responsabilidades tanto para el personal administrativo como operativo, plan de contingencias para condiciones de riesgos operacionales y ambientales, programa de seguimiento y control del funcionamiento del sistema de aprovechamiento y el establecimiento de reglas claras en materia de bioseguridad.

El proceso de optimización conlleva a fomentar la educación ambiental en el municipio, esto implica generar iniciativas desde la administración para que la comunidad aprenda a investigar y evaluar problemas ambientales, ya que la optimización de la planta de tratamiento de residuos sólidos con procesos ambientalmente amigables, se convierte en un atractivo para el fomento de la educación ambiental, como un proceso que incluye un esfuerzo planificado para comunicar información y/o suministrar instrucción basado en experiencias reales, al igual que en el sentimiento público prevaleciente diseñado para apoyar el desarrollo de actitudes, opiniones y creencias que apoyen a su vez la adopción sostenida de conductas que guían tanto a los individuos como a grupos para que vivan sus vidas de manera que minimicen la degradación del paisaje original o las características geológicas de una región, la contaminación del aire, agua o suelo, y las amenazas a la supervivencia de otras especies de plantas y animales, así como las acciones individuales y de grupo que puedan influenciar la relación entre calidad de vida humana y la condición del ambiente.

En la ejecución de las diferentes actividades se contó, además del criterio profesional adquirido en el proceso de formación como Ingenieras Ambientales y Sanitarias, con la colaboración de la administración municipal y el apoyo del cuerpo docente de la facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad de la Salle. Se presentaron limitaciones de carácter económico a raíz de la no ejecución de compromisos interadministrativos, los cuales no permitieron desarrollar actividades importantes como un estudio de suelos, el cual juega un papel importante en el proceso de optimización de la planta de tratamiento de residuos sólidos.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los procesos técnicos y operativos que se pueden diseñar para optimizar el manejo integral de los residuos en la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de Fómeque Cundinamarca?

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la planta de tratamiento para manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos del municipio de Fómeque Cundinamarca, se llevan a cabo procesos de compostaje, lombricultura y recuperación de materiales para su posterior comercialización, además de actividades de incineración y enterramiento de residuos no aprovechables.

Actualmente la situación no es del todo favorable, el manejo de la planta de tratamiento atraviesa por una fase crítica, la infraestructura construida y los procedimientos de funcionamiento, no cumplen con un proceso, que se considere adecuado para el manejo y disposición final de residuos sólidos. El municipio presenta un manejo (aprovechamiento y disposición final) de sus residuos sólidos inapropiado: el compostaje se desarrolla en terrenos no aptos bajo procedimientos rudimentarios que no describen una técnica de aprovechamiento de calidad; el proceso de lombricultura a simple vista resulta obsoleto, ya que la cantidad de lombrices presentes no es suficiente para la demanda de residuos y la infraestructura esta sobre dimensionada; por otro lado se exhibe una elevada acumulación de residuos no aprovechables, los cuales están siendo enterrados después de haber sido dispuestos a cielo abierto bajo condiciones técnicamente inadecuadas y en lugares predispuestos a deslizamientos, esto, debido a que el horno de incineración existente no cuenta con condiciones aptas para eliminar toda clase de residuos, además como resultado de la mala segregación en la fuente, los residuos inorgánicos llegan a la planta contaminados, por tal razón la cantidad aprovechable es mínima y la planta no dispone de mecanismos que permitan incrementar su valor comercial ni con infraestructura adecuada para su almacenamiento.

Por lo dicho anteriormente, el diseño de un proceso de optimización que involucre el concepto de aprovechamiento y recuperación de residuos orgánicos e inorgánicos, juega un papel preponderante dentro del proceso de la gestión integral de los residuos sólidos en el municipio y permite promover la preservación del ambiente generando beneficios sociales, económicos y ambientales.

2. JUSTIFICACIÓN

Dentro de un amplio espectro de temas que guardan relación con el ambiente, la gestión integral de los residuos sólidos ocupa un lugar principal dentro de la gestión ambiental. En Colombia, el manejo y disposición final de los residuos sólidos no ha sido enfrentado con éxito por las Administraciones Municipales, la mayoría de municipios presentan debilidades en la gestión de los mismos, siendo frecuentes los casos en los que se han generado impactos significativos en el ambiente, problemas de salud pública e insostenibilidad económica del servicio. Fómeque, cuenta con una planta de tratamiento para el manejo de los residuos sólidos que produce, desde su etapa de formulación ha integrado la participación de la comunidad, participación que actualmente sigue siendo un factor preponderante en su funcionamiento; hoy en día la planta necesita urgentemente una optimización de sus procesos para poder ofrecer resultados de calidad acordes con las necesidades medioambientales, ya que la gestión de los residuos sólidos es parte de la actividad cotidiana de un ecosistema subsidiado como es un municipio.

El manejo de los residuos afecta en general y de forma horizontal a todas las actividades, personas y espacios, convirtiéndose en problema no sólo por lo que representa en términos de recursos abandonados sino por la creciente incapacidad para encontrar lugares que permitan su acomodo correcto desde un punto de vista ecológico, en este aspecto el municipio ya dispone de un lugar determinado para tal fin, por tal razón un proceso de optimización bien fundamentado no sólo contribuye al fortalecimiento de las actividades desarrolladas dentro de la planta, sino que también involucra el desarrollo del municipio como parte de una sociedad, pues cuando se hace referencia a una planta de tratamiento de residuos sólidos, se está hablando directamente de gestión ambiental y por tanto aparece el termino "desarrollo sostenible", el cual obliga a actuar de forma coordinada a lo largo de todas las actividades desarrolladas en cada una de las fases del proceso de manejo de los residuos. Un proceso de optimización inevitablemente genera modificaciones en el ambiente, este proyecto busca la mejor manera de desarrollar las actividades de tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos generados en el municipio de tal forma que el ambiente no se vea perjudicado, por tanto las modificaciones que se hagan buscan generar impactos positivos, ya que no sólo se pretende implementar instrumentos nuevos que sean ambientalmente amigables, sino que se trabajará en la corrección de aquellos que han dejado huellas desfavorables y se fortalecerán aquellos que puedan arrojar mejores resultados frente al mejoramiento de la calidad del medio ambiente.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Optimizar técnica y operativamente la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de Fómeque Cundinamarca.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar técnica y operativamente la situación actual de la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de Fómeque Cundinamarca.

Proponer y seleccionar alternativas técnicas y operativas para la optimización de la planta de residuos sólidos del municipio de Fómeque Cundinamarca.

Diseñar alternativas de optimización técnica y operativa para la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de Fómeque Cundinamarca

4. MARCO LEGAL

4.1 DE CARÁCTER GENERAL

Constitución Política de Colombia. Establece derechos y deberes de la población en relación con la protección y preservación del medio ambiente.

Ley 388 de 1997. Establece lineamientos generales para la elaboración de los planes de Ordenamiento Territorial.

4.2 SERVICIO PÚBLICO DE ASEO

Ley 142 de 1994. Régimen de Servicios Públicos Domiciliarios

Decreto 605 de 1996, Capítulo I del Título IV. Establece las prohibiciones y sanciones en relación con la prestación del servicio público domiciliario de Aseo

Decreto 1713 de 2002. Reglamenta la prestación del servicio público de aseo en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Resolución No.1096 de 2000. Adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS

4.3 SANITARIO Y AMBIENTAL

Decreto Ley 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA- y se dictan otras disposiciones.

Decreto 948 de 1995. En relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y protección de la calidad del aire.

Resolución 601 de 2006. Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.

Resolución No. 541 de 1994. Expedida por el Ministerio de Medio Ambiente, por la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y

disposición final de materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.

Resolución No. 058 de 2002. Expedida por el Ministerio de Medio Ambiente, establece normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos.

Decreto 1140 de 2003. Por el cual se modifica parcialmente el decreto 1713 de 1997 en relación con el tema de las unidades de almacenamiento y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1505 de 2003. Por el cual se modifica parcialmente el decreto 1713 de 1997, en relación con los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos y se dictan otras disposiciones.

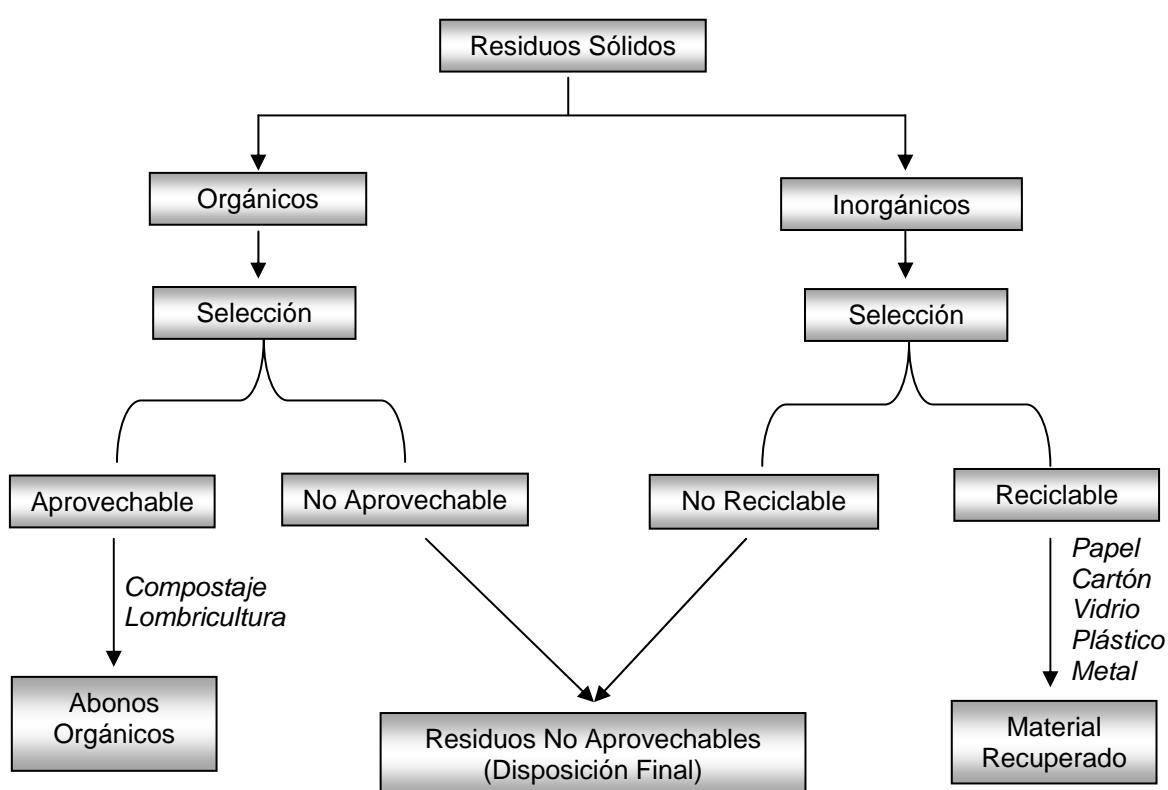
Resolución 1045 de 2003. Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión integral de Residuos Sólidos y se toman otras determinaciones.

5. MARCO TEORICO

5.1 RESIDUOS SÓLIDOS

Definición: Son los que se originan en la actividad doméstica y comercial de ciudades y pueblos, o sea, “cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas”¹.

Figura 1 Disposición de los Residuos Sólidos



Fuente: Estudio

¹ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Decreto 1713. República de Colombia. Agosto 06 de 2002. Ar1

5.2 MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

El manejo integral de los residuos sólidos encierra aspectos y procedimientos que promueven la participación activa de toda la comunidad y requieren de un compromiso serio de gestión, en el cual no se salte ningún aspecto que pueda poner en riesgo el medio ambiente y la calidad de vida de la población.

Las plantas de tratamiento, aparecen entonces como una de las mejores alternativas para manejar el problema de los residuos, ofreciendo alternativas viables y sobretodo rentables, en donde los residuos sólidos pasan de ser simplemente basura a ser materiales útiles y su aprovechamiento es fuente de ingresos para muchos, además los procesos que se manejen bajo una buena planificación, resultan sostenibles y amigables con el medio ambiente y el fortalecimiento de sectores productivos de la región donde opere, gracias a los grandes beneficios que se pueden obtener como resultado de un trabajo coordinado y actualizado ante las necesidades de la sociedad actual. La Planta para el Tratamiento Integral de residuos sólidos, una vez que se ponga en marcha, propone el manejo centralizado de las basuras en un sitio donde se facilite el aprovechamiento de la mayor cantidad del material y se haga una disposición final adecuada de lo restante, pues su finalidad es el tratamiento directo y responsable de los desechos sólidos biodegradables y no biodegradables, con un alto grado técnico que favorece el entorno ecológico, sanitario, social y económico de las comunidades.

5.3 COMPONENTES EN EL MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

5.3.1 Reducción.

Teniendo en cuenta que todo aquello que se compra y se consume tiene una relación directa con lo que se desecha (residuos), “reducir es consumir racionalmente y evitar el derroche”² por medio de la disminución de la cantidad de desechos potenciales en los productos; algunas prácticas pueden ser: elegir productos con la menor cantidad de envoltorios, reducir el uso de productos tóxicos y contaminantes, limitar el consumo de productos de usar y tirar y reducir el consumo de agua y energía entre otras, además de reflexionar en cuanto a: ¿es realmente necesario?, ¿es o no desechable?, ¿se puede reutilizar, rellenar, retornar o reciclar?

5.3.2 Reuso.

¿Por qué destruir algo que ha costado trabajo hacer o por qué tirar algo que todavía sirve? .Reutilizar consiste en darle la máxima utilidad a las cosas sin

² PARODY, Gina. Como reciclar (en línea).Senado de la República. Bogotá Colombia. 2007. Disponible en internet:<www.ginaparody.com/medioambiente/como_reciclar.htm>

necesidad de destruirlas o deshacerlas de ellas. El decreto 1713 de 2002 lo define como la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales la posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requiera procesos adicionales de transformación, de esta forma ahorramos la energía que se hubiera destinado para hacer dicho producto. Cuanto más objetos se reutilicen, menos basura se producirá y menos recursos agotables se gastarán, un ejemplo sencillo es utilizar el papel por las dos caras o regalar la ropa que le ha quedado pequeña.

5.3.3 Recuperación.

Separar los residuos y dar a cada uno el tratamiento adecuado es la clave de la recuperación. El decreto 1713 de 2002, define como la acción que permite seleccionar y retirar los residuos sólidos que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos.

5.3.4 Reciclaje

Reciclar consiste en usar los materiales una y otra vez para hacer nuevos productos reduciendo en forma significativa la utilización de nuevas materias primas. “El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización”³.

Reciclar se traduce en: Ahorro de energía, ahorro de agua potable, ahorro de materias primas, menor impacto en los ecosistemas y sus recursos naturales, ahorro de tiempo, dinero y esfuerzo.

5.4 GESTIÓN INTEGRAL EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

La Gestión Integral de Residuos se entiende como el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final. Para que sea una gestión sustentable, debe considerar además de las ya mencionadas, operaciones que pueden conducir a prevenir, reutilizar, reducir y reciclar residuos. Un sistema de gestión de residuos debe contar con las siguientes características:

5.4.1 Segregación en la Fuente y Presentación.

Entendiéndose como la “clasificación de las basuras y residuos sólidos en el sitio donde se generan, su objetivo es separar los residuos que tienen un valor

³ Decreto 1713. Op.cit.Ar1

de uso indirecto, por su potencial de reuso, de aquellos que no lo tienen, mejorando así sus posibilidades de recuperación”⁴. Este procedimiento juega un papel preponderante en proceso de manejo de los residuos sólidos, de una buena selección en la fuente depende no sólo la calidad de los productos obtenidos como resultado de los procesos de aprovechamiento, sino también el fortalecimiento de la calidad del medio ambiente y de la cultura de la población. La presentación y el almacenamiento de los residuos sólidos como se estipula en el capítulo II del decreto 1713 de 2002, son responsabilidad del usuario, los residuos deben presentarse de tal forma que no tengan contacto directo con el medio ambiente y con las personas encargadas de la recolección, por tanto los recipientes que se utilicen para el almacenamiento deben ser impermeables, livianos, resistente y de fácil limpieza, de tal forma que proporcionen higiene y faciliten el proceso de recolección selectiva.

5.4.2 Recolección.

Las formas de entrega de los residuos domiciliarios a la recolección varían en nuestro país desde bolsas en la calle, bolsas en canastos metálicos o en tarros, contenedores plásticos para una vivienda, hasta contenedores para varias viviendas o edificios. “La recolección de residuos sólidos se refiere a la cantidad de residuos que son retirados de las diferentes actividades de los asentamientos humanos y cuyo destino puede ser la incineración, el reciclaje, la recuperación de materiales o la disposición”⁵

Según el decreto 1713 de 2002 en su capítulo III, la actividad de recolección se realizará observando entre otras las siguientes normas:

- La recolección deberá efectuarse de modo tal que se minimicen los impactos ambientales, en especial el ruido y el esparcimiento de residuos en la vía pública. En caso de que se viertan residuos durante la recolección, es deber del recolector realizar inmediatamente la limpieza correspondiente.
- La persona prestadora del servicio deberá tener equipos de reserva, para garantizar la normal prestación del servicio de aseo en caso de averías. El servicio de recolección de residuos no podrá ser interrumpido por fallas mecánicas de los vehículos.
- El servicio de recolección de residuos aprovechables, y no aprovechables se prestará de acuerdo con el PGIRS, en las frecuencias y horarios establecidos por el operador del servicio y consignados en el contrato de condiciones uniformes.
- En las zonas en las cuales se utilice el sistema de recolección en cajas de almacenamiento, las personas prestadoras del servicio deberán

⁴ MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 200. Sistemas de Aseo Urbano. Sección II. Título F. 13p

⁵ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Observatorios Ambientales Urbanos. Residuos Sólidos Municipales. Cali. 1999

instalar los que sean necesarios para que los residuos sólidos depositados no desborden su capacidad.

- La operación de compactación deberá efectuarse en zonas donde causen la mínima molestia a los residentes. En ningún caso esta operación podrá realizarse frente a centros educativos, hospitales, clínicas o cualquier clase de centros asistenciales.

Las macro rutas y micro rutas que deben seguir cada uno de los vehículos recolectores en la prestación del servicio, deben ser diseñadas de acuerdo con las necesidades del servicio y cumpliendo con las normas de tránsito, estableciendo una frecuencia de recolección según la naturaleza de los residuos. En cuanto a la divulgación de rutas y horarios, “la recolección se efectuará según horarios y frecuencias en las macro rutas y micro rutas establecidas previamente, los cuales deberán darse a conocer a los usuarios utilizando medios masivos de difusión de amplia circulación local, o en las facturas de cobro de servicios de aseo”.⁶

5.4.3 Transporte.

Para prestar el servicio de transporte de residuos sólidos se debe contar con vehículos recolectores motorizados, claramente identificados (color, logotipos, placa de identificación, entre otras características) y deberán mantenerse siempre en óptimas condiciones de funcionamiento para la prestación del servicio. “Cuando por condiciones de capacidad y dimensiones de las vías públicas, dificultades de acceso o condiciones topográficas no sea posible la utilización de vehículos con las características antes señaladas, la autoridad competente evaluará previo a su ejecución, la conveniencia de utilizar diseños o tipos de vehículos diferentes”⁷.

5.4.4 Aprovechamiento.

Evolucionar hacia una mayor sostenibilidad en la gestión de los recursos implica ser capaz de evaluar la eficiencia alcanzada en términos de ahorro de recursos naturales tanto materiales como energéticos y evitación de residuos. Lógicamente, “gestionar de forma más sostenible los recursos implica acercarse progresivamente hacia la producción limpia, objetivo que involucra no sólo el menor consumo de recursos (materias primas y energía), sino la drástica disminución de los residuos gracias a la integración de la reutilización y el reciclaje de los mismos en el proceso productivo”⁸.

⁶ Decreto 1713.Op.cit.Art 36

⁷ Decreto 1713.Op.cit Art 49

⁸ DEL VAL ALFONSO. Ciudades para un futuro más sostenible. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos. 1997

Considerar que una gestión de los Residuos Sólidos alcanza, o se aproxima, al grado de sostenible en circunstancias ambientales, económicas y sociales, implica establecer una serie de criterios donde:

- Exista un plan integral de gestión que contemple la prevención, reutilización, reciclaje y disposición o destino final de los residuos y que se adecue a las características locales de producción y consumo.
- La población participe activamente en actividades de recolección selectiva presentando por separado la materia orgánica fermentable de los residuos de vidrio, papel y cartón, textiles y otros de carácter inorgánico.
- Se planifique la introducción de los conceptos de prevención, reutilización y reciclaje en la educación primaria y secundaria mediante experiencias previas y voluntarias por parte de los responsables de los centros educativos dentro de un amplio contenido experimental y práctico.
- Halla un control de calidad de los procesos desarrollados y evaluaciones periódicas de los resultados obtenidos

5.5 EJEMPLOS EN LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

5.5.1 Complejo Medioambiental de la Costa del Sol.

El Complejo Medioambiental de la Costa del Sol “cuenta con una superficie total de 180 hectáreas y se localiza en el paraje conocido como la Finca Benamorabe-Benamozable, en el Término Municipal de Casares (Málaga-España). La Planta de Tratamiento Integral de Residuos Sólidos Urbanos de la Mancomunidad de Municipios de la Costa del Sol Occidental, entró en funcionamiento en Julio de 1.999 y está capacitada para tratar 220.000 t/año de Residuos Sólidos Urbanos”⁹.

El Sistema de Tratamiento Integral de Residuos Sólidos Urbanos está conformado de la siguiente manera:

- Planta de tratamiento de R.S.U.
- Planta de Clasificación de Envases
- Proyectos de mejoras medioambientales

5.5.1.1 Planta de tratamiento integral de RSU.

El objetivo que se pretende alcanzar con este tipo de iniciativa es realizar una

⁹ Mancomunidad de Municipios de la Costa del Sol Occidental (en línea). Delegación de RSU y Medioambiente. España. Actualización 2007. Disponible en internet: <<http://medioambiental.net/complejo.php>

adecuada gestión medioambiental de los Residuos Sólidos Urbanos, generados en el ámbito de la Mancomunidad mediante un sistema que implique la reintroducción en el ciclo de consumo de los componentes de valor contenidos en los residuos.

“La Planta de Tratamiento dispone de dos líneas de 30 t/h cada una, que dan una capacidad nominal diaria de 1.080 t en 18 horas de funcionamiento útiles”¹⁰. El sistema de tratamiento está proyectado en las siguientes fases: Recepción, control, pesaje y descarga. Los residuos procedentes de la recogida domiciliaria llegan a la planta en los vehículos de recogida designados por los ayuntamientos o en contenedores procedentes de las transferencias y se procede a su pesaje y control, indicando el sitio de procedencia, en la caseta de control mediante una báscula. En la ficha que imprime el sistema informático, se registra la fecha y hora de la pesada, la matrícula del vehículo, el tipo de producto transportado, el proveedor o empresa concesionaria, el peso bruto, la tara, el peso neto y finalmente firma del conductor.

Clasificación y reciclaje. Una vez descargados los residuos en los fosos de recepción por los vehículos de recogida, se procede a su homogeneización y manejo, mediante los puentes-grúa, provistos de sus correspondientes pulpos, que trasladan y descargan en pulpadas sobre las tolvas de los alimentadores de placas.

Los alimentadores dosifican y alimentan los residuos al resto de las líneas, los cuales, descargan los residuos en cintas, donde se realiza una selección de los materiales voluminosos no aprovechables, que se dejan caer por las tolvas a sus respectivos contenedores, situados en la planta inferior de la instalación. Asimismo, en dichas cintas se realiza la selección de papel-cartón, que se deja caer por las tolvas para posteriormente ser conducido a la prensa de balas. El proceso de clasificación se inicia en las cintas de voluminosos que descargan los residuos dosificados en las cribas giratorias (trómeles), provistos interiormente de elementos abrebolsas, con el fin de evacuar los productos en ellas contenidos. Los materiales pasantes de los trómeles son recogidos por las cintas transportadoras a la línea de orgánicos fermentables, donde se concentra fundamentalmente componentes orgánicos, conducidos al área de tratamiento de orgánico (parque de fermentación), y otros materiales no orgánicos los cuales son recuperables (chatarra y aluminio) para su posterior comercialización.

Los materiales de rechazo de los trómeles son recogidos por las cintas transportadoras a la línea de inorgánicos, donde se concentra fundamentalmente componentes no orgánicos como metales, plásticos, textiles, papel-cartón, los cuales resultan recuperables para su posterior comercialización. Los materiales no seleccionados anteriormente (rechazos) con el fin de proceder a su transporte a vertedero, son conducidos por cintas a la prensa de rechazos. Las balas procedentes de la prensa de rechazos son cargadas sobre camión con ampliroll, con destino a vertedero.

¹⁰ Ibid

Fermentación aeróbica (compostaje). El concentrado de fracción orgánica es transportado por cintas hacia el transportador-repartidor que se encarga de distribuir longitudinalmente la producción de 3-7 días (según la temporada), en altura de hasta 3 m, a lo largo del parque de fermentación.

Diariamente se formará una parte de la parva homogénea que es movida desde esta posición inicial semanalmente mediante la volteadora, dejando espacio libre para las siguientes semanas; esta maniobra se realizará semanalmente durante 8 semanas. La evacuación de la 8ª posición (8ª semana) se realizará con pala cargadora desde el parque de fermentación a la zona de depuración de compost.

Depuración del compost. La fracción orgánica fermentada (compost) necesita ser depurada antes de proceder a su comercialización. La operación de depuración consiste en tratar esta fracción eliminándose los elementos finos y los densos, y los que pueden ser nocivos para su utilización.

Almacenamiento del compost. El compost depositado en el troje, es recogido por la pala cargadora designada al efecto y llevado a la zona de almacenamiento prevista para ello. Al tratarse de un producto elaborado y casi estabilizado, que ha pasado por una adecuada fermentación aerobia, consigue que su almacenamiento produzca las menores pérdidas posibles de volátiles y humedad, que no harían otro efecto que el de empobrecer su calidad. Por ello se almacenará con la mayor altura posible.

Gestión de lixiviados. Las pendientes del parque de fermentación, drenajes y canaletas, permite concentrar en un punto los lixiviados generados durante el compostaje.

Evacuación de rechazos. Los rechazos generados en la planta de tratamiento son de tres tipos:

- Rechazos voluminosos recogidos en contenedores abiertos.
- Rechazos de la depuración de compost recogidos en los contenedores abiertos.
- Rechazos de clasificación, que son llevados por cinta transportadora a la prensa de rechazos de donde sale en balas prensadas. Con esto se consigue reducir el volumen del rechazo y alargar la vida útil del vertedero.

Los tres tipos de rechazos son evacuados de la Planta al vertedero mediante un vehículo portacontenedores y un transportador de balas de rechazo, con capacidad para unas 10 balas.

Vertedero.

Los vehículos cargados con los rechazos voluminosos y de depuración del compost descargan éstos en el lugar indicado por los operadores del vertedero. Las balas del rechazo de clasificación se apilan de una manera ordenada, unas

sobre otras, hasta conseguir la altura prevista para su posterior recubrimiento con material arcilloso que se extrae del propio emplazamiento.

Para los posibles lixiviados que se produzcan en el vertedero se diseñó una red de zanjas drenantes para su recogida. El emplazamiento dispone en su cota inferior de un colector general colocado en una zanja del terreno, relleno de grava y sellado con material de recubrimiento, en el cual desembocan las distintas zanjas drenantes del vertedero. El colector general está comunicado con la balsa de lixiviados.

El vertedero se diseñó con una lámina impermeable de polietileno de alta densidad PEAD, que garantiza la recogida completa de los efluentes, que previsiblemente pueden generarse, para su encauzamiento en la balsa de lixiviados. También se ha colocado para proteger dicha lámina impermeable, un geotextil antipunzonante en la parte superior e inferior de la misma. La gestión de los lixiviados se realizará en el propio vertedero, mediante su evaporación, recirculación, de tal forma que constituye una unidad individual de tratamiento que funcionará autónomamente, ya que los componentes absorbentes de los rechazos y del material de recubrimiento funcionarán a modo de esponja retenedora de los efluentes que se deriven de la pluviometría sobre las balsas y las zonas en explotación.

5.5.1.2 Planta de clasificación de envases.

Recepción, control y pesaje. Los residuos procedentes de la recogida selectiva en contenedores cerrados con tapa (contenedor amarillo), llegan a la planta en los vehículos destinados para tal fin, y se procede a su pesaje y control identificando el itinerario de procedencia y tipo de Residuo Sólido Urbano en la caseta de control, y pesaje mediante báscula electrónica para camiones.

Descarga. Los vehículos que transportan los residuos, después de haber realizado el pesaje y control se dirigen hacia la plataforma, se procederá a la descarga de los residuos en el foso. En el caso de que durante la operación de descarga se produzcan derrames, los operarios del vehículo deben proceder a su recogida y evacuación al foso. La capacidad de almacenamiento total del foso de recepción es de aproximadamente 850 m³.

Alimentación. La alimentación a la línea se realiza mediante el puente grúa dotado de pulpo electrohidráulico de 4 m³ de capacidad. El material se deposita sobre el alimentador de placas aligeradas que está dotado de una tolva de recepción con una capacidad aproximada de 107 m³, que sirve de pulmón de almacenamiento al propio alimentador.

Clasificación previa. El material que llega en la cinta es sometido a un primer triaje de materiales voluminosos que pudieran interferir en el correcto funcionamiento de la línea. En este triaje se separan principalmente papel-cartón y voluminosos varios (plásticos y maderas). A la salida del triaje de voluminosos y sobre la misma cinta se instala un abridor de bolsas.

Clasificación mecánica por tamaños. El flujo de materiales procedente del alimentador, una vez pasado el primer triaje de materiales voluminosos y la apertura de bolsas, es dosificado por la cinta al interior del trómel.

Separación /clasificación. El pasante del trómel es recogido mediante cinta de velocidad lenta, regulable, donde se procede al triaje de la fracción, separándose individualmente los siguientes componentes comercializables:

- PEAD: polietileno de alta densidad (botellas pequeñas)
- PEBD: polietileno de baja densidad (botellas pequeñas)
- PET: politereftalato (botellas pequeñas)
- PVC: cloruro de polivinilo (envases varios)
- PP + PS : plásticos varios procedentes de la mezcla de polipropileno y poliestireno
- Papel y cartón

Separación magnética. El resto de los materiales no separados anteriormente siguen su camino en la cinta hasta llegar a la cabeza donde un separador magnético tipo OVERBAND se encarga de captar casi la totalidad de los materiales magnéticos en ellos contenidos. Los materiales magnéticos caen a un área de acopio para su posterior envío a la prensa de metales que los procesa para su comercialización.

Separación inductiva, metales no ferreos y briks. Los materiales no férreos y briks son vertidos por el separador de inducción a una criba vibrante que los clasifica por tamaño y los diferencia entre latas y briks, depositándolos separadamente en distintos contenedores de 5 m³, para enviarlos posteriormente a sus respectivas prensas.

Gestión de rechazos. El flujo de material restante es considerado rechazo y es conducido por una cinta que lo recoge y vierte a la cinta existente en la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos, incorporándose en este momento a la línea de inorgánico de dicha instalación, con su posterior envío al vertedero de rechazos.

5.5.1.3 Proyectos de mejoras medioambientales.

Las actuaciones propuestas son las siguientes:

- Construcción de un aula medioambiental albergando las dependencias, salón de actos, oficinas y cuartos de aseos. Dicho aula está destinada para actos y secciones de divulgación e información sobre temas medioambientales de la Costa del Sol.
- Mejora del Tratamiento y Eliminación de Olores de Compostaje.
- El área de experimentación se proyecta con el fin de mejorar el compost producido por la Planta de Tratamiento. Para ello se ha ejecutado una nave de 2.100 m², cerrada en su totalidad y dotada una envasadora de compost.

5.5.1.4 Galardones.

La Mancomunidad de Municipios de la Costa del Sol Occidental ha recibido varios galardones entre ellos:

- Galardonada con la Escoba de Oro 2004 y la Escoba de Plata 2002. Se otorga por actuaciones y trabajos que se hayan realizado para mejorar o defender la gestión de los residuos, la limpieza y el aseo urbano en general de nuestras ciudades.
- HYPERLINK "http://medioambiental.net/mencion_especial.php" \t "_blank". La Diputación premia a la Mancomunidad por el proyecto Life del Compost. En estos premios el organismo provincial recoge las mejores prácticas presentadas siguiendo los principios del desarrollo sostenible de acuerdo, entre otros, con los objetivos de la Cumbre de la Tierra de Río (1992) y la Carta de las Ciudades Europeas hacia la sostenibilidad (Carta de Aalborg, 1994).

La Mancomunidad gana el premio Escobas a nivel nacional, el objeto de apoyar, premiar y difundir el buen saber hacer de la gestión de los residuos y el aseo urbano, así como la elaboración de proyectos y el desarrollo de tecnologías que permitan una gestión sostenible de nuestro medio ambiente, contando con la colaboración de la Semana Internacional del Urbanismo y Medio Ambiente y los Salones TEM-TECMA, celebrado cada dos años.

5.5.2 Aplicación de la Tecnología EM en el Municipio de Togüi Boyacá.

En el año 2004, la administración municipal del municipio de Togüi, localizado en el norte del departamento de Boyacá, contactó a Fundases, para contratar la gestión integral de los residuos sólidos.

La gestión integral de los residuos sólidos domiciliarios parte de una fase educativa, donde los estudiantes del grado once del Colegio Departamental Hay de Camacho Saavedra fueron instruidos como multiplicadores en los temas de clasificación y disposición de los residuos sólidos, tecnología EM, manejo de los desechos sólidos orgánicos con bokachi EM, compostaje y organización comunitaria.

5.5.2.1 Capacitación a la comunidad.

Una vez impartidas las charlas de instrucción, se realizaron reuniones con la comunidad y se puso en marcha la jornada de capacitación puerta a puerta, donde los estudiantes guiados por la supervisora del proyecto realizaron visitas a cada hogar entregando las canecas proporcionadas por la alcaldía, bokachi EM y volantes informativos.

5.5.2.2 Elaboración del EM sólido.

Paralelo a la educación de la comunidad, los técnicos de la UMATA, se

encargaron de la elaboración del EM sólido, preparado a través del salvado de trigo o un material similar, fermentado con microorganismos eficientes que sirve de medio de transporte para los EM empacándolo y repartiéndolo en la comunidad.

En cada uno de los hogares los desechos orgánicos son dispuestos en contenedores plásticos donde aplicándoles EM sólido se fermentan conservando siempre las condiciones anóxicas necesarias para el éxito del procedimiento, de esta manera a medida que se acumulan los desechos, el agua arrastra los microorganismos presentes en el bokachi EM para obtener con los lixiviados nuevamente EM líquido.

5.5.2.3 Recolección y aprovechamiento.

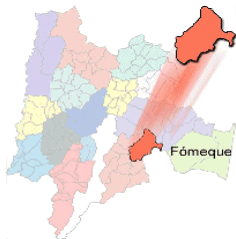
Con la clasificación se estableció una ruta de recolección selectiva una vez en la semana en la que el municipio colecta y transporta los desechos fermentados a un centro de acopio y procesamiento.

Los desechos orgánicos domiciliarios considerados inicialmente como residuos contaminantes, “son picados e inoculados con EM líquido para que mediante compostaje sean transformados en un periodo de 35 a 40 días en abono orgánico de alta calidad, controlando siempre las adecuadas condiciones de temperatura, humedad y aireación, evitando así la generación de malos olores, insectos nocivos e inhabilitando patógenos”¹¹. Una vez terminado el proceso de compostaje el material es empacado, convirtiéndose en una herramienta de fertilización y adecuación de suelos para ser usado en las prácticas de producción orgánica y como fuente de ingresos para el municipio.

¹¹ CASTRO, John; ORDOÑES, Luis Alberto. Aplicación de la Tecnología EM en el Municipio de Togui Boyacá. FUNDASES, Lumen TV. 2004

6. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE FÓMEQUE, CUNDINAMARCA

6.1 LOCALIZACIÓN



El municipio de Fómeque se localiza en el departamento de Cundinamarca, 56 Km al Nor–Oriente de la ciudad de Bogotá D.C. con una altitud de 1895 msnm y una población de 15694 habitantes.

Fómeque fue fundado por don Miguel de Ibarra en Noviembre de 1594, en lo que hoy se conoce como la Unión; Miguel de Ibarra inicio el proceso de ordenamiento, al constituir el poblado de forma independiente a Choachí y Ubaque, construyendo el primer puente sobre el río Negro. En cuanto a su formación, a principios del Siglo XX, el aumento del comercio hace de Fómeque un centro regional y cabecera de la provincia de Oriente, transformándose en centro urbano gracias a la construcción de la vía que une a Fómeque con Bogotá; “la llegada en 1936 de Monseñor Agustín Gutiérrez Jiménez quien lo convirtió en centro educativo y cultural de la provincia”¹², por medio de la adecuación de viviendas, mejoramiento de la calidad de los centros educativos y el impulso hacia la construcción de equipamientos, vías, parques y colegios, fortaleciendo la calidad de vida de los habitantes del municipio.

6.2 CLIMATOLOGÍA

El análisis climatológico del municipio de Fómeque, se hizo a partir de un conpendio de información por un periodo de 17 años, siendo el año 2004 el último registrado; se tomaron los valores medios mensuales de parámetros como precipitación, temperatura, humedad, evaporación y brillo solar de la estación 3502506 BOLSA LA, ubicada en Choachí Cundinamarca, municipio muy cercano al de estudio.

Tabla 1. Parámetros Meteorológicos para Fómeque Cundinamarca

| PARÁMETRO | MESES | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|
| | E | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
| Precipitación (ms) | 29,5 | 43,5 | 94 | 101 | 146 | 137 | 171 | 129 | 89,2 | 103 | 98,8 | 59,1 |
| Temperatura | | | | | | | | | | | | |

¹² UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Esquema de Ordenamiento Territorial. Fómeque Cundinamarca.2002

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| (°C) | 8,8 | 8,5 | 8,4 | 8,4 | 8,4 | 8,3 | 7,8 | 8 | 8,2 | 8,5 | 8,7 | 8,8 |
| Humedad (%) | 92 | 94 | 95 | 96 | 97 | 95 | 91 | 93 | 96 | 95 | 94 | 93 |
| Evaporación (ms) | 69,4 | 62,4 | 74,1 | 56 | 53,7 | 67 | 57 | 54,4 | 59,4 | 62,2 | 67,6 | 65,7 |
| Brillo solar (Horas) | 143 | 102 | 88,6 | 49,8 | 57 | 53,2 | 43,8 | 64,5 | 67,8 | 85,5 | 80 | 111 |

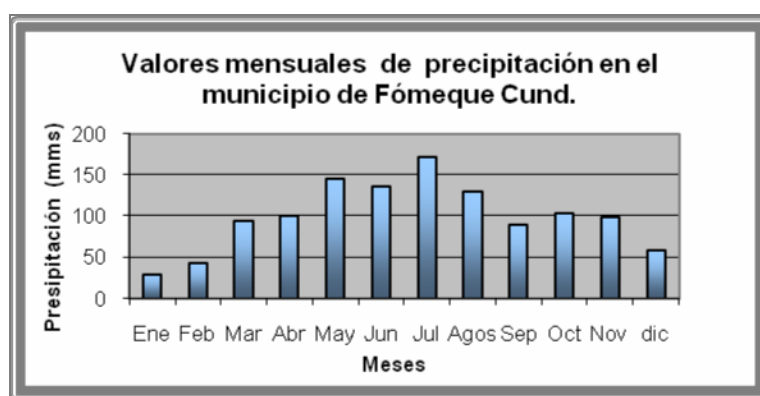
Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM. Bogotá DC. 2007

6.2.1 Análisis de Parámetros Meteorológicos.

6.2.1.1 Precipitación.

La precipitación del municipio presenta un comportamiento monomodal, los valores máximos están entre 150-175 mms entre los meses de Mayo y Agosto, los valores mínimos están entre 25-50 mms y se presentan en los meses de Diciembre a Febrero.

Figura 2. Precipitación en Fómeque Cundinamarca.

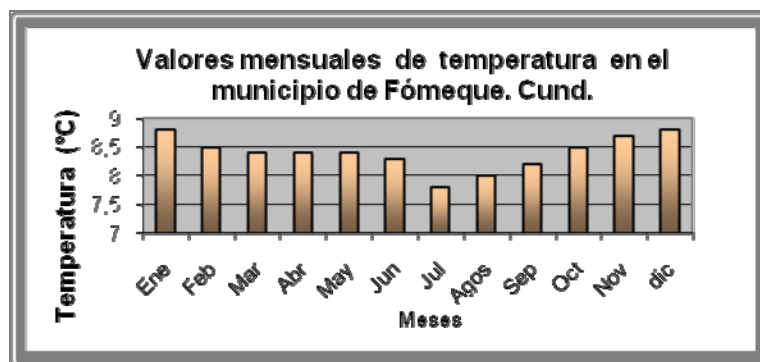


Fuente: Estudio

6.2.1.2 Temperatura.

Fómeque presenta una temperatura media entre 17 y 18 ° C con un comportamiento totalmente opuesto a la precipitación por la influencia de nubes; los mayores picos se evidencian en los meses de Enero y Diciembre y los menores en los meses de Julio y Agosto.

Figura 3. Temperatura en Fómeque Cundinamarca.

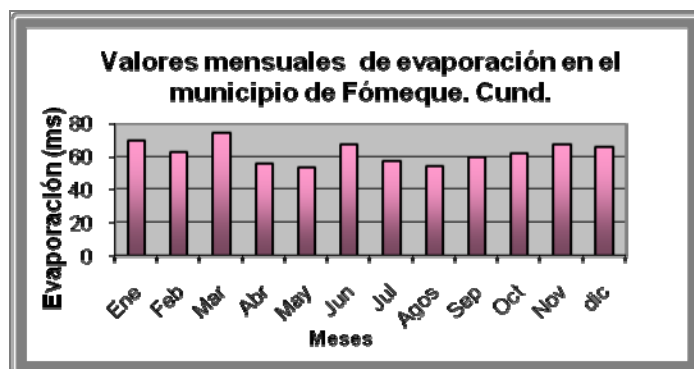


Fuente: Estudio

6.2.1.3 Evaporación.

La evaporación tiene un comportamiento similar al de la temperatura y el brillo solar, ya que evapora más en los periodos más calientes o sea cuando hay mayor brillo solar

Figura 4. Evaporación en Fómeque Cundinamarca.

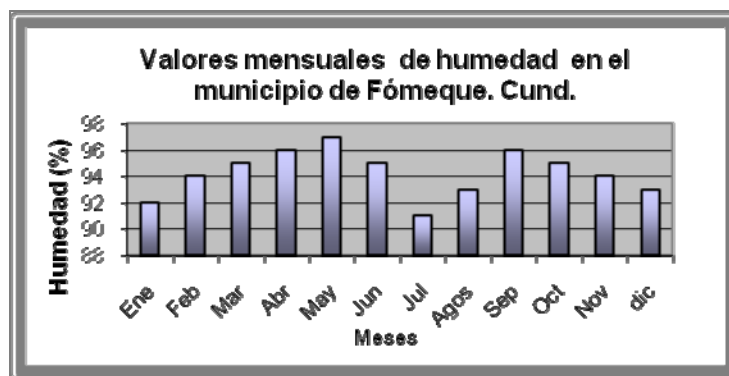


Fuente: Estudio

6.2.1.4 Humedad Relativa.

La humedad del municipio presenta dos picos en los periodos comprendidos entre Abril y mayo y los periodos entre Septiembre y Octubre con valores entre 96-98%; los valores mínimos se presentan en los meses de Enero y Julio con valores entre 90-92%.

Figura 5. Humedad en Fómeque Cundinamarca.

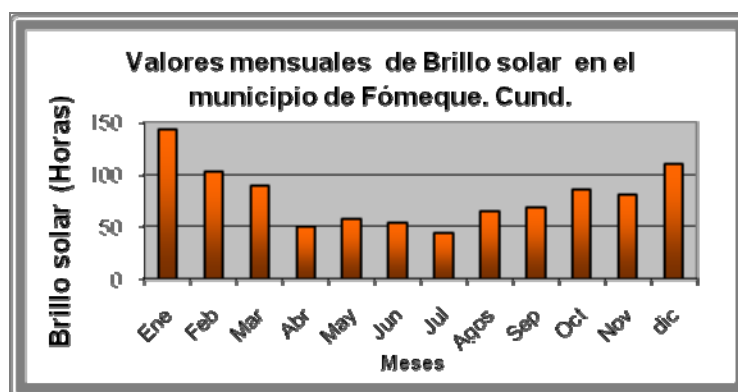


Fuente: Estudio

6.2.1.5 Brillo Solar.

El municipio presenta mayor número de horas de sol en los meses de Enero y Diciembre con valores que oscilan entre 110-145 horas, tiempo en que se presenta la época de verano acompañada de bajas precipitaciones, los valores mas bajos se evidencian en los meses de Junio y Julio con valores entre 45-50 horas.

Figura 6. Brillo solar en Fόμεque, Cundinamarca.



Fuente: Estudio

6.3 GEOLOGÍA

Fόμεque y los demás municipios de la cuenca del Guavio se encuentran en una zona de alta amenaza sísmica. “Estas regiones son atravesadas por numerosas fallas que las convierte en zonas de alta sismicidad, siendo la energía que ellas acumulan y liberan una oferta de la naturaleza que debe considerarse, al igual que los fracturamientos en los materiales terrestres a lo largo de la zonas de falla, condición que puede favorecer la inestabilidad de amplios sectores. Este fenómeno se manifiesta en los márgenes del río Negro, en inmediaciones del corregimiento de La Unión, lo cual se explica adelante¹³. Los deslizamientos, represamiento de ríos y avalanchas que afectan a la

¹³ EOT. Op.cit. Cap 5.7p

población son eventos que se activan a raíz de estas amenazas ya que estas no se limitan al sólo movimiento.

La falla de Choachí es la responsable de la inestabilidad que se observa en las inmediaciones del Río Negro en la Unión, hasta el momento ha sido considerada como activa (Ingeominas Uniandes, 1997). A pesar de que esta falla no pasa directamente por el casco urbano del municipio de Fómeque si ha causado algunos problemas de inestabilidad representado por la presencia de rocas de alto fracturamiento (bomba de gasolina localizada a la salida para Bogotá, límites con la Vereda Gramal y urbanización La Uvita). Gran parte de las tierras de clima medio y frío de la cuenca del río Negro se encuentran ubicadas sobre depósitos inconsolidados y éstos a su vez sobre rocas impermeables, debido a su composición arcillosa. Los sedimentos cuaternarios son permeables y dejan pasar el agua, la cual al encontrarse con las rocas impermeables que las subyacen, brota en los valles y zonas bajas o son encontradas como depósitos de agua muy superficialmente¹⁴. Esta situación favorece las amenazas por deslizamiento, el cual se incrementa con la instalación de peso sobre el suelo.

6.3.1 Suelos.

Los suelos del municipio de Fómeque se caracterizan por presentar acumulación de materia orgánica, hierro y aluminio generando suelos de baja productividad y baja actividad microbológica, lo que conlleva a que presenten buena porosidad y por tanto buena retención de humedad. (Véase compendio de suelos presentes en el municipio en el Anexo A)

6.3.2 Usos del Suelo y Actividades Económicas.

En la agricultura de Fómeque predomina la horticultura comercial donde sobresalen los cultivos de habichuela, tomate, pepino, maíz y frutales como el tomate de árbol y el lulo. Para la parte pecuaria se observan tanto el cultivo de praderas mejoradas tales como brachiaria, gordura y yaraguá para ganado doble propósito (carne y leche), como pastos de corte, tales como imperial y elefante, que sirven de suplemento en la franja templada con regular manejo técnico, en la zona fría existen gramíneas para el ganado tales como el kikuyo, falsa poa y leguminosas tales como tréboles (rojo y blanco) que alimentan al ganado lechero especialmente, en condiciones semintensivas y con un manejo regular. Además existen unas zonas con pastos naturales, caracterizados por un deficiente manejo en lo que a ganadería extensiva se refiere, en rastrojados y con baja fertilidad en sus suelos.

6.3.3 Estratigrafía del Área de Ubicación de la Planta de Tratamiento.

Una obra de la magnitud de la planta de tratamiento de residuos sólidos, requiere tener presentes aspectos importantes en su construcción, el terreno donde se levante la infraestructura debe cumplir condiciones de soporte y

¹⁴ EOT. Op.cit. Cap 5. 9p

estabilidad que garanticen la seguridad de las estructuras en el tiempo y no debe interferir en el desarrollo de los procesos de aprovechamiento de los residuos.

Estudio Geotécnico. Un estudio geotécnico es la mejor herramienta a la hora de tomar decisiones sobre donde se va a edificar, ya que permite establecer las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles del terreno donde se pretenda construir, además estudia los posibles riesgos para los seres humanos, generados por fenómenos naturales o propiciados por la actividad humana tales como deslizamientos de terreno, hundimientos de tierra, flujos de lodo y caída de rocas, por tal razón es importante antes de realizar cualquier tipo de obra hacer un reconocimiento del terreno, donde se defina la tipología y las dimensiones de la obra, de tal forma que las cargas generadas por cimentaciones, excavaciones y rellenos, o las cargas soportadas por estructuras de contención, no produzcan situaciones de inestabilidad o movimientos excesivos de las propias estructuras o del terreno, que haga peligrar la obra estructural, o funcionalmente, así como determinar problemas constructivos como el volumen, localización y tipo de materiales que han de ser excavados y problemas relacionados con el agua (profundidad del nivel freático, riesgos debidos a filtraciones, arrastres, erosiones internas, influencia del agua en la estabilidad y asiento de las estructuras).

Análisis Estratigráfico. Para el proceso de optimización de la planta de tratamiento, por razones administrativas y económicas, no es posible realizar un estudio geotécnico que comprenda las características anteriormente descritas, y que permita evaluar las condiciones de las estructuras ya construidas y el diseño de otras, por tal motivo se recurrió a hacer un levantamiento de la estratigrafía de la zona donde se encuentra ubicada la planta con base en la información geológica del municipio, (véase el Anexo B) esto, con el fin de determinar algunas características de soporte del terreno importantes a la hora de diseñar. La estratigrafía, como parte de la Geología, estudia aquellos estratos constituidos de cuerpos rocosos, reconociendo en ellos formas, composiciones litológicas, propiedades geofísicas y geoquímicas, sucesiones originarias, relaciones de edad, distribución y contenido fosilífero.

Tabla 2. Formaciones Geológicas en la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos

| ERA | PERIODO | ÉPOCA | FORMACIÓN | TIPO DE ROCA |
|-----------|-----------|-----------|-----------|---|
| Mesozoica | Cretácico | Optiano | Fómeque | <ul style="list-style-type: none"> • Lutitas negras • Limolitas grises • Arcillolitas limosas • Calizas • Areniscas • Cuarzos |
| Mesozoica | Cretácico | Titoniano | Cáqueza | <ul style="list-style-type: none"> • Arcillolitas • Areniscas • Lutitas |

Fuente: Estudio

Según la información registrada anteriormente es importante establecer las propiedades mecánicas y la permeabilidad de los diferentes tipos de roca presentes en el terreno.

Tabla 3. Características Físicas de las Rocas

| TIPO DE ROCA | RESISTENCIA MECÁNICA | PERMEABILIDAD |
|--------------|----------------------|---------------|
| Lutitas | Baja | Baja |
| Limolitas | Alta | Baja |
| Arcillolitas | Alta | Baja |
| Calizas | Baja | Alta |
| Areniscas | Alta | Media |
| Cuarzos | Alta | Baja |

Fuente: Estudio

Establecer las condiciones ideales para realizar una obra a partir de los datos suministrados por las características de las rocas presentes en el terreno, no es un dato confiable, sin embargo según la información anterior se puede establecer que el terreno cuenta con condiciones de resistencia y permeabilidad aptas para la infraestructura presente en el área de ubicación de la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio y para la ubicación de nuevas estructuras de un solo nivel.

6.4 DESCRIPCIÓN DEL PERÍMETRO URBANO

La zona urbana del municipio está conformada por el casco urbano de Fómeque y el poblado de la Unión, para un total de 4025 personas dentro de los cuales se encuentran usuarios residenciales, comerciales, industriales e institucionales.

Imagen 1. Perímetro urbano.



Fuente: Estudio



Fuente: Estudio

El corregimiento La Unión se encuentra a 15 minutos del casco urbano de Fómeque hacia la vía a Bogotá D.C, es un poblado ribereño, agradable al turismo por su clima. A continuación se describen algunas características de los diversos sectores de la cabecera municipal.

6.4.1 Sector Norte.

Se caracteriza por tener importantes vías como: la salida principal hacia la ciudad de Bogotá D.C, la vía al cementerio, al matadero municipal y a la plaza de ganado; cuenta con sitios importantes como la plaza de mercado y la mayoría de industrias metalmecánicas, además de la terminal de transportes y la urbanización villa Gladys. Sus vías, se encuentran pavimentadas en un 80% y presenta un alto flujo vehicular.

Imagen 2. Sector Norte.



Producción de residuos: En este sector se evidencian grandes productores de residuos sólidos, la plaza de mercado opera los días sábado y genera altas cantidades de residuos orgánicos, tanto, que requiere servicio de recolección especial; el matadero municipal proporciona al sistema de recolección los residuos rúmiales y la terminal de transporte incrementa la producción de residuos los fines de semana y aún más los días festivos por el aumento de viajeros; por otro lado las industrias metalúrgicas son fuente importante en la generación de residuos metálicos.

Segregación: Las actividades de separación en la fuente presentan grandes debilidades en este sector, los residuos se presentan combinados (orgánicos e inorgánicos) tanto en las viviendas como en los demás sitios descritos. La plaza de mercado a pesar de ser la mayor fuente de producción de residuos orgánicos, presenta los residuos de una forma combinada de tal forma que requieren una selección previa a los procesos de aprovechamiento.

6.4.2 Sector Oriental.

Este sector tiene como límite el colegio Departamental ubicado sobre la carrera 6ª y el hotel Muscua; la urbanización se ha comenzado a desarrollar sobre el costado sur del colegio, rompiendo el límite urbano generado por este.

El sector se caracteriza por tener una alta influencia peatonal en tiempo escolar y en tiempo de vacaciones por la acogida que tiene el hotel.

Imagen 3. Sector Oriental.



Fuente: Estudio



Fuente: Estudio

Producción de residuos: Los residuos producidos en este sector son en su gran mayoría de carácter residencial, el hotel y la institución educativa incrementan la producción de residuos en tiempo de vacaciones y en horario escolar respectivamente.

Segregación: A pesar de contar con la presencia del principal centro educativo en este sector, la presentación de los residuos no evidencia ningún tipo de segregación; los residuos presentan combinaciones que dificultan su aprovechamiento, según versiones de algunos estudiantes y resultados de algunas visitas, la selección si se hace dentro del plantel educativo, pero los residuos son mezclados a la hora de presentarlos para la recolección.

6.4.3 Sector Occidental.

Teniendo como principal atractivo el alto de la Virgen donde en época de vientos se convierte en el principal centro recreativo para las cometas, se caracteriza por ser el más influyente en el comercio mayorista de los campesinos, quienes venden su cargas para posteriormente ser transportadas a la ciudad de Bogotá D.C, además de esto, se presenta gran variedad de negocios de insumos veterinarios y agrícolas.

Imagen 4. Sector Occidental.



Fuente: Estudio



Fuente: Estudio

Producción de residuos: Los residuos generados en este sector son de carácter residencial y comercial, sin embargo hay una mayor generación de residuos inorgánicos debido al carácter comercial de la zona.

Segregación: En este sector se evidencia una buena segregación en la fuente, el problema radica en que los usuarios presentan los residuos los días que no

corresponden a las rutas selectivas, por ejemplo los días martes que se recogen residuos inorgánicos, presentan residuos orgánicos, lo que conlleva a mezclas mayores por la compactación que realiza el vehículo recolector durante el transporte de los residuos.

6.4.4 Sector Sur.

Principal sector residencial, ya que se encuentra conformado por la urbanización La Uvita; también aquí se encuentra la principal industria alimenticia del municipio siendo una de las más influyentes en la generación de empleo.

También se encuentran otros escenarios importantes como el alto del caracol, las sedes educativas del jardín infantil, el Instituto Vigoski y la concentración de las escuelas urbanas, además de la principal entrada de urgencias del hospital San Vicente de Paúl.

En cuanto al estado de sus vías, cerca de un 40% se encuentran destapadas presentando problemas en tiempo de invierno.

Imagen 5. Sector Sur.



Producción de residuos: Los residuos producidos en este sector se pueden dividir en tres categorías; la primera corresponde a los residuos hospitalarios por la presencia del Hospital San Vicente de Paul, de los cuales sólo los residuos convencionales son objeto de recolección municipal; la segunda a los producidos en La Huerta de Oriente, allí se genera gran cantidad de residuos tanto orgánicos como inorgánicos, debido a las actividades de producción alimenticia y los residuos residenciales correspondientes a los generados en la urbanización de La Uvita y las demás viviendas e instituciones educativas ubicadas en el sector.

Segregación: La industria La Huerta De Oriente y el Hospital San Vicente de Paúl realizan una buena segregación de los residuos que producen, cuentan con cuartos de almacenamiento específicos para cada tipo de residuo y los presentan en contenedores que agilizan el proceso de recolección y previenen el contacto directo con el medio ambiente y con los operarios. En la

urbanización La Uvita, la mayoría de viviendas presentan sus residuos de forma seleccionada.

6.4.5 Sector Centro.

El sector centro se localiza entre las calles 2ª y 7ª y las carreras 1ª y 6ª, este sector corresponde a la estructura original del poblado, “presenta un perfil urbano variado pero continuo que permite establecer un patrón único de expansión urbana definido por la retícula original Española, al cual se han adaptado las diferentes formas y tipologías urbanas, presentes en Fómeque.”¹⁵ Siendo el principal atractivo del municipio por contar con sitios importantes como el templo y el palacio municipal, además de las principales entidades bancarias, se ha convertido en un sector estratégico para el asentamiento de establecimientos comerciales y alimenticios.

Su conformación física se describe calles amplias totalmente pavimentadas y en buen estado; las edificaciones se caracterizan por guardar espacios aptos para la conformación de locales y las casas más antiguas guardas el estilo y el atractivo de sus inicios

Imagen 6. Sector Centro.



Producción de residuos: La producción de residuos orgánicos en este sector es proporcional a la de residuos inorgánicos, los orgánicos son generados en mayor proporción por la presencia de restaurantes y zonas de alimentación y los inorgánicos por la gran cantidad de establecimientos comerciales (misceláneas) asentados en la zona.

Segregación: Los establecimientos comerciales presentes en este sector realizan una buena segregación en la fuente, pero se presenta un problema similar al del sector occidental, en este caso la mezcla se realiza con los residuos de tipo residencial que no van seleccionados.

6.4.6 Configuración Comercial, Institucional y Educativa del Municipio.

¹⁵ EOT. Op.cit. Cap 6. 5p

La configuración comercial, institucional y educativo que se muestra a continuación corresponde a todo sector urbano del municipio (incluye poblado de La Unión).

Tabla 4. Configuración Sector Comercial del Municipio

| DESCRIPCIÓN | Nº Establecimientos |
|--|---------------------|
| Restaurantes | 14 |
| Combustibles | 3 |
| Ferreterías y materiales de construcción | 3 |
| Automotores y repuestos | 5 |
| Vestuario y calzado | 13 |
| Accesorios para el hogar | 1 |
| Productos veterinario y agrícolas | 14 |
| Joyerías | 2 |
| Supermercados | 11 |
| Abarrotes y víveres | 46 |
| Carnicerías | 11 |
| Misceláneas | 31 |
| Productos farmacéuticos | 6 |
| Centros odontológicos | 4 |
| Entidades Financieras | 2 |
| Madera | 4 |
| Fabricación de productos metálicos | 11 |
| Panaderías | 5 |
| Cafeterías | 42 |
| Esparcimiento | 14 |
| Servicios estéticos | 11 |
| Lavaderos de carros | 3 |
| Comunicaciones | 5 |
| Bares, cantinas | 21 |
| Alojamiento | 3 |
| Funerarias | 2 |
| Mecánica automotriz | 18 |
| Vidrios | 2 |

Fuente Tesorería Municipal.2007

Tabla 5. Configuración Sector Institucional del Municipio

| DESCRIPCIÓN | Nº Establecimientos |
|------------------------------|---------------------|
| Administración Municipal | 1 |
| Hospital san Vicente de Paul | 1 |
| La Huerta de Oriente | 1 |

Fuente Tesorería Municipal.2007

Tabla 6. Configuración Sector Educativo

| Zona | Colegio | Grado | Nº Personas |
|------|-------------|------------|-------------|
| | Institución | Preescolar | 69 |

| | | | |
|---------------------|--|-----------------------|-----|
| Casco urbano | Departamental Monseñor Agustín Gutiérrez | Primaria | 547 |
| | | Bachillerato | 857 |
| | | A distancia | 78 |
| | | profesores | 72 |
| | Instituto Vigoski | Preescolar y primaria | 65 |
| | | profesores | 2 |
| La Unión | IPEBI | Preescolar y primaria | 240 |
| | | profesores | 10 |

Fuente: Secretaría Académica Instituciones Educativas. Año 2007

6.4.7 Producción de Residuos en los Diferentes Sectores.

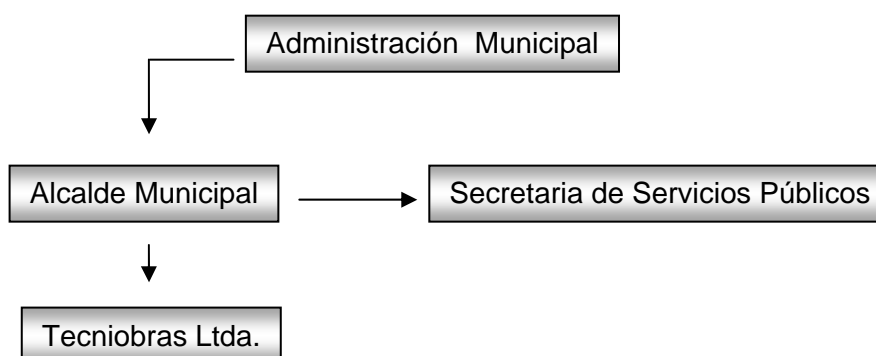
En cada sector del municipio se desarrollan diferentes actividades y por ende en cada uno se producen residuos diferentes, en la siguiente tabla se muestra una clasificación con base en los diferentes tipos de residuos; en cada uno se ubica el o los establecimientos que por sus características puedan llegar a producirlos. (Véase Anexo C)

7. MANEJO DADO A LOS RESIDUOS SOLIDOS

7.1 SISTEMA ADMINISTRATIVO

El manejo de los residuos sólidos y su disposición final, determinan la calidad de la administración local y la eficiencia de sus dirigentes, así como también de quien representa la primera autoridad, el alcalde del municipio; a través del servicio público de aseo se puede evaluar la voluntad política, la capacidad de gestión y la responsabilidad para brindar la debida protección de la salud pública y de los trabajadores, además del buen aspecto y la protección del medio ambiente del territorio municipal.

