



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN
INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA PARA EL
MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y
LÍQUIDOS EN COMUNIDADES RURALES DEL
MUNICIPIO DE ATOYAC DE ÁLVAREZ,
GUERRERO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

ING. AMBIENTAL- RESIDUOS SÓLIDOS

P R E S E N T A:

ING. JUAN ANTONIO ARAIZA AGUILAR

TUTOR

M. EN C. CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS

2009



JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Simón González Martínez
Secretario: Dr. Alfonso Durán Moreno
Vocal: M. en C. Constantino Gutiérrez Palacios
1er. Suplente: Dr. Enrique César Valdez
2do. Suplente: M. en I. Carmen del Pilar Tello Espinoza

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

Posgrado de ingeniería y localidad "El Paraíso", en el municipio de Atoyac de Álvarez, Guerrero.

TUTOR DE TESIS:

M. en C. Constantino Gutiérrez Palacios

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por la formación que me ha dado durante el periodo de la maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo brindado durante la realización de este proyecto.

A mi tutor y sinodales, que con sus comentarios y sugerencias enriquecieron este trabajo.

Gracias a mi madre, mi hermana y mi abuela por su apoyo a través de todos estos años.

Gracias a todos aquellos que con su preocupación e interés me motivaron.

CONTENIDO

SIGLAS Y ABREVIATURAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Justificación.....	13
1.2 Objetivos.....	14
1.2.1 General.....	14
1.2.2 Particular.....	14
1.3 Alcances.....	15
1.4 Estrategia.....	15
II. SANEAMIENTO	19
2.1 El saneamiento y sus relaciones.....	19
2.2 Factores de control en el saneamiento.....	20
2.2.1 Abastecimiento de agua.....	20
2.2.2 Alcantarillado.....	20
2.2.3 Disposición de residuos sólidos urbanos.....	21
2.2.4 Control de vectores.....	21
2.2.5 Protección de los alimentos.....	21
2.3 Normatividad aplicable a proyectos de saneamiento.....	21
III. ÁREA DE ESTUDIO	24
3.1 Población.....	24
3.2 Medio físico.....	24
3.2.1 Localización y extensión.....	24
3.2.2 Geografía.....	25
3.2.3 Hidrografía.....	27
3.2.4 Clima.....	28
3.3 Medio social.....	29
3.3.1 Evolución demográfica.....	29
3.3.2 Educación.....	32
3.3.3 Salud.....	32
3.3.4 Vivienda.....	33
3.3.5 Servicios públicos.....	33
3.3.6 Medios de comunicación y transporte.....	34
3.3.7 Economía.....	34
3.3.8 Gobierno.....	34
IV. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	35
4.1 Agua para consumo humano.....	35
4.1.1 Suministros de agua.....	35
4.1.2 Calidad del agua.....	36
4.1.3 Niveles de servicio.....	37
4.2 Manejo de residuos líquidos.....	40
4.2.1 Disposición de excretas e infraestructura sanitaria.....	40
4.3 Manejo de residuos sólidos urbanos.....	44
4.3.1 Generación.....	44
4.3.2 Almacenamiento y barrido.....	47
4.3.3 Recolección y transporte.....	47
4.3.4 Reúso- reciclaje.....	49
4.3.5 Tratamiento y disposición final.....	50

V. ELABORACIÓN DE PROYECTOS BÁSICOS.....	52
5.1 Diseño de relleno sanitario tipo “D”	52
5.1.1 Delimitación de zonas.....	53
5.1.2 Identificación de sitios.....	54
5.1.3 Descripción de los sitios.....	54
5.4.4.1 Censo de aprovechamientos de agua subterránea	55
5.1.5 Evaluación de los sitios	57
5.1.6 Levantamiento topográfico del sitio seleccionado	67
5.1.7 Información de la localidad y parámetros de diseño	68
5.1.7.1 Población por servir.....	68
5.1.7.2 Proyección de la generación de residuos sólidos urbanos	69
5.1.8 Proyecto de ingeniería del relleno sanitario	69
5.1.8.1 Método de operación.....	71
5.1.8.2 Requerimientos volumétricos del sitio	71
5.1.8.3 Capacidad volumétrica del sitio	71
5.1.8.4 Dimensionamiento de la celda diaria.....	71
5.1.8.5 Vida útil del sitio.....	72
5.1.8.6 Diseños específicos	74
5.1.8.6.1 Sistema de impermeabilización	74
5.1.8.6.2 Sistema de control de escurrimientos pluviales, lixiviados y biogás.....	76
5.1.8.6.3 Obras complementarias	80
5.1.9 Señalamientos.....	81
5.1.10 Selección de herramientas.....	82
5.1.11 Personal.....	82
5.1.12 Operación del relleno sanitario	83
5.1.12.1 Controles de entrada	83
5.1.12.2 Colocación, compactación y cubierta de los residuos sólidos.....	83
5.1.13 Clausura del relleno sanitario	84
5.2 Optimización de las rutas de recolección.....	85
5.2.1 Sectorización de la comunidad	85
5.2.2 Método de recolección.....	86
5.2.3 Frecuencia y horario de recolección	86
5.2.4 Diseño de microrutas	87
5.2.4.1 Número y tipo de equipo seleccionado	87
5.2.4.2 Tamaño de la tripulación.....	87
5.2.4.3 Distancia al sitio de disposición final.....	87
5.2.4.4 Topografía y condiciones de los caminos.....	88
5.2.4.5 Tráfico en la ruta	89
5.2.5.6 Determinación de la generación poblacional por micro ruta.....	89
5.2.5.7 Tiempo y movimiento de las rutas de recolección	91
5.3 Diseño de la ampliación del sistema de alcantarillado	93
5.3.1 Descripción del sistema de drenaje existente.....	93
5.3.1.1 Localización.....	93
5.3.1.2 Condiciones de servicio	93
5.3.2 Recopilación e información de campo	94
5.3.2.1 Levantamiento topográfico	94
5.3.2.2 Diseño hidráulico del sistema	95
5.3.2.2.2 Período de económico de proyecto	96
5.3.2.2.3 Normas y criterios de diseño	96
5.4 Elección del sistema de tratamiento de aguas residuales	99
5.4.2 Sistemas de tratamiento aplicables.....	99
5.4.3 Metodología de selección del sistema de tratamiento.....	100
5.4.3.1 Factores y variables de aplicación	100
5.4.3.2 Construcción y aplicación de la guía.....	101

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	103
6.1 Conclusiones.....	103
6.2 Recomendaciones.....	104
ANEXOS.....	105
REFERENCIAS.....	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura no. I-1 Cuenca del Río Atoyac, Guerrero.....	11
Figura no. I-2 Río Atoyac y principales poblaciones aledañas.....	12
Figura no. I-3 Localidad estudio.....	14
Figura no. I-4 Información requerida para la elaboración del diagnóstico del entorno físico y social.....	16
Figura no. I-5 Información requerida para la elaboración del diagnóstico de manejo de residuos sólidos urbanos.....	17
Figura no. I-6 Información requerida para la elaboración del diagnóstico de abastecimiento de agua y alcantarillado sanitario.....	18
Figura no. II-1 Saneamiento y sus relaciones.....	19
Figura no. III-1 Población El Paraíso, municipio de Atoyac de Álvarez.....	24
Figura no. III-2 Localización de la zona de estudio.....	26
Figura no. III-3 Mapa topográfico de la zona de estudio.....	26
Figura no. III-4 Mapa edafológico de la zona de estudio.....	27
Figura no. III-5 Mapa hidrológico de la zona de estudio.....	28
Figura no. III-6 Mapa climático de la zona de estudio.....	29
Figura no. III-7 Evolución de la población.....	30
Figura no. III-8 Áreas geoestadísticas básicas de INEGI.....	31
Figura no. III-9 Escolaridad en la comunidad.....	32
Figura no. IV-1 Infraestructura de suministro de agua en la localidad.....	37
Figura no. IV-2 Cobertura de abastecimiento de agua en la localidad.....	38
Figura no. IV-3 Cobertura de abastecimiento de agua por áreas.....	39
Figura no. IV-4 Cobertura de alcantarillado sanitario.....	40
Figura no. IV-5 Cobertura de alcantarillado por áreas geoestadísticas básicas.....	41
Figura no. IV-6 Medio de disposición de excretas en las instituciones educativas.....	43
Figura no. IV-7 Muestras y pesaje de las mismas.....	45
Figura no. IV-8 Pesaje de residuos generados en el centro de salud rural.....	47
Figura no. IV-9 Zonas de recolección en la comunidad.....	49
Figura no. IV-10 Tiradero irregular ubicado sobre la carretera Atoyac - Puerto del Gallo.....	51
Figura no. IV-11 Tiradero irregular No. 1 ubicado en colonia Nueva Oriente.....	51
Figura no. IV-12 Tiradero irregular No. 2 ubicado en colonia Nueva Oriente.....	51
Figura no. V-1 Delimitación de zonas factibles para la instalación de un relleno sanitario.....	53
Figura no. V-2 Ubicación de sitios para la construcción de un relleno sanitario.....	55
Figura no. V-3 Obtención de la altimetría a partir del modelo de elevación digital de INEGI.....	67
Figura no. V-4 Topografía del sitio seleccionado.....	70
Figura no. V-5 Formación de celda diaria.....	72
Figura no. V-6 Prueba sencilla de percolación en campo.....	75
Figura no. V-7 Sistema de impermeabilización artificial utilizando geomembrana.....	75
Figura no. V-8 Sección tipo trapezoidal del canales de aguas de lluvia.....	76
Figura no. V-9 Sistema de drenaje de lixiviados.....	77
Figura no. V-10 Detalles de zanjas para lixiviados.....	77
Figura no. V-11 Laguna de lixiviados.....	78
Figura no. V-12 Construcción de ventilación de gases.....	79
Figura no. V-13 Distribución de las chimeneas.....	79
Figura no. V-14 Tubería de venteo de biogás.....	80
Figura no. V-15 Colocación manual y compactación de los RSU.....	83

Figura no. V-16	Tripulación necesaria en el diseño de rutas.....	87
Figura no. V-18	Condiciones de los caminos.....	88
Figura no. V-17	Ubicación del SDF.....	88
Figura no. V-19	Sectores de recolección de RSU.....	89
Figura no. V-20	Ruta en sector no. 1 (Este).....	90
Figura no. V-21	Ruta en sector no. 2 (Oeste).....	91
Figura no. V-22	Alcantarillado existente en la localidad.....	94
Figura no. V-23	Obtención de altimetría.....	95
Figura no. V-24	Traza general de la red de alcantarillado.....	95
Figura no. V-25	Sistemas de tratamiento secundario.....	99
Figura no. V-26	Guía de selección del sistema de tratamiento.....	101
Figura no. V-27	Guía de selección del sistema de tratamiento.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla no. II-1	Normatividad aplicable.....	22
Tabla no. III-1	Elevaciones dentro de la comunidad.....	25
Tabla no. III-2	Evolución de la población.....	30
Tabla no. III-3	Distribución espacial de la población.....	31
Tabla no. III-4	Instituciones educativas en la comunidad.....	32
Tabla no. IV-1	Caracterización de agua de manantial.....	36
Tabla no. IV-2	Caracterización de agua para consumo humano.....	39
Tabla no. IV-3	Análisis de las aguas residuales de la comunidad.....	42
Tabla no. IV-4	Método de disposición en instituciones educativas.....	43
Tabla no. IV-5	Generación de RSU por áreas geoestadísticas básicas.....	44
Tabla no. IV-6	Generación de RSU por institución.....	46
Tabla no. IV-7	Sectores de recolección de RSU.....	48
Tabla no. IV-8	Residuos de posible aprovechamiento.....	49
Tabla no. V-1	Categorías de los sitios de disposición final.....	52
Tabla no. V-2	Censo de aprovechamiento de aguas cercanas a los sitios factibles.....	56
Tabla no. V-3	Aspectos generales del terreno a seleccionar.....	57
Tabla no. V-4	Aspectos de estructuras y distancias.....	59
Tabla no. V-5	Aspectos constructivos y ambientales.....	61
Tabla no. V-6	Valoración de los sitios posibles para ubicar el relleno sanitario.....	65
Tabla no. V-7	Proyección de población para el horizonte del Proyecto.....	68
Tabla no. V-8	Proyección de la generación de RSU al horizonte de proyecto.....	69
Tabla no. V-9	Volumen y área requerida para el relleno sanitario.....	73
Tabla no. V-10	Valor de coeficiente de permeabilidad obtenido de campo.....	74
Tabla no. V-11	Tipos de textura de material y coeficientes de conductividad hidráulica.....	75
Tabla no. V-12	Volumen de lagunas de lixiviados.....	78
Tabla no. V-13	Actividades a realizar en la clausura de un SDF.....	84
Tabla no. V-14	Generación de RSU y periodos críticos.....	86
Tabla no. V-15	Capacidades de carga del vehículo.....	87
Tabla no. V-16	Capacidad de contenedores.....	90
Tabla no. V-17	Rutas de recolección.....	90
Tabla no. V-18	Análisis de tiempos y movimientos.....	92
Tabla no. V-19	Proyección de población para proyecto de alcantarillado.....	96
Tabla no. V-20	Resumen de datos de diseño.....	97
Tabla no. V-21	Calculo hidráulico de la red.....	98
Tabla no. V-22	Factores y variables aplicadas al proceso de selección del sistema de tratamiento.....	100

SIGLAS Y ABREVIATURAS

AGEB	Área Geoestadística Básica
CBR	Contactores Biológicos Rotativos
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad
CONAPO	Consejo Nacional de Población
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
ICA	Índice de Calidad del Agua
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
REPDA	Registro Público de Derechos de Agua
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SDF	Sitio de Disposición Final
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SST	Sólidos Suspendidos Totales
UASB	Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente

RESUMEN

En el año 2005 se puso en marcha un programa denominado PRO-REGIONES, como parte de uno de los Mega Proyectos desarrollados por la UNAM. Dicho programa tiene como una de sus finalidades, colaborar en la mejora del saneamiento de determinadas zonas poblacionales, en especial aquellas carentes de infraestructura en los servicios primarios.

En la presente investigación se eligió como caso de estudio a una localidad del municipio de Atoyac de Álvarez, en el estado de Guerrero, principalmente porque el municipio corresponde a una zona piloto del programa Pro-Regiones y en la cual se ha visto carencia de los servicios antes mencionados.

La localidad en la que se trabajó se llama El Paraíso, en la cual se diseñó la infraestructura complementaria para el manejo de residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos líquidos a nivel de ingeniería básica, considerando las condiciones económicas, culturales y sociales, la normatividad en materia ambiental y la simplificación técnica de la infraestructura a diseñar.

Como parte de la metodología del estudio, se elaboraron diagnósticos; el primero de ellos referente al manejo de los RSU, en el cual se analizó el manejo en cada una de las etapas de éstos, atendiendo de manera más profunda la recolección y la disposición final de residuos, por ser la parte básica de la gestión. El segundo diagnóstico correspondió al manejo de los residuos líquidos o aguas residuales y se realizó con ayuda del levantamiento de la infraestructura de alcantarillado en la localidad; se recabó información de los métodos de disposición de excretas en zonas habitacionales y escolares, además se caracterizaron las aguas residuales que desembocan en los arroyos de la localidad.

El último de los diagnósticos fue el de abastecimiento de agua, el cual fue realizado con ayuda de las estadísticas de INEGI y lo visto en la localidad, para complementarlo se realizó la caracterización del agua de la fuente de abastecimiento, así como en una toma domiciliaria, mostrando la falta de mantenimiento en las obras de distribución.

Con la información recabada, se realizó el diseño de la infraestructura básica para mejorar las condiciones sanitarias actuales en la comunidad. Los diseños se orientaron a la solución de la problemática de la disposición final inadecuada de los RSU, al aplicar primeramente una metodología de selección de sitios para ubicar un relleno sanitario que cumpla con la normatividad ambiental nacional. Una vez elegido el sitio más adecuado, se elaboró la ingeniería básica de esta infraestructura; aunado a esto, se rediseñaron las rutas de recolección de residuos sólidos para reducir costos de operación y mantenimiento de la unidad recolectora, tomando en cuenta las distancias a los diferentes puntos de recolección dentro de la localidad y hacia el relleno sanitario diseñado.

Finalmente se diseñaron la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario de la población y un sistema de tratamiento de las aguas residuales, el cual fue elegido con base en un árbol de selección que contemplaba aspectos demográficos, culturales y técnicos.

Con los trabajos realizados se logró cumplir satisfactoriamente con los objetivos, primeramente elaborando los diagnósticos de saneamiento en la localidad y en base a estos, la infraestructura complementaria mencionada con anterioridad.

ABSTRACT

In 2005, the PRO-REGIONS program started, as part of one of the Mega Projects developed by the National Autonomous University of Mexico, UNAM. One of his main purposes was to improve the sanity of certain zones of Mexico, especially those lacking infrastructure in their primary services.

This investigation is a case study of a locality which belongs to Atoyac de Álvarez's municipality, in Guerrero a state of Mexico, because such municipality corresponds to a pilot zone of the Pro-regions program that lacks of the mentioned services.

Considering the economic, cultural and social conditions, the environmental regulations, and technical methods for economic design, there was designed the complementary infrastructure for management of urban solid waste (USW), and waste water treatment at a level of basic engineering in 'El Paraíso,' the target locality studied.

The methodology used in this study, included three types of diagnoses: first, about the management of the USW in which management was analyzed in each of the stages of them; emphasis was done on collection and final disposed of solid waste due these are the main activities that impact to the health population. Second, about the management of waste water based on the locality sewer infrastructure and in information related to methods of excreted disposal of in urban zones and schools; the waste water that end in the creeks of the locality were also characterized. The third was about the water supply system based on the INEGI's statistics and observations done in the locality. To complement the information on water quality, a sampling and laboratory works were done supply source; the samples were taken in a spring and in a faucet of the main pipes.

The diagnostic information supported the design works to improve the current conditions of the population, to solve problems of the final disposal of the USW. To select the suitable place for the landfill, a matrix methodology was applied. Also the collection routes were designed according to distances to different points of collection inside the locality and towards the designed landfill.

Finally, an extended sewerage service within the town and a system of treatment waste water treatment system was designed. This system was chosen on base of a selection tree model, considering: demographic, cultural, and technical aspects.

With the results of this study the planned objectives were achieved; first of all with the diagnoses of sanity in the town and based on these, with the complementary design of the infrastructure mentioned previously.

A lo largo del río (Figura no. I-2) se ubican diversas comunidades tanto rurales como urbanas. De estas últimas las principales son: Atoyac de Álvarez (cabecera municipal) y El Paraíso, ambas pertenecientes al municipio de Atoyac de Álvarez, y San Jerónimo, cabecera municipal de Benito Juárez.



Figura no. I-2 Río Atoyac y principales poblaciones aledañas
Fuente: Adaptado de CONABIO, 2008

La calidad en el agua del río se ha visto disminuida debido al mal manejo de los recursos y al vertimiento de residuos sólidos y líquidos de las poblaciones cercanas, en especial las mencionadas anteriormente. El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, (IMTA) señala un Índice de Calidad del Agua, (ICA) de 55 puntos que califica al río como: “contaminado, no apto para uso y consumo humano” Asimismo, dicho Instituto mencionó que en “2004, las infecciones intestinales estuvieron dentro de las 10 primeras causas de enfermedad en el estado” (IMTA, 2006).

Para coadyuvar al saneamiento del río, mejorar las condiciones ambientales y de la salud de los pobladores, en 2005 se puso en marcha el programa denominado Pro-Región o Pro-Regiones, como parte del Mega Proyecto “Sociedad y Cultura: México Siglo XXI”, impulsado por el entonces rector de la UNAM, Dr. Juan Ramón de la Fuente. Pro-regiones es encabezado por el Instituto de Investigaciones Sociales y por invitación, participa la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Ambas dependencias universitarias están desarrollando estudios y proyectos para el manejo de residuos sólidos urbanos y para el tratamiento de aguas residuales.

Las soluciones planteadas se han enfocado principalmente a las regiones urbanizadas, pero las acciones hacia las comunidades rurales son escasas (Pro-Región, 2006). Sin embargo, el Programa Pro-Regiones tiene planeado seguir apoyando con estudios y proyectos en esa región de Guerrero.

1.1 Justificación

En este trabajo se eligió como caso de estudio a una localidad de Atoyac de Álvarez, principalmente porque el municipio corresponde a una de las zonas piloto del programa Pro-Regiones, el cual como se mencionó anteriormente tiene como fin colaborar en el saneamiento¹ del río Atoyac, mejorar las condiciones ambientales y la salud de los pobladores.

La localidad en la que se desarrolló el presente trabajo es “El Paraíso”, la cual se encuentra ubicada en la Sierra Madre Occidental de Guerrero a 47 km de la cabecera municipal (Atoyac de Álvarez); esta localidad es la segunda más grande del municipio y es una de las tantas en la cual inicia la contaminación del río Atoyac, debido a que tanto los residuos sólidos urbanos como las aguas residuales son vertidos directamente en los arroyos de la misma, los cuales desembocan en el propio río Atoyac.

En virtud de lo anterior, de manera preliminar se realizaron estudios en esta zona con el fin de obtener información relacionada con el saneamiento y diseñar la infraestructura, la cual brinde en todo lo posible la solución a la problemática ambiental.

¹ Saneamiento: Para la realización de este proyecto, entiéndase como el conjunto de acciones técnicas y socioeconómicas de salud pública que tienen por objetivo alcanzar niveles crecientes de salubridad ambiental y comprende el manejo sanitario del agua, las aguas residuales y excretas, los residuos sólidos urbanos y el cual tiene como finalidad la promoción y el mejoramiento de condiciones de vida urbana y rural.

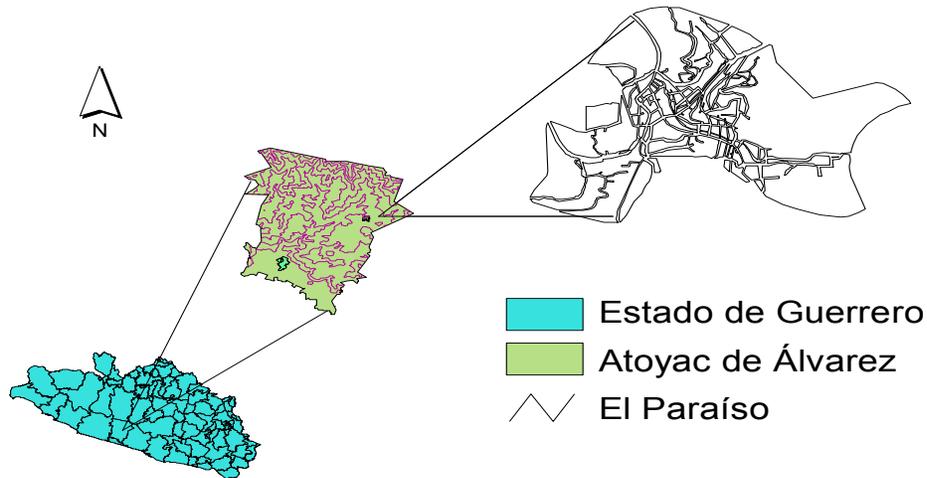


Figura no. I-3 Localidad estudio
Fuente: Adaptado de CONABIO, 2008

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Diseñar la infraestructura complementaria para el manejo de residuos sólidos urbanos y residuos líquidos en comunidades rurales del municipio de Atoyac de Álvarez, Guerrero, a nivel de ingeniería básica, considerando las condiciones económicas, culturales y sociales, la normatividad en materia ambiental y la simplificación técnica de la infraestructura.

1.2.2 Particular

Para el alcance del objetivo general se establecieron los siguientes objetivos particulares.

- ✚ Llevar a cabo un estudio de las características principales de la población, consultando información de fuentes como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), así mismo del anuario estadístico del sector salud de la localidad.
- ✚ Elaborar un diagnóstico de manejo para los residuos sólidos urbanos con base en las distintas etapas del ciclo de vida de los mismos.
- ✚ Realizar un diagnóstico de abastecimiento de agua potable y alcantarillado a través de la información proporcionada por la entidad encargada del manejo de dicha infraestructura, así como la recopilada durante las visitas a la zona de estudio.
- ✚ Diseñar la ingeniería básica de la infraestructura complementaria para mejorar el saneamiento en la comunidad.

1.3 Alcances

Los alcances del presente trabajo, delimitados por el tiempo y profundidad del tema, fueron los siguientes:

- ✚ Complementar con datos actualizados el estudio de diagnóstico realizado a la comunidad en 2006 por PRO-REGIONES.
- ✚ Optimizar las rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos.
- ✚ Localizar y seleccionar un sitio de disposición final (SDF) de residuos sólidos en la localidad.
- ✚ Elaborar el plano topográfico del SDF seleccionado con la finalidad de llevar a cabo un diseño de relleno sanitario apegado a criterios técnicos.
- ✚ Diseñar la ingeniería básica del relleno sanitario.
- ✚ Recopilar información sobre la infraestructura actual de abastecimiento de agua y alcantarillado en la localidad.
- ✚ Caracterizar las aguas de consumo humano y las aguas residuales, con la finalidad de complementar los diagnósticos respectivos y la elaboración de proyectos.
- ✚ Diseñar el alcantarillado sanitario complementario de la localidad.
- ✚ Diseñar el sistema de tratamiento de los residuos líquidos.