La estructura administrativa para la prestación del servicio público de aseo en el municipio de Fómeque está compuesta por la administración municipal en cabeza del señor alcalde Edgar Oswaldo Parrado Avila y la Secretaría de Servicios Públicos a cargo del señor John Jairo Jara López. Además de la empresa Tecniobras Ltda.



Actualmente quien se encarga de prestar los servicios de recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, el barrido de vías y áreas públicas a la comunidad es la empresa privada Tecniobras Ltda.

Tabla7. Equipos de Recolección

| | |
|-------------------------|--|
| Tipo de Vehículo | Kodiac Compactador |
| Placa | OIA 106 |
| Tipo | Compactador |
| Capacidad | 10 TN |
| Cargue | Por parte trasera |
| Descargue | Sistema Hidráulico por placa expulsora |

Fuente: Gerencia Tecniobras

Imagen 7. Vehículo Recolector.



Fuente: Estudio

Las actividades de barrido se realizan a diario, inician a las 2:00 am en el centro urbano de Fόμεque y la Unión y se terminan a las 6:00 am; el trabajo se hace manualmente por las mismas personas que hacen la recolección domiciliaria de residuos apoyados en carretillas.

7.2 PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS

7.2.1 Sistema Técnico.

La planta de tratamiento de residuos sólidos se encuentra ubicada en la vereda Coasavista a 1.5 Km del casco urbano, cuenta con una infraestructura amplia y bien distribuida dentro de sus instalaciones (véase Anexo D), la cual se describe detalladamente a continuación.

7.2.1.1 Patio de Selección.

En este sitio, con área total de 324 m², se lleva a cabo el proceso de descargue y selección de los residuos y el proceso de molido en un área menor, está configurado por una cubierta tipo zinc, sobre una estructura metálica conformada por un sistema de ángulos de 2 x 2 x3/16 y cerchas en varilla de 12 mm, todo soportado en bases en concreto cilíndricas con un diámetro de 35 cm y una altura a nivel del piso firme de 1metro; el piso se encuentra pavimentado en un 50%.

Imagen 8. Patio de Selección.



Fuente: Estudio

7.2.1.2 Enramada para Compostaje Aerobio.

Conformada por un área total de 375m², cuenta con una cubierta en teja tipo zinc, sobre una estructura metálica soportada en diez columnas cilíndricas en concreto con un diámetro de 35cm, el piso totalmente en tierra presenta un afloramiento de aguas de ladera; en su costado derecho se evidencia una configuración en concreto que ocupa un área de 19.2 m² con una altura de 0.8m, utilizada anteriormente como sitio de descargue, el total de infraestructura se encuentra encerrada en lona y es aquí donde se llevan a cabo los procesos de descomposición y maduración de los residuos orgánicos

Imagen 9. Enramada para Compostaje Aerobio.



Fuente: Estudio

7.2.1.3 Cuartos de Compostaje Anaerobio.

Se trata de tres cuartos en concreto en los cuales se lleva a cabo el proceso de compostaje anaerobio, cuenta con un área total de 216m^2 ; cada cuarto cuenta con dos entradas las cuales se cierran con tablas de madera; al costado de cada cuarto se puede ver la configuración para el sistema de recolección de lixiviados para el cual se cuenta con tubería sanitaria de 3" que conduce los lixiviados hasta los dos tanques principales. Esta infraestructura al igual que el patio de selección se encuentra cubierta en teja tipo zinc sobre una estructura metálica soportada en vigas de concreto cilíndricas.

Imagen 10. Cuartos de Compostaje Anaerobio



Fuente: Estudio



Fuente: Estudio

7.2.1.4 Camas para Lombricultura.

Es una de las estructuras más grandes de la planta, cuenta con 20 columnas cilíndricas en concreto distribuidas uniformemente que sostienen la totalidad de la infraestructura metálica. Esta zona tiene un área total de 735m^2 , cuenta con 7 camas y 3 pasillos de circulación, cada cama tiene un largo de 49m y un ancho de 1.3m y está elaborada en placa de concreto, todos los bordes de las camas tienen un ángulo de $3 \times 3 \times 1/8$; el piso de los pasillos de alimentación es en tierra y el de las camas en concreto. Para la humectación de las camas, se tiene un sistema de riego distribuido por mangueras plásticas que cuelgan de las cerchas a lo largo de las camas, estas se desprenden de una tubería en PVC de $\frac{1}{2}$ " que es alimentada a presión, cada una consta de 23 sub mangueras de menor diámetro que suministran agua por goteo a las camas.

Imagen 11. Camas para Lombricultura



Fuente: Estudio

7.2.1.5 Cuarto de Incineración.

Es un área de 112m², encerrada en malla de 1/8, donde se encuentra el horno de incineración, con cubierta tipo zinc sobre una estructura metálica sostenida por columnas en concreto, cuenta con una caseta interna de dos niveles y un muro construidos en bloque, pañetado y pintado, el segundo nivel de la caseta tiene escalera metálica de ingreso y se utiliza como dormitorio en labores de celaduría, el primer nivel cuenta con dos puertas externas y es utilizado como cuarto de almacenamiento. El piso es pavimentado en la totalidad del área.

Imagen 12. Cuarto de Incineración.



Fuente: Estudio

7.2.1.6 Bio fábrica.

Esta estructura cuenta con tres áreas, la primera, encerrada en malla de 1/8 tiene piso en tierra y es vía de acceso a la segunda área que según su configuración sirve de cuarto de alimentación (cocina) ya que cuenta con un mesón amplio, tiene piso en concreto y paredes en bloque, la tercer área es el baño, cuenta con dos sanitarios y dos duchas, además de un lavamanos y un banco de descanso, tiene las paredes enchapadas y el piso en baldosa y la vía de acceso es por la parte externa.

Imagen 14. Bio Fábrica.



Fuente: Estudio

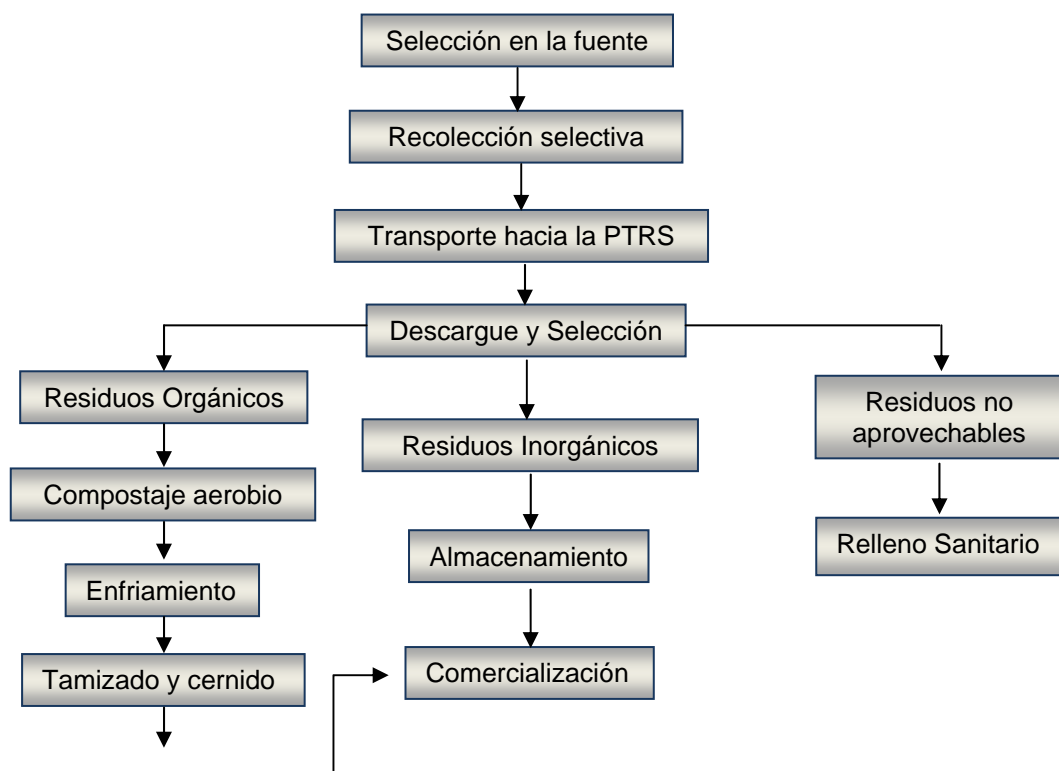
Para cada una de las estructuras anteriormente descritas se elaboró un plano donde se detallada claramente su configuración constructiva. (Véase Anexo E)

7.2.2 Sistema Operativo.

La planta de tratamiento ha atravesado por varias etapas que han ido deteriorando la calidad de sus procesos, un ejemplo de esto y quizá el más representativo además de crítico, es la carencia de estrategias de solución efectivas a los problemas generados con el manejo de los residuos no aprovechables, estos han pasado por procesos de incineración a cielo abierto e incineración controlada (horno), hasta el enterramiento sin proporcionar resultados satisfactorios al medio ambiente y la comunidad vecina a las instalaciones de la planta. La selección en la fuente, proceso considerado como la columna vertebral en el manejo de los residuos sólidos se ha deteriorado día tras día y ha dificultado las labores de aprovechamiento de los residuos dentro de la planta, en especial el manejo de los residuos inorgánicos, ya que la cantidad de material aprovechable es mínima, esta situación incrementa considerablemente el volumen de residuos no aprovechables y a su vez la problemática descrita anteriormente. Hasta el momento se puede concluir que los únicos residuos aprovechables son los orgánicos y que se deben tomar decisiones inmediatas respecto a la situación de la planta y al manejo de los residuos inorgánicos para prevenir la saturación de los mismos.

La decisión de la administración, consientes de la insuficiencia de estrategias para tratar estos residuos es enviarlos a un relleno sanitario; este procedimiento arrancó en el mes de Mayo del año 2007 gracias a un convenio ínter administrativo con el municipio de Ubaque Cundinamarca para llevarlos al relleno Doña Juana.

Figura 7. Manejo dado a los Residuos Sólidos



Empaque

Fuente: Estudio

Conociendo la situación y partiendo de que a la planta sólo están llegando residuos orgánicos, a continuación se describe el proceso de manejo correspondiente a cada etapa.

7.2.2.1 Selección en la fuente.

Inicialmente cada uno de los hogares fomequeños debería estar dotado de dos recipientes para la recolección selectiva de los residuos; un contenedor plástico de tapa hermética donde se depositarían los residuos orgánicos y una lona o bolsa plástica resistente para los residuos inorgánicos. Actualmente, la población ha dejado de practicar la segregación, por tal razón se presentan mezclas que dificultan los procesos de aprovechamiento.

7.2.2.2 Recolección Selectiva.

Los residuos son recogidos en días selectivos según su tipo: los días lunes y viernes se recogen los residuos orgánicos y los días martes los residuos inorgánicos. En cuanto a la ruta de recolección, la cuadrilla se ha visto obligada a seguir rutas diferentes a la demarcada en PGIRS para poder prestar un mejor servicio, pues la diseñada en tal documento no satisface las necesidades de la población, en el diseño se pueden apreciar varios aspectos donde no se tienen en cuenta aspectos importantes como lo es el cubrimiento total de la población y el sentido y estado de las vías. (Véase Anexo F)

7.2.2.3 Descargue y Selección.

Al ser descargados los residuos sólidos por el vehículo compactador, los operarios proceden a seleccionar el material, de tal manera que para compostaje sólo vayan aquellos cuyas propiedades de descomposición lo ameriten; el remanente hace parte de los residuos no aprovechables y van para disposición final.

Imagen 14. Descargue de Residuos

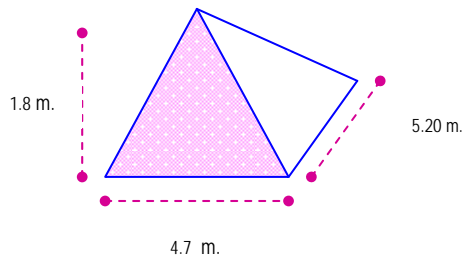


Fuente: Estudio

7.2.2.4 Compostaje Aerobio.

Con la finalidad de disminuir el tiempo de producción del abono orgánico y aumentar su calidad se sigue una metodología implementada por el SENA que consta de dos fases:

La fase de descomposición. Consiste en conformar pilas con forma piramidal con un ancho de 4.7 m y una altura de las pilas de 1.8 m teniendo una separación entre pilas de 0.6 m y 1.60 m



Al material orgánico se le agregan sustancias como cal, melaza, gallinaza, levadura, abono y ruminaza, que actúan como agentes catalizadores acelerando el proceso de descomposición y se efectúan volteos manuales una vez a la semana por un mes para oxigenar, controlar y suministrar humedad y posteriormente pasar a la fase de maduración

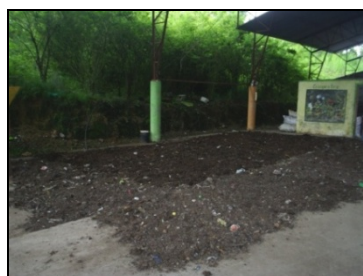
La fase de maduración. En esta fase las pilas se mantienen sin movimiento por un periodo de 4 a 6 semanas en espera de que los microorganismos terminen de madurar el material orgánico para posteriormente pasarlo a Lombricultura.

Cabe mencionar que el proceso descrito anteriormente corresponde al que se desarrolla actualmente en la planta, el cual obvia algunos procedimientos sugeridos en el manual de compostaje que se encuentra en el PGIRS

7.2.2.5 Enfriamiento.

Este proceso se realiza a cielo abierto dejando el material que sale del Compostaje tanto aerobio como anaerobio esparcido por un período de tiempo (un mes), con aquel que sale del compostaje anaerobio se busca que haya una oxigenación con el fin de prevenir inconvenientes en la lombricultura.

Imagen 15. Enfriamiento de Abono



Fuente: Estudio

7.2.2.6 Tamizado y cernido.

Este proceso se hace tanto con el humus proveniente de la lombricultura previamente enfriado como con el compost aerobio; consiste en terminar de tratarlos, o sea reducir el tamaño de las partículas para posteriormente cernirlos y separar todo tipo de material grueso y partículas que no sirven (Ej: pequeños trozos de plástico)

Imagen 16. Tamizado de Abono Orgánico



Fuente: Estudio

Terminado este proceso se empacan en lonas y se almacena en la bio fábrica para ser comercializados.

Imagen 17. Empaque de Abono Orgánico



Fuente: Estudio



Fuente: Estudio

7.2.2.7 Disposición final.

Los residuos que han perdido su valor comercial, es decir que no se pueden utilizar para la producción de abono ni como materia prima para elaborar otros productos (recuperar), se convierten en residuos no aprovechables, estos como ya se mencionó anteriormente no cuentan con ningún tipo de tratamiento dentro de la planta, sin embargo es importante tenerlos en cuenta ya que los distintos procedimientos manejados tiempo atrás, aún tienen secuelas importantes a nivel ambiental y sanitario dentro de las instalaciones de la planta y sus alrededores y es importante tenerlas en cuenta dentro del estudio de impacto ambiental.

Imagen 18. Disposición Residuos no Aprovechables



7.2.2.8 Lombricultura.

La Lombricultura no se toma como parte del proceso ya que actualmente se está llevando a cabo únicamente con el compost anaerobio con el fin de vaciar los cuartos de compostaje ya que esta técnica no dio los resultados esperados; el procedimiento desarrollado es que el compost una vez enfriado pasa a las camas por un periodo promedio de 2 meses, en el cual la lombriz digiere el compost como alimento y lo transforman en humus.

Se elaboró el diagnostico ambiental del área donde opera la planta de tratamiento. (Véase línea base Anexo G)

8. PRODUCCION DE RESIDUOS SOLIDOS EN EL MUNICIPIO DE FOMEQUE

Para hallar la producción de residuos en el casco urbano del municipio de Fómeque, se siguieron dos procedimientos: El primero con la cantidad de residuos generados por día (*producción per cápita*), y el segundo con base en el pesaje registrado en el Relleno Sanitario Doña Juana correspondientes a los residuos recolectados en el municipio durante tres semanas

8.1 PRODUCCIÓN PER CÁPITA

Para seguir este método se recopiló información actual correspondiente a la conformación del sector educativo, comercial e institucional del municipio, así como de la población beneficiaria del servicio de recolección. La producción per cápita se toma teniendo en cuenta el nivel de complejidad con base en el número de habitantes del municipio.

Tabla 8. Asignación del Nivel de Complejidad

| NIVEL DE COMPLEJIDAD | POBLACION EN LA ZONA URBANA |
|----------------------|-----------------------------|
|----------------------|-----------------------------|

| | |
|------------|---------------|
| Bajo | <2500 |
| Medio | 2501 - 12500 |
| Medio Alto | 12501 - 60000 |
| Alto | >60000 |

Fuente: Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 200. Sistemas de Aseo Urbano. Sección I. Título A. 9p

Según lo registrado anteriormente y teniendo en cuenta que el municipio tiene una población total de 15694 habitantes según el censo registrado por el DANE para el año 2005, corresponde a un nivel de complejidad **Medio Alto**.

Ahora con base en el nivel de complejidad, existe una estimación de la cantidad de residuos generados por día (Kg Hab/día).

Tabla 9. Valor de Producción Per Cápita

| POBLACION | Valor Mínimo | Valor Máximo | Valor Promedio |
|------------|--------------|--------------|----------------|
| Bajo | 0.30 | 0.75 | 0.45 |
| Medio | 0.30 | 0.95 | 0.45 |
| Medio Alto | 0.30 | 1.00 | 0.53 |
| Alto | 0.44 | 1.10 | 0.79 |

Fuente: Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS 200. Sistemas de Aseo Urbano. Sección II. Título F. 17p

La producción de residuos sólidos domésticos es una variable que depende básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas. La PPC es un parámetro que varía de una población a otra, de acuerdo principalmente a su grado de urbanización, su densidad poblacional y su nivel de consumo o nivel socioeconómico, otros elementos, como los periodos estacionarios y las actividades predominantes también afectan la PPC.

Según el nivel de complejidad, para el municipio de Fómeque corresponde una PPC Promedio de 0.53 Kg/ Hab-día, valor asumido para efectos de cálculos ya que el nivel socio económico del municipio es estable.

Para dar el dato de producción de residuos semanal correspondiente al casco urbano se trabajaron 4 sectores: Comercial, educativo, domiciliario y plaza de mercado.

8.1.1 Producción Per Cápita Sector Comercial.

En la tabla 10, se presenta la producción de residuos semanales correspondientes al sector comercial e institucional.

Tabla 10. Producción de Residuos Sector Comercial

| Establecimiento | No Estab | Promedio Per/Establ | Prod Establ (Kg/día) | ProdTotal (Kg/día) |
|-----------------|----------|---------------------|----------------------|--------------------|
|-----------------|----------|---------------------|----------------------|--------------------|

| | | | | |
|--|----|-----|------|---------------|
| Restaurantes | 14 | 5 | 2,65 | 37,1 |
| Combustibles | 3 | 2 | 1,06 | 3,18 |
| Ferreterías y materiales de construcción | 3 | 3 | 1,59 | 4,77 |
| Automotores y repuestos | 5 | 2 | 1,06 | 5,3 |
| Vestuario y calzado | 13 | 2 | 1,06 | 13,78 |
| Accesorios para el hogar | 1 | 1 | 0,53 | 0,53 |
| Productos veterinario y agrícolas | 14 | 2 | 1,06 | 14,84 |
| Joyerías | 2 | 1 | 0,53 | 1,06 |
| Supermercados | 11 | 2 | 1,06 | 11,66 |
| Abarrotes y víveres | 46 | 2 | 1,06 | 48,76 |
| Carnicerías | 11 | 1 | 0,53 | 5,83 |
| Misceláneas | 31 | 2 | 1,06 | 32,86 |
| Productos farmacéuticos | 6 | 2 | 1,06 | 6,36 |
| Centros odontológicos | 4 | 2 | 1,06 | 4,24 |
| Entidades Financieras | 2 | 6 | 3,18 | 6,36 |
| Madera | 4 | 2 | 1,06 | 4,24 |
| Fabricación de productos metálicos | 11 | 4 | 2,12 | 23,32 |
| Actividades industriales | 1 | 100 | 53 | 53 |
| Panaderías | 5 | 3 | 1,59 | 7,95 |
| Cafeterías | 42 | 1 | 0,53 | 22,26 |
| Esparcimiento | 14 | 1 | 0,53 | 7,42 |
| Servicios estéticos | 11 | 2 | 1,06 | 11,66 |
| Lavaderos de carros | 3 | 3 | 1,59 | 4,77 |
| Comunicaciones | 5 | 1 | 0,53 | 2,65 |
| Bares, cantinas | 21 | 1 | 0,53 | 11,13 |
| Alojamiento | 3 | 4 | 2,12 | 6,36 |
| Funerarias | 2 | 2 | 1,06 | 2,12 |
| Mecánica automotriz | 18 | 3 | 1,59 | 28,62 |
| Vidrios | 2 | 1 | 0,53 | 1,06 |
| Atención al público (Hospital)* | 1 | 100 | 53 | 53 |
| Atención al público (Administración Municipal) | 1 | 50 | 26,5 | 26,5 |
| total | | | | 462,69 |

Fuente: Estudio

*Para este caso sólo se toman los residuos objeto de recolección del municipio (residuos convencionales)

Para hallar el valor de la producción de residuos total se sigue:

$$producciónTotal = (ppc) * (prom.perso.estable) * N^{\circ} establecimientos$$

Por ejemplo para los restaurantes:

$$prodTotal = \left(\frac{0.53Kg}{hab - día} \right) * (5 personas) * (14 restaurantes)$$

$$prodTotal = 37.1 \frac{Kg}{día}$$

Según lo registrado anteriormente en materia de establecimientos se tiene una producción diaria de 462.69 Kg/día

Para tener la producción semanal tomamos los siete días e la semana así:

$$producciónSemanal = \left(\frac{Kg}{día} \right) * \left(\frac{7días}{Semana} \right)$$

$$producciónSemanal = \left(\frac{462.69Kg}{día} \right) * \left(\frac{7días}{Semana} \right)$$

$$producciónSemanal = 3238.8 \frac{Kg}{Semana}$$

8.1.2 Producción Per Cápite Sector Educativo.

Las instituciones educativas son otro escenario importante de producción de residuos, entonces por producción per cápita siguiendo la misma metodología utilizada para el sector comercial, se tiene que:

Tabla 11. Producción de residuos Sector Educativo

| Institución | N° Estudiantes | Prd.Total Kg/día |
|---------------|----------------|---------------------|
| Centro | 1690 | 895,7 |
| La Unión | 250 | 132,5 |
| Total | | 1028,2 |

Fuente: Estudio

A la semana se tiene una producción de

$$producciónSemanal = \left(\frac{1028.2Kg}{día} \right) * \left(\frac{7días}{Semana} \right)$$

$$producciónSemanal = 7197.4 \frac{Kg}{Sem}$$

8.1.3 Producción Per Cápite Sector Domiciliario.

Parte importante de la producción de residuos está dada por la parte habitacional, representado en los habitantes del **sector domiciliario**, para este caso tenemos un total de 4025 habitantes, entonces:

$$producciónDiaria = \left(\frac{0.53Kg}{hab - día} \right) * (4025hab)$$

$$producciónDiaria = 2133.25 \frac{Kg}{día}$$

$$producciónSemanal = 2133.25 \frac{Kg}{día} * \frac{7días}{Sem}$$

$$producciónSemanal = 14932.75 \frac{Kg}{Sem}$$

8.1.4 Producción Per Cápita Plaza de Mercado.

La plaza de mercado, se toma como un sector independiente debido a la elevada producción de residuos que presenta. Con 46 puestos de trabajo, cada uno con una producción promedio de 100 Kg diarios y teniendo en cuenta que sólo opera una vez a la semana se tiene:

$$producciónSemanal = \left(\frac{100Kg}{día} \right) * 45 puestos$$

$$producciónSemanal = 4500 \frac{Kg}{Sem}$$

Para tener el dato de la producción total de residuos del municipio semanalmente, se suma las cantidades de residuos generados en los cuatro sectores, entonces:

$$producciónTotal = (SecComercial) + (SecEducativo) + (SecDomiciliario) + (Plaza)$$

$$producciónTotal = \left(\frac{3238.8Kg}{Sem} \right) + \left(\frac{7197.4Kg}{Sem} \right) + \left(\frac{14932.75Kg}{Sem} \right) + \left(\frac{4500Kg}{Sem} \right)$$

$$producciónTotal = 29869 \frac{Kg}{Sem}$$

8.2 PESO DE LOS RESIDUOS RECOLECTADOS

Para trabajar por este método se tomaron los pesos (Kg) equivalentes a los residuos recolectados durante tres semanas con el fin de obtener un promedio semanal, se registraron los pesos correspondientes del vehículo recolector los materiales recolectados por los recuperadores independientes y por aparte se tomó el peso de los residuos de la plaza de mercado.

8.2.1 Peso Vehículo Recolector.

Para el peso del vehículo recolector se tomaron aparte los pesos de los días de recolección del material orgánico y el inorgánico, durante las mismas semanas.

Tabla 12. Peso de los Residuos Sólidos

| TIPO DE RESIDUO | FECHA | DÍA CORRESPONDIENTE | PESO DIARIO (Kg) | PESO SEM (Kg) |
|-----------------|----------|---------------------|------------------|---------------|
| ORGANICO | 28/05/07 | LUNES | 5710 | 13940 |
| | 01/06/07 | VIERNES | 8230 | |
| | 04/06/06 | LUNES | 7170 | 15420 |
| | 08/06/07 | VIERNES | 8250 | |
| | 12/06/07 | MARTES | 9690 | 16470 |
| | 15/06/07 | VIERNES | 6780 | |
| INORGANICO | 23/05/07 | MIERCOLES | 4690 | 4690 |
| | 05/06/07 | MARTES | 5760 | 5760 |
| | 13/06/07 | MIERCOLES | 6650 | 6650 |

Fuente: Relleno Sanitario Doña Juana. Recibos de pesaje

Si se toma un promedio semanal para los residuos orgánicos se tiene un total de **15276.6 Kg /semanales** y para los residuo inorgánicos un total de **5700Kg /semanales**

8.2.2 Pesos Recuperadores Independientes.

En el municipio trabajan tres recuperadores independientes quienes durante la semana recogen residuos inorgánicos (cartón, plástico y metal entre otros) puerta a puerta. Para obtener un dato certero del peso correspondiente al material recolectado, se recurrió a la información que ellos manejan, ya que no se cuenta con datos estadísticos y trabajan para diferentes empresas.

Haciendo un promedio entre los tres recuperadores, se descargan semanalmente en el sitio de destino un total de **3500 kg** de material en su totalidad reciclable, esto teniendo en cuenta que la capacidad de cada vehículo es diferente y todas las semanas no sale la misma la cantidad de residuos.

8.2.3 Peso de Residuos Plaza de Mercado.

La plaza de mercado al igual que en los cálculos por producción per cápita se toma por aparte ya que su recolección se realiza los días sábado, para este caso tenemos el registro correspondiente a las mismas semanas de la recolección domiciliaria:

Tabla 13. Peso Residuos Plaza de Mercado

| FECHA | DIA | PESO (Kg) |
|-------|-----|-----------|
|-------|-----|-----------|

| | | |
|----------|--------|------|
| 26/05/07 | SABADO | 3875 |
| 02/06/07 | SABADO | 4620 |
| 09/06/07 | SABADO | 3650 |

Fuente: Relleno Sanitario Doña Juana. Recibos de pesaje

Si se hace un promedio semanal se tiene:

$$TotalSemana = 4048.3 \frac{Kg}{sem}$$

Para tener el dato de la producción de residuos del municipio semanalmente, se suman las cantidades de residuos recogidos para los tres descritos anteriormente, entonces:

$$producciónTotalSemana = (PesoDomiciliario) + (PesoRecuperadores) + (PesoPlaza)$$

$$producciónTotal = \left(\frac{20976.6Kg}{Sem} \right) + \left(\frac{3500Kg}{Sem} \right) + \left(\frac{4048.3Kg}{Sem} \right)$$

$$producciónTotal = 28524.9 \frac{Kg}{Sem}$$

8.3 PROCESO DE CARACTERIZACION DE RESIDUOS SOLIDOS

El proceso de caracterización se efectuó únicamente con los residuos que son fuente de aprovechamiento dentro de la planta de tratamiento, esto, corresponde a la totalidad de material orgánico y a la fracción de material inorgánico recolectado por el servicio municipal, obviando el material recogido por los recuperadores independientes ya que este tiene un destino diferente.

8.3.1 Metodología para Residuos Orgánicos.

Estos residuos están siendo llevados a la planta de tratamiento por tal razón no se tiene un registro del peso de los mismos, entonces, teniendo en cuenta la capacidad del vehículo y los registros correspondientes al mes de Junio cuando eran llevados al relleno Doña Juana, se realizó una caracterización cualitativa. Con base en la presentación de los residuos se puede apreciar que se presentan mezclas en su mayoría de plásticos de baja densidad, situación que hace necesaria la realización de un proceso de separación y pesaje de este material, con el fin de obtener un dato confiable de la cantidad real de materia orgánica apta para aprovechamiento.

Se realizó el pesaje del material inorgánico presente en los residuos recolectados, una vez seleccionado, por un periodo de dos semanas para un

total de cuatro muestras (dos muestras por semana, correspondientes a los días de recolección), obteniendo como resultado:

Tabla 14. Material Inorgánico Presente

| SEMANA | FECHA | PESO KG |
|--------|----------|---------|
| 1 | 13/08/07 | 450.5 |
| | 17/08/07 | 448.4 |
| 2 | 27/08/07 | 498.8 |
| | 31/08/07 | 399.9 |

Fuente: Estudio

Según los datos obtenidos, se tiene un promedio semanal de 450 Kg de plástico de baja densidad presente en el material orgánico, esta cantidad comparada con el promedio semanal de residuos orgánicos que es de 19324 Kg, según los pesos registrados en las tablas 22 y 23 del presente documento, corresponde al 2.5% del total de los residuos recolectados, por tal razón para fines de aprovechamiento se puede contar con **17841 Kg de residuos orgánicos semanales**.

8.3.2 Metodología para Residuos Inorgánicos

Mediante la manipulación directa de los materiales inorgánicos y teniendo en cuenta que una vez recolectados son transportados hacia el Relleno Sanitario Doña Juana, se realizó una caracterización durante cuatro semanas de la siguiente manera:

- Se tomó una muestra aleatoria del vehículo recolector en diferentes sitios del municipio.
- La muestra se depositó en una caja con un volumen de 1m³, y luego se procedió a clasificar los residuos en diferentes categorías, plásticos (alta y baja densidad), cartón, vidrio, metal, papel, tela, icopor y materiales no aprovechables, y en seguida se registraron los pesos correspondientes a cada tipo de residuo.
- Se registraron los pesos correspondientes a cada tipo de residuo

Tabla 15. Resultados Caracterización de Residuos Inorgánicos

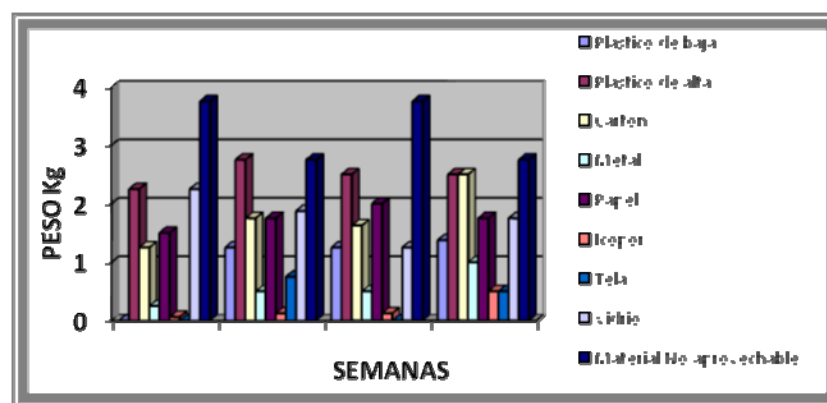
| Tipo de residuo | Peso en Kg | | | |
|------------------|------------|----------|----------|------------|
| Fecha | 14/08/07 | 22/08/07 | 28/08/07 | 04/ 08/ 07 |
| Plástico de baja | 1.7 | 1,25 | 1,25 | 1,375 |
| Plástico de alta | 2,25 | 2,75 | 2,5 | 2,5 |
| Cartón | 1,25 | 1,75 | 1,625 | 2,5 |
| Metal | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 1,0 |
| Papel | 1,5 | 1,75 | 2,0 | 1,75 |
| Icopor | 0,062 | 0,125 | 0,125 | 0,5 |
| Tela | 0.25 | 0,75 | 0 | 0,5 |
| Vidrio | 2,25 | 1,875 | 1,25 | 1,75 |

| | | | | |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Material No aprovechable | 3,75 | 2,75 | 3,75 | 2,75 |
| total | 13,3 | 13,5 | 13.0 | 14.6 |

Fuente: Estudio

A continuación se presenta un gráfico que permite observar de manera clara el comportamiento de cada tipo de residuo en los diferentes muestreos realizados.

Figura 8. Comportamiento Residuos Inorgánicos



Fuente: Estudio

En la gráfica anterior se puede observar un comportamiento similar de cada tipo de residuo en las diferentes semanas de muestreo, el plástico, aparece como el más representativo entre los residuos aprovechables, sin embargo las cantidades obtenidas para cada tipo de residuo no establecen un rango confiable para hallar la composición física de los mismos.

Atendiendo al comportamiento de los residuos representado en la figura N°8, establecer su composición física requiere de la aplicación de un modelo estadístico que permita establecer con exactitud si hay o no diferencias significativas en los diferentes muestreos realizados, de tal manera que se pueda tomar una decisión confiable a la hora de diseñar los diferentes sistemas de aprovechamiento. El diseño experimental como modelo de verificación resulta la mejor opción a la hora de constatar hechos con teorías, como se requiere en este caso. (Véase Anexo H)

8.4 COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS

Hallar la composición física de los residuos es un paso preponderante dentro del proceso de optimización de la planta de tratamiento, este procedimiento brinda las herramientas necesarias para diseñar los diferentes sistemas de aprovechamiento, y se convierte en una guía a la hora de establecer las actividades a realizar con cada tipo de residuo, además garantiza un sistema coherente con la producción real de residuos en el municipio.

Para hallar la composición física de los residuos se tomó como base los

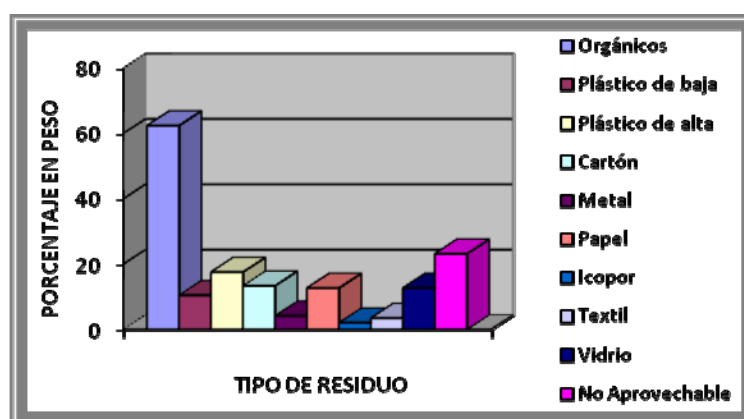
resultados del proceso de caracterización tanto para los residuos orgánicos como para los residuos inorgánicos; es importante resaltar que para los residuos inorgánicos se debe obviar el dato de producción del municipio ya que parte de estos residuos son objeto de comercialización directa con los recuperadores independientes.

Tabla 16. Composición Física de los Residuos Sólidos

| TIPO DE RESIDUO | PORCENTAJE EN PESO % | PESO Kg/Sem |
|------------------|----------------------|-------------|
| Orgánicos | 62,4 | 17841 |
| Plástico de baja | 10,5 | 1.5 |
| Plástico de alta | 17,6 | 2.5 |
| Cartón | 13,4 | 1.9 |
| Metal | 4,2 | 0.6 |
| Papel | 12,7 | 1.8 |
| Icopor | 2,1 | 0.3 |
| Textil | 3,5 | 0.5 |
| Vidrio | 12,7 | 1.8 |
| No Aprovechable | 23,2 | 3.3 |

Fuente: Estudio

Figura 9. Composición Física de los Residuos Sólidos



Fuente: Estudio

La composición física de los residuos describe un porcentaje bastante alto para los residuos no aprovechables, esto se debe a la carencia de estrategias de selección en la fuente, pues la mayoría de estos residuos gozan de características aprovechables las cuales se pierden gradualmente al entrar en contacto directo con sustancias húmedas o contaminadas hasta el punto de perder sus propiedades físicas. Dentro de los residuos inorgánicos el plástico

de alta densidad y el cartón, son los residuos que presentan mayor proporción seguido del papel, mientras que la menor producción está en residuos como el icopor y el textil.

Después de tener la composición física de los residuos del municipio es elemental establecer su composición de acuerdo a parámetros significativos como la procedencia, la factibilidad de manejo y el grado de peligrosidad, con base en los datos de producción.

Tabla 17. Composición de Residuos según su Procedencia

| TIPO DE RESIDUO | PORCENTAJE EN PESO % | PESO Kg/Sem |
|------------------|----------------------|-------------|
| Residencial | 49,25 | 14087.5 |
| Institucional | 24,37 | 6970 |
| Hospitalarios | 1,46 | 420 |
| Comerciales | 9,46 | 2706.2 |
| Plaza de Mercado | 16,08 | 4600 |

Fuente: estudio

Figura 10. Composición de Residuos según su Procedencia



Fuente: estudio

Tabla 18. Composición de Residuos según su Factibilidad de Manejo

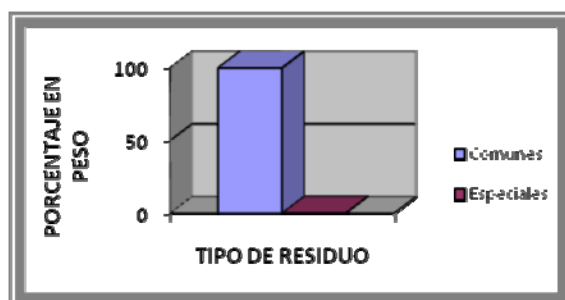
| TIPO DE RESIDUO | PORCENTAJE EN PESO % | PESO Kg/Sem |
|-----------------|----------------------|-------------|
| Comunes | 99,76 | 28532.5 |
| Especiales | 0,24 | 70 |

Fuente: Estudio

Según la factibilidad de manejo los residuos se dividen en comunes y especiales, siendo los especiales aquellos que requieren de un manejo

individual para no ocasionar impactos negativos de ninguna índole, en este caso se han clasificado como especiales todos aquellos residuos provenientes de sector automotriz o similares donde sobresale el uso de productos como combustibles, aceites, grasas y todos aquellos derivados de hidrocarburos.

Figura 11. Composición de Residuos según su Factibilidad de Manejo



Fuente: Estudio

Tabla 19. Composición de residuos según su Grado de Peligrosidad

| TIPO DE RESIDUO | PORCENTAJE EN PESO % | PESO Kg/Sem |
|-----------------|----------------------|-------------|
| Comunes | 99,34 | 28413.5 |
| Peligrosos | 0,66 | 189 |

Fuente: Estudio

Como residuos peligrosos se tomaron aquellos provenientes de farmacias y centros odontológicos, los cuales son objeto de manejo, recolección, transporte y eliminación por parte de empresas especializadas.

Figura12. Composición de residuos según su Grado de Peligrosidad



Fuente: Estudio

9. IDENTIFICACION DE PROCESOS Y ZONAS DE MANEJO CRITICOS

Esta fase tiene su inicio en la evaluación técnica y operativa de los procesos desarrollados dentro de la planta de tratamiento y sus respectivas zonas de manejo, se busca establecer aquellos(a) que estén en estado crítico, o sea que requieran ser excluidos o tratados de manera especial y de esta forma proponer y seleccionar la mejor alternativa de manejo para los residuos sólidos generados en el municipio de Fómeque

9.1 PROCESOS DE TRATAMIENTO CRÍTICOS

Para establecer los procesos de tratamiento críticos, se tendrá en cuenta el proceso completo descrito en la figura 7 (manejo dado a los residuos sólidos) y se describirán sólo aquellos que presenten falencias frente a lo estipulado en los capítulos tres y cuatro del título F del reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAS 2000.

9.1.1 Selección en la fuente, Almacenamiento y Presentación.

Tener una estimación exacta de quien separa y quien no, y de quien lo hace bien y quien no, no es fácil, sin embargo contar con rutas selectivas para la recolección de residuos permite por medio de recorridos hacer una aproximación.

Según lo establecido en la descripción de los sectores del municipio, la selección en la fuente presenta debilidades, pues si se toman todos los sectores como un 100%, se puede evidenciar que cerca del 80% de la población no lleva a cabo actividades de segregación en la fuente, el problema radica en el desconocimiento de los métodos de separación, pues a pesar de que dentro de los hogares fomequeños se tiene el proceso de selección como un hábito, hay fallas que dificultan el aprovechamiento de los residuos, las cuales se justifican en el desconocimiento de las propiedades físicas de los residuos y la forma correcta de separación.

El almacenamiento y la presentación de los residuos es otro problema, la utilización de bolsas plásticas de baja densidad para el almacenamiento de residuos orgánicos, genera condiciones antihigiénicas que como consecuencia ocasionan el contacto directo de los residuos con el medio ambiente y con las personas encargadas de la recolección, así como también obstaculizan las labores de selección dentro de la planta de tratamiento, ya que la compactación de los residuos en el transporte ocasiona el rompimiento de las bolsas y por ende una mayor mezcla. Los residuos inorgánicos son almacenados sin tener la precaución de ubicarlos en lugares secos, esto conlleva a que además de contaminarse por posibles mezclas con material orgánico en descomposición, pierdan su valor comercial al humedecerse.

9.1.2 Recolección.

Imagen 19. Recolección de Residuos



Fuente: Estudio

Las labores de recolección hacen parte del proceso de aprovechamiento de los residuos y el establecimiento de técnicas y procedimientos para llevarlas a cabo van de la mano con la calidad del servicio y los resultados esperados.

El principal inconveniente con el sistema de recolección radica en la ruta, actualmente se carece de una ruta fija que cubra la totalidad de los usuarios, lo que da libertad a la cuadrilla para realizar la actividad tomando rutas diferentes cada vez que sea necesario según su criterio, esta situación le impide a los usuarios establecer horarios fijos para presentar los residuos, condición que pone en riesgo la calidad del medio ambiente, ya que la disposición de

residuos en proceso de descomposición por tiempos prolongados en las aceras de las calles incita a que se presente esparcimiento de los mismos por actividades caninas y a que se propaguen vectores (cucarachas y moscas) a su alrededor, lo que acompañado de la influencia de condiciones climáticas como vientos y eventuales lluvias, afecta la calidad de vida de la población. La velocidad de recolección aparece como otro factor importante a tener en cuenta, aparece como una de las razones para que se haya dejado de lado la presentación de los residuos en contenedores ya que esta no permite que la cuadrilla los manipule de forma cuidadosa, estos, una vez vacíos son tirados lejos del lugar de procedencia, lo que ocasiona su deterioro físico hasta el punto de perder sus condiciones de utilidad, generando inconformismo en los usuarios quienes optan por usar bolsas plásticas.

9.1.3 Descargue y Selección.

Para este proceso y todos los desarrollados dentro de la planta no se tienen en cuenta aspectos importantes de seguridad industrial como el uso de material de bioseguridad (overol, guantes, botas, caretas, etc), además se evidencia falta de preparación y conocimiento del personal.

El descargue se hace en el patio de selección, los residuos se esparcen conjuntamente en el área, presentando problemas como el esparcimiento de residuos en los alrededores por acción del viento, escurrimiento de lixiviados sin control alguno, generación de vectores y propagación de olores, entre los más representativos. La selección una vez descargados los residuos dentro de la planta de tratamiento se hace de forma manual, este proceso presenta dificultades puesto que el material llega en condiciones no aptas para llevar a cabo un proceso de separación simple, la carencia de estrategias de segregación en la fuente y la posterior compactación que realiza el vehículo durante la recolección y el transporte, hace que se presente una mezcla casi homogénea de los residuos, lo que implica realizar una separación previa a la selección, otro aspecto importante es la escasez de herramientas para desarrollar esta labor, el tener que trabajar con utensilios rudimentarios, conlleva a que se presente una elevada acumulación de residuos no aprovechables, ya que los operarios no cuentan con el tiempo ni mucho menos con el criterio suficiente para decidir que sirve y que no, además se interfiere directamente en los procesos de aprovechamiento, por ejemplo para compostaje se van trozos de plástico y papel que impiden desarrollar un proceso de calidad.

9.1.4 Compostaje Anaerobio.

Imagen 20. Compostaje Anaerobio



Fuente: Estudio

Este proceso se desarrolla bajo tiempos de retención demasiado altos (6 -8 meses) y la ausencia de oxígeno requiere que haya un proceso adicional (oxigenación), por otro lado, el estancamiento de residuos por periodos prolongados conlleva a que se incrementen aceleradamente las temperaturas alterando la población microbiana y las condiciones de humedad, pH y relación C/N, proporcionando como resultado un compost de muy baja calidad. Otro aspecto importante a tener en cuenta es que la acumulación de residuos va de la mano con la proliferación de olores y vectores que afecta la calidad del medio ambiente y por tanto la tranquilidad de la población aledaña.

9.1.5 Lombricultura.

Imagen 21. Lombricultura



Fuente: Estudio

Este proceso se realiza con el compost anaerobio, el cual presenta un tamaño de partícula muy grande, además de trozos de material inorgánico (plástico) en grandes cantidades los cuales dificultan el trabajo de las lombrices.

La lombriz, al igual que los demás microorganismos que intervienen en la descomposición de los residuos, requiere de condiciones especiales (humedad, pH, temperatura, ect) para realizar de forma eficiente su trabajo, condiciones que dentro de la planta de tratamiento no son objeto de mayor preocupación. El compost una vez retirado de los cuartos de compostaje es depositado inmediatamente en las camas de lombricultura sin una previa oxigenación, siendo la ausencia de oxígeno el principal factor de fallecimiento para la lombriz. En cuanto a las labores de alimentación, el compost es almacenado por bloques desde la parte posterior de cada cama y los pasillos de circulación son utilizados como camas, generando riesgos de carácter ambiental ya que estos no cuentan con pisos pavimentados lo que posibilita la infiltración de lixiviados

9.1.6 Compostaje Aerobio.

Este proceso se desarrolla sin un tamizaje previo, condición que retarda la descomposición de los residuos; por otro lado no se sigue ninguna técnica que garantice su calidad, pues los operarios adicionan las sustancias catalizadoras (melaza, ruminaza, gallinaza, etc) sin tener en cuenta las cantidades requeridas y sin saber si se necesitan o no en el proceso.

Imagen 22. Compostaje Aerobio.



Fuente: Estudio

Haciendo referencia a los sistemas de observación del proceso, no se lleva un registro de parámetros importantes como temperatura, pH, relación C/N y oxígeno presente, ni de los tiempos de descomposición y maduración de las pilas, así como tampoco se muestra algún tipo de control para el orden de las pilas según el tiempo que lleve en descomposición.

9.1.7 Incineración.

El proceso de incineración como medio de disposición final para los residuos no aprovechables, se ha convertido en un serio problema de carácter ambiental dentro del proceso de aprovechamiento de los residuos sólidos, la planta cuenta con un horno incinerador, el cual presenta constantemente fallas mecánicas las cuales demoran bastante tiempo en ser reparadas, lo que tiene como consecuencia el acopio incontrolado de residuos y por ende la generación de malos olores y la presencia de vectores en las inmediaciones de la planta.

Las fallas mecánicas tienen su origen en la no clasificación de los residuos que se incineran según las especificaciones del horno, el cual está en capacidad para trabajar con residuos TIPO 2, según la clasificación de la Asociación Nacional para la protección contra el fuego (NFPA)

Tabla 20. Clasificación de Residuos según la NFPA

| DESECHO | HUMEDAD (%) | VOLÁTILES (%) | CENIZAS (%) | POTENCIA CALORÍFICA (Btu/Libra) |
|---------|-------------|---------------|-------------|---------------------------------|
| Tipo 0 | 10 | 85 | 5 | 8500 |
| Tipo 1 | 25 | 65 | 10 | 6500 |
| Tipo 2 | 50 | 43 | 7 | 4500 |
| Tipo 3 | 70 | 25 | 5 | 2500 |
| Tipo 4 | 85 | 10 | 5 | 1000 |

| | | | | |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|
| Tipo 5 | Depende del desecho | Depende del desecho | Depende del desecho | >8500 |
| Tipo 6 | Depende del desecho | Depende del desecho | Depende del desecho | >8500 |

Fuente: Especificaciones Técnicas Horno Incinerador

Tabla 21. Tipología y Procedencia de los Residuos según la NFPA

| DESECHO | ORIGEN Y TIPOLOGÍA |
|---------|---|
| TIPO 0 | Altamente combustibles: papel, carbón, cartón, barredura de piso de lugares comerciales e industriales. También basuras que contienen 10% en bolsas plásticas, revestimientos de papel laminado, cartones tratados, desperdicios aceitosos y fragmentos de caucho. |
| TIPO 1 | Mezcla de desperdicios tales como: vegetales, trozos de fibras, cartones, papel y barreduras de suelo que se encuentran en establecimientos comerciales. También basuras con un 20% de su peso en desperdicios de cafetería y restaurantes y pequeñas cantidades de papel, plásticos y cauchos. |
| TIPO 2 | Es la mezcla de desperdicios tipo 1 y tipo 3, en proporciones iguales. Es muy común en apartamentos y residencias. |
| TIPO 3 | Consiste en desperdicios de vegetales y desperdicios animales, de restaurantes, cafeterías, hospitales, mercados y sitios de estar. |
| TIPO 4 | Consiste en residuos de animales y humanos, esqueletos y partes orgánicas. Corresponde a los desperdicios de hospitales, mataderos, expendios de carnes y sitios similares. |
| TIPO 5 | Son desperdicios líquidos y semilíquidos como el alquitrán, disolventes, lodos, gases emanaciones y desperdicios similares, resultado de la operación industrial. Su composición y poder calorífico debe ser determinado de acuerdo con cada material. |
| TIPO 6 | Consiste en cauchos, plásticos en trozos, resultado de la operación industrial. Su composición y poder calorífico debe ser determinado de acuerdo con cada material. |

Fuente: Especificaciones Técnicas Horno Incinerador

9.1.8 Bioseguridad

En materia de seguridad industrial, cabe resaltar que en ninguno de los procesos desarrollados con los residuos sólidos los operarios portan el material de seguridad industrial necesario (guantes, caretas, overol, etc), por tanto están expuestos a adquirir enfermedades infecto contagiosas al tener contacto directo con los residuos en estado de descomposición.

9.2 INDICADORES DE EVALUACIÓN DE PROCESOS.

Haciendo una evaluación en conjunto de los procesos de aprovechamiento desarrollados dentro de la planta de tratamiento, y teniendo en cuenta que la población presenta una producción semanal de 17841Kg de residuos orgánicos, según lo descrito en la sección 8 del presente documento, se tiene que:

Después de efectuar los procesos de aprovechamiento con la materia orgánica,

exactamente selección, compostaje y lombricultura, se debe obtener como resultado una producción semanal cercana a los 14451 kg de humus teniendo en cuenta una pérdida en peso del 19% por procesos de evaporación y generación de lixiviados, sin embargo sólo se está produciendo un promedio de 3500 Kg (equivalentes a 50 - 60 bultos) a la semana, según datos suministrados por los operarios de la planta, lo que representa sólo un 24%, tomando como base de cálculo los 14451 Kg de abono que se debe obtener a la semana.

Respecto a los residuos inorgánicos, el 23.2% corresponde a material no aprovechable, sin embargo como ya se mencionó antes dentro de este porcentaje hay material con propiedades de aprovechamiento, entonces, partiendo de que la selección en la fuente hace parte del sistema de aprovechamiento de los residuos, se puede decir que se está fallando considerablemente en este aspecto, pues los residuos no aprovechables no deben superar el 10% del total de los residuos producidos en el municipio y sólo involucran aquellos que requieren de un manejo especial ajeno a las actividades desarrolladas dentro de la planta y aquellos que por sus propiedades no representan un potencial competente para ser comercializados como es el caso del icopor y de los textiles entre otros.

9.3 AREAS DE MANEJO CRÍTICAS

Para establecer las áreas de manejo críticas, se tendrán en cuenta cada una de las estructuras instaladas dentro de la planta y se describirán aquellos aspectos relevantes en cada una que deban ser tenidos en cuenta en el proceso de optimización.

9.3.1 Recolección.

El vehículo compactador es una herramienta que brinda excelentes resultados para la recolección de los residuos orgánicos, pero con los residuos inorgánicos sucede todo lo contrario, al compactar dichos residuos se pierden sus propiedades físicas, ahora si se tiene en cuenta que hay mezclas en la presentación de los residuos, al compactarlos se genera una homogenización de los mismos, lo que hace que se contaminen, pierdan su valor comercial y su potencial de aprovechamiento.

9.3.2 Bio fábrica.

Este lugar presenta una configuración más de carácter administrativo que operativo, sin embargo su estructura física se ha ido deteriorando ya que carece de andenes y canalización para las aguas lluvias, las cuales se han infiltrado en la infraestructura y a simple vista se perciben cambios importantes; respecto del cuarto de alimentación (cocina), carece de equipos y dotación, no existe ningún tipo de dispositivo de lavado y tanto paredes como pisos están en

obra negra lo que no va de acuerdo a las necesidades higiénicas con las que debe contar un lugar de esta índole. El baño presenta una configuración casi completa, sin embargo la falta de lockers personales para los operarios de la planta hace que el lugar se vea desordenado y poco higiénico.

9.3.3 Patio de Selección.

Imagen 23. Patio de Selección



Fuente: estudio

El área de selección cuenta con una estructura bien diseñada, sin embargo el piso presenta deficiencias que posibilitan la contaminación, ya que sólo está pavimentado en un 50%, y los procesos de descargue y selección se realizan directamente sobre el piso de forma rudimentaria sin aplicar ningún tipo de control para la recolección de lixiviados. Por otro lado la inexistencia de canales para la recolección de aguas lluvias posibilita la mezcla de estas con los lixiviados generando un mayor impacto de carácter ambiental, ya que por procesos de escorrentía pueden llegar a contaminar aguas superficiales, además de los daños que pueda ocasionar por infiltración.

9.3.4 Cuartos de Compostaje Anaerobio.

La problemática generada con esta obra radica principalmente en los dispositivos instalados para la captación y almacenamiento de lixiviados, estos, a pesar de estar diseñados para que trabajen por gravedad revelan deficiencias, ya que se presenta saturación de lixiviados y por tanto desbordamientos que se esparcen por los alrededores ocasionando problemas de carácter sanitario importantes de solucionar como por ejemplo la infiltración de lixiviados en tierra firme y la proliferación de olores y vectores.

Imagen 24. Cuartos de compostaje anaerobio



Fuente: estudio

En cuanto a los tranques de almacenamiento presentan una configuración muy profunda y no describen una característica que permita darle tratamiento y aprovechamiento, esto, sin contar con los posibles daños internos que se puedan presentar en el sistema y que no puedan ser detectados y solucionados a tiempo, ya que se tiene una configuración subterránea de difícil acceso y de la cual no existen diseños (planos) físicos que permitan tener conocimiento de los mismos.

9.3.5 Enramada para Compostaje Aerobio.

Imagen 25. Enramada para Compostaje Aerobio.



Fuente: estudio

Este proceso se desarrolla sobre piso en tierra sin ninguna medida de control para los lixiviados, los cuales se filtran en el suelo; en el centro del área utilizada para desarrollar este proceso se presenta un afloramiento de aguas de ladera que al tener contacto directo con los lixiviados generados en el proceso se contaminan y siguen su mismo camino. Por otro lado la infraestructura no cuenta con canalización para las aguas lluvias, las cuales fluyen hasta mezclarse con los lixiviados y por acción meteorológica terminan evaporándose o filtrándose en el suelo.

9.3.6 Camas de Lombricultura.

Las camas de Lombricultura presentan una extensión demasiado larga, esto genera comportamientos diferentes a lo largo de cada cama en respuesta al proceso de humificación, su configuración obliga a dar un tratamiento igual a lo largo de toda la cama e impide seleccionar alternativas de tratamiento diferentes según lo requiera el proceso; la construcción de las camas se hizo de forma plana (sin pendiente), lo que dificulta el manejo de lixiviados para los

cuales no hay ninguna forma de control, estos, como se puede apreciar en la imagen 30 fluyen al igual que las aguas lluvias hacia donde no encuentran barreras físicas que los detenga y por acción de condiciones meteorológicas se evaporan o termina infiltrándose en el suelo.

Imagen 26. Camas de Lombricultura.



Fuente: estudio

El sistema riego por goteo que se tiene para humectar las camas, presenta deterioro físico y no existe un dispositivo que permita llevar un control del caudal manejado para cada cama por separado, esto según las necesidades de cada una, así como tampoco se presenta algún tipo de medida de contingencia frente a posibles eventualidades como daños en el sistema que puedan terminar saturando las camas y dañando el proceso.

10. PROPOSICION Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE OPTIMIZACION

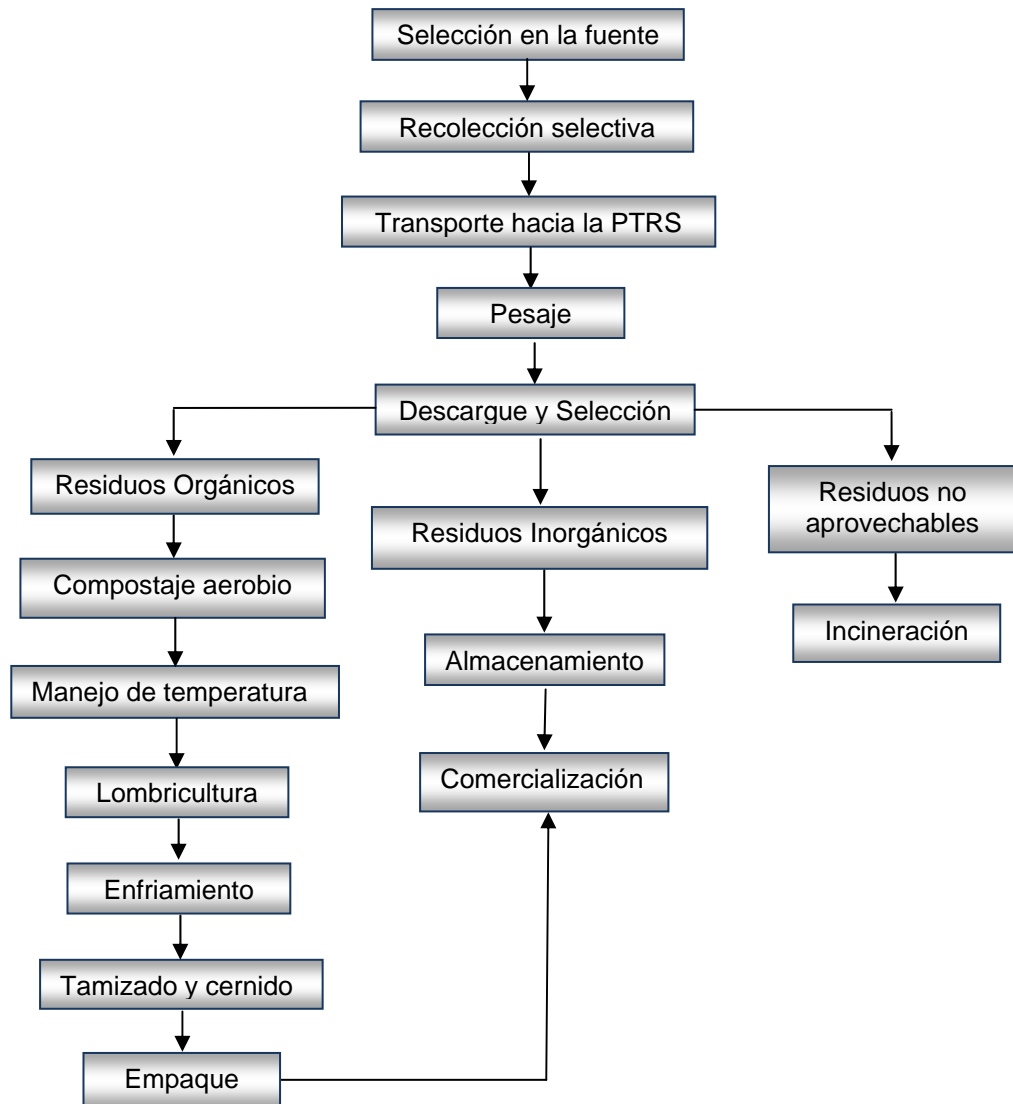
10.1 PROPOSICION DE ALTERNATIVAS

Para el desarrollo de esta fase se propondrán tres alternativas diferentes que involucren todo el proceso de manejo para los residuos sólidos desde la selección en la fuente hasta la disposición final.

10.1.1 Alternativa de Optimización1.

Esta alternativa contempla la posibilidad de seguir manejando los mismos procesos, sin cambiar la infraestructura o generar cambios importantes en ella.

Figura 13. Alternativa de optimización N°1



Fuente: Estudio

Como se muestra en la figura N°13, se describe un proceso similar al que se tiene actualmente, contando con la misma infraestructura, se propone mejorar los procedimientos desarrollados en cada etapa de aprovechamiento de los residuos de la siguiente manera:

Selección en la fuente. Se plantea fortalecer este proceso con la conformación de líderes comunitarios en cabeza de la administración municipal, quienes mediante capacitaciones constantes en el municipio promuevan la generación de conciencia en la población frente a la importancia que tienen las actividades de segregación en la fuente, instruyéndoles sobre cómo se deben separar, almacenar y presentar los residuos para su recolección, y cómo y en que días son recogidos.

Los líderes comunitarios deben ser guiados y capacitados por personal especializado, en este caso se puede contar con estudiantes de la Universidad de la Salle de la facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, quienes deben ejecutar proyectos comunitarios en el área de Taller de Servicio Municipal y están en capacidad para desarrollar dicha labor.

Recolección selectiva. Se propone establecer estrategias claras que permitan desarrollar un proceso donde se tenga en cuenta las características de presentación y preservación de los residuos sólidos a la hora de recogerlos y transportarlos, y que además satisfaga las necesidades de los usuarios frente a servicio y contribuya con el proceso de aprovechamiento de los residuos, para lo cual es importante manejar rutas separadas para cada tipo de residuo.

En el planteamiento del proceso es importante tener en cuenta la velocidad y el tipo de vehículo empleado, por ejemplo, se deben manejar velocidades que le permitan a la cuadrilla maniobrar correctamente los contenedores, de tal forma que no se presente inconformismo en los usuarios del servicio por el daño de los mismos, en cuanto al tipo de vehículo, es importante tener en cuenta que la compactación de los residuos inorgánicos reducen su potencial de servicio, ya que se cambian sus propiedades físicas y se incrementa el riesgo de contaminación por eventuales mezclas con residuos orgánicos, por tanto se recomienda el uso de un vehículo no compactador para la recolección de este tipo de residuos.

Descargue y selección. El descargue de los residuos se debe hacer ocupando la menor área posible con el fin de prevenir posibles impactos ambientales como consecuencia del esparcimiento de residuos y lixiviados, para esto se propone aprovechar la rampa en concreto con la que cuenta la planta dentro del patio de selección.

El proceso de selección de los residuos debe ser realizado en dos etapas (manualmente), contando con todo el personal se propone separar la totalidad de los residuos en dos partes y seleccionar cada una por aparte, luego seleccionar nuevamente el remanente para aprovechar el máximo de los residuos. Una vez seleccionados, cada tipo de residuo será dirigido hacia su respectiva área de tratamiento.

Residuos orgánicos. Con los residuos orgánicos se plantea desarrollar los mismos procesos de aprovechamiento (compostaje aerobio y lombricultura) en las mismas áreas de manejo, el compostaje anaerobio se descarta debido a las falencias que presenta en cuanto productividad, calidad y rendimiento y se propone fortalecer el proceso de compostaje aerobio bajo técnicas reconocidas y con la utilización de insumos previamente certificadas, como lo es el uso de microorganismos eficientes EM por medio de FUNDASES, de tal forma que se obtenga un compost de excelente calidad acorde con las exigencias actuales sin generar impactos negativos en la calidad del medio ambiente y en la población aledaña a las instalaciones de la planta.

La lombricultura debe pasar un proceso de optimización bajo técnicas especializadas que tengan en cuenta el proceso previo de compostaje, ya que

las condiciones del sustrato (compost) ameritan un manejo especial, por tanto se debe recurrir a la experiencia de instituciones especializadas como CORPOICA, quienes disponen de guías especializadas para tal fin.

Una vez terminada la humificación del compost se prosigue con el tamizado y el cernido del humus para posteriormente ser empacado y comercializado.

Residuos Inorgánicos. Los residuos inorgánicos serán almacenados bajo estándares de calidad que prevengan su deterioro físico e incrementen su productividad para posteriormente ser comercializados, se propone aprovechar los cuartos utilizados actualmente para desarrollar el compostaje anaerobio de tal forma que se pueda almacenar por separado cada tipo de residuo preservando sus características.

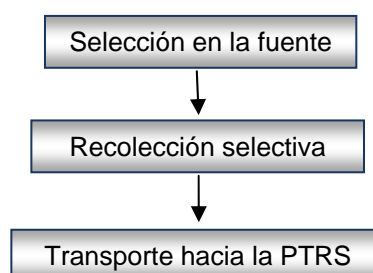
Residuos no aprovechables. Para los residuos no aprovechables, teniendo en cuenta que bajaría su cantidad con el aprovechamiento de una mayor cantidad de residuos, se propone seguir con el proceso de incineración como medio de disposición final, diseñando técnicas como la instalación de filtros que permitan hacer un control de emisiones, previniendo la dispersión de emisiones contaminantes atmosféricos de acuerdo con la normatividad vigente.

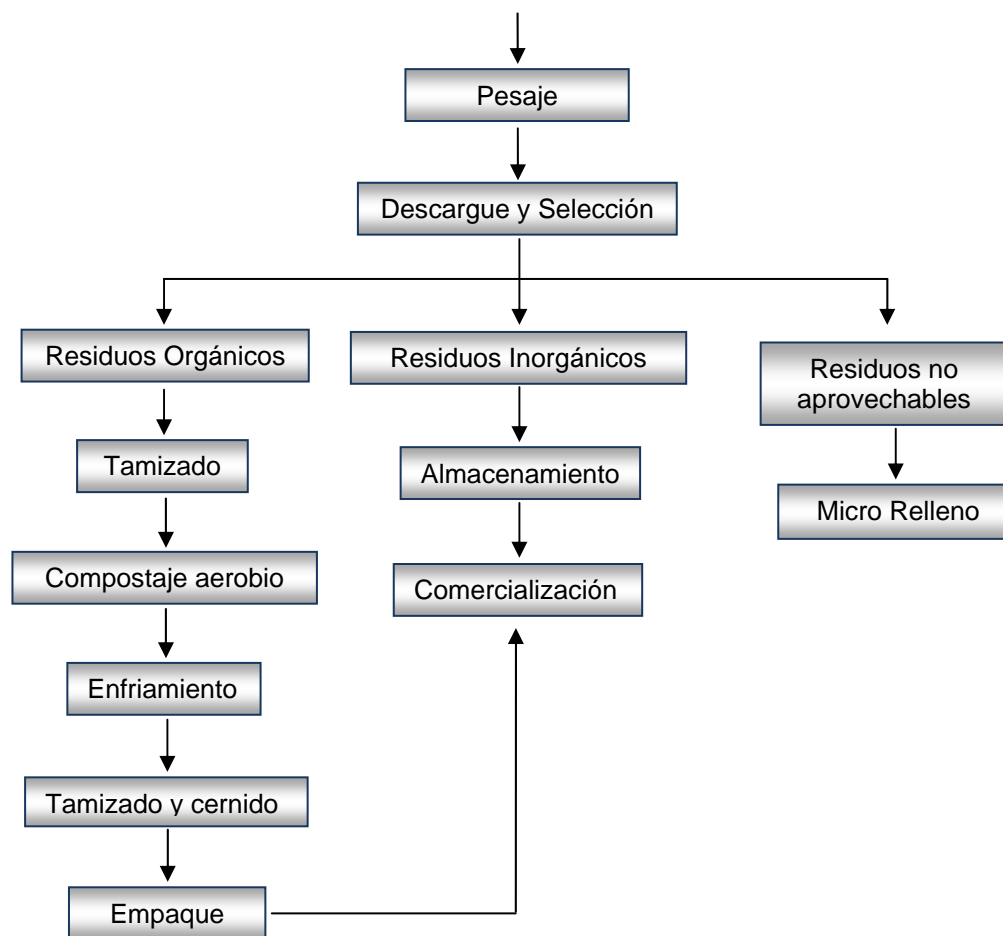
Adecuación de áreas de manejo. Ahora, haciendo referencia a la adecuación de las áreas de manejo se propone implementar para todas las infraestructuras un sistema de recolección y canalización de aguas lluvias, así como un sistemas de canalización para lixiviados en las áreas del patio de selección, compostaje y lombricultura, de tal forma que no generen ningún tipo de contaminación, además de esto, se recomienda instalar una unidad de pesaje (báscula), con el fin de poder llevar un control de la cantidad de residuos que llegan para ser procesados.

10.1.2 Alternativa de Optimización 2.

En esta alternativa como se puede apreciar en la figura N°14 se presentan algunos cambios respecto de la alternativa 1; lo referente a los procesos de selección en la fuente, recolección selectiva y transporte desarrollados antes de la entrada a la planta de tratamiento, al igual que los procesos de pesaje, descarga, selección y aprovechamiento de residuos inorgánicos dentro de la planta se propone manejarlos de la misma manera que dicha alternativa.

Figura 14. Alternativa de tratamiento N°2





Fuente: Estudio

Residuos Orgánicos. Con los residuos orgánicos se plantea omitir el proceso de lombricultura y desarrollar en esta área el proceso de compostaje aerobio bajo de técnicas reconocidas y con la utilización de insumos previamente certificadas, como ya se mencionó en la alternativa N°1, de tal forma que se obtenga un compost de excelente calidad acorde con las exigencias actuales sin generar impactos negativos en la calidad del medio ambiente y en la población aledaña a las instalaciones de la planta.

Una vez terminado el compostaje se tamiza y se cierne el compost para posteriormente empacarlo y comercializarlo.

Residuos no aprovechables. Para los residuos no aprovechables se propone la construcción y puesta en marcha de un Micro Relleno Sanitario, eliminando por completo las actividades de incineración. El Micro Relleno Sanitario se puede construir en la parte alta de la planta cerca del vivero, ya que esta zona presenta una configuración apropiada para realizar las labores de enterramiento de residuos sin causar mayores impactos al ambiente y a la población.

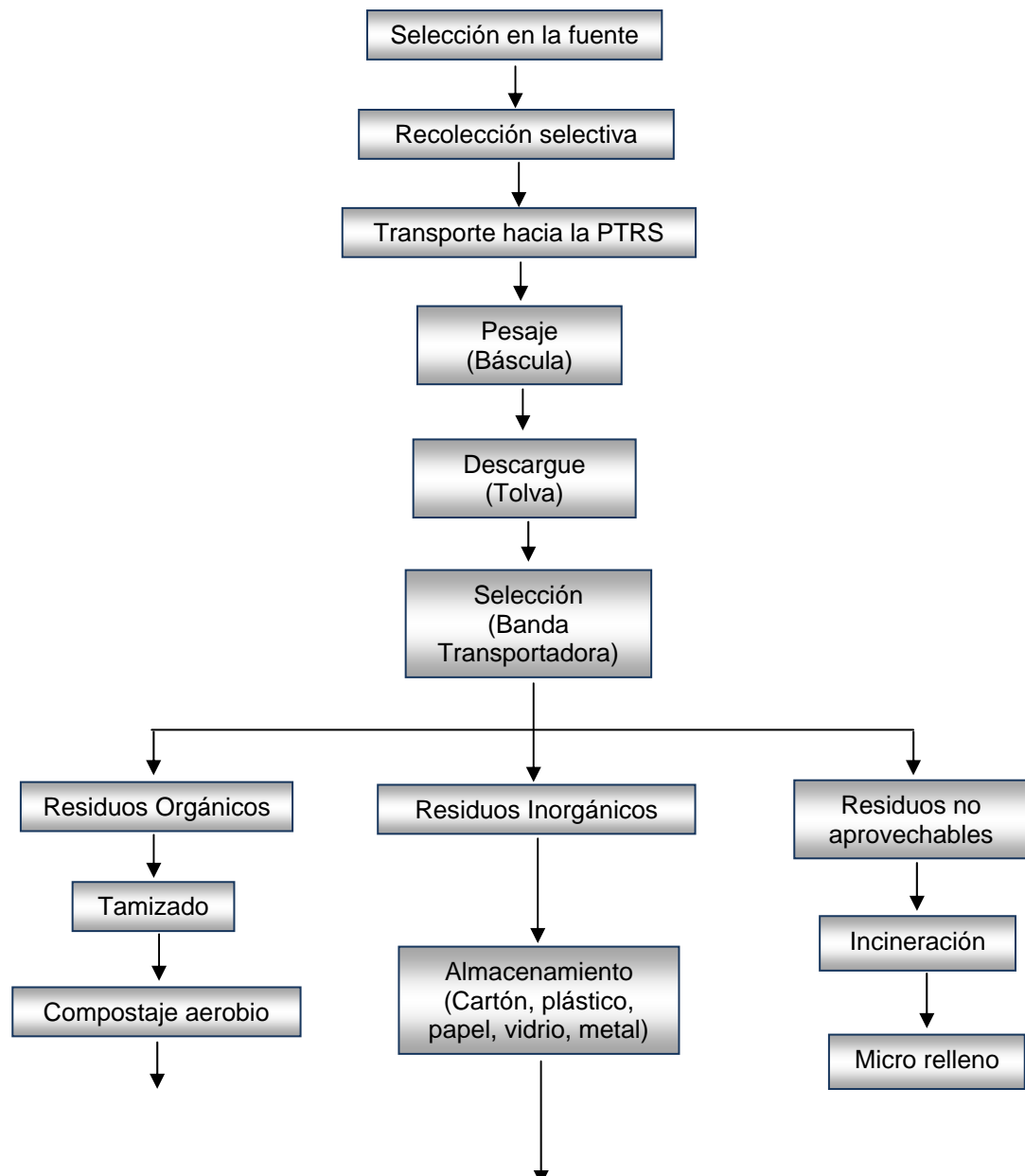
Adecuación de áreas de manejo. En lo referente a la adecuación de las áreas de manejo se propone al igual que en la alternativa N° 1, implementar para

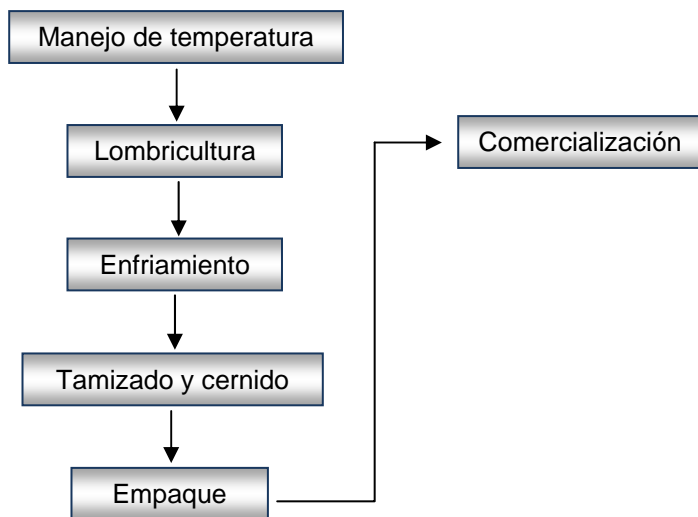
todas las infraestructuras un sistema de recolección y canalización de aguas lluvias, así como un sistemas aparte de canalización para lixiviados en las áreas del patio de selección y compostaje, de tal forma que confluyan todos hacia un mismo punto para que puedan ser tratados y aprovechados en conjunto, también se recomienda instalar una unidad de pesaje (báscula), con el fin de poder llevar un control de la cantidad de residuos que llegan para ser procesados.

10.1.3 Alternativa de Optimización 3.

Para esta alternativa se proponen cambios significativos dentro de la planta de tratamiento, los procesos de selección en la fuente hasta el pesaje dentro de las instalaciones de la planta serán manejados de la misma manera como se plantea en las alternativas 1 y 2.

Figura 15. Alternativa de tratamiento N°3





Fuente: Estudio

Una vez pesados, se propone:

Descargue. Para el descargue de los residuos la adquisición de una tolva receptora con el fin de reducir el área de selección hacia una banda transportadora que facilite el trabajo del personal y brinde mayores resultados al haber una selección más detallada.

Selección. Dentro de la planta de tratamiento se debe hacer una selección minuciosa de los residuos que llegan con fines de aprovechamiento, se propone adquirir y poner en funcionamiento una banda transportadora que permita seleccionar los residuos de tal forma que brinde beneficios a la integridad física de los operarios, reduciendo riesgos ergonómicos y posibles accidentes al manipular directamente los residuos y al proceso de aprovechamiento fortaleciendo la calidad del proceso.

Una vez seleccionados, los residuos serán enviados a sus respectivas áreas de manejo:

Residuos Orgánicos. Se propone seguir con el compostaje aerobio seguido por la lombricultura siguiendo como se planteó en la alternativa 1, esto, utilizando las mismas áreas de manejo con un previo acondicionamiento que permita darle un control apropiado a los lixiviados, así como a aquellas fallencias que se presentan actualmente frente a la canalización de aguas lluvias.

Se plantea un tamizado previo al proceso de compostaje con el fin de incrementar la superficie de contacto entre el material a descomponer y acelerar el proceso.

Residuos Inorgánicos. Para los residuos inorgánicos, una vez seleccionados se propone desarrollar con cada uno de ellos procesos de almacenamiento adecuando el área de compostaje anaerobio con el fin de incrementar su valor

comercial, esto dentro de los cuartos utilizados actualmente para compostaje anaerobio después de ser acondicionados para tal fin.

Residuos no Aprovechables. Los residuos no aprovechables en menor cantidad después de todo el proceso de aprovechamiento serían manejados en dos etapas: primero pasarían por incineración todos aquellos que cumplan con las características para la capacidad del horno y los que no se irían para un micro relleno sanitario el cual debe ser diseñado bajo todos los estándares de calidad exigidos actualmente.

10.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

La selección de la alternativa depende de varios factores, no basta con tener claro cual alternativa genera menos costos y gasta menor tiempo en ejecutarse, es necesario hacer un análisis comparativo para ver cual es aquella que representa mayores beneficios para el medio ambiente, que permita hacer del aprovechamiento de los residuos un proceso autosuficiente y que el desarrollo de sus procesos genere resultados de excelente calidad acordes con las exigencias actuales, de tal forma que se vea beneficiada toda la comunidad. Con base en esto se hace necesario hacer un paralelo que integre los factores técnico, económico y ambiental para cada alternativa como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 22. Cuadro Comparativo de Alternativas

| | ASPECTO TECNICO | ASPECTO AMBIENTAL | ASPECTO ECONOMICO | POSIBLES RESULTADOS |
|---------------|---|---|--|--|
| ALTERNATIVA 1 | Dispositivos - <i>Unidad de pesaje</i> Estructuras Hidráulicas - <i>Canalización de lixiviados</i> - <i>Canalización de aguas lluvias</i> Infraestructura - <i>Canalización de aguas lluvias.</i> | Se corrigen los impactos ambientales generados por la combinación de aguas lluvias con lixiviados. Se previene la contaminación del suelo y fuentes de agua por saturación de lixiviados. Se da un mayor control a las emisiones generadas por el proceso de incineración | La inversión se fundamenta en la adecuación de estructuras hidráulicas y de infraestructura. | Obtener certificado ICA para la venta del abono orgánico. Se puede presentar acumulación de residuos no aprovechables que no cumplan con las características para ser incinerados. Se pierda material aprovechable por fallencias en los procesos de descargue y selección. Puede llegar a requerir acciones externas a la planta para la disposición de residuos no aprovechables. |

| | | | | |
|---------------|--|---|--|--|
| ALTERNATIVA 2 | <p>Dispositivos</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Unidad de pesaje</i> <p>Estructuras Hidráulicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Canalización de lixiviados</i> - <i>Canalización de aguas lluvias</i> <p>Infraestructura</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Canalización de aguas lluvias</i> - <i>Micro Relleno Sanitario</i> | <p>Se corrigen los impactos ambientales generados por la combinación de aguas lluvias con lixiviados.</p> <p>Se previene la contaminación del suelo y fuentes de agua por saturación de lixiviados.</p> <p>Permite corregir parte de los impactos generados por la inadecuada disposición de residuos no aprovechables dentro de la planta.</p> | <p>La inversión se fundamenta en la adecuación de estructuras hidráulicas y de infraestructura.</p> | <p>El abono orgánico no cumple con los requisitos de calidad necesarios para ser comercializado.</p> <p>Se pierda material aprovechable por fallencias en los procesos de descargo y selección.</p> <p>No genere inconformismo en la población aledaña a las instalaciones de la planta por la propagación de olores y vectores</p> <p>Qué hacer con el horno y su infraestructura?</p> |
| | <p>Dispositivos</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Unidad de pesaje</i> - <i>Tolva de recepción</i> - <i>Banda transportadora</i> <p>Estructuras Hidráulicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Canalización de lixiviados</i> - <i>Canalización de aguas lluvias</i> <p>Infraestructura</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Canalización de aguas lluvias</i> - <i>Micro Relleno Sanitario</i> | <p>Se corrigen los impactos ambientales generados por la combinación de aguas lluvias con lixiviados.</p> <p>Se previene la contaminación del suelo y fuentes de agua por saturación de lixiviados</p> <p>Se minimizan los impactos generados por el esparcimiento de residuos en áreas abiertas.</p> <p>Permite corregir parte de los impactos generados por la inadecuada disposición de residuos no aprovechables dentro de la planta.</p> | <p>Requiere una inversión alta que se fundamenta en la adecuación de estructuras hidráulicas y de infraestructura, y en la adquisición de nuevos dispositivos.</p> | <p>Obtener certificado ICA para la venta del abono orgánico.</p> <p>No se presente saturación de residuos de ningún tipo dentro de la planta.</p> <p>No se presenten impactos ambientales a nivel de aire y suelos</p> <p>No genere inconformismo en la población aledaña a las instalaciones de la planta por la propagación de olores y vectores</p> <p>Incentiva la educación ambiental a nivel municipal y regional</p> <p>Se convierta en una planta líder en procesos de aprovechamiento a nivel regional.</p> |

Fuente: Estudio

Desde el punto de vista de la ingeniería ambiental y sanitaria se deben conjugar los aspectos anteriormente descritos para tomar una decisión

razonable. El aspecto técnico ilustra cómo la implementación de dispositivos y unidades de tratamiento pueden llegar a favorecer los procesos de aprovechamiento de los residuos generando consecuentemente mayores o menores beneficios en la calidad ambiental, y el aspecto económico resulta proporcional. Sólo los resultados a corto, mediano y largo plazo demuestran certeramente los beneficios que se pueden llegar a obtener con cada alternativa al igual que los posibles inconvenientes, por tal razón es importante tener en cuenta la situación actual de la planta y las necesidades del municipio.

La alternativa 3, requiere de una mayor inversión, sin embargo es la que ofrece mejores condiciones para crear una planta autosuficiente que cumpla con los requisitos técnicos, ambientales y legales establecidos para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos en Colombia, por tal razón y por ser la alternativa más completa se tomó la decisión de tenerla en cuenta en el proceso de optimización de la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de Fómeque Cundinamarca.

11. DISEÑO DEL SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN TÉCNICO Y OPERATIVO

El proceso de optimización que se describe a continuación integra condiciones de carácter tanto técnico como operativo, que en conjunto proyectan un sistema de calidad para el aprovechamiento de los residuos sólidos producidos en el municipio, acorde con las necesidades sociales, medioambientales y legales actuales, así como con la capacidad económica y operativa del municipio. El sistema de optimización integra aspectos importantes en el desarrollo de cualquier actividad productiva como la generación de empleo

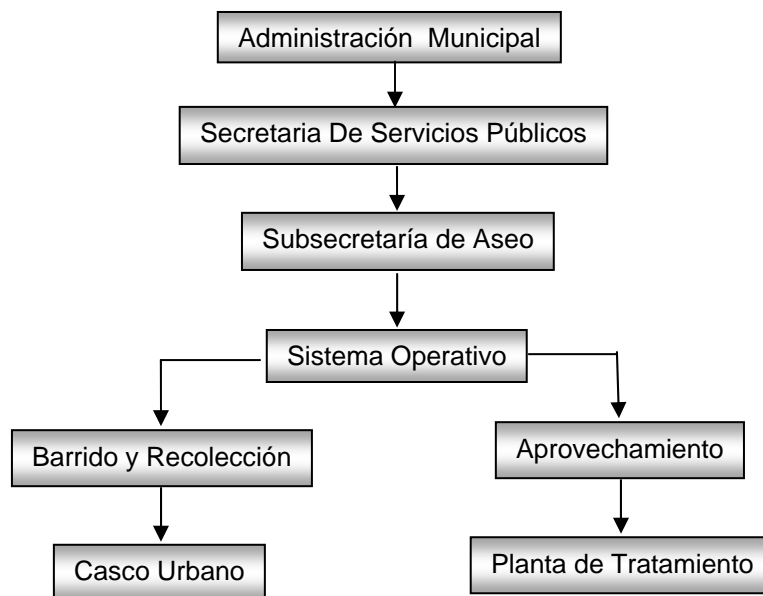
organizado y la obtención de ingresos para cubrir parcialmente los costos del servicio público de aseo

Dentro del proceso de optimización de la planta de tratamiento, el sistema administrativo juega un papel importante en la prestación del servicio público de aseo de los residuos sólidos y la calidad del mismo.

La prestación del servicio público de aseo, de conformidad con la ley es responsabilidad del municipio, por tal razón importante conformar un equipo de trabajo en cabeza de la administración municipal, capaz de establecer estrategias que permitan garantizar la prestación del servicio a toda la comunidad de forma eficiente e interrumpida, y que cuente con autonomía a la hora de tomar decisiones.

Un buen equipo de trabajo estaría conformado de la siguiente manera:

Figura 16. Organigrama Servicio Público de Aseo



Fuente: Estudio

Siguiendo el orden planteado en la figura 15, correspondiente a la alternativa N°3, a continuación se describirá detalladamente cada paso en el proceso de optimización de la planta de tratamiento de residuos sólidos.

11.1 OPTIMIZACION DEL SISTEMA OPERATIVO

11.1.1 Selección en la fuente.

Partiendo de que actualmente la población no se muestra convencida de la importancia que tiene la segregación de los residuos sólidos en sus hogares, se hace necesario empezar o mejor aún retomar actividades que motiven la generación conciencia en cada uno de los pobladores del municipio, esto se

logra con la conformación de grupos de líderes comunitarios quienes a través de la organización de eventos educativos y de un seguimiento casa por casa mínimo cada cuatro meses incentiven nuevamente a la comunidad para que separar los residuos sólidos se convierta nuevamente en un hábito.

Los líderes comunitarios deben ser personas con un alto grado de conocimiento, para este caso se puede contar con estudiantes de la facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad de la Salle, del área de Taller Servicio Municipal, quienes en coordinación con docentes del instituto Departamental Monseñor Agustín Gutiérrez y en cabeza de la administración municipal pueden impulsar la participación del estudiantado municipal como parte de su servicio social. Este proceso brinda excelentes resultados sólo si se desarrolla organizadamente y con disciplina.

En las actividades de capacitación a la comunidad se deben rescatar aspectos importantes como:

- Tipos de Residuos (orgánicos e Inorgánicos)
- Días selectivos de recolección: Lunes y viernes (*Residuos Orgánicos*), Martes (*Residuos Inorgánicos*)
- Almacenamiento y presentación de los residuos

La forma de almacenar y presentar los residuos debe seguir procedimientos que garanticen la conservación de los mismos, por ejemplo:

- Residuos orgánicos: Se deben almacenar en contenedores plásticos con tapas herméticas con el fin de evitar el escape de lixiviados, si se quiere se pueden acondicionar bolsas plásticas. Al momento de presentarlos para la recolección no se le deben hacer nudos de tal forma que solo se compacte la materia orgánica.
- Residuos inorgánicos: El almacenamiento se puede realizar en lonas o bolsas plásticas de alta resistencia teniendo precaución de mantenerlos en lugares secos y lejos del material orgánico para evitar su contaminación.

11.1.2 Recolección y transporte de Residuos.

El proceso de recolección debe ir de acuerdo a las condiciones de cada tipo de residuo, y la velocidad de recolección debe permitir a la cuadrilla vaciar completamente los contenedores y dejarlos en el andén sin maltratarlos y separar las bolsas plásticas cuando la presentación de los residuos lo amerite. Para la recolección de los residuos inorgánicos se debe implementar el servicio de un vehículo no compactador con el fin de conservar sus características físicas durante el trayecto hacia la planta de tratamiento.

Tabla 23. Recolección y Transporte de Residuos

| ACTIVIDAD | TIPO | CARGUE | DESCARGUE | VELOCIDAD |
|-----------|------|--------|-----------|-----------|
|-----------|------|--------|-----------|-----------|

| Residuos Orgánicos | | | | |
|----------------------|----------------|---------|--------------------|--------|
| Recolección | Compactador | Trasero | Placa de expulsión | 4 Km/h |
| Tránsito | Compactador | Trasero | Placa de expulsión | 20Km/h |
| Residuos Inorgánicos | | | | |
| Recolección | No compactador | Trasero | Manual | 4 Km/h |
| Tránsito | No compactador | Trasero | Manual | 20Km/h |

Fuente: Estudio

Cuadrilla de Recolección. Teniendo en cuenta que la recolección se hace por los dos costados de la vía se necesitan cuatro operarios, así con dos personas recogiendo residuos en cada costado, se garantiza la calidad del servicio. La entidad prestadora del servicio público de aseo debe capacitar los operarios en aspectos como: la forma de manipulación de los residuos, la manera más apropiada como deben recibir de los usuarios los recipientes de recolección y las técnicas para prestar un servicio eficiente.

Ruta de Recolección. La ruta de recolección se diseñó teniendo en cuenta parámetros importantes como la prestación del servicio a todos los usuarios y el sentido de las vías del centro urbano, además que la actividad en tránsito (km) no supere la actividad de recolección en un tiempo de operación menor a ocho horas. (Véase Anexo I)

La ruta diseñada presta el servicio de recolección a la totalidad de los usuarios del municipio en un tiempo de dos horas, si se tiene en cuenta la relación de kilometraje en recolección y kilometraje en tránsito es importante aclarar que la actividad en tránsito en el casco urbano no sobrepasa los 2.5Km ya que 1.5Km corresponden a la distancia hacia la planta de tratamiento.

11.1.3 Compostaje.

El proceso de compostaje es el primer paso hacia el aprovechamiento de los residuos orgánicos en el proceso de optimización de la planta. La Fundación de asesorías para el sector rural FUNDASES, ha venido incentivando el uso de microorganismos especializados y ha establecido una técnica especial para aprovechar al máximo sus propiedades en el proceso de compostaje.

FUNDASES, según la resolución N°2005002060¹⁶, cuenta con registro sanitario para la fabricación y venta de microorganismos eficientes por un tiempo de diez años, este registro sanitario garantiza la calidad del producto y de la fundación, por tal razón, para fines de diseño en el proceso de optimización de la planta de tratamiento de residuos sólidos se tendrá en cuenta la técnica para la elaboración de compost sugerida por esta institución.

11.1.3.1 Microorganismos eficaces EM.

¹⁶ MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL. Instituto Nacional de Medicamentos y Alimentos. Resolución 2005002060. República de Colombia. Bogotá. Febrero 07 de 2005

El EM, es un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros. “La tecnología EM fue desarrollada en la década de los ochenta por el Doctor Teruo Higa, Profesor de Horticultura de la Universidad de Ryukyus en Okinagua, Japón, estudiando las funciones individuales de diferentes microorganismos, encontró que el éxito de su efecto potencializador estaba en su mezcla”¹⁷.

Los microorganismos presentes en el EM, son:

- **Bacterias Fototróficas.** Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- **Bacterias Ácido Lácticas.** Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso.
- **Levaduras.** Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para Microorganismos Eficaces como bacterias ácido lácticas y actinomicetos.

Los diferentes tipos de microorganismos en el EM, toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Cuando los Microorganismos Eficaces incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos.

11.1.3.2 Etapas del compostaje con EM.

De acuerdo a la relación de las variaciones de temperatura con el tipo de microorganismos, Rueda Peña dice que la elaboración de compost con EM, tiene cuatro etapas:

¹⁷ RUEDA PEÑA Paula Andrea. Compostaje con EM. Fundases.Colombia.2007

- **Fase Mesófila.** La temperatura de la pila de compostaje sube rápidamente hasta los 40° C, los microorganismos mesófilos se alimentan de proteínas y azúcares que son consumidos rápidamente, predominan las bacterias, el pH baja un poco debido a la producción de ácidos orgánicos, alrededor de 5.0 a 5.5.
- **Fase Termófila.** Esta etapa se caracteriza por la presencia de altas temperaturas, por encima de los 40° C, los microorganismos termotolerantes continúan la transformación del material orgánico. Predominan los hongos termófilos y Actinomycetos. Por encima de los 65° C, las bacterias que forman esporas preponderan y los hongos mueren. En esta fase, la celulosa y la hemicelulosa son transformadas, el pH de la pila sube a causa del consumo de los ácidos orgánicos por parte de los microorganismos, estando entre 8 y 9, mientras se da la producción de iones, como los de potasio, magnesio y calcio.
- **Fase de Mesófila.** En esta etapa se da un descenso paulatino de la temperatura a 40° C y los microorganismos mesófilos se reactivan, las bacterias y los hongos transforman otra parte de la celulosa, como la lignina y la lignoproteína y la presencia de microorganismos e invertebrados.
- **Fase de Maduración.** En esta etapa la temperatura de la pila disminuye continuamente hasta asemejarse a la del ambiente, se produce la madurez o el enfriamiento del compost, hay una disminución de las poblaciones de microorganismos, el pH del compost terminado puede oscilar entre 7 y 8¹⁸.

11.1.3.3 Factores importantes en el compostaje.

Establecer la producción de compost, requiere de varios factores que determinan el éxito y la calidad del proceso.

- **El sustrato.** El material utilizado en el proceso de compostaje debe tener un alto contenido de materia orgánica, mezclando en lo posible material de origen vegetal y animal. La cantidad de material vegetal depende de la relación carbono/nitrógeno, entonces, se debe tener en cuenta que el material vegetal viejo está constituido por celulosa y lignino, compuestos que tienen muy poca cantidad de nitrógeno y agua, haciendo muy lenta la maduración, el material vegetal fresco tiene mas aguay nitrógeno, por tanto los compuestos orgánicos se transforma rápidamente.
El carbono es utilizado por los microorganismos como fuente de energía, mientras que el nitrógeno es utilizado en la síntesis de sustancias y para funciones vitales de los microorganismos.
- **Tamaño del sustrato.** El tamaño de las partículas, juega un papel importante a la hora de acelerar la velocidad de transformación de los

¹⁸ Ibid.

residuos, el tamaño ideal de las partículas debe estar entre 3 – 6cm, de tal forma que la relación entre el área superficial favorezca la transformación de la materia orgánica y garantice una adecuada aireación.

11.1.3.4 Elaboración de Compost.

Se elaboran pilas, colocando capas de 10cm de espesor, haciendo una inoculación de EM (diluido al 10%) a cada una de las capas, garantizando una aspersión homogénea.

Se realiza un volteo semanal a cada pila por un periodo de 5 – 8 semanas.

En cada volteo se realiza una aplicación de EM líquido (diluido al 5%) para homogenizar.

Imagen 27. Elaboración de Compost.



Fuente: Fundases. Compostaje con EM

11.1.3.5 Dimensiones de la pila.

Las dimensiones de la pila influyen en la transformación del material orgánico, básicamente en la aireación del material, “en el caso de manejo manual de las pilas, su ancho debe estar entre 0.80 a 1,00 metros, el alto debe ser de 1.00 a 1,20 m y el largo dependerá de la disponibilidad del terreno”¹⁹, entonces dentro de la planta de tratamiento se recomienda: ancho 0.8 – 1.0 mt, alto 1.0 – 1.2 mt, el largo depende de la disponibilidad del terreno ya que no tiene influencia en el proceso, para este caso se recomienda un largo de 6 mt.

11.1.3.6 Control de parámetros.

Es necesario llevar un control diario de las condiciones de temperatura, oxigenación, relación carbono/nitrógeno, humedad y pH, por tanto es indispensable dotar a la planta de tratamiento de residuos sólidos con los dispositivos necesarios.

11.1.3.7 Dosificación del EM.

La dosificación es de 5L de EM por tonelada de material fresco durante todo el

¹⁹ Ibid

proceso; los 5L se distribuyen de la siguiente manera:

- Armandos la pila: 2L de EM diluidos en 187L de agua
- Volteos: 1L de EM diluido en 19L de agua por volteo durante 3 volteos.

11.1.4 Lombricompostaje.

La lombricultura aparece como el segundo paso en el proceso de aprovechamiento de los residuos orgánicos, se tuvo en cuenta en la optimización de la planta de tratamiento por dos razones: la primera, porque se cuenta con una infraestructura muy completa para desarrollar esta labor y la segunda porque la humificación del abono orgánico aumenta su calidad productiva y la posibilidad de obtener la certificación para su comercialización.

El diseño del proceso se basa en el manual de lombricompostaje emitido por la Corporación Colombiana de Investigación Agrícola CORPOICA en el año 2006 en Palmira, Valle del Cauca, el proceso descrito en este manual se adapta a las condiciones existentes en la planta de tratamiento y asegura buenos resultados, además se trata de una corporación seria y reconocida en el área. De esta manera, a continuación se describirá el procedimiento para desarrollar el proceso.

11.1.4.1 Preparación del sustrato.

La preparación del sustrato inicia con una pre descomposición al aire libre los materiales orgánicos, en este caso el compost y una pequeña mezcla de estiércol, este proceso se lleva a cabo con el fin de promediar los requerimientos necesarios para la supervivencia de la lombriz, pues hay que tener en cuenta que el compost alcanza una temperatura de hasta 60°C y la lombriz soporta máximos de 25°C, por otro lado se debe humedecer el sustrato ya que el compostaje maneja una humedad ideal entre 15 y 35% y la lombricultura requiere una humedad entre 60 y 70%.

11.1.4.2 Módulos para el proceso de lombricompostaje.

Aprovechando la infraestructura existente, se recomienda reacomodar los módulos de la siguiente manera:

Imagen 28. Módulos para Lombricompostaje.



Se conformarán módulos mas cortos en cada una de las siete camas existentes, los módulos se diseñarán con las siguientes dimensiones: 24 mt de largo x 1,30 mt de ancho y 0.63 mt de alto, como resultado se tendrá por cada cama 5 módulos con un espacio de 1 mt entre cada uno.

11.1.4.3 Elaboración de humus.

Según Luz Alba luna, la lombriz adecuada es la roja californiana ya que presenta una buena adaptación y es resistente a los cambios climáticos. Por cada metro cuadrado de piso de modulo, se utilizan 20 kilogramos de semilla de lombriz de buena calidad (175 gr de lombriz por kilogramo de lombriz-sustrato) con su correspondiente sustrato. Transcurrido 2 a 3 días de la siembra de la lombriz se inicia la alimentación con el sustrato pre descompuesto de acuerdo con la cantidad de lombriz sembrada, empleando por metro cuadrado, 20 kilogramos de sustrato con humedad del 60 - 70%.

El proceso se continua realizando cada 3 a 7 días dependiendo de la población de lombrices y lo descompuesto y fino que este el sustrato, del consumo y conversión en abono, hasta llenar la capacidad del módulo, este proceso tiene una duración entre 80 y 90 días, logrando hasta cuatro cosechas en el año.

Los módulos deben estar cubiertos con polisombra para regular la humedad, proporcionando condiciones de penumbra que favorece a la lombriz, ya que son sensibles a los rayos ultravioleta y además la protegen del acceso de ratones, serpientes, pájaros y aves de corral²⁰.

11.1.4.4 Cosecha de lombriz.

Para la cosecha de la lombriz, antes de llenar completamente el módulo, es decir cuando falte 5 a 10 cm y cuando se observe desmenuzada la capa superior del sustrato, se suspende por 4 o 6 días el suministro de alimento y se coloca sobre la superficie una trampa construida por una malla plástica con orificios de tamaño suficiente para permitir el paso de la lombriz y sobre ella se coloca nuevamente alimento. Como se observa en la figura.

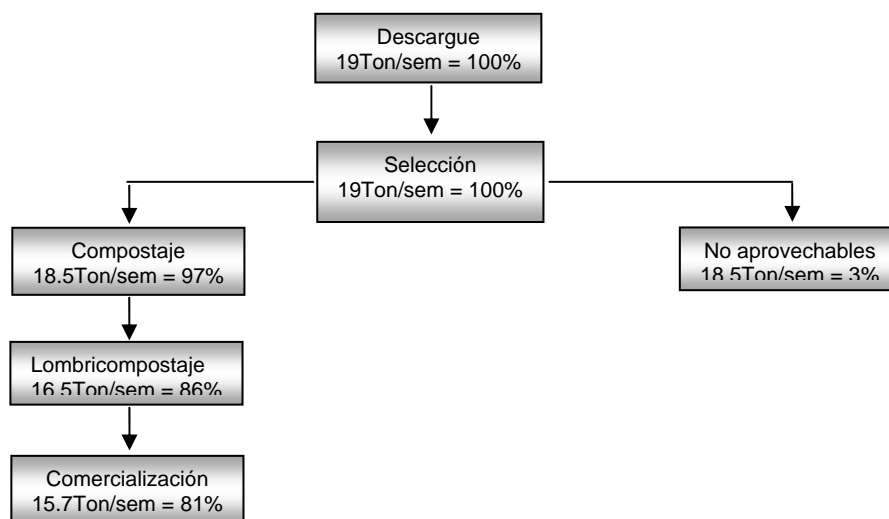
Después de 5 o 7 días se retira la malla con el sustrato y la lombriz y se procede a sacar el lombricompostaje hasta dejar vacío el módulo, quedando listo para reiniciar el proceso utilizando como semilla el material extraído con la malla. El lombricompostaje se deja secar a la sombra hasta que este tenga una humedad del 40% y luego se pasa por una zaranda de modo que quede un producto de textura granulada, quedando de esta forma listo para su utilización como abono orgánico.

11.1.5 Control de Pérdidas en el Aprovechamiento de los Residuos Orgánicos.

²⁰: LUNA, Luz Alba. Lombricompostaje en módulos integrados bajo techo. Corpoica. Colombia. 2006

La materia orgánica por su carácter biodegradable presenta pérdidas debido al proceso de descomposición en el desarrollo de los diferentes mecanismos de aprovechamiento, entre los mas representativos están la producción de lixiviados y las pérdidas por evaporación. La transformación de los residuos en abono orgánico mediante procesos de compostaje y lombricompostaje no está exenta de presentar pérdidas. Teniendo en cuenta que “en los residuos orgánicos el contenido de humedad es del orden del 35%, se puede decir que por cada tonelada de residuo se producen 70 litros de lixiviados”, lo que corresponde al 7% en peso tomando como base la densidad del agua. En cuanto a la perdida de por procesos de evaporación, se tiene que “el 50% del material biodegradable se convierte en gas después del segundo año en proceso de descomposición”²¹, según esto, en un proceso de compostaje controlado se estaría perdiendo cerca de un 4% por evaporación, asumiendo que tal proceso tiene una duración promedio de ocho semanas.

Figura 17. Aprovechamiento de Residuos Orgánicos



Fuente: Estudio

En el proceso de lombricompostaje no se toma una pérdida total del 11% como en el compostaje, ya que se ha llevado a cabo un proceso de biodegradación previo, por tal razón la producción de lixiviados disminuye considerablemente, además, como la temperatura requerida para mantener condiciones de vida aptas para la lombriz es menor a la requerida para elaborar compost, el proceso de evaporación también disminuye; considerando estos dos aspectos se toma una pérdida total del 5%. Para los residuos no aprovechables se da un porcentaje del 3% correspondiente a residuos sanitarios y eventuales mezclas generadas en la fuente.

²¹ ROBAYO, María del Carmen. Producción y control de lixiviados. Botadero Mondoñedo. Bogotá Colombia. Abril de 2004

Entonces, si se tienen 19 Ton/sem de residuos orgánicos, se estarán produciendo 1330 litros de lixiviados a la semana.

11.1.6 Manejo de Residuos no Aprovechables.

Según los resultados de la caracterización física de los residuos y los datos de producción del municipio se tiene que de los residuos orgánicos un 3% equivale a residuos no aprovechables y del material inorgánico un 7% correspondiente a residuos no aptos para actividades de comercialización directa, lo que representa un total de 2870Kg de residuos semanales.

Como parte de los residuos no aprovechables, es importante contar con aquellos que tiempo atrás fueron enterrados dentro de las instalaciones de la planta, sin la aplicación de ningún tipo de técnica. Estos residuos fueron depositados en un área de 630m² a una profundidad de 7m, por consiguiente se debe tener en cuenta para efectos de diseño un volumen de residuos no aprovechables de 4410m³ adicional a la producción actual.

Para la eliminación de los residuos no aprovechables se propone hacerlo en dos etapas:

11.1.6.1 Incineración.

Mediante la eliminación de residuos sólidos por el método de incineración, se logra una reducción del volumen de los mismos, sin embargo se genera un material inerte como escorias y cenizas (cerca del 10 % del volumen inicial), y se emiten gases durante la combustión.

Partiendo de que la planta cuenta con el horno y la infraestructura, dentro del proceso de optimización, se propone continuar con la técnica de incineración como primer método para la eliminación de los residuos no aprovechables, esto respetando los requerimientos establecidos para el funcionamiento del horno. Dichos requerimientos hacen referencia al tipo de residuos aptos para la capacidad del horno, por tanto es elemental realizar una selección de todo el material dispuesto para incinerar teniendo en cuenta la descripción de los residuos tipo dos según la clasificación de FPDA. Los residuos que no estén incluidos serán objeto de eliminación en el micro relleno.

Partiendo de que no se tiene un dato exacto de la cantidad de residuos aptos para labores de incineración y que se trata de una cantidad muy variable semana tras semana, se optó por tomar para efectos de diseño un 40% del total de los residuos no aprovechables, esto, considerando que la operación del horno incinerador genera gastos adicionales para la compra de combustible y los respectivos análisis de control.

11.1.6.2 Traslado a relleno sanitario

Partiendo de que con el proceso de incineración no se logra eliminar el 100%

de los residuos no aprovechables, se requiere de la intervención de un segundo método de eliminación, para este caso el traslado de los residuos a un relleno sanitario aparece como la mejor opción, sin embargo, la demanda de residuos es muy baja y se requeriría la construcción de un puesto de almacenamiento temporal para estos residuos, hasta que se justifique su traslado, teniendo en cuenta estas consideraciones, para fines del proceso de optimización de la planta de tratamiento, se propone la construcción de un micro relleno Sanitario (Véase Anexo J), para lo cual se realizó el levantamiento topográfico (Véase Anexo K)del área que por ubicación reprenda las mejores condiciones para realizar la obra.

11.2 OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA TECNICO

11.2.1 implementación de Maquinaria.

Para el desarrollo de las diferentes actividades de aprovechamiento de los residuos sólidos, es importante contar con equipos que agilicen los procesos de aprovechamiento de los residuos, de tal manera que brinden resultados favorables en un menor tiempo y ofrezcan condiciones laborales óptimas para los operarios. Con base en las necesidades de la planta y la composición física de los residuos producidos en el municipio, se seleccionaron equipos que complementen procesos como el pesaje, recepción y selección de los residuos dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento, y que además fortalezcan la calidad y eficiencia del aprovechamiento de los residuos orgánicos. A continuación se presenta una descripción de cada uno.

11.2.1.1 Pesaje de los residuos.

Tener un control de la cantidad de residuos que llegan a la planta de tratamiento para ser aprovechados, es un factor importante dentro del sistema de manejo integral de los residuos sólidos, esto conlleva a la necesidad de instalar una unidad de pesaje (báscula), dicha unidad debe cumplir requisitos importantes como la capacidad de carga y la facilidad de instalación dentro de la planta de tratamiento, y además debe estar fabricada bajo estándares de calidad que garanticen su funcionamiento bajo condiciones climáticas variables. La industria METTLER TOLEDO, ofrece una amplia gama de equipos para transporte y logística. Teniendo como base la actividad empresarial, están presentes en las diferentes regiones del país y su competencia local se basa en la garantía de elementos fundamentales para el negocio.

Según las especificaciones anteriores, METTLER TOLEDO, ofrece una báscula de plataforma en concreto, “el Modelo 7560 es una báscula de plataforma en concreto (trabajo comercial) para el pesaje de los vehículos de carretera. La superficie de operación es en concreto de 20.3 cm con un marco modular de acero. Este diseño compuesto de acero y concreto ofrece una báscula muy duradera con concreto en compresión y acero en tensión. Los módulos

ensamblados en la fábrica eliminan la soldadura en el campo simplificando la instalación. Las opciones de cimientos son: losa de viga flotante, pie variable, fosa. Las celdas de carga DigiTOL transmiten una señal poderosa para el pesaje preciso y confiable”²². (Ver Cotización Anexo L)

A continuación se describen las características y ventajas de la báscula seleccionada, además de las especificaciones técnicas. Entre sus características y ventajas están:

- Bajo perfil: 29.2 cm
- 60.000 lb CLC / eje de doble tándem
- La construcción óptima usa concreto de 4.000psi estándar
- No se requieren hormas o varillas de construcción
- Acero fundido a SSPC-SP6
- Celdas de carga DigiTOL con capacidades de auto-diagnósticos
- Cajas de unión NEMA 4X en acero inoxidable
- Cables con blindaje en acero inoxidable
- Acceso superior a las celdas de carga, las cajas de unión y a la compensación de cargas laterales.
- Garantía de cinco años / protección contra rayos StrikeShield
- Acero pintado en epoxi para resistir la corrosión.

La báscula será ubicada un metro antes de la rampa de descargue, de esta forma se garantiza la obtención del peso de entrada y de salida, sin ningún tipo de contratiempo por motivos de transporte dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento. Además esta zona cuenta con una superficie plana suficiente para su implantación.

Tabla 24. Especificaciones Técnicas Báscula 7560 TRUCKMATE

| | |
|---|---|
| Capacidad máxima | 80000 kg |
| Precisión de indicación de la pesada | 10 kg |
| Longitud | 4.6m a 39.6m (módulos de 4.6m y 5.3m) |
| Anchura | 3m y 3.4m (ancho opcional de 3.7m para aplicaciones DTA de 45.000-lb) |
| Configuración | Montado sobre el piso o en una fosa |
| Diseño de plataforma | Compuesto de concreto y acero |

Fuente: METTLER TOLEDO. Pesaje en la industria. Básculas para camiones. Modelo7560

11.2.1.2 Descargue de los residuos.

Una vez pesados los residuos serán descargados en un dispositivo que permita reducir el área de manejo de lo mismos, se propone la implementación de una

²² METTLER TOLEDO. Pesaje en la industria (en línea). Básculas para camiones. Modelo7560. Disponible en internet: < http://co.mt.com/mt/products/productos-aplicaciones_pesaje-industrial_basculas-camiones_basculas-puente-over-road/7560_TRUCKMATE_Truck_Scales_0x000245f900026f8a0002ee15.jsp>

tolva de recepción entendida como una caja en forma de tronco de pirámide o de cono invertido, abierta por abajo, dentro de la cual se descargan los residuos con el fin de darles paso hacia la banda transportadora manejando una velocidad moderada proporcional a la de la banda, de tal forma que no se presenten saturaciones. La tolva debe estar en capacidad de soportar un mínimo de ocho toneladas. Para su construcción se cuenta con la colaboración del señor Miguel Angel Sosa, gerente de la empresa Sheimer Ltda. y cuenta con el conocimiento y la experiencia suficiente para fabricarla según las necesidades de la planta. Según la cotización enviada para el proceso de optimización (Ver Cotización Anexo M), las especificaciones técnicas para la tolva de recepción constan de:

- Lamina HR calibre ¼ pulgadas, ángulo 3/16 pulgadas por 2 pulgadas, canal U de 4 pulgadas.
- Medidas: 2.00 metros de ancho por 2.00 metros de fondo por 1.00 metro de boca descarga, con altura de 2.50 metros.
- Compuerta dosificadora.
- Pintura anticorrosiva y final.

11.2.1.3 Selección de los residuos.

Disponer de sistemas de selección gradual, manejando velocidades que permitan ajustar criterios de aprovechamiento es una tarea más en el proceso de optimización. Una banda transportadora recibe los residuos sólidos de la tolva y permite al personal operativo seleccionarlos según su tipo, bajo condiciones ergonómicas seguras, aprovechando el máximo de residuos y evitando derrames en el área.

La empresa Sheimer Ltda. Cuenta con una amplia experiencia en la fabricación de este tipo de dispositivos, motivo por el cual para el proceso de optimización se recurrió al señor Miguel Sosa con el fin de efectuar la respectiva cotización. Según la disponibilidad de la planta en cuanto espacio y la demanda de residuos sólidos a clasificar, se propone implementar una banda transportadora bajo las siguientes especificaciones técnicas:

- Chasis en lamina HR calibre 1/8 pulgadas x 3cm x 13 cm x 90 cm, por 10.00 metros de longitud.
- Soportes en canal de lámina con altura graduable entre 0.80 a 1.00 metro. moto reductor ranfe, con motor siemens de 3 HP a 220/440 voltios.
- Banda icobandas con dos (2) lonas en nylon, caucho-antifricción de 80 centímetros de ancho.
- Unidad motriz con rodillo de 6 pulgadas diámetro y base para moto reductor.
- Unidad tensora con rodillo de 4 ½ pulgadas y sistema tensor.
- Unidad de transmisión por piñones y cadena asa No. 80
- Rodillos de retorno, distanciadores, tornilleria y demás accesorios.

- Sistema eléctrico en tablero a 220/440 voltios.
- Pintura electroestática del color elegido por el cliente.

Este sistema de selección permite tener un control de los lixiviados generados en el proceso, ya que la banda dispone de canales laterales para su recolección, en cuanto a la calidad de la banda el modelo seleccionado está diseñado para soportar materiales oleosos, con altas temperatura, ácidos, etc.

Los residuos seleccionados para almacenamiento y comercialización deben estar limpios y homogéneos, por ejemplo:

- Aluminio. Se recomienda que las latas sean aplastadas y empacadas. Deben estar libres de humedad y contaminación.
- Papel y cartón. No deben tener contaminantes como papel quemado por el sol, metal, vidrio y residuos de comida y deben estar libres de humedad.
- Plásticos. Deben ser clasificados de acuerdo a las categorías de uso internacional y deben estar libres de humedad.
- Vidrio. Debe clasificarse por colores, no debe contener contaminantes como piedras, cerámicas o según especificaciones del mercado. No se debe reciclar vidrio de automóvil laminado. Si el uso es para fibra de vidrio, no deberá contener materiales orgánicos, metales o refractarios.
- Metales férreos. Se recomienda separar las etiquetas de papel y aplastarlas. Las tapas de botellas y botes pueden reciclarse junto con latas de acero. Pueden aceptarse las latas de aerosoles vacías.

En cuanto a los residuos orgánicos para llevar a cabo labores de compostaje, se deben tener en cuenta criterios de selección de tal manera que sólo se dejen aquellos residuos que por sus características puedan descomponerse biológicamente o materiales biodegradables. Algunos criterios son:

- Removerse residuos sólidos con características tóxicas o que generen mala apariencia visual, como elementos que aporten metales pesados. Pilas gastadas y materiales férreos.
- Remover Residuos que aporten tóxicos orgánicos como aceites usados, insecticidas gastados, solventes orgánicos, etc.
- Remover residuos sólidos que generen mala apariencia visual como plástico, vidrio, envases de aluminio.

11.2.1.4 Reducción de tamaño.

Los residuos orgánicos, como ya se mencionó anteriormente requieren un proceso de reducción de tamaño previo a las labores de aprovechamiento con el fin de incrementar el área de contacto de las partículas a descomponer y acelerar los procesos de compostaje y lombricompostaje. Para tal fin se hace necesaria la implementación de una bio-trituradora.

La empresa ROTATERRA LTDA. especialista en la fabricación de maquinaria agroindustrial, ofrece dispositivos para tal fin según las necesidades de la

planta de tratamiento y la cantidad de residuos a manejar. (Ver Cotización Anexo N).

Tomando como base un promedio de ocho toneladas de residuos orgánicos por día de recolección la bio-trituradora DRUM-3, aparece como la más opción según lo indica sus especificaciones técnicas.

Tabla 25. Especificaciones Técnicas Bio-Trituradora DRUM-3

| | |
|------------------------------|---|
| Producción aproximada | De 800 a 2000 Kg / hora de acuerdo al tipo de motor, material y su humedad |
| Número de cuchillas | 3 móviles y 1 contra-cuchilla fija. |
| Rotación del volante | 2.000 a 2.500 RPM. |
| Diámetro del volante | 500 mm |
| Motores requeridos | 5 a 7.5 HP con electricidad, de 7 a 10 HP para gasolina o diesel. |

Fuente: ROTATERRA LTDA. Cotización Bio-Trituradora. Bogotá DC. 2007

Tal como aparece descrito en la tabla anterior, este dispositivo ofrece la posibilidad de manejarse con electricidad o con combustibles diesel o gasolina; teniendo en cuenta la capacidad del motor de 7.5 HP para el motor con electricidad, se optó por escoger este modelo ya que genera una menor contaminación ambiental por ruido y por las posibles emisiones generadas por la combustión de los combustibles, además la planta cuenta con la línea trifásica para su conexión y operación.

11.2.2 Adecuación de Áreas de Tratamiento.

A continuación se presenta un esquema de adecuación de las áreas de tratamiento de tal forma que permitan realizar las labores de aprovechamiento sin causar daños en el ambiente, y que además garantice seguridad para la instalación de los equipos seleccionados anteriormente.

11.2.2.1 Área de compostaje.

Para desarrollar las actividades de compostaje de los residuos sólidos orgánicos, se propone adecuar el área utilizada actualmente para tal fin. Con base en un estudio realizado por el ingeniero Luis Alfonso Rincón, se puede concluir que esta área presenta condiciones aptas para ser pavimentada y que además soporta las actividades desarrolladas en materia de compostaje.

El proceso de compostaje, lleva consigo requerimientos de índole estructural que comprometen la adecuación de canales para la recolección de lixiviados, canalización y separación de aguas e impermeabilización o adecuación de suelos. Contando con una estructura firme y techada, se plantea:

Pavimentar el área. Para llevar a cabo la pavimentación del área de compostaje, se recomienda tener en cuenta el estudio realizado por el

Ingeniero Luis Alfonso Rincón, ya que este contiene además del estudio de suelos, la descripción de los materiales y procedimientos a realizar con base en las características del terreno. En este caso es importante realizar la canalización de aguas de ladera de tal forma que no intervengan en el proceso de compostaje.

Manejar pendientes para lixiviados. Se recomienda dividir el ancho del área por mitad y en cada costado manejar una pendiente del 5% para facilitar la recolección de lixiviados, de esta forma se garantiza que por gravedad discurren hacia el centro de la zona donde se encontrará un canal de recolección que a su vez los conducirá hacia el tanque de almacenamiento.

Construcción del canal de recolección de lixiviados. Manejando pendientes del 5% a los costados del área de compostaje, los lixiviados generados en la descomposición de los residuos sólidos discurren hacia el centro del área, conducirlos hacia un tanque de almacenamiento requiere la construcción de un canal a lo largo del área, el cual debe manejar una pendiente mínima del 3%, de tal forma que los lixiviados lleguen por gravedad al tanque de recolección.

Construir el tanque de recolección de lixiviados. El tanque debe estar ubicado en uno de los extremos del área de compostaje preferiblemente en el costado que limita con el área de reducción de tamaño de los residuos, para que sea de utilidad para los dos procesos. Teniendo en cuenta que se genera un promedio de 1330 litros por semana, el tanque debe tener capacidad de almacenamiento mínimo para tres semanas.

Implementar sistemas de recolección y canalización de aguas lluvias. La infraestructura existente carece de sistemas para la recolección de aguas lluvias, por tal motivo se recomienda instalar canales que permitan recoger el agua de la enramada y conducirla a través de tubería hacia cunetas ubicadas a cada lado del área, de tal forma que no interfieran con el proceso de aprovechamiento.

Para llevar a cabo las labores de reducción de tamaño de los residuos sólidos a compostar, se plantea la expansión del área de compostaje utilizando las columnas restantes (cuatro), esta área corresponde a 150m^2 , los cuales serán objeto de pavimentación y de las demás obras descritas anteriormente para la estructura existente.

12.2.2.2 Camas para lombricompostaje.

Las camas de lombricultura como se mencionó en la descripción de la infraestructura de la planta presentan una configuración demasiado larga para los requerimientos de la actividad, en el proceso de optimización se propone:

- Dividir el largo de cada cama, de tal forma que se obtengan dos camas por hilera.
- Para cada cama manejar una pendiente a los extremos del 5% para conducir los lixiviados hacia el centro por gravedad.