1.4 Estrategia

Se inició con la investigación en lo referente a los aspectos físicos y sociales de la localidad, la cual permitió tener un primer panorama de esta zona, que se complementó con visitas de campo.

La figura I-4 muestra los puntos clave que se analizaron.

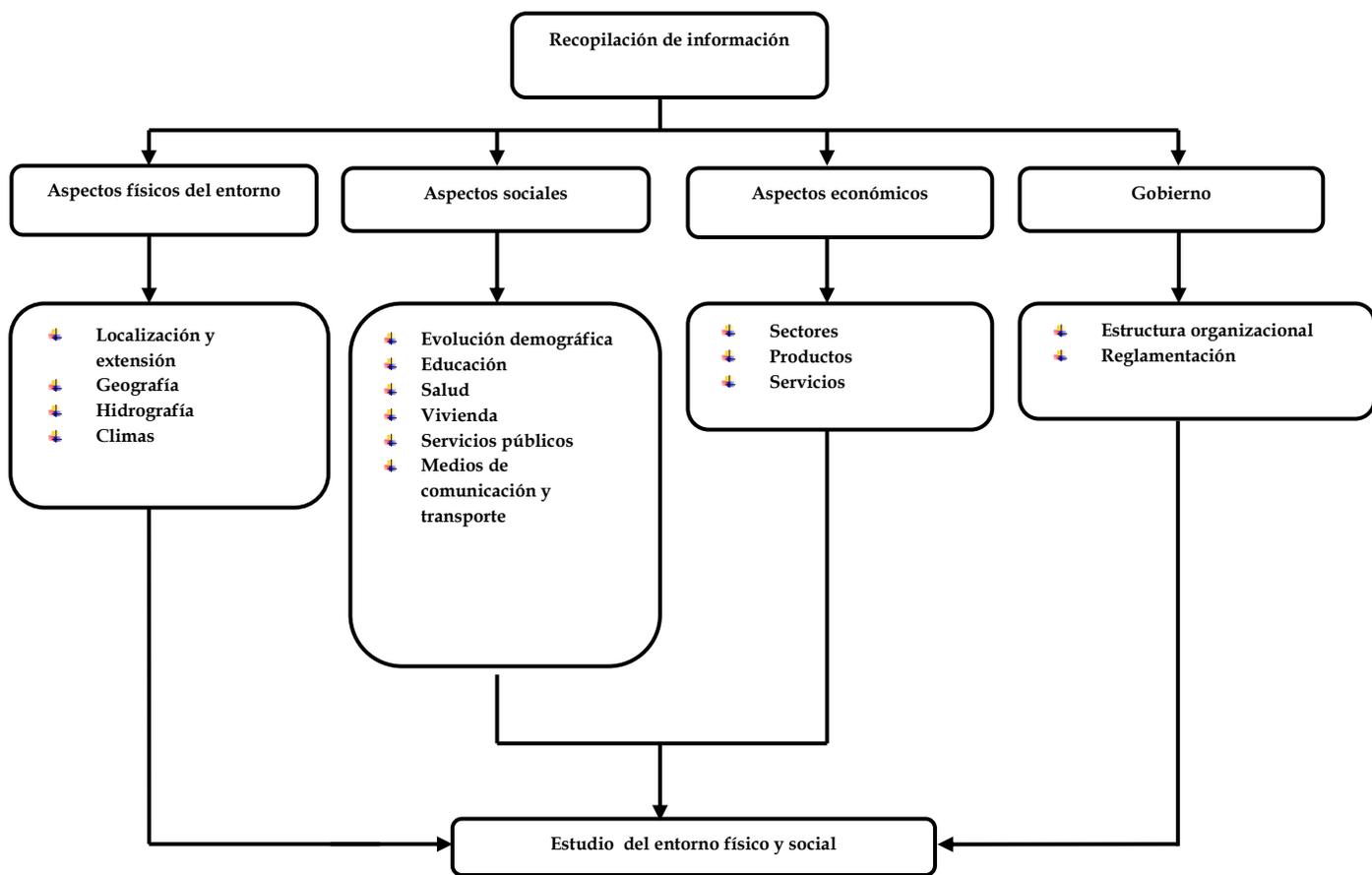


Figura no. I-4 Información requerida para la elaboración del diagnóstico del entorno físico y social

Posterior a ello se realizaron los estudios diagnósticos correspondientes al manejo de los residuos sólidos urbanos, contemplando para ello, lo referente al almacenamiento, recolección, transporte, reúso-reciclaje, tratamiento y disposición final dentro en la localidad (figura I-5).

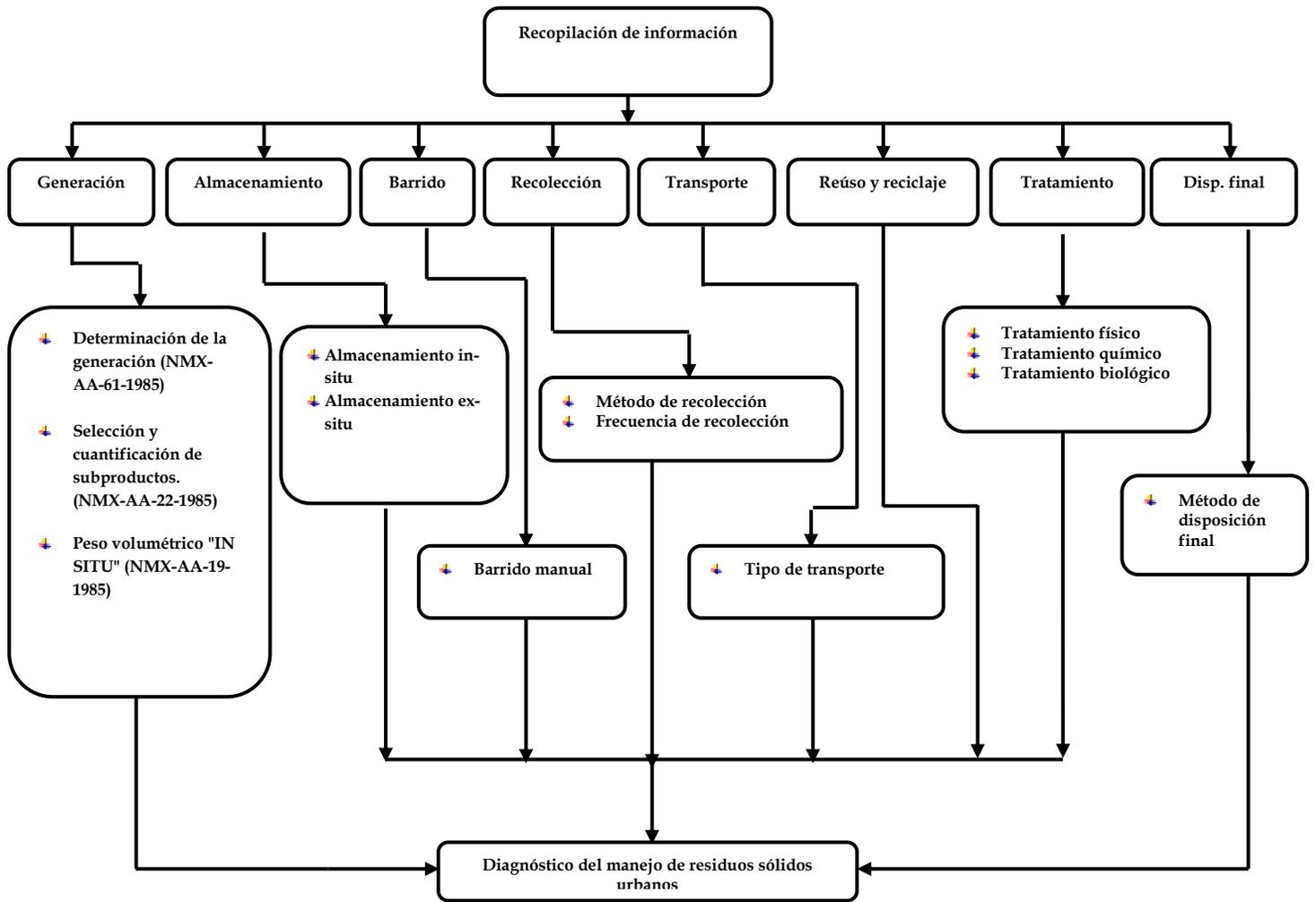


Figura no. I-5 Información requerida para la elaboración del diagnóstico de manejo de residuos sólidos urbanos

Así mismo se integró el diagnóstico correspondiente al abastecimiento de agua y alcantarillado, y una vez elaborados se procedió a la formulación de propuestas para el mejoramiento de las condiciones actuales en la localidad (figura I-6).

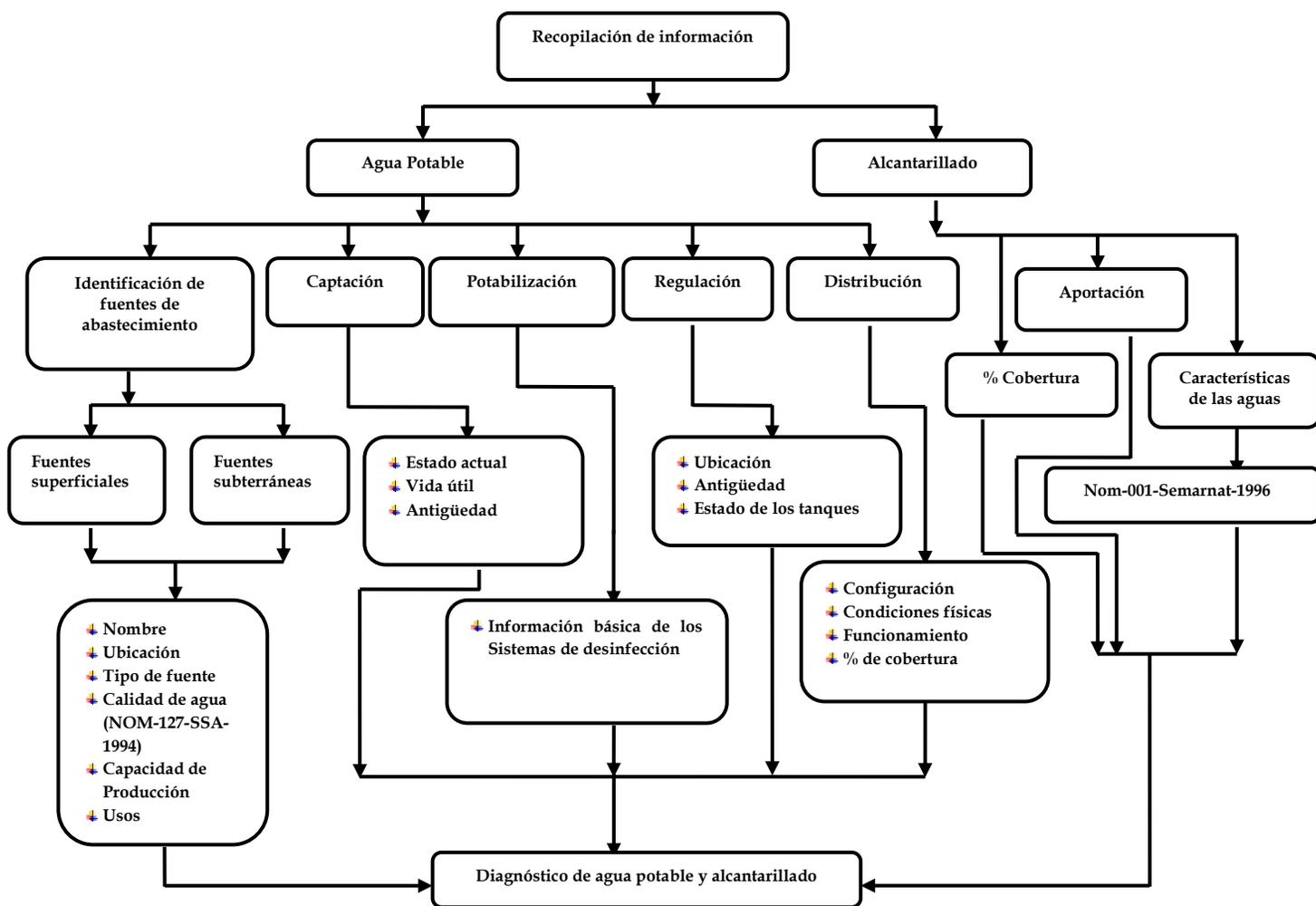


Figura no. I-6 Información requerida para la elaboración del diagnóstico de abastecimiento de agua y alcantarillado sanitario

II. SANEAMIENTO

Saneamiento es el conjunto de acciones técnicas y socioeconómicas de salud pública que tienen por objetivo alcanzar niveles crecientes de salubridad ambiental. El término comprende el manejo sanitario del agua potable, las aguas residuales y excretas, los residuos sólidos y el comportamiento higiénico que reduce los riesgos para la salud y previene la contaminación. Tiene por finalidad la promoción y el mejoramiento de condiciones de vida urbana y rural. (CEPIS, 2008)

El uso del término saneamiento ha sido incorrecto en México, donde únicamente se le usa en el sentido del tratamiento de aguas residuales, sin incluir el abastecimiento de agua potable y el manejo de residuos sólidos urbanos.

El máximo exponente relacionado con la salubridad ambiental en el continente americano es la misma Organización de las Naciones Unidas (ONU), a través de sus distintos organismos, como son la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

El año 2008 fue denominado “año internacional del saneamiento”, debido principalmente a la falta de servicios tan básicos como agua potable, alcantarillado o letrinas, que afectan a la salud y el medio ambiente de millones de personas en todo el mundo. El nombramiento fue realizado por la ONU en la asamblea general de las naciones unidas el 20 de diciembre de 2006, además se pidió la participación de los organismos y estados miembros adscrita a esta, así también a entidades de buena voluntad del mundo entero.

2.1 El saneamiento y sus relaciones

El saneamiento tiene una serie de relaciones muy importantes basadas en su concepto mismo y como se mencionó anteriormente tienen por finalidad la promoción y el mejoramiento de condiciones de vida urbana y rural.

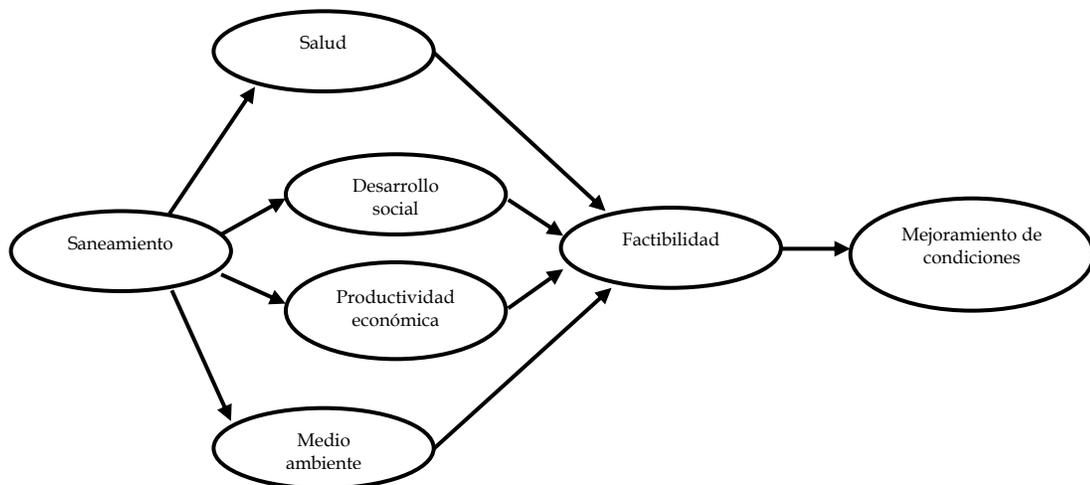


Figura no. II-1 Saneamiento y sus relaciones

Dentro de las principales relaciones del saneamiento, se encuentra hacia la salud, esta relación es basada en la higiene o aseo que se tenga en determinadas zonas poblacionales y tiene la finalidad de prevenir enfermedades parasitarias.

Por otro lado el desarrollo social y la productividad económica están ligadas al saneamiento, con la primera se busca que con el buen manejo de la infraestructura y normatividad se disminuyan las enfermedades y aumenten la productividad laboral, mientras que con la segunda se busca el aumento en las ganancias y la posibilidad de disminuir costos por enfermedades.

La otra relación está ligada con ambiente, con esta se busca mantener un control en el manejo de los residuos sólidos urbanos y aguas residuales. Dicha relación ayuda a mantener limpios los ríos, lagos y zonas urbanas.

2.2 Factores de control en el saneamiento

Entre las actividades o factores en donde la ingeniería sanitaria desempeña un papel importante, se encuentran, el abastecimiento de agua, el alcantarillado, el manejo de residuos sólidos urbanos, el control de vectores y el manejo adecuado de los alimentos.

2.2.1 Abastecimiento de agua

Este aspecto es de gran importancia y conviene diferenciar a la población servida en zonas urbanas y rurales.

La población urbana se abastece de plantas de tratamiento operadas por organismos estatales, municipales y aun particulares, las cuales están vigiladas por dependencias del estado, mientras tanto la población rural se abastece de servicios particulares individuales.

Las fuentes de agua que sirven para alimentar a las plantas de tratamiento, ya sean cursos naturales, acumulados en embalses, u otras unidades, lagos o lagunas o agua subterránea, requieren de un tratamiento especial antes de entregarla al consumo de la población y según sea su origen y condiciones, hay que modificar sus características, químicas, físicas o bacteriológicas, a fin de que cumplan con la normatividad establecida para agua potable.

2.2.2 Alcantarillado

Uno de los problemas de gran preocupación de las poblaciones humanas, es la eliminación de aguas residuales que provienen de la vida doméstica.

Lo anterior principalmente debido a que las heces humanas no solo tienen un significado desde el punto de vista estético y urbanístico, sino también están relacionadas con la transmisión de enfermedades. Por otro lado, su disposición inadecuada es un foco de procreación de vectores.

Es importante recalcar que, mientras en una zona urbana la eliminación y disposición de excretas se realiza en redes de alcantarillado, las cuales se evacúan a través de emisores y donde el efluente va encaminado hacia una planta de tratamiento económicamente diseñada y operada, en las comunidades pequeñas esto no sucede, pues el tratamiento de las aguas residuales es un problema que ha sido relativamente abandonado por los organismos estatales.

2.2.3 Disposición de residuos sólidos urbanos

Los residuos sólidos urbanos corresponden a aquellos que se generan en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que se utilizan en actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques, así también los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características de tipo domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, los cuales representan una preocupación importante en los hogares y en la comunidad (Nom-083-SEMARNAT-2003).

Los factores de preocupación por el manejo de estos residuos están relacionados con los focos de procreación y alimentación de vectores, de igual manera el aspecto estético, urbanístico y la limpieza de calles, juega un papel importante y donde las autoridades responsables tienen la obligación de abarcar tanto la recolección casera, el transporte y la disposición final, con la cual se logre una solución sanitaria y satisfactoria desde el punto de vista económico (Unda Opazo, 1993).

2.2.4 Control de vectores

Cierto tipo de insectos y roedores, son los huéspedes de agentes infecciosos que pueden transmitir la enfermedad directamente o sirviendo como portador de otros organismos patógenos. (Unda Opazo, 1993)

Es importante recalcar que si bien es cierto existen diversos métodos de control para vectores, ninguno de ellos es efectivo si no se sigue un plan de acción integrado, que descansa fundamentalmente en el conocimiento de los hábitos y costumbres de la comunidad y llevar un perfecto control de los residuos sólidos y manejo de alimentos.

2.2.5 Protección de los alimentos

La preservación y manejo de los alimentos es una acción que reviste especial importancia en la transmisión de enfermedades tanto entéricas como parasitarias.

El control de alimentos no debe limitarse al punto de adquisición, sino también alcanzar el lugar de origen del producto e incluir el transporte, recepción, almacenamiento, conservación, manipulación, preparación y distribución, a fin de recibir un alimento nutritivo, apto y sano.

Una vez en la comunidad, las medidas de saneamiento que entran en el control, están íntimamente ligadas con la calidad y cantidad de agua, disposición de excretas, manejo de residuos sólidos y el control de vectores.

2.3 Normatividad aplicable a proyectos de saneamiento

Son diversas las normas que son aplicables al saneamiento, sin embargo, es importante ver el contexto del proyecto que se está ejecutando; en la tabla no. II-1 se señalan algunas de las instituciones y normativas importantes aplicables en materia de saneamiento.

Tabla no. II-1 Normatividad aplicable

Nivel	Institución	Funciones	Leyes	Reglamentos	NOM	NMX
Internacional	OMS	La Organización Mundial de la Salud (OMS), es el organismo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) especializado en gestionar políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial.				
	OPS	La Organización Panamericana de la Salud (OPS) es un organismo internacional de salud pública con 100 años de experiencia dedicados a mejorar la salud y las condiciones de vida de los pueblos de América. Goza de reconocimiento internacional como parte del Sistema de las Naciones Unidas, y actúa como Oficina Regional para América de la Organización Mundial de la Salud.				
	CEPIS	El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, es la Unidad de Saneamiento Básico del Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental (SDE) de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), está dedicado a temas especializados de cooperación técnica con los países en saneamiento ambiental básico.				

Federal	SEMARNAT	Fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales y bienes y servicios ambientales, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable.	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (LGEEPA) Ley de Agua Nacionales. Ley General Para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Ley Federal de Derechos 2007 Ley General de Salud	Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003
	CNA	Administrar y preservar las aguas nacionales, con la participación de la sociedad para lograr el uso sustentable del recurso.			Norma oficial mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996
	PROFEPA	Procurar la justicia ambiental a través del estricto cumplimiento de la ley, desterrando a la vez impunidad, corrupción, indolencia y vacíos de autoridad, haciendo partícipes de esta ley a todos los sectores de la sociedad y a los tres niveles de gobierno, bajo los más puros principios de equidad y de justicia.			Norma oficial mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996
	INE	Generación de información científica y técnica sobre problemas ambientales, capacitación de recursos humanos, promover uso sustentable de recursos naturales y apoyar a SEMARNAT en cumplimiento de sus objetivos.			Norma oficial mexicana NOM-003- SEMARNAT -1997
	IMTA	Realizar investigación, desarrollar, adaptar y transferir tecnología, prestar servicios tecnológicos y preparar recursos humanos para el manejo, conservación y rehabilitación del agua a fin de contribuir al desarrollo sustentable.			Norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002
	SSA	Realizar investigación, desarrollar, adaptar y transferir tecnología, prestar servicios tecnológicos y preparar recursos humanos para el manejo, conservación y rehabilitación del agua a fin de contribuir al desarrollo sustentable.			Norma oficial mexicana NOM-230-SSA1-2002
	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios	El objetivo primordial de esta dependencia es el de cuidar y mejorar la salud de la población. La Secretaría de Salud tiene como principio básico la prevención, buscando con esto elevar la calidad y la esperanza de vida.			Norma oficial mexicana NOM-127-SSA1-1994
	Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades	Es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Salud con autonomía técnica, administrativa y operativa, que tiene como misión proteger a la población contra riesgos sanitarios, para lo cual integra el ejercicio de la regulación, control y fomento sanitario bajo un solo mando, dando unidad y homogeneidad a las políticas que se definan.			NMX-AA-15-1985
	Responsable de regular los programas sustantivos para la prevención y control de enfermedades, con el objetivo de reducir la morbilidad y la mortalidad en la población	NMX-AA-19-1985			
		NMX-AA-22-1985			
		NMX-AA-61-1985			
		NMX-AA-003-1980			
		NMX-AA-014-1980			
		NMX-AA-008-SCFI-2000			
		NMX-AA-012-SCFI-2001			
		NMX-AA-028-SCFI-2001			
		NMX-AA-42-1987			
		NMX-AA-038-SCFI-2001			

Continuación Tabla no. II-1 Normatividad aplicable

Nivel	Institución	Funciones	Leyes	Reglamentos	NOM	NMX
Estatal	Constitución política del Estado de Guerrero Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Guerrero					

III. ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Población

La localidad El Paraíso, es una de las comunidades más grandes y pobladas de las que pertenecen al municipio de Atoyac de Álvarez, Guerrero.

Etimológicamente la palabra "PARAÍSO" se deriva del latín "paradisus". Este nombre le fue asignado a la comunidad debido a que contaba con paisajes de incomparable belleza, su extensa vegetación, su fauna silvestre, su clima agradable y su hidrografía.

Estos fueron factores pre-disponentes y determinantes para que se le asignara el nombre que lleva hasta la actualidad (PARAÍSO), aunado a lo anterior según datos de los habitantes del lugar, se deduce también que sus creencias religiosas determinaron el nombre. (Sector salud-El Paraíso, 2007)

A continuación se hace una breve descripción de la localidad con información obtenida del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), anuario estadístico del sector salud en El Paraíso y de visitas a campo.

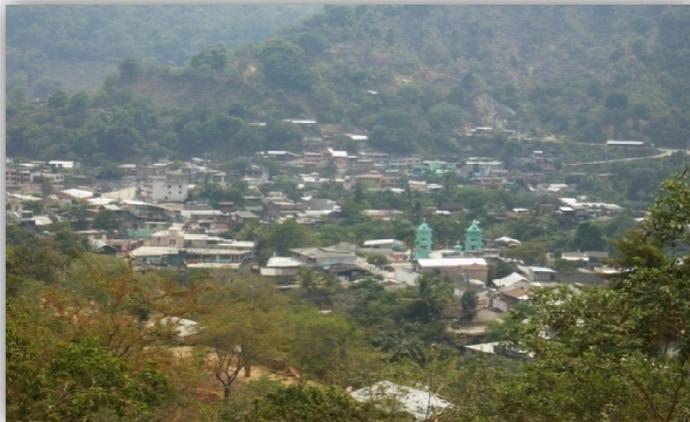


Figura no. III-1 Población El Paraíso, municipio de Atoyac de Álvarez

3.2 Medio físico

3.2.1 Localización y extensión

La Comunidad El Paraíso, se encuentra en la región Costa Grande del Estado de Guerrero, perteneciente al municipio de Atoyac de Álvarez, a 47 Km al noreste de la cabecera municipal y en plena sierra cafetalera al sur de la cordillera del cerro Teotepec. Sus coordenadas son 17°21' de latitud norte y 100°14' longitud oeste y se encuentra aproximadamente a 800 metros sobre el nivel del mar.

La extensión territorial de la comunidad es de 166.99 hectáreas lo que representa el 0.10 % de la superficie del municipio.

Sus colindancias son: al norte con San Vicente de Jesús y terrenos de los ejidos de Campo Morado y Pueblo Viejo del Municipio de Tlacotepec, al sur Con San Vicente de Benítez y terrenos del ejido de San Francisco del Tibor, al este con tierras comunales de Tepetitla y San Vicente de Benítez y al oeste con el ejido de Plan Grande.

Sus anexos ejidales son: El Edén, La Pintada, Río Verde, La Siberia y los planes. Todos estos ocupan una superficie de aproximadamente 12 hectáreas.

Las características mencionadas pueden verse en la figura no. III-2.

3.2.2 Geografía

El Paraíso se encuentra enclavada en la Sierra Madre del Sur, lo que la hace muy sinuosa con escasos lugares planos. Los lugares habitados se localizan en topografías accidentadas, lo que dificulta tanto el trazo de vías de transporte, calles, así como la eliminación de excretas.

Las altitudes en la comunidad están entre los 780 y los 1000 metros sobre el nivel del mar, teniéndose que la zona central y norte de ésta (colonias: Centro, Guadalupana, Mirador y Las Flores) son las que tienen las menores altitudes.

Por otra parte las zonas de topografía accidentada se encuentran en la parte noreste y sur de la misma, en donde esta configuración peculiar del terreno determina la formación frecuente de cañadas y barrancas, algunas de las cuales son muy profundas y en donde son vertidos los residuos tanto sólidos como líquidos en virtud de la falta de un medio adecuado de disposición.

Tabla no. III-1 Elevaciones dentro de la comunidad

Zonas	Elevaciones
Colonia Centro, Guadalupana, Mirador, Las Flores	770 - 835 m.s.n.m
El Porvenir, Nueva Oriente, Vista Hermosa	836 - 894 m.s.n.m
Faldas de la Colonia Centro y Colonia Nueva Oriente	895 - 953 m.s.n.m

Con respecto al tipo de suelo, predomina el Cambisol districo (Bd) de textura media (figura no. III-4), el cual se caracteriza por ser un suelo que tiene menos de 35% de arcilla, de igual manera, menos de 65 % de arena; por otra parte también contiene rocas continuas dentro de los primeros 50 cm de profundidad.

El tipo de roca predominante es la metamórfica de tipo Gneiss de la era Jurásica.

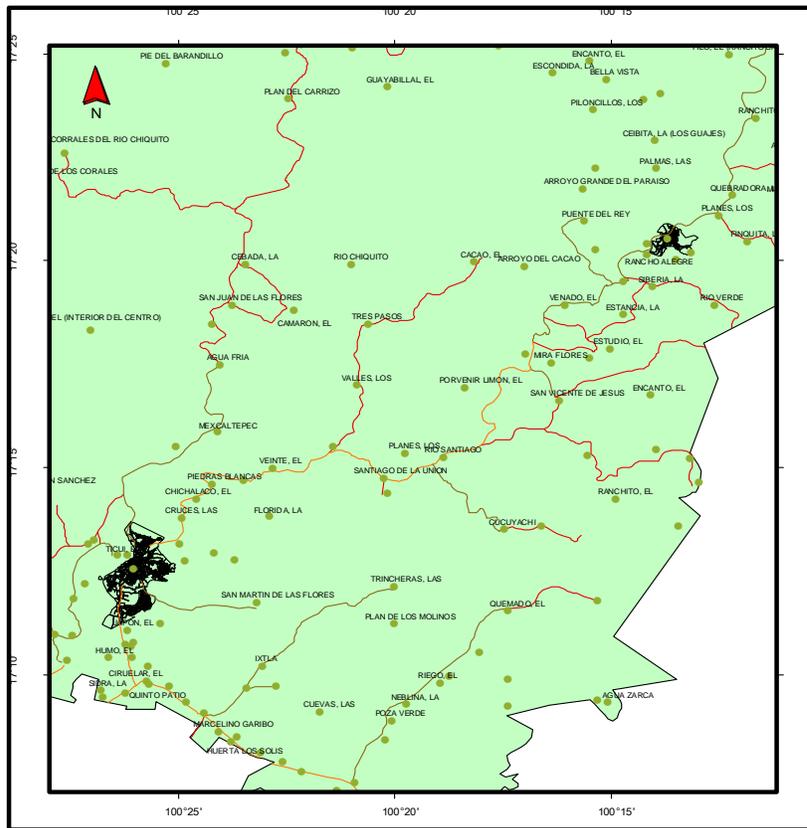


Figura no. III-2 Localización de la zona de estudio.

Fuente: Adaptado de CONABIO, 2008

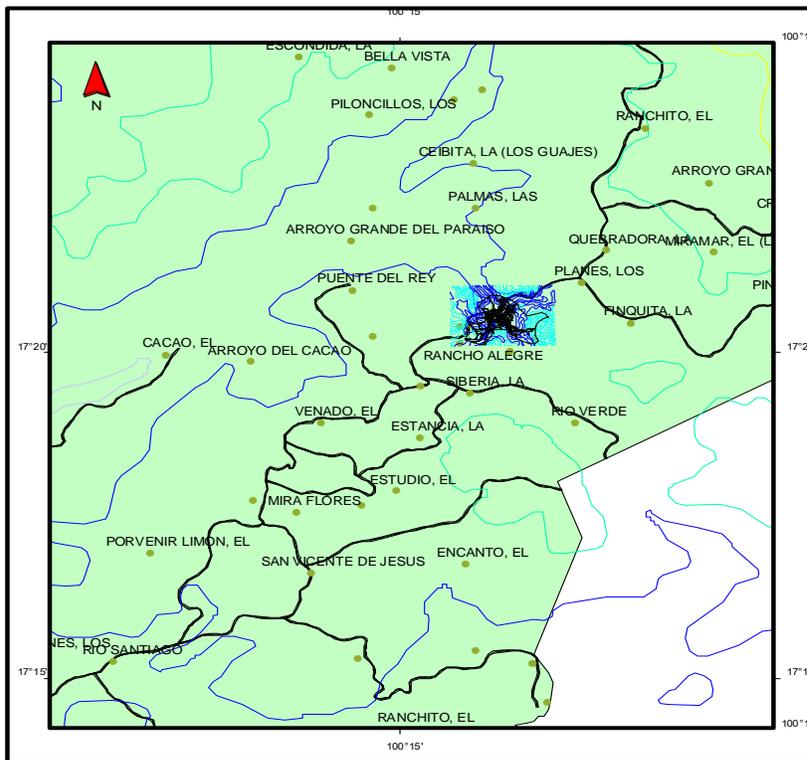
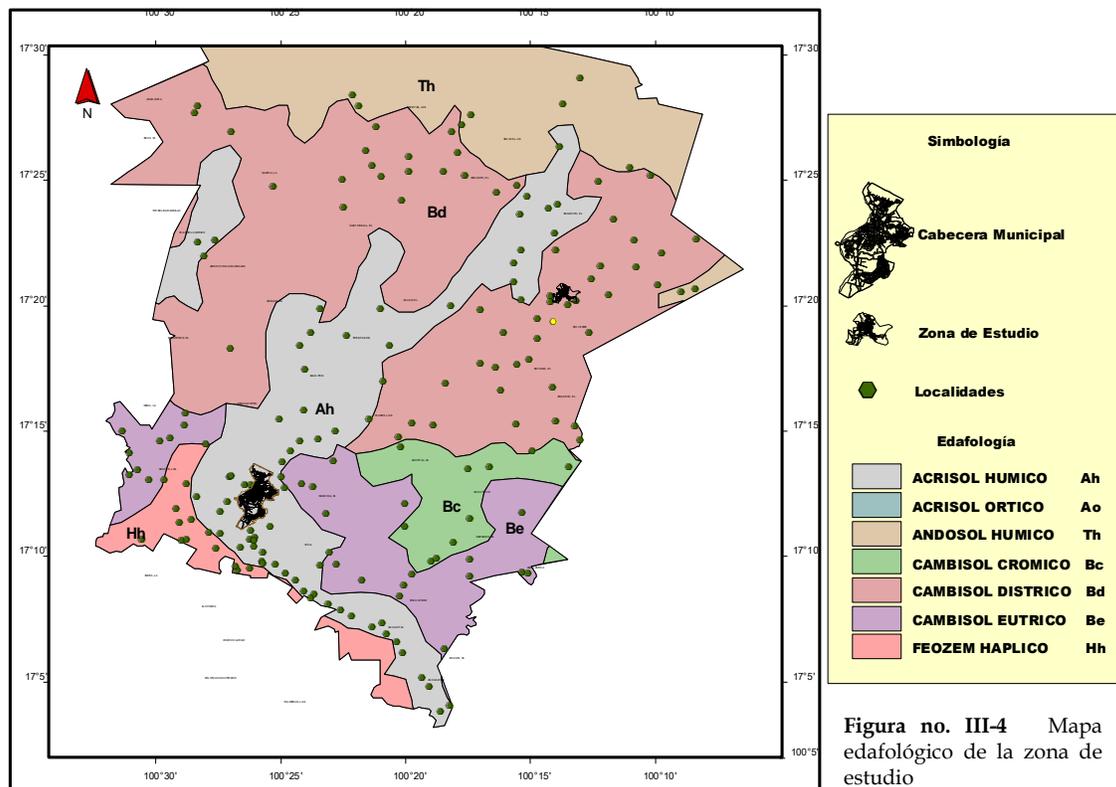


Figura no. III-3 Mapa topográfico de la zona de estudio

Fuente: Adaptado de CONABIO, 2008



Fuente: Adaptado de CONABIO, 2008

3.2.3 Hidrografía

El municipio de Atoyac de Álvarez y sus localidades, dentro de ellas El Paraíso, quedan comprendidas dentro de la región hidrológica número 19 "Costa Grande", perteneciente a la cuenca del río Atoyac y otros, la cual comprende el 8.8% del territorio estatal.

El flujo más importante localizado a nivel municipal es el río Atoyac (figura no. III-5), con un escurrimiento anual de 835.6 millones de metros cúbicos y una cuenca de captación de 914 Kilómetros cuadrados cuya desembocadura se encuentra en el Océano Pacífico (Enciclopedia de los municipios, 2008).

A nivel localidad, se localizan tres arroyos los cuales atraviesan a la misma. En temporada de lluvias aumentan su caudal y actualmente se encuentran muy contaminados, debido a que la población no cuenta con un servicio eficiente de alcantarillado y de igual manera la cobertura de recolección de residuos sólidos urbanos es insuficiente, causando que los pobladores utilicen estos arroyos como cuerpo receptor.

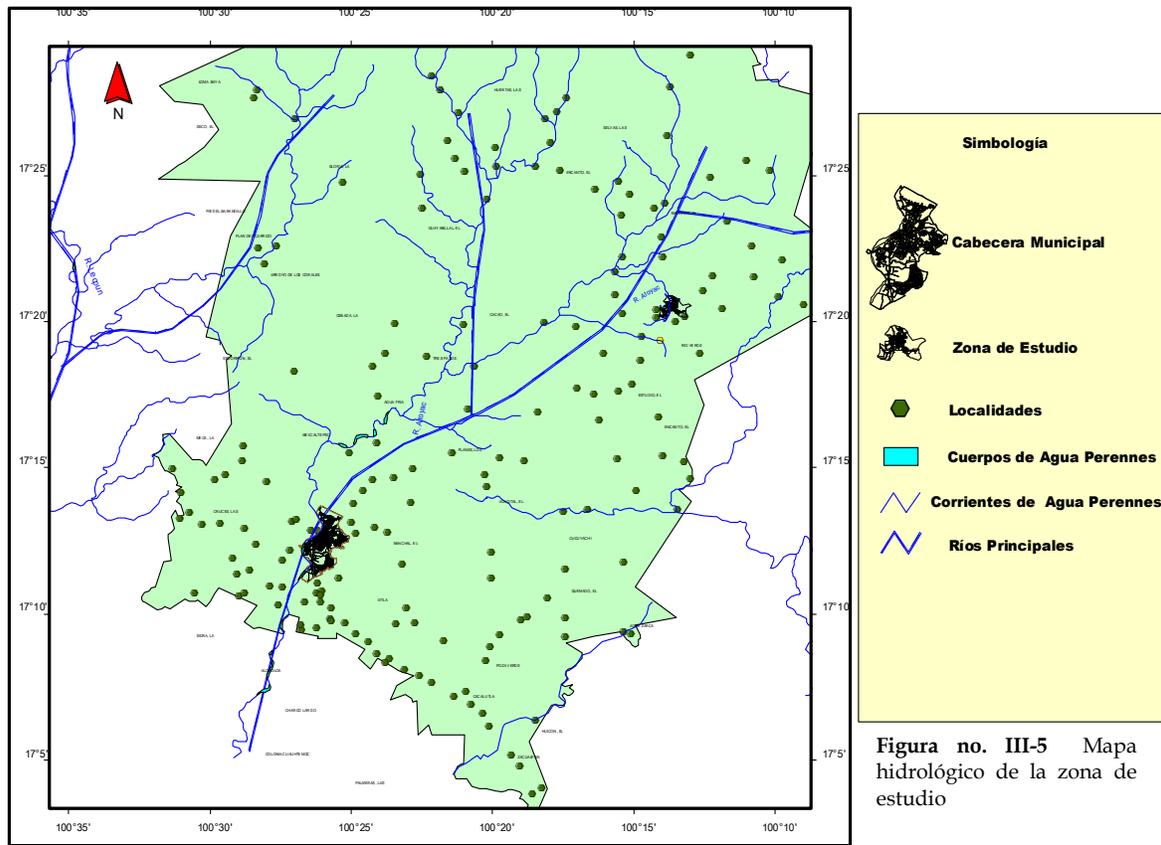


Figura no. III-5 Mapa hidrológico de la zona de estudio

Fuente: Adaptado de CONABIO, 2008

3.2.4 Clima

El Paraíso presenta un clima tipo Aw2 (w) (figura no. III-6) que de acuerdo con el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (1981), se puede describir como: Cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 22 °C (Sector salud-El paraíso, 2007).

Los meses más calurosos son febrero a mayo, aunque en mayo se inicia el tiempo de lluvias en los cuales se llega a presentar temperaturas máximas de hasta 38°C a la sombra, mientras tanto los meses más fríos son los de octubre a enero con temperatura mínima de 12°C.

La precipitación pluvial está comprendida entre los meses de mayo a noviembre y esporádicamente abarca hasta diciembre. En esta temporada, la precipitación es de 1500 a 2000 mm. Por otra parte la precipitación media del mes más seco ha llegado a ser menor a 60 mm.

Los vientos dominantes, se presentan de norte a sur, los cuales arrastran masas de aire húmedo contribuyendo así a las características de la región.

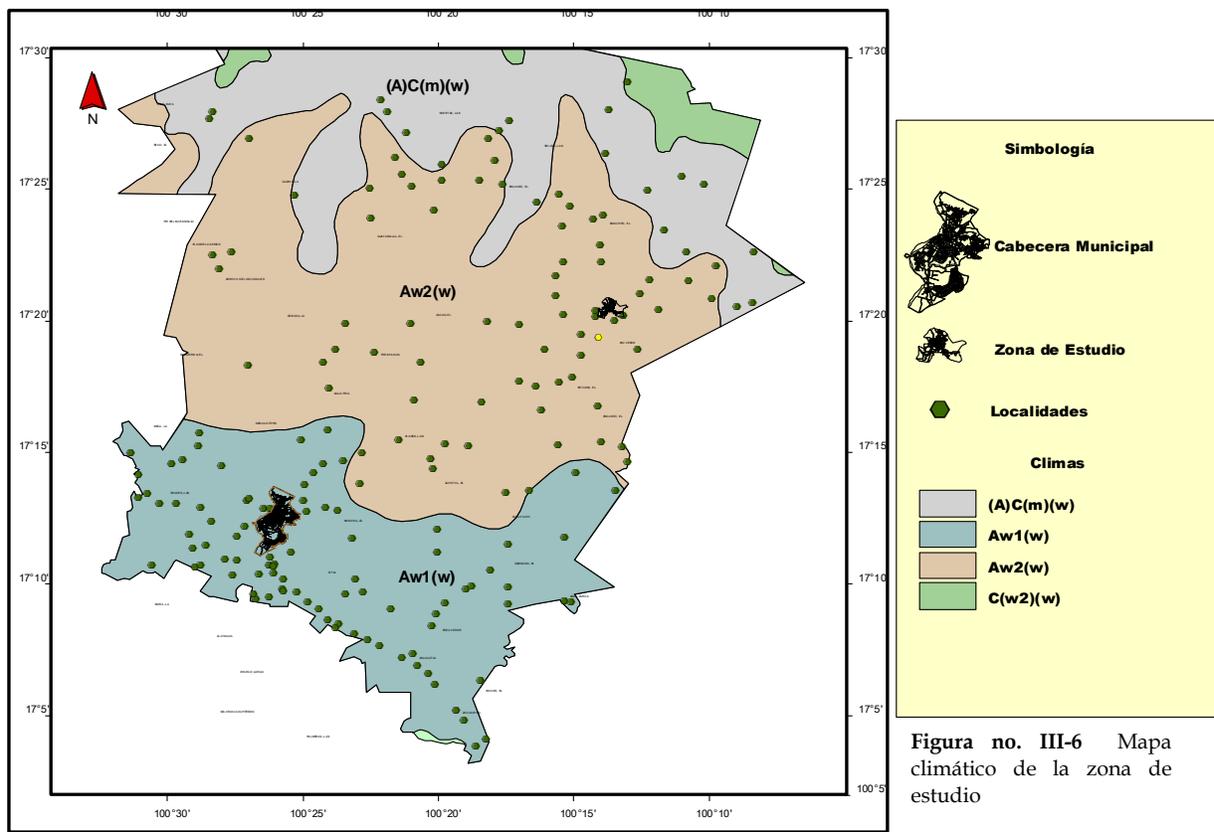


Figura no. III-6 Mapa climático de la zona de estudio

Fuente: Adaptado de CONABIO, 2008

3.3 Medio social

3.3.1 Evolución demográfica

De acuerdo al censo general de población y vivienda efectuado en el año 2005 por el hoy Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la población total de la comunidad “El Paraíso” fue de 4,105 habitantes, de los cuales 1,994 son hombres y 2,111 mujeres, representando el 48 % y 52 % respectivamente. La población total de esta comunidad representa el 7% con relación a la población total del municipio.

En la Tabla no. III-2 se muestra la evolución en la categoría de la comunidad y la cantidad de habitantes de acuerdo a los eventos censales o conteos realizados desde el año de 1930.

Tabla no. III-2 Evolución de la población

Evento censal	Categoría	Total de habitantes	Hombres	Mujeres
Censo de 1930	Rancho	164	85	79
Censo de 1940	Rancho	192	99	93
Censo de 1950	Rancho	380	190	190
Censo de 1960	Cuadrilla	1286	649	637
Censo de 1970	Cuadrilla	1583	-	-
Censo de 1980	Cuadrilla	3071	1522	1549
Censo de 1990	Indefinida	3547	1743	1804
Conteo de 1995	Indefinida	4499	2247	2252
Censo de 2000	Indefinida	4520	2256	2264
Conteo de 2005	Indefinida	4105	1994	2111

Fuente: INEGI, 2008

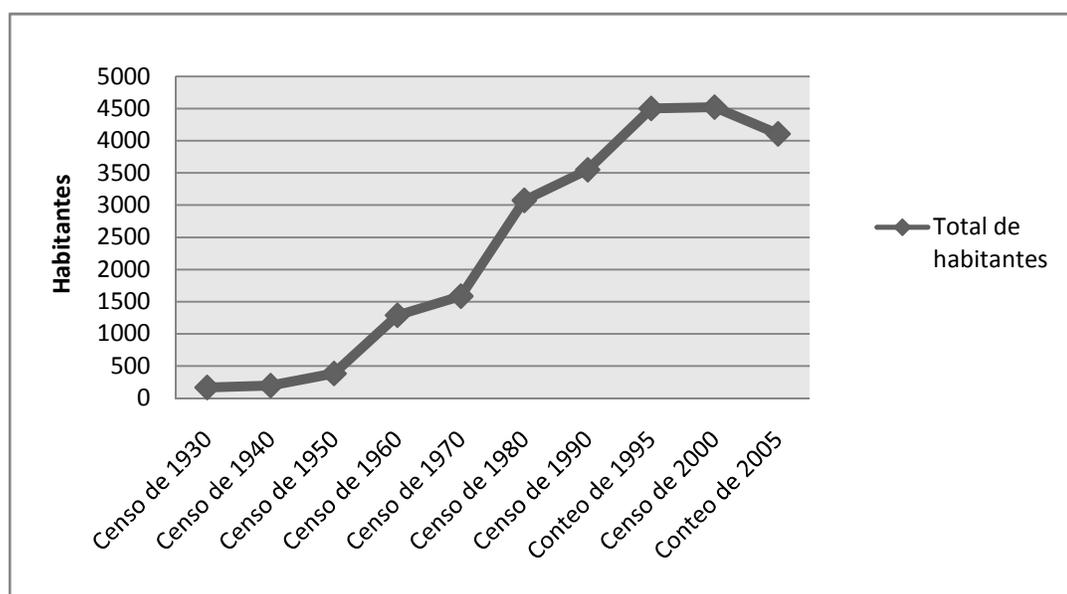


Figura no. III-7 Evolución de la población

Como puede verse en la gráfica de la figura no. III-7, del año 2000 a la fecha la población de la comunidad se ha reducido, debido a factores como el de la migración. A nivel estatal este fenómeno se observa como algo muy común debido a que cada año emigran cerca de 73,000 guerrerenses a Estados Unidos en busca de empleo.

Por otra parte, la distribución espacial de la población en la comunidad tomando como referencia las áreas geoestadísticas básicas (AGEB) denominadas por INEGI, son mostradas en la tabla no. III-3 y figura III-8.