- Construir un canal en el centro de las camas con una pendiente mínimo del 3% para conducir los lixiviados hacia el tanque de recolección.
- Construir el tanque de recolección.
- Implementar sistemas de recolección y canalización de aguas lluvias.

Para la adecuación de las áreas de tratamiento se elaboraron planos donde se puede evidenciar en detallado los cambios correspondientes a cada una. (Véase Anexo O).

11.2.3 Adecuación de Infraestructura.

Como se mencionó en la identificación de zonas de manejo críticas, parte de la infraestructura con que cuenta la planta de tratamiento requiere ser modificada para poder ejecutar en ella actividades de aprovechamiento con los residuos sólidos, de tal forma que no se genere ningún tipo de impacto y se contribuya en la calidad de los procesos desarrollados.

11.2.3.1 Cuartos de almacenamiento.

La separación de residuos sólidos reciclables debe efectuarse con el fin de procesar y preparar los materiales para un uso posterior, para ello, los residuos reciclables deben apartarse en las instalaciones de recuperación. Los residuos sólidos reciclables deben colocarse en contenedores de almacenamiento individuales, estos contenedores deben ser seleccionados de acuerdo al número necesario para almacenar los residuos sólidos reciclables, el tipo de contenedor, la capacidad del contenedor y el tipo de residuo a guardar en cada contenedor.

Se debe tener en cuenta que el almacenamiento de los residuos sólidos reciclables no afecten el entorno físico ni la salud humana, por lo tanto los lugares de almacenamiento deben salvaguardar las características físicas y químicas de los residuos sólidos allí depositados.

Para el proceso de optimización se propone utilizar como cuartos de almacenamiento, los mismos que se utilizaban para llevar a cabo el proceso de compostaje anaerobio, estos cuartos cuentan con la capacidad suficiente para almacenar el material inorgánico de forma seleccionada después de generar algunas modificaciones como:

- Sellar las entradas existentes de los cuartos laterales.
- Dividir el ancho de los cuartos laterales por mitad, de tal forma que se obtengan cuatro cuartos separados.
- Dejar un canal de paso, utilizando en el cuarto del centro de tal forma que sirva de pasillo de alimentación a los cuartos de almacenamiento.

Respecto a la implementación de contenedores individuales para el almacenamiento de los residuos según su tipo, se tendrá en cuenta la producción de residuos en el municipio de la siguiente manera:

- Cartón: Sobre estibas de madera o plásticas
- Papel: Contenedores plásticos
- Plástico: Contenedor plástico, tanto para el plástico de alta densidad como para el de baja densidad.
- Metal: Contenedores plásticos, separando el material ferroso del no ferroso
- Vidrio: Contenedores plásticos, separándolos por colores
- Otros (textil, madera): Contenedores plásticos

11.2.3.2 Área administrativa.

Dentro de las instalaciones de la planta se cuenta con una unidad habitacional, actualmente es aprovechada como unidad habitacional para la familia encargada de la vigilancia de la planta; en el proceso de optimización se propone acondicionar dicha unidad para las labores de administración y celaduría.

La vivienda cuenta con dos habitaciones, un baño, una cocina y una sala, para las labores administrativas sólo se requiere de una habitación y de la sala de recepción, lo demás puede disponerse para las labores de celaduría.

11.2.3.3 Bio fábrica.

La bio fábrica es aquella instalación en donde se encuentra ubicado el baño y la cocina para los operarios, en cuanto a estas dos unidades se proponen modificaciones como:

- | | | |
|--------|---|---|
| Baño | { | <ul style="list-style-type: none"> • Instalar lockers • Instalar dispensadores para jabón • Colocar vidrios en ventanas |
| Cocina | { | <ul style="list-style-type: none"> • Instalar unidad de lavaplatos, estufa y nevera • Enchapar paredes • Colocar pisos • Instalar unidad de alimentación (comedor) • Colocar vidrios en ventanas |

La parte posterior de la bio fábrica, se proyecta conformar un depósito para el almacenamiento de insumos y el abono producido en la planta, por tal razón es importante pavimentar la totalidad del área. Además de esto, se plantea la adquisición de un tanque de reserva para prevenir situaciones anti higiénicas ante eventuales fallas en el sistema de acueducto y la construcción de un andén alrededor de la instalación de tal forma que se detenga el deterioro físico de la misma.

Para la adecuación de infraestructura se elaboraron planos donde se puede evidenciar en detalladle los cambios correspondientes a cada una. (Véase Anexo P).

11.2.4 Nuevas Áreas de Tratamiento.

Partiendo de la disponibilidad de terreno apto para construcción y la carencia de espacio apto para desarrollar algunas actividades de aprovechamiento, se propone la construcción de áreas como:

11.2.4.1 Zona de secado y empaque de abono orgánico.

Una vez terminado el proceso de lombricompostaje el abono obtenido, debe ser secado, molido y empackado para su comercialización, esta labor requiere de un espacio amplio y las estructuras existentes cuentan con el espacio exacto para el desarrollo de la labor asignada en cada uno, por tanto es indispensable la construcción de un área especial para desarrollar tal procedimiento. Cerca a la bio fábrica se cuenta con un terreno plano que según los resultados del estudio realizado por el Ingeniero Luis Alfonso Rincón (Véase Anexo Q), presenta condiciones aptas para ser pavimentada.

Según el proceso a desarrollar, se requiere de una organización similar a la que presenta la enramada donde se desarrolla el proceso de compostaje, o sea, una estructura techada con la respectiva canalización de aguas lluvias y el sistema de manejo para los lixiviados, para los cuales se propone manejar una pendiente del 5% en un extremo del área de tal forma que lleguen por gravedad al canal de recolección central. La ubicación de tal área de tratamiento permite transportar rápidamente el material empackado hacia el deposito de la bio fábrica sin requerir la implementación de dispositivos de carga y transporte mecánicos, no obstante requiere de la adecuación de los senderos peatonales para el transporte del abono en carretilla ya que los operarios deben subir cierta pendiente con el.

11.2.4.2 Rampa de acceso para descargue de los residuos.

Como ya se mencionó anteriormente, el descargue de los residuos se hará en una tolva, según las especificaciones técnicas de la tova, esta tiene una altura de 2.5 m, más 1.0 m correspondiente a la banda transportadora, da como resultado una altura total de 3.5 m, la cual deben ser proporcionada por un sistema de descargue que permita que el vehículo compactador vacíe los residuos dentro de la tolva.

La construcción de una rampa de acceso aparece como la mejor alternativa, se trata de un sistema fijo, soportado por un muro de contención, con la capacidad suficiente para soportar el peso del vehículo cargado y que proporcione las medidas de seguridad y estabilidad suficientes para el desarrollo de la operación de descargue de los residuos. Para su construcción se cuenta con un área de 80m², de los cuales 16m corresponden a la disponibilidad longitudinal del terreno, por consiguiente, la rampa contará con un ancho de tres metros suficientes para cualquier vehículo de trabajo pasado, y los dos metros restantes podrán ser utilizados para fortalecer el talud de la rampa y

dalle mayor estabilidad. Es importante aclarar que el vehículo siempre deberá subir en reversa.

Con el fin de visualizar mejor la propuesta de las nuevas estructuras, se elaboraron los planos correspondientes a cada una. (Véase Anexo R)

11.2.5 Protocolo de Operación

Como parte del proceso de optimización de la planta de tratamiento se diseñó un protocolo de operación interna con el fin de controlar los procesos desarrollados en el aprovechamiento de los residuos sólidos, esto una vez implementado el sistema de optimización propuesto. (Véase Anexo S)

12. PRESUPUESTO

| PROCESO | DETALLE | VALOR UNITARIO \$ | CANT. | VALOR TOTAL \$ |
|----------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------|----------------|
| ADQUISICION DE MAQUINARIA | | | | |
| PESAJE | Báscula 7560 | 65.000.000 UN | 1 | 65.000.000 |
| DESCARGUE SELECCION | Tova recepción y Banda Transportadora | 28.000.000 UN | 1 | 28.000.000 |
| COMPOSTAJE | Bio- Trituradora | 4.600.000 UN | 1 | 4.600.000 |

| | | | | |
|--|--|------------------------|---------------------|-------------------|
| | | | SUBT TOTAL | 97.600.000 |
| ADQUISICION DE IMPLEMENTOS DE OPERACION | | | | |
| Conductimetro H1993310 | 1.650.000 UN | 2 | 3.300.000 | |
| Solución de calibración 12880 us/cm marca: HANNA referencia: HI7030I x 500ml | 49.000 UN | 1 | 49.000 | |
| Solución para preparación de la Muestra Marca: HANNA Referencia: H7051M X 230ml | 48.000 UN | 1 | 48.000 | |
| phmetro para la medida directa del ph del suelo con electrodo especial marca: HANNA referencia: HI99121 | 1.250.000 UN | 2 | 2.500.000 | |
| Solución de limpieza marca: HANNA referencia: HI700663p 25 sobres x 20ml | 98.000 UN | 1 | 98.000 | |
| Solución de calibración marca: HANNA referencia: HI7004I x 500ml | 45.000 UN | 1 | 45.000 | |
| Medidor de oxigeno disuelto Marca : HANNA INSTRUMENT Modelo: HI 9143 | 2.900.000 UN | 2 | 5.800.000 | |
| Termohigrometro digital portátil con sonda Marca : HANNA modelo: HI 8064 | 810.000 UN | 2 | 1.620.000 | |
| Palas | 8.500 UN | 5 | 42.500 | |
| Carretillas Metálica/plástica | 95.000 UN | 3 | 285.000 | |
| Locker metálico, 9 puestos, 200 x 93 x 30 | 420.000 UN | 1 | 420.000 | |
| Contenedores 60 L plásticos | 42.000 UN | 10 | 420.000 | |
| Báscula 100 L | 40.000 UN | 1 | 40.000 | |
| | | | SUB TOTAL | 14.667.500 |
| ADECUACION DE INFRAESTRUCTURA | | | | |
| AREA PARA COMPOSTAJE | Concreto fundido en piso 3500 psi (1:2:2:1/2), Arena lavada de río y gravilla triturada, E=10cm. | 289.748 M ³ | 52.5M ³ | 15.211.770 |
| | Malla de refuerzo M-1.31, 5mm | 8.806 M ² | 525 M ² | 4.513.150 |
| | Tanque para lixiviados, caja en concreto | 319.044 M ³ | 6 M ³ | 1.914.264 |
| | Canal lámina galvanizada calibre 22, D=50 | 22.178 ML | 60 ML | 1.330.680 |
| | Bajante PVC aguas lluvias 3" | 16.122 ML | 15 ML | 241.830 |
| | Canal de lixiviados. Placa contrapiso 3000 psi, h.10cm | 37.857 M ² | 10.5 M ² | 397.499 |
| | Canal aguas lluvias. Placa contrapiso 2500 psi.h.10cm | 35.981 M ² | 21 M ² | 755.601 |
| | Estructura. Celosia angular para polideportivo ASTM=36,incluye: vigas de amarre, anclajes, tornillería, pintura y platinas; transporte y montaje | 6.011 KG | 441 KG | 2.650.851 |
| | Cubierta tipo Accesco, teja galvanizada,cal:26,0.46mm | 36.880 M ² | 150 M ² | 5.532.000 |

| | | | | |
|--|--|------------------------|----------------------|-------------------|
| SUB TOTAL | | | | 32.547.645 |
| ÁREA PARA LOMBRICOMPOSTAJE | Canal lámina galvanizada calibre 22, D=50 | 22.178 ML | 100 ML | 2.217.800 |
| | Bajante PVC aguas lluvias 3" | 16.122 ML | 12 ML | 193.464 |
| | Tanque de lixiviados, caja en concreto | 319.044 M ³ | 3.75 M ³ | 1.196.415 |
| | Canal aguas lluvias. Placa contrapiso 2500 psi.h.10cm | 35.981 M ² | 30 M ² | 1.079.430 |
| | Canal de lixiviados. Placa contrapiso 3000 psi, h.10cm | 37.857 M ² | 4 M ² | 151.428 |
| SUB TOTAL | | | | 4.838.537 |
| CUARTOS DE ALMACENAMIENTO | Demolición muro en bloque | 8.728 M ² | 16.76 M ² | 146.281 |
| | Muro bloque N° 5 | 26.865 M ² | 14 M ² | 376.110 |
| | Pañete rustico muro | 10.086 M ² | 14 M ² | 141.204 |
| | Canal lámina galvanizada calibre 22, D=50 | 22.178 ML | 24 ML | 532.272 |
| | Bajante PVC aguas lluvias 3" | 16.122 ML | 8 ML | 128.976 |
| | Canal aguas lluvias. Placa contrapiso 2500 psi.h.10cm | 35.981 M ² | 7.2 M ² | 259.063 |
| SUB TOTAL | | | | 1.583.906 |
| PATIO DE SELECCION | Concreto fundido en piso 3500 psi (1:2:2:1/2), Arena lavada de río y gravilla triturada, E=10cm. | 289.748 M ³ | 16.2 M ³ | 4.693.918 |
| | Canal lámina galvanizada calibre 22, D=50 | 22.178 ML | 36 ML | 798.408 |
| | Bajante PVC aguas lluvias 3" | 16.122 ML | 10 ML | 161.122 |
| | Canal aguas lluvias. Placa contrapiso 2500 psi.h.10cm | 35.981 M ² | 10.8 M ² | 388.594 |
| SUB TOTAL | | | | 6.042.042 |
| BIO FABRICA (BAÑO, COCINA Y DEPOSITO) | Concreto fundido en piso 3500 psi (1:2:2:1/2), Arena lavada de río y gravilla triturada, E=10cm. | 289.748 M ³ | 10.71 M ³ | 3.103.201 |
| | Canal lámina galvanizada calibre 22, D=50 | 22.178 ML | 30 ML | 665.340 |
| | Bajante PVC aguas lluvias 3" | 16.122 ML | 6 ML | 96.732 |
| | Anden H=10cm, Concreto 2500 psi (1:2:4) | 39.964 M ² | 30 M ² | 1.198.920 |
| | Canal aguas lluvias. Placa contrapiso 2500 psi.h.10cm | 35.981 M ² | 9 M ² | 323.829 |
| | Baldosa cerámica, calidad primera para enchape piso pared cocina | 34.281 M ² | 50 M ² | 1.714.050 |
| | Lavaplatos acero inoxidable 0.62 x 0.48m de empotrar, accesorios y grifería. | 169.980 UN | 1 | 169.980 |
| | Tanque plástico elevado 1000L (incluye accesorios) | 706.487 UN | 1 | 706.487 |
| | Vidrio transparente 4 mm | 32.688 M ² | 3 M ² | 98.064 |
| | Estufa 4 puestos Superior. A-705407-07-L1 | 189.000 UN | 1 UN | 189.000 |
| | Nevera Challenger GR-233, | 519.000UN | 1 UN | 519.000 |

| | | | | |
|---|--|------------------------|---------------------|-------------------|
| | 205L | | | |
| | Mesa ovalada Vanyplas 140 x 0.80 | 89.900 UN | 1 UN | 89.900 |
| | Silla Vanyplas | 24.900 UN | 6 UN | 149.400 |
| SUB TOTAL | | | | 9.023.903 |
| CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS OBRAS | | | | |
| ZONA DE SECADO DE ABONO ORGANICO | Concreto fundido en piso 3500 psi (1:2:2:1/2), Arena lavada de río y gravilla triturada, E=10cm. | 289.748 M ³ | 25 M ³ | 7.243.700 |
| | Malla de refuerzo M-1.31, 5mm | 8.806 M ² | 250 M ² | 2.201.500 |
| | Canal lámina galvanizada calibre 22, D=50 | 22.178 ML | 50 ML | 1.108.900 |
| | Bajante PVC aguas lluvias 3" | 16.122 ML | 6 ML | 96.732 |
| | Estructura. Celosia angular para polideportivo ASTM=36,incluye: vigas de amarre, anclajes, tornillería, pintura y platinas; transporte y montaje | 6.011 KG | 1113 KG | 6.690.243 |
| | Tanque para lixiviados, caja en concreto | 319.044 M ³ | 2 M ³ | 638.088 |
| | Cubierta tipo Accesco, teja galvanizada,cal:26,0.46mm | 36.880 M ² | 300 M ² | 11.064.000 |
| | Canal aguas lluvias. Placa contrapiso 2500 psi.h.10cm | 35.981 M ² | 18 M ² | 647.658 |
| SUB TOTAL | | | | 29.690.821 |
| RAMPA DE DESCARGUE | Relleno en recebo para afirmado, Norma INVE, artículo 311 | 34.486 M ³ | 65.5 M ³ | 2.258.833 |
| | Concreto fundido en piso 3500 psi (1:2:2:1/2), Arena lavada de río y gravilla triturada, E=10cm. | 289.748 M ³ | 7.5 M ³ | 2.173.110 |
| | Malla de refuerzo M-1.31, 5mm | 8.806 M ² | 7.5 M ² | 66.045 |
| | Talud. Relleno en recebo común para estructuras, compactación mecánica | 32.229 M ³ | 32.7 M ³ | 1.053.888 |
| | Concreto para muro base 35, 3500 psi | 435.541M ³ | 3.7 M ³ | 1.611.501 |
| | Acero de refuerzo 60000 psi, 5/8 | 3.258 KG | 322 KG | 1.049.076 |
| SUB TOTAL | | | | 8.212.453 |
| MICRO RELLENO SANITARIO | Descapote mecánico hasta 20cm | 1.280 M ³ | 225 M ³ | 288.000 |
| | Relleno en tierra compactada mecánicamente | 11.114 M ³ | 677 M ³ | 7.524.178 |
| | Cerramiento provisional en polisombra, altura de de 2.1m | 8.107 ML | 66 ML | 535.062 |
| | Tubería lixiviados.PVC 3" | 21.550 ML | 136 ML | 2.930.800 |
| | Tanque para lixiviados, caja en concreto | 319.044 M ³ | 1 M ³ | 319.044 |
| | Canal aguas lluvias. Placa contrapiso 2500 psi.h.10cm | 35.981 M ² | 28.5 M ² | 1.025.459 |
| SUB TOTAL | | | | 12.622.543 |

| | |
|-----------------------|--------------------|
| COSTO DIRECTO | 216.829.350 |
| IMPREVISTOS 5% | 10.841.467 |
| COSTO REAL | 227.670.817 |

Los valores proporcionados para la adecuación de infraestructura y construcción de nuevas obras, fueron recopilados de la cartilla de resumen de precios unitarios de la secretaria de obras públicas de la Gobernación de Cundinamarca para la Provincia de oriente correspondientes al año 2007. Estos valores incluyen instalación en el sitio y mano de obra.

CONCLUSIONES

Los procesos de optimización técnica y operativa para la planta de tratamiento, están diseñados bajo estándares de calidad, acordes con las exigencias actuales, de tal forma que respondan a las necesidades sociales y ambientales del municipio frente al tema del manejo de los residuos sólidos.

Con la optimización de la planta de tratamiento se incrementa la eficiencia de los procesos de aprovechamiento de un 80 a un 90%. Gracias a la ejecución de actividades productivas amigables con el medio ambiente.

La comunidad fomequeña, no es ajena a la importancia que tiene la implementación de obras de carácter sanitario, sin embargo muchas personas desconocen la finalidad de cada una y la forma de participar en su mantenimiento debido a la falta de educación ambiental continua en el municipio

La selección en la fuente, es el proceso más importante dentro del sistema de aprovechamiento de los residuos sólidos, pues de su ejecución depende la cantidad y la calidad de los residuos aptos para aprovechar teniendo en cuenta que la mezcla disminuye el potencial de uso de los mismos.

La planta de tratamiento cuenta con una infraestructura bastante sólida, su configuración presenta condiciones idóneas para llevar a cabo los diferentes procesos de aprovechamiento de los residuos sólidos producidos en el municipio, no obstante es importante implementar mecanismos de adecuación para la canalización de aguas lluvias y lixiviados.

Las estructuras existentes dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento están emplazadas de forma correcta en el terreno, ya que en el tiempo que llevan en funcionamiento no han presentado ningún tipo de problema, además todas están ubicadas en terrenos planos modificados según las necesidades de instalación de cada una.

Los procesos de aprovechamiento desarrollados con los residuos orgánicos (compostaje y lombricultura), no describen ninguna técnica que certifique la eficacia del proceso, situación que no sólo pone en riesgo la calidad del producto final, sino también la imagen corporativa de la planta de tratamiento como una empresa integrada a la prestación de servicios públicos.

Los principales impactos ambientales generados a partir de la ejecución de actividades de aprovechamiento dentro de la planta de tratamiento, se derivan de procesos como el compostaje por problemas de infiltración y mezcla de lixiviados con aguas superficiales y la disposición final de residuos no aprovechables, con procesos como incineración y enterramiento sin seguir alguna técnica certificada.

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), presenta errores de carácter conceptual respecto a datos de producción y composición física de los residuos sólidos generados en el municipio, además de falencias en el diseño

de sistemas de aprovechamiento de los mismos.

Los procesos de aprovechamiento desfavorables desde el punto de vista ambiental, están directamente relacionados con el tratamiento dado a los residuos orgánicos y la disposición final de los residuos no aprovechables, ya que se ejecutan bajo técnicas rudimentarias y sin ningún control de calidad.

Cada una de las alternativas de optimización propuestas buscan renovar el sistema de manejo de los residuos sólidos en el municipio a través del desarrollo de actividades de aprovechamiento distintas dentro de la planta de tratamiento, esto con el fin de confrontar las necesidades reales de la planta con las posibilidades de mejoramiento en cuanto a espacio y la inversión económica

La alternativa seleccionada, a pesar de ser la que representa mayor inversión de tipo económico, es la que responde a las necesidades medioambientales y sociales de la población, y la mejor opción en cuanto a calidad y eficiencia de procesos de productivos.

La adquisición de dispositivos mecánicos, fortalecen las labores de aprovechamiento realizadas dentro de la planta, ya que brindan un mayor rendimiento y aumentan la calidad de cada proceso, además de proporcionar facilidades de operación a los operarios

El fortalecimiento de los procesos de compostaje y lombricultura con la aplicación de técnicas certificadas, garantizan la calidad de los productos, brindando mayores posibilidades de comercialización y dándole un mayor reconocimiento al municipio.

Con base en la composición física de los residuos inorgánicos, no es necesaria la adquisición de maquinaria para llevar a cabo procesos de reducción de tamaño y compactación, ya que la cantidad de residuos no lo amerita.

La disposición final de los residuos no aprovechables requiere de la implementación de un sistema diferente a la incineración, ya que el horno no está diseñado para eliminar toda clase de residuos y la acumulación de estos se convierte en un foco de contaminación que lleva consigo el deterioro de la calidad de los demás procesos de aprovechamiento y por ende pone en riesgo el medio ambiente y la calidad de vida de la población asentada alrededor de las instalaciones de la planta con la dispersión de olores ofensivos y la generación de vectores.

Con la optimización de la planta de tratamiento se puede llegar a ofrecer el servicio de manejo de los residuos sólidos a municipios cercanos, pasando de una planta de carácter municipal a una planta de carácter regional.

RECOMENDACIONES

La administración de la planta de tratamiento debe estar en cabeza de la administración municipal y debe ser delegada a una secretaría cuyas funciones garanticen la prestación eficiente del servicio público de aseo.

Ejecutar el proceso de optimización de la planta de tratamiento, constituyendo

un grupo de trabajo interdisciplinario en cabeza de la administración municipal, bajo la asesoría de profesionales en el área.

Se deben hacer campañas continuas de educación ambiental a la población fomequeña en materia de segregación, con el fin de garantizar el funcionamiento de la planta de tratamiento de residuos sólidos, ya que gran parte de los resultados dependen de una adecuada selección en la fuente.

En los centros educativos deben desarrollarse campañas de reciclaje para integrar a la comunidad en la implementación de nuevas alternativas que fortalezcan los procesos desarrollados en materia de aprovechamiento dentro de la planta de tratamiento.

La secretaría encargada del servicio público de aseo en coordinación con la administración municipal debe organizar un plan de seguimiento para el proceso de segregación en la fuente, así como para las diferentes actividades realizadas en materia de capacitación.

La secretaría encargada del servicio público de aseo en coordinación con la administración municipal debe realizar chequeos periódicos en materia de bioseguridad en sus empleados y debe hacer énfasis y ser estricta en el uso permanente de material de seguridad industrial para prevenir posibles accidentes

Garantizar el buen estado de la vía hacia la planta de tratamiento de tal manera que se pueda garantizar un servicio eficiente y se prevengan riesgos ambientales y sociales por posibles accidentes.

Proponer un espacio dentro del ítem de atractivos de la página web del municipio para la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos, con el fin de incentivar el conocimiento de los procesos de aprovechamiento como parte de la cultura de los fomequeños.

Organizar una cooperativa que permita integrar a todos recuperadores independientes que laboran en el municipio de tal forma que los residuos producidos en el municipio sean llevados a la planta de tratamiento y esta los comercialice, previamente seleccionados, a los socios de la cooperativa.

Organizar auditorías internas y gestionar auditorías externas para el sistema de prestación del servicio público de aseo, donde se integre la parte ambiental, económica y social en las actividades realizadas con los usuarios del servicio,

como con las diferentes actividades realizadas dentro de la planta de tratamiento.

El personal operativo debe ser capacitado, de tal forma que se pueda contar con personas responsables y entusiastas, que trabajen con agrado y que tengan el conocimiento necesario para llevar a cabo las actividades de aprovechamiento de los residuos sólidos, y además tengan el criterio suficiente a la hora de tomar decisiones frente a posibles eventualidades que se presenten cuando no haya quien los supervise

Dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento es importante:

- Hacer chequeos periódicos al desarrollo de los diferentes procesos de aprovechamiento, de tal forma que se desarrollen bajo los parámetros establecidos para cada uno.
- Realizar muestreos de emisiones de gases contaminantes generados en el proceso de incineración y correr modelos de dispersión para verificar el cumplimiento con la norma y la posible afectación a la comunidad.
- Diseñar y poner en funcionamiento vallas informativas dentro de la planta de tratamiento con el fin de fomentar visitas de conocimiento.
- Diseñar un sistema de fortalecimiento para el área donde se presenta erosión (parte trasera de camas de lombricompostaje), con la siembra de árboles o si es el caso con la construcción de un murió de contención de tal forma que se prevengan futuros deslizamientos y el daño de las estructuras cercanas.
- Realizar actividades constantes de embellecimiento y mantenimiento de las instalaciones de la planta.
- Adecuar los senderos peatonales de tal manera que permitan realizar las labores de transporte manual (carretilla) de material de forma segura.
- Fortalecer la cerca viva de los alrededores de la planta con especies nativas de la región

BIBLIOGRAFÍA

CASTRO, John; ORDOÑES, Luis Alberto. Aplicación de la Tecnología EM en el Municipio de Togui Boyacá. FUNDASES, Lumen TV. 2004

DEL VAL ALFONSO. Ciudades para un futuro más sostenible. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos. 1997

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Línea Base de Indicadores. Bogotá DC Julio de 2004.25p

DÍAZ PETRO Miguel, ROMERO DÍAZ Apolinar y HERAZO ROMERO Luis. Desarrollo de sistemas integrados de producción para la economía campesina. Centro de Investigación Turipana. Coopoica. Colombia.2005

ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA. Artículos de materiales y procesos. Reciclaje del vidrio. Medellín Colombia

GALVIS, Boris. Documento de la asignatura de Salud Ocupacional. Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. 2006.

GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA. Secretaría de Obras Públicas. Dirección de Construcciones. Resumen de Precios Unitarios. Provincia de Oriente. 2007

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Medio Ambiente y Protección de la Salud. GTC-45.1997

LUNA Luz Alba. Lombricompostaje en módulos integrados bajo techo. Corpoica. Colombia. 2006

MANCOMUNIDAD DE MUNICIPIOS DE LA COSTA DEL SOL OCCIDENTAL (en línea). Delegación de RSU y Medioambiente. España. Actualización 2007. Disponible en internet: <<http://medioambiental.net/complejo.php>

MARTÍNEZ Javier. Guía para la gestión integral de residuos peligrosos. Fichas temáticas. Chatarra Metálica. Tomo II. Canadá. 2005.76p

MARTÍNEZ R. Benjamín. Análisis de varianza Anova. Universidad mayor. Bioestadística. Chile.

MENECES, José. El Compostaje (en línea). Agrobbooks. Colombia. Disponible en internet:<www.infoagro.com/abonos/compostaje.asp>

METTLER TOLEDO. Pesaje en la industria (en línea). Básculas para camiones. Modelo7560. Disponible en internet: < http://co.mt.com/mt/products/productos-aplicaciones_pesaje-industrial_basculas-camiones_basculas-puente-over-road/7560_TRUCKMATE_Truck_Scales_0x000245f900026f8a0002ee15.jsp>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Observatorios Ambientales Urbanos. Residuos Sólidos Municipales. Cali. 1999

ORTIGOSA RIVAS Concha. Anatomía y fisiología de la lombriz roja. Compostadores.com

PARODY, Gina. Como reciclar (en línea).Senado de la República. Bogotá Colombia. 2007. Disponible en internet: <www.ginaparody.com/medioambiente/como_reciclar.htm>

RINCON Luis Alfonso. Diseño espesor placa y estructura de soporte. Planta de tratamiento Residuos Sólidos. Servicio Públicos. Alcaldía de Fómeque Cund.2006

ROBAYO, María del Carmen. Producción y control de lixiviados. Botadero Mondoñedo. Bogotá Colombia. Abril de 2004

ROJAS PERÉZ, EFREN. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Fómeque Cundinamarca. Actualización 2006SOLANS Xavier; ESPADALÉ Rosa y GADEA Enrique. Plantas de compostaje para el tratamiento de residuos. Estado de Ohio. 2002

RUEDA PEÑA Paula Andrea. Compostaje con EM. Fundases.Colombia.2007
SABINO Carlos. El proceso de Investigación. Ed. Panamericana. Cap.6 Bogotá.1992

Universidad del Valle. Programa de Salud Ocupacional (en línea).Panorama de Factores de Riesgo. Colombia. 2006. Disponible en internet: www.saludocupacional.univalle.edu.co/panoramafactriesgocup.htm

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Esquema de Ordenamiento Territorial. Fómeque Cundinamarca. .2002

UNIVERSIDAD SERGIO ARBOLEDA. Sistemas de separación de residuos. Bogotá-Colombia

VALENCIA CAMPOS Héctor. Reciclaje de Residuos Sólidos. Quito. 2002

VALLE DEL LILY. Gimnasio Los Farallones. Proyecto de reciclaje mediante lombricultura. Cali Colombia.

ANEXO A

LOS SUELOS EN EL MUNICIPIO DE FÓMEQUE

| CLIMA | | FISIOGRAFIA | | | SUELOS | |
|-------------|-----------|--|--|---|--------|---|
| Und | R | Gran paisaje | Paisaje | Sub Paisaje | Und | Categorías |
| | | | | | | |
| Medio Seco | 2.0 – 1.0 | Relieve Montañoso estructural denudativo | Espinazos en arcillolitas, con intercalaciones de Areniscas | Laderas erosionales y cornisas rocosas muy escarpadas | MRAg | Alta fragilidad ambiental |
| | | | | Laderas estructurales escarpadas | MRBf2 | Degradadas |
| | | | | Laderas estructurales, moderadamente empinadas | MRCe2 | Desarrollo socioeconómico con restricciones mayores |
| Frío Húmedo | 1.0 – 0.5 | | Espinazos en arcillolitas, con intercalaciones de Areniscas | Laderas erosionales y cornisas rocosas muy escarpadas | MRAg | Alta significación ambiental |
| | | | | Laderas estructurales escarpadas | MRBf2 | Degradadas |
| | | | | Laderas estructurales, moderadamente empinadas | MRCe2 | Desarrollo socioeconómico con restricciones mayores |
| | | | Cuestas en arcillolitas | Laderas estructurales fuertemente inclinadas | MRDd | Desarrollo socioeconómico con restricciones mayores |
| | | | | Resaltos de laderas moderadamente inclinadas | MREc | Desarrollo socioeconómico con restricciones mayores |
| | | | Vallecitos coluvio aluviales | Superficies ligeramente inclinadas y pedregosas | MRFbp | Desarrollo socioeconómico con restricciones mayores |
| | | | | | | |
| | | | Espinazos en arcillolitas con intercalaciones de areniscas y recubrimiento de cenizas volcánicas | Laderas erosionales y estructurales muy escarpadas | MLAf,g | Alta fragilidad ambiental |
| | | | | Laderas estructurales moderadamente empinadas | MLBe2 | Desarrollo socioeconómico con restricciones mayores |
| | | | Crestas monoclinales en areniscas con intercalaciones de cenizas volcánicas | Laderas estructurales escarpadas | MLDf | Alta fragilidad ambiental |

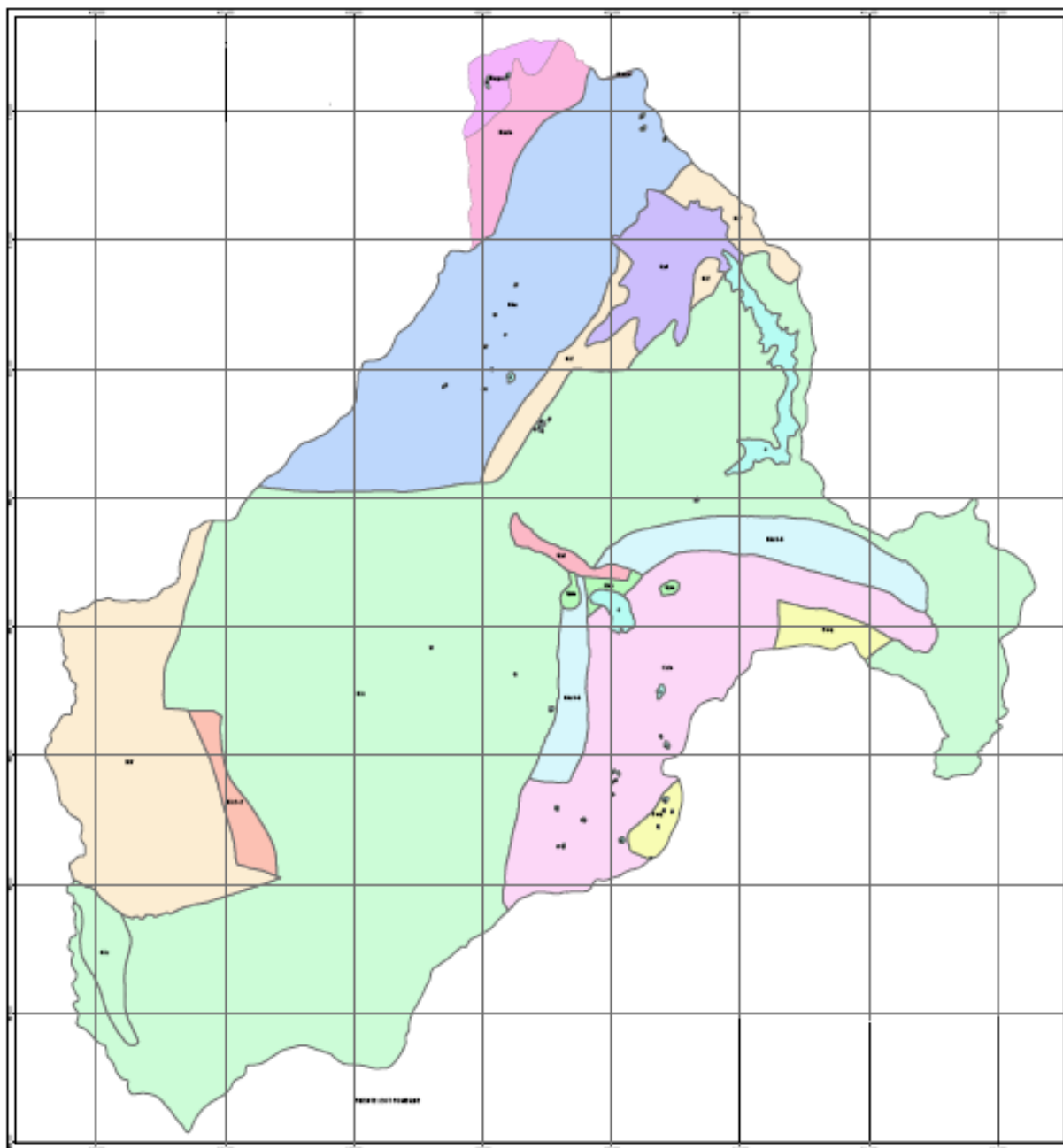
| | | | | | | | |
|---------------------|----------|---|--|--|--|-------------|---|
| | | | Abanicos coluviales con recubrimiento de cenizas volcánicas | | Planos fuertemente inclinados | MLJd,e | Desarrollo socioeconómico con restricciones mayores |
| | | | | | Planos moderadamente inclinados | Mlle | Desarrollo socioeconómico con restricciones mayores |
| | | Relieve colinado estructural | Abanicos terrazas antiguos | | Taludes fuertemente inclinados y moderadamente empinados | LMC d,e,e 2 | Alta fragilidad ambiental |
| Muy frío muy húmedo | 0.5-0.25 | Relieve montañoso glacio estructural | Espinazos areniscas en | | Laderas erosionales muy escarpadas | MGA g,gr | Alta significación ambiental |
| | | | | | Laderas erosionales escarpadas | MGB f | |
| | | | Artesa fluvia; areniscas recubiertas cenizas volcánicas en con | | Cubeta de excavación moderadamente empinada | MGC e | |
| | | | | | Vallecitos en U moderadamente empinados | MGD c | |
| | | Relieve montañoso glacio erosional | Crestas ramificadas arcillolitas en | | Laderas fuertemente inclinadas | MGF d | |
| | | | | | Laderas moderadamente empinadas | MGG e | |
| | | Relieve montañoso estructural denudativo y glacioes tructural | Espinazos crestas areniscas y en | | Escarpes | MHA g | |
| | | Relieve montañoso fluvio erosional | Crestas ramificadas esquistos en | | Laderas erosionales y estructurales muy escarpadas | MLK g | |

R: Relación de evapotranspiración potencial

Fuente: Categorías establecidas por este estudio con base en información de "Estudio de Zonificación Ambiental de la Jurisdicción de CORPOGUAVIO". 1997

ANEXO B

GEOLOGÍA MUNICIPIO DE FÓMEQUE CUNDINAMARCA



| | | | | INFORMACION GEOLOGICA | | AREA (HA) | SIMBOLO |
|------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------|--|--|-----------|----------|
| ERA | PERIODO | EPOCA | FORMACION | CARACTERIS | | | |
| CENOZOICA | CUATERNARIO (Q) | HOLOCENO | CUATERNARIO ALUVIAL | Gravas, arenas, arcillas lacustres limonosas y conglomerados | | 25175 | Qal |
| CENOZOICA | CUATERNARIO (Q) | HOLOCENO | CUATERNARIO DE TERRAZAS | cantos redondeados de areniscas cuarzosas y conglomerados cuarzosos en matriz arcillosa | | 24920 | Qat |
| CENOZOICA | CUATERNARIO (Q) | HOLOCENO | CHIA | Arcillas de inundacion y cobertura delgada de sedimentos | | 2149 | Qch |
| CENOZOICA | CUATERNARIO (Q) | HOLOCENO | RIO SIECHA | Gravas y bloques redondeados de origen fluvio-glacial, con arcillas organicas | | 3911 | Qrs |
| CENOZOICA | CUATERNARIO (Q) | HOLOCENO | SUBACHOQUE | Complejo fluvial lacustre, con arenas arcillosas y gravas fluvio-glaciales | | 1410 | Qsu |
| CENOZOICA | CUATERNARIO (Q) | HOLOCENO | CUATERNARIO DE MATERIAL VARIADO | Mezcla de material variado, conglomerados poco compactos | | 3022 | Qm |
| CENOZOICA | TRANSICION CUATERNARIO TERCIARIO (TQ) | PLEISTOCENO | GRUPO LA CORNETA | Conglomerados gruesos poco compactos | | 7348 | QTic |
| CENOZOICA | TRANSICION CUATERNARIO TERCIARIO (TQ) | PLEISTOCENO | CHORRERA | Depositos de flujos gravitacionales, con fragmentos de roca subangulosos | | 267 | Tr/Qch |
| CENOZOICA | TRANSICION CUATERNARIO TERCIARIO (TQ) | PLEISTOCENO | TILATA | Complejo lacustre fluvial de arcillas arenosas, organicas, limos/arenas | | 1929 | Tr/Qitgu |
| CENOZOICA | TERCIARIO (T) | PLIOCENO | LA REGADERA | Areniscas de grano grueso, conglomeraticas con estratificación cruzada | | 469 | Tr |
| CENOZOICA | TERCIARIO (T) | | BOGOTA | Arcillolitos abigarrados, alternando con limolitas | | 2545 | Tb |
| CENOZOICA | TERCIARIO (T) | MIOCENO | ARENISCAS DEL CACHO | Areniscas conglomeraticas con estratificación cruzada e intercalaciones con limolitas | | 325 | Tpc |
| CENOZOICA | TERCIARIO (T) | | GUADUAS | Arcillolitos y arcillas abigarradas con intercalaciones de carbon y areniscas | | 5180 | Tkg |
| CENOZOICA | TERCIARIO (T) | OLIGOCENO | CAJA | Areniscas arcillosas con intercalaciones de arcillolitos | | 6255 | Tnc |
| CENOZOICA | TERCIARIO (T) | | SAN FERNANDO | Arcillolitos con intercalaciones de areniscas con lentejuelas de carbon | | 325 | Tsf |
| CENOZOICA | TERCIARIO (T) | | ARCILLAS DEL LIMBO | Arcillas y limolitas con intercalaciones de areniscas de colores | | 947 | Tal |
| CENOZOICA | TERCIARIO (T) | EOCENO | ARENISCAS DEL LIMBO | Areniscas y conglomerados cuarzosos con intercalaciones de arcillolitos | | 199 | Tarl |
| CENOZOICA | TERCIARIO (T) | | GRUPO MEDINA | Conglomerados, areniscas, arcillas y limolitas | | 33832 | Tmm |
| CENOZOICA | TERCIARIO (T) | PALEOCENO | CHOPAL | Arcillas, limolitas y capas de carbon | | 3127 | Toc |
| CENOZOICA | TERCIARIO (T) | | HUMBA | Areniscas, conglomerados y arcillas negras | | 2885 | Teh |
| CENOZOICA | TERCIARIO (T) | MAESTRICHTIANO | GRUPO PALMICHAL | Areniscas cuarzosas, limolitas y arcillolitos con intercalaciones de lutitas | | 995 | Tkp |
| MESOZOICA | CRETACICO (K) | CONIACIANO | GUADALUPE SUPERIOR | Areniscas, limolitas cuarzosas de grano grueso e intercalaciones de lutitas | | 16805 | tsps |
| MESOZOICA | CRETACICO (K) | CENOMANIANO | GUADALUPE INFERIOR | Limolitas y arcillolitos limonosos de grano fino, de colores grises claros | | 7072 | Kagl |
| MESOZOICA | CRETACICO (K) | TURONIANO | CHIPAQUE | Lutitas gris oscuro con acpas de caliza, porcelanitas y lodolitas | | 7758 | Ksch |
| MESOZOICA | CRETACICO (K) | ALBIANO | UNE | Cuarcitas con areniscas laminares y lutitas arenosas, finamente estratificadas | | 17162 | Kiu |
| MESOZOICA | CRETACICO (K) | APTIANO | FOMEQUE | Lutitas negras, limolitas grises, arcillolitos limonosos y calizas, con areniscas cuarzosas | | 25560 | Kif |
| MESOZOICA | CRETACICO (K) | BARREMIANO | ARENISCAS DE LAS JUNTAS | Areniscas macizas con intercalaciones de limolitas | | 1358 | Kiaj |
| MESOZOICA | CRETACICO (K) | HAUTERIVIANO | LUTITAS DE MACANAL | Lutitas y limolitas con intercalaciones de areniscas y yeso | | 57581 | Kilm |
| MESOZOICA | CRETACICO (K) | BERRIASIANO | CALIZAS DEL GUAVIO | Calizas, areniscas, separados por lutitas | | 10170 | Kicg |
| MESOZOICA | CRETACICO (K) | TITONIANO | CAQUEZA | Arcillolitos y areniscas con intercalaciones de lutitas negras estratificadas | | 69264 | Kic |
| MESOZOICA | JURASICO TRIASICO (J) | CALOVIANO NORIANO | BATA | Conglomerados, areniscas, limolitas con tonalidades verdes, gris y lutitas grises claras con niveles fosilíferos | | 3868 | Jlb |
| PALEOZOICA | DEVONICO CARBONIFERO (C) | NAMURIANO | GRUPO LOS FARALLONES | Calizas arenosas, limolitas, silíceas, cuarcitas y areniscas. Granodioritas de origen igneo | | 39518 | CDf |
| PALEOZOICA | DEVONICO CARBONIFERO (C) | NAMURIANO | CAPAS DE CHINGAZA | Complejo metamorfo-sedimentario. Conglomerados de filitas y pizarras. Rocas metamórficas, principalmente es | | 4874 | Cch |
| PALEOZOICA | ORDOVICIO CAMBRICO (E) | CALEDONIANO | GRUPO QUETAME | Sedimentitas constituidas por calizas, arcillolitos rojas y limolitas | | 6820 | Eeq |

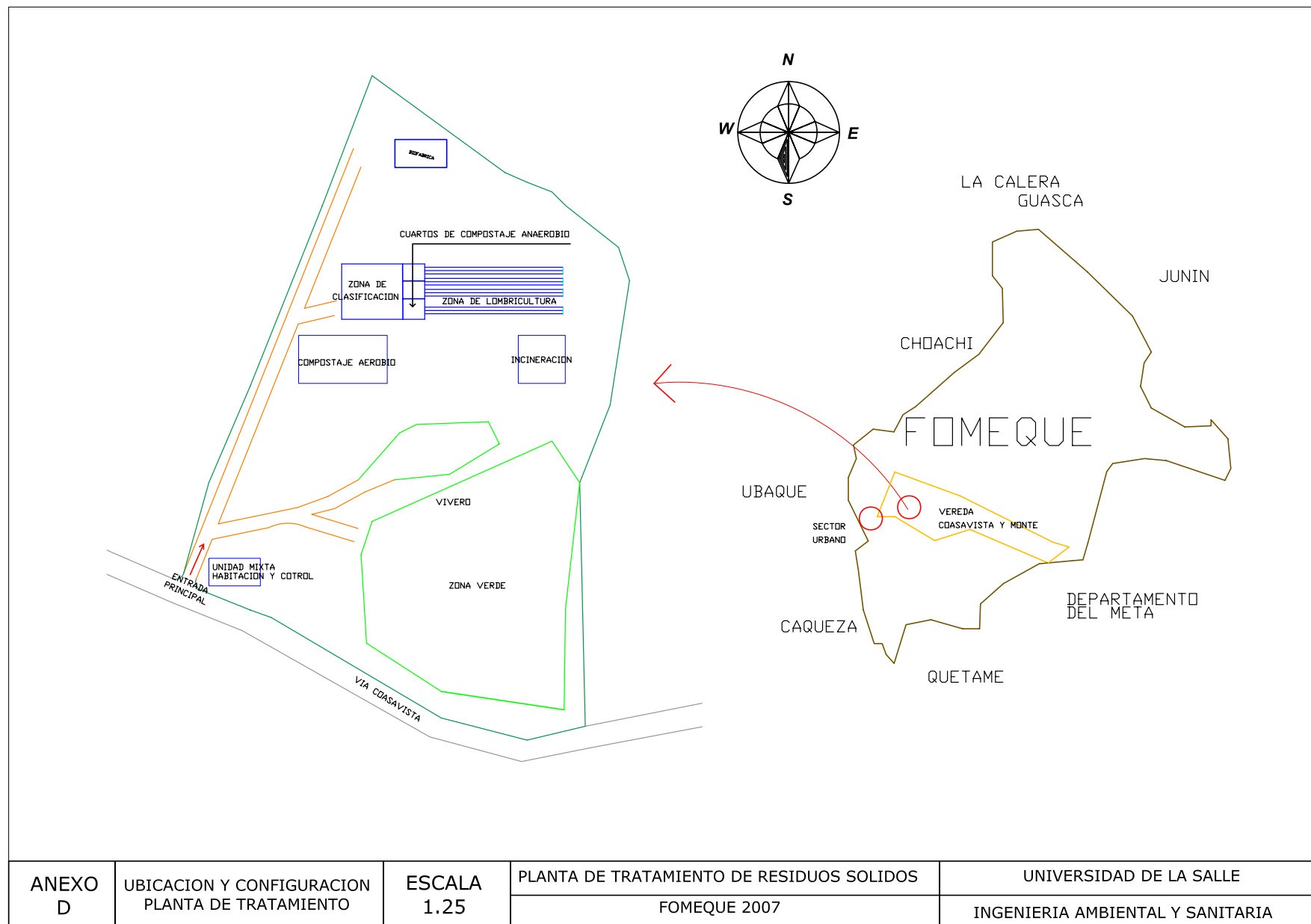
ANEXO C

PRODUCCIÓN DE RESIDUOS EN LOS DIFERENTES SECTORES

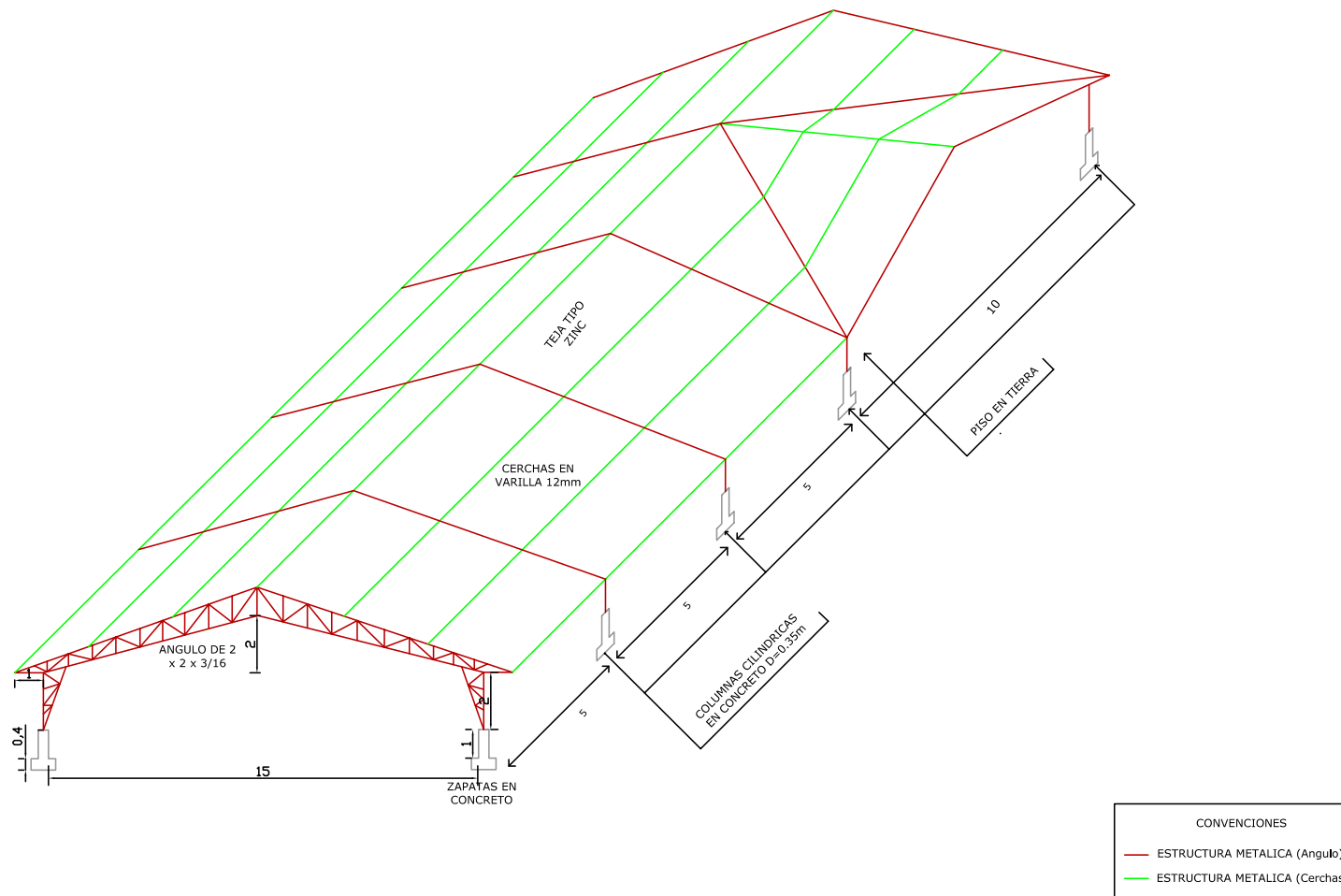
| | | TIPO DE RESIDUO | | | | |
|--|---------|------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------|-------------------|
| ESTABLECIMIENTO | Nº estb | Residuo orgánico | Residuos de plástico, papel y vidrio | Residuo s de metales | Residuo especial | Residuo peligroso |
| SECTOR COMERCIAL DEL MUNICIPIO | | | | | | |
| Restaurantes | 14 | X | | | | |
| Combustibles | 3 | | | | X | |
| Ferreterías y materiales de construcción | 3 | | X | | | |
| Automotores y repuestos | 5 | | | | X | |
| Vestuario y calzado | 13 | | X | | | |
| Productos veterinario y agrícolas | 14 | | | | | X |
| Joyerías | 2 | | | X | | |
| Supermercados | 11 | | X | | | |
| Abarrotes y víveres | 46 | | X | | | |
| Carnicerías | 11 | X | | | | |
| Misceláneas | 31 | | X | | | |
| Productos farmacéuticos | 6 | | | | | X |
| Centros odontológicos | 4 | | | | | X |
| Entidades Financieras | 2 | | X | | | |
| Madera | 4 | X | | | | |
| Fabricación de productos metálicos | 11 | | | X | | |
| Actividades industriales | 1 | X | X | | | |
| Panaderías | 5 | X | | | | |
| Cafeterías | 42 | | X | | | |
| Esparcimiento | 14 | | X | | | |
| Servicios estéticos | 11 | | X | | | |
| Lavaderos de carros | 3 | | | | X | |
| Comunicaciones | 5 | | X | | | |
| Bares, cantinas | 21 | | X | | | |
| Alojamiento | 3 | X | | | | |
| Funerarias | 2 | | X | | | |
| Mecánica automotriz | 18 | | | | X | |
| Vidrios | 2 | | X | | X | |
| Atención al público (Administración Municipal) | 1 | | X | | | |
| Atención al público (Hospital) | 1 | X | | | | |
| SECTOR EDUCATIVO | | | | | | |
| Institución Departamental Monseñor Agustín Gutiérrez | 1 | X | X | | | |
| Instituto Vigoski | 1 | X | X | | | |
| PEBI | 1 | X | X | | | |

Fuente: Estudio

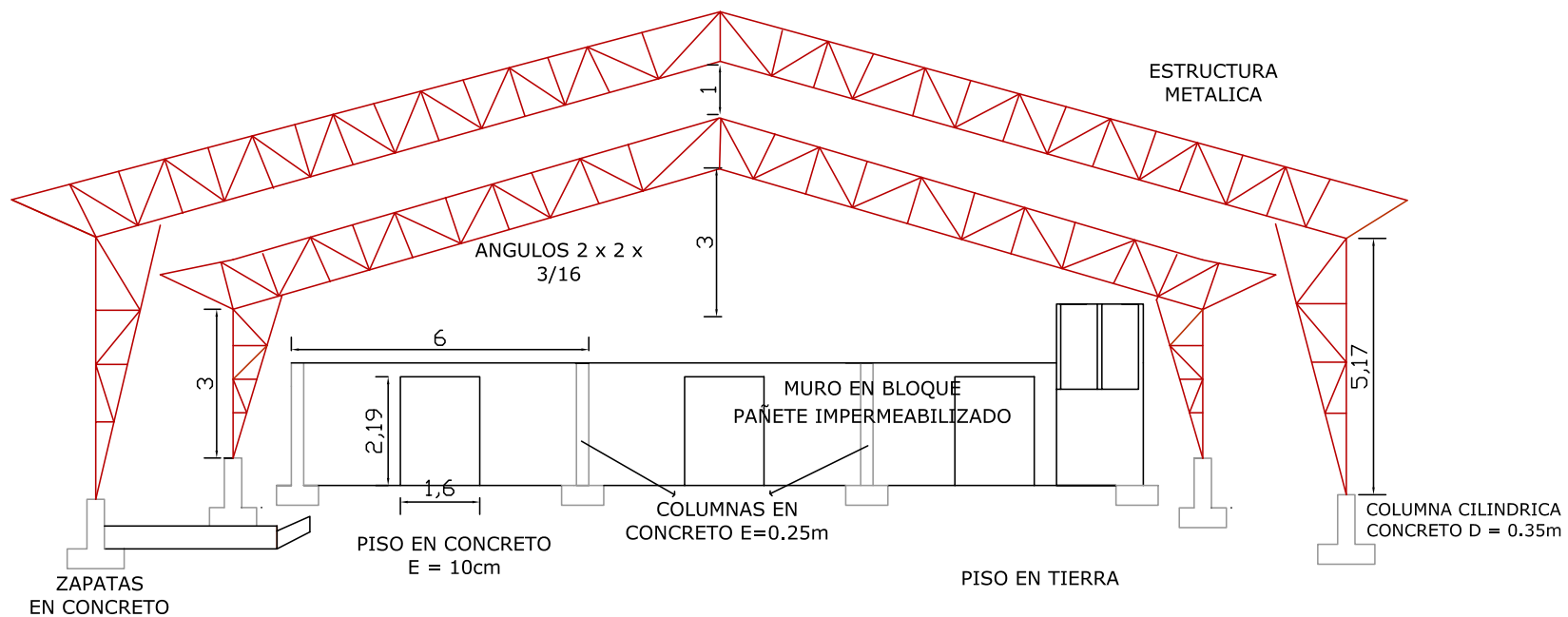
ANEXO D



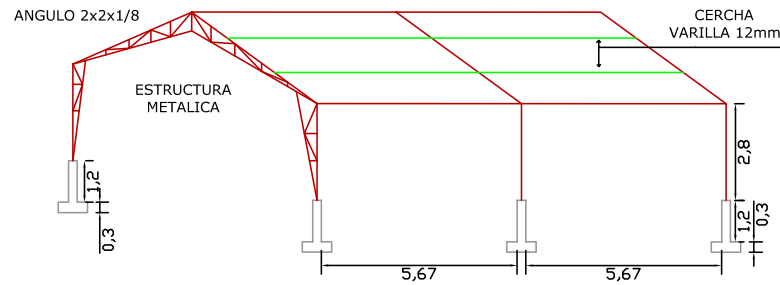
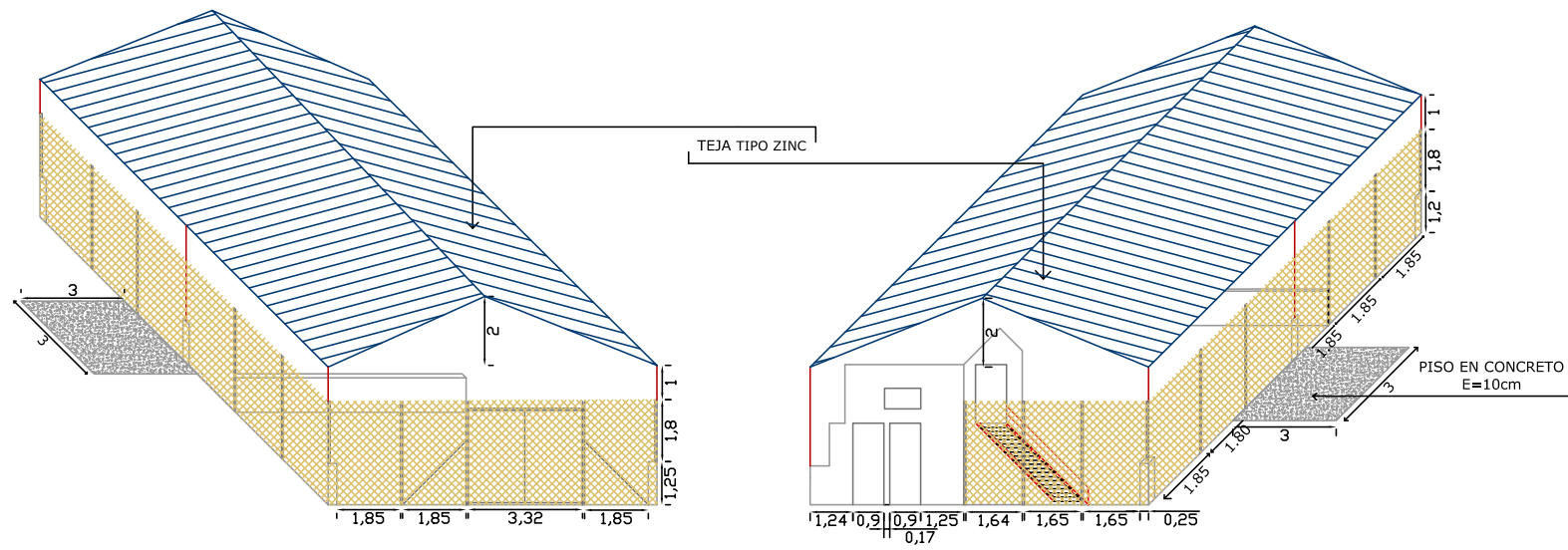
ANEXO E