Tabla no. III-3 Distribución espacial de la población

Áreas geoestadísticas básicas	Superficie de la zona (km ²)	% de la población	Cantidad de habitantes
Zona AGEB 1	0.3	10.06	413
Zona AGEB 2	0.9	15.87	652
Zona AGEB 3	0.2	34.80	1429
Zona AGEB 4	0.2	35.94	1475
Zona AGEB 5	0.013018	0.86	35
Zona AGEB 6	0.031075	0.84	34
Zona AGEB 7	0.019933	0.28	12
Zona AGEB 8	0.007557	1.35	55

Fuente: Adaptación de INEGI, 2008

Nota: La cantidad de habitantes señalada en esta tabla, está calculada para el año 2005

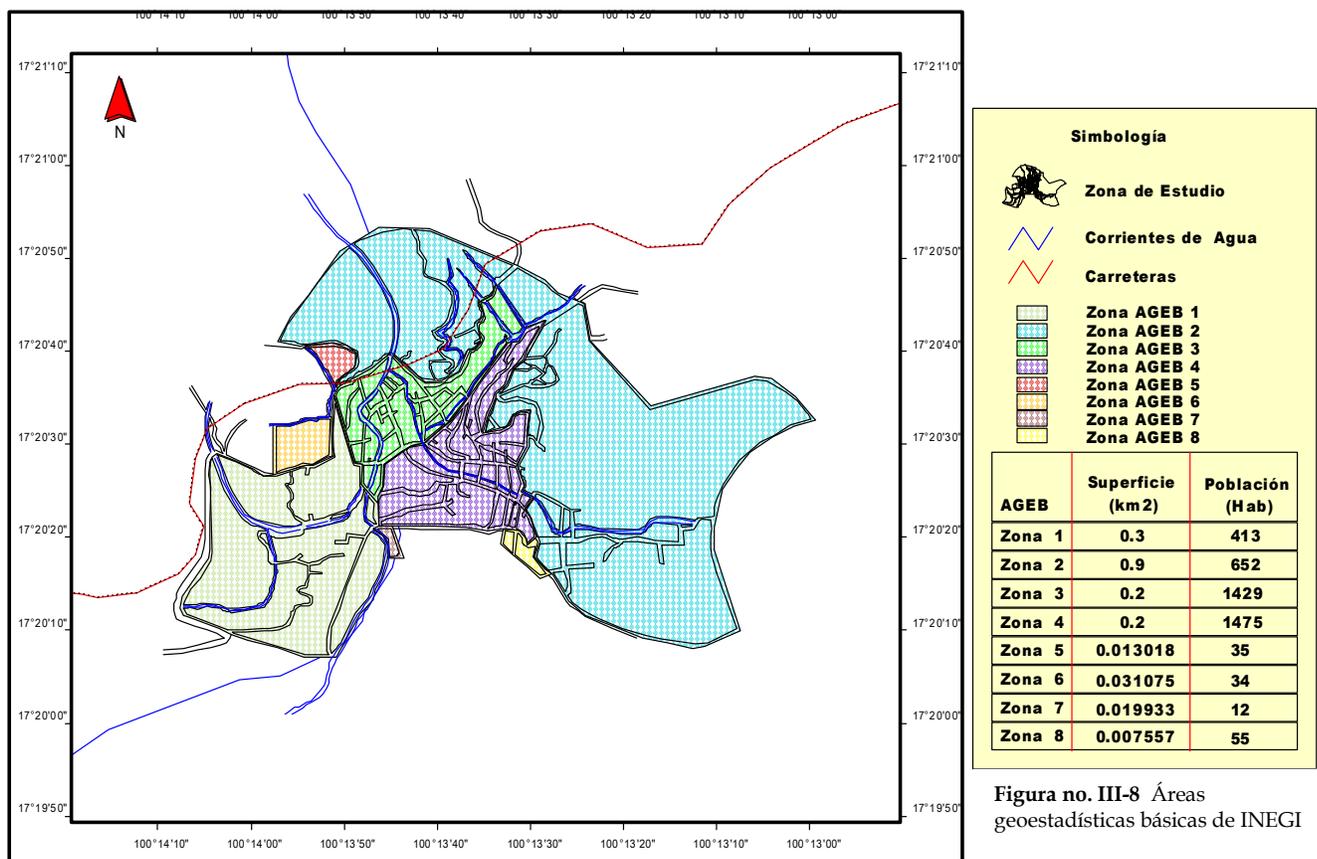


Figura no. III-8 Áreas geoestadísticas básicas de INEGI

Fuente: Adaptado de CONABIO, 2008

3.3.2 Educación

La infraestructura de educación para la comunidad está cubierta con los niveles educativos de preescolar, primaria, secundaria y educación media superior. En la tabla no. III-4 se mencionan el número total de escuelas y el nivel educativo.

Tabla no. III-4 Instituciones educativas en la comunidad

Nivel	Escuelas
Preescolar	4
Primaria	3
Secundaria	1
Nivel Medio superior	2
Total	10

Fuente: Anuario estadístico sector salud comunidad El Paraíso, 2007

Por otro lado, el grado de escolaridad de los habitantes de la localidad es el que se presenta en la figura no. III-9 y en la que puede verse la poca cantidad de personas que cuentan con una educación profesional y en contraparte el alto grado de analfabetismo, lo cual se traduce en los pocos hábitos de limpieza o higiene y poco control en las medidas de disposición de los residuos generados, tanto sólidos como líquidos.

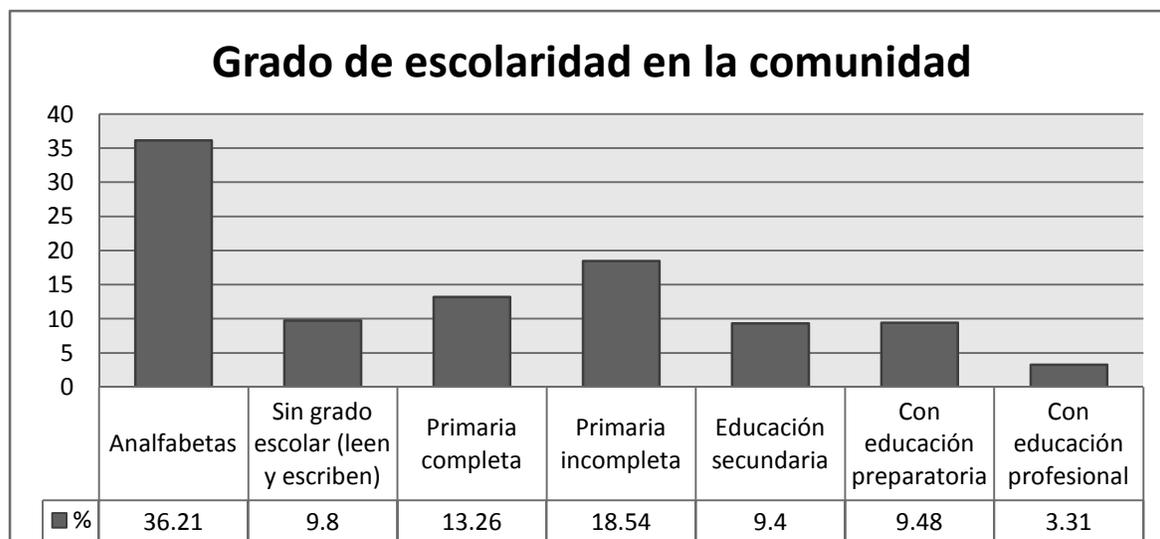


Figura no. III-9 Escolaridad en la comunidad

Fuente: Anuario estadístico sector salud comunidad El Paraíso 2007

3.3.3 Salud

Para la atención de salud en la comunidad, se cuenta con el servicio de médicos privados que radican en la propia comunidad, además de un centro de salud rural perteneciente a la Secretaría de Salud. Dicha institución es la responsable de preservar y restaurar la salud de la población y en donde no solo se tiene a cargo a la comunidad sede, sino también se brinda atención médica preventiva y curativa a todas las comunidades cercanas que no cuenten con un centro o casa de salud.

De acuerdo a las estadísticas de INEGI, el 97.17 % de la población no es derechohabiente en alguna institución de salud como es el IMSS o ISSSTE, tan solo el 2.10 % acuden a estas dependencias.

3.3.4 Vivienda

El Censo General de Población y Vivienda del año 2005 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), menciona que en la comunidad se tienen 938 viviendas de las cuales únicamente 824 se encuentran habitadas, con un número de habitantes promedio por vivienda de 4.98.

El tipo de construcción de las casas depende de la zona bajo estudio. De esta manera se pueden encontrar en la zona centro de la localidad, construcciones hechas a base de material de concreto, con dos o más niveles, piso de loseta, con terraza, jardines, etc. mientras que en las colonias de la periferia las construcciones son más sencillas con techos de lamina, pisos de tierra y paredes de adobe.

Esta información es importante, dado que es de la misma manera en la que se ven beneficiados por los servicios públicos.

3.3.5 Servicios públicos

Los servicios con los que se cuenta en la localidad son energía eléctrica, drenaje, alcantarillado, abastecimiento de agua, recolección y disposición de residuos sólidos urbanos.

Energía eléctrica: En general, la población cuenta con energía eléctrica (94.13 % de las casas habitadas), sobre todo la zona centro, en donde la totalidad de la población cuenta con este medio.

Drenaje y alcantarillado: El drenaje en la comunidad es casi inexistente, únicamente la zona centro y parte de una colonia cuentan con este servicio. La gran mayoría de la población elimina sus desechos en alguno de los tres arroyos que atraviesan la comunidad y un pequeño porcentaje cuenta con letrina para eliminación de desechos biológicos.

Abastecimiento de agua: Este recurso quizá sea el más abundante en la comunidad, sin embargo, carecen de este servicio debido a la inadecuada infraestructura, en especial las colonias de la periferia, las cuales tienen que obtener el recurso de otros medios.

Recolección y disposición de residuos sólidos urbanos: El servicio es proporcionado por la comisaría municipal como parte de sus funciones administrativas, sin embargo, únicamente se cubre la zona centro de la localidad, dejando sin recolección a las colonias de la periferia.

En cuanto a la disposición final, se tiene un sitio para tal fin, el cual opera como tiradero a cielo abierto.

El manejo de los residuos sólidos urbanos, es el apartado de saneamiento al que se le ha dado mayor atención. En el año 2006 se realizó un diagnóstico por parte de un grupo denominado PRO-REGIONES, quienes además de realizar el estudio de generación, analizaron otras partes de la gestión integral de los residuos.

3.3.6 Medios de comunicación y transporte

Los medios de comunicación están concentrados principalmente en la cabecera municipal, la cual cuenta con los servicios de administración de correos, telégrafos, teléfonos, periódicos etc. sin embargo, a nivel localidad también se cuenta con los servicios de teléfono y algunos medios masivos de comunicación como son la radio y la televisión y actualmente el servicio de internet.

Con respecto a los medios de transporte, a nivel municipal la carretera federal número 196 (Atoyac - Puerto de Gallo) cuenta con infraestructura caminera que está constituida por 178 kilómetros de caminos pavimentados y caminos rurales que comunican a diferentes comunidades, una de ellas es la de El Paraíso.

Dentro de la comunidad, la zona centro es la que cuenta con las calles pavimentadas mientras que los alrededores tienen calles de terracería dificultando el tránsito peatonal en épocas de lluvia. El transporte público se realiza a través de una línea de vehículos tipo van, la cual tiene corridas diarias hacia la cabecera municipal y viceversa.

3.3.7 Economía

La principal actividad económica de la comunidad, es la producción de café, la cual es una actividad de temporada, sin embargo, es esta labor a la que se dedica la mayoría de la población.

La segunda actividad económica en la comunidad, es el comercio en sus diferentes variantes como son: puestos fijos de abarrotes, papelería, fondas y restaurantes, puestos de vendedores ambulantes de dulces, ropa, utensilios de cocina, etc. Por lo anterior el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) menciona que la población económicamente activa en la comunidad asciende a 1274 habitantes, mientras que 1414 representan a la población económicamente inactiva.

3.3.8 Gobierno

La estructura organizacional de la localidad de El Paraíso depende de la cabecera municipal, Atoyac de Álvarez. Dicha organización está conformada por el comisariado ejidal, comisariado municipal y concejo de vigilancia, quienes en conjunto planean las estrategias para el manejo de los asuntos relacionados con la localidad y dentro de los cuales está incluido el de saneamiento.

IV. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

En el presente capítulo se exponen las condiciones que imperan actualmente en la comunidad con respecto al saneamiento de la misma, la cual servirá para proponer la metodología y los programas tendientes a solucionar la problemática ambiental.

El diagnóstico se realizó con base en las vistas de campo a la zona de estudio, así mismo en lo planteado en las estrategias mencionadas en el apartado 1.4.

Los temas a tratar, básicamente corresponden a:

- ✚ Agua para consumo humano
- ✚ Alcantarillado
- ✚ Residuos sólidos municipales

4.1 Agua para consumo humano

4.1.1 Suministros de agua

La fuente principal de abastecimiento de agua para la comunidad, es un afloramiento natural que forma un manantial, el cual debe su nombre a la zona en donde se encuentra, comúnmente denominada "La Finquita", debido a que corresponde a una zona de cafetales.

El afloramiento se ubica al sureste de la comunidad, a 3 km de la misma, su título REPDA (registro público de derechos de agua) indica un volumen de aprovechamiento de 292,000 m³/año, con lo cual se estima una captación de 10 L/s, misma que es suficiente si se compara con los 8 L/s que demanda la localidad asumiendo una dotación de 185 L/hab-día para el tipo de clima y clase socioeconómica que se tiene en esta región. (CONAGUA, 2008)

Por otro lado, la infraestructura de almacenamiento del vital líquido dentro de la comunidad, se realiza por medio de un tanque superficial con muros de mampostería, con piso y techo de concreto reforzado, con capacidad de 560 m³, el cual está ubicado en la zona alta de la colonia nueva oriente a 89 m sobre la zona más baja de la comunidad. Su construcción es reciente (fecha de culminación de la obra: febrero 2008), por lo cual su operación hasta la fecha es realizada de manera normal.

Para que este líquido proveniente de la fuente de abastecimiento llegue hacia el tanque de almacenamiento, se dispone de una línea de conducción de fierro galvanizado con una longitud de 3600 m y 300 mm de diámetro, la cual pasa por lugares de condiciones difíciles.

Cabe recalcar que la insuficiencia en la distribución de agua en ciertas zonas de la localidad, ha conllevado a que las personas formen pequeños grupos y solventen el problema al buscar fuentes alternas de abastecimiento y construyan pequeños tanques de almacenamiento. En la figura no. IV-1, pueden verse los distintos tanques de almacenamiento que se han construido, así mismo el volumen que tienen cada uno.

4.1.2 Calidad del agua

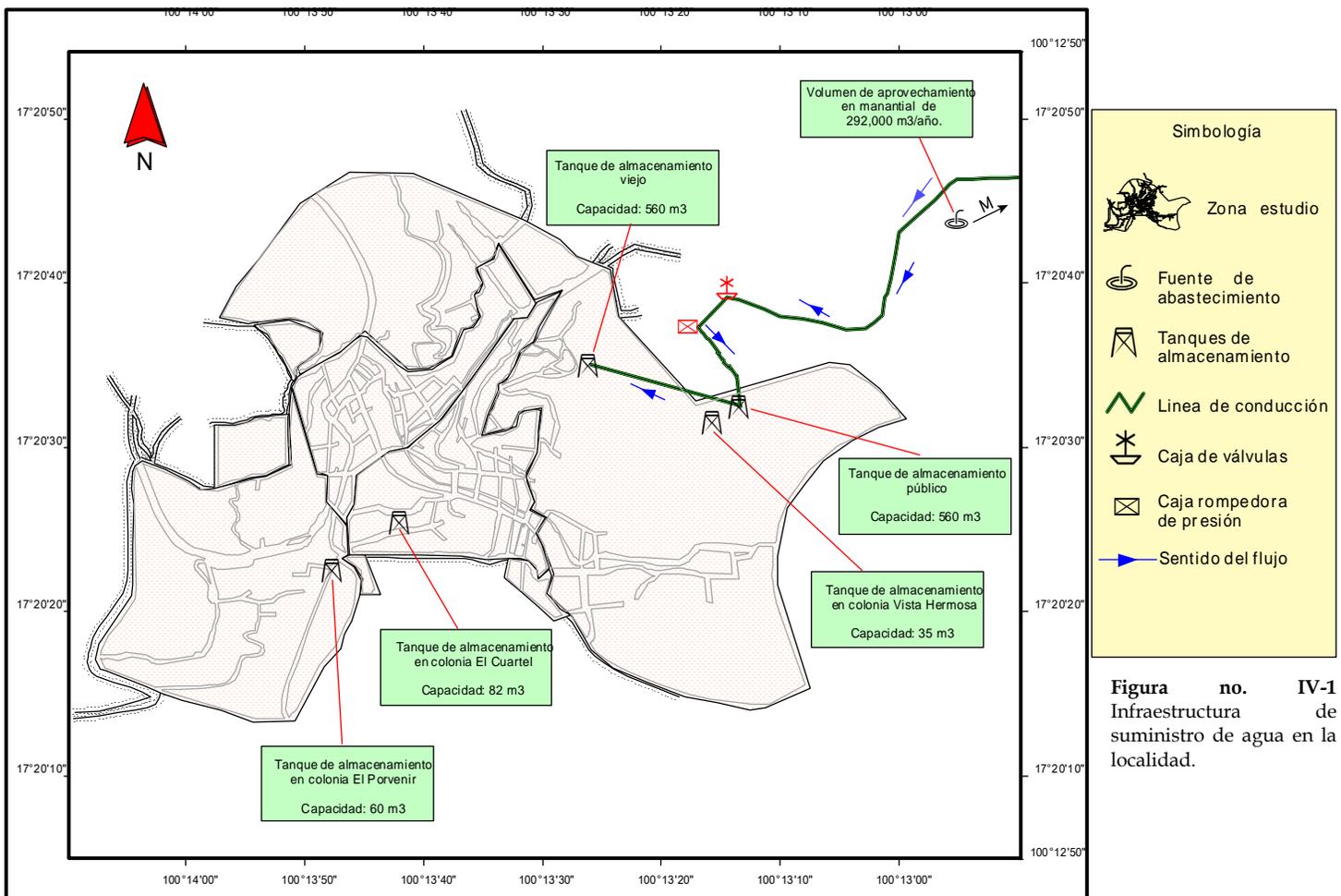
Una vez que el agua es obtenida de la fuente de abastecimiento, es almacenada en un tanque de 10,000 L, sin embargo, es allí donde se observaron inconvenientes, debido que esta obra ha tenido constantes problemas de azolve lo cual conlleva a que el líquido durante la conducción hacia el tanque de almacenamiento lleve gran cantidad de material en suspensión. Aunado a lo anterior se tiene que no existe desinfección alguna antes de su distribución.

En la tabla no. IV-1 se muestran algunos parámetros de calidad del agua de la fuente de abastecimiento analizados como parte del presente trabajo. Dichos parámetros evaluados provienen de la NOM-127-SSA1-1994, relativa a los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, así también de la NOM-230-SSA1-2002, la cual indica los requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua, así como los procedimientos sanitarios para el muestreo.

Tabla no. IV-1 Caracterización de agua de manantial

Parámetro	Resultado	Comparación con la NOM-127-SSA1-1994	Unidades	Método analítico
pH	8	6.5-8.5	Unidades de pH	NMX-AA-008-SCFI-2000
Color	18	20	Unidades de Pt-Co	NMX-AA-017-1980
Dureza total	7	500	mg/L	NMX-AA-072-SCFI-2001
Dureza de calcio	4	-	mg/L	-----
Dureza de magnesio	3	-	mg/L	-----
Coliformes totales	200	2	UFC/100 ml	NOM-181-SSA1-1998
Coliformes fecales	0	0	UFC/100 ml	NOM-181-SSA1-1998
Olor y sabor	Agradable	Agradable	-----	NMX-AA-083-1982
Turbiedad	3	5	UTN	NMX-AA-038-SCFI-2001
Sólidos disueltos totales	12	1000	mg/L	NMX-AA-034-SCFI-2001

De acuerdo a la tabla anterior puede verse la excelente calidad del líquido proveniente del manantial, parámetros como Coliformes fecales, turbiedad y color, así lo indican.



4.1.3 Niveles de servicio

No existe organismo operador alguno dependiente del sector público o privado responsable del sistema de abastecimiento. Es operado por un encargado quien se da a la tarea de mantener en condiciones de operación la infraestructura de almacenamiento y distribución del líquido, para lo cual se realiza un cobro mínimo a la población.

El abastecimiento de agua es de manera diaria, en época de lluvias el suministro es continuo, mientras que en estiaje se distribuye durante 4 hrs como máximo.

De acuerdo al conteo de población 2005, la cantidad de viviendas particulares habitadas que cuentan con agua entubada de la red pública para la comunidad es de 429, mientras que 372 se abastecen de algún hidrante, de otra vivienda, de pipa, de pozo, río, arroyo, lago o alguna otra fuente, con lo cual se tiene una cobertura del 52%.

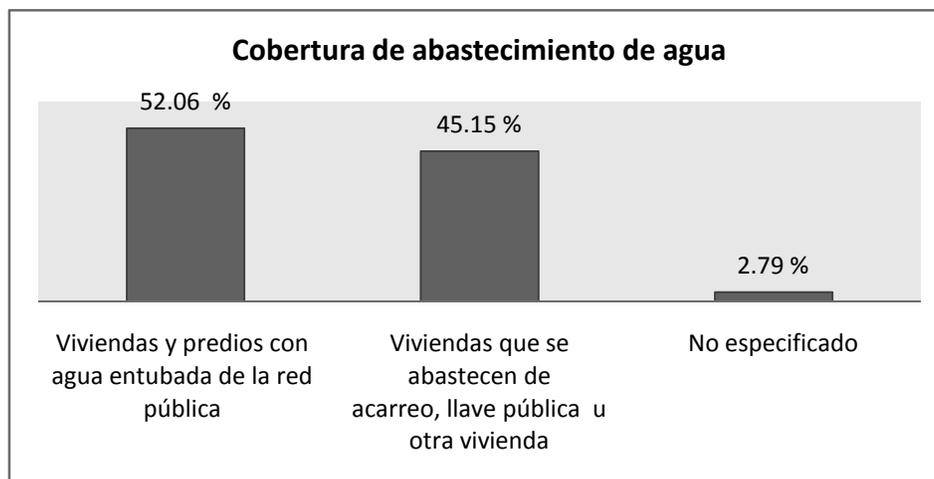


Figura no. IV-2 Cobertura de abastecimiento de agua en la localidad
Fuente: Adaptado de INEGI, 2008

La información mencionada anteriormente, considerando las áreas geoestadísticas básicas de INEGI se muestra en la figura no. IV-3.

Por otro lado, la calidad del agua distribuida a la población, de acuerdo a lo visto durante las vistas a la zona de estudio, es muy inferior a la que se obtiene de la fuente de abastecimiento, debido a factores como el mantenimiento inadecuado del tanque de almacenamiento y la obra de captación, además de la carencia de un sistema de desinfección funcional.

De acuerdo a la tabla IV-2 correspondiente a la caracterización de agua para consumo humano, la cual fue realizada en una toma domiciliaria, puede verse que parámetros como el pH, color y la turbiedad se encuentren en el valor límite de lo establecido por la normatividad o más allá de este.

Un parámetro que es de suma importancia en la parte sanitaria, es el de coliformes fecales, el cual se encuentra muy por encima de lo establecido en la normatividad e indica una posible contaminación con aguas de tipo residual en algún punto de su distribución.

Desde el punto vista administrativo en los servicios de distribución del vital líquido, existe una total falta de manejo, lo anterior debido a que el organismo operador no está cumpliendo con la elaboración de bitácoras, las cuales deben de contener la clave de identificación del tanque, el reporte de los resultados de las determinaciones de cloro residual libre, además del tipo y localización de la(s) fuente(s) de abastecimiento o línea(s) de distribución de agua potable y las zonas en las cuales se distribuye, además del volumen.

Estos aspectos son mencionados en la NOM-230-SSA1-2002, la cual indica la serie de requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua por parte del organismo operador encargado de la cisterna o tanque de almacenamiento.

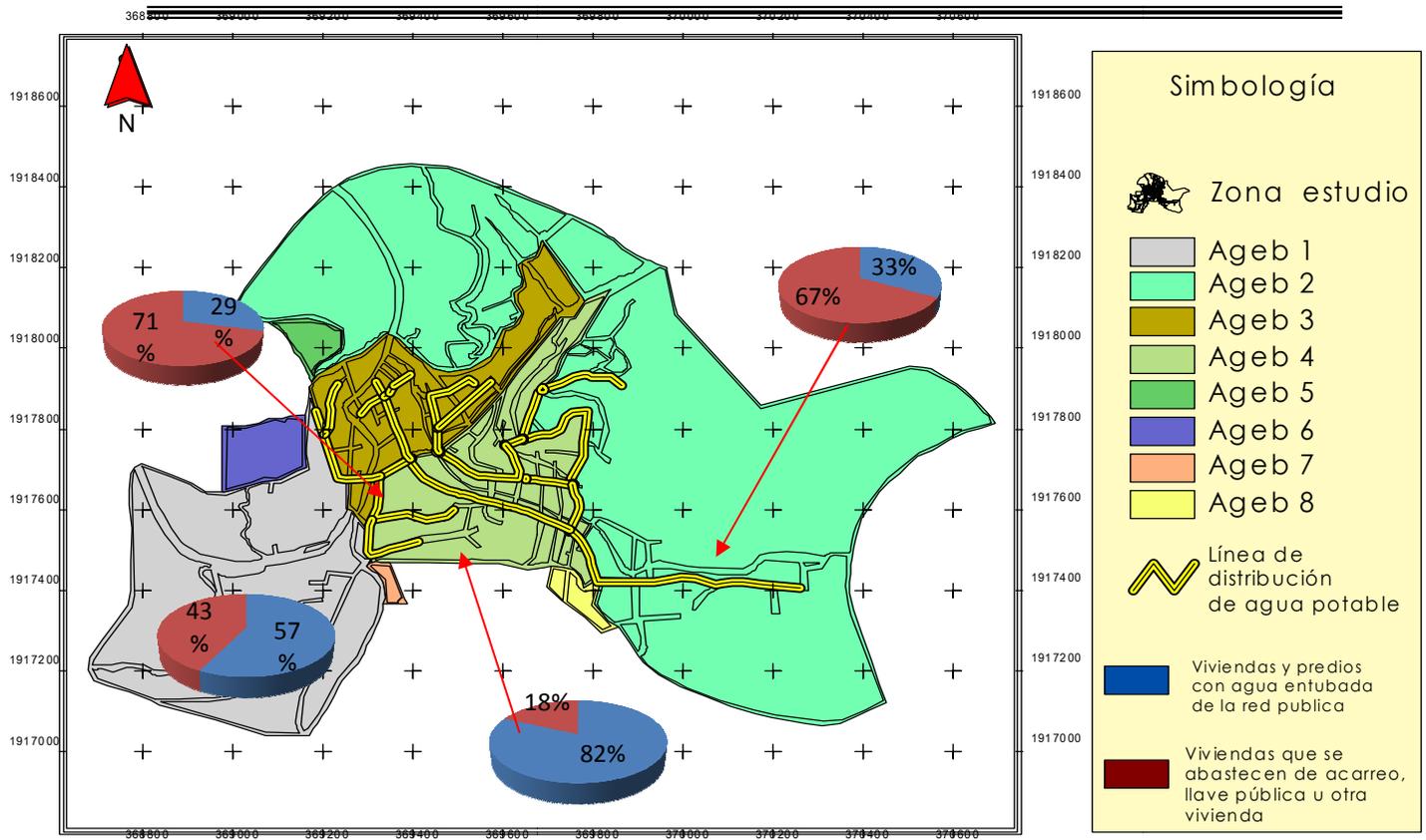


Figura no. IV-3 Cobertura de abastecimiento de agua por áreas

Tabla no. IV-2 Caracterización de agua para consumo humano

Parámetro	Resultado	Comparación con la NOM-127-SSA1-1994	Unidades	Método analítico
pH	8.5	6.5-8.5	Unidades de pH	NMX-AA-008-SCFI-2000
Color	50	20	Unidades de Pt-Co	NMX-AA-017-1980
Dureza total	14	500	mg/L	NMX-AA-072-SCFI-2001
Dureza de calcio	8	-	mg/L	-----
Dureza de magnesio	6	-	mg/L	-----
Coliformes totales	1,800	2	UFC/100 ml	NOM-181-SSA1-1998
Coliformes fecales	600	0	UFC/100 ml	NOM-181-SSA1-1998
Olor y sabor	Agradable	Agradable	-----	NMX-AA-083-1982
Turbiedad	20	5	UTN	NMX-AA-038-SCFI-2001
Sólidos disueltos totales	12	1000	mg/L	NMX-AA-034-SCFI-2001

4.2 Manejo de residuos líquidos

4.2.1 Disposición de excretas e infraestructura sanitaria

En la localidad, el problema más complejo de contaminación está relacionado con la descarga de aguas residuales sin tratamiento alguno a los arroyos que la atraviesan.

Se puede estimar la generación de aguas residuales considerando una dotación de agua potable de 185 L/hab-día, de los cuales el 75% se considera como aportación de aguas residuales, por lo cual la generación en la localidad es de 570 m³/día.

Con respecto al alcantarillado, la cobertura es del 7 %¹, por lo cual es imprescindible ampliar el sistema de alcantarillado sanitario (figura no. IV-4).

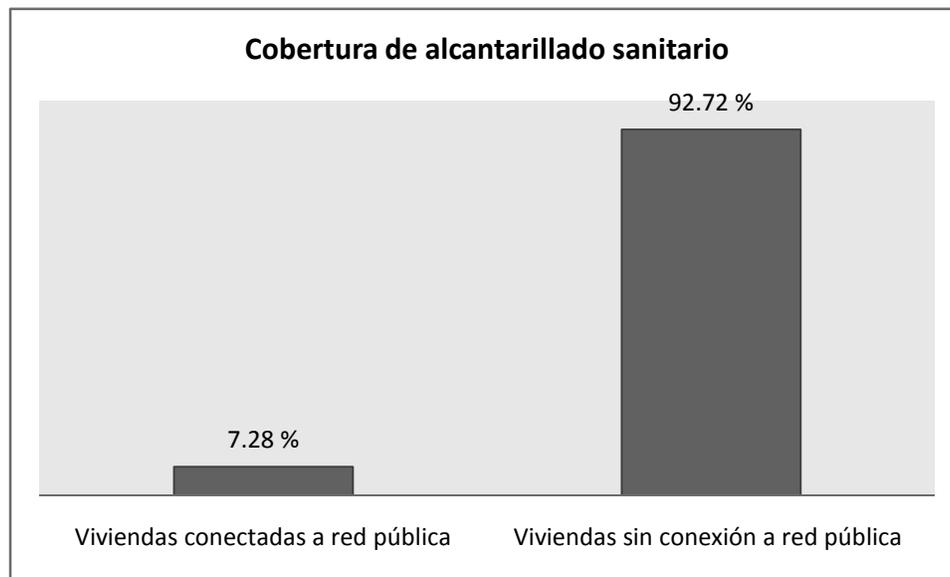


Figura no. IV-4 Cobertura de alcantarillado sanitario
Fuente: Adaptado de INEGI, 2008

El sistema de alcantarillado es de tipo sanitario únicamente, fue construido en el año 2006 y da servicio a dos sectores de la localidad (ver figura IV-5).

El sector 1 cubre la mayor parte de la colonia centro, la recolección de las aguas residuales se realiza mediante un colector principal que se encuentra sobre la calle Cuauhtémoc, el tramo se inicia desde el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA) hasta su disposición final sin tratamiento en uno de los arroyos de la localidad, tiene una longitud de 1300 m.

El sector 2 comienza en la unidad deportiva de la localidad hacia el mercado de la misma, este colector tiene una longitud de 203 m.

¹ Éste dato únicamente contempla a las viviendas que tienen conexión a red pública y no a las que están conectadas a una barranca u otro.

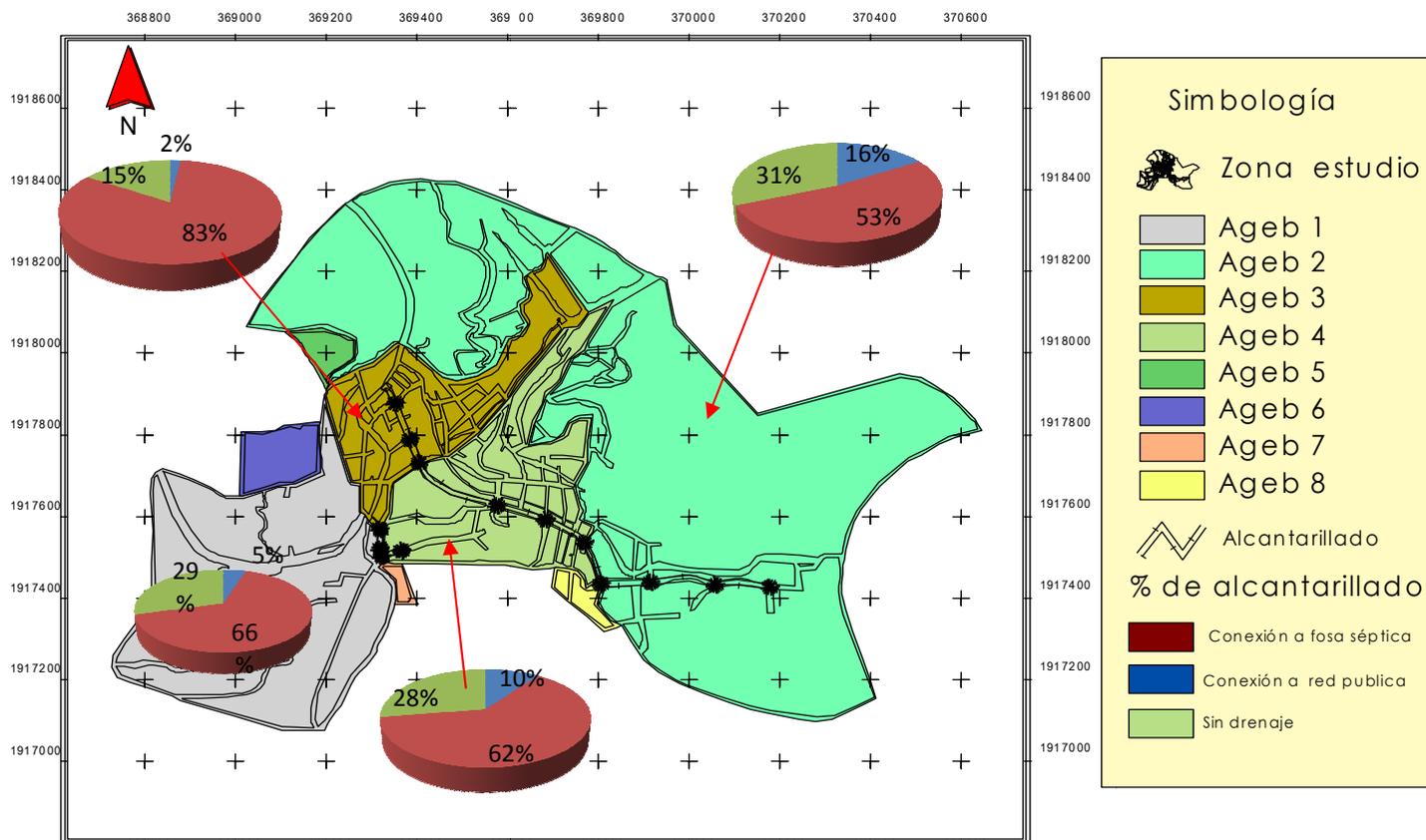


Figura no. IV-5 Cobertura de alcantarillado por áreas geoestadísticas básicas

En la figura anterior, además de mostrarse los sectores con cobertura de alcantarillado, puede verse que gran parte de la población utiliza fosas sépticas, sin embargo, muchas de ellas no cumplen con su función, primeramente por la cantidad de años que han pasado desde su construcción y por otro lado su funcionamiento no es el adecuado, debido a que en muchos casos su conexión esta directamente realizada hacia las diferentes barrancas de la localidad.

Como parte de la metodología para el apartado de residuos líquidos, se caracterizaron las aguas residuales de la localidad, los parámetros y concentraciones determinadas se realizaron de acuerdo a lo establecido en la NOM-001-SEMARNAT-1996 y únicamente se tomaron los contaminantes básicos.

Debido a las condiciones particulares de descarga que se tenían en la localidad, se tuvo que realizar una muestra compuesta, conforme a lo citado en la misma NOM-001-SEMARNAT-1996 y lo establecido en la NMX-AA-003-1980 (lineamientos generales y recomendaciones para muestrear las descargas de aguas residuales).

El muestreo se realizó en el punto de descarga del colector principal del drenaje sanitario de la localidad, lo anterior debido a que únicamente existen dos colectores, de los cuales se muestreo el que tiene el tramos más largo, por ende con mayor cantidad de descargas unitarias.

Los resultados de la caracterización del agua residual muestreada puede verse en la tabla no. IV-4.

Tabla no. IV-3 Análisis de las aguas residuales de la comunidad

Parámetro	Resultado	Unidades
pH	9	Unidades de pH
Materia Flotante	Ausente	(presente-ausente)
Sólidos totales	380	(mg/L)
Sólidos suspendidos totales	180	(mg/L)
Sólidos sedimentables	Cercano a cero	(ml/L)
Oxígeno disuelto	4	mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno	257	(mg/L)
Temperatura	25	°C
Sólidos disueltos totales	111	ppm
Coliformes totales	1.00 E + 08	NMP/100 ml

De acuerdo a estas tablas, se encontraron altas concentraciones en los parámetros de DBO y SST, que actualmente como se ha mencionado, llegan directamente a los ríos, aumentando la contaminación en éstos.

Dicha contaminación es de gran importancia debido a que estos corrientes pequeños confluyen al río Atoyac, el cual se encuentra altamente contaminado según el IMTA. Por otro lado, gran parte de la población aguas debajo de estos ríos, al ser más pequeñas en cuanto a población, obtiene actualmente el vital recurso de estos ríos, pudiendo encontrarse estas en riesgos sanitarios.

Dentro de las poblaciones pequeñas y aledañas al El Paraíso se encuentran Rancho Alegre y La Siberia.

Por otro lado, una parte importante del manejo de excretas, es el realizado en las instituciones educativas. Durante la investigación efectuada en campo, se acudió a cada una de estas instituciones y se observó que en su mayor parte vierten sus residuos líquidos a las barrancas que atraviesan a la comuna.

En la figura no. IV-6 puede verse como en una de las escuelas, el medio de disposición de excretas es realizado en las barrancas que de la localidad.

El análisis completo se presenta en la tabla no. IV-4, en donde además de presentarse los medios de disposición de las aguas residuales, se muestran la cantidad de instalaciones con las que se cuenta en casa institución y las condiciones de uso en las que están.



a)

b)

Figura no. IV-6 Medio de disposición de excretas en las instituciones educativas.

a) Baños usados en las escuelas; b) descarga directa a barranca

Tabla no. IV-4 Método de disposición en instituciones educativas

Nombre de la institución educativa	Número de aulas*	Número de alumnos	Medio de disposición de residuos líquidos	Cantidad de instalaciones	Estado en el que se encuentran
Jardín de niños General Lázaro Cárdenas	4	50	Descarga directa a río o barranca	2	Buenas condiciones
Jardín de niños General Ignacio Zaragoza	4	60	Descarga directa a río o barranca	8	Buenas condiciones
Preparatoria # 22	4	113	Descarga directa a río o barranca	2	Malas condiciones
Jardín de niños Justo Sierra	1	26	Descarga directa a río o barranca	2	Buenas condiciones
Esc. Primaria federal Guillermo Prieto	3	50	Descarga directa a río o barranca	2	Buenas condiciones
Esc. Primaria federal Francisco Villa (vespertino)	15	256	Drenaje conectado a red pública	10	Buenas condiciones
Esc. Primaria federal Cuauhtémoc (matutino)	15	420	Drenaje conectado a red pública	10	Buenas condiciones
Esc. secundaria federal José Vasconcelos	10	380	Drenaje conectado a fosa séptica	12	Buenas condiciones
Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario #66	5	135	Descarga directa a río o barranca	4	Malas condiciones
Jardín de niños 30 de Abril	2	37	Drenaje conectado a fosa séptica	2	Buenas condiciones

*Nota: Las aulas contemplan tanto direcciones como salones de clases.

- La cantidad de instalaciones se refiere a la cantidad de retretes con los que se cuenta.

4.3 Manejo de residuos sólidos urbanos

4.3.1 Generación

De acuerdo a lo analizado en la localidad referido a los residuos sólidos urbanos, pudo verse que la generación de residuos sólidos se origina principalmente de fuentes como la doméstica, comercial e institucional, sin embargo, es importante destacar que debido a factores culturales y económicos, la cantidad de residuos sólidos urbanos es baja y en su mayor parte son biodegradables.

En los siguientes apartados se exponen las generaciones de las diferentes fuentes encontradas en la localidad, la primera de ellas correspondiente a la generación domiciliaria, la cual fue tomada del estudio realizado por PROREGIONES EN 2006, por otro lado las fuentes de tipo comercial e institucional se obtuvieron mediante un estudio de generación.

Dicho estudio se realizó únicamente tomando 3 días de muestreo en la semana del 25 al 31 de agosto del 2008, en horarios matutinos, las razones para realizarlo así fueron de tipo económicas, así mismo tomando en cuenta la cantidad de puestos en la zona de mercados, las pocas fuentes institucionales, además analizando la poca generación que se tendría.

➤ Generación domiciliaria

En el estudio de PRO-REGIONES, se expresa que la generación de residuos sólidos urbanos per cápita en la localidad es de **0.438 kg/hab - día**, con lo cual la generación del total de la población (4105 habitantes para el año de 2005) fue de **1.797 ton/día**.

En la tabla no. IV-5 se muestra la cantidad de residuos generados por la localidad tomando como base las áreas geoestadísticas básicas de INEGI y donde puede verse claramente que las zonas 3 y 4 (colonias Centro, Guadalupeana y Recodo) son las de mayor generación, lo anterior es por la cantidad de personas que habitan en ellas, sin embargo, éstas también son las zonas con mayor cobertura de recolección, debido a que disponen en su mayor parte de calles pavimentadas o de fácil acceso para el camión recolector .

Por otro lado, la lejanía además de la falta de infraestructura vial, causada por la ubicación de las zonas 1 y 2 (colonia el Porvenir, Nueva Oriente, Vista Hermosa y el Mirador) ha provocado que en estos sitios no se tenga el servicio de recolección con lo cual se generan sitios de disposición final no controlados que a la larga causan problemas ambientales y de salud.

Tabla no. IV-5 Generación de RSU por áreas geoestadísticas básicas

Áreas geoestadísticas básicas	Cantidad de habitantes	Generación per cápita kg/hab-día	Generación por zona kg/día
Zona 1	413	0.438	180.89
Zona 2	652	0.438	285.58
Zona 3	1429	0.438	625.90
Zona 4	1475	0.438	646.05
Zona 5	35	0.438	15.33
Zona 6	34	0.438	14.89

Zona 7	12	0.438	5.26
Zona 8	55	0.438	24.09

Fuente: Adaptado de INEGI, 2008 y PRO-REGIONES, 2006

Nota: La cantidad de habitantes está calculada para el año 2005

➤ Generación comercial

La generación de residuos de fuentes comerciales únicamente proviene del mercado público de la comunidad. Este tipo de fuentes se especializa en la venta de productos alimentarios, por ello, la materia orgánica constituye la principal fracción en peso de los residuos que se generan en estos sitios.

En el mercado de la comunidad se cuenta con 8 puestos, entre cocinas económicas, dispensarios de frutas, verduras, carnicerías y pollerías, además de un baño público.

Del estudio de generación realizado bajo los aspectos mencionados en la norma técnica NMX-AA-61-1985 "determinación de la generación", se obtuvo la generación promedio, la cual fue de **1.03 kg/local - día** (figura no. IV-7).



Figura no. IV-7 Muestras y pesaje de las mismas.

a) Recolección de muestras proveniente del mercado de la localidad; b) pesaje de las muestras

Con respecto al manejo de residuos, en esta fuente comercial no se tienen contenedores públicos, por lo cual el material generado durante el día, es almacenado temporalmente en el mismo local en espera del servicio público de recolección, el cual es proporcionado 2 veces a la semana.

➤ Generación institucional

Las únicas fuentes de tipo institucional que se localizó en la comunidad son 10 planteles educativos, además del centro de salud rural.

Durante las visitas a campo se realizó un estudio de generación en una de estas instituciones (Esc. secundaria federal José Vasconcelos), de la cual se obtuvo que en promedio se genera **0.0359 kg/alumno-día**.

Por otro lado, examinó el medio de disposición final de los residuos sólidos urbanos en cada una de estas instituciones (tabla no. IV-6), dejando ver en la mayor parte de estas, los residuos son quemados en terrenos aledaños al no contar con el servicio de recolección.

Tabla no. IV-6 Generación de RSU por institución

Nombre de la institución	Número de alumnos	Método de disposición de los residuos sólidos urbanos		Generación kg/día
		Quema clandestina	Camión recolector	
Jardín de niños General Lázaro Cárdenas	50	x		1.79 kg/día
Jardín de niños General Ignacio Zaragoza	60		x	2.15 kg/día
Preparatoria # 22	113	x		4.05 kg/día
Jardín de niños Justo Sierra	26	x		0.93 kg/día
Esc. Primaria federal Guillermo Prieto	50	x		1.79 kg/día
Esc. Primaria federal Francisco Villa	256		x	9.19 kg/día
Esc. Primaria federal Cuauhtémoc	420		x	15.07 kg/día
Esc. secundaria federal José Vasconcelos	380	x		13.64 kg/día
Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario #66	135	x		4.84 kg/día
Jardín de niños 30 de Abril	37	x		1.32 kg/día
Centro de salud rural			x	5.77 kg/consultorio-día

Nota: Las instituciones educativas únicamente tienen el horario matutino a excepción de una primaria, la cual en el turno matutino es llamada primaria federal Cuauhtémoc y en el turno vespertino primaria federal Francisco Villa.

En el caso del centro de salud rural, este cuenta con el servicio de recolección, debido a que se encuentra en una zona céntrica, esta institución cuenta con 2 consultorios y genera **11.45 kg/día**.



Figura no. IV-8 Pesaje de residuos generados en el centro de salud rural.
a) Pesaje de residuos sólidos urbanos; b) pesaje de residuos peligrosos

4.3.2 Almacenamiento y barrido

De acuerdo lo visto en la zona de estudio y reafirmando lo mencionado por PROREGIONES en 2006, se tiene que el almacenamiento y el barrido es *in-situ*, es decir, se lleva a cabo dentro de la casa habitación o en los exteriores de esta.

Para el almacenamiento temporal de residuos, se utilizan pequeños contenedores que en su mayor parte son botes sin tapa de espacio insuficiente para almacenar la cantidad de residuos.

En calles y vías públicas no se tienen contenedores para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos, por lo cual es común ver la acumulación de éstos en algunas áreas públicas dentro de la localidad, siendo los sitios más críticos de acumulación de residuos, los pequeños tiraderos a cielo abierto encontrados en lotes baldíos, en las barrancas de la periferia de la comunidad, también en las orillas de los ríos y debajo de los puentes.

Por otro lado, la opción de quemar los residuos para no tener que almacenarlos o disponerlos en otros sitios, es una medida adoptada por un porcentaje elevado de la población debido a que el 37 % de los habitantes realizan esta acción y tan solo un 4.8 % toman la iniciativa de llevarlos al sitio de disposición final (PRO-REGIONES, 2006).

4.3.3 Recolección y transporte

La recolección en la comunidad es realizada por personal de la comisaría municipal (un chofer y ayudante), para realizar dicha labor se cuenta con un vehículo compactador de carga lateral con capacidad de 3 ton para el almacenamiento temporal de los residuos, el vehículo está provisto de un sistema de compactación hidráulico para reducir el volumen de los residuos en el interior de la caja y de descargarlos al sitio de disposición.

El vehículo ha tenido una vida útil de 5 años durante los cuales ha sufrido algunos desperfectos. El horario laboral es variable, siendo un aproximado de 8:00 a 18:00 hrs, con una frecuencia de recolección de 2 veces a la semana.

El método de recolección empleado es el de “parada fija”, y las zonas a recolectar son áreas céntricas de la comunidad o en donde el acceso lo permite.

Durante las visitas a la zona de estudio se analizó las zonas de recolección y con ayuda de las áreas geoestadísticas básicas de INEGI se construyó la tabla no. IV-7 en la cual se muestran las zonas de recolección (figura no. IV-9), la superficie que ocupan y el promedio de habitantes atendidos.

Tabla no. IV-7 Sectores de recolección de RSU

Sectores de recolección de residuos sólidos urbanos	Colonias abarcadas	Superficie de las zonas	Promedio de habitantes
Zona sin cobertura	Colonia Ermita, el Porvenir, El Recodo, Vista Hermosa, Las Flores, El Mirador	1.45 km ²	2917
Zona de recolección 1	Colonias centro y Nueva Oriente	85,451.11 m ² (0.09 km ²)	302
Zona de recolección 2	Colonia Centro, El Recodo	67,519.84 m ² (0.07 km ²)	484
Zona de recolección 3	Colonias Guadalupana y Colonia Ermita	61,622 m ² (0.06 km ²)	402

Fuente: Elaboración propia, a partir de las áreas geoestadísticas básicas de INEGI, considerando la población de 2005. (INEGI, 2008).

Tomando en cuenta la información de la tabla anterior, se estima que la cantidad de residuos recolectados en los sectores es de 520 kg/día, con lo cual únicamente se alcanza el 28.9 % de eficiencia en el servicio

Además de prestar el servicio de recolección a las casas habitación y comercios, 2 instituciones reciben este servicio, el Jardín de niños General Ignacio Zaragoza y la Esc. Primaria federal Cuauhtémoc y Francisco Villa.

Las principales deficiencias encontradas en el sistema de recolección de la localidad son referentes a no tener un diseño de rutas ni contar con un plano de los recorridos establecidos, además de no tener con un control riguroso de tiempos y movimientos con el que se haga eficiente el servicio.

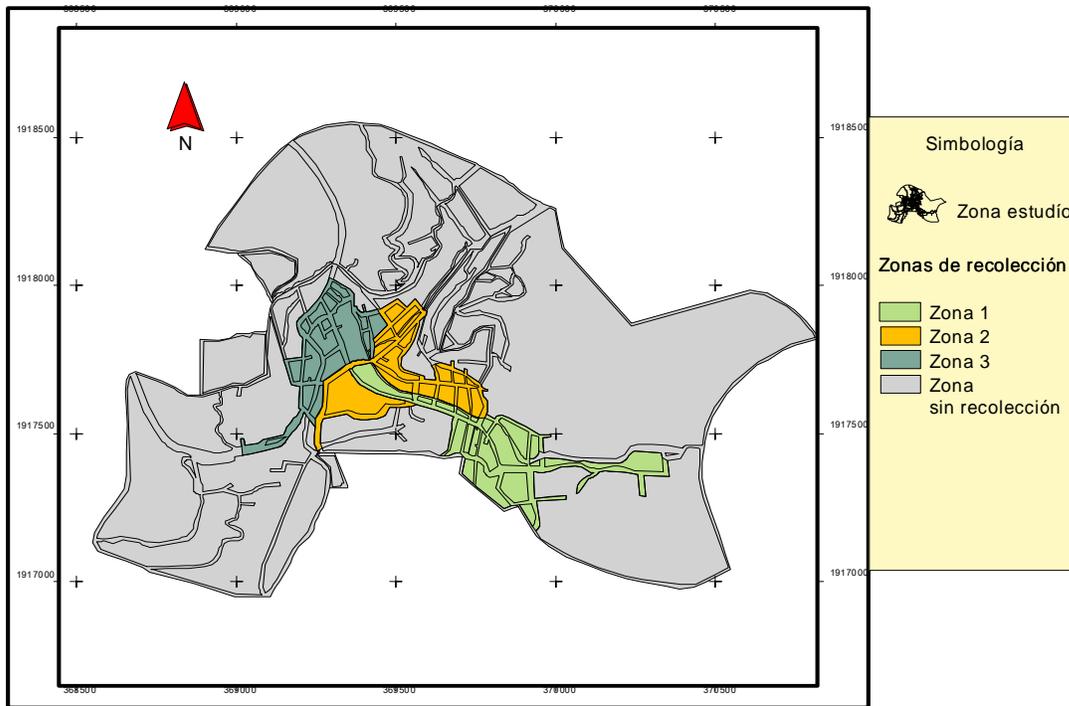


Figura no. IV-9. Zonas de recolección en la comunidad

4.3.4 Reúso- reciclaje

Analizando lo publicado en el documento de PROREGIONES, del cual se extrajo la tabla no. IV-8, puede verse en esta que la cantidad de producto que puede ser aprovechado ya sea como material biodegradable (materia orgánica) y material potencialmente recuperable (reciclaje) es del 68.79 % del total de los residuos. Sin embargo, esta actividad no es común y escasamente se realizan esfuerzos para reciclar o reusar algunos materiales.