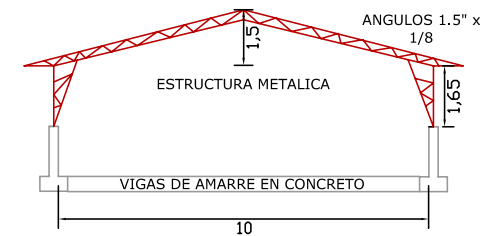
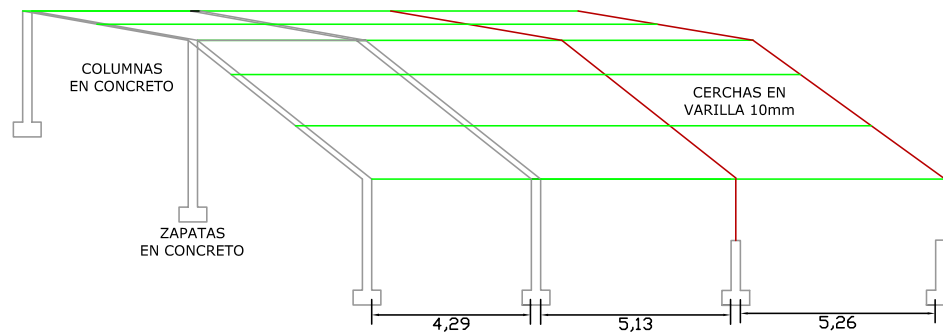
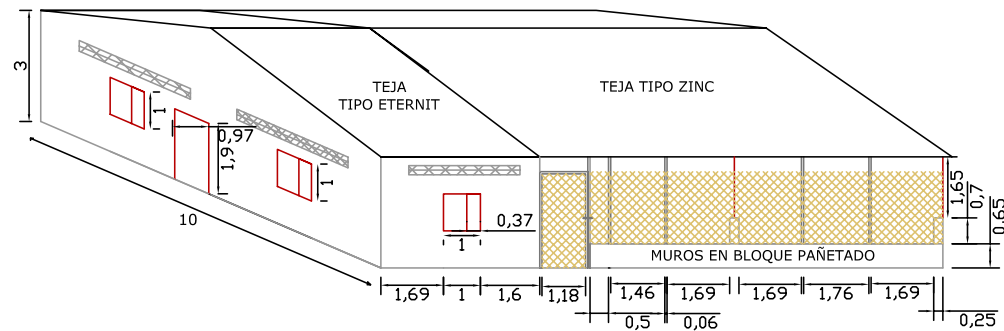
| | | | | |
|-------------|--------------------------------|----------------|---|----------------------------------|
| ANEXO E2 | ENRAMADA COMPOSTAJE AEROBIO | ESCALA 1.25 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS | UNIVERSIDAD DE LA SALLE |
| | | | FOMEQUE 2007 | INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA |



| | | | | |
|-------------|-----------------------------------|----------------|---|----------------------------------|
| ANEXO E3 | CUARTO DE COMPOSTAJE ANAEROBIO | ESCALA 1.25 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS | UNIVERSIDAD DE LA SALLE |
| | | | FOMEQUE 2007 | INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA |

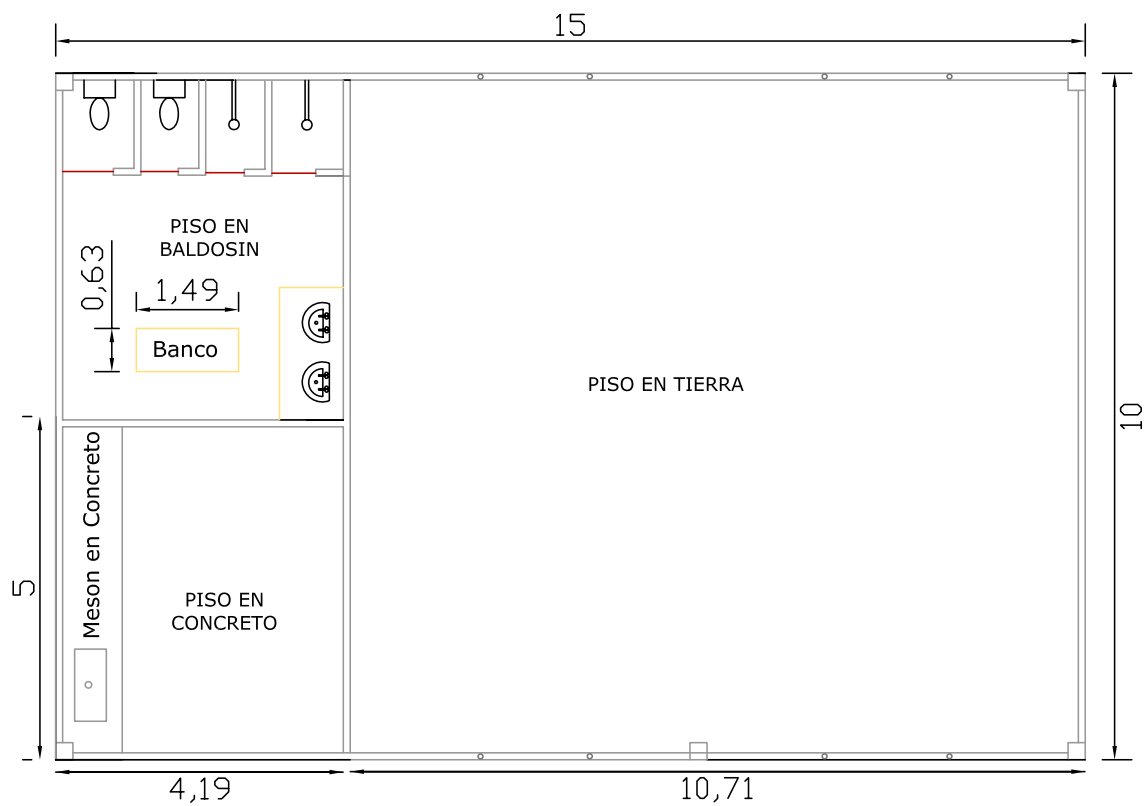


| | | | | |
|-------------|------------------------|----------------|---|----------------------------------|
| ANEXO E5 | CUARTO DE INCINERACION | ESCALA 1.25 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS | UNIVERSIDAD DE LA SALLE |
| | | | FOMEQUE 2007 | INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA |



| CONVENCIONES | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| — | MALLA 1/8 |
| — | TUBO GALVANIZADO 2" |
| — | ESTRUCTURA METALICA (Angulo) |
| — | ESTRUCTURA METALICA (Cerchas) |

| | | | | |
|-------------|--|----------------|---|----------------------------------|
| ANEXO E6 | BIOFABRICA (Fachada y Estructura Metálica) | ESCALA 1.25 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS | UNIVERSIDAD DE LA SALLE |
| | | | FOMEQUE 2007 | INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA |



| CONVENCIONES | |
|--------------|--------------------------------------|
| | Tubo Galvanizado 2" |
| | Puertas en lámina doblada calibre 20 |
| | Enchape en Baldosín |

| | | | | |
|-------------|--------------------------------|----------------|---|----------------------------------|
| ANEXO E7 | BIOFABRICA (Vista de techo) | ESCALA 1.25 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS | UNIVERSIDAD DE LA SALLE |
| | | | FOMEQUE 2007 | INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA |

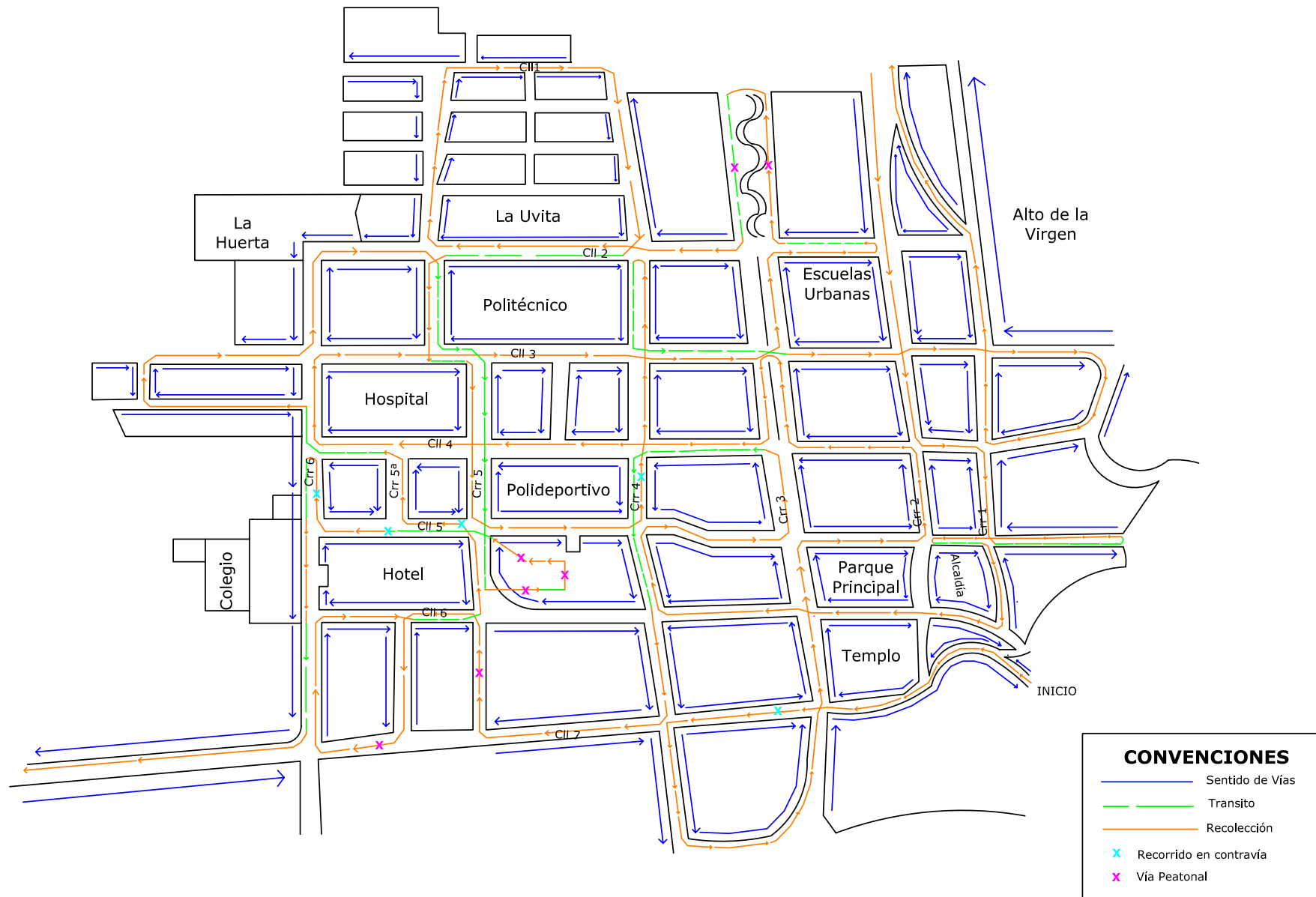
ANEXO F

CONSOLIDACIÓN DE RUTA DE RECOLECCIÓN PGIRS

| Sobre | Desde | Hasta | Volteos | | Km Recolección | Km Transito | Tiempo Horas |
|-----------|-------|-------|-----------|---------|-------------------|----------------|-----------------|
| | | | Izquierda | Derecha | | | |
| CII 7 | Cr 2 | Cr 4 | X | | 0,273 | | 0,068 |
| Cr4 | CII 7 | CII 8 | X | | 0,086 | | 0,022 |
| CII 8 | Cr 4 | Cr 3 | X | | 0,070 | | 0,018 |
| Cr 3 | CII 8 | CII 5 | | X | 0,240 | | 0,060 |
| CII 5 | Cr 3 | Cr 2 | X | | 0,054 | | 0,014 |
| Cr 2 | CII 5 | CII 4 | X | | 0,094 | | 0,024 |
| CII 4 | Cr 2 | Cr 3 | | X | 0,091 | | 0,023 |
| Cr 3 | CII 4 | CII 3 | X | | 0,086 | | 0,021 |
| Cr 3 | CII 3 | CII 4 | | X | 0,086 | | 0,021 |
| CII 4 | Cr 3 | Cr 6 | | X | 0,274 | | 0,068 |
| Cr 6 | CII 4 | CII 3 | | X | 0,078 | | 0,020 |
| CII 3 | Cr 6 | Cr 3 | X | | 0,262 | | 0,066 |
| Cr 3 | CII 3 | CII 2 | | X | 0,065 | | 0,016 |
| CII 2 | Cr 3 | Cr 2 | X | | 0,088 | | 0,022 |
| CII 2 | Cr 2 | Cr 3 | | X | | 0,088 | 0,004 |
| CII 2 | Cr 3 | Cr 5 | | X | 0,188 | | 0,047 |
| Cr 3 | CII 2 | CII 1 | X | | 0,152 | | 0,038 |
| Cr 3 | CII 1 | CII 2 | | X | | 0,152 | 0,008 |
| Cr 5 | CII 2 | CII 1 | | X | 0,108 | | 0,027 |
| CII 1 | Cr 5 | Cr 4 | | X | 0,094 | | 0,024 |
| Cr 4 | CII 1 | CII 2 | | X | 0,108 | | 0,027 |
| CII 2 | Cr 4 | Cr 5 | X | | | 0,111 | 0,006 |
| Cr 5 | CII 2 | CII 3 | X | | 0,071 | | 0,014 |
| Cr 5 | CII 3 | CII 5 | X | | 0,164 | | 0,033 |
| CII 5 | Cr 5 | Cr 4 | X | | 0,086 | | 0,017 |
| Cr 4 | CII 5 | CII 2 | X | | 0,246 | | 0,049 |
| Cr 4 | CII 2 | CII 3 | X | | | 0,078 | 0,004 |
| CII 3 | Cr 4 | Cr 3 | | | | 0,092 | 0,005 |
| CII 3 | Cr 3 | Cr 0 | | X | 0,310 | | 0,078 |
| Cr 0 | CII 3 | CII 4 | | X | 0,091 | | 0,023 |
| CII 4 | Cr 0 | Cr 1 | | X | 0,080 | | 0,020 |
| Cr 1 | CII 4 | CII 7 | | | 0,346 | | 0,086 |
| Vía lavad | CII 1 | ACBC | | | | 0,600 | 0,030 |
| Vía lavad | ACBC | Cr 1 | X | | 0,600 | | 0,150 |
| Cr 2 | CII 7 | CII 4 | X | | 0,334 | | 0,083 |
| CII 4 | Cr 2 | Cr 1 | X | | 0,078 | | 0,020 |
| Cr 1 | CII 4 | CII 5 | X | | 0,094 | | 0,024 |
| CII 5 | Cr 1 | Cr 0 | X | | | 0,106 | 0,005 |
| CII 5 | Cr 0 | Cr 2 | X | | 0,190 | | 0,048 |
| CII 5 | Cr 2 | Cr 1 | | X | | 0,078 | 0,004 |
| Cr 7 | CII 5 | CII 6 | | X | 0,105 | | 0,026 |
| CII 6 | Cr 1 | Cr 4 | | X | 0,273 | | 0,068 |
| Cr 4 | CII 6 | CII 5 | | X | 0,076 | | 0,019 |
| CII 5 | Cr 4 | Cr 3 | X | | 0,103 | | 0,026 |
| Cr 3 | CII 5 | CII 4 | X | | 0,086 | | 0,021 |
| CII 4 | Cr 3 | Cr 4 | X | | | 0,092 | 0,005 |

| Sobre | Desde | Hasta | Volteos | | Km Recolección | Km Transito | Tiempo Horas |
|--------------------|--------------------|--------------------|-----------|---------|-------------------|----------------|-----------------|
| | | | Izquierda | Derecha | | | |
| Cr 4 | CII 4 | CII 6 | | | | 0,148 | 0,007 |
| Cr 4 | CII 6 | CII 7 | | X | 0,093 | | 0,023 |
| CII 7 | Cr 4 | Cr 5 | | X | 0,052 | | 0,013 |
| Cr 5 | CII 7 | CII 6 | X | | 0,076 | | 0,019 |
| CII 6 | Cr 5 | Cr 5 ^a | X | | 0,054 | | 0,014 |
| Cr 5 ^a | CII 6 | CII 7 | | X | 0,078 | | 0,019 |
| CII 7 | Cr 5 ^a | Cr 6 | | X | 0,042 | | 0,011 |
| Cr 6 | CII 7 | CII 6 | | X | 0,076 | | 0,019 |
| CII 6 | Cr 6 | Cr 5 ^a | | | 0,042 | | 0,011 |
| CII 6 | Cr 5 ^a | Cr 5 | X | | | 0,054 | 0,003 |
| Cr 5 | CII 6 | CII 5 | X | | 0,066 | | 0,017 |
| CII 5 | Cr 5 | Cr 5 ^a | | X | 0,043 | | 0,011 |
| Cr 5 ^a | CII 5 | CII 4 | X | | 0,070 | | 0,017 |
| CII 4 | CII 5 ^a | Cr 6 | | X | | 0,035 | 0,002 |
| Cr 6 | CII 4 | CII 3 ^a | X | | | 0,028 | 0,001 |
| CII 3 ^a | Cr 6 | Cr 7 | | X | 0,087 | | 0,022 |
| Cr 7 | CII 3 ^a | CII 3 | | X | 0,050 | | 0,013 |
| CII 3 | Cr 7 | Cr 6 | X | | 0,085 | | 0,021 |
| Cr 6 | CII 3 | CII 2 | | X | 0,074 | | 0,019 |
| CII 2 | Cr 6 | Cr 5 | | X | 0,066 | | 0,017 |
| Cr 5 | CII 2 | CII 3 | X | | | 0,071 | 0,004 |
| Cr 5 | CII 3 | CII 5 | | | | 0,170 | 0,009 |
| Cr 5 | CII 5 | CII 6 | X | | 0,066 | | 0,017 |
| Cr 5 | CII 6 | CII 5 | X | | | 0,066 | 0,003 |
| CII 5 | Cr 5 | Cr 5 ^a | | | | 0,043 | 0,002 |
| CII 5 | Cr 5 ^a | Cr 6 | | X | 0,054 | | 0,013 |
| Cr 6 | CII 5 | CII 4 | X | | 0,070 | | 0,017 |
| Cr 6 | CII 4 | CII 5 | | | | 0,070 | 0,003 |
| Cr 6 | CII 5 | CII 6 | | | 0,080 | | 0,020 |
| Cr 6 | CII 6 | CII 7 | | X | | 0,076 | 0,004 |
| CII 7 | Cr 6 | Matadero | | | 0,352 | | 0,088 |
| | | | Σ=35 | Σ=33 | Σ=7,510 | Σ=2,160 | Σ=1,957 |

Fuente: Estudio



| | | | | |
|------------|------------------------------|----------------|---|----------------------------------|
| ANEXO F | RUTA DE RECOLECCION PGIRS | ESCALA 1.25 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS | UNIVERSIDAD DE LA SALLE |
| | | | FOMEQUE 2007 | INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA |

ANEXO G

LINEA BASE AMBIENTAL

La línea base se define como un conjunto de indicadores seleccionados para el seguimiento y la evaluación sistemáticos de políticas y programas¹, corresponde al diagnóstico ambiental del área donde se desarrolla o funciona el proyecto, en este caso el área donde opera la planta de tratamiento de residuos sólidos; este diagnóstico busca determinar los cambios que genera cualquier tipo de proyecto en el ambiente, para nuestro caso se desarrollará con base en la matriz de Leopold, ya que esta permite entrelazar los elementos del medio ambiente con las acciones que pueden alterarlo.

MATRIZ DE LEOPOLD

Es una matriz en la que las entradas, según columnas, son acciones del hombre que pueden alterar el medio ambiente, y las entradas, según filas, son características del medio (factores ambientales) que pueden ser alteradas. Un primer paso para la utilización de la matriz de Leopold consiste en la identificación de las interacciones existentes, para lo cual se consideran primero todas las acciones (columnas) que pueden tener lugar dentro del proyecto en cuestión. Posteriormente, y para cada acción, se consideran todos los factores ambientales, trazando una diagonal en la cuadrícula correspondiente a la columna (acción) y fila (factor) considerados. Una vez hecho esto para todas las acciones, se tendrán marcadas las cuadrículas que representan las interacciones (o efectos) que se deben tener en cuenta. Una vez que se han marcado todas las cuadrículas que representan impactos posibles se procede a la evaluación individual de los más importantes. Cada cuadrícula admite dos valores:

Magnitud.

Según un número del 1 al 5, en la que el 5 corresponde a la alteración máxima provocada en el factor ambiental considerado, y el 1, a la mínima.

Magnitud del Impacto en Leopold

| Escala Cuantitativa | Escala Cualitativa | Escala Cualitativa |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| +/- 5 | MUY ALTO | 80 -100% |
| +/- 4 | ALTO | 60 – 79% |
| +/- 3 | MEDIO | 40 – 59% |

¹ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Línea Base de Indicadores. Bogotá DC Julio de 2004. 25p

| | | |
|-------|----------|----------|
| +/- 2 | BAJO | 20 – 39% |
| +/- 1 | MUY BAJO | 1 – 19% |

Fuente: Estudio

Importancia.

La importancia o ponderación, representa el impacto considerado en el resto de los impactos

Importancia del Impacto

| Escala Cuantitativa | Escala Cualitativa |
|----------------------------|---------------------------|
| 5 | MUY ALTO |
| 4 | ALTO |
| 3 | MEDIO |
| 2 | BAJO |
| 1 | MUY BAJO |

Fuente: Estudio

La matriz de Leopold permite identificar los impactos y proporcionar un desarrollo visual de los elementos impactados y de las principales acciones que causen impactos.

La matriz de Leopold se desarrolla, teniendo como referencia la descripción del sistema operativo desde el proceso de descargue y selección desarrollados dentro de la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio.

| Componente ambiental | Indicador general | Indicador específico | PROCESOS | | | | | | | Σ(-) | Σ(+) |
|----------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|---------------|--------------|-----------------|-------------------|--------|--------|-------|
| | | | Descargue y selección | Compostaje aerobia | Lombricultura | Enfriamiento | Tamiz y cernido | Disposición final | | | |
| ATMOSFÉRICO | Meteorológicos | Temperatura | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | | 30/30 |
| | | Precipitación | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | | 30/30 |
| | | humedad | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | | 30/30 |
| | | Vientos | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | | 30/30 |
| | | Radiación | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | | 30/30 |
| | Calidad aire | Material particulado | 4/-3 | 4/-4 | 4/-2 | 4/3 | 4/-4 | 4/-4 | 4/-4 | -17/20 | 3/4 |
| | | Ruido | 4/-2 | 4/2 | 4/-4 | 4/5 | 4/-4 | 4/-3 | 4/-3 | -13/16 | 7/8 |
| | | Gases | 5/1 | 5/-4 | 5/-2 | 5/5 | 5/5 | 5/-4 | 5/-4 | -16/15 | 11/15 |
| Olores | | 5/-4 | 5/-5 | 5/-1 | 5/3 | 5/-2 | 5/-4 | 5/-4 | -16/25 | 3/5 | |
| GEOSFERICO | Geomorfológico | Erosión | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/-5 | -5/5 | 25/25 | |
| | Edafología | Rangos de contaminación | 3/-4 | 3/-5 | 3/-2 | 3/5 | 3/5 | 3/-5 | -16/12 | 10/6 | |
| | Geología | Geotecnia | 5/-1 | 5/-5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/-5 | -11/15 | 15/15 | |
| HIDROSFERICO | Hidrológica | Hidrológica | 5/-5 | 5/-5 | 5/5 | 5/5 | 5/5 | 5/-5 | -15/15 | 15/15 | |
| BIOSFERICO | Flora | Flora | 5/-4 | 5/-4 | 5/-2 | 5/-2 | 5/-2 | 5/-4 | -18/30 | | |
| | Fauna | Fauna | 5/-4 | 5/-4 | 5/-2 | 5/-2 | 5/-2 | 5/-4 | -18/30 | | |
| ANTROPOSFERICO | Social | Participación | 2/5 | 2/5 | 2/5 | 2/5 | 2/5 | 2/5 | 2/5 | | 30/12 |
| | | Demográficos | 2/5 | 2/5 | 2/5 | 2/5 | 2/5 | 2/5 | 2/5 | | 30/12 |
| | | Servicios | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | 1/5 | | 30/6 |
| | Cultural | Etnoambiental | 5/-3 | 5/-3 | 5/-3 | 5/-3 | 5/-3 | 5/-3 | 5/-3 | -18/30 | |

| | | | | | | | | | | |
|---------|------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| | Económico | Desarrollo | 3 / 2 | 3 / 2 | 3 / 2 | 3 / 2 | 3 / 2 | 3 / 2 | | 12 / 18 |
| PAISAJE | Percepción | Forma | 5 / -4 | 5 / -4 | 5 / -4 | 5 / -4 | 5 / -4 | 5 / -4 | -24 / 30 | |
| | | Color | 5 / -4 | 5 / -4 | 5 / -4 | 5 / -4 | 5 / -4 | 5 / -4 | -24 / 30 | |
| | | Espacio | 5 / -4 | 5 / -4 | 5 / -4 | 5 / -4 | 5 / -4 | 5 / -4 | -24 / 30 | |
| | | $\Sigma(-)$ | 56 / -42 | 57 / -51 | 51 / -30 | 30 / -19 | 43 / -29 | 66 / -58 | | |
| | | $\Sigma(+)$ | 43 / 53 | 47 / 49 | 53 / 62 | 74 / 83 | 61 / 72 | 38 / 47 | | |

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Para la descripción y calificación del impacto ambiental se tendrá en cuenta las distintas formas de disposición final que fueron utilizadas dentro de la planta

Componente Atmosférico.

Los impactos generados en este componente se evidencian en la calidad del aire, procesos como el compostaje aerobio donde la descomposición de la materia orgánica y el volteo de la pilas de compostaje generan olores y gases molestos, además de la dispersión de partículas, y la disposición final de los residuos no aprovechables, ya que en proceso de incineración se emanan gases contaminantes a la atmosfera sin ningún tipo de control.

Componente Geosférico.

El impacto sobre este componente, específicamente sobre la tierra se evidencia en dos procesos:

Compostaje Aerobio. Este proceso es desarrollado en tierra, no cuenta con ningún tipo de impermeabilización que ayude a contrarrestar la infiltración de lixiviados, además, el afloramiento de aguas de ladera en la superficie del suelo incrementa la posibilidad de mezcla de lixiviados con aguas provenientes del afloramiento, esto conlleva al deterioro de la capacidad productiva del suelo y afecta la fauna y la flora del lugar, además de la estabilidad del suelo.

Disposición Final. La carencia de estudios técnicos para llevar a cabo el enterramiento de residuos genera impactos significativos en el suelo, se presenta retención de agua en tiempo de lluvias por falta de drenaje lo que desencadena problemas de estabilidad y alteración de la fauna y flora del lugar, por otro lado la disposición de material no aprovechable en una zona predispuesta a deslizamiento hace que se presenten procesos de erosión que poco a poco van deteriorando la estabilidad del suelo y pueden llegar a debilitar las obras de infraestructura cercanas.

Componente Hidrosférico.

Representado por aguas de ladera que se conducen desde las instalaciones de la planta hasta fuentes de agua superficiales (arroyos y quebradas); presenta un alto riesgo de contaminación debido al represamiento generado dentro de la planta donde tienen contacto directo con residuos en descomposición y por ende con lixiviados.

Componente Biosférico.

La **flora** se verá afectada debido a que la dispersión de gases contaminantes en el aire afecta el medio natural de muchas especies produciendo una reducción en su área.

La **fauna** puede llegar a sufrir un grave impacto ya que debido a la contaminación y a la alteración en la flora que en muchos casos hace parte de su habitat se ven obligados a migrar o simplemente a adquirir procesos de adaptación que chocan con los medios de vida de especies generándose un proceso de competencia que no tiene resultados favorables para ninguna.

Componente Antroposférico.

Representado por la parte social y cultural describe dos tipos de impactos; uno positivo perteneciente a todo el proceso de participación de la comunidad en la selección de los residuos desde la fuente y otro negativo que encierra todo el proceso de adaptación de la población vecina a las instalaciones de la planta, ya que como consecuencia de la alteración del medio ambiente y más exactamente con la dispersión de olores se incrementan las enfermedades respiratorias y con la presencia de vectores y aves de rapiña se afectan las principales actividades productivas de la zona

Componente Paisajístico.

Los procesos desarrollados dentro de la planta de tratamiento generan impactos reveladores en el paisaje, el levantamiento de infraestructura incide directamente en la flora y la fauna de la zona y el asentamiento de vallas y senderos peatonales generan un gran cambio en la imagen del lugar dejando de lado la tranquilidad y la frescura que se percibe en la mayor parte del área rural del municipio.

CALIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Componente Atmosférico.

Meteorología.

En todos los procesos de manejo de los residuos sólidos se da una calificación de **+5** para el indicador meteorológico a excepción de la temperatura en el proceso de compostaje aerobio a la que se califica con **-2**, ya que aquí se presenta un leve incremento a la hora de hacer los volteos

Calidad del aire.

Descargue y selección:

- Al descargar y seleccionar los residuos se desprenden partículas al ambiente, por tal razón se da una calificación de **-3** a la presencia de material particulado
- El impacto por ruido tiene un valor de **-2**, debido al ruido producido por el compactador
- En el proceso se generan gases en muy baja proporción, se da una calificación de **-1**, ya que estos corresponden a los producidos por la presencia de rumanaza proveniente del matadero municipal.
- Al descargar y seleccionar los residuos, estos ya presentan un grado de descomposición por tanto se le da una calificación de **-4** a los olores producidos.

Compostaje aerobio:

- Es este proceso se desprenden importantes cantidades de material particulado y gases al hacer el volteo de las pilas de compostaje, por tanto se le da una calificación de **-4** a estos dos indicadores
- El ruido producido en este proceso es casi nulo, por tanto se le da una calificación de **+4**
- Por la descomposición de los residuos es el proceso que más genera olores, teniendo en cuenta que los productos adicionados para minimizarlos (cal) no proporcionan los resultados esperados, se le da una calificación de **-5**

Lombricultura:

- La presencia de material particulado y gases, se evidencian cuando se lleva a cabo la humectación de las camas (adición de agua), por tanto se da una calificación de **-2** a estos dos indicadores, ya que es un procedimiento de poca riguridad.
- El ruido generado en este proceso es casi nulo, por tanto se le da una calificación de **+4**
- Los olores generados se producen al igual que el material particulado y los gases en el momento de hacer la humectación de las camas, por tal razón merece una calificación de **-1**

Enfriamiento:

- La calidad del aire no sufre grandes cambios en este proceso, sólo se generan pequeñas dispersiones de material particulado y olores por la presencia de vientos en la zona, por esto se da una calificación de **+3** a estos dos indicadores; los demás indicadores merecen una calificación de **+5** al no sufrir ninguna alteración

Tamizado y Cernido:

- Se le da una calificación de **-4** al impacto generado por material particulado ya que al moler y cernir el humus, se desprende gran cantidad de partículas que se dispersan en el ambiente.
- El ruido generado por el molino es alto, para este proceso se hace necesario el uso de protectores auditivos, por tal razón merece una calificación de **-4**
- En este proceso no hay generación de gases, por tanto merece una calificación de **+5**
- Los olores producidos por el humus son muy escasos, por tanto se le da una calificación de **-2**.

Disposición final:

- El proceso de disposición final tiene para material particulado, gases y olores una calificación de **-4**, el material particulado y los gases se deben en mayor proporción al proceso de incineración al igual que la generación de ruido con una calificación de **-3**; los olores se desprenden particularmente del enterramiento de residuos al no haberse hecho bajo técnicas apropiadas.

Componente Geosferico

Geomorfología.

Este indicador no se ve afectado en ningún proceso dentro del manejo de los residuos por tanto se le da una calificación de **+5** a excepción de la disposición final con una calificación de **-5**, debido a los procesos de erosión ocasionados por la acumulación de residuos no aprovechables en zonas de alta pendiente.

Edafología y Geología.

Descargue y selección:

- Para la estratigrafía se da un valor de **-4**, ya que se corre gran riesgo de contaminación en el suelo por el alto contenido de lixiviados.
- El impacto generado por geotecnia tiene un valor de **-1**, ya que al haber presencia de lixiviados, cambian las características físicas del suelo.

Compostaje aerobio:

- Para este proceso el impacto tanto de estratigrafía como de geotecnia tienen un valor de **-5**, ya que no hay ningún tipo de técnica que describa estudios previos de estabilidad y capacidad de carga del suelo y por tanto hay un alto riesgo de contaminación del mismo.

Lombricultura:

- Para este proceso no se describe ninguna técnica, para el manejo de lixiviados, por ende se le da un valor de **-2** al impacto por estratigrafía al presentarse riesgo de contaminación del suelo
- Las camas de lombricultura están construidas bajo condiciones técnicamente apropiadas por tanto se da un valor de **+5** al impacto por geotecnia

Enfriamiento, Tamizado y Cernido:

- Estos procesos se desarrollan en lugares que describen condiciones técnicamente apropiadas para el terreno y no generan ningún riesgo de contaminación, por tanto al impacto por geotecnia y estratigrafía se le da un valor de **+5**

Disposición final:

- En este proceso se hace enterramiento de residuos no aprovechables bajo ninguna técnica de diseño, por esto y por el alto riesgo de contaminación tanto la estratigrafía como la geotecnia tienen una calificación de **-5**.

Componente Hidrosférico.

Hidrología.

- Los procesos de descarga, compostaje aerobio y disposición final al no contar con técnicas que inhiban la infiltración de lixiviados se convierten en una amenaza para los cuerpos de agua cercanos, ya que la haber acumulación de los mismos en tiempo de invierno pueden llegar a contaminarse por procesos de escorrentía, esto les merece una calificación de **-5**.
- Los procesos de lombricultura, enfriamiento y tamizado no generan riesgos para los cuerpos de agua cercanos, por tanto tienen una calificación de **+5**

Componente Biosférico.

Flora. La flora se ve afectada siempre que haya contaminación en el ambiente, la dispersión de material particulado en el aire y la presencia de residuos en el ambiente afectan el medio natural de muchas especies; de acuerdo a esto los procesos que tienen un mayor impacto en este indicador son los de descargue y selección, compostaje y disposición final con una calificación de **-4**, seguido por los procesos de lombricultura, enfriamiento y tamizado con una calificación de **-2**

Fauna. Siempre que haya daño en la flora, habrá daño en la fauna, son componentes biosféricos proporcionales, por lo tanto merece la misma calificación, **-2**.

Componente Antroposférico

Subcomponente Social.

- Durante el proceso de elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), la comunidad (vecina a las instalaciones de la planta y del casco urbano) ha participado activamente acompañados de la administración municipal y la misma administración de la planta, por tanto todos los procesos merecen una calificación de **+5**
- Todos y cada uno de los procesos desarrollados dentro de la planta requieren de recurso humano, esto se ve reflejado en la demanda de mano de obra que a través del tiempo de operación de la planta se ha suplido por población de la misma comunidad, esto justifica una calificación de **+5** en el aspecto demográfico.
- Al ser la planta de tratamiento uno de los sistemas más importantes dentro de las obras de servicios públicos del municipio, merece una calificación de **+5** en todos los procesos, en cuanto a estructura de servicios

Subcomponente Cultural.

- Dentro de este espacio, el impacto etnoambiental tiene una calificación de **-3** en todos los procesos debido al proceso de adaptación que ha tenido la comunidad vecina a las instalaciones de la planta hasta hoy, teniendo en cuenta los problemas presentados por la dispersión de olores y la presencia de aves de rapiña en algunas épocas.

Subcomponente Económico.

- Como resultado de los procesos manejados con los residuos sólidos dentro de la planta, han surgido algunos centros productivos gracias a la comercialización de abono y eventualmente de material reciclable, sin embargo, teniendo en cuenta que las ganancias hacen parte de la administración no se puede decir que en algún momento se haya fortalecido la economía de la región, pues a pesar de que son los pequeños agricultores quienes utilizan el producto deben pagar por él, en este sentido para todos los procesos se da una calificación de **+2**.

Componente Paisajístico.

El impacto por percepción es negativo en todos los procesos, por tanto se le da una calificación de **-4** a todos los procesos teniendo en cuenta que: en cuanto a forma, color y espacio, la planta ocupa un área bastante grande dentro de un espacio netamente rural, con estructuras en concreto que deterioran el paisaje de

la zona y con procesos que de alguna manera han cambiado el estilo de vida de la población cercana

CALIFICACIÓN DEL GRADO DE IMPORTANCIA

Componente Atmosférico.

Meteorología. La temperatura, la precipitación, la humedad y el viento son factores meteorológicos que se encuentran en óptimas condiciones antes de intervenir el medio con una obra de este tipo, merecen una calificación de + 5

Calidad del Aire:

- El material particulado y el ruido son indicadores que se presentan en medio natural, pero se alteran con la presencia de un procesos como los desarrollados dentro de la planta de tratamiento de residuos sólidos, por tanto merecen una calificación de + 4
- La presencia de malos olores y gases contaminantes determina algo equivoco en un medio natural, por lo tanto merece una valor de + 5

Componente Geomorfológico.

- Debido a los procesos meteorológicos comunes en nuestro medio, el suelo y sus ondulaciones son un aspecto importante a tener en cuenta al hora de implementar cualquier tipo de obra, ya que se pueden prevenir posibles procesos de erosión que desestabilicen el terreno, por tanto se le da una calificación de + 5.
- Teniendo en cuenta la importancia del desarrollo de actividades productivas en el sector rural como medio de subsistencia, no se puede descartar la presencia de contaminantes en el suelo por uso excesivo de agroquímicos y fertilizantes, por tal razón a este indicador se le da un valor de + 3
- El suelo, en su medio natural es un indicador importante de la estabilidad y la capacidad de carga, gracias a la conformación que presente en cuanto a la diversidad de rocas y estado de los horizontes, por tanto merece una calificación de + 5.

Componente Hidrosférico.

Hidrología. Las fuentes hídricas son un indicador importante en un medio natural, cuando se presenta contaminación en ellos y no se reestablecen por si solos, se

debe tener en cuenta la presencia de cuerpos extraños, por tanto merece una calificación de **+5**.

Componente Biosférico.

La flora y la fauna son componentes que de acuerdo a su presencia determinan la calidad ambiental de una zona determinada, en su medio natural merecen una calificación de **+5**

Componente Antroposférico.

Subcomponente Social:

- Los indicadores participativo y demográfico merecen una calificación de **+2**, puesto que antes de desarrollarse la implementación de la planta de tratamiento como una obra comunitaria, la población no practicaba ningún método de reducción y selección de residuos, además la administración municipal sólo se preocupaba por prestar un servicio sin interesarse por la educación y participación de la comunidad.
- Como parte de la infraestructura de servicios públicos, la construcción de la planta de tratamiento de residuos sólidos ha sido una obra importante de desarrollo para el municipio, por tal razón y teniendo en cuenta los procedimientos que la antecedieron merece una calificación de **+1**

Subcomponente Cultural:

- La población antes de la construcción de la planta tenía un estilo de vida tranquilo y no tenía ningún tipo de problema con respecto a la contaminación del ambiente que interfiriera con sus labores productivas, por tanto merece una calificación de **+5**
- El nivel económico no ha presentado mayores cambios desde la construcción de la planta de tratamiento de residuos en la población rural, ya que ellos siguen con sus labores productivas, sin embargo teniendo en cuenta la disminución de las tasas retributivas por la prestación del servicio público en el casco urbano, este indicador merece una calificación de **+3**.

Componente Paisajístico.

El sector rural siempre se ha caracterizado por su paisaje, ya que se muestra atractivo al ojo humano, además es un área totalmente tranquila donde se pueden apreciar muchos estilos de vida y goza de un ambiente totalmente sano, por tal razón merece una calificación de **+5**

ANEXO H

DISEÑO EXPERIMENTAL

El conocimiento es un proceso exclusivamente teórico-práctico, donde las ideas e hipótesis deben ser confrontadas permanentemente con los hechos empíricos para poder afirmarlas o negarlas, de ahí la importancia de trazar un modelo conceptual y operativo que permita efectuar tal cometido. El diseño experimental “se ocupa de proporcionar un modelo de verificación que permite contrastar hechos con teorías, y su forma es la de una estrategia o plan general que determina las operaciones necesarias para hacerlo”¹

Análisis de Varianza Anova.

Para este caso se seguirá un diseño que permita comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos, el análisis de varianza Anova, aparece como el diseño más representativo teniendo en cuenta los resultados obtenidos con la caracterización de los residuos sólidos inorgánicos. “ANOVA, del inglés Analysis of Variance, es un test estadístico ideado por Fisher, gran genio inglés que pensó hace más de 60 años como analizar datos simultáneamente cuando tenemos varios grupos y así poder ahorrar tiempo y dinero. Este análisis por lo tanto permite comprobar si existen diferencias entre promedios de tres o más tratamientos y para ello se calcula el valor de F, y es equivalente al test de Student, salvo que éste último solamente sirve para dos grupos”².

Los resultados de un Anova se suelen presentar en una tabla como:

Tabla Anova

| FUENTE VARIACIÓN | SUMA CUADRADOS | GRADOS LIBERTAD | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA |
|------------------|----------------|-----------------|------------------|-------------|
| Tratamientos | SS Trat | a-1 | SS Trat | |
| Error | SSE | N - a | SME | SMTra/SME |
| Total | SST | N - 1 | | |

Fuente: RICARDO, Rafael. *Memorias Diseño Experimental*. Universidad de la Salle. Bogotá. 2005

El primer paso se basa en el establecimiento de las hipótesis (H_0 , H_i) y en definir las principales variables.

- H_0 = No hay diferencias significativas
- $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \mu_9$
- H_i = Si hay diferencias significativas
- $H_i = \mu_1 \neq \mu_j$ par algún par con $i \neq j$

¹ SABINO, Carlos. El Proceso de Investigación. Ed Panamericana. Cap 6. Bogotá. 1992

² MARTINEZ R, Benjamín. Análisis de Varianza Anova. Universidad Mayor. Bioestadística. Chile

- a= Número de tratamientos
- n= Número de observaciones
- N= n x a
- Intervalo de confianza (1- α)

El segundo paso es desarrollar la estadística de prueba como se muestra a continuación:

$$SS_{\text{tratamientos}} = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{n} - \frac{Y^2}{N}$$

$$SST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{N}$$

$$SSE = SST - SS_{\text{tratamientos}}$$

$$SM_{\text{tratamientos}} = \frac{SS_{\text{tratamientos}}}{a - 1}$$

$$SME = \frac{SSE}{N - a}$$

El tercer paso es hallar el valor crítico con base en información estadística (tablas) y el cuarto y último paso es verificar si se aceptan o se rechazan las hipótesis.

Desarrollo del análisis.

El análisis se desarrollará con los registros del muestreo realizado para los residuos inorgánicos así:

| Tipo de residuo | Peso en Kg | | | | | |
|--------------------------|------------|----------|----------|------------|----------|------|
| Fecha | 14/08/07 | 22/08/07 | 28/08/07 | 04/ 08/ 07 | Yi. | Ŷi. |
| Plástico de baja | 1.7 | 1.25 | 1.25 | 1.375 | 5.6 | 1.6 |
| Plástico de alta | 2.25 | 2.75 | 2.5 | 2.5 | 10 | 2.5 |
| Cartón | 1.25 | 1.75 | 1.625 | 2.5 | 7.2 | 1.8 |
| Metal | 0.25 | 0.5 | 0.5 | 1.0 | 2.3 | 0.58 |
| Papel | 1.5 | 1.75 | 2.0 | 1.75 | 7 | 1.8 |
| Icopor | 0.062 | 0.125 | 0.125 | 0.5 | 0.812 | 0.2 |
| Tela | 0.25 | 0.75 | | 0.5 | 1 | 0.25 |
| Vidrio | 2.25 | 1.875 | 1.25 | 1.75 | 7.2 | 1.8 |
| Material No aprovechable | 3.75 | 2.75 | 3.75 | 2.75 | 13 | 3.3 |
| | | | | | Y..=54.1 | |

Establecimiento de hipótesis:

a= Número de tratamientos

a= 9

n= Número de observaciones

n= 4

Para efectos de cálculos se harán con un intervalo de confianza (1-α) del 95%

N= n x a

N= (4 x 9) = 36

Desarrollo estadístico:

$$SS_{\text{tratamientos}} = \sum_{i=1}^a \frac{Y_i^2}{n} - \frac{Y^2}{N}$$

$$SS_{\text{tratamientos}} = \sum_{i=1}^a \frac{(5.6)^2 + (8.5)^2 + (13)^2}{4} - \frac{(54.1)^2}{36}$$

$$SS_{\text{tratamientos}} = 33.7$$

$$SST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{N}$$

$$SST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (1.7)^2 + (1.25)^2 + \dots (2.75)^2 - \frac{(54.1)^2}{36}$$

$$SST = 36.7$$

$$SSE = SST - SS_{\text{tratamientos}}$$

$$SSE = 36.7 - 33.7$$

$$SSE = 2.95$$

$$SM_{\text{tratamientos}} = \frac{SS_{\text{tratamientos}}}{a - 1}$$

$$SM_{\text{tratamientos}} = \frac{33.7}{9 - 1}$$

$$SM_{\text{tratamientos}} = 3.74$$

$$SME = \frac{SSE}{N - a}$$

$$SME = \frac{2.95}{36 - 9}$$

$$SME = 0.109$$

$$F_o = \frac{SM_{tratamientos}}{SME}$$

$$F_o = \frac{3.74}{0.109}$$

$$F_o = 34.3$$

Resultados Análisis de Varianza Anova

| FUENTE VARIACIÓN | SUMA CUADRADOS | GRADOS LIBERTAD | CUADRADOS MEDIOS | F CALCULADA |
|------------------|----------------|-----------------|------------------|-------------|
| Tratamientos | 33.7 | 8 | 33.7 | |
| Error | 2.95 | 27 | 0.109 | 34.3 |
| Total | 36.7 | 35 | | |

Fuente: Estudio

Valor Crítico:

$F_{\alpha}(a-1, N-a)$

$F_{0.05}(8,27)$

$F = 3.69$

Ahora, como $F_o > F_{\alpha}$ ($F_{calculada} > F_{tabulada}$); se dice que hay diferencia significativa en las muestras.


Con los resultados obtenidos a través de la aplicación del análisis de varianza anova, se puede concluir que hay diferencias significativas entre los promedios de los diferentes muestreos realizados, esto significa, que para hallar la composición física de los residuos no se puede tomar como base de diseño el promedio de los datos obtenidos en la caracterización, por tal razón es necesario aplicar otro modelo que permita verificar si las diferencias se presentan en todos los tipos de residuos o sólo en algunos; para tal fin se aplicará la prueba Duncan.

Prueba Duncan

La Prueba de Duncan “realiza comparaciones por pares utilizando un orden por pasos, establece un nivel de protección en la tasa de error para la colección de

contrastes, en lugar de usar una tasa de error para los contrastes individuales³.

El primer paso es organizar los datos en forma ascendente:

| | | |
|-------------|---|-------------|
| Yi1 = 5.6 | | Yi6 = 0.812 |
| Yi2 = 10 | | Yi7 = 1 |
| Yi3 = 7.2 | | Yi4 = 2.3 |
| Yi4 = 2.3 |  | Yi1 = 5.6 |
| Yi5 = 7 | | Yi5 = 7 |
| Yi6 = 0.812 | | Yi3 = 7.2 |
| Yi7 = 1 | | Yi8 = 7.2 |
| Yi8 = 7.2 | | Yi2 = 10 |
| Yi9 = 13 | | Yi9 = 13 |

Una vez ordenados se calcula el Rp para cada uno, así:

$$Rp = ra(P, n - a)SYi$$

$$SYi = \sqrt{\frac{MSE}{n}}$$

$$SYi = \sqrt{\frac{0.109}{4}}$$

$$SYi = 0.165$$

³ RICARDO, Rafael. Memorias de Diseño Experimental. Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de la Salle. 2005

$$R_2 = 0.05(2.27)0.165$$

$$R_2 = 2.91(0.165)$$

$$R_2 = 0.48$$

$$R_3 = 0.05(3.27)0.165$$

$$R_3 = 3.06(0.165)$$

$$R_3 = 0.50$$

$$R_4 = 0.05(4.27)0.165$$

$$R_4 = 3.14(0.165)$$

$$R_4 = 0.52$$

$$R_5 = 0.05(5.27)0.165$$

$$R_5 = 3.22(0.165)$$

$$R_5 = 0.53$$

$$R_6 = 0.05(6.27)0.165$$

$$R_6 = 3.27(0.165)$$

$$R_6 = 0.539$$

$$R_7 = 0.05(7.27)0.165$$

$$R_7 = 3.31(0.165)$$

$$R_7 = 0.546$$

$$R_8 = 0.05(8.27)0.165$$

$$R_8 = 3.33(0.165)$$

$$R_8 = 0.549$$

$$R_9 = 0.05(9.27)0.165$$

$$R_9 = 3.36(0.165)$$

$$R_9 = 0.55$$

Entonces, si $(Y_i - Y_j) > R_p$. Se dice que SI hay diferencia significativa.

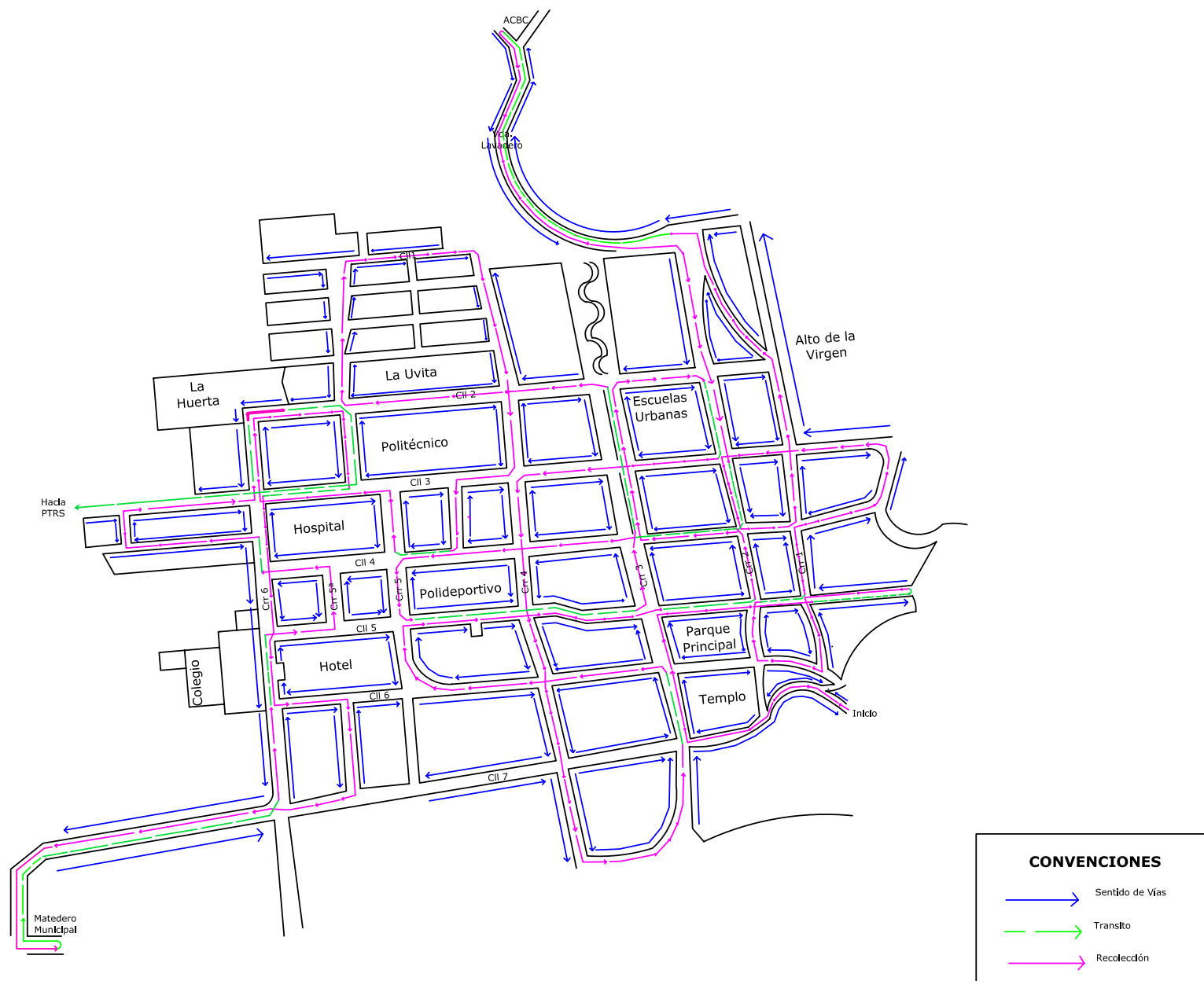
Resultados Prueba Duncan.

| (Y _i -Y _j) | >/< | R _p | Diferencia Significativa | |
|--|-----|--------------------------|--------------------------|----|
| | | | SI | NO |
| Y _{i9} - Y _{i6} = 13 - 0.812 = 12.19 | > | (R _{p9} = 0.55) | x | |

| | | | | |
|--|---|---------------|---|---|
| $Y_{i9} - Y_{i7} = 13 - 1 = 12$ | > | (Rp8 = 0.549) | x | |
| $Y_{i9} - Y_{i4} = 13 - 2.3 = 15.6$ | > | (Rp7 = 0.546) | x | |
| $Y_{i9} - Y_{i1} = 13 - 5.6 = 7.4$ | > | (Rp6 = 0.539) | x | |
| $Y_{i9} - Y_{i5} = 13 - 7 = 6$ | > | (Rp5 = 0.53) | x | |
| $Y_{i9} - Y_{i3} = 13 - 7.2 = 5.8$ | > | (Rp4 = 0.52) | x | |
| $Y_{i9} - Y_{i8} = 13 - 7.2 = 5.8$ | > | (Rp3 = 0.5) | x | |
| $Y_{i9} - Y_{i2} = 13 - 10 = 3$ | > | (Rp2 = 0.48) | x | |
| $Y_{i2} - Y_{i6} = 10 - 0.812 = 9.188$ | > | (Rp8 = 0.549) | x | |
| $Y_{i2} - Y_{i7} = 10 - 1 = 9$ | > | (Rp7 = 0.546) | x | |
| $Y_{i2} - Y_{i4} = 10 - 2.3 = 7.7$ | > | (Rp6 = 0.539) | x | |
| $Y_{i2} - Y_{i1} = 10 - 5.6 = 4.4$ | > | (Rp5 = 0.53) | x | |
| $Y_{i2} - Y_{i5} = 10 - 7 = 3$ | > | (Rp4 = 0.52) | x | |
| $Y_{i2} - Y_{i3} = 10 - 7.2 = 2.8$ | > | (Rp3 = 0.5) | x | |
| $Y_{i2} - Y_{i8} = 10 - 7.2 = 2.8$ | > | (Rp2 = 0.48) | x | |
| $Y_{i8} - Y_{i6} = 7.2 - 0.812 = 7.12$ | > | (Rp7 = 0.546) | x | |
| $Y_{i8} - Y_{i7} = 7.2 - 1 = 6.2$ | > | (Rp6 = 0.539) | x | |
| $Y_{i8} - Y_{i4} = 7.2 - 2.3 = 4.9$ | > | (Rp5 = 0.53) | x | |
| $Y_{i8} - Y_{i1} = 7.2 - 5.6 = 1.6$ | > | (Rp4 = 0.52) | x | |
| $Y_{i8} - Y_{i5} = 7.2 - 7 = 0.2$ | < | (Rp3 = 0.5) | | x |
| $Y_{i8} - Y_{i3} = 7.2 - 7.2 = 0$ | < | (Rp2 = 0.48) | | x |
| $Y_{i3} - Y_{i6} = 7.2 - 0.812 = 7.12$ | > | (Rp6 = 0.539) | x | |
| $Y_{i3} - Y_{i7} = 7.2 - 1 = 6.2$ | > | (Rp5 = 0.53) | x | |
| $Y_{i3} - Y_{i4} = 7.2 - 2.3 = 4.9$ | > | (Rp4 = 0.52) | x | |
| $Y_{i3} - Y_{i1} = 7.2 - 5.6 = 1.6$ | > | (Rp3 = 0.5) | x | |
| $Y_{i3} - Y_{i5} = 7.2 - 7 = 0.2$ | < | (Rp2 = 0.48) | | x |
| $Y_{i5} - Y_{i6} = 7 - 0.812 = 6.19$ | > | (Rp5 = 0.53) | x | |
| $Y_{i5} - Y_{i7} = 7 - 1 = 6$ | > | (Rp4 = 0.52) | x | |
| $Y_{i5} - Y_{i4} = 7 - 2.3 = 4.7$ | > | (Rp3 = 0.5) | x | |
| $Y_{i5} - Y_{i1} = 7 - 5.6 = 1.4$ | > | (Rp2 = 0.48) | x | |
| $Y_{i1} - Y_{i6} = 5.6 - 0.812 = 4.79$ | > | (Rp4 = 0.52) | x | |
| $Y_{i1} - Y_{i7} = 5.6 - 1 = 4.6$ | > | (Rp3 = 0.5) | x | |
| $Y_{i1} - Y_{i4} = 5.6 - 2.3 = 3.3$ | > | (Rp2 = 0.48) | x | |
| $Y_{i4} - Y_{i6} = 2.3 - 0.812 = 1.49$ | > | (Rp3 = 0.5) | x | |
| $Y_{i4} - Y_{i7} = 2.3 - 1 = 1.3$ | > | (Rp2 = 0.48) | x | |
| $Y_{i7} - Y_{i6} = 1 - 0.812 = 0.19$ | < | (Rp2 = 0.48) | x | |

Fuente: Estudio

Según los resultados obtenidos con la aplicación de las pruebas estadísticas, se puede concluir que para los diferentes tipos de residuos analizados se presentan variaciones significativas para un mismo tipo de residuo, por tal razón para establecer la composición física de los mismos es necesario tomar un rango de producción promedio para cada uno, teniendo en cuenta el mayor y el menor peso registrado durante el periodo de muestreo.



| | | | | |
|------------|--|----------------|---|----------------------------------|
| ANEXO H | DISEÑO OPTIMIZACION RUTA DE RECOLECCION | ESCALA 1.25 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS | UNIVERSIDAD DE LA SALLE |
| | | | FOMEQUE 2007 | INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA |

ANEXO I

RUTA DE RECOLECCIÓN

| Sobre | Desde | Hasta | Volteos | | Km Recolección | Km Transito | Tiempo Horas |
|--------------|--------------|-------|-----------|---------|-------------------|----------------|-----------------|
| | | | Izquierda | Derecha | | | |
| CII 7 | Cr 1 | Cr 3 | | X | 0,172 | | 0,043 |
| Cr 3 | CII 7 | CII 5 | | X | 0,153 | | 0,038 |
| CII5 | Cr 3 | Cr 1 | X | | 0,144 | | 0,036 |
| CII 5 | Cr 1 | Cr 0 | X | | | 0,106 | 0,005 |
| CII 5 | Cr 0 | Cr 1 | X | | 0,106 | | 0,026 |
| Cr 1 | CII 5 | CII 6 | | X | 0,105 | | 0,026 |
| CII 6 | Cr 1 | Cr 2 | | X | 0,104 | | 0,026 |
| Cr 2 | CII 6 | CII 5 | | X | 0,062 | | 0,016 |
| CII 5 | Cr 2 | Cr 1 | X | | | 0,078 | 0,004 |
| Cr 1 | CII 5 | CII 4 | | X | 0,095 | | 0,024 |
| CII 4 | Cr 1 | Cr 0 | X | | 0,126 | | 0,031 |
| Cr 0 | CII 4 | CII 3 | X | | 0,091 | | 0,023 |
| CII 3 | Cr 0 | Cr 2 | X | | 0,205 | | 0,051 |
| Cr 2 | CII 3 | CII 4 | X | | 0,098 | | 0,024 |
| CII 4 | Cr 2 | Cr 1 | X | | 0,078 | | 0,020 |
| Cr 1 | CII 4 | CII 1 | | | 0,184 | | 0,046 |
| CII 1 | Vía lavadero | ACBC | X | | | 0,756 | 0,038 |
| Vía lavadero | ACBC | CII 1 | | | 0,600 | | 0,150 |
| Cr 2 | CII 1 | CII 3 | | X | 0,236 | | 0,059 |
| Cr 2 | CII 3 | CII 4 | | X | | 0,098 | 0,005 |
| CII 4 | Cr 2 | Cr 3 | | X | 0,091 | | 0,023 |
| Cr 3 | CII 4 | CII 2 | | X | 0,157 | | 0,039 |
| CII 2 | Cr 3 | Cr 2 | | X | 0,088 | | 0,022 |
| Cr 2 | CII 2 | CII 3 | | X | | 0,071 | 0,004 |
| CII 3 | Cr 2 | Cr 4 | X | | 0,197 | | 0,049 |
| Cr 4 | CII 3 | CII 8 | X | | 0,440 | | 0,110 |
| CII 8 | Cr 4 | Cr 3 | X | | 0,070 | | 0,018 |
| Cr 3 | CII 8 | CII 7 | | | 0,080 | | 0,020 |
| Cr 3 | CII 7 | CII 6 | X | | | 0,093 | 0,005 |
| CII 6 | Cr 3 | Cr 5 | | X | 0,250 | | 0,062 |
| Cr 5 | CII 6 | CII 5 | | X | 0,070 | | 0,018 |
| CII 5 | Cr 5 | Cr 3 | X | | 0,203 | | 0,051 |
| CII 5 | Cr 3 | Cr 2 | X | | 0,054 | | 0,014 |
| Cr 2 | CII 5 | CII 4 | X | | 0,094 | | 0,024 |
| CII 4 | Cr 2 | Cr 3 | | | | 0,091 | 0,005 |
| CII 4 | Cr 3 | Cr 5 | X | | 0,213 | | 0,053 |
| Cr 5 | CII 4 | CII 5 | X | | 0,079 | | 0,020 |
| CII 5 | Cr 5 | Cr 3 | X | | | 0,195 | 0,010 |
| Cr 3 | CII 5 | CII 4 | | | 0,086 | | 0,021 |
| Cr 3 | CII 4 | CII 2 | X | | | 0,157 | 0,008 |
| CII 2 | Cr 3 | Cr 5 | | X | 0,204 | | 0,051 |
| Cr 5 | CII 2 | CII 1 | | X | 0,132 | | 0,033 |
| CII 1 | Cr 5 | Cr 4 | | X | 0,094 | | 0,024 |
| Cr 4 | CII 1 | CII 3 | | X | 0,217 | | 0,054 |
| CII 3 | Cr 4 | Cr 5 | X | | 0,040 | | 0,010 |
| Cr 5a | CII 3 | CII 4 | | X | 0,078 | | 0,020 |
| CII 4 | Cr 5a | Cr 5 | | X | 0,035 | | 0,009 |
| Cr 5 | CII 4 | CII 3 | X | | 0,078 | | 0,020 |

| Sobre | Desde | Hasta | Volteos | | Km Recolección | Km Transito | Tiempo Horas |
|--------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|-------------------|------------------|------------------|
| | | | Izquierda | Derecha | | | |
| CII 3 | Cr 5 | Cr 6 | | X | 0,086 | | 0,021 |
| Cr 6 | CII 3 | CII 2 | | X | 0,074 | | 0,019 |
| CII 2 | Cr 6 | Cr 5 | | X | 0,066 | | 0,017 |
| Cr 5 | CII 2 | CII 3 | | X | 0,071 | | 0,018 |
| CII 3 | Cr 5 | Cr 6 | X | | | 0,066 | 0,003 |
| Cr 6 | CII 3 | CII 6 | X | | 0,242 | | 0,061 |
| CII 6 | Cr 6 | Cr 5 | | X | 0,042 | | 0,011 |
| Cr 5 | CII 6 | CII 7 | | X | 0,078 | | 0,019 |
| CII 7 | Cr 5 | Matadero | X | | 0,403 | | 0,101 |
| CII 7 | Matadero | Cr 6 | X | | | 0,353 | 0,018 |
| Cr 6 | CII 7 | CII 6 | | | 0,076 | | 0,019 |
| Cr 6 | CII 6 | CII 5 | | X | | 0,080 | 0,004 |
| CII 5 | Cr 6 | Cr 5 | X | | 0,046 | | 0,011 |
| Cr 5 | CII 5 | CII 4 | X | | 0,070 | | 0,017 |
| CII 4 | Cr 5 | Cr 6 | | X | 0,035 | | 0,009 |
| Cr 6 | CII 4 | CII 3 ^a | X | | | 0,028 | 0,001 |
| CII 3 ^a | Cr 6 | Cr 7 | | X | 0,087 | | 0,022 |
| Cr 7 | CII 3 ^a | CII 3 | | X | 0,050 | | 0,013 |
| CII 3 | Cr 7 | Cr 6 | X | | 0,085 | | 0,021 |
| Cr 6 | CII 3 | CII 2 | | X | 0,074 | | 0,019 |
| CII 2 | Cr 6 | Cr 5 | | X | 0,066 | | 0,017 |
| Cr 5 | CII 2 | CII 3 | | X | | 0,071 | 0,004 |
| CII 3 | Cr 5 | PTRS | | | | 1,701 | |
| | | | $\Sigma = 30$ | $\Sigma = 33$ | $\Sigma = 7,263$ | $\Sigma = 3,944$ | $\Sigma = 1,928$ |

Fuente: Estudio

ANEXO J

MICRO RELLENO SANITARIO.