Tabla no. IV-8 Residuos de posible aprovechamiento

Residuos de posible aprovechamiento	Porcentaje %
Residuos de alimentos,	19.533
Residuos de jardín	39.158
Latas de aluminio	0.415
Vidrio	4.348
Cartón	2.51
Plásticos como PET, PEAD, PEBD	4.946
Total	68.79

Fuente: Adaptado de PRO-REGIONES, 2006

4.3.5 Tratamiento y disposición final

El servicio de limpia no proporciona ningún tratamiento a los residuos sólidos urbanos, sin embargo, en su afán de reducir el volumen en días en los que el servicio no se proporciona, es común que muchos pobladores quemen sus residuos o los dispongan en lugares inadecuados, ocasionando así problemas de contaminación.

De lo analizado en campo, se pudo obtener la información referente a este apartado, en la cual se observó que la disposición final en la comunidad se realiza en un tiradero a cielo abierto ubicado a 5.3 km de la misma, su ubicación en coordenadas geográficas es 17° 21.836' de latitud norte y 100° 13.648' de longitud oeste. El terreno utilizado para este fin es comunal, el cual tiene una extensión aproximada de 2 ha.

El tiradero a cielo abierto es una barranca en donde la cantidad de residuos encontrada es desconocida por los habitantes de la localidad. Los residuos al ser dispuestos en este sitio, caen por gravedad y se dispersan varios metros corriente abajo, contaminando el ecosistema.

El sitio no cumple con ningún lineamiento para la disposición de los residuos sólidos urbanos y presenta una serie de irregularidades, entre las que se encuentran:

- ✚ Estar ubicado en una barranca sobre la montaña con vasta vegetación y fauna silvestre.
- ✚ Los residuos desechados no son compactados ni cubiertos con tierra durante el día de la disposición.
- ✚ No existe tratamiento alguno para los lixiviados y gases generados
- ✚ Los residuos son quemados en los días en que hay disposición en el sitio.
- ✚ Los residuos peligrosos y residuos especiales, generados en las casas habitación, son desechados y se mezclan con los residuos sólidos urbanos, sin control alguno.

Por otro lado, en la localidad se localizaron 3 tiraderos a cielo abierto que se observaron durante las vistas a campo (ver figuras IV-10 a la IV-12), los cuales han surgido debido a la falta de la cobertura de recolección.

Las ubicaciones dentro de la localidad, así como la cantidad de residuos encontrada en estos sitios se presentan a continuación.



Figura no. IV-10 Tiradero irregular ubicado sobre la carretera Atoyac - Puerto del Gallo



Figura no. IV-11 Tiradero irregular No. 1 ubicado en colonia Nueva Oriente



Figura no. IV-12 Tiradero irregular No. 2 ubicado en colonia Nueva Oriente

Ubicado en las Coordenadas Geográficas $17^{\circ} 20.793'$ de latitud norte y $100^{\circ} 13.748'$ de longitud oeste; este tiradero se encuentra sobre la carretera Atoyac - Puerto del Gallo, en donde los habitantes de las colonias cercanas como El Mirador y las Flores depositan sus residuos cuando el servicio de recolección no es proporcionado.

La estimación de residuos realizada en campo permitió conocer la cantidad encontrada en este sitio, la cual fue de 7.23 toneladas en un área aproximada de 0.06 ha.

En la colonia Nueva Oriente se ubicaron 2 tiraderos a cielo abierto (figuras no. IV-11 y IV-12)

La ubicación es $17^{\circ} 20.677'$ de latitud norte y $100^{\circ} 13.485'$ de longitud oeste y $17^{\circ} 20.657'$ y $100^{\circ} 13.496'$ respectivamente según las figuras mostradas.

Estos sitios surgieron al no contar con el servicio de recolección para la colonia mencionada, debido a que ésta corresponde a una de las colonias ubicadas en la periferia de la comunidad y en donde la topografía impide que el camión de recolección llegue hasta esa zona.

Aunado a lo anterior, se tiene el que no se han desarrollado programas comunales en donde se apoye con contenedores o algún medio para la disposición de residuos en los lugares de difícil acceso.

La estimación de residuos realizada en campo, es de 2.46 ton en el sitio 1 (figura no. IV-11) y 0.7142 ton en el sitio 2 (figura no. IV-12), con un área aproximada 0.02 y 0.04 ha. respectivamente.

V. ELABORACIÓN DE PROYECTOS BÁSICOS

A partir del análisis que se presentó en la sección anterior en donde se identificaron los principales inconvenientes que se tienen en la localidad, en este capítulo se presentan los proyectos prioritarios para solucionar la problemática del saneamiento en la localidad.

Los proyectos elaborados en esta sección, van encaminados principalmente a:

- Mejora del sistema de disposición final de residuos sólidos urbanos
- Mejora del sistema de recolección de residuos sólidos urbanos
- Ampliación en el sistema de alcantarillado
- Diseño del sistema de tratamiento de agua residuales

5.1 Diseño de relleno sanitario tipo "D"

Debido a la existencia de un inadecuado sitio de disposición de residuos sólidos de la población de El Paraíso, así como de los tiraderos observados, se requiere la construcción de un relleno sanitario para la comunidad, con base en la normatividad existente (NOM-083-SEMARNAT-2003), en la cual se establecen las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

De igual manera se categorizan estos sitios de acuerdo a la cantidad en toneladas de residuos sólidos urbanos y de manejo especial que ingresan por día, por lo cual y de acuerdo a la tabla no. V-1, el sitio de disposición final considerado para diseñar en El Paraíso de acuerdo a la cantidad generada de residuos (1.73 ton/día en 2008), sería un relleno sanitario tipo D, es decir aquel que recibe menos de 10 toneladas/día, lo anterior con la finalidad de confinar los residuos sólidos en la menor área posible, sin causar impactos significativos al ambiente y ni molestias o peligros para la salud y la seguridad pública.

Tabla no. V-1 Categorías de los sitios de disposición final

Tipo	Toneladas recibidas ton/día
A	Mayor a 100
B	50 hasta 100
C	10 y menor a 50
D	Menor a 10

Fuente: NOM-083-SEMARNAT-2003

Una de las primeras etapas y previa al diseño del relleno sanitario, es la selección del predio donde quedará ubicada dicha infraestructura. En los siguientes puntos se muestran los aspectos más importantes de esta primera parte en donde se utilizará una metodología matricial para la selección de este sitio.

5.1.1 Delimitación de zonas

Para la determinación de las zonas factibles en relación a la ubicación posible de los sitios de disposición final (SDF) en la localidad, primeramente se realizó la búsqueda de información en fuentes como INEGI, de la cual se consultó su cartografía topográfica, geológica y otras, las cuales permitieron tener un primer acercamiento a las zonas para el diseño del SDF en la comunidad.

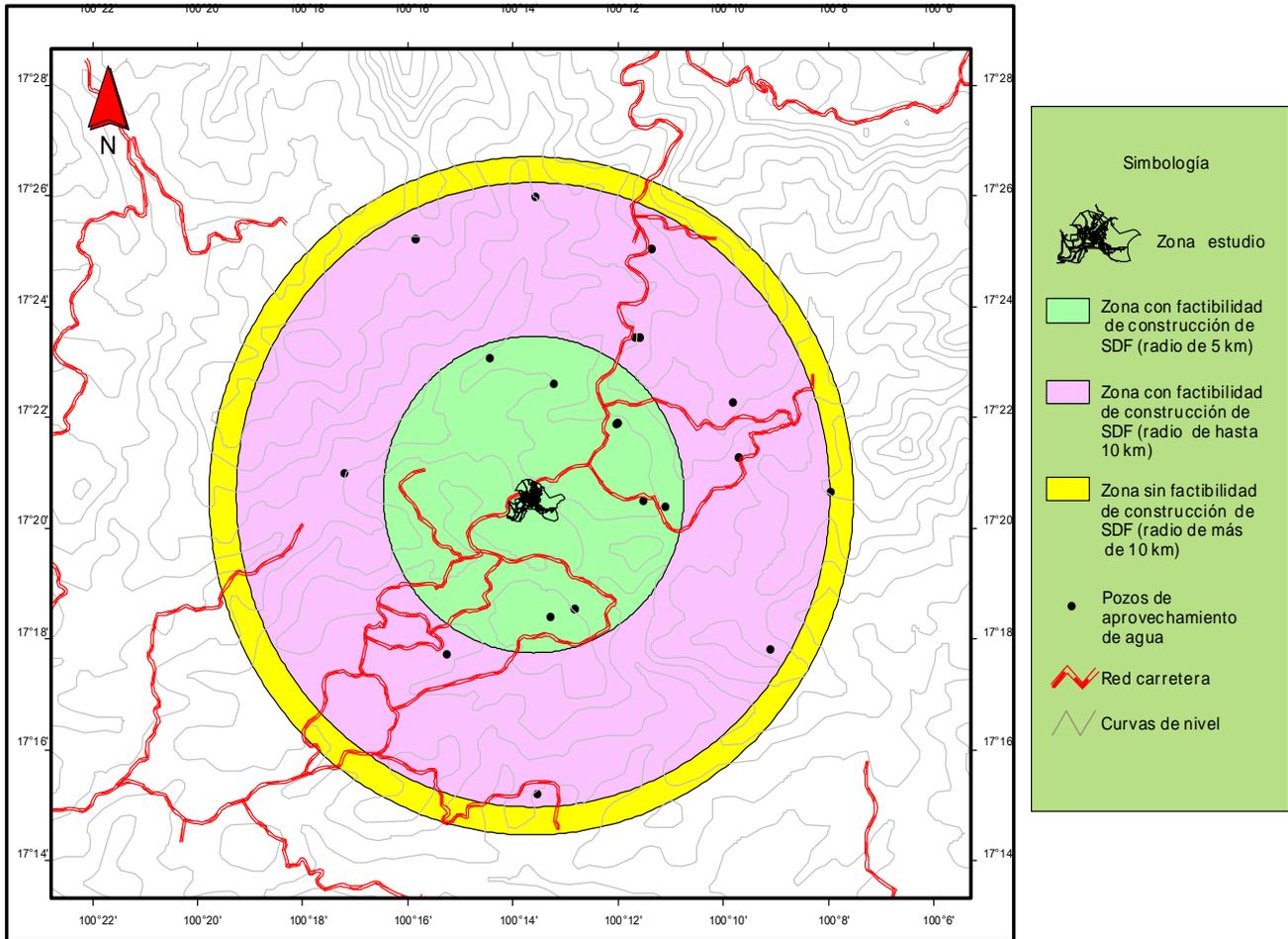


Figura no. V-1 Delimitación de zonas factibles para la instalación de un relleno sanitario

En la figura no. V-1 muestra la delimitación de la zona estudio en tres áreas, 5, 10 y más de 10 km de radio a partir de la comunidad, esto fue realizado debido a que la ubicación de un SDF juega un papel importante en relación a las distancias hacia el centro de población, ya que de ello depende el número de viajes diarios con cargas de residuos sólidos que este pueda hacer y lo cual repercute en la cobertura del servicio de recolección y el costo del transporte. Por lo anterior en la guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, desarrollada por Jaramillo en 2002 se menciona que el SDF no debe estar a más de 30 minutos de ida y regreso del centro del poblado.

Una primera zona (color verde) corresponde a un radio de 5 km, es decir, la ubicación de un SDF en esta zona correspondería a un diseño óptimo desde el punto de vista económico, debido a que los costos de transporte disminuirían considerablemente.

La segunda zona (color rosa) corresponde a un radio de 10 km y donde la ubicación de un SDF todavía sería factible evitando costos elevados de transporte, sin embargo, se comienza a alejar de la localidad.

Por último, la zona color amarilla corresponde a un radio mayor de 10 km. La ubicación de un SDF en esta zona implicaría costos extras de recolección, además de que el horario laboral aumentaría o se disminuiría el número de viajes.

5.1.2 Identificación de sitios

Después de realizar el estudio de selección de zonas factibles se procedió a efectuar visitas físicas a dichas zonas para validar la información vertida previamente, corroborar que las condiciones existentes cumplen con los requisitos para el establecimiento de un relleno sanitario mencionado en la NOM-083-SEMARNAT-2003.

De las visitas realizadas con los comisariados ejidal y municipal de la localidad, se determinaron 3 sitios posibles para la ubicación del relleno sanitario (figura no. V-2). Los predios son de propiedad privada y es posible que su dueño resida en la localidad.

5.1.3 Descripción de los sitios

Los sitios seleccionados fueron visitados para recopilar información de cada uno de ellos y observar sus características y posteriormente analizar sobre el sitio seleccionado, el cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003. A continuación se da una descripción general de cada uno de los sitios seleccionados:

Sitio 1: Ubicado a 3.4 km al noreste de la comunidad, en las coordenadas 17° 21.558' latitud norte y 100° 12.732' longitud oeste rumbo hacia La Pintada, cuenta con 40 hectáreas, además de vialidades (3.4 km de caminos pavimentados y 2.2 de terracería).

El pozo de extracción de agua más cercano se encuentra a 1.4 km del sitio. Respecto a la topografía, el sitio tiene una inclinación > 12 %, en forma de quebrada y el único centro de población más cercano, es la misma localidad.

Sitio 2: Se ubica a 3.3 km de la comunidad, al suroeste y rumbo a la cabecera municipal, cuenta con 3 hectáreas aproximadamente, la vialidad más cercana es la carretera Atoyac - Puerto de Gallo, el pozo de extracción más cercano se ubica a 1.6 km del sitio y en relación a su topografía, es de carácter accesible, es decir con pendientes menores de 12%, sus coordenadas de ubicación son 17° 20.008' latitud norte y 100° 14.613' longitud oeste, se ubica a 964 msnm.

Sitio 3: Ubicado a 3.6 km de la localidad y tan solo a unos 300 m del sitio número 2, por lo cual comparte muchas de las características de este otro sitio, sus coordenadas de ubicación son 17° 19.879' latitud norte y 100° 14.759' longitud oeste.

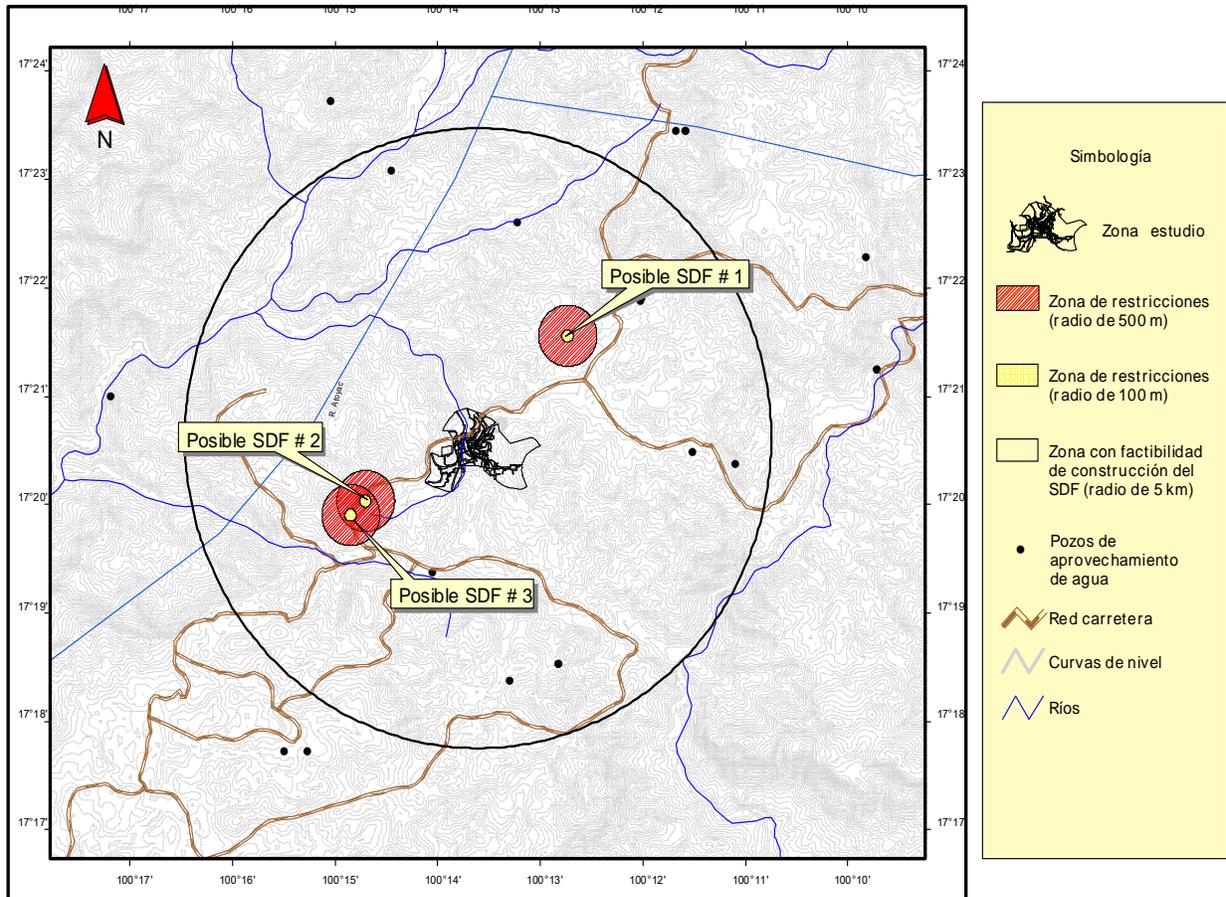


Figura no. V-2 Ubicación de sitios para la construcción de un relleno sanitario

5.4.4.1 Censo de aprovechamientos de agua subterránea

Parte de la metodología de selección de predios para ubicar un relleno sanitario, está relacionada con la ubicación de pozos de abastecimiento de aguas, los cuales deben de encontrarse fuera de estos predios.

La primera fase se realizó en campo y de manera visual al observar si dentro de cada predio existía algún pozo de abastecimiento de agua. Posterior a esto, se revisaron los Títulos REPDA (Registro Público de Derechos de Agua). Con base en estos títulos se pudo concluir que a lo largo del radio de los 10 km a partir de la localidad, existen 19 aprovechamientos de agua, de los cuales ninguno se encuentra a menos de 500 m de los sitios propuestos. En la tabla no. V-2 se muestran dichos aprovechamientos.

Tabla no. V-2 Censo de aprovechamiento de aguas cercanas a los sitios factibles

No	Nombre	Coordenadas Geográficas		Uso	Volumen de aprovechamiento m ³ /año	Fuente
		Latitud	Longitud			
1	Unidad de riego t.d. y z.r. La Soledad	17°17'43.00"	100°15'30.00"	Agrícola	300000.00	Arroyo La Soledad
2	Unidad de riego t.d. y z.r. El Paraíso	17°23'44.00"	100°15'3.00"	Agrícola	1290000.00	Arroyo El Paraíso
3	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (La Soledad)	17°17'43.00"	100°15'16.00"	Público urbano	3964.00	Manantial La Soledad
4	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (Agua Fría)	17°17'49.00"	100°09'7.00"	Público urbano	14213.00	Arroyo La Cienega
5	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (La Pintada)	17°21'15.00"	100°09'43.00"	Público urbano	-----	Río Tioteppec
6	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (Arroyo Seco)	17°22'17.00"	100°09'50.00"	Público urbano	621.00	Arroyo sin nombre
7	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (El Ranchito)	17°23'27.00"	100°11'35.00"	Público urbano	-----	Arroyo Palmitas
8	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (El Ranchito)	17°23'27.00"	100°11'41.00"	Público urbano	1059.00	Arroyo sin nombre
9	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (Nueva Delhi)	17°25'3.00"	100°11'22.00"	Público urbano	-----	Arroyo El Faisanal
10	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (El Encanto)	17°25'13.00"	100°15'52.00"	Público urbano	-----	Arroyo El Encanto
11	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (El Cacao)	17°21'0.00"	100°17'12.00"	Público urbano	3351.00	Arroyo el Fortín
12	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (Arroyo Grande del Paraíso)	17°23'5.00"	100°14'27.00"	Público urbano	2431.00	Arroyo Oscuro
13	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (El Arrimado)	17°22'36.00"	100°13'13.00"	Público urbano	146.00	Arroyo Palmitas
14	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (La Quebradora)	17°21'54.00"	100°12'1.00"	Público urbano	2847.00	Arroyo sin nombre
15	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (La Finquita)	17°20'29.00"	100°11'31.00"	Público urbano	2592.00	Arroyo Los Planes
16	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (Los Planes)	17°20'22.00"	100°11'6.00"	Público urbano	3249.00	Arroyo Los Planes
17	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (Siberia)	17°19'22.00"	100°14'3.00"	Público urbano	803.00	Arroyo sin nombre
18	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (Río Verde)	17°18'32.00"	100°12'50.00"	Público urbano	-----	Arroyo sin nombre
19	H. Ayuntamiento municipal de Atoyac de Álvarez (El Estudio)	17°18'23.00"	100°13'18.00"	Público urbano	219.00	Arroyo El Estudio

Fuente: (CONAGUA, 2008)

5.1.5 Evaluación de los sitios

Para poder evaluar a los sitios, se elaboró una matriz numérica, la cual considera atributos técnicos basados en experiencia del desarrollo de proyectos similares y consideraciones mencionadas en la normatividad mexicana. Dicha matriz se adaptó de la elaborada por Röben Eva en 2002.

La adaptación de la matriz se realizó con la asesoría de un panel de expertos integrado por el doctor Simón González Martínez, la maestra Pila Tello Espinoza y el maestro Constantino Gutiérrez Palacios. El valor acordado de evaluación va de 0 puntos para dar una calificación baja, hasta los 10 puntos para calificaciones altas en cada uno de los factores a evaluar y se tienen 32 de ellos.

La primera parte de la matriz la cual puede verse en la tabla no. V-3, se integró por los aspectos generales, los cuales incluyen a las dimensiones del terreno, la morfología, la posibilidad de extensión y propiedad del mismo., mismos que son de gran importancia para la selección del predio.

En la tabla no. V-3, se muestra las consideraciones técnicas y el rango de valor asignado, con base a cada sub-factor.

Tabla no. V-3 Aspectos generales del terreno a seleccionar

Superficie disponible para rellenar	Superficie (ha)	Valor acordado
Situación óptima	Población > 20 000: 8 ha y más	9 - 10
	Población 5000 - 20000: 5 ha y más	
	Población < 5000: 3 ha y más	
Situación mediana	Población > 20 000: 4 - 8 ha	6 - 8
	Población 5000 - 20000: 2 - 5 ha	
	Población < 5000: 1 - 3 ha	
Situación mala	Población > 20 000: < 4 ha	0 - 5
	Población 5000 - 20000: < 2 ha	
	Población < 5000: < 1 ha	
Superficie disponible para la construcción de plantas auxiliares (lombricultura, reciclaje)		Valor acordado
> 40 % del área para rellenar		9 - 10
20 - 40 % del área para rellenar		6 - 8
< 20 % del área para rellenar		0 - 5

Continuación de la tabla V-3 Aspectos generales del terreno a seleccionar

Topografía del terreno	Valor acordado
Terreno plano con poca inclinación (1 - 3 %)	9 - 10
Terreno casi plano, ligeramente inclinado (3 - 12 %)	6 - 8
Terreno con inclinación > 12 %, en forma de hueco o fosa, quebrada o talud	0 - 5
Áreas naturales (taludes, bosques etc.)	Valor acordado
El relleno se encuentra dentro de un bosque denso (cintura de árboles con al menos 100 m de extensión)	9 - 10
Existe una loma alta (20 m y más) que separa el relleno de los alrededores en dirección de la población más cercana	6 - 8
Relleno se encuentra en un lugar más alto que los alrededores	0 - 5
Existe barrera natural de dimensiones menores	
No existe barrera natural	
Extensión superficial	Valor acordado
Existe la posibilidad de extender el relleno en el futuro sobre un área equivalente al presente sitio	9 - 10
Existe la posibilidad de extender el relleno en el futuro sobre un área más pequeño que el presente sitio	6 - 8
No hay posibilidad de extender el sitio de relleno	0 - 5
Propiedad	Valor acordado
El sitio pertenece al municipio o a otra institución estatal	9 - 10
El sitio pertenece a un solo propietario privado	6 - 8
El sitio pertenece a varios propietarios privados bien definidos y con actitud positiva	
Existe hostilidad al proyecto de parte de los propietarios, no se pueden determinar o contactar todos los propietarios, hay licitaciones concerniente a los títulos de propiedad, se exigen precios exorbitantes o condiciones similarmente desfavorables	0 - 5

La segunda parte que se evaluó en la matriz (tabla no. V-4), estuvo relacionada con las estructuras y distancias que existen hacia el terreno donde se construirá el relleno sanitario, dentro de las que se incluyen las distancias hacia centros de población, áreas naturales protegidas y zonas de cultivo, además de aeropuertos.