Como segundo método de eliminación se propone analizar la posibilidad de construir un micro relleno dentro de las instalaciones de la planta, ya que este sistema representa beneficio ambientales, así como en seguridad pública, la técnica se basa en el confinamiento de los residuos sólidos en un área pequeña, cubriéndolos con capas de tierra y compactándolo para reducir su volumen; este sistema integra el sistema de lixiviados y gases producidos como consecuencia de la descomposición de la materia orgánica. Existen maneras diferentes para construir un relleno sanitario dependiendo de la topografía del terreno escogido, de la fuente del material de cobertura y la profundidad del nivel freático.

Dentro de la planta de tratamiento se cuenta con un área de 5408 m² en la parte alta, este lugar cuenta con factores aptos para la construcción del micro relleno, como la ubicación alejada de los demás procesos de aprovechamiento y su elevación. Según el levantamiento topográfico, se optó por escoger el método de área para el diseño del micro relleno ya que la configuración del terreno presenta depresiones naturales, este método es ideal en áreas relativamente planas, ya que permite depositar los residuos directamente sobre el suelo, elevando el nivel algunos metros, “el relleno sanitario se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno, es decir la basura se vacía en la base del talud, se extiende y se aprisiona contra el, y se recubre diariamente con una capa de tierra de 0.1 a 0.2 m de espesor, se continúa la operación avanzando sobre el terreno”¹.

Dentro de las ventajas del micro relleno se tienen:

- Recibe todo tipo de residuo sólido
- Genera mano de obra no calificada
- Se puede ubicar dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento
- Puede empezar a funcionar en corto tiempo
- Es un sistema flexible, ya que no requiere instalaciones permanentes y es apto para recibir cantidades adicionales de desechos sin necesidad de incrementar la mano de obra.

Los residuos que van hacia el relleno corresponden a aquellos que no se pueden eliminar por el método de incineración, entonces, contando con un 60% de los residuos no aprovechables, más un 10% de escorias y cenizas proveniente de los residuos eliminados por incineración, el diseño del micro relleno debe partir de una cantidad de 1837 Kg de residuos semanales.

Para la realización de los cálculos correspondientes para la elaboración del diseño

¹ JARAMILLO, Jorge. Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Residuos Sólidos Municipales. Washington DC. Septiembre de 1991

del micro relleno, se recurrió a las memorias de cálculo del área de residuos sólidos de la Universidad de la Salle dictada por la Ingeniera María del Carmen Robayo, y la guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, de acuerdo a esto se tiene que:

- Cantidad de residuos semanales. Teniendo en cuenta que la producción per cápita aumenta en un 1% anual, y el diseño del micro relleno se proyecta para un periodo 10 años.

$$Cantidad\ Residuos = 1837 \frac{Kg}{Sem} + 1\%$$

- Para el primer año (2008):

$$Cantidad\ Residuos = 1855 \frac{Kg}{Sem}$$

- Producción anual:

$$PA = P_{Sem} * 48Sem$$

$$PA = \frac{1855Kg}{Sem} * 48Sem$$

$$PA = \frac{89040Kg / Año}{1000}$$

$$PA = \frac{89.ton}{Año}$$

- Volumen de los residuos compactados semanalmente.

$$\delta ResiduosCompactados = \frac{450Kg}{m^3}$$

$$VS = \frac{Kg / Sem}{\delta ResiduosCompactados}$$

$$VS = \frac{1855Kg / Sem}{450Kg / m^3}$$

$$VS = 4.1 \frac{m^3}{Sem}$$

- Volumen de residuos estabilizados.

$$\delta \text{Residuos Compactados} = \frac{600 \text{ Kg}}{m^3}$$

$$VE = \frac{\text{Kg} / \text{Sem}}{\delta \text{Residuos Estabilizados}}$$

$$VE = \frac{1855 \text{ Kg} / \text{Sem}}{600 \text{ Kg} / m^3}$$

$$VE = 3.1 \frac{m^3}{\text{Sem}}$$

- Volumen de los residuos compactados anualmente.

$$VA = 3.1 \frac{m^3}{\text{Sem}} * 48 \text{ Sem}$$

$$VA = \frac{148.8 m^3}{\text{Año}}$$

- Volumen del micro relleno sanitario. El volumen del micro relleno está conformado por los desechos sólidos y el material de cobertura, en este caso se estima un 20% del volumen de basuras.

$$VRS = VA * MC$$

$$MC = \text{Factor de Material de Cobertura}$$

$$VRS = \frac{148.8 m^3}{\text{Año}} * 1.2$$

$$VRS = 178.6 \frac{m^3}{\text{Año}}$$

- Área requerida, asumiendo una profundidad de 1m.

$$A = \frac{V_{\text{anual}}}{\text{profundidad}}$$

$$A = \frac{178.6m^3 / año}{1m}$$

$$A = 178.6m^2$$

- Área total requerida, para esta se debe tener en cuenta el acondicionamiento de vías de penetración y áreas de aislamiento entre otras, por lo tanto se considera un factor de aumento del 20%.

$$AT = ARS * F$$

$$AT = 178.6m^2 * 1.2$$

$$AT = 214.3m^2$$

Volumen y Área Micro Relleno Sanitario

| AÑO | PRODUCCION RESIDUOS | | | VOLUMEN RESIDUOS | | | MICRO RELLENO | | AREA REQUERIDA | |
|------|---------------------|-------|-------|------------------|-------|--------|---------------|------|----------------|--------|
| | Kg/Sem | T/año | Acum | m³/Sem | Estab | m³/Año | VRS | Acum | A(m²) | AT(m²) |
| 2008 | 1855 | 89 | 89 | 4.12 | 3.1 | 149 | 179 | 179 | 179 | 214 |
| 2009 | 1874 | 90 | 179 | 4.16 | 3.12 | 150 | 180 | 359 | 359 | 431 |
| 2010 | 1893 | 91 | 270 | 4.20 | 3.15 | 151 | 181 | 540 | 540 | 648 |
| 2011 | 1912 | 91.7 | 361.7 | 4.25 | 3.18 | 153 | 184 | 724 | 724 | 869 |
| 2012 | 1931 | 92.6 | 454.3 | 4.29 | 3.22 | 155 | 186 | 910 | 910 | 1092 |
| 2013 | 1950 | 93.6 | 547.9 | 4.33 | 3.25 | 156 | 187 | 1097 | 1097 | 1316 |
| 2014 | 1970 | 94.6 | 642.5 | 4.37 | 3.29 | 158 | 190 | 1287 | 1287 | 1544 |
| 2015 | 1990 | 95.5 | 738 | 4.42 | 3.31 | 159 | 191 | 1478 | 1478 | 1777 |
| 2016 | 2010 | 96.5 | 834.5 | 4.46 | 3.35 | 161 | 193 | 1671 | 1671 | 2005 |
| 2017 | 2030 | 97.4 | 931.9 | 4.48 | 3.38 | 162 | 194 | 1865 | 1865 | 2238 |

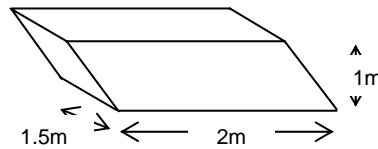
Fuente: Estudio

- Impermeabilización del terreno. El terreno debe ser impermeabilizado con arcilla con el fin de alcanzar un aislamiento entre la superficie del suelo y los residuos sólidos, la capa de arcilla debe tener un altura entre 0.6 y 1.0m. cabe anotar que para este caso no es necesario colocar geomembrana ya que la producción de residuos no alcanza 1000Ton/día

$$MI = 2238m^2 * 0.6m$$

$$MI = 1343m^3$$

- Volumen de las celdas. Por la configuración del terreno conviene diseñar las celdas de forma rectangular con cierta inclinación, de tal forma que se apoyen contra el talud natural del terreno seleccionado.



$$VC = L * L * A$$

$$VC = 2m * 1.5m * 1m$$

$$VC = 3m^3$$

Según esta proporción y la demanda de residuos, cada cinco días se estaría conformando una celda.

- Volumen total según el número de celdas al año, sabiendo que en un mes se conforman dos celdas.

$$NúmeroCeldas = \frac{365días}{5celdas}$$

$$NúmeroCeldas = 73 \frac{celdas}{año}$$

$$VT = VC * Nceldas$$

$$VT = 3m^3 * 73$$

$$VT = 219m^3$$

- Material de cobertura. La cobertura debe ser de 0.1 – 0.2m en dos etapas, cada una de 0.05 - 0.1m, con un intervalo de un mes aproximadamente para tratar de cubrir los asentamientos que se produzcan.

$$MC = 0.2m * 2238m^2$$

$$MC = 447.6m^3$$

$$MC_{mes} = \frac{447.6m^3}{2}$$

$$MC_{mes} = 223.8m^3$$

- Producción de lixiviados. Tomando como base que del 100% de los residuos sólidos el 50% es material biodegradable y de este el 35% representa el contenido de humedad, la producción de lixiviados en los cinco primeros años es del 80% y el 20% restante se distribuye en los siguientes años; de acuerdo a esto, se tiene una producción de 70 litros de lixiviados por tonelada de residuos, para una producción unitaria de 56L/ton durante los cinco primeros años (descomposición rápida) y 14L/ton durante los siguientes años(descomposición lenta).

Para el caso concreto del micro relleno y bajo el argumento de que los residuos a disponer son de carácter inorgánico, se deduce que la generación de lixiviados es nula, sin embargo para fines de diseño se tomará el dato correspondiente a la descomposición lenta (14L/ton) con el fin de prevenir cualquier eventualidad.

Producción de Lixiviados en el Micro Relleno Sanitario

| AÑO | RESIDUO TON /AÑO | RESIDUOS BIODEGRADABLES TON | CONTENIDO DE HUMEDAD TON | LIXIVIADOS TON/AÑO |
|------|---------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 2008 | 89 | 44.5 | 15.57 | 217.8 |
| 2009 | 90 | 45 | 15.75 | 220.5 |
| 2010 | 91 | 45.5 | 15.92 | 222.8 |
| 2011 | 91.7 | 45.9 | 16.06 | 224.8 |
| 2012 | 92.6 | 46.3 | 16.2 | 226.8 |
| 2013 | 93.6 | 46.8 | 16.38 | 229.3 |
| 2014 | 94.6 | 47.3 | 16.55 | 231.7 |
| 2015 | 95.5 | 47.8 | 16.73 | 234.2 |
| 2016 | 96.5 | 48.3 | 16.9 | 236.6 |
| 2017 | 97.4 | 48.7 | 17.05 | 238.7 |

Fuente: Estudio

- Producción de gases. El 100%de los residuos es de carácter biodegradable y el 50% del material biodegradable se convierte en gas después del segundo año en proceso de descomposición, de acuerdo a la siguiente escala:

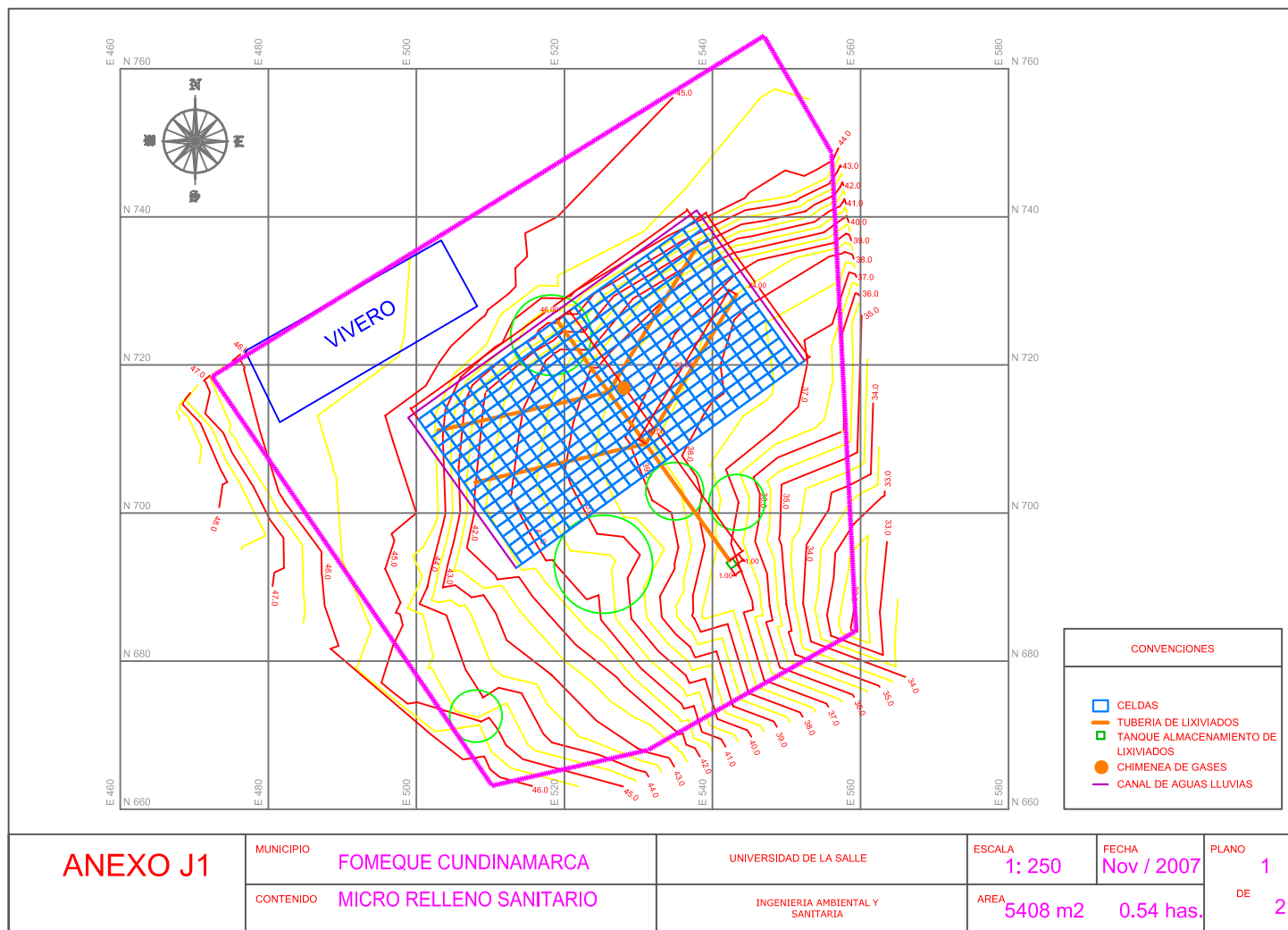
| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Prod. Gas | --- | 50% | 25% | 15% | 10% |

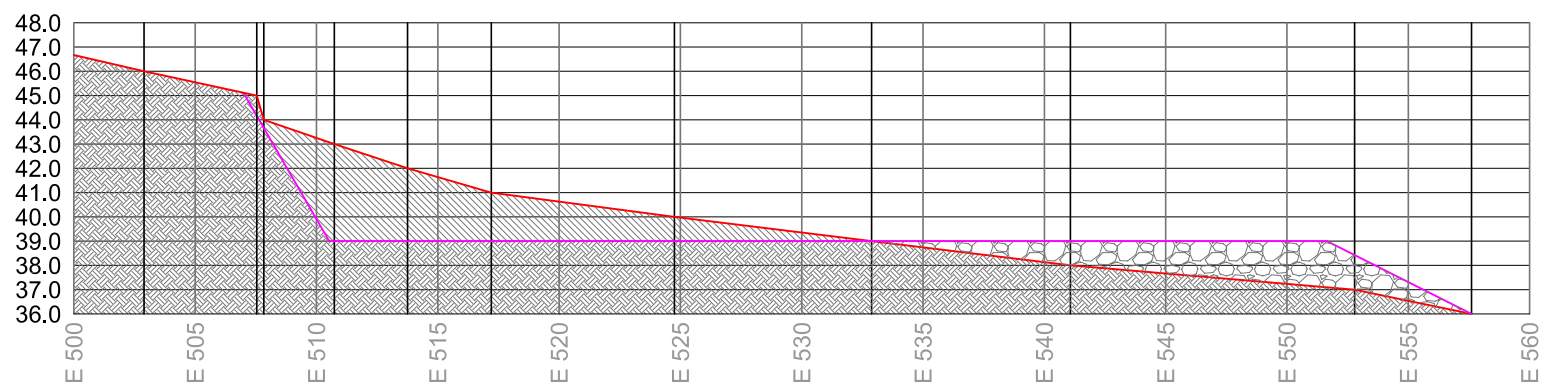
Producción de Gases Micro Relleno Sanitario


| AÑO | RESIDUO TON/AÑO | RESIDUOS BIODEGRADABLES TON | GAS M ³ /AÑO |
|------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 2008 | 89 | 44.5 | |
| 2009 | 90 | 45 | 22.5 |
| 2010 | 91 | 45.5 | 11.4 |
| 2011 | 91.7 | 45.9 | 7.0 |
| 2012 | 92.6 | 46.3 | 4.7 |

Fuente: Estudio

En el diseño del micro relleno sanitario sólo se ubicará una chimenea para gases, ya que la producción es bastante limitada al igual que los lixiviados por tratarse de material inorgánico.

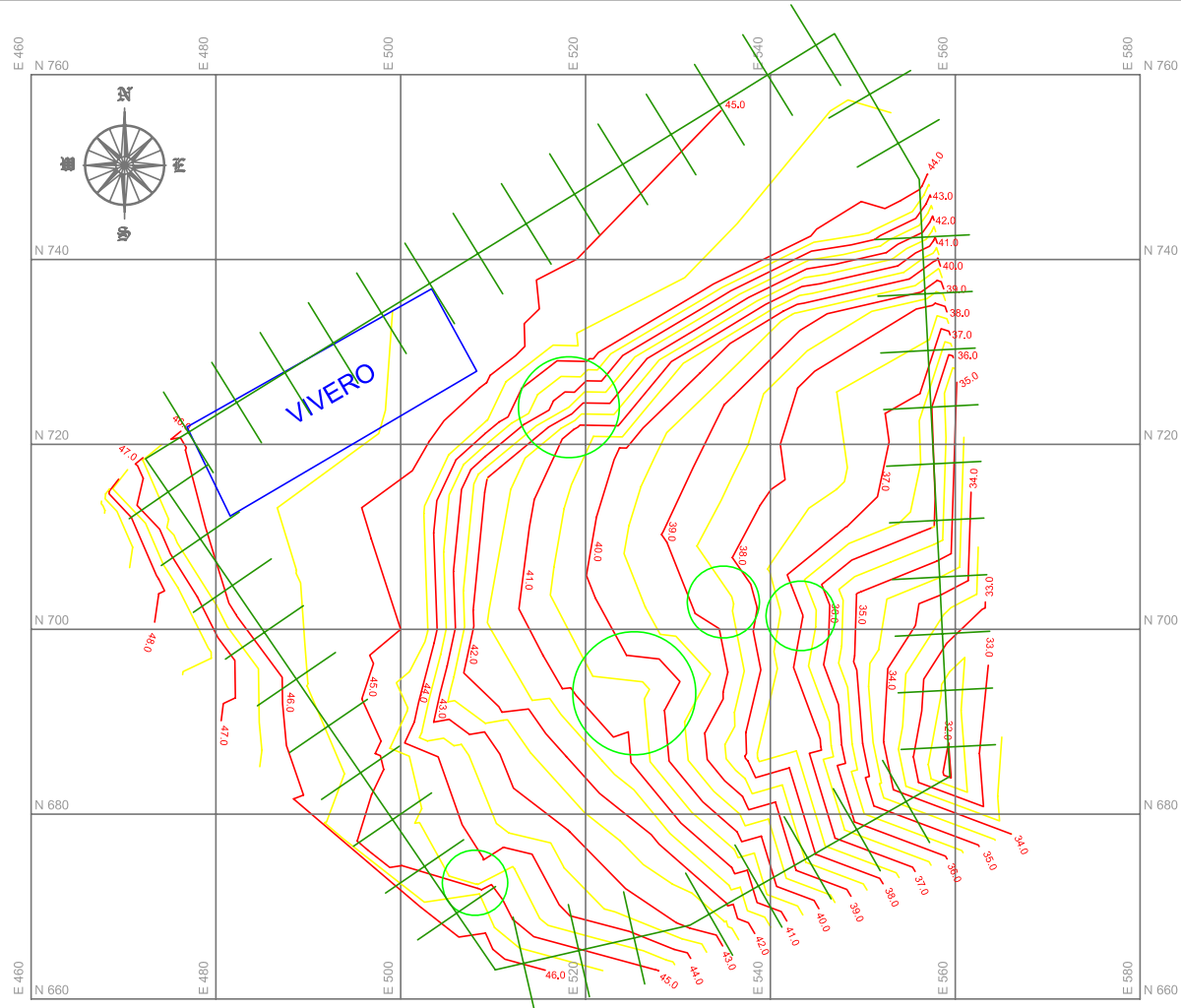




| CONVENCIONES | |
|---|-----------------------------|
| — | PERFIL ORIGINAL DEL TERRENO |
| — | PERFIL CON MICRO RELLENO |
| CELDA | |
|  | EXCAVACIÓN |
|  | RELLENO |
|  | TERRENO NO AFECTADO |

| | | | |
|--|-----------------|---|----------------------------------|
| VISTA DE PERFIL MICRO RELLENO SANITARIO | ESCALA 1.250 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS | UNIVERSIDAD DE LA SALLE |
| | | FOMEQUE 2007 | INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA |

ANEXO K



ANEXO K

MUNICIPIO FOMEQUE (Cundinamarca)

CONTENIDO LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

PROPIETARIO

LEVANTO TOP. JAVIER R. PATIÑO C.
L.P. 00-3874 C P N TESCALA
1: 250AREA
5408 m2FECHA
oct / 2007

0.54 has.

PLANO 1
DE 1

ANEXO L

Bogotá, D.C. Octubre 09 de 2007

Señores

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

Atn: Jenny Rodríguez

Facultad de Ingeniería Ambiental

E-mail: yebris84@yahoo.com / yebris84@gmail.com

Ciudad

Ref. : Suministro de Báscula de Camiones Modelo 7560 Mettler Toledo.

Respetados señores:

Como representantes de Mettler Toledo para Colombia, nos complace presentar a ustedes la oferta de una (01) báscula para camiones modelo 7560 Truckmate.

El Modelo 7560 es una báscula de plataforma en concreto y acero para trabajo comercial (pesaje de vehículos de carreteras). Los módulos ensamblados en la fábrica eliminan la soldadura en el campo simplificando la instalación. Las opciones de cimientos son: losa de viga flotante, pie variable, foso. Las celdas de carga DigiTOL transmiten una señal poderosa para el pesaje preciso y confiable.

Mettler Toledo como líder mundial en el desarrollo tecnológico de sistemas de pesaje, sumado a la filosofía de servicio de Vansolix S.A. permite a nuestros clientes contar con un respaldo permanente que garantice el perfecto desempeño y alta confiabilidad en sus aplicaciones de peso .

A continuación encontrará una breve descripción del alcance del proyecto entre Universidad de la Salle y Vansolix S.A. .

Descripción del sistema de pesaje

Características y ventajas

- Bajo perfil: 29.2 cm
- 60.000-lb CLC / eje de doble tándem
- La construcción óptima usa concreto de 4.000 psi estándar
- No se requieren hormas o varillas de construcción
- Acero fundido a SSPC-SP6
- Celdas de carga DigiTOL con capacidades de auto-diagnósticos
- Cajas de unión NEMA 4X en acero inoxidable
- Cables con blindaje en acero inoxidable
- Acceso superior a las celdas de carga, las cajas de unión y a la compensación de cargas laterales
- Garantía por cinco años / protección contra rayos StrikeShield
- Acero pintado en epoxi para resistir la corrosión

Especificaciones

| | |
|--------------------------------------|---|
| Capacidad máxima | 80000 kg |
| Precisión de indicación de la pesada | 10 kg |
| Longitud | 4.6m a 39.6m (módulos de 4.6m y 5.3m) |
| Anchura | 3m y 3.4m (ancho opcional de 3.7m para aplicaciones DTA de 45.000-lb) |
| Configuración | Montado sobre el piso o en una fosa |
| Diseño de plataforma | Compuesto de concreto y acero |

Nota:

El equipo se entregará con un protocolo de ajuste de acuerdo a la norma NTC 2031. En caso de requerir un certificado legal de calibración, este será realizado por nuestro Laboratorio de Metrología de Masas y Balanzas, el cuál tiene un costo adicional.

Equipos y accesorios suministrados

- **1 (un) Terminal IND 310**
- 10 (Diez) Celdas de carga digitales
- 10 (Diez) conectores con sus respectivos protectores
- Cableado apantallado en funda de acero para conexión de celdas DigiTOL y Terminal
- Sistema de protección contra rayos (StrikeShield)
- 10 (Diez) receptores superiores para celdas DigiTOL
- 10 (Diez) receptores inferiores para celdas DigiTOL
- ESTRUCTURA METALICA MODULAR DE 18 METROS Fabricada en acero ASTM-A36 Acabados con recubrimiento en pintura epóxica de alta resistencia para protección contra la corrosión.
 - ❖ Longitud Total : 18 m
 - ❖ Compuesta por 4 módulos
 - ❖ Medidas de los módulos:
 - Longitud : 4,50 m
 - Ancho : 3,05 m
 - Altura : 0.20 m

INSTALACION POR PARTE DE VANSOLIX S.A.

- Es responsabilidad de VANSOLIX S.A. instalar las celdas con sus accesorios y entregar la báscula funcionando.
- Asesoría y supervisión de instalaciones eléctricas
- Capacitación de operación y manejo

POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DE LA SALLE

- Facilitará mínimo el 30% de la carga total (24 toneladas) para ajustar la báscula
- Ejecutará la obra civil de acuerdo a los planos entregados por Mettler Toledo, y según especificaciones y planos suministradas por VANSOLIX S.A. dentro de las fechas acordadas.
- Suministro de montacargas para descargar los módulos en el sitio de la obra.
- Suministro de grúa (P.H.) ó montacargas de alta capacidad para desplazar los módulos al sitio de instalación
- Adquisición e instalación de anclajes platinas base

- Vaciado de concreto en los módulos del puente de pesaje

CONDICIONES COMERCIALES

Precio Unitario **\$ 65.000.000.00=**

Plazo de entrega Instalada en la Universidad de la Salle; 75 (Setenta y Cinco) días después de recibido el anticipo y una vez finalizada la obra civil por parte del contratista.

Forma de pago Anticipado 50%, contra entrega de las estructuras en su planta, 40 % y saldo 10% recibido a satisfacción.

Transporte y Fletes No incluidos

PROGRAMA DE GARANTIA VX, INIGUALABLE:

1. Sin costo alguno, VANSOLIX S.A. le brinda tres años de garantía a partir de la fecha de compra por defectos de fabricación en todos los equipos representados y vendidos por la empresa, con las excepciones detalladas en nuestro folleto descriptivo de la garantía.
2. Renovación tecnológica. **VANSOLIX S.A.** garantiza la actualización de sus equipos y reconoce hasta el 40% del valor pagado en los 4 primeros años de vida y hasta el 20% antes del octavo año, como parte de pago por la compra de uno nuevo de tecnología similar o superior.
3. **Mantenimiento preventivo.** Por la compra de los equipos cotizados, VANSOLIX S.A.le ofrece un contrato preferencial que prioriza la programación de sus servicios y garantiza los costos sostenibles a largo plazo.
4. Servicio más justo:
Nuestro sello de "Servicios mas justos" le garantiza la calidad del servicio prestado, asistencia técnica oportuna, tiempos de atención mas cortos y trámites mas sencillos asegurándole la eficiencia requerida por ustedes en el mantenimiento de sus equipos.

Validez de la oferta 30 días a partir de la fecha.

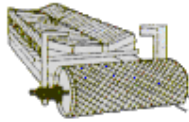
Cordialmente,

VANSOLIX S.A.

ING. RUTH MERY CARDENAS M.
Asesora Industrial

ING. LUIS FERNANDO CAMARGO
Líder Producto METTLER TOLEDO

ANEXO M



Scheimer Ltda

**SISTEMA PARA MANEJO DE MATERIALES
BANDAS TRANSPORTADORAS, PUENTES, GRUAS,
MONTACARGAS, ASCENSORES Y PORTICOS**



BOGOTA DC; 08 DE OCTUBRE DE 2007

SEÑORES:

ALCALDIA MUNICIPAL DE FOMEQUE

FOMEQUE / CUNDINAMARCA

AT: SEÑORITA YENNI RODRIGUEZ

E MAIL: yebris84@gmail.com

Respetados Señores:

Atendiendo a su amable solicitud de cotización, para el diseño, fabricación y montaje de un sistema para la clasificación de basuras.

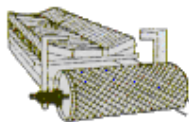
ESPECIFICACIONES TECNICAS

1. TOLVA DE RECIBO:

- lamina HR calibre ¼ pulgadas, ángulo 3/16 pulgadas por 2 pulgadas, canal U de 4 pulgadas.
- Medidas: ancho 2.00 metros de ancho por 2.00 metros de fondo por 1.00 metro de boca descarga, con altura de 2.50 metros.
- Compuerta dosificadora.
- Pintura anticorrosiva y final.

2. BANDA TRANSPORTADORA PARA CLASIFICACION:

- chasis en lamina HR calibre 1/8 pulgadas por 3 centímetros por 13 centímetros por 90 centímetros por 10.00 metros de longitud.
- Soportes en canal de lamina con altura graduable entre 0.80 a 1.00 metro. moto reductor ranfe con motor siemens de 3 HP a 220/440 voltios.
- Banda icobandas dos (2) lonas nylon caucho-antifricción de 80 centímetros de ancho.
- Unidad motriz con rodillo de 6 pulgadas diámetro y base para moto reductor.
- Unidad tensora con rodillo de 4 ½ pulgadas y sistema tensor.
- Unidad de transmisión por piñones y cadena asa No. 80
- Rodillos de retorno, distanciadores tornilleria y demás accesorios.



Scheimer Ltda

SISTEMA PARA MANEJO DE MATERIALES
BANDAS TRANSPORTADORAS, PUENTES, GRUAS,
MONTACARGAS, ASCENSORES Y PORTICOS

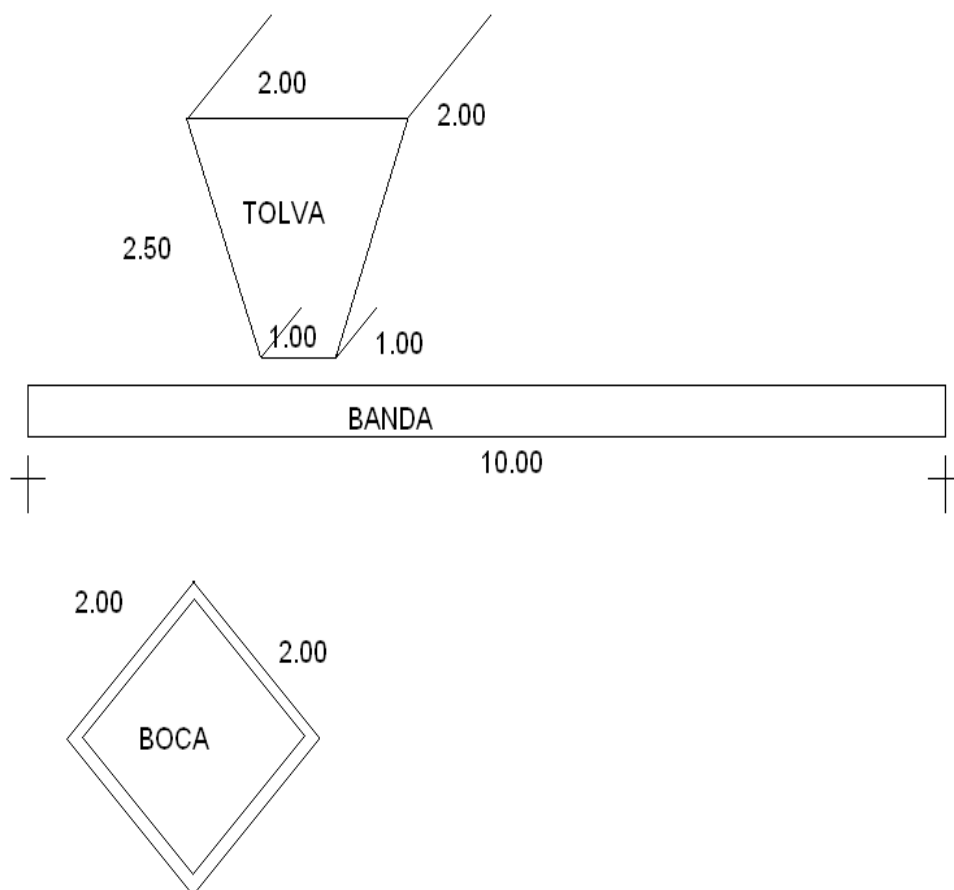


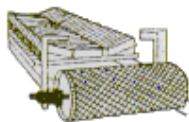
- Sistema eléctrico en tablero a 220/440 voltios.
- Pintura electroestática del color elegido por el cliente.

El valor de este sistema es de:

VEINTIOCHO MILLONES DE PESOS MONEDA LEGAL \$ 28.000.000

MAS EL 16% DE IVA





Scheimer Ltda

SISTEMA PARA MANEJO DE MATERIALES
BANDAS TRANSPORTADORAS, PUENTES, GRUAS,
MONTACARGAS, ASCENSORES Y PORTICOS



CONDICIONES COMERCIALES

- Plazo de entrega: treinta (30) días hábiles a partir de la aprobación
- Forma de pago: 60% anticipo y 40% contra entrega
- Garantía: Doce (12) meses por defectos de fabricación
- Validez de la oferta: Treinta (30) días a partir de la fecha

Agradeciendo la atención prestada a la presente y en espera de prestarle nuestros servicios.

Atentamente,

MIGUEL ANGEL SOSA

CEL. 311-4774360

ANEXO N



Bogotá, 28 de Septiembre de 2.007

ROTA TERRA Ltda.
NIT 80.006.607-1

Señores:
ALCALDIA MUNICIPAL DE FÓMEQUE.
Fómeque – Cundinamarca.

Ref.: Cotización Bio-Trituradores #70928B1

Apreciados Señores:

Adjuntamos cotización para los siguientes Bio-Trituradores de residuos vegetales aptos para una producción de 8 Ton/semana. Así para que puedan escoger entre estos 2 equipos alternativos:

BIO-350 :

Producción aproximada : de 300 a 700 Kg / hora de acuerdo al tipo de motor, material y su humedad.

Número de cuchillas : 2 móviles y 1 contra-cuchilla fija.

Rotación del volante : 2.500 a 3.000 RPM.

Diámetro del volante : 300 mm

Motores requeridos : 3 HP con electricidad, de 4 a 6 HP para gasolina o diesel.

Precio de la máquina sobre carro de 2 ruedas tipo carretilla y con motor eléctrico bifásico (220 V) marca WEG (Brasil).....\$ 2.100.000

Precio de la máquina sobre carro de 2 ruedas tipo carretilla y con motor a gasolina €MOTOR (China) eje vertical de 5 HP\$ 2.650.000

DRUM-3:

Producción aproximada : de 800 a 2.000 Kg/ hora de acuerdo al motor, tipo de material y su humedad.

Número de cuchillas : 3 móviles y 1 contra-cuchilla fija.

Rotación del volante : 2.000 a 2.5000 RPM.

Diámetro del volante : 500 mm

Motores requeridos : 5 a 7,5 HP con electricidad, de 7 a 10 HP para gasolina o diesel.

Precio de la máquina sobre carro de 2 ruedas tipo carretilla y con motor eléctrico bifásico (220 V) marca WEG (Brasil).....\$ 4.600.000

Precio de la máquina sobre carro de 2 ruedas tipo carretilla y con motor diesel €MOTOR (China) de 7 HP + caja inversora.....\$ 5.700.000

CONDICIONES COMERCIALES REFERIDAS A NUESTRO ALMACÉN O TALLER EN BOGOTÁ:

Fletes y Seguros : nó incluidos fuera de la ciudad para despachos que podemos efectuar a cualquier parte del país.

Plazos de entrega : inmediatos.

Descuentos : Cinco (5 %) por ciento por pago de contado en efectivo o cheque al día.

Validez oferta : 8 días.

Forma de pago : A convenir. Podemos financiar con cheques e intereses del 1,4% mes.

Consignación nacional: a cualquiera de las cuentas corrientes de ROTA TERRA Ltda: 267-01779-6 en Banco de Occidente ; 168-047391-13 en Bancolombia.

Despachos nacionales: informarnos al Fax 6484918 o a este correo de su consignación con la dirección del despacho, persona que recibe y/o persona a facturar.

Precios : ya con el IVA incluido para motores, máquinas nó gravadas.

Garantías : integrales de 6 meses.

Cordial saludo.

Antonio Guala / GERENTE



Rota Terra Ltda.

✉ rotaterra @ etb.net.co

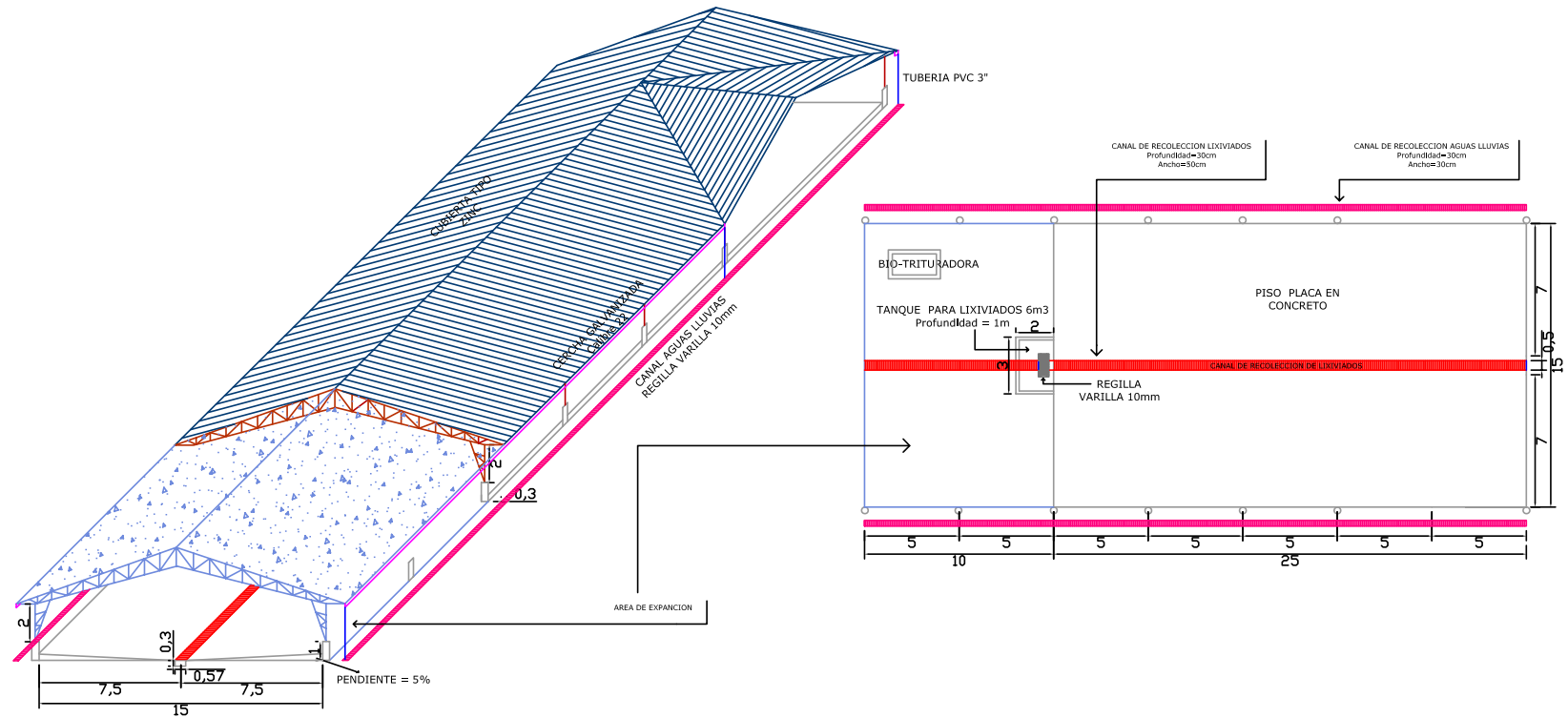
💻 www . rotaterra . com

☎ 6266155 – 6260855 – 📠 (313) 4243220 📠 6484918

🏢 Autopista Norte # 144 – 20 Bogotá, DC - Colombia



ANEXO O



ANEXO
O1

ADECUACION
INFRAESTRUCTURA
ZONA DE COMPOSTAJE

ESCALA
1.25

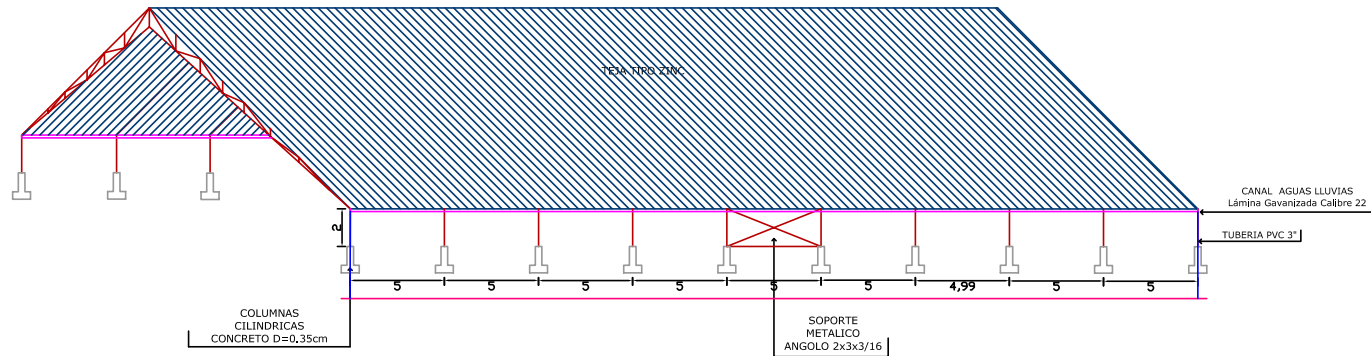
PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS

FOMEQUE 2007

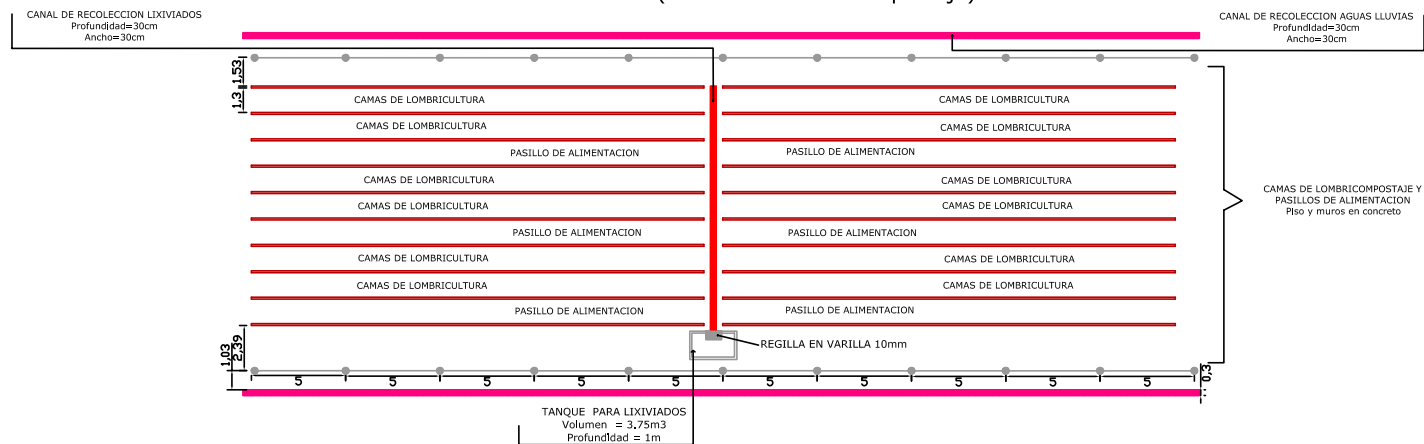
UNIVERSIDAD DE LA SALLE

INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

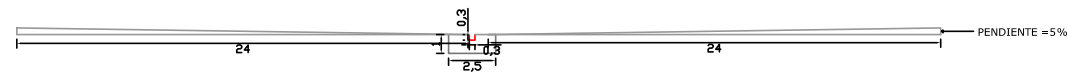
ESTRUCTURA METALICA LOMBRICOMPOSTAJE



VISTA DE TECHO (Camas de Lombricompostaje)



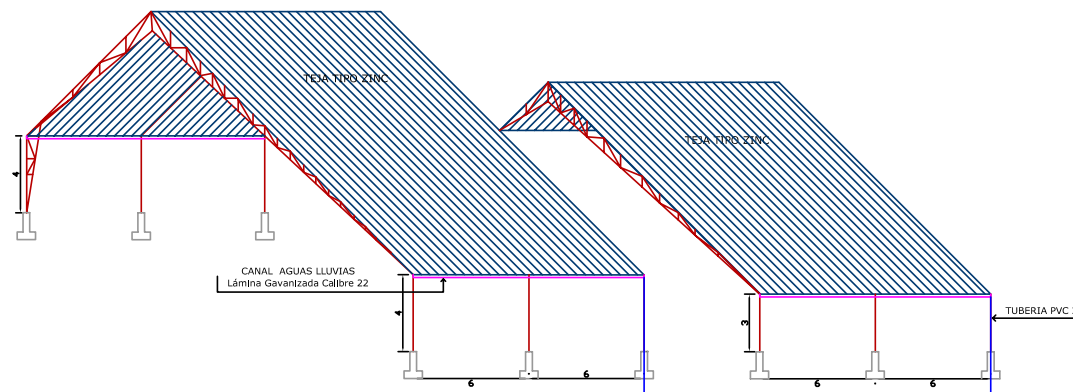
PERFIL (Camas de Lombricompostaje)



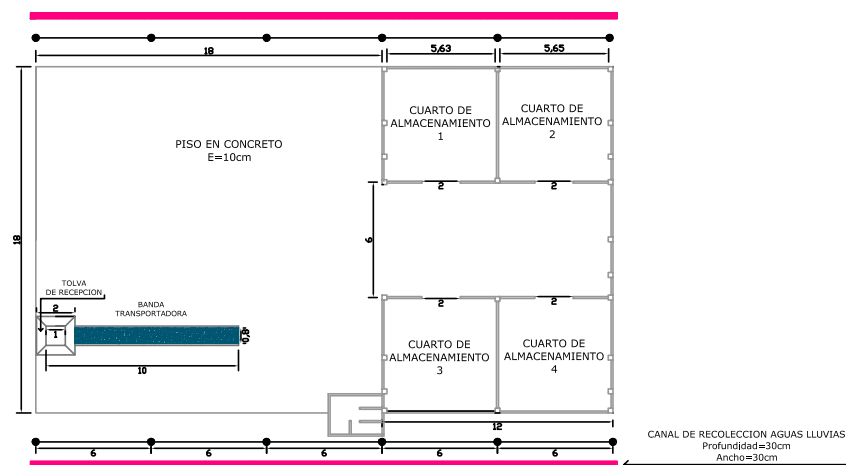
| | | | | |
|-------------|---|----------------|---|----------------------------------|
| ANEXO O2 | ADECUACION INFRAESTRUCTURA ZONA DE LOMBRICOMPOSTAJE | ESCALA 1.25 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS | UNIVERSIDAD DE LA SALLE |
| | | | FOMEQUE 2007 | INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA |

ANEXO P

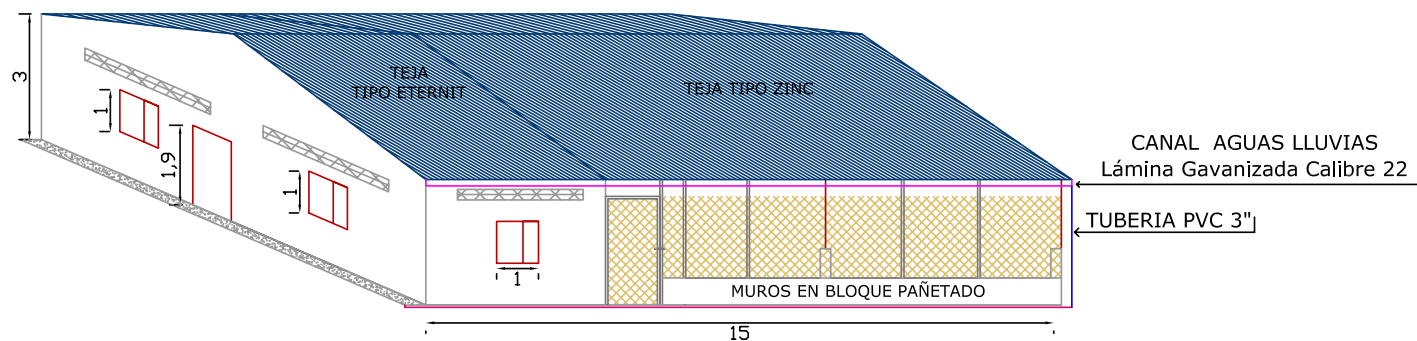
ESTRUCTURA METALICA
(Patio de Selección y Cuartos de Almacenamiento)



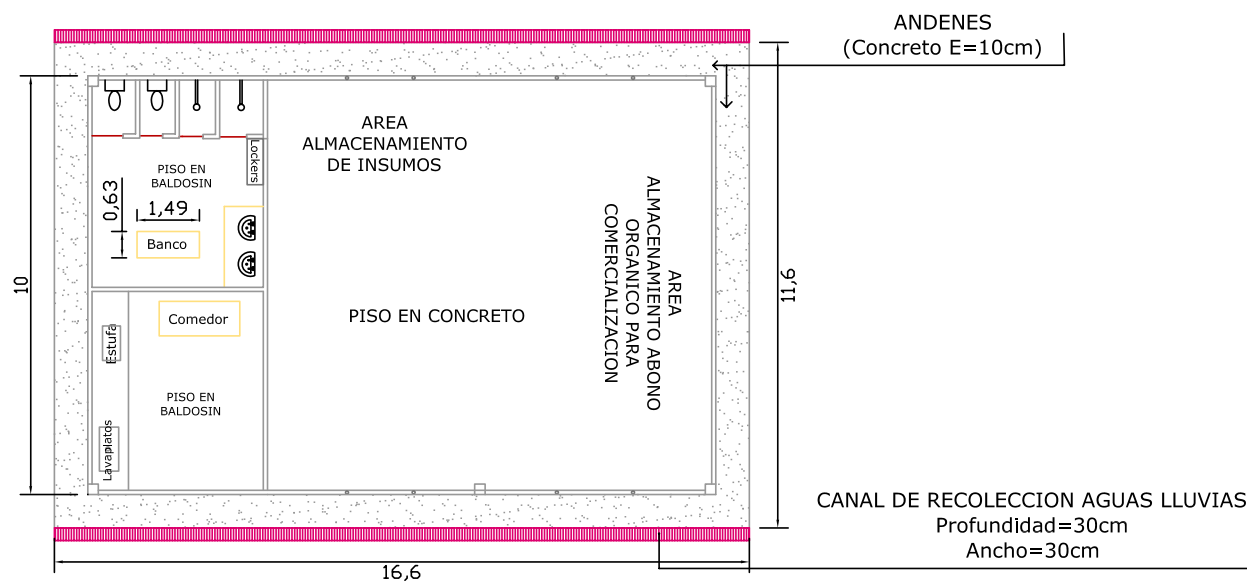
VISTA DE TECHO
(Patio de Selección y Cuartos de Almacenamiento)



| | | | | |
|-------------|---|----------------|---|----------------------------------|
| ANEXO P1 | PATIO DE SELECCION Y CUARTOS DE ALMACENAMIENTO | ESCALA 1.25 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS | UNIVERSIDAD DE LA SALLE |
| | | | FOMEQUE 2007 | INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA |



VISTA DE TECHO



| | | | | |
|-------------|---|----------------|---|----------------------------------|
| ANEXO P2 | ADECUACION INFRAESTRUCTURA BIOFABRICA | ESCALA 1.25 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS | UNIVERSIDAD DE LA SALLE |
| | | | FOMEQUE 2007 | INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA |

ANEXO Q



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

DISEÑO ESPESOR PLACA Y ESTRUCTURAD E SOPORTE SITIO DONDE SE RECICLAN LOS RESIDUOS SOLIDOS

ESTUDIO DE TRANSITO PARA EL DISEÑO

PARA EL DISEÑO DE LAS PLACAS

TPD: Transito promedio diario

Teniendo en cuenta que la placa hace parte de un sector en donde no va a recibir mucho trafico se toma la categoría de tránsito ligero en el cual se tiene:

TPD(2006) = 5 Vehiculos

| | | |
|-------------|-------|----------|
| Automoviles | Buses | Camiones |
| 1% | 0,00% | 99,00% |

Camiones 99,00%

95% C2
3,0% C3
1,0% C2-S2
1,0% C3-S3

$$\text{TPD Vehiculos Comerciales} = \text{TPD} \left[\frac{B + C}{100} \right]$$

$$\text{TPD Vehiculos Comerciales} = 5 \left[\frac{99}{100} \right]$$

TPD Vehiculos Comerciales = 5 Vehículos Comerciales

Según datos del ministerio de Transporte en Colombia el crecimiento del TPD oscila entre 2% a 4% por año

Siendo este un proyecto en via de expansion adoptamos una rata de crecimiento (i) de 4% anual. ser vias urbanas adoptamos una rata de crecimiento (i) de 4% anual.

El periodo de diseño (n) de un pavimento rigido es de 10 años.

$$i = 4\% = 0,04$$

$$n = 10 \text{ años}$$

$$T = T_o \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{\ln(1 + i)} \right]$$

El tránsito que se tiene según los estudios realizados para el año 2002 es



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

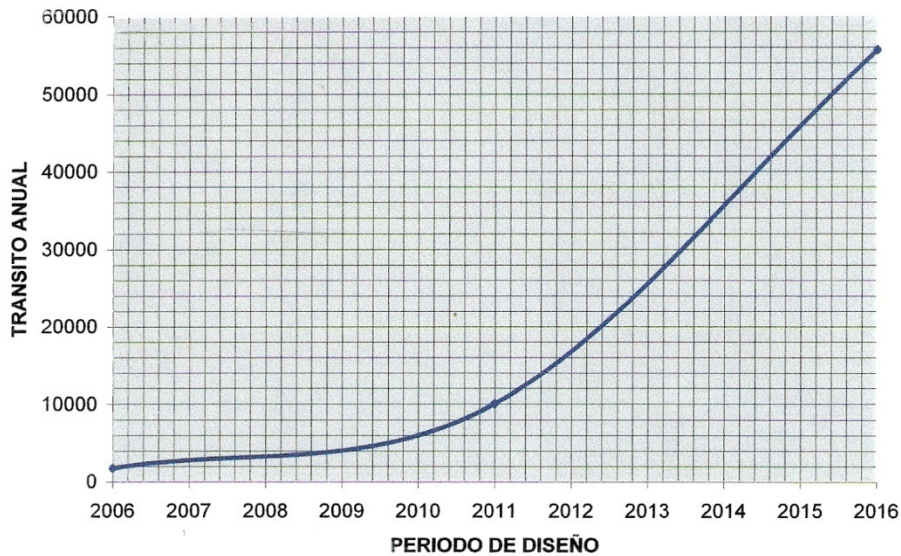
$$T(2006) = 5 \times 365 = 1825 \text{ Vehiculos}$$

$$T_{2010} = 18250 \left[\frac{(1 + 0.04)^4 - 1}{\ln(1 + 0.04)} \right]$$

$$T(2011) = 10.081 \text{ Vehículos}$$

$$T(2015) = 55688 \text{ Vehiculos}$$

GRAFICA DE CRECIMIENTO DE TRANSITO ANUAL



Ta: Tránsito acumulado de vehículos comerciales en período de diseño en carriles de diseño

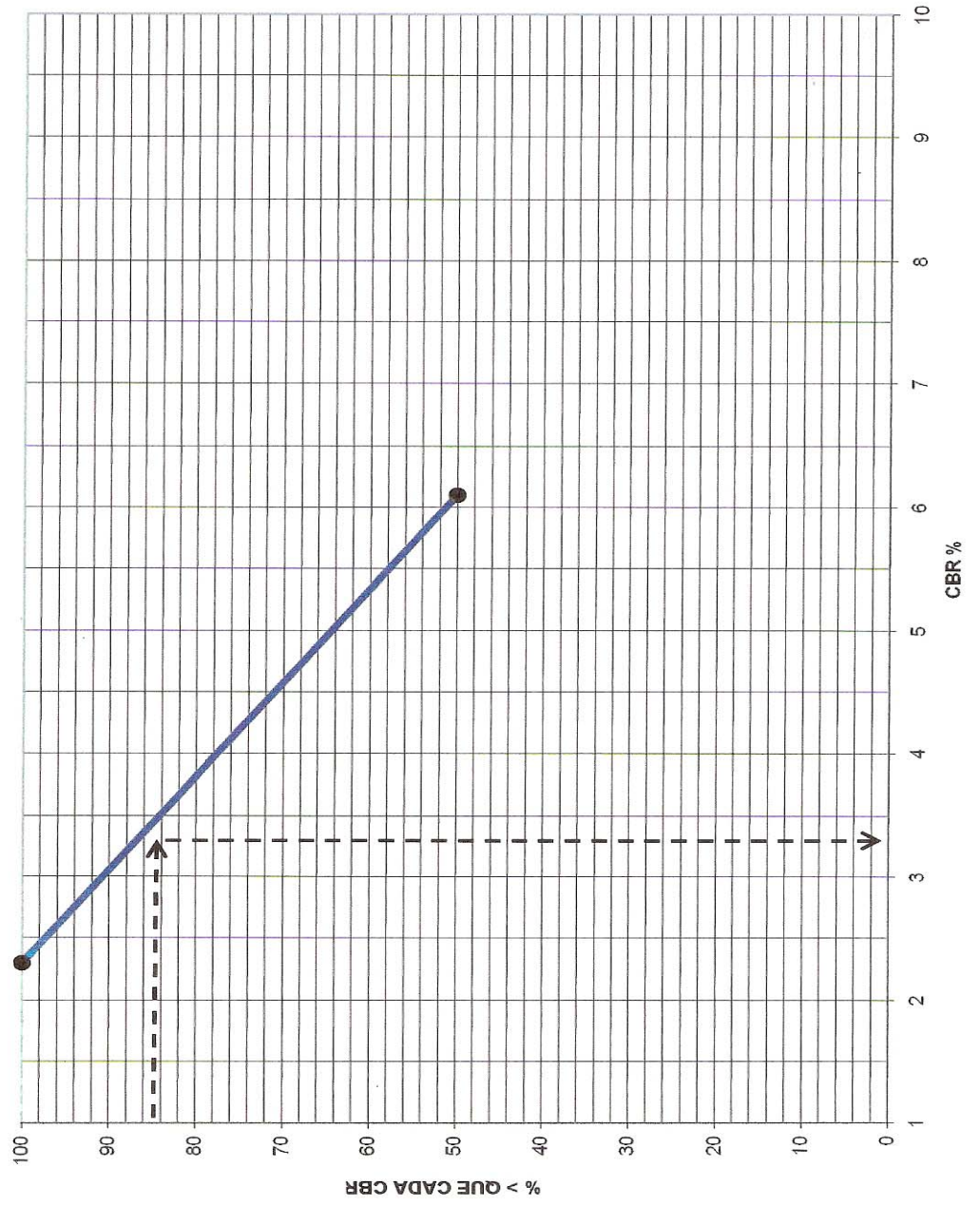
Ta = 55,688 Vehiculos comerciales

Ta = $0,55 \times 10^5$ Vehículos comerciales

N: Número acumulado de ejes simples equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño durante el período de diseño.