Por otro lado, se incluyeron el estado en el que se encuentran las vías de acceso hacia el predio y/o lo que necesitaría para operar en mejores condiciones.

Tabla no. V-4 Aspectos de estructuras y distancias

Distancia a zonas de población		Valor acordado
La población más cercana se encuentra en una distancia de 1 km o más del límite poblacional		9 - 10
La población más cercana se encuentra en una distancia de 500 m o más del límite poblacional; existe una barrera natural suficiente que le separa del relleno sanitario.		
La población más cercana se encuentra en una distancia de 1 km o más del límite poblacional pero con vista directa sobre el relleno.		6 - 8
La población más cercana se encuentra en una distancia de 300 - 500 m del relleno sanitario		0 - 5
Distancia a zonas protegidas		Valor acordado
El sitio se encuentra afuera de una zona protegida; la más cercana zona protegida está en una distancia de 1 km o más		9 - 10
El sitio se encuentra afuera de una zona protegida; la más cercana zona protegida está en una distancia de menos de 1 km		6 - 8
El sitio se encuentra adentro de una zona protegida (es necesario revisar el plan de manejo del área natural protegida)		0 - 5
Distancia a zonas sensibles de agricultura		Valor acordado
El relleno se encuentra a una distancia > 1 km a zonas sensibles de agricultura.		9 - 10
El relleno se encuentra a una distancia entre 500 m y 1 km a zonas sensibles de agricultura		6 - 8
El relleno se encuentra a una distancia de menos de 500 m de una zona sensible de agricultura.		0 - 5
Distancia al centro de gravedad de la procedencia de los desechos	Distancia (km)	Valor acordado
Situación buena	3-5 km	9 - 10
Situación mala	>5 km	0 - 8

Continuación de la tabla V-4 Aspectos de estructuras y distancias

Distancia a aeropuertos	Valor acordado
Distancia mayor a 13 km	9 - 10
Distancia menor a 13 km	0 - 8
Distancia a vías de acceso	Valor acordado
Vía existente accede hasta el sitio; no se necesita construcción adicional	9 - 10
Vía pasa en una distancia < 500 m; se debe construir este tramo	6 - 8
Vía pasa en una distancia > 1 km	0 - 5
Estado de las vías de acceso	Valor acordado
Vía en buen estado (amplia, asfaltada o lastrada, apta para el tráfico de vehículos pesados)	9 - 10
Se necesita lastrar o asfaltar una parte de la vía de acceso	6 - 8
Se necesita ampliar o parcialmente reconstruir una parte de la vía de acceso	
Se necesita lastrar o asfaltar la vía completa	0 - 5
Se necesita ampliar o reconstruir la vía entera	
Conexión existente del sitio a las vías de acceso	Valor acordado
La vía de acceso viene hacia la frontera del terreno	9 - 10
Se debe construir o mejorar un tramo corto (< 1 km) para conectar el sitio con la vía de acceso	6 - 8
Se debe construir o mejorar un tramo largo (> 1 km) para conectar el sitio con la vía de acceso	0 - 5

En la tercera parte que se evaluó en la matriz (tabla no. V-5), contempló los aspectos ambientales y constructivos, el primero de ellos hacía referencia a la afectación de la flora y fauna por la operación del relleno sanitario, se tomaron también en cuenta los aspectos relacionados al agua, como la cercanía a cuerpos superficiales, así también aguas subterráneas. Además de lo anterior, las emisiones de ruido y polvos fueron evaluadas.

Por otro lado, en lo referente a los aspectos constructivos, se evaluó la existencia de material de cobertura en las zonas cercanas al predio y el tipo de suelo para excavación y movimiento de material.

Tabla no. V-5 Aspectos constructivos y ambientales

Afectación de la capa vegetal existente	Valor acordado
No existe capa vegetal; el sitio se encuentra en un terreno árido o la capa vegetal ha sido removido por uso anterior	9 - 10
Existe una capa vegetal de menor importancia (pasto, montos), no hay especies endémicas en el sitio	6 - 8
La capa vegetal consiste de bosque secundario, pero no es endémica en el sitio	
Existen plantas endémicas de la región en el sitio	0 - 5
Afectación de biotopos existentes	Valor acordado
No existe fauna importante en el sitio (puede ser habitado por aves e insectos comunes, mamíferos pequeños comunes)	9 - 10
El sitio da abrigo a algunas especies raras o endémicas de la región pero solamente es uno de muchos habitantes parecidos	6 - 8
El sitio es uno de los últimos biotopos locales o regionales que abrigan ciertas especies endémicas.	0 - 5
Restablecimiento de la capa vegetal existente	Valor acordado
El paisaje arborizado queda mejor que antes (por ejemplo, si el sitio ha sido desforestado por causa del uso anterior)	9 - 10
Con la arborización, se puede restituir la flora precedente	6 - 8
El área de relleno se puede transformar en un parque	0 - 5
Restablecimiento de biotopos existentes	Valor acordado
Después del re cultivo del área, la flora y fauna anterior se pueden establecer de nuevo.	9 - 10
Se puede restablecer una parte de los biotopos anteriores	6 - 8
No es posible restaurar el hábitat de tal manera que la flora y fauna original del sitio puedan volver	0 - 5

Continuación de la tabla V-5 Aspectos constructivos y ambientales

Permeabilidad del suelo: características del suelo hasta 4 m de profundidad		Valor acordado
Capa superior del suelo (0 - 1 m): arcilla	Barrera geológica (1 - 4 m): roca sin fallas, roca arcillosa, roca de basalto, morrena, roca margosa, roca de sal, de yeso, de cal o de piedra arenisca	9 - 10
Capa superior del suelo (0 - 1 m): tierra arcillosa- limosa, arcilla con loess, arcilla arenosa	Barrera geológica (1 - 4 m) arcilla arenosa, arcilla limosa, roca con pocas fallas, limo o loess arenoso	6 - 8
Capa superior del suelo (0 - 1 m): limo, loess, arena arcillosa o limosa	Barrera geológica (1 - 4 m) limo, loess, roca o morrena desagregada	0 - 5
Capa superior del suelo (0 - 1 m): arena gruesa, mediana o fina, grava	Barrera geológica (1 - 4 m) grava, tierras aluviales, karst, arena	
Cuencas de agua alrededor del sitio de relleno		Valor acordado
No pasan aguas superficiales por el sitio de relleno o están a mas de 500 m. del límite del predio del relleno sanitario, tampoco hay una captación de aguas de lluvia		9 - 10
Hay una captación menor da aguas de lluvia		6 - 8
Pasan aguas superficiales por el sitio de relleno o a menos de 500 m.		0 - 5
Hay una captación importante de aguas de lluvia (de un área más grande que el previsto para el relleno)		
Nivel de las capas freáticas dentro del sitio		Valor acordado
La primera capa freática se encuentra en una profundidad > 10 m		9 - 10
La primera capa freática se encuentra entre 3 y 10 m de profundidad		6 - 8
La primera capa freática se encuentra en una profundidad < 3 m		0 - 5
Drenaje de las aguas superficiales		Valor acordado
Simple circunvalación del relleno es suficiente		9 - 10
Se deben hacer trabajos adicionales al drenaje de circunvalación (drenaje en otros niveles arriba del relleno)		6 - 8
Todas las medidas de drenaje se quedan insuficientes en la estación lluviosa		0 - 5

Continuación de la tabla V-5 Aspectos constructivos y ambientales

Protección contra inundaciones	Valor acordado
El sitio de relleno se encuentra en distancia suficiente de las aguas superficiales cercanas para no ser afectado por aguajes y desbordes.	9 - 10
Hay una baja probabilidad de inundación	6 - 8
El sitio se encuentra en un área de inundación frecuente	0 - 5
Olor	Valor acordado
Existe contaminación olfatoria en la región	9 - 10
No existe contaminación olfatoria en la región	0 - 8
Ruido constante	Valor acordado
Ya existe un nivel medio- alto de ruido en los alrededores del sitio	9 - 10
No se observa cualquier ruido en los alrededores del sitio	0 - 8
Viento	Valor acordado
El sitio de relleno se encuentra en un lugar muy expuesto al viento	9 - 10
El sitio de relleno no es muy expuesto al viento, pero tampoco se trata de un lugar muy abrigado	6 - 8
El sitio de relleno se encuentra en el punto más bajo de una cuenca	0 - 5
Producción de polvo durante la operación	Valor acordado
El sitio tiene buenas características para contener el polvo (suelo y material de cobertura arcilloso, limoso o margoso, buena cobertura vegetal, bosques alrededor del sitio, vías de acceso asfaltadas o bien lastradas etc.	9 - 10
El sitio tiene algunas características favorables para la minimización de las emisiones	6 - 8
El sitio está en condiciones muy desfavorables (clima muy árido, alta erosión de viento, suelo seco consistente de materia fina, capa vegetal destruida o no existente etc.)	0 - 5
Ruido generado por la operación	Valor acordado
El sitio es apto para contener los ruidos (Barrera natural topográfica, bosques alrededor, dirección prioritaria del viento no coincide con la dirección en la cual se encuentra el barrio más cercano, buena cobertura vegetal etc.)	9 - 10
Situación intermedia	6 - 8
Habrà mucha dispersión de ruido (ecos naturales, no hay cobertura vegetal, no hay bosques alrededor, no hay barrera topográfica, viento en dirección del barrio más cercano)	0 - 5

Continuación de la tabla V-5 Aspectos constructivos y ambientales

Material de capa impermeable de fondo y de cobertura final	Valor acordado
Existe material en cantidad y calidad suficiente para construir las capas impermeable de fondo y de cobertura tanto de los taludes como de los módulos/ celdas cerrados	9 - 10
Existe una parte del material; se debe traer el resto de afuera	6 - 8
Se debe traer todo el material para la capa impermeable de fondo y la cobertura final de afuera	0 - 5
Material para cobertura diaria	Valor acordado
Existe material en cantidad y calidad suficiente para hacer la cobertura diaria de la basura con el espesor requerido	9 - 10
Existe una parte del material; se debe traer el resto de afuera	6 - 8
Se debe traer una gran cantidad (> 50 %) del material para las coberturas diarias de afuera	0 - 5
Tipo del suelo	Valor acordado
Terreno blando y fácil a excavar; material deseado se encuentra en la superficie	9 - 10
Situación intermedia	6 - 8
Terreno demasiado duro y difícil a excavar	0 - 5
Formación del suelo	Valor acordado
Acceso fácil, superficie bastante grande, terreno plano o casi plano	9 - 10
Situación intermedia	6 - 8
Se debe hacer una excavación sumamente profunda para acceder al material necesario	0 - 5

Fuente: Adaptada de Röben Eva, 2002

Una vez analizado cada uno de los factores a evaluar en cada sitio, se calificó con los rangos de valores antes mencionados.

En la tabla V-6 pueden verse dichas calificaciones.

Tabla no. V-6 Valoración de los sitios posibles para ubicar el relleno sanitario

Consideraciones técnicas			Sitios propuestos		
			Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Generales	Dimensión del terreno (superficie)	Superficie disponible para rellenar	10	10	10
		Superficie disponible para la construcción de plantas auxiliares (lombricultura, reciclaje)	8	7	7
	Morfología del terreno	Topografía	5	10	8
		Barreras naturales (taludes, bosques etc.)	10	8	8
	Posibilidad de extensión	Extensión superficial	10	8	8
	Propiedad (municipal/privada)	Propiedad actual	10	10	10
Estructuras existentes, infraestructura y condiciones técnicas	Distancia a estructuras existentes	Distancia a centros de población	10	10	10
		Distancia a zonas protegidas	10	10	10
		Distancia a zonas sensibles de agricultura	7	10	10
	Distancia a la infraestructura	Distancia al centro de gravedad de la procedencia de los desechos	10	10	10
		Distancia a aeropuertos	10	10	10
		Distancia a vías de acceso	5	9	9
		Estado de las vías de acceso	5	9	9
		Conexión existente del sitio a las vías de acceso	5	8	8

De acuerdo a la tabla no. V- 6, los factores en los que más hubo discrepancias en cuanto a los valores y que determinaron la selección del sitio, fueron principalmente las distancias hacia las vías de acceso y el estado de las mismas, esto debido a que por ejemplo el sitio 1 se encuentra en terrenos donde el acceso en determinados periodos del año no es posible, además de que la construcción o remodelación del camino sería demasiado costoso, en contraparte con los sitios 2 y 3, los cuales se encuentran cercanos a la carretera principal de acceso hacia la localidad y no presentan estas dificultades.

Otro aspecto que determino la selección del sitio, fue la topografía, la cual al ser un relleno sanitario manual o tipo D, no tendrá infraestructura suficiente para estar constantemente moviendo material o acomodando el terreno para colocar los residuos, este factor limito a que los terrenos a usarse tuvieran una topografía accesible y de no mucha pendiente como es el caso del sitio 2.

Continuación de tabla no. V-6. Valoración de los sitios posibles para ubicar el relleno sanitario

Consideraciones técnicas			Sitios propuestos		
			Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Naturaleza y Ambiente Cultural	Impactos de la operación y construcción del relleno	Afectación de la capa vegetal existente	6	8	8
		Afectación de biotopos existentes (flora/fauna)	9	9	9
	Impactos después del cierre del relleno	Restablecimiento de la capa vegetal existente	8	8	8
		Restablecimiento de biotopos existentes (flora/fauna)	8	8	8
Agua	Propiedades hidrológicas	Permeabilidad del suelo	8	8	8
		Cuencas alrededor del sitio del relleno	5	10	10
		Nivel de las capas freáticas dentro del sitio	7	7	7
		Drenaje de las aguas superficiales	6	9	9
		Protección contra inundaciones	9	9	9
Clima y Emisiones	Contaminación actual del aire alrededor del sitio	Ruido	5	5	5
		Olor	5	5	5
	Dispersión de las emisiones a microescala (dentro del sitio)	Viento	8	8	8
	Aptitud natural para minimización de las emisiones	Producción de polvo durante la operación	8	8	8
		Ruido generado por la operación	8	8	8
Aptitud del sitio para la construcción	Existencia de material de cobertura	Material para capa impermeable de fondo y de cobertura final	8	8	8
		Material para cobertura diaria	8	8	8
	Aptitud del suelo para excavación	Tipo del suelo	10	10	10
		Formación del suelo	7	9	9
Total			248	274	272

Por otro lado, en la parte de la tabla la cual se refiere a los aspectos ambientales y constructivos, los factores que tuvieron mayor discrepancia en su valoración para los diferentes sitios, fueron la afectación de la capa vegetal, la cual por ejemplo en el sitio 1 era demasiado densa en contraparte con los sitios 2 y 3.

Las cuencas alrededor del sitio, tuvieron mayor valoración positiva para la los sitios 2 y 3, debido a que en el sitio 1 se encuentran pequeñas corrientes que podrían ser afectadas por la construcción del relleno sanitario.

De acuerdo a la matriz anterior y tomando en cuenta las explicaciones de valoración, se puede observar que el sitio número 2 es el más apto para la ubicación del relleno sanitario. Por lo anterior se propone diseñar la obra tomando en cuenta las características de este sitio, principalmente su topografía.

5.1.6 Levantamiento topográfico del sitio seleccionado

Una vez evaluados los posibles SDF y habiendo seleccionado el sitio que cumplía con las mejores características para la ubicación del sitio de disposición final, se procedió a realizar el levantamiento topográfico del sitio.

El levantamiento se realizó con ayuda de un GPS Garmin Etrex Legend. Con este equipo se realizó la planimetría del sitio, obteniendo un polígono irregular de 12 vértices cuya área es de 28,195.5 m².

La altimetría se efectuó utilizando el programa denominado ARCVIEW en su versión 3.2 (figura V-3), el cual es una herramienta SIG (Sistema de Información Geográfica) con la que se puede visualizar, analizar, crear y gestionar información geográfica.

Otra de las utilidades para poder realizar la altimetría del sitio seleccionado fue el modelo de elevación digital de INEGI de la zona estudio, el cual es una representación de las elevaciones del terreno mediante valores numéricos. Una vez realizado dicho proceso se obtuvo la altimetría de la superficie del terreno con curvas de nivel a cada metro, tal y como lo exige la normatividad.

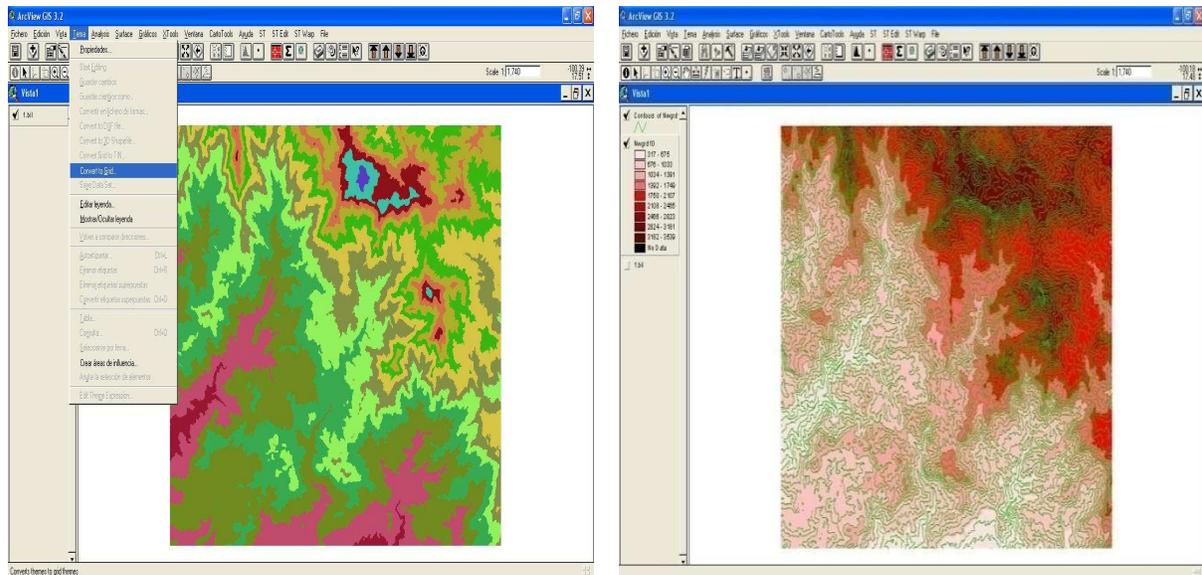


Figura no. V-3 Obtención de la altimetría a partir del modelo de elevación digital de INEGI

5.1.7 Información de la localidad y parámetros de diseño

En los siguientes apartados se detallan los parámetros de diseño como son la población a servir y la cantidad de residuos generados, con los cuales, en el punto 5.1.8 servirán de ayuda para el diseño de la ingeniería básica del relleno sanitario tipo D.

5.1.7.1 Población por servir

Como se ha mencionado en el capítulo 3, en la localidad “El Paraíso”, del año 2000 a la fecha se ha presentado una disminución en la cantidad de habitantes debido a factores como el de migración, teniéndose una tasa de decrecimiento de (-0.019 %)

A continuación se realiza la proyección de la población para la comunidad en estudio (tabla no. V-7), realizando para ello una comparación entre 2 métodos de proyecciones: el método geométrico y el método aritmético, de igual manera se comparan estas proyecciones con las desarrolladas por el consejo nacional de población (CONAPO) y así obtener un promedio de población para el proyecto.

Lo anterior se realizó con base en los métodos de proyección establecidos por la CONAGUA, la razón para haber tomado el promedio radico en la discrepancia de los valores de población entre el conteo de INEGI en 2005 y el valor proyectado de CONAPO para ese mismo año, razón por la cual se decidió proyectar la población con otros métodos y obtener un promedio.

Un factor de suma importancia es el horizonte del proyecto, el cual se tomo como de 10 años debido a factores como el de la poca generación de residuos sólidos, así también el índice de crecimiento de la población.

Tabla no. V-7 Proyección de población para el horizonte del Proyecto

Año	Proyección de población de CONAPO	Proyección de población con método geométrico	Proyección de población con método aritmético	Población de proyecto
2008	4046	3875	3441	3787
2009	3996	3802	3358	3719
2010	3945	3730	3275	3650
2011	3893	3659	3192	3581
2012	3839	3589	3109	3512
2013	3786	3521	3026	3444
2014	3731	3454	2943	3376
2015	3676	3388	2860	3308
2016	3621	3324	2777	3241
2017	3566	3261	2694	3174
2018	3510	3199	2611	3107

Fuente: Elaboración propia y (CONAPO, 2008)

5.1.7.2 Proyección de la generación de residuos sólidos urbanos

Para la elaboración de la tabla no.V-8 se recurrió a la población de proyecto definida en el apartado anterior, de igual manera a la generación de residuos sólidos producidos por las casas habitaciones, comercios e instituciones.

Tabla no. V-8 Proyección de la generación de RSU al horizonte de proyecto

Año	Población (habitantes)	Generación domestica kg/día	Generación comercial (Mercado) (kg/día)	Generación institucional (Escuelas) (kg/día)	Generación institucional (Centro de salud) (kg/día)	Total (kg/día)	Total (Ton/día)
2008	3787	1658.70	8.24	54.77	11.45	1733.16	1.73
2009	3719	1675.29	8.32	55.32	11.56	1750.49	1.75
2010	3650	1692.04	8.41	55.87	11.68	1768.00	1.76
2011	3581	1708.96	8.49	56.43	11.80	1785.68	1.78
2012	3512	1726.05	8.57	56.99	11.91	1803.53	1.80
2013	3444	1743.31	8.66	57.56	12.03	1821.57	1.82
2014	3376	1760.74	8.75	58.14	12.15	1839.78	1.83
2015	3308	1778.35	8.83	58.72	12.28	1858.18	1.85
2016	3241	1796.13	8.92	59.31	12.40	1876.76	1.87
2017	3174	1814.10	9.01	59.90	12.52	1895.53	1.89
2018	3107	1832.24	9.10	60.50	12.65	1914.49	1.91

Nota: para las proyecciones de residuos sólidos, se considero un aumento anual del 1%

5.1.8 Proyecto de ingeniería del relleno sanitario

De la topografía realizada en el predio "sitio 2", se formuló una representación altimétrica del terreno de la cual se obtuvo una pendiente geométrica de 9 %, misma que está orientada de Este - oeste (figura no. V-4).

Con dicha topografía, se plantea realizar proyecto de ingeniería para el relleno sanitario, mismo que se expone a continuación.