N = Ta x Factor Camión

GRAFICO RESULTADOS DE CBR VS PORCENTAJE DE ENSAYOS MAYOR OIGUAL QUE CADA CBR DIFERENTE





ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

DISEÑO DE LA LOSA EN CONCRETO

$$N = 0.65 \times 10^5$$

| Transito esperado (N° acumulado de ejes simples equivalentes de 8,2t en el carril de diseño durante el período de diseño del pavimento) | Percentil (porcentaje) por elegir |
|---|--------------------------------------|
| N | |
| <10 ⁴ | 60% |
| 10 ⁴ - 10 ⁶ | 75% |
| >10 ⁶ | 87,50% |

El percentil elegido es = 87,50%

RESULTADOS APIQUES

| APIQUE N° | CBR% |
|-----------|------|
| 1 | 2,3 |
| | 6,1 |

| Resultados CBR% de menor a mayor | % de ensayos cuyo resultado es mayor o igual que cada valor diferente de CBR | | | |
|--|---|---|--------|---|
| 2,30 | 1. / 2. | = | 100,00 | % |
| 6,10 | 2. / 2. | = | 50,00 | % |

CBR diseño = 3,25% (gráfica CBR vs porcentaje de CBR menor o igual)

De las tablas de diseño tenemos:

Cálculo del modulo de reacción del suelo "K"

$$k = 5 \log \text{CBR} + 0.8 \quad \text{para CBR} < 30$$

$$k = 27.5 \log \text{CBR} - 32.4 \quad \text{para CBR} \geq 30$$

Para el caso se utiliza la formula 1

$$k = 3,36 \text{ lb/pulg}^3$$



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

F.C: Factor camión.

EJES EQUIVALENTES DE 8,2 TONELADAS

| Tipo de vehiculo | Estudio MOPT |
|------------------|--------------|
| Buses | 0,92 |
| C-2 pequeño | 0,18 |
| C-2 grande | 2,16 |
| C-3 | 4,39 |
| C-2 S-1 | ----- |
| C-2 S-2 | 4,39 |
| C-3 S-2 | 4,21 |
| C-3 S-3 | 4,42 |

$$F.C = \frac{\%Buses * F.E.Bus + \%C2 * F.E.C2 + \%C3 * F.E.C3 + \%C2S2 * F.E.C2S2 + \%C3S3 * F.E.C3S3}{\%Vehículos comerciales}$$

$$F.C = \frac{8 * 0,92 + 1 * 0,18 + 0.5 * 4,39 + 0.3 * 4,39 + 0.2 * 4,42}{8 + 2}$$

$$F.C = 1.19$$

F.E: Factor de eje por vehículo

$$N = 0,55 * 10^5 \text{ vehículos} * 1.19$$

$$N = 0.65 * 10^5 \text{ ejes de 8,2 toneladas}$$



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

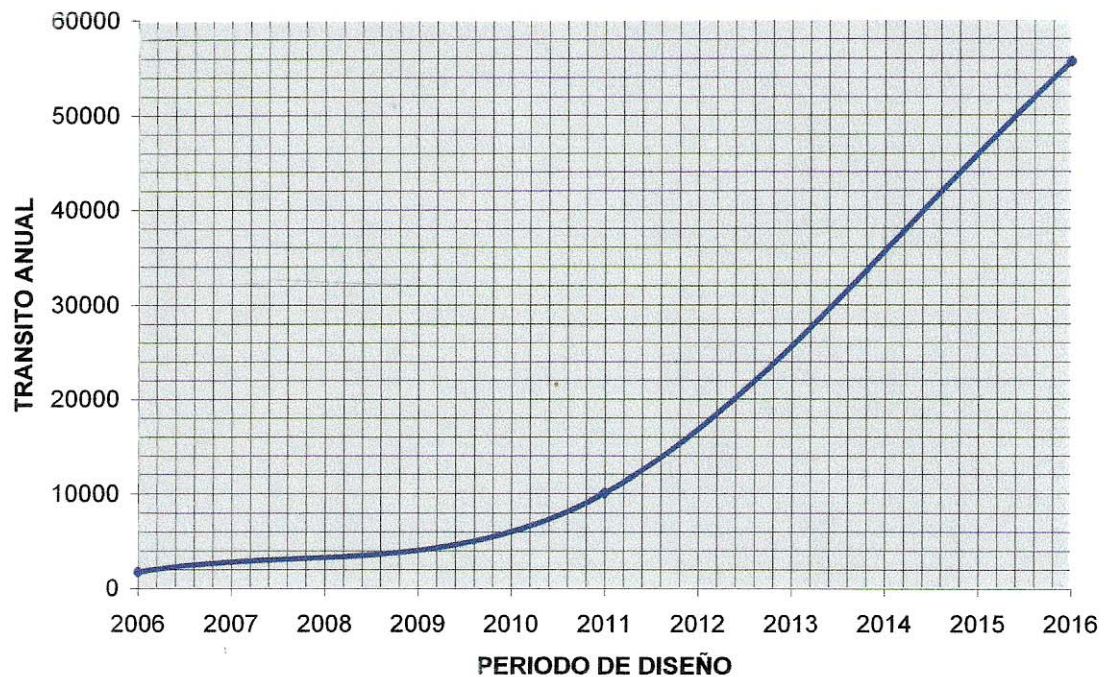
$$T(2006) = 5 \times 365 = 1825 \text{ Vehiculos}$$

$$T_{2010} = 18250 \left[\frac{(1 + 0.04)^4 - 1}{\ln(1 + 0.04)} \right]$$

$$T(2011) = 10.081 \text{ Vehículos}$$

$$T(2015) = 55688 \text{ Vehículos}$$

GRAFICA DE CRECIMIENTO DE TRANSITO ANUAL



Ta: Tránsito acumulado de vehículos comerciales en período de diseño en carriles de diseño

Ta = 55,688 Vehiculos comerciales

Ta = $0,55 \times 10^5$ Vehículos comerciales

N: Número acumulado de ejes simples equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño durante el período de diseño.

N = Ta x Factor Camión



LABORATORIO ENSAYOS SUELOS LTDA.

LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN

| | | | |
|---------------|---|-------------|-----------------------|
| OBRA | Planta tratamiento residuos sólidos | MUESTRA | AP 1 M 2 |
| | Fomeque Cundinamarca | NORMA | |
| DESCRIPCION | Limo arcilloso orgánico carnello oscuro | PROFUNDIDAD | 0,60 - 1,20 m |
| OBSERVACIONES | | FECHA | Septiembre 20 de 2006 |

LIMITE LIQUIDO

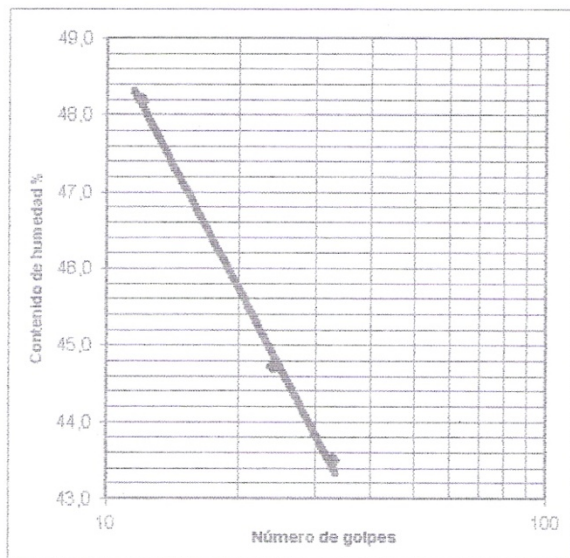
| | | | |
|------------------|-------|-------|-------|
| NUMERO DE GOLPES | 33 | 24 | 12 |
| VIDRIO Nº | 7 | 8 | 9 |
| P1 | 34,86 | 33,77 | 32,11 |
| P2 | 28,70 | 25,97 | 24,42 |
| P3 | 8,40 | 8,53 | 8,46 |
| % HUMEDAD | 43,5 | 44,7 | 46,2 |

LIMITE PLASTICO

| | | | |
|-----------|-------|-------|-------|
| VIDRIO Nº | 5 | 6 | W% |
| P1 | 23,54 | 23,39 | 356,7 |
| P2 | 20,33 | 20,37 | 297,5 |
| P3 | 8,96 | 9,49 | 37,0 |
| % HUMEDAD | 28,2 | 27,8 | 27,8 |

GRADACIÓN

| | | | |
|-------|---------------|------------|--------|
| P1= | 250,5 | P2= | 36,5 |
| TAMIZ | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % PASA |
| 3" | | | |
| 2 1/2 | | | |
| 2 | | | |
| 1 1/2 | | | |
| 1 | | | |
| 3/4 | | | |
| 1/2 | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| 3/8 | 6,4 | 2,6 | 97,4 |
| 4 | 2,5 | 1,0 | 96,4 |
| 10 | 4,2 | 1,7 | 94,9 |
| 40 | 9,7 | 3,9 | 90,9 |
| 200 | 13,7 | 5,5 | 85,4 |
| P 200 | 214,0 | 85,4 | |



RESULTADOS

| | |
|-------------------|------|
| LIMITE LIQUIDO | 44,7 |
| LIMITE PLASTICO | 28,0 |
| I. DE PLASTICIDAD | 16,7 |

| | |
|-----------------|-------|
| ÍNDICE DE GRUPO | 12 |
| A.A.S.H.T.O | A-7-6 |
| U.S.C | ML-OL |

Gregorio Morales Prieto
GREGORIO MORALES PRIETO
LABORATORISTA

YENNY P. MORALES G.
ING. LABORATORIO



LABORATORIO ENSAYOS SUELOS LTDA.

LIMITE DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN

OBRA Planta tratamiento residuos sólidos MUESTRA AP 1 M 1
Fonseque Cundinamarca NORMA
DESCRIPCION Limo arcilloso orgánico carnellito PROFUNDIDAD 0,00 - 0,60
OBSERVACIONES FECHA Septiembre 20 de 2006

LIMITE LIQUIDO

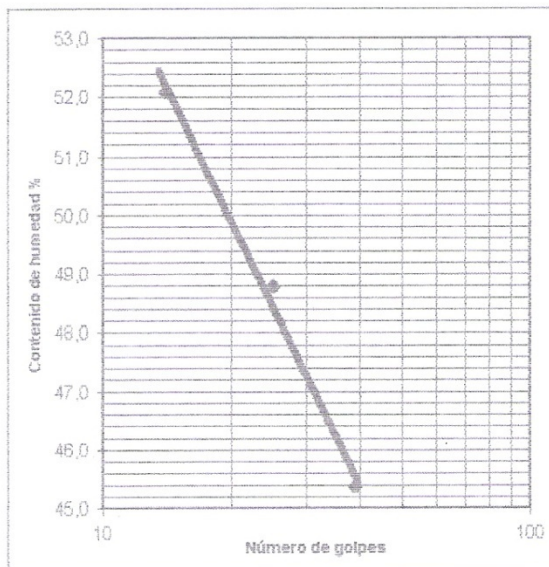
| NUMERO DE GOLPES | 39 | 25 | 14 |
|------------------|-------|-------|-------|
| VIDRIO N° | 4 | 5 | 8 |
| P1 | 33,12 | 34,85 | 32,80 |
| P2 | 25,22 | 28,02 | 23,89 |
| P3 | 7,81 | 8,33 | 8,58 |
| % HUMEDAD | 45,4 | 46,8 | 52,1 |

LIMITE PLASTICO

| VIDRIO N° | 3 | 4 | W% |
|-----------|-------|-------|-------|
| P1 | 23,13 | 21,24 | 845,5 |
| P2 | 20,28 | 18,70 | 719,7 |
| P3 | 10,53 | 9,70 | 133,0 |
| % HUMEDAD | 29,5 | 29,3 | 21,4 |

GRADACION

| P1= | 586,7 | P2= | 152,3 |
|--------|---------------|------------|--------|
| TAMIZ | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % PASA |
| 3" | | | |
| 2 1/2" | | | |
| 2" | | | |
| 1 1/2" | | | |
| 1" | | | |
| 3/4" | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| 1/2" | 75,3 | 12,8 | 87,2 |
| 3/8" | 5,9 | 1,0 | 98,2 |
| 4" | 9,8 | 1,7 | 98,5 |
| 10" | 14,7 | 2,5 | 97,5 |
| 40" | 24,8 | 4,2 | 95,8 |
| 200" | 22,0 | 3,7 | 96,3 |
| P 200 | 434,4 | 74,0 | |



RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO 48,5
LIMITE PLÁSTICO 29,4
I. DE PLASTICIDAD 19,1

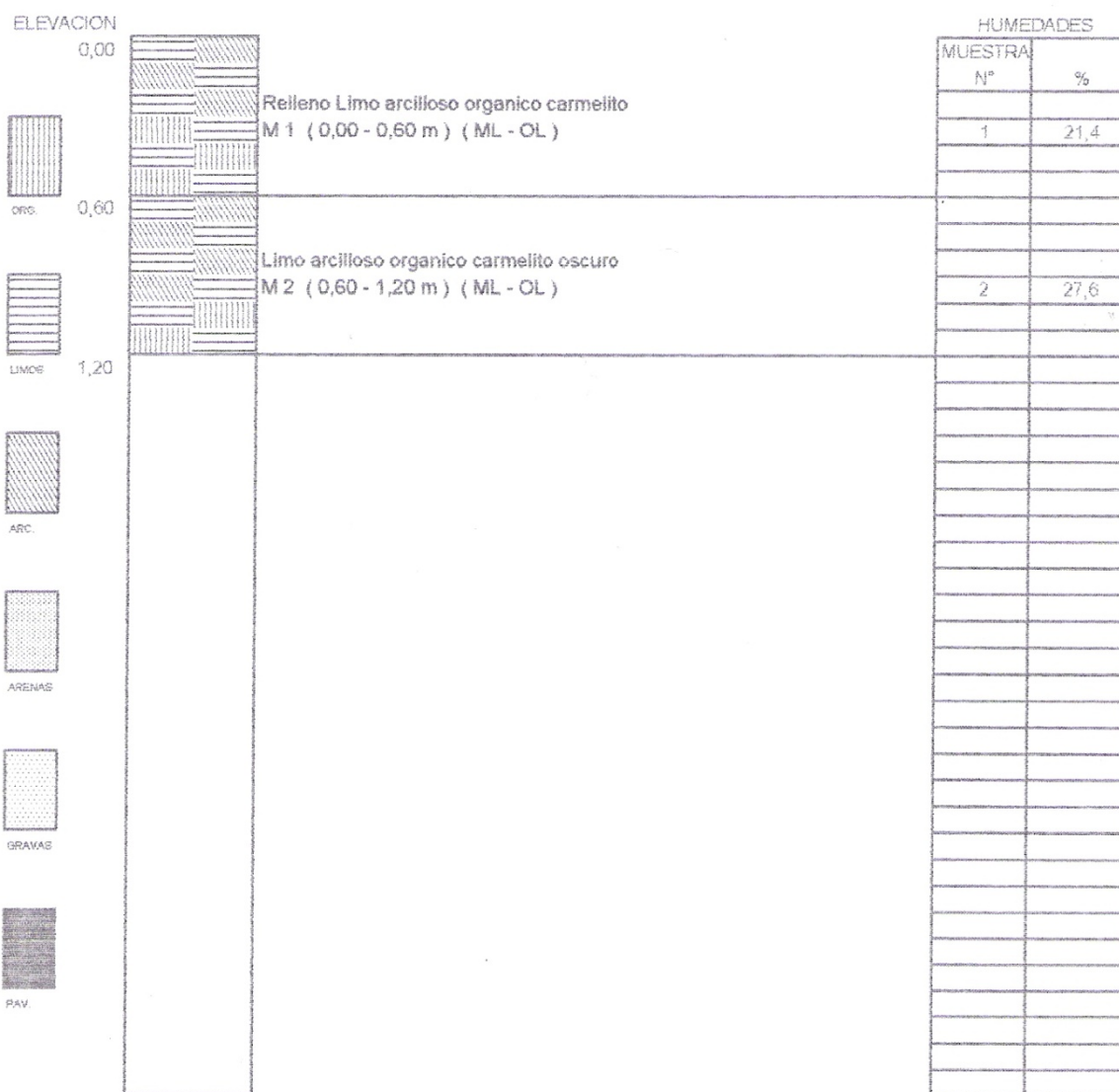
ÍNDICE DE GRUPO 13
A.A.S.H.T.O. A-7-6
U.S.C. ML-OL

Gregorio Morales Prieto
GREGORIO MORALES PRIETO
LABORATORISTA

YENNY P. MORALES G.
ING. LABORATORIO

PERFIL ESTRATIGRAFICO

| | | | | |
|-------------|--|--------------------|-----------------------|---|
| OBRA | Planta Tratamiento Residuos Solidos Fomeque Cundinamarca | | APIQUE | 1 |
| LUGAR | Fomeque Cundinamarca | FECHA DE EJECUCION | Septiembre 18 de 2006 | |
| DESCRIPCION | LABORATORISTA | | GREGORIO MORALES P | |
| CLIENTE | Ing. Luis A. Rincon | ING. LABORATORIO | YENNY P. MORALES G. | |



OBSERVACIONES



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

JUNTAS TRANSVERSALES

La transmisión de carga debe hacerse a través de un pasador liso de acero, engrasado y sus dimensiones son las siguientes:

$F_y = 60000 \text{ psi}$ o 2800 Kg/cm^2

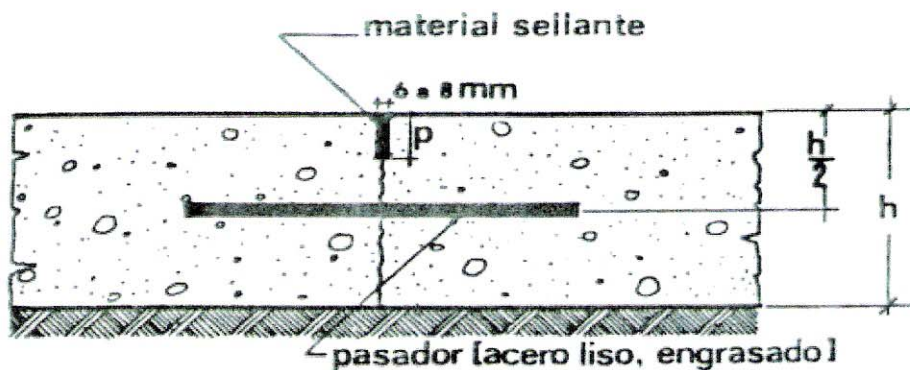
Diametro = $3/4"$

Longitud del pasador = 35 cm

separación entre barras o pasadores = 30 cms.

La colocación se debe hacer como se muestra en la figura.

JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION



$$\frac{h}{6} \leq p \leq \frac{h}{4}$$


ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
MP. 2520274199CND



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

JUNTAS LONGITUDINALES

La transmisión de carga debe hacerse a través de un pasador corrugado de acero y sus dimensiones son las siguientes:

$F_y = 60000\text{psi}$ o 2800 kg/cm^2

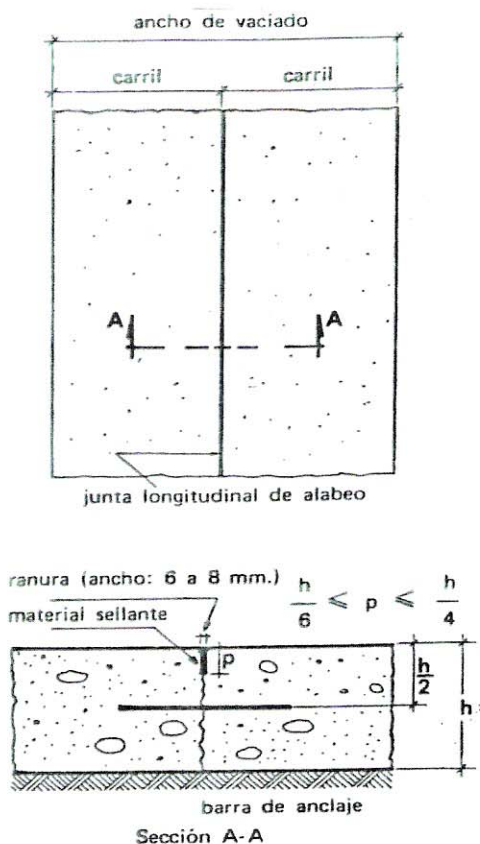
Diametro = $3/8"$

separación entre barras = 1.20 m

Longitud del pasador o de la barra = 0.65 mts.

La colocación se debe hacer como se muestra en la figura.

JUNTAS LONGITUDINALES



a) JUNTA LONGITUDINAL PARA PAVIMENTO VACIADO EN TODO SU ANCHO



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

Concreto:

Debe cumplir con los siguientes requisitos:

Módulo de Rotura a los 28 días debe ser igual o superior a 41 Kg/cm^2 .

El agregado petreo de la mezcla debe ser de tamaño maximo $3/4"$.

Las juntas de dilatación deben ir cada 4.50 metros como máximo de separación.



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

ESPECIFICACIONES ESTRUCTURA DE LA LOSA

Relleno:

El relleno que se realizará debe cumplir por lo menos con las siguientes características:

1- granulometría del material

| TAMIZ | % QUE PASA |
|--------|------------|
| 2" | 100 |
| 1" | 75 - 100 |
| 1/2" | 70 - 75 |
| 3/8" | 60 - 70 |
| Nº 4 | 50 - 60 |
| Nº 10 | 40 - 50 |
| Nº 40 | 30 - 40 |
| Nº 200 | 10. - 30 |

CBR DEL 95% AL 100% = 20% - 45.6%

Sub-Base Granular:

Especificaciones:

1- Granulometría:

| TAMIZ | % QUE PASA |
|--------|------------|
| 2" | 100 |
| 1 1/2" | 70 - 100 |
| 1" | 60 - 100 |
| 1/2" | 50 - 90 |
| 3/8" | 40 - 80 |
| Nº 4 | 30 - 70 |
| Nº 10 | 20 - 55 |
| Nº 40 | 10. - 40 |
| Nº 200 | 4. - 20 |

2- Límites de consistencia:

Límite Líquido menor de 25

Índice de plasticidad menor de 6

3- Equivalente de arena:

Debe ser mayor de 20 (fracción de material que pasa tamiz Nº 4)



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

Para la resistencia dada se necesita una capa de Subbase de 30 cm

Tipo de soporte bajo

TIPO DE CONCRETO A UTILIZAR

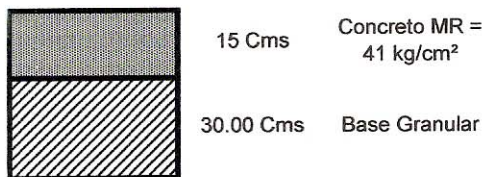
MR = 41 kg/cm²

DISEÑO ESPESOR LOSA (H)

$$H = \left[\frac{N^{0.151}}{(K_{DIS})^{0.07} * (MR)^{0.51}} \right] - 1$$

H = 15 cm

Alternativa de Diseño





LABORATORIO ENSAYOS - SUELOS LTDA.

ENSAYO DE CONO DINÁMICO P.D.C

OBRA

PROFUNDIDAD

Planta Tratamiento Residuos Sólidos Fomeque Cundinamarca "Oficinas"

Desde 0,60 m.

LABORATORISTA

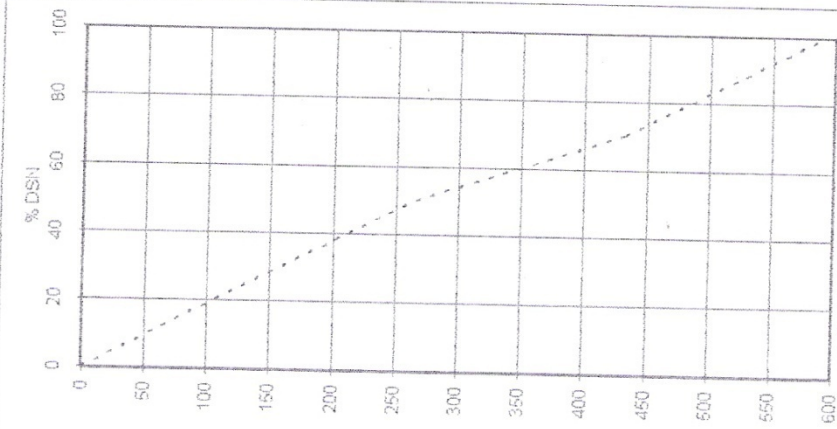
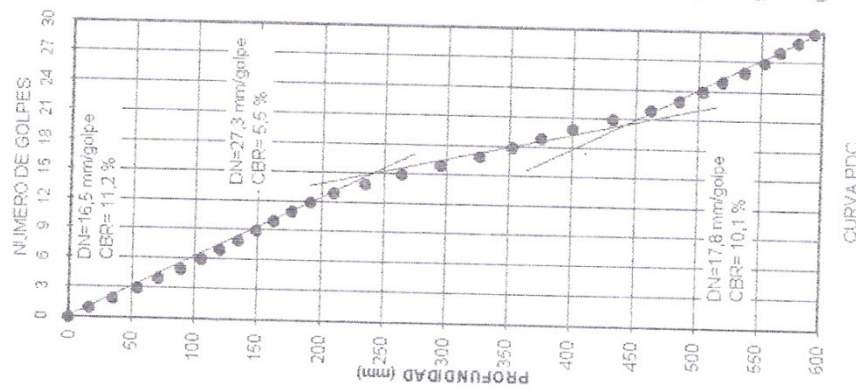
GREGORIO MORALES P

APIQUE

2

FECHA Septiembre 16 de 2006

| Nº | PROF. |
|--------|-------|
| GOLPES | (mm) |
| 0 | 0 |
| 1 | 17 |
| 2 | 35 |
| 3 | 55 |
| 4 | 72 |
| 5 | 89 |
| 6 | 106 |
| 7 | 120 |
| 8 | 135 |
| 9 | 149 |
| 10 | 163 |
| 11 | 177 |
| 12 | 192 |
| 13 | 211 |
| 14 | 236 |
| 15 | 265 |
| 16 | 296 |
| 17 | 327 |
| 18 | 353 |
| 19 | 376 |
| 20 | 401 |
| 21 | 433 |
| 22 | 463 |
| 23 | 486 |
| 24 | 504 |
| 25 | 520 |
| 26 | 538 |
| 27 | 553 |
| 28 | 566 |
| 29 | 580 |
| 30 | 593 |



CURVA DE BALANCE ESTRUCTURAL

NÚMERO PDC

CURVA PDC

Quevedo



LABORATORIO ENSAYOS SUELOS LTDA.

LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN

OBRA Planta tratamiento residuos solidos MUESTRA AP 2 M 2
DESCRIPCION Fômaque Cundinamarca NORMA
OBSERVACIONES Arcilla limosa habana PROFUNDIDAD 0,40 - 1,00 m
FECHA Septiembre 20 de 2008

LIMITE LIQUIDO

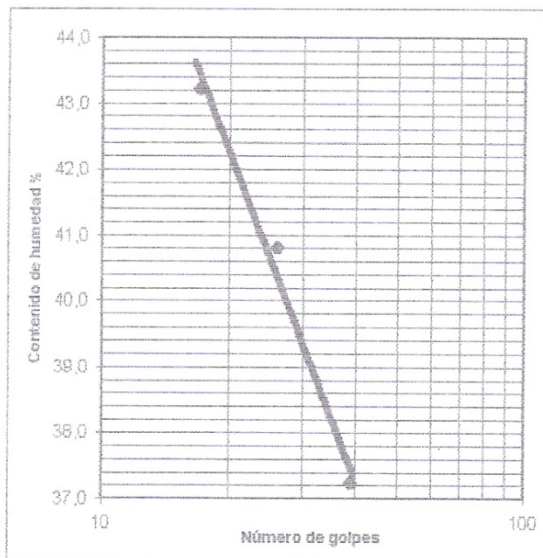
| NUMERO DE GOLPES | 39 | 26 | 17 |
|------------------|-------|-------|-------|
| VIDRIO Nº | 13 | 14 | 15 |
| P1 | 33,17 | 34,20 | 33,83 |
| P2 | 26,16 | 26,94 | 26,21 |
| P3 | 7,41 | 9,15 | 8,58 |
| % HUMEDAD | 37,2 | 40,9 | 43,2 |

LIMITE PLASTICO

| VIDRIO Nº | 9 | 10 | W% |
|-----------|-------|-------|-------|
| P1 | 25,84 | 25,26 | 488,5 |
| P2 | 22,42 | 21,96 | 404,3 |
| P3 | 8,46 | 7,79 | 37,3 |
| % HUMEDAD | 23,1 | 23,3 | 16,9 |

GRADACION

| P1= | 387,0 | P2= | 79,1 |
|-------|---------------|------------|--------|
| TAMIZ | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % PASA |
| 3" | | | |
| 2 1/2 | | | |
| 2 | | | |
| 1 1/2 | | | |
| 1 | | | |
| 3/4 | | | |
| 1/2 | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| 3/8 | 2,3 | 0,6 | 99,4 |
| 4 | 10,0 | 2,7 | 96,6 |
| 10 | 20,0 | 5,4 | 91,2 |
| 40 | 37,5 | 10,2 | 81,0 |
| 200 | 9,3 | 2,5 | 76,4 |
| P 200 | 287,9 | 76,4 | |



RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO 40,7
LIMITE PLÁSTICO 23,2
I. DE PLASTICIDAD 17,5

ÍNDICE DE GRUPO 11
A.A.S.H.T.O A - 7 - 6
U.S.C CL - ML

Gregorio Morales Prieto
GREGORIO MORALES PRIETO
LABORATORISTA

YENNY P. MORALES G.
ING. LABORATORIO



LABORATORIO ENSAYOS SUELOS LTDA.

LIMITE DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN

OBRA

Planta tratamiento residuos sólidos

MUESTRA

AP 2 M 1

Fómeque Cundinamarca

NORMA

DESCRIPCION

Arcilla limosa habana

PROFUNDIDAD

0,00 - 0,30

OBSERVACIONES

FECHA

Septiembre 20 de 2006

LIMITE LIQUIDO

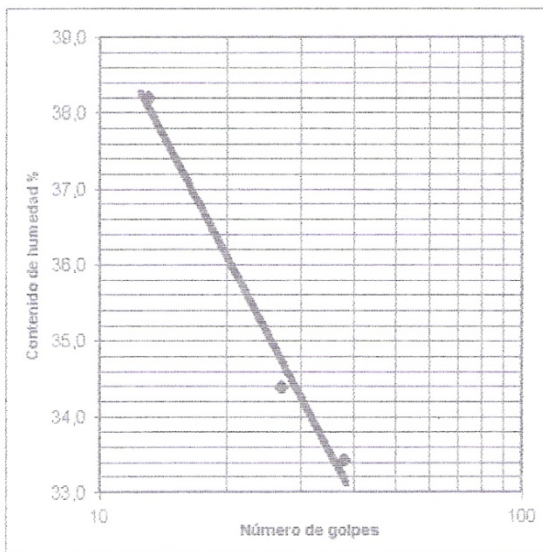
| NUMERO DE GOLPES | 39 | 27 | 13 |
|------------------|-------|-------|-------|
| VIDRIO Nº | 10 | 11 | 12 |
| P1 | 33,36 | 33,70 | 32,66 |
| P2 | 26,97 | 27,12 | 25,70 |
| P3 | 7,79 | 7,99 | 7,48 |
| % HUMEDAD | 33,4 | 34,4 | 38,2 |

LIMITE PLASTICO

| VIDRIO Nº | 7 | 8 | W% |
|-----------|-------|-------|--------|
| P1 | 25,18 | 25,32 | 1814,0 |
| P2 | 22,08 | 22,40 | 1483,2 |
| P3 | 9,38 | 9,47 | 135,5 |
| % HUMEDAD | 22,7 | 22,6 | 11,4 |

GRADACION

| P1= | 1327,7 | P2= | 282,5 |
|-------|---------------|------------|--------|
| TAMIZ | PESO RETENIDO | % RETENIDO | % PASA |
| 3" | | | |
| 2 1/2 | | | |
| 2 | | | |
| 1 1/2 | | | |
| 1 | 0,0 | 0,0 | 100,0 |
| 3/4 | 21,7 | 1,6 | 98,4 |
| 1/2 | 56,7 | 4,3 | 94,1 |
| 3/8 | 21,3 | 1,6 | 92,5 |
| 4 | 56,4 | 4,2 | 89,2 |
| 10 | 50,9 | 3,8 | 84,4 |
| 40 | 55,7 | 4,2 | 80,2 |
| 200 | 19,9 | 1,5 | 78,7 |
| P 200 | 1045,2 | 78,7 | |



RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO 35,1
LIMITE PLÁSTICO 22,6
I. DE PLASTICIDAD 12,5

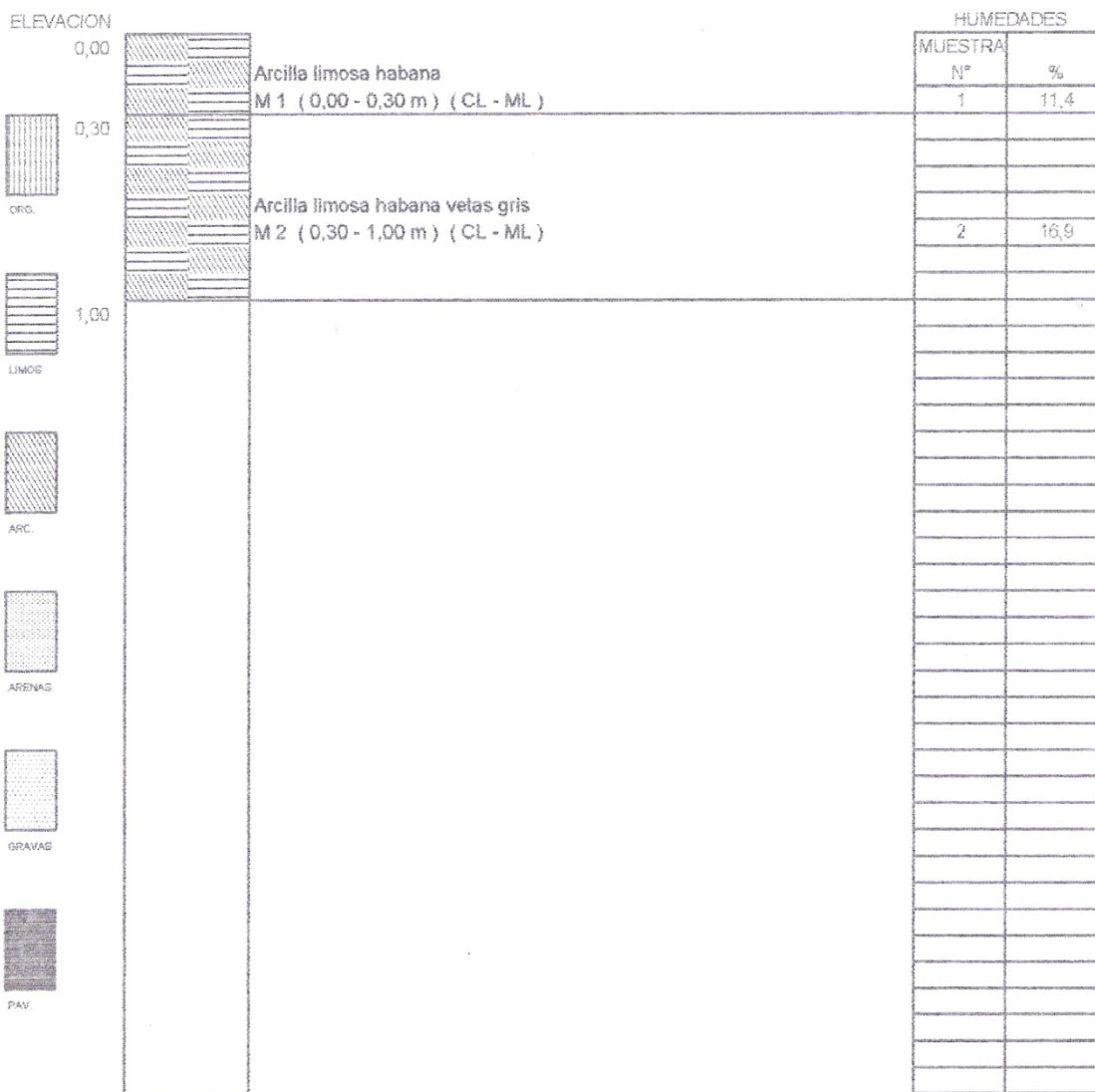
INDICE DE GRUPO 9
A.A.S.H.T.O. A-6
U.S.C. CL - ML

Gregorio Morales Prieto
GREGORIO MORALES PRIETO
LABORATORISTA

YENNY P. MORALES G.
ING. LABORATORIO

PERFIL ESTRATIGRAFICO

| | | | |
|-------------|--|--------------------|-----------------------|
| OBRA | Planta Tratamiento Residuos Solidos Fomeque Cundinamarca | APIQUE | 2 |
| LUGAR | Fomeque Cundinamarca | FECHA DE EJECUCION | Septiembre 18 de 2006 |
| DESCRIPCION | Oficinas | LABORATORISTA | GREGORIO MORALES P |
| CLIENTE | Ing. Luis A. Rincon | ING. LABORATORIO | YENNY P. MORALES G |



OBSERVACIONES



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA

CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES

NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

JUNTAS TRANSVERSALES

La transmisión de carga debe hacerse a través de un pasador liso de acero, engrasado y sus dimensiones son las siguientes:

$F_y = 60000 \text{ psi}$ o 2800 Kg/cm^2

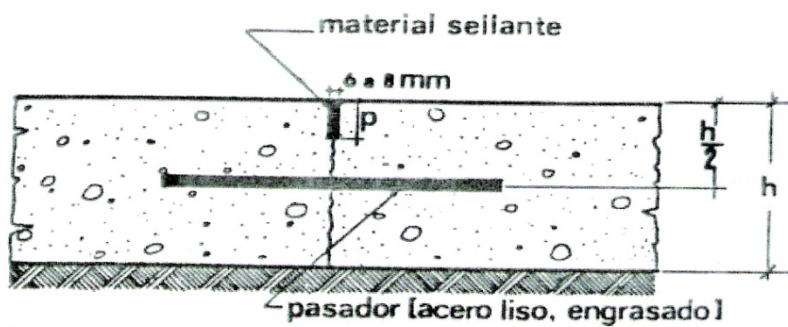
Diametro = $3/4"$

Longitud del pasador = 35 cm

separación entre barras o pasadores = 30 cms.

La colocación se debe hacer como se muestra en la figura.

JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION



$$\frac{h}{6} \leq p \leq \frac{h}{4}$$

ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
MP. 2520274199 CND



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

JUNTAS LONGITUDINALES

La transmisión de carga debe hacerse a través de un pasador corrugado de acero y sus dimensiones son las siguientes:

$F_y = 60000 \text{ psi}$ o 2800 kg/cm^2

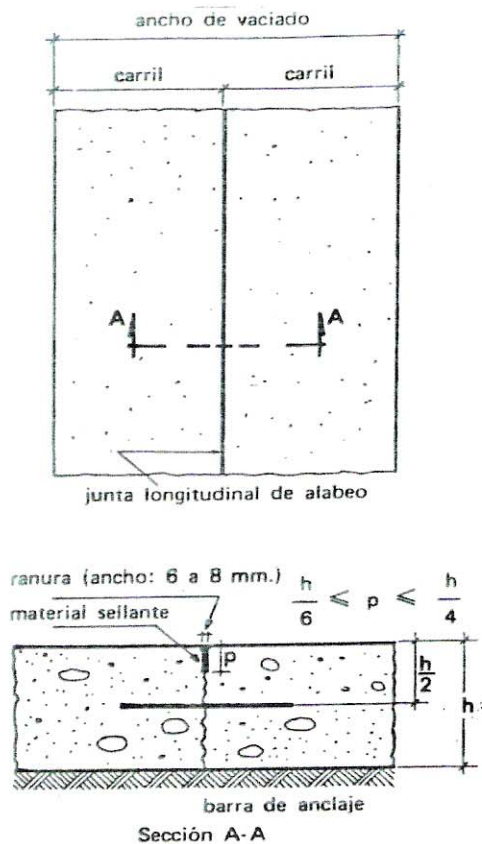
Diametro = $3/8"$

separación entre barras = 1.20 m

Longitud del pasador o de la barra = 0.65 mts.

La colocación se debe hacer como se muestra en la figura.

JUNTAS LONGITUDINALES



a) JUNTA LONGITUDINAL PARA PAVIMENTO VACIADO EN TODO SU ANCHO



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

Concreto:

Debe cumplir con los siguientes requisitos:

Módulo de Rotura a los 28 días debe ser igual o superior a 41 Kg/cm².

El agregado petreo de la mezcla debe ser de tamaño maximo 3/4".

Las juntas de dilatación deben ir cada 4.50 metros como máximo de separación.



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES

NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

ESPECIFICACIONES ESTRUCTURA DE LA LOSA

Relleno:

El relleno que se realizará debe cumplir por lo menos con las siguientes características:

1- granulometría del material

| TAMIZ | % QUE PASA |
|--------|------------|
| 2" | 100 |
| 1" | 75 - 100 |
| 1/2" | 70 - 75 |
| 3/8" | 60 - 70 |
| Nº 4 | 50 - 60 |
| Nº 10 | 40 - 50 |
| Nº 40 | 30 - 40 |
| Nº 200 | 10. - 30 |

CBR DEL 95% AL 100% = 20% - 45.6%

Sub-Base Granular:

Especificaciones:

1- Granulometría:

| TAMIZ | % QUE PASA |
|--------|------------|
| 2" | 100 |
| 1 1/2" | 70 - 100 |
| 1" | 60 - 100 |
| 1/2" | 50 - 90 |
| 3/8" | 40 - 80 |
| Nº 4 | 30 - 70 |
| Nº 10 | 20 - 55 |
| Nº 40 | 10. - 40 |
| Nº 200 | 4. - 20 |

2- Límites de consistencia:

Límite Líquido menor de 25

Índice de plasticidad menor de 6

3- Equivalente de arena:

Debe ser mayor de 20 (fracción de material que pasa tamiz Nº 4)



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

Para la resistencia dada se necesita una capa de subbase de 30 cm

Tipo de soporte bajo

TIPO DE CONCRETO A UTILIZAR

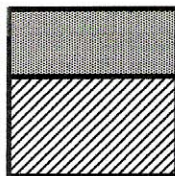
MR = 41 kg/cm²

DISEÑO ESPESOR LOSA (H)

$$H = \left[\frac{N^{0.151}}{(K_{DIS})^{0.07} * (MR)^{0.51}} \right] - 1$$

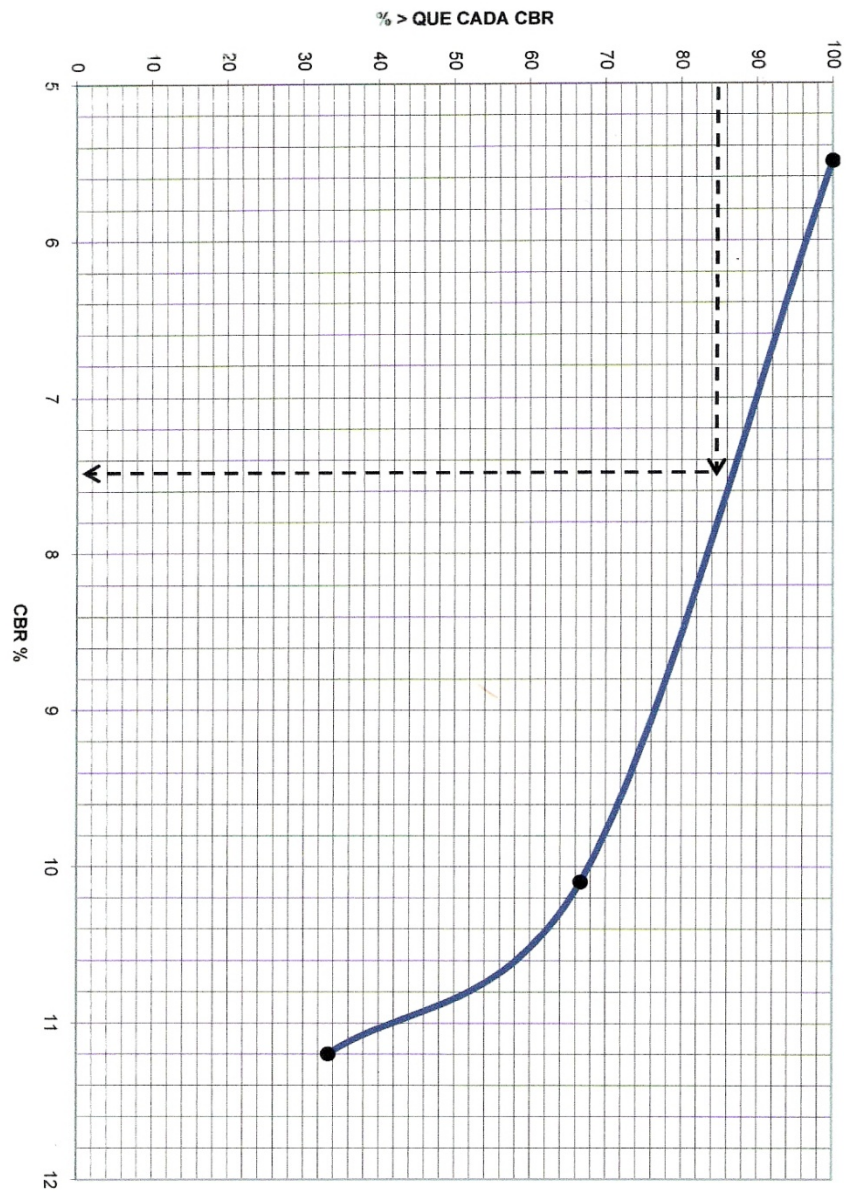
H = 12 cm

Alternativa de Diseño



| | |
|-----------|-------------------------------------|
| 12 Cms | Concreto MR = 41 kg/cm ² |
| 30.00 Cms | Base Granular |

GRÁFICO RESULTADOS DE CBR VS PORCENTAJE DE ENSAYOS MAYOR O IGUAL QUE CADA CBR DIFERENTE





ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
 CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
 NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459
DISEÑO DE LA LOSA EN CONCRETO

$N = 0.65 \times 10^5$

| Transito esperado (N° acumulado de ejes simples equivalentes de 8,2t en el carril de diseño durante el período de diseño del pavimento) | Percentil (porcentaje) por elegir |
|---|--------------------------------------|
| N | |
| <10 ⁴ | 60% |
| 10 ⁴ - 10 ⁶ | 75% |
| >10 ⁶ | 87,50% |

El percentil elegido es = 87,50%

RESULTADOS APIQUES

| APIQUE N° | CBR% |
|-----------|------|
| 2 | 11,2 |
| | 5,5 |
| | 10,1 |

| Resultados CBR% de menor a mayor | % de ensayos cuyo resultado es mayor o igual que cada valor diferente de CBR | | |
|--|---|---|----------|
| 5,50 | 1. / 3. | = | 100,00 % |
| 10,10 | 2. / 3. | = | 66,67 % |
| 11,20 | 3. / 3. | = | 33,33 % |

CBR diseño = 7,45% (gráfica CBR vs porcentaje de CBR menor o igual)

De las tablas de diseño tenemos:

Cálculo del modulo de reacción del suelo "K"

$k = 5 \log CBR + 0.8$ para $CBR < 30$

$k = 27.5 \log CBR - 32.4$ para $CBR \geq 30$

Para el caso se utiliza la formula 1

k = 3,56 lb/pulg³



F.C: Factor camión.

ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

EJES EQUIVALENTES DE 8,2 TONELADAS

| Tipo de vehículo | Estudio MOPT |
|------------------|--------------|
| Buses | 0,92 |
| C-2 pequeño | 0,18 |
| C-2 grande | 2,16 |
| C-3 | 4,39 |
| C-2 S-1 | ----- |
| C-2 S-2 | 4,39 |
| C-3 S-2 | 4,21 |
| C-3 S-3 | 4,42 |

$$F.C = \frac{\%Buses * F.E.Bus + \%C2 * F.E.C2 + \%C3 * F.E.C3 + \%C2S2 * F.E.C2S2 + \%C3S3 * F.E.C3S3}{\%Vehículos comerciales}$$

$$F.C = \frac{8 * 0,92 + 1 * 0,18 + 0.5 * 4,39 + 0.3 * 4,39 + 0.2 * 4,42}{8 + 2}$$

$$F.C = 1.19$$

F.E: Factor de eje por vehículo

$$N = 0,55 * 10^5 \text{ vehículos} * 1.19$$

$$N = 0.65 * 10^5 \text{ ejes de 8,2 toneladas}$$



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

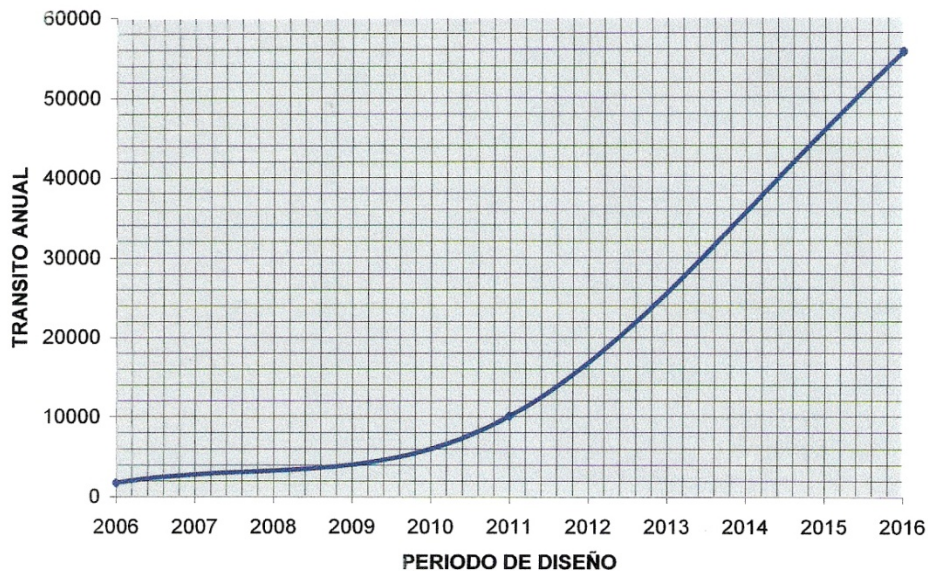
$$T(2006) = 5 \times 365 = 1825 \text{ Vehiculos}$$

$$T_{2010} = 18250 \left[\frac{(1 + 0.04)^4 - 1}{\ln(1 + 0.04)} \right]$$

$$T(2011) = 10.081 \text{ Vehículos}$$

$$T(2015) = 55688 \text{ Vehículos}$$

GRAFICA DE CRECIMIENTO DE TRANSITO ANUAL



Ta: Tránsito acumulado de vehículos comerciales en período de diseño en carriles de diseño

$$Ta = 55,688 \text{ Vehiculos comerciales}$$

$$Ta = 0,55 \times 10^5 \text{ Vehículos comerciales}$$

N: Número acumulado de ejes simples equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño durante el período de diseño.

$$N = Ta \times \text{Factor Camión}$$



ING. LUIS ALFONSO RINCON VALBUENA
CONSTRUCCION, CONSULTORIA, INTERVENTORIA Y REMODELACION DE OBRAS CIVILES
NIT 79.752.828-5 TEL: 4331501 CEL: 3112635459

DISEÑO ESPESOR PLACA Y ESTRUCTURAD E SOPORTE SITIO DONDE CONSTRUIRAN LAS OFICINAS

ESTUDIO DE TRANSITO PARA EL DISEÑO

PARA EL DISEÑO DE LAS PLACAS

TPD: Transito promedio diario

Teniendo en cuenta que la placa hace parte de un sector en donde no va a recibir mucho trafico se toma la categoría de tránsito ligero en el cual se tiene:

TPD(2006) = 5 Vehiculos

| | | |
|-------------|-------|----------|
| Automoviles | Buses | Camiones |
| 1% | 0,00% | 99,00% |

Camiones 99,00%

95% C2
3,0% C3
1,0% C2-S2
1,0% C3-S3

$$\text{TPD Vehiculos Comerciales} = \text{TPD} \left[\frac{B + C}{100} \right]$$

$$\text{TPD Vehiculos Comerciales} = 5 \left[\frac{99}{100} \right]$$

TPD Vehiculos Comerciales = 5 Vehículos Comerciales

Según datos del ministerio de Transporte en Colombia el crecimiento del TPD oscila entre 2% a 4% por año

Siendo este un proyecto en via de expansion adoptamos una rata de crecimeinto (i) de 4% anual. ser vías urbanas adoptamos una rata de crecimiento (i) de 4% anual.

El periodo de diseño (n) de un pavimento rigido es de 10 años.

$$i = 4\% = 0,04$$

n = 10 años

$$T = T_o \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{\ln(1 + i)} \right]$$

El tránsito que se tiene según los estudios realizados para el año 2002 es



LABORATORIO ENSAYOS - SUELOS LTDA.

ENSAYO DE CONO DINÁMICO P.D.C

OBRA

PROFUNDIDAD

Planta Tratamiento Residuos Sólidos Fomeque Curdinamarca

Desde 0.60 m.

LABORATORISTA

GREGORIO MORALES P

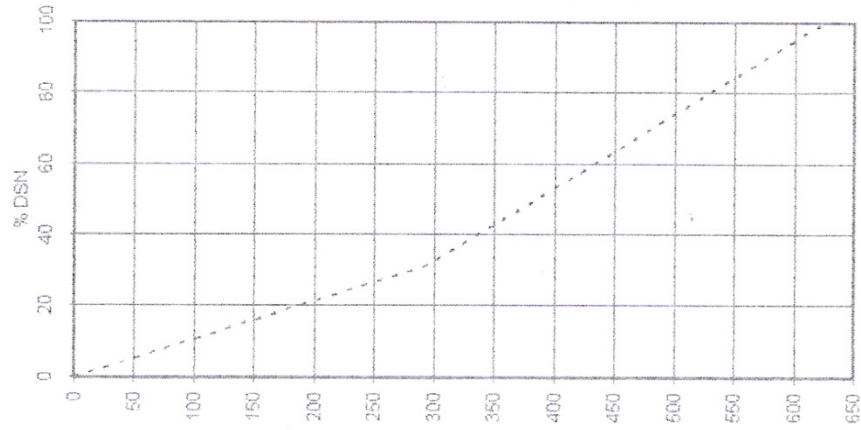
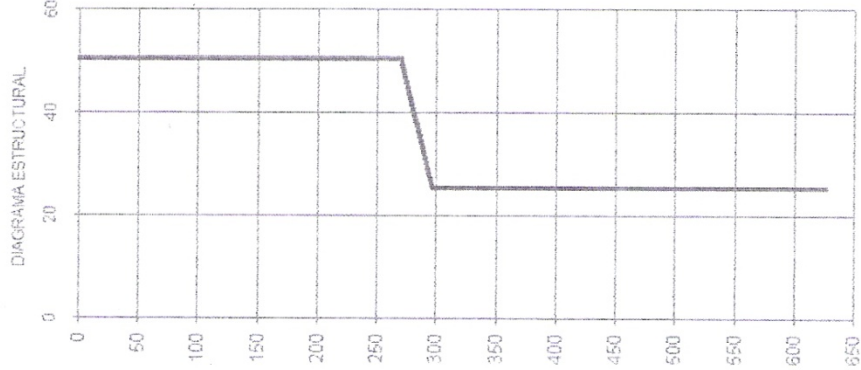
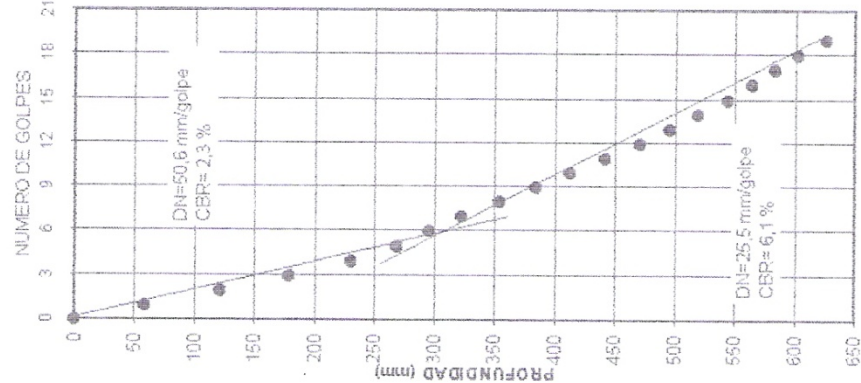
APIQUE

1

FECHA

Septiembre 16 de 2006

| Nº | PROF |
|--------|------|
| GOLPES | (mm) |
| 0 | 0 |
| 1 | 59 |
| 2 | 121 |
| 3 | 179 |
| 4 | 231 |
| 5 | 269 |
| 6 | 296 |
| 7 | 323 |
| 8 | 354 |
| 9 | 385 |
| 10 | 413 |
| 11 | 442 |
| 12 | 471 |
| 13 | 496 |
| 14 | 520 |
| 15 | 544 |
| 16 | 564 |
| 17 | 584 |
| 18 | 603 |
| 19 | 626 |



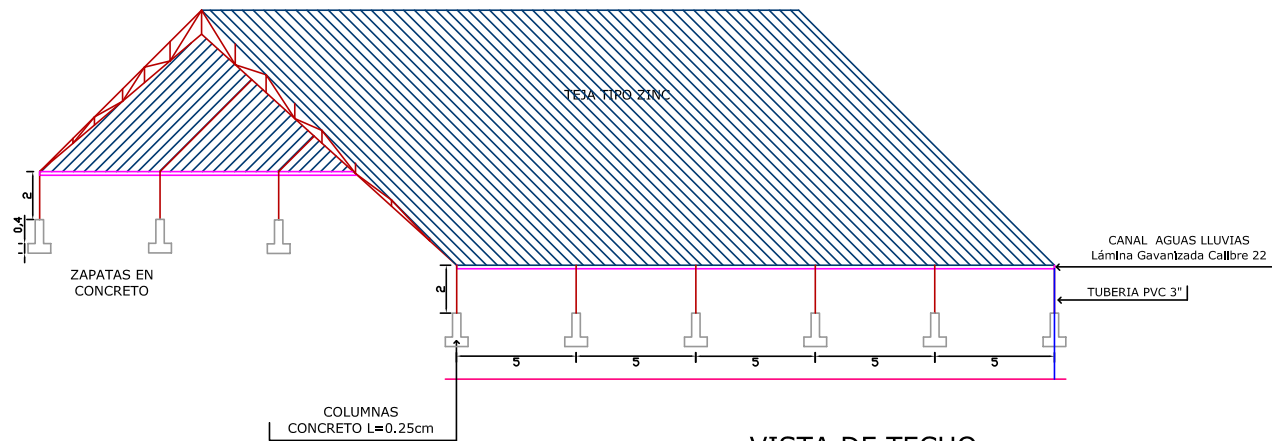
CURVA PDC

NUMERO PDC

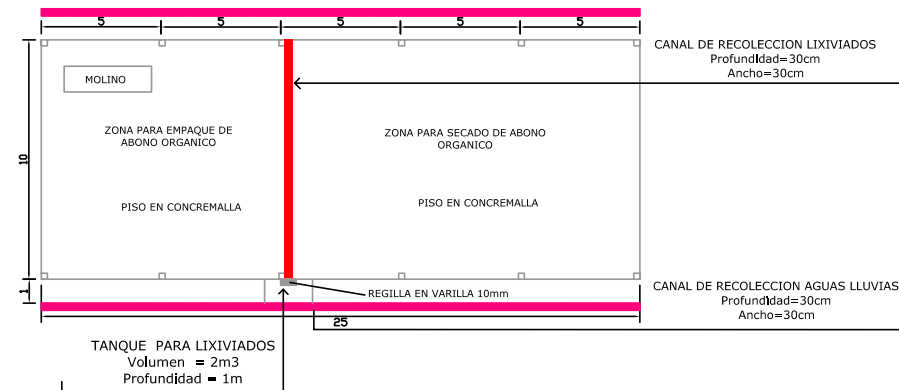
Guerra

ANEXO R

ESTRUCTURA METALICA



VISTA DE TECHO

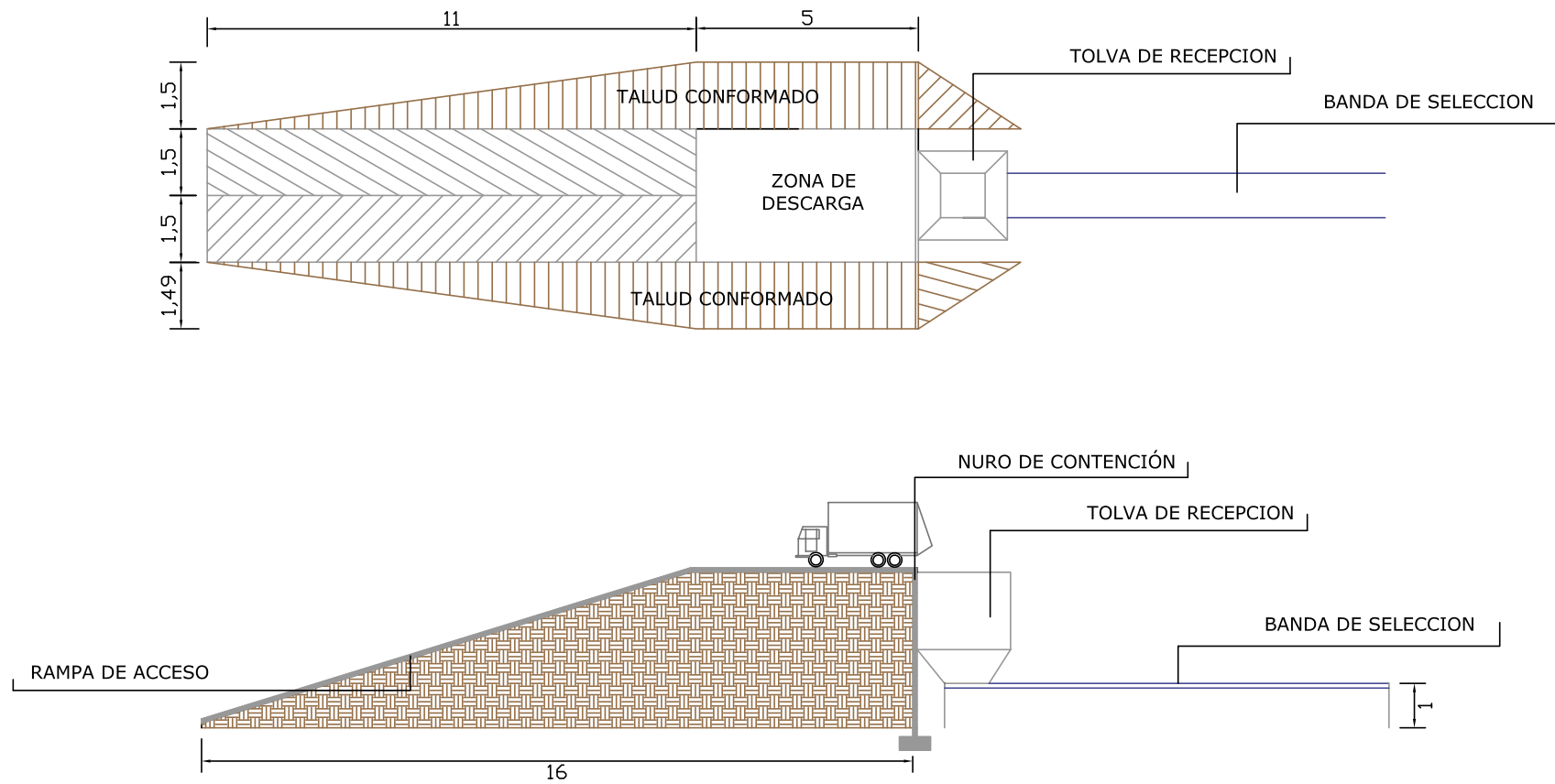
ANEXO
R1ZONA DE SECADO Y EMPAQUE
ABONO ORGANICOESCALA
1.25

PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS

FOMEQUE 2007

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA



| | | | | |
|-------------|-------------------------------------|----------------|---|----------------------------------|
| ANEXO R2 | RAMPA PARA DESCARGUE DE RESIDUOS | ESCALA 1.25 | PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS | UNIVERSIDAD DE LA SALLE |
| | | | FOMEQUE 2007 | INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA |

ANEXO S

PROTOCOLO DE OPERACIÓN INTERNA

El presente protocolo aparece como una herramienta más en el proceso de aprovechamiento de los residuos sólidos, tiene como objetivo crear una interacción directa y constante entre la administración y el personal operativo, de tal manera que se logre prestar un servicio eficiente y de calidad con respecto a las necesidades de la población.

Dentro de la planta de tratamiento se desarrollan procesos que requieren de un seguimiento firme y disciplinado para poder garantizar excelentes resultados, establecer lineamientos que describan comportamientos claros en el desarrollo de actividades productivas, hace parte de las funciones de quien presta el servicio. El aprovechamiento de los residuos sólidos hace parte del sistema de prestación de servicios públicos del municipio, por tanto, su organización debe estar inmersa en la organización interna de la administración municipal, de ahí la importancia de establecer responsabilidades tanto para el personal administrativo como operativo e instaurar medidas de contingencia para las diferentes actividades de aprovechamiento, así como crear un panorama de riesgos con sus respectivas medidas de seguridad industrial dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento.

El presente manual está sujeto a posibles cambios por parte de la administración municipal y el personal administrativo de la planta de tratamiento, sin embargo dentro del diseño del sistema de optimización en el presente documento, el protocolo de operación interna hace parte de una actividad más en el proceso de aprovechamiento de los residuos sólidos.

OBJETIVOS

El presente protocolo se fundamenta en el logro de los siguientes objetivos:

- Establecer responsabilidades tanto para el personal administrativo y operativo en cuanto al sistema de aprovechamiento de los residuos sólidos
- Identificar condiciones de riesgo asociadas a los procedimientos de operación dentro de la planta de tratamiento de residuos sólidos y establecer las medidas de contingencia correspondientes
- Identificar los posibles impactos ambientales en el desarrollo de las actividades de aprovechamiento de los residuos sólidos dentro de la planta de tratamiento y establecer las medidas de contingencia correspondientes.

- Diseñar indicadores de gestión que permitan llevar un control de los procesos desarrollados en el sistema de aprovechamiento de los residuos sólidos
- Establecer reglas claras en materia de seguridad industrial para operarios y administrativo y visitantes en el sistema de aprovechamiento de los residuos sólidos

ESTABLECIMIENTO DE RESPONSABILIDADES

A continuación se describen las responsabilidades del personal administrativo y operativo en el proceso de aprovechamiento de los residuos sólidos en el municipio de Fómeque Cundinamarca.

Personal Administrativo.

El personal administrativo está integrado por aquellas personas responsables de prestar el servicio público domiciliario de aseo en el municipio y de organizar, dirigir y controlar el sistema de aprovechamiento de los residuos sólidos

El personal administrativo tiene a su cargo múltiples funciones y es el responsable del éxito o el fracaso del sistema.

Entre sus responsabilidades están:

- Dirigir, coordinar, ejecutar, controlar y velar por el cumplimiento de la misión, objetivos y funciones de la administración, en concordancia con los planes de desarrollo y las políticas trazadas por la Administración Municipal.
- Cumplir, aplicar y coordinar las acciones necesarias para hacer cumplir las leyes, reglamentos, normas y procedimientos, resoluciones, aplicables a los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo.
- Controlar el cumplimiento de las normas que regulan las relaciones laborales y reportar a la instancia competente de control disciplinario interno, las faltas disciplinarias observadas.
- Asegurar el buen funcionamiento del sistema de atención de quejas, reclamos, sugerencias y recepción de información que presente la ciudadanía en lo relacionado con el servicio público prestado.
- Promover e incentivar la organización de las diferentes formas de participación y control de la comunidad y los usuarios en la administración y gestión de los servicios públicos domiciliarios.

- Incentivar dentro de la comunidad, políticas, planes, programas y estrategias para el uso racional de los recursos naturales y la protección del ambiente.
- Adoptar sistemas o canales de información interinstitucionales, para la ejecución, seguimiento, control y evaluación de los planes y programas de la Secretaría.
- Proyectar, ejecutar y controlar los planes de contingencia necesarios para garantizar la continuidad y calidad en la prestación de los servicios públicos previendo las circunstancias que puedan alterar o arriesgar su normal funcionamiento.
- Crear y organizar, los grupos de trabajo y/o la asignación de actividades, tareas y responsabilidades a los operarios de la administración que sean necesarios para racionalizar el trabajo y garantizar la ejecución de las funciones, planes y programas de la administración, atendiendo la naturaleza de los cargos y sus respectivas funciones.
- Implementar un sistema de control de gestión al desarrollo de las funciones asignadas a los operarios en el sistema de aprovechamiento de los residuos dentro de la planta de tratamiento.
- Atender con prioridad los informes del personal operativo respecto de cualquier anomalía en el proceso de aprovechamiento de los residuos sólidos y gestionar de inmediato las soluciones pertinentes.
- Organizar, administrar, custodiar y salvaguardar la información documental y los correspondientes archivos propios de la administración, atendiendo las políticas, lineamientos y reglamentos adoptados por la Alcaldía para estos fines.
- Evaluar mensualmente la gestión del personal a su cargo, mediante la aplicación y análisis de indicadores de gestión por resultados (auditorías internas).

Personal Operativo.

El personal operativo, está conformado por todas aquellas personas encargadas de llevar a cabo las actividades de aprovechamiento de residuos sólidos desde la recolección hasta la disposición final de los mismos, así como también aquellos encargados de prestar el servicio de aseo público en el municipio

Entre sus responsabilidades están:

- Cumplir con el horario de trabajo asignado reportándose diariamente a la entrada y salida de la planta de tratamiento.
- Desarrollar las actividades de aprovechamiento conforme se estipula en la descripción de los requerimientos para cada una.
- Llevar registros diarios de los parámetros necesarios en cada actividad.
- Informar cualquier anomalía en el proceso de aprovechamiento de los residuos al jefe inmediato en un tiempo no mayor a tres horas después de presenciado el incidente.
- Realizar tareas de mantenimiento y embellecimiento físico de la planta de tratamiento

PLAN DE CONTINGENCIAS

El Plan de Contingencia debe obedecer a un proceso formal y debe ser la incluir la identificación de los factores críticos y alternativas de solución de la contingencia, una prueba real del mismo plan, una capacitación de las personas involucradas y una constante actualización.

Riesgos por Operación.

Los riesgos operacionales se deben a la existencia de elementos, fenómenos, condiciones, circunstancias y acciones humanas, que encierran una capacidad potencial de producir lesiones o daños y cuya probabilidad de ocurrencia depende de la eliminación o control del elemento agresivo.

Dentro de la planta de tratamiesto se pueden presentar riesgos de pérdida, como consecuencia de fallas en los procesos internos, y en los sistemas o eventos externos.

Plan de Contingencia (Riesgos por Operación)

| PROCESO | ACTIVIDAD | FACTOR CRITICO | MEDIDA DE CONTINGENCIA |
|-------------|-------------|---------------------------------|--|
| Recolección | Recolección | Fallas mecánicas en el vehículo | <ul style="list-style-type: none">✓ Avisar con anticipación al recorrido.✓ Disponer de otro vehículo que cuente con la capacidad requerida. |

| | | | | |
|------------------------------------|------------------|---------------------------------------|--------------|--|
| | | Disminución en el número de operarios | | ✓ Disminuir velocidad de recolección |
| Transporte | Transporte | Volcamiento | | ✓ Avisar inmediatamente. ✓ Acordonar el área. ✓ Recoger residuos en otro vehículo. ✓ Hacer estudio de impacto ambiental y social. ✓ Aplicar medidas de compensación de daños si se requiere. |
| | | Fallas mecánicas en el vehículo | | ✓ Avisar con anticipación al recorrido. ✓ Disponer de otro vehículo que cuente con la capacidad requerida. |
| Pesaje | Pesaje | Fallas en el sistema | | ✓ Disponer de una unidad de pesaje manual (romana/báscula) ✓ Realizar pesaje manual después de la tolva de recepción. |
| Selección | Selección | Fallas mecánicas en la banda. | | ✓ Avisar inmediatamente ✓ Realizar selección manual |
| Aprovechamiento Residuos Orgánicos | Compostaje | Escases de EM | | ✓ Utilizar lixiviados del mismo proceso, con previo análisis de la parte administrativa |
| | | Parámetros | Temperatura | ✓ Por encima, aumentar volteos. ✓ Por debajo, disminuir volteos. |
| | | | pH | ✓ Por encima, agregar sustancias ácidas ✓ Por debajo, agregar cal. |
| | | | Relación C/N | ✓ Por encima, agregar material vegetal viejo, paja, heno seco, hojas y aserrín. ✓ Por debajo, agregar material vegetal fresco, deyecciones animales y residuos de matadero. |
| | | | Oxigeno | ✓ Por debajo, aumentar volteos. ✓ Por encima, disminuir volteos. |
| | Lombricompostaje | Fallas en el sistema de aspersión | | ✓ Avisar inmediatamente ✓ Implementar un sistema de riego manual |

| | | | | |
|--------------------------------------|----------------|--|-------------|--|
| | | Parámetros | Temperatura | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Por encima, aumentar humedad. ✓ Por debajo, disminuir humedad. |
| | | | pH | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Por encima, agregar sustancias ácidas ✓ Por debajo, agregar cal. |
| | | | Humedad | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Eliminar aspersión por un tiempo controlando el proceso hasta que estabilice. ✓ Aumentar el caudal de riego gradualmente. |
| Aprovechamiento Residuos Inorgánicos | Almacenamiento | Limitación en el espacio de almacenamiento | | ✓ Acelerar el proceso de comercialización. |
| Disposición Final | Incineración | Fallas mecánicas del horno | | ✓ Acopiar residuos dentro del área de incineración por un periodo no mayor a tres semanas |
| | | Acumulación de residuos | | ✓ Enviar a micro relleno sanitario |
| | Micro Relleno | Ausencia de material de cobertura | | ✓ Compra directa |

Fuente: Estudio

Riegos Ambientales.

Los riegos ambientales hacen referencia a la posibilidad de que se produzca un daño en el medio ambiente natural o social por causa de un fenómeno natural o una acción humana en el desarrollo del proceso de aprovechamiento de los residuos sólidos.

Las causas pueden ser artificiales, sin embargo las circunstancias naturales pueden condicionar su gravedad.

Plan de Contingencia (Riegos Ambientales)

| PROCESO | ACTIVIDAD | FACTOR CRITICO | MEDIDA DE CONTINGENCIA |
|-------------|-------------|--|--|
| Recolección | Recolección | Presencia de residuos sólidos en la calle | Disponer de instrumentos como escoba, palas para recoger los residuos. |
| Transporte | Transporte | Generación de lixiviados que se derramen por los orificios que tiene el vehículo recolector. | Acondicionar un pequeño tanque en el vehículo recolector para almacenar los lixiviados y luego dejarlos en la PTRS |

| | | | |
|---|----------------|--|---|
| Descargue | Descargue | Presencia de residuos sólidos que entran en contacto directo con el medio. | Disponer de instrumentos como escobas, palas para el aseo dentro de la planta |
| Selección | Selección | Presencia de residuos sólidos que entran en contacto directo con el medio. | Disponer de instrumentos como escobas, palas para el aseo dentro de la planta |
| Aprovechamiento de residuos orgánicos | Compostaje | Generación de olores | Colocar una malla que encierre el lugar donde se desarrolla el proceso. |
| | | Presencia de vectores | Realizar limpieza continua, como fumigaciones contra plagas. |
| Aprovechamiento de residuos inorgánicos | Lombricultura | Presencia de vectores | Realizar limpieza, y fumigaciones continuas. |
| | Almacenamiento | Presencia de vectores | Realizar limpieza y fumigaciones continuas contra plagas e implementar estribas para colocar el material reciclable para que no pierda su valor comercial |
| Disposición final | Incineración | Emitir emisiones y olores al ambiente | Realizar análisis periódicos para las emisiones emitidas y labores de mantenimiento periódicas al horno. |
| | Micro relleno | Infiltración de aguas lluvias | Realizar mantenimiento periódico de los canales de recolección |

Fuente: Estudio

PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y CONTROL

El programa de seguimiento y control para el funcionamiento del sistema de aprovechamiento dentro de la planta de tratamiento, se debe realizar a través de indicadores de gestión que revelen la velocidad de cambio sobre el cumplimiento de los objetivos propuestos, evaluación de la eficacia y eficiencia del servicio a través del tiempo.

Indicadores de Operación.

La evaluación de procesos a través de indicadores es la mejor alternativa, ya que ofrece una apreciación individual de cada proceso y a la vez un control conjunto

de todo el proceso de aprovechamiento de los residuos sólidos. La evaluación de indicadores se convierte entonces en un proceso más dentro del sistema de aprovechamiento y es importante realizarlo periódicamente, mínimo una vez al mes ya que su resultado es un factor preponderante en la ejecución de auditorías.

Indicadores de Evaluación de Procesos.

| PROCESO | INDICADOR |
|--------------------------------------|---|
| Selección en la Fuente | $\frac{\text{Residuos Aprovechables}}{\text{Residuos Recolectados}} * 100$ |
| Aprovechamiento Residuos Orgánicos | $\frac{\text{Cantidad Abono (Kg)}}{\text{Cantidad Residuos Orgánicos (Kg)}} * 100$ |
| Aprovechamiento Residuos Inorgánicos | $\frac{\text{Cantidad Residuos Comercializados (Kg)}}{\text{Cantidad Residuos Inorgánicos (Kg)}} * 100$ |

Fuente: Estudio

Control de Procesos.

Llevar un registro de la cantidad de residuos que entran a la planta es un factor importante para poder realizar la evaluación de los diferentes procesos a través de indicadores, así como también lo es controlar diariamente y por separado cada proceso de aprovechamiento. Para realizar tales controles, es necesario diseñar un sistema que permita llevar un registro diario y que además permita la supervisión de la parte administrativa, por ende en el proceso de optimización se han diseñado los formatos para tal fin.

PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Juntos pero NO
revueltos



FICHA DE CONTROL TIPO (MATERIAL QUE ENTRA A LA PLANTA)

Fecha: _____

| Tipo de residuo | Fecha de entrada | Peso de entrada | Observación |
|-----------------|------------------|-----------------|-------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Fuente: Estudio

FIRMA OPERARIO ENCARGADO: _____

FIRMA SUPERVISOR ENCARGADO: _____

PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Justos pero NO
recicla los:



FICHA DE CONTROL COMPOSTAJE

Fecha: _____

| N° Pila | Fecha de Ingreso | Parámetros de control | | | | | Volteos | Observaciones |
|------------|------------------------|-----------------------|---------|----|-----|---------|---------|---------------|
| | | Temperatura | Oxígeno | pH | C/N | Humedad | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Fuente: Estudio

FIRMA OPERARIO ENCARGADO: _____

FIRMA SUPERVISOR ENCARGADO: _____

PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Juntos pero NO
revueltos



FICHA DE CONTROL LOMBRICULTURA

Fecha: _____

| N° Pila | Fecha de ingreso | Parámetros de control | | | Volteos | Observaciones |
|---------|------------------|-----------------------|---------|----|---------|---------------|
| | | Temperatura | Humedad | pH | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Fuente: Estudio

FIRMA OPERARIO ENCARGADO: _____

FIRMA SUPERVISOR ENCARGADO: _____

PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Juntos pero NO
revueltos



FICHA DE CONTROL RESIDUOS INORGÁNICOS

Fecha: _____

| Tipo de residuo | Fecha de calida | Peso de calida | Observación |
|------------------|-----------------|----------------|-------------|
| Plástico de baja | | | |
| Plástico de alta | | | |
| Cartón | | | |
| Metal | | | |
| Papel | | | |
| Isopor | | | |
| Tela | | | |
| Vidrio | | | |
| No aprovechable | | | |

Fuente: Estudio

FIRMA OPERARIO ENCARGADO: _____

FIRMA SUPERVISOR ENCARGADO: _____

PROGRAMA DE SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

La seguridad industrial se ha definido como el conjunto de normas y principios encaminados a prevenir la integridad física del trabajo, así como el buen uso y cuidado de las maquinarias, equipos y herramientas de la empresa. El objetivo principal del programa de seguridad e higiene industrial para la planta de tratamiento de residuos sólidos es prevenir los accidentes laborales, los cuales se producen como consecuencia de las actividades de producción, por lo tanto, una producción que no contempla las medidas de seguridad e higiene no trae una buena productividad.

Para que el programa de seguridad e higiene industrial tenga un excelente desarrollo se debe conocer las necesidades de la planta para poder ofrecerles la información más adecuada orientada a solucionar sus problemas y comunicar los descubrimientos e innovaciones logrados en cada área de interés relacionadas con la prevención de accidentes.

Inspecciones de Riesgos.

Las inspecciones son técnicas y procedimientos que se realizan con el fin de mantener a los empleados informados sobre los problemas que se pueden presentar en el sistema operativo de la planta. Este elemento es uno de los más antiguos, usados para detectar y controlar los accidentes potenciales, antes de que ocurran las pérdidas que pueden involucrar personas, equipos, material y al medio ambiente. Se deben realizar dos tipos de inspecciones, la primera es la planeada y la segunda inspecciones informales o no planeadas

En el primer caso, la inspección planeada se realiza con el fin de evitar y controlar la acumulación de las condiciones que producen pérdidas. Esta puede ser general o crítica, la general tiene como objetivo detectar cualquier elemento que pueda quitarle potencialidad a una operación. Estas se realizan frecuentemente, mensual o bimestralmente, anotando todas las condiciones inseguras con precisión y clasificándolas de acuerdo al grado de riesgo que cause.

Cómo hacer una inspección general:

- Buscar las condiciones inseguras que saltan a la vista.
- Cubrir el sector sistemáticamente.
- Clasificar el riesgo.
- Descubrir y ubicar cada condición insegura claramente en un cuadro y en mapa de riesgos.
- Buscar las causas básicas de las condiciones inseguras.
- Dar posibles soluciones.

Las inspecciones críticas, se deben hacer periódicamente a las partes de maquinarias o equipos que pueden determinar que se realice la producción. Se realizan de la siguiente manera: se utiliza cuadros periódicamente que le ayudarán al supervisor o inspeccionar las partes críticas en su sección, estas se realizan con mayor frecuencia, o sea, se puede hacer inspecciones antes de usar las maquinarias diariamente, semanalmente, cada dos semanas, mensualmente o con la frecuencia que considere necesario y esencial.

El segundo caso, corresponde a las inspecciones informales o no planeadas, o sea, las que hacen los supervisores constantemente, a medida que realizan sus actividades normales. En estas se toman notas de las condiciones sub-estándar en la forma que son descubiertas, a fin de realizar una inspección más eficiente. Es necesario poner énfasis en que el método informal debe ser un suplemento de las inspecciones planeadas o formales.

Tanto las inspecciones formales como las informales son necesarias para controlar con efectividad los accidentes deterioradores y administrar en forma efectiva a la gente, equipos, máquinas y al medio ambiente.

Sistema de Riesgos.

El objetivo del panorama de factores de riesgo es visualizar los factores de riesgo y la forma como éstos afectan a los diferentes grupos de trabajadores que existen en la empresa u organización encargada de los residuos sólidos en el municipio, además permite establecer los planes y programas de salud ocupacional con el propósito de controlar los factores de riesgo. “El factor de riesgo son elementos, fenómenos, condiciones, circunstancias y acciones humanas, que encierran una capacidad potencial de producir lesiones o daños y cuya probabilidad de ocurrencia depende de la eliminación o control del elemento agresivo”¹.

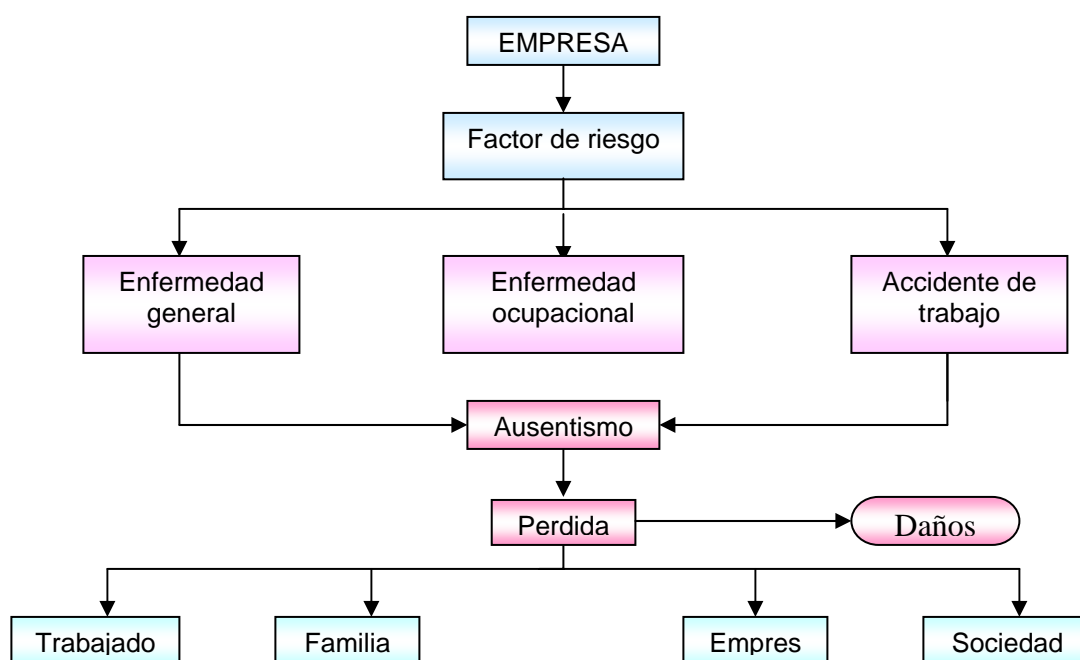
Según del programa de salud ocupacional de la universidad del valle el panorama de factores de riesgo ocupacionales cumple las siguientes características:

- Partir del tipo de proceso, oficio y operación productiva que se realiza. Por tanto, hay que tener en cuenta todas las tareas, materias primas, equipos, la organización y división del trabajo que conforman el proceso productivo.
- Lograr un análisis global del ambiente de trabajo involucrando entre otros aspectos los técnicos, organizacionales y de salud. Para esto se deben realizar actividades conjuntas de las diferentes disciplinas que componen la salud ocupacional como medicina, higiene, seguridad, ergonomía y psicología entre otros.

¹ MARTINES, J. Documentos de la asignatura de Seguridad Industrial, UPB. 2002

- La información del Panorama debe actualizarse periódicamente, por lo tanto su recolección debe ser sistemática y permanente, de modo que permita identificar y evaluar nuevos procesos y operaciones de la producción, cambios en las materias primas, maquinaria y equipos empleados.
- Permitir evaluar las consecuencias y/o efectos más probables, programas de prevención en función de las prioridades resultantes en el diagnóstico que se establezca, permitiendo promoverlas a través de sistemas de vigilancia del ambiente y personas expuestas².

Consecuencias de los Factores de Riesgo



Fuente: SENA. Servicio a la salud. Seccional Antioquia

Clasificación de los Factores de Riesgo

“La GTC 45 hace una clasificación de los Factores de Riesgo teniendo en cuenta las condiciones de trabajo”³

²UNIVERSIDAD DEL VALLE. Programa de Salud Ocupacional (en línea).Panorama de Factores de Riesgo. Colombia. 2006. Disponible en internet: <www.saludocupacional.univalle.edu.co/panoramafactriesgocup.htm>

³INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Medio Ambiente y Protección de la Salud. GTC-45.1997

Según las condiciones de higiene.

Dentro de las condiciones de higiene aparecen factores de riesgos como:

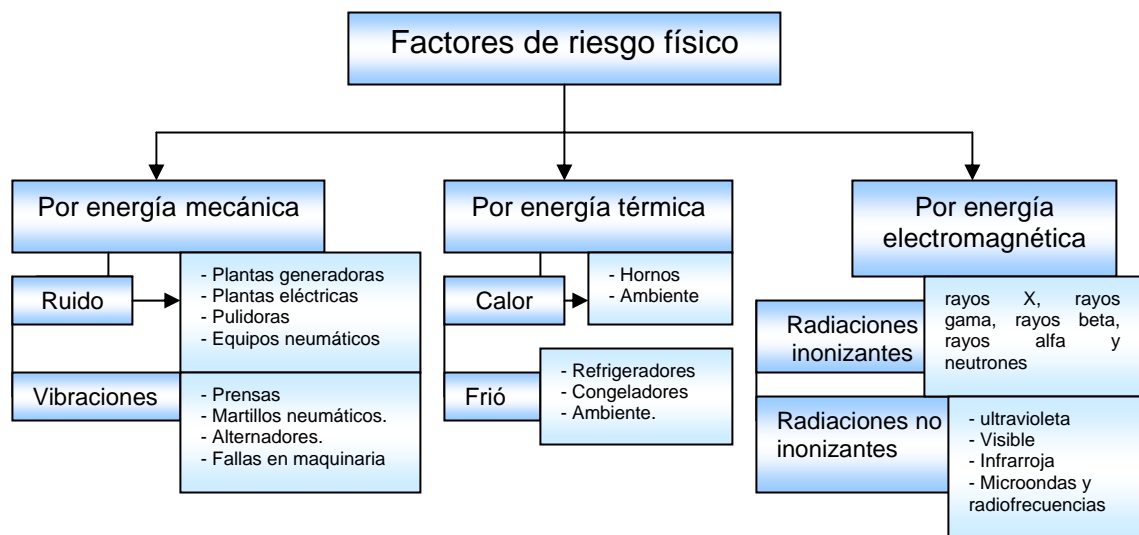
- Factores de riesgo físico
- Factores de riesgo Químico
- Factores de riesgo biológico

Factores de riesgo físico



Son todos aquellos factores ambientales de naturaleza física que pueden provocar efectos adversos a la salud según sea la intensidad, exposición y concentración de los mismos. Estos, al tener contacto con los tejidos y órganos del cuerpo del trabajador, pueden producir efectos nocivos, de acuerdo con la intensidad y tiempo de exposición de los mismos.

Factores de Riesgo Físico



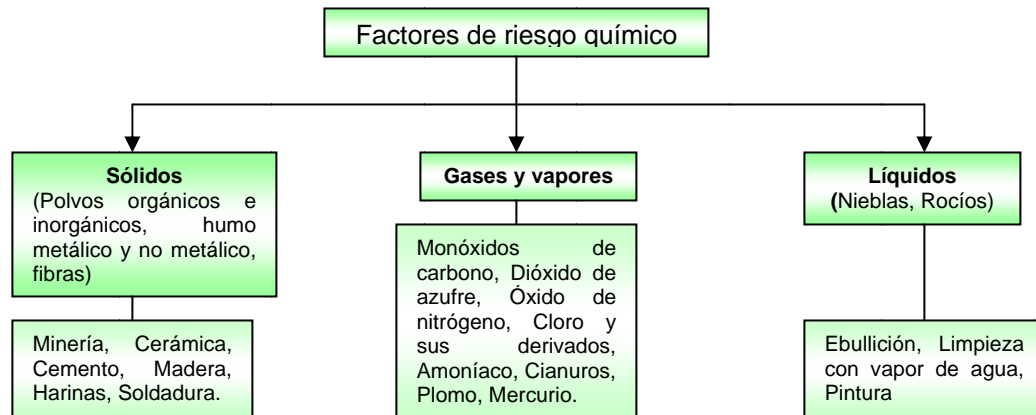
Fuente: Estudio

Factores de riesgo químico.



Toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al aire del ambiente en forma de polvos, humos, gases o vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas. Pueden entrar en contacto con el organismo por inhalación, absorción o ingestión y provocar intoxicación, quemaduras o lesiones sistémicas, según el nivel de concentración y el tiempo de exposición.

Factores de Riesgo Químico



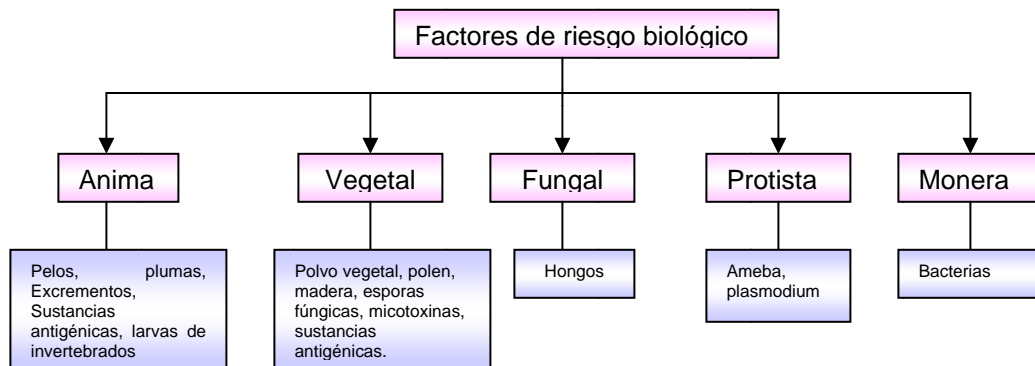
Fuente: Estudio

Factores de riesgo biológico.



Todos aquellos seres vivos ya sean de origen animal o vegetal y todas aquellas sustancias derivadas de los mismos, presentes en el puesto de trabajo y que pueden ser susceptibles de provocar efectos negativos en la salud de los trabajadores. Dichos efectos se pueden concertar en procesos infecciosos, tóxicos o alérgicos.

Factores de Riesgo Biológico



Fuente: Estudio

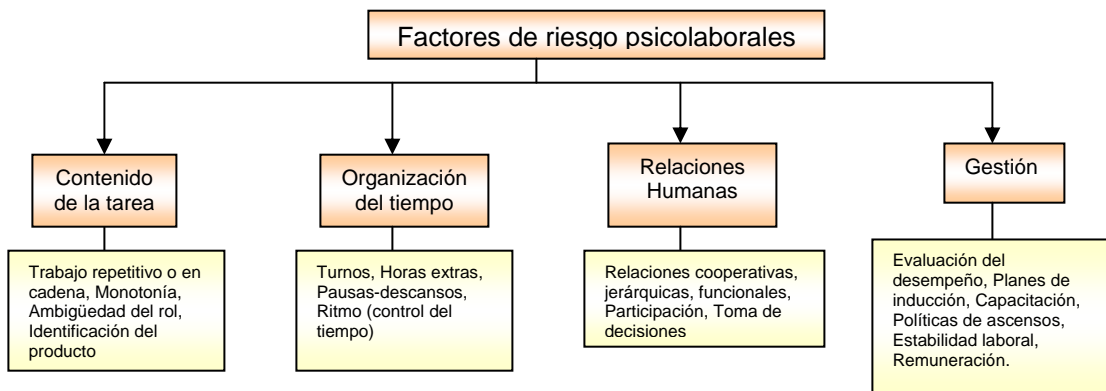
Según las condiciones sociolaborales.

Factores de Riesgo Psicolaborales.



Se refiere a aquellos aspectos intrínsecos y organizativos del trabajo, y a las interrelaciones humanas, que al interactuar con factores humanos endógenos (edad, patrimonio, genético, antecedentes psicológicos) y exógenos (vida familiar, cultura, etc.), tienen la capacidad potencial de producir cambios psicológicos del comportamiento (agresividad, ansiedad, insatisfacción) o trastornos físicos o psicosomáticos (fatiga, dolor de cabeza, hombros, cuello, espalda, propensión a la úlcera gástrica, la hipertensión, la cardiopatía, envejecimiento acelerado).

Factores de riesgo Psicolaborales



Fuente: Estudio

Según condiciones ergonómicas

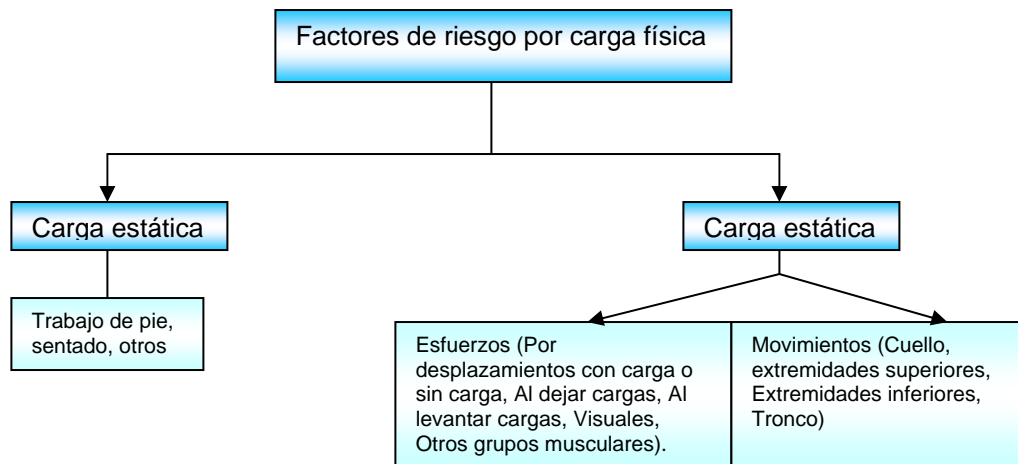
Factores de riesgo por carga física.



Se refiere a todos aquellos aspectos de la organización del trabajo, de la estación o puesto de trabajo y de su diseño que pueden alterar la relación del individuo con el objeto técnico produciendo problemas en el individuo, en la secuencia de uso o la producción. Involucra aquellos agentes o situaciones que tienen que ver con la adecuación del trabajo, o los elementos de trabajo a la fisonomía humana.

Representan factor de riesgo los objetos, puestos de trabajo, máquinas, equipos y herramientas cuyo peso, tamaño, forma y diseño pueden provocar sobre-esfuerzo, así como posturas y movimientos inadecuados que traen como consecuencia fatiga física y lesiones osteomusculares.

Factores de Riesgo por Carga Física



Fuente: Estudio

Según condiciones de seguridad

Factores de riesgo mecánico.



Objetos, máquinas, equipos, herramientas que por sus condiciones de funcionamiento, diseño o por la forma, tamaño, ubicación y disposición tienen la capacidad potencial de entrar en contacto con las personas o materiales, provocando lesiones en los primeros o daños en los segundos. La falta de mantenimiento preventivo y/o correctivo, carencia de guardas de seguridad en el sistema de transmisión de fuerza, punto de operación y partes móviles y salientes, falta de herramientas de trabajo y elementos de protección personal, pueden ser fuente de estos factores.

Factores de riesgo eléctrico.



Se refiere a los sistemas eléctricos de máquinas y equipos, que al entrar en contacto con las personas o las instalaciones y materiales, pueden provocar lesiones a las personas y daños a la propiedad. Pueden provocar, entre otras lesiones, quemaduras, choque, fibrilación ventricular, según sea la intensidad de la corriente y el tiempo de contacto.

Alta tensión
Baja tensión
Electricidad estática



- Conexiones eléctricas.
- Tableros de control.
- Transmisores de energía, etc.

Factores de riesgo locativo.



Condiciones de las instalaciones o áreas de trabajo que bajo circunstancias no adecuadas pueden ocasionar accidentes de trabajo o pérdidas para la empresa.

Por ejemplo:

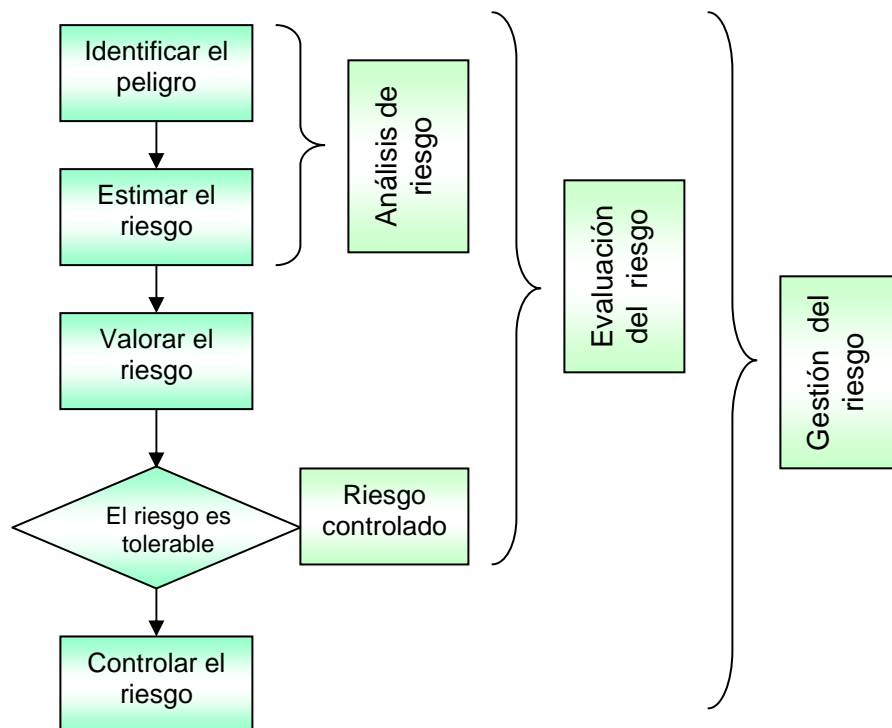
- Pisos, escaleras, barandas, plataformas, andamios, muros, puertas y ventanas defectuosos o en mal estado.
- Techos defectuosos o en mal estado.
- Superficie del piso deslizante o en mal estado
- Falta de orden y aseo.
- Señalización y demarcación deficiente, inexistente o inadecuada.
- Sistemas de protección inadecuados o faltantes.
- No uso de elementos de protección personal
- Herramientas en lugar inadecuado
- Almacenamiento inadecuado
- Cosas inservibles
- Pasillos bloqueados
- Objetos fuera del sitio apropiado

PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL PANORAMA DE RIESGOS

Para la elaboración del panorama de riesgos para la planta de tratamiento de residuos sólidos se debe realizar un análisis de riesgo donde se identifica el peligro, se estima el riesgo, valorando conjuntamente la probabilidad y las consecuencias de que se materialice el peligro. El análisis del riesgo proporcionará de qué orden de magnitud es el riesgo.

Con la valoración del riesgo obtenido, y comparándolo con el valor del riesgo tolerable, se emite un juicio sobre la tolerabilidad del riesgo en cuestión. Si de la evaluación del riesgo se deduce que el riesgo es no tolerable, hay que controlar el riesgo.

Proceso para la elaboración del panorama de riesgos



Fuente: GALVIS Boris Documento de la asignatura de Salud Ocupacional. Universidad de la Salle. 2006.

Para elaboración del Panorama de riesgos se debe seguir los siguientes pasos:

Inspección General Sistemática.

Se debe realizar una sectorización del lugar de trabajo identificando las diferentes áreas, además de crear una lista de verificación de factores de riesgo en la que se incluyan todos los factores de riesgo que se puedan presentar en el lugar de trabajo, la creación de la lista de verificación toma como base una clasificación de riesgos y permite obtener una identificación general y sistematizada de los factores de riesgo particulares del lugar de trabajo. Luego se hace la inspección de cada área y se localizan los diferentes factores de riesgo presentes en cada una.

Lista de verificación

| GRUPO | FACTOR DE RIESGO | CÓDIGO | DESCRIPCIÓN |
|-------|--|--------|------------------------------------|
| 1 | Del ambiente de trabajo. Microclima | 1A | Temperatura extrema: calor o frío |
| | | 1B | Humedad relativa y lluvias |
| | | 1C | Aireación natural deficiente |
| | | 1D | Niveles de luz natural inadecuados |
| | | 2A | Ruido |

| | | | |
|---|---|----|---|
| 2 | Contaminantes del ambiente tipo físico, químico, biológico | 2B | Vibraciones |
| | | 2C | Radiaciones ionizantes |
| | | 2D | Radiaciones no ionizantes |
| | | 2E | Aerosoles (Neblinas, polvos, humos) |
| | | 2F | Gases o Vapores |
| | | 2G | Organismos microscópicos (bacterias, virus, hongos, parásitos) |
| | | 3A | Posiciones inadecuadas |
| 3 | Productores de sobrecarga física sobre carga psíquica (psicosociales) | 3B | Postura corporal inadecuada |
| | | 3C | Tipo de trabajo |
| | | 3D | Organización de trabajo |
| | | 3E | Las tareas monótonas, repetitivas |
| | | 4A | Maquinas peligrosas y sin protección Sistema de control obstruidos |
| 4 | Productores de Inseguridad | 4B | Herramientas defectuosas |
| | | 4C | Transmisión de fuerza sin protección |
| | | 4D | Sistema de protección deficientes o faltantes |
| | | 5A | Techos, pisos, muros, puertas y ventanas defectuosos o en mal estado. |
| 5 | Productores de inseguridad tipo locativo | 5B | Objetos fuera del sitio apropiado |
| | | 5C | Pasillos bloqueados |
| | | 5D | Almacenamiento inadecuado |
| | | 5E | Herramientas en lugar inadecuado |
| | | 5F | Superficie del piso deslizante o en mal estado |
| | | 5G | Señalización y demarcación deficiente, inexistente o inadecuada. |
| | | 5H | Sistema de protección inadecuados o faltantes. |
| | | 5I | No uso de elementos de protección personal |

Fuente: Estudio

Valoración Subjetiva del Grado de Peligro.

Se valoriza el grado de peligro de cada factor de riesgo con el fin de priorizar la atención y control sobre dichos factores.

$$GP = P \times E \times C$$

El valor del Grado de Peligro depende:

- **Probabilidad del suceso (P):** Es la posibilidad de que la exposición al factor de riesgo en el tiempo genere las consecuencias no deseadas; dicha probabilidad está directamente relacionada con los controles que la empresa haya establecido para minimizar o eliminar el riesgo.
- **Exposición al factor de riesgo (E):** Frecuencia con que las personas o la estructura entran en contacto con los factores de riesgo.

- Consecuencias para la salud e integridad del trabajador (C): Se refiere a las alteraciones negativas en el estado de salud de las personas, así como en las finanzas e imagen de la empresa.

Valoración Subjetiva del Grado de Peligro

| TABLA DE VALORACIÓN SUBJETIVA DEL GRADO DE PELIGRO EN SEGURIDAD E HIGIENE OCUPACIONAL | | | | |
|--|------------------------|---|---|----------|
| VARIABLES | CONDICIÓN | INDICADOR PARA ACCIDENTALIDAD | INDICADOR PARA ENFERMEDAD | VALOR |
| P Probabilidad del Suceso. Accidente o enfermedad | • Máxima | <ul style="list-style-type: none"> • Resultado probable máximo • Resultado probable alto • Resultado probable medio • Resultado probable bajo • Resultado probable mínimo | | 10 |
| | • Alta | | | 7 |
| | • Media | | | 5 |
| | • Baja | | | 2 |
| | • Mínima | | | 1 |
| E Exposición al Factor de Riesgo | • Continua | <ul style="list-style-type: none"> • Muchas veces al día • Una vez por día • Una vez x semana • Una vez al mes • Se sabe que ocurre | <ul style="list-style-type: none"> • > de 8 hrs/día • 5<x<8 hrs/día • 2<x<5 hrs/día • 1<x<2 hrs/día • <1 por día | 10 |
| | • Frecuente | | | 7 |
| | • Ocasional | | | 5 |
| | • Irregular | | | 2 |
| | • Raramente | | | 1 |
| C Consecuencias Para la salud y La integridad física | • Fatal | <ul style="list-style-type: none"> • <u>Desastres.</u> Varias muertes, toxicidad categoría I • <u>Grave.</u> Traumas o heridas graves, toxicidad categoría II • <u>Severa.</u> Lesiones con pérdida de integridad física. Toxicidad categoría III • <u>Importante.</u> Lesiones importantes con ausentismo, toxicidad categoría IV • <u>Notable.</u> Lesiones que requieren de primeros auxilios | <ul style="list-style-type: none"> • Patología irreversible a largo plazo • Causas sospechosas de patologías irreversibles • Patología no empeorable con cese de la exposición al riesgo • Patologías benignas. Ceden con tratamiento médico • Molestias | (100-76) |
| | • Invalidez | | | (75-51) |
| | • Incapacidad Parcial | | | (50-26) |
| | • Incapacidad Temporal | | | (25-11) |
| | • Molestias | | | (10-1) |

Fuente: Fuente: GALVIS, Boris. Documento de la asignatura de Salud Ocupacional. Universidad de la Salle. 2006.

Esta etapa además implica valorar el grado de repercusión

$$GR = GP \times N^{\circ} \text{ Exp}$$

GP: Grado de Peligrosidad

Nº Exp: Número de trabajadores expuestos

Consignación de la Información.

Una vez inspeccionada cada área de trabajo se consigna la información obtenida en un cuadro resumen de factores de riesgo. Es indispensable diligenciar un formato por cada área de trabajo inspeccionada, esto permite recopilar de manera ordenada y sistemática la información obtenida en las inspecciones, además de identificar el riesgo. También deben las causas o fuentes que lo originan, la sección del área afectada, el número de puestos afectados, el número de trabajadores expuestos, el número total de expuestos por factor (en el caso de que este se origine por causa de mas de una fuente).

Resumen de Factores de Riesgo

| Empresa: | | | | | Elaborado: | | | |
|-----------------|---------------------------|-------------------|------------------|-----------------------------|------------|------------------|------------------------------|---------------|
| Área: | | | | | Fecha: | | | |
| Grupo de riesgo | Factor de riesgo (código) | Fuentes de riesgo | Sección afectada | Total de expuestos (Nº Exp) | GP P*E*C | Grado de Peligro | Repercusión particular (5*6) | Observaciones |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Fuente: Estudio

Mapa de Riesgos.

Consiste en la descripción grafica, en un plano de las instalaciones, de la presencia de los factores de riesgo mediante una simbología previamente establecida y un color especifica para cada riesgo

Simbología de Factores de Riesgo

| ACTORES DE RIESGO | SIMBOLOGÍA | FACTORES DE RIESGO | SIMBOLOGÍA |
|---------------------|---|--------------------|---|
| Físico |  | Psicolaborales |  |
| Químico |  | Ergonómicas |  |
| Biológico |  | Seguridad mecánica |  |
| Seguridad eléctrica |  | Seguridad Locativa |  |

Fuente: Estudio

PROGRAMA DE BIOSEGURIDAD

La persona encargada de realizar el programa de bioseguridad debe estar en contacto directo con los empleados y con el responsable de seguridad industrial de la planta de tratamiento de residuos sólidos.

Este programa debe cumplir con las siguientes funciones:

- Planear, administrar y hacer los cambios necesarios en el programa de bioseguridad.
- Reportar a los directivos el estado de la seguridad.
- En caso de accidentes, debe investigar y mantener un registro de la siguiente manera: como tomar las acciones correctivas necesarias, presentar sus observaciones y recomendaciones al los directivos y al Comité de Bioseguridad.

- Hacer inspecciones con el propósito de descubrir y corregir prácticas no seguras en medio de trabajo.
- Supervisar las actividades de prevención de incendio y primeros auxilios.
- Contribuir a vigilar los casos de enfermedad o ausencia laboral, por si pudieran estar relacionados con el trabajo.


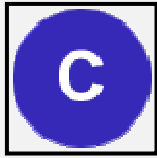


Señalización Áreas.

Las señales de seguridad deben ser colocadas en los lugares peligrosos así como en los sitios donde son almacenados los objetos dañinos. Es de suma importancia saber el significado de cada señal, sobre todo de los signos.

Sitios de importancia para señalarlos:

- Las salidas de emergencias, deben mantener libre de obstrucción.
- Los equipos contra incendio (extintores) deben estar señalizados por una flecha de rojo, colocados estratégicamente en cada área de la empresa.
- Lugar donde se coloca el botiquín
- Áreas de trabajo.
- Prohibir el paso a las áreas de trabajo a personas no autorizada.
- Cuenta con una camilla.

Tipos de Extintores

| CLASE A. | CLASE C. |
|--|---|
|  <p>Fuegos de materias combustibles comunes, tales como, madera carbon, o tela, para los que el método ambiental de extinción es el enfriamiento con.</p> |  <p>Fuegos en equipos eléctricos o cerca de ellos, para los que se necesita un agente extinguidor, mal conductor de la corriente eléctrica.</p> |
| CLASE B. | CLASE D. |
|  <p>Fuego de líquidos y inflamables, para los que los métodos usuales de extinción son sofocación y enfriamiento.</p> |  <p>Fuego de metales combustibles para los que necesitan agentes extinguidores especiales.</p> |

Fuente: Estudio

A los extintores se les debe realizar mantenimiento como mínimo una vez al año, o cuando la inspección lo requiera y se debe revisar frecuentemente para

asegurarse que se encuentre en un lugar apropiado, accesible y visible.

Para un buen funcionamiento de los extintores se debe revisar sus partes de la siguiente manera:

- La boquilla o tobera, verificando que no hayan obstrucciones.
- Verificar que sean legibles las instrucciones de uso, presentes en la etiqueta.
- El precinto o pasador de seguridad no esté roto y que el gancho de seguridad se encuentre en su sitio.
- la presión debe estar completa.
- Verificar el manómetro o el peso de la botella que contiene el gas impulsor.
- Confirmar la tarjeta de inspección que indica la fecha de la última inspección, mantenimiento o recarga.
- Examinar la condición de la manguera.
- Inspeccionar si presenta corrosión o algún otro daño producto del ambiente

Seguridad en el área de trabajo.

- Antes de usar una escalera, el trabajador tiene la obligación de comprobar que está en buen estado, las escaleras móviles y de mano deben estar recostadas en un ángulo de 75° y amarradas en la parte superior, o atadas en la base. Las escaleras deben mantenerse limpias de todo material resbaladizo, suciedad o pintura, al subir por una escalera las herramientas se llevan en un porta-herramientas.
- Los andamios, deben ser inspeccionados periódicamente para cerciorarse de que estén en buenas condiciones, las personas que trabajan con andamios, deben tener precaución. No se puede caminar o parar debajo de andamios durante su montaje y desmontaje.
- Los interruptores deben estar ubicados dentro de cuartos cerrados por mallas ciclónicas. Se sabe que la corriente por poco voltaje que tenga, puede ocasionar la muerte, es por esto, que las personas no entrenadas debidamente, nunca deben trabajar con ésta.
- Los electricistas son los únicos con autorización para dar mantenimiento a los equipos eléctricos, ajustarlos o repararlos. Todos los conductores y cables eléctricos deben estar convenientemente aislados de manera que no represente ningún peligro. Los electricistas trabajan con guantes y batas de resistencias dieléctrica. Las fallas eléctricas deben repararse inmediatamente y las puertas de interruptores deben permanecer siempre despejadas.

- La ventilación es de vital importancia en el control de accidentes y fatiga de los empleados, por lo que la empresa debe proporcionar en toda el área física una ventilación adecuada para evitar el agotamiento y limitaciones de los empleados.
- Las máquinas deben tener sus protectores o resguardos en buenas condiciones.
- Las herramientas como alicates, destornilladores, entre otras, proporcionadas para el trabajar en las máquinas hay que usarla de manera correcta y mantenerlas en lugares adecuados.
- El ruido afecta directamente el sentido auditivo, este puede causar lesiones severas si se violan las reglamentaciones de los niveles de decibeles permitidos. La intensidad permisible en decibeles del ruido es de 85%, la recomendable es de 80% para un tiempo de trabajo laboral de 8 horas. La empresa debe realizar mediciones periódicas para mantener los niveles de decibeles apropiados.
- La empresa debe desarrollar cursos de primeros auxilios para entrenar a los empleados de tal manera que posean las habilidades necesarias para ayudar a las personas en caso de emergencia.
- La empresa debe contar con un botiquín donde estén los medicamentos mínimos requeridos para ofrecer los primeros auxilios.
- La empresa debe realizar simulacros de evacuación periódicamente, donde se les indique a los empleados de la planta que deben hacer en caso de incendios o terremoto.

Normas de evacuación.

- Debe apagar la máquina.
- No correr, sólo caminar.
- Dirigirse a los sitios de encuentro.
- La alerta de emergencia es el timbre tocado de manera intermitente.

Elementos de Seguridad Industrial.

Es necesario tomar en cuenta las normas siguientes cuando se vayan a limpiar las máquinas, reparar o ajustar:

- Parar la máquina.
- Colocar tarjetas de advertencias o cualquier aviso indicando que la máquina está fuera de servicio.

- Después de la reparación, asegurarse de que los protectores han sido colocados correctamente.
- Antes de poner las máquinas en movimiento se debe tener en cuenta que no haya personal, herramientas o materiales que pudieran resultar afectados.

Para el desarrollo de las actividades de aprovechamiento dentro de la planta, los operarios deben contar con elementos de protección personal, pues la seguridad del empleado depende de su propia conducta, la cual está condicionada a un acto voluntario del trabajador por educación y motivación por parte del empleador.

Según el artículo 21 del decreto 1295 de año 1994, dentro de las responsabilidades del empleador en el sistema de riesgos profesionales están:

- Pago de la totalidad de la cotización de los trabajadores al Sistema General de Riesgos Profesionales.
- Trasladar el monto de las cotizaciones a la ARP, dentro de los plazos estipulados.
- Procurar el cuidado integral de la salud de los trabajadores y de los ambientes de trabajo.
- Programar, ejecutar y controlar el cumplimiento del programa de salud ocupacional de la empresa.
- Notificar a la ARP a la que se encuentre afiliado, los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales.

Por otra parte, también tiene responsabilidades frente al programa de salud obligatoria de la empresa, según el artículo 24 del decreto 614 de 1984 se tiene que:

- Responder por la ejecución del Programa de Salud Ocupacional de su Empresa
- Notificar a las autoridades competentes los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales que se presenten
- Informar a los trabajadores los riesgos a los que están sometidos, sus efectos y las medidas preventivas
- Permitir que los trabajadores asistan a los programas de capacitación en prevención de riesgos programados por las autoridades
- Proporcionar a las autoridades competentes la información necesaria sobre procesos, operaciones y sustancias para la adecuada identificación de los problemas de salud ocupacional





Los operarios no están exentos de responsabilidades frente al programa de seguridad ocupacional de la empresa donde laboran, el artículo 22 del decreto 1295 del año 1994, les asigna deberes, entre los cuales están:

- Procurar el cuidado integral de su salud.
- Suministrar información clara, veraz y completa sobre su estado de salud.
- Colaborar y velar por el cumplimiento de las obligaciones contraídas por los empleadores en el Decreto 1295/94.
- Cumplir las normas, reglamentos e instrucciones de los programas de salud ocupacional de la empresa.
- Participar en la prevención de los riesgos profesionales de los comités paritarios de salud ocupacional, o como vigías ocupacionales.
- Los pensionados por invalidez por riesgos profesionales, deberán mantener actualizada la información sobre su domicilio, teléfono y demás datos que sirvan para efectuar las visitas de reconocimiento.
- Los pensionados por invalidez por riesgos profesionales, deberán informara la ARP correspondiente, del momento en el cual desaparezca o se modifique la causa por la cual se otorgó la pensión.

Dentro de la planta de tratamiento es importante tener en cuenta la información presentada en la siguiente tabla como parte del programa de salud ocupacional.

Elementos de Protección Personal.

| | EQUIPO DE PROTECCION | PROCESO | JUSTIFICACION |
|--------------------|---|--|---|
| CABEZA |  | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Descargue ✓ Trituración ✓ Almacenamiento | La cabeza puede llegar a sufrir lesiones por objetos que caen. |
| OÍDOS |  | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Selección ✓ Trituración ✓ Molido | La elevada exposición al ruido puede resultar en estrés, por la constante presión de escuchar y ser escuchado, por otro lado el ruido puede ser causa de que se pierda permanentemente la audición. |
| VISIÓN |  | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Descargue ✓ Selección ✓ Trituración ✓ Compostaje ✓ Molido ✓ Empaque | Durante la realización de estas actividades, se desprenden partículas que pueden afectar caer directamente en los ojos de los operarios, afectando su calidad visual. |
| VÍAS RESPIRATORIAS | Tapabocas | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Recolección ✓ Transporte ✓ Descargue ✓ Almacenamiento ✓ Molido | El uso del tapabocas previene la inalación de olores nosivos para la salud, sobre todo en el manejo de los residuos orgánicos por el proceso |

| | | | |
|---------------|---|--|--|
| | | ✓ Empaque | de descomposición del material biodegradable |
| |  | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Selección ✓ Trituración ✓ Compostaje ✓ Lombricompostaje | Evita el contacto directo con bacterias, olores, partículas y gases nocivos, generados en el proceso de descomposición de los residuos |
| CUERPO |  | ✓ En todos los procesos de aprovechamiento. | Además de ser parte de las políticas de pertenencia en cualquier empresa, previene el contacto directo con los residuos y por ende disminuye los riesgos de adquirir y transmitir infecciones, ya que este material es de uso exclusivo para desarrollar las labores de aprovechamiento. |
| MANOS |  | ✓ En todos los procesos de aprovechamiento | Estos elementos como parte del uniforme de los operarios garantizan que no haya un contacto directo en la manipulación de los residuos y previenen la adquisición de riesgos de carácter biológico. |
| PIES |  | ✓ En todos los procesos de aprovechamiento | |

Fuente: Estudio

Las cotizaciones correspondientes a los implementos necesarios para realizar las actividades de control, se muestran a continuación.