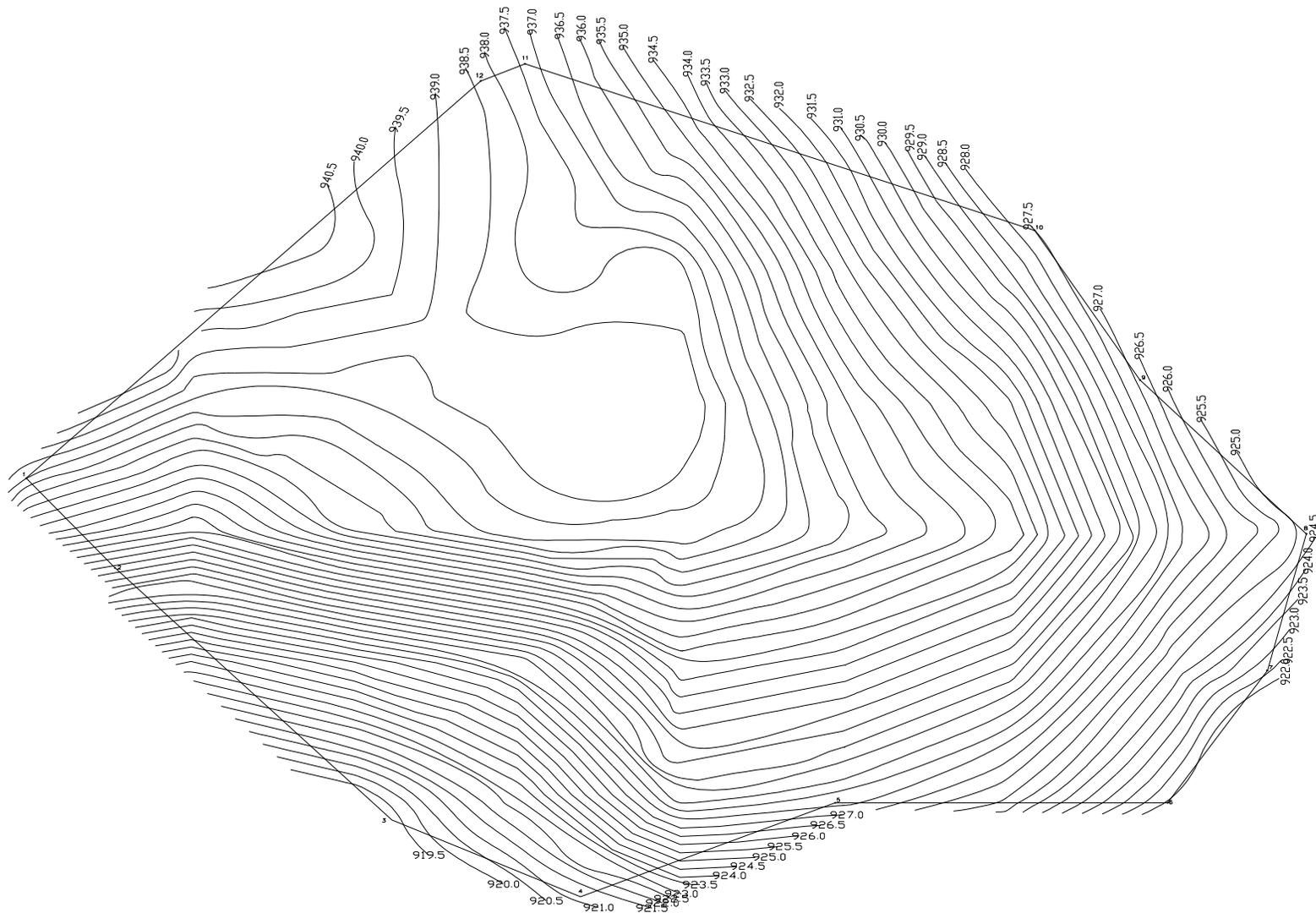


Figura no. V-4 Topografía del sitio seleccionado
Fuente: Elaboración propia

LADO		RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S	
EST	PV				Y	X
1	2	S 37°18'14.21" E	26.401	2	9,916,886.0000	367,750.0000
2	3	S 40°16'47.51" E	77.337	3	9,916,806.0000	367,816.0000
3	4	S 62°06'09.82" E	38.471	4	9,916,788.0000	367,850.0000
4	5	N 64°26'24.13" E	50.990	5	9,916,810.0000	367,896.0000
5	6	N 90°07'00" E	60.000	6	9,916,810.0000	367,956.0000
6	7	N 30°06'28.99" E	35.847	7	9,916,841.0000	367,974.0000
7	8	N 12°02'20.71" E	32.757	8	9,916,873.0000	367,981.0000
8	9	N 39°48'20.06" O	46.861	9	9,916,909.0000	367,951.0000
9	10	N 28°29'44.30" O	39.825	10	9,916,944.0000	367,932.0000
10	11	N 6°70'38.20" O	99.925	11	9,916,983.0000	367,840.0000
11	12	S 63°26'05.82" O	8.944	12	9,916,979.0000	367,832.0000
12	1	S 41°24'11.82" O	123.989	1	9,916,886.0000	367,750.0000

SUPERFICIE = 28,195,500 m²

DATOS DE PROYECTO	
POBLACIÓN DE PROYECTO	3,107 Habitantes
RELLENO SANITARIO TIPO	"D"
GENERACIÓN PROVIEDO DE RESIDUOS	1.81 Ton/día
AREA PARA LA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS	7,237.98 m ²
IVETODO DE CONSTRUCCIÓN	"AREA"
VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS COMP. AL PERIODO DEL PROYECTO	14,592.70 m ³
VOLUMEN DE MATERIAL DE COBERTURA AL PERIODO DEL PROYECTO	2,918.54 m ³
ALTURA DEL RELLENO ESTIMADA	2.5 m
ρ DE RESIDUOS COMPACTADA	500 kg/m ³
PLANO TOPOGRÁFICO	CLAVE: 001

5.1.8.1 Método de operación

El método de operación planeado a usarse, basándose en la topografía del mismo, es el de "área", Esto debido a que el predio se encuentra en una zona de lomerío de pendiente relativamente suave, además de no se tienen aprovechamientos de agua subterránea cercanos al sitio.

5.1.8.2 Requerimientos volumétricos del sitio

El volumen teórico ocupado que requerirán los residuos sólidos colocados en el sitio es de 15,079.12 m³, este valor es el producido del volumen acumulado de residuos sólidos y el material de cobertura al perdido del proyecto.

En la tabla no. V-9, puede ver valor antes mencionado, el cual fue calculado con una altura del relleno de 2.5 m.

5.1.8.3 Capacidad volumétrica del sitio

De acuerdo al método que se pretende usar en la configuración del relleno sanitario (método de área), en este apartado se realiza el cálculo de la capacidad en volumen que puede ofrecer el sitio destinado para colocar los residuos, es decir, el volumen comprendido entre la superficie de desplante y la superficie final del relleno.

Para calcular la capacidad volumétrica del predio se utilizó el método de cálculo de volumen a partir de áreas extremas y el método de la retícula. De acuerdo a estos métodos el volumen que puede ofrecer el sitio es de 38,988.30 m³. La metodología de cálculo puede verse en el anexo A.2.1.

5.1.8.4 Dimensionamiento de la celda diaria

La celda diaria se diseñó de acuerdo a la cantidad de residuos sólidos que se deben de disponer, el grado de compactación, así también la altura de la celda más cómoda para el trabajo manual, la altura de diseño fue de 50 cm.

Por otro lado, también influyó el frente de trabajo necesario que permita la descarga de los vehículos de recolección. Con estos datos, se tiene que el volumen de la celda es de 9.68 m³/día y el área de la celda es de 19.36 m²/día.

El tamaño de la celda con todas sus dimensiones se muestra en la figura no. V-5 y la metodología de cálculo se expone en el anexo A.2.2.

$L : 4.84 \text{ m}$ $A : 4 \text{ m}$ $H : 0.5 \text{ m}$

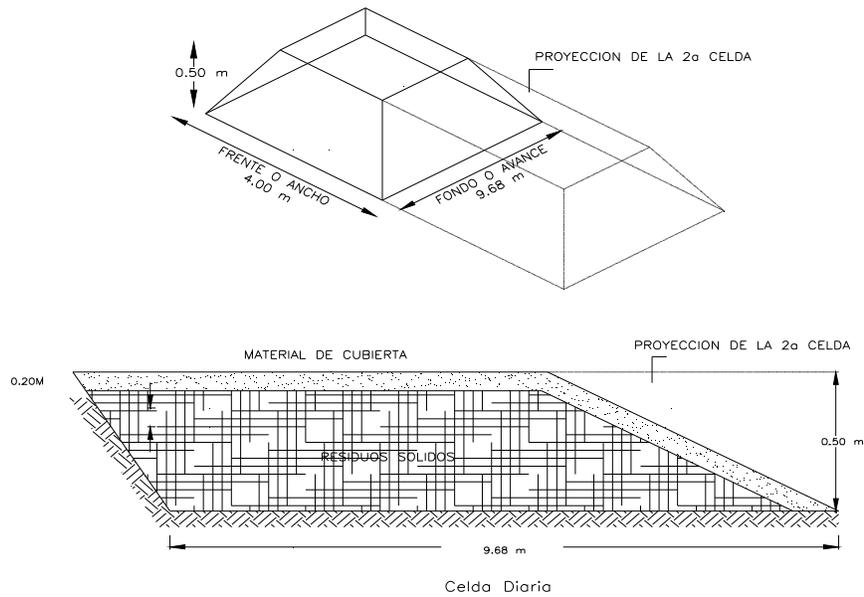


Figura no. V-5 Formación de celda diaria

5.1.8.5 Vida útil del sitio

El sitio seleccionado tiene una vida útil de 26 años. La conformación diseñada corresponderá a tener 5 niveles y albergar los residuos dispuestos durante 10 años únicamente.

En la tabla no. V-9 se muestra la tabla de cálculo realizada con la población y generación de residuos sólidos urbanos, contemplando también la altura del relleno, con las cuales se obtienen volúmenes de residuos, material de cobertura y el área necesaria para el relleno sanitario.

Tabla no. V-9 Volumen y área requerida para el relleno sanitario

Año	Población (hab)	Cantidad de residuos sólidos			Volumen (m ³)							Área requerida (m ²)	
		Diaria (kg/día)	Anual ton/año	Acumulado (ton/año)	Residuos sólidos compactados		Material de cobertura m ³		Residuos sólidos estabilizados (m ³ /año)	Relleno sanitario		Área del relleno	Área total relleno AT
					Diaria (m ³)	Anual (m ³)	Diaria (m ³)	Anual (m ³)		(m ³)	Acumulada (m ³)		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2008	3787	1730	631.45	631.45	3.46	1262.90	0.692	252.58	1052.42	1305.00	1305.00	522.00	626.40
2009	3719	1750	638.75	1270.20	3.50	1277.50	0.700	255.50	1064.58	1320.08	2625.08	1050.03	1260.04
2010	3650	1760	642.40	1912.60	3.52	1284.80	0.704	256.96	1070.67	1327.63	3952.71	1581.08	1897.30
2011	3581	1780	649.70	2562.30	3.56	1299.40	0.712	259.88	1082.83	1342.71	5295.42	2118.17	2541.80
2012	3512	1800	657.00	3219.30	3.60	1314.00	0.720	262.80	1095.00	1357.80	6653.22	2661.29	3193.55
2013	3444	1820	664.30	3883.60	3.64	1328.60	0.728	265.72	1107.17	1372.89	8026.11	3210.44	3852.53
2014	3376	1830	667.95	4551.55	3.66	1335.90	0.732	267.18	1113.25	1380.43	9406.54	3762.61	4515.14
2015	3308	1850	675.25	5226.80	3.70	1350.50	0.740	270.10	1125.42	1395.52	10802.05	4320.82	5184.99
2016	3241	1870	682.55	5909.35	3.74	1365.10	0.748	273.02	1137.58	1410.60	12212.66	4885.06	5862.08
2017	3174	1890	689.85	6599.20	3.78	1379.70	0.756	275.94	1149.75	1425.69	13638.35	5455.34	6546.41
2018	3107	1910	697.15	7296.35	3.82	1394.30	0.764	278.86	1161.92	1440.78	15079.12	6031.65	7237.98

(3) = (2) x 365

(5) = (2)/500

(7) = (5) x 0.20

(9) = [(2)/600] x 365

(10) = (8) + (9)

(12) = (11) + H

(13) = (12) + F

Material de cobertura entre el 20 y 25 % de los residuos compactados

H = Altura del relleno estimada (2.5 m)

F = Factor para estimar el área adicional (20 %)

Compactación de residuos = 500 kg/m³ (Valor obtenido de Jaramillo j, 2002.)

Estabilización de residuos = 600 kg/m³

5.1.8.6 Diseños específicos

5.1.8.6.1 Sistema de impermeabilización

La normatividad establece que en los posibles SDF catalogados como tipo D, se debe de garantizar un coeficiente de conductividad hidráulica de 1×10^{-5} cm/s, esto ya sea lográndose de manera natural o artificial cuya finalidad es la protección de los mantos acuíferos de su contaminación por lixiviados. (Heredia C. et al., 2007)

Tomando en cuenta lo anterior y en vías de seleccionar la modalidad de protección, se realizaron pruebas de permeabilidad en campo para obtener el valor "K" (figura no. V-6). Una vez obtenido dicho valor, el cual fue de 2.48×10^{-3} cm/s, se comparo por el mostrado en la tabla no. V-11, en la cual se indica las tasas de conductividad hidráulica y el tipo de suelo encontrado.

De acuerdo al valor encontrado en el terreno, el tipo de suelo corresponde a material ya sea arenoso muy fino, limos orgánicos, mezcla de arenas, limo y arcilla o depósitos de arcilla estratificada, de igual manera que el sitio tiene muy buena permeabilidad por lo cual no es apto para construir directamente un relleno sanitario.

Con base en el valor obtenido, se opta colocar un material sintético (figura no. V-7), con lo cual se garantizará el coeficiente solicitado por la normatividad.

Tabla no. V-10 Valor de coeficiente de permeabilidad obtenido de campo

Tiempo en s	Percolación en cm	Factor K en cm/s
775	2.5	3.23E-03
1708	5	2.93E-03
2859	7.5	2.62E-03
4151	10	2.41E-03
5702	12.5	2.19E-03
7373	15	2.03E-03
9073	17.5	1.93E-03
Promedio		2.48E-03



Figura no. V-6 Prueba sencilla de percolación en campo

Tabla no. V-11 Tipos de textura de material y coeficientes de conductividad hidráulica

K (cm/s)	10 ²	10 ¹	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Tipo de materiales	Grava limpia		Arenas limpias, mezcla de gravas y arenas limpias			Arenas muy finas, limos orgánicos, mezcla de arenas, limo y arcilla, depósitos de arcilla estratificada				Suelos impermeables, arcillas homogéneas		
Propiedad de drenaje	Buen drenaje							mal drenaje		prácticamente impermeable		
Porosidad	Elevada							Variable		Muy baja (casi nula)		
Tipo de barrera impermeabilizante recomendada	Geomembrana o impermeabilizante artificial							Impermeabilización con el propio suelo natural (desmonte, nivelación, compactación, aditivos, etc.)				

Fuente: Heredia C. et al., 2007

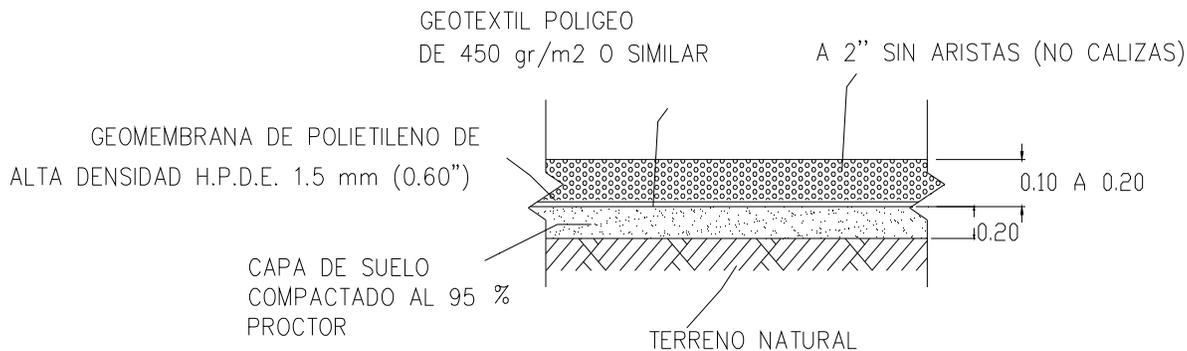


Figura no. V-7 Sistema de impermeabilización artificial utilizando geomembrana

Fuente: Heredia C. et al., 2007

5.1.8.6.2 Sistema de control de escurrimientos pluviales, lixiviados y biogás

A) Escurrimientos pluviales

Los canales perimetrales servirán para desviar y conducir el agua de lluvia fuera del área del relleno y con ello disminuir el líquido que se percolará.

Se diseñó canales trapezoidales, tomando información de tipo meteorológica e hidráulica, la cual garantizará una velocidad máxima promedio de 0.5 m/s, en el anexo A.2.4, puede verse la metodología de cálculo.

Las medidas en el canal se muestran en la figura no. V-8.

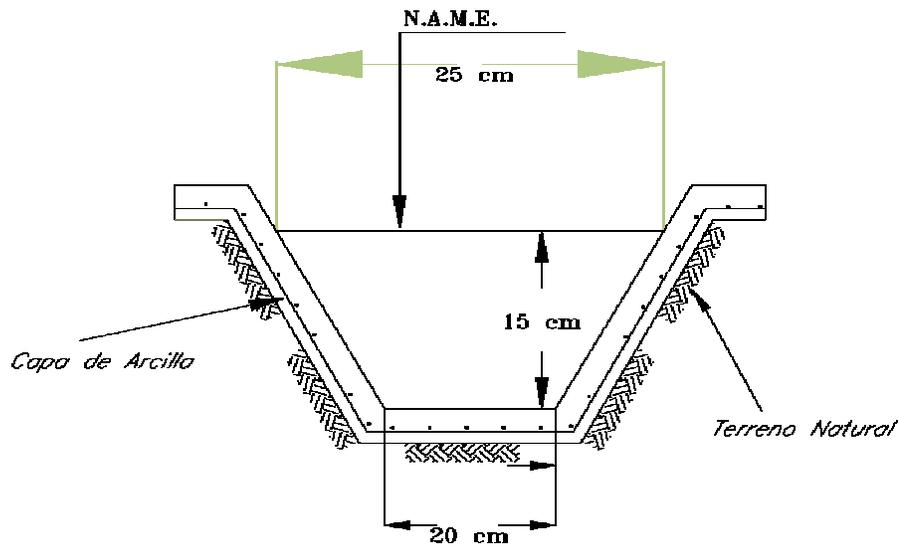


Figura no. V-8 Sección tipo trapezoidal del canales de aguas de lluvia

B) Lixiviados

El sistema de lixiviados consistirá en una red de zanjas (ramales primarios y secundarios) en la cual se instalara tubería de PVC de 4 a 6 pulgadas ranuradas a media caña. La profundidad de cada zanja será de 0.5 m y de 0.3 a 0.4 m de ancho.

Posterior a ello, se llenarán las zanjas con grava que midan entre 1/2 y 1 pulgadas, una vez realizado esto, se colocará un material que permita infiltrar los líquidos y retener las partículas finas que lo puedan colmatar, como es el uso de sacos o costales de polipropileno.

El trazo de la red puede verse en las figuras no. V-9 y V-10.

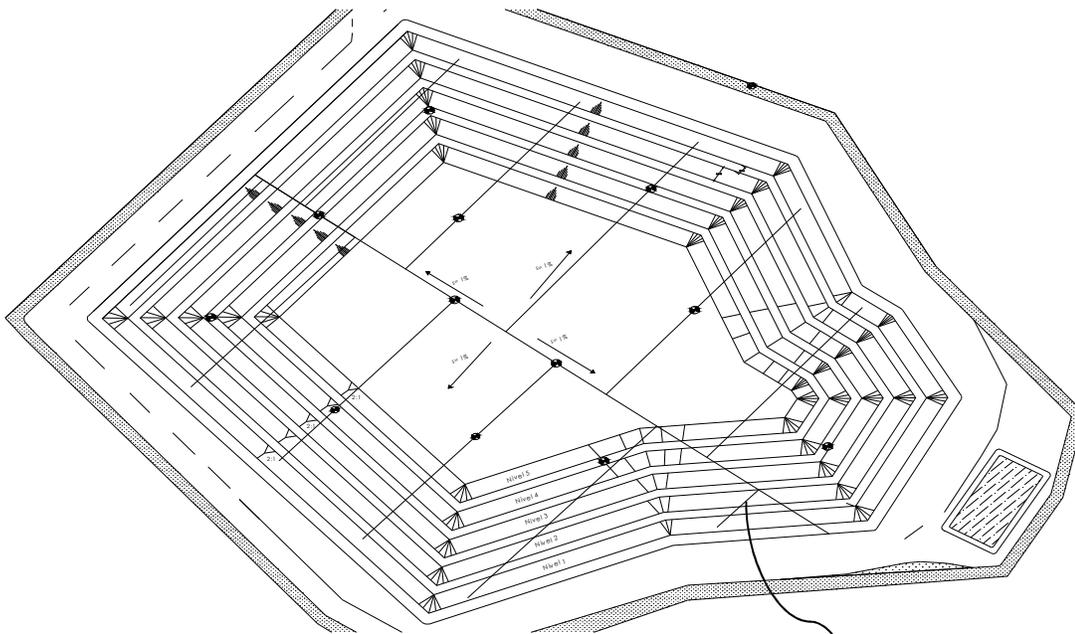


Figura no. V-9 Sistema de drenaje de lixiviados

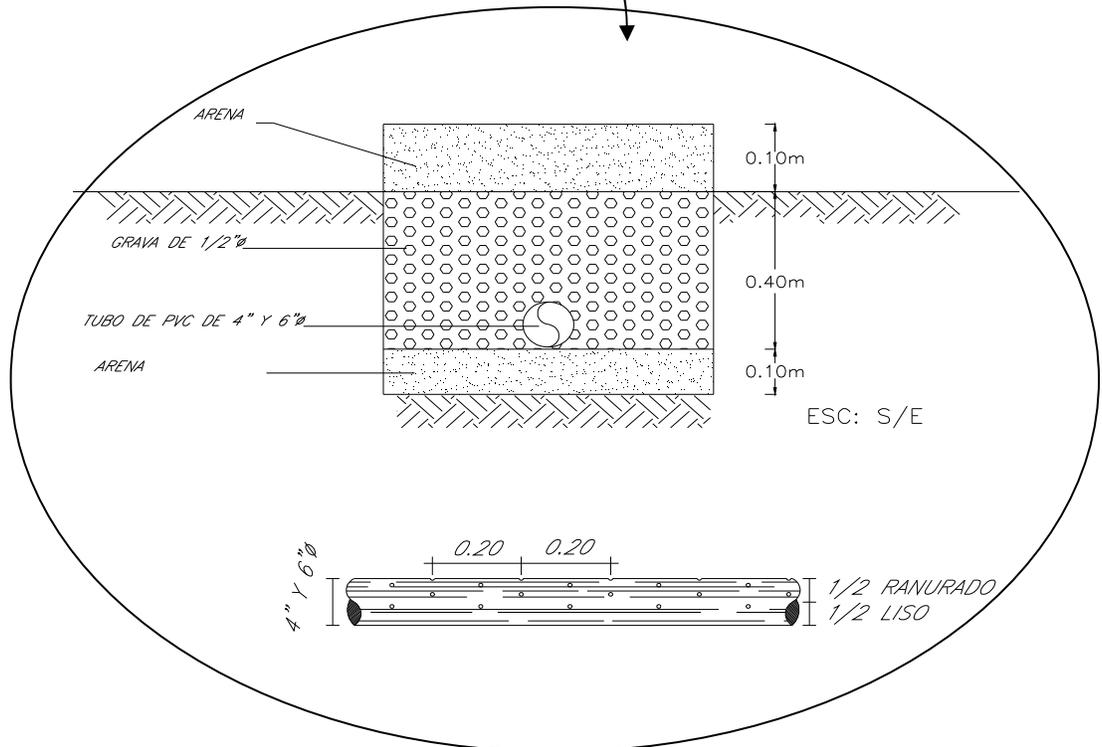


Figura no. V-10 Detalles de zanjas para lixiviados

Por otro lado, el relleno sanitario diseñado, contará con una laguna de evaporación de lixiviados, dicha infraestructura fue calculada tomando en cuenta los parámetros de meteorológicos de la zona de estudio.

La metodología de cálculo se describe en el anexo A.2.5, el volumen y medidas en la tabla no. V-12 y figura no. V-11 respectivamente.

Tabla no. V-12 Volumen de lagunas de lixiviados

Número de lagunas	Área del relleno en etapas (m ²)	Volumen de la laguna (m ³)
Laguna 1	9033.81	27.101

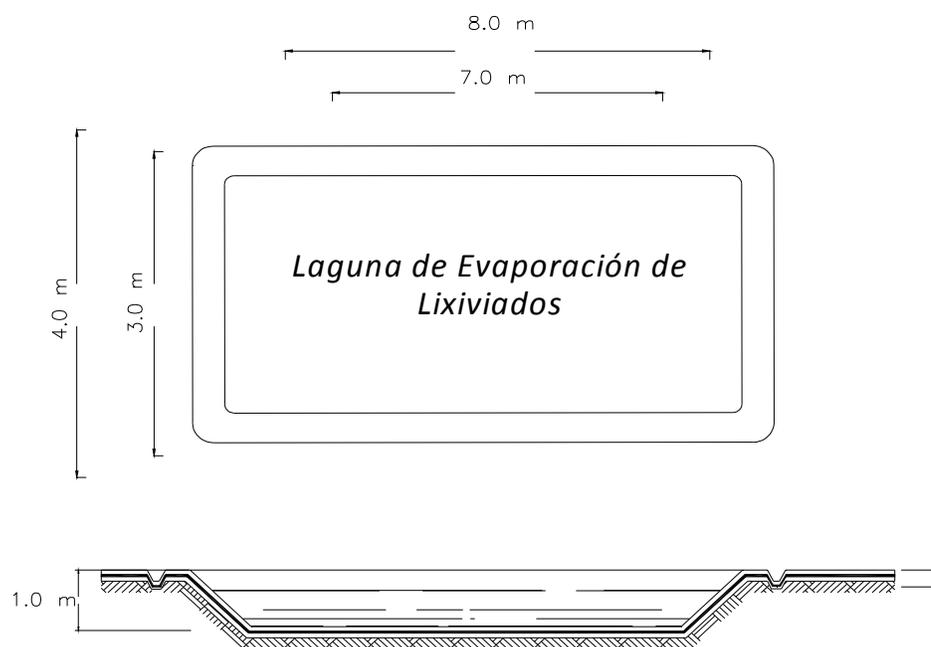


Figura no. V-11 Laguna de lixiviados

C) Biogás

El sistema de ventilación de biogás estará constituido por tuberías verticales ranuradas de PVC revestidas de tambos con piedra bola. Dicho sistema estará conectado con el de drenaje de lixiviados que se encuentran en el fondo.

Las figuras no. V-12 y V-13 muestran detalles del sistema de biogás.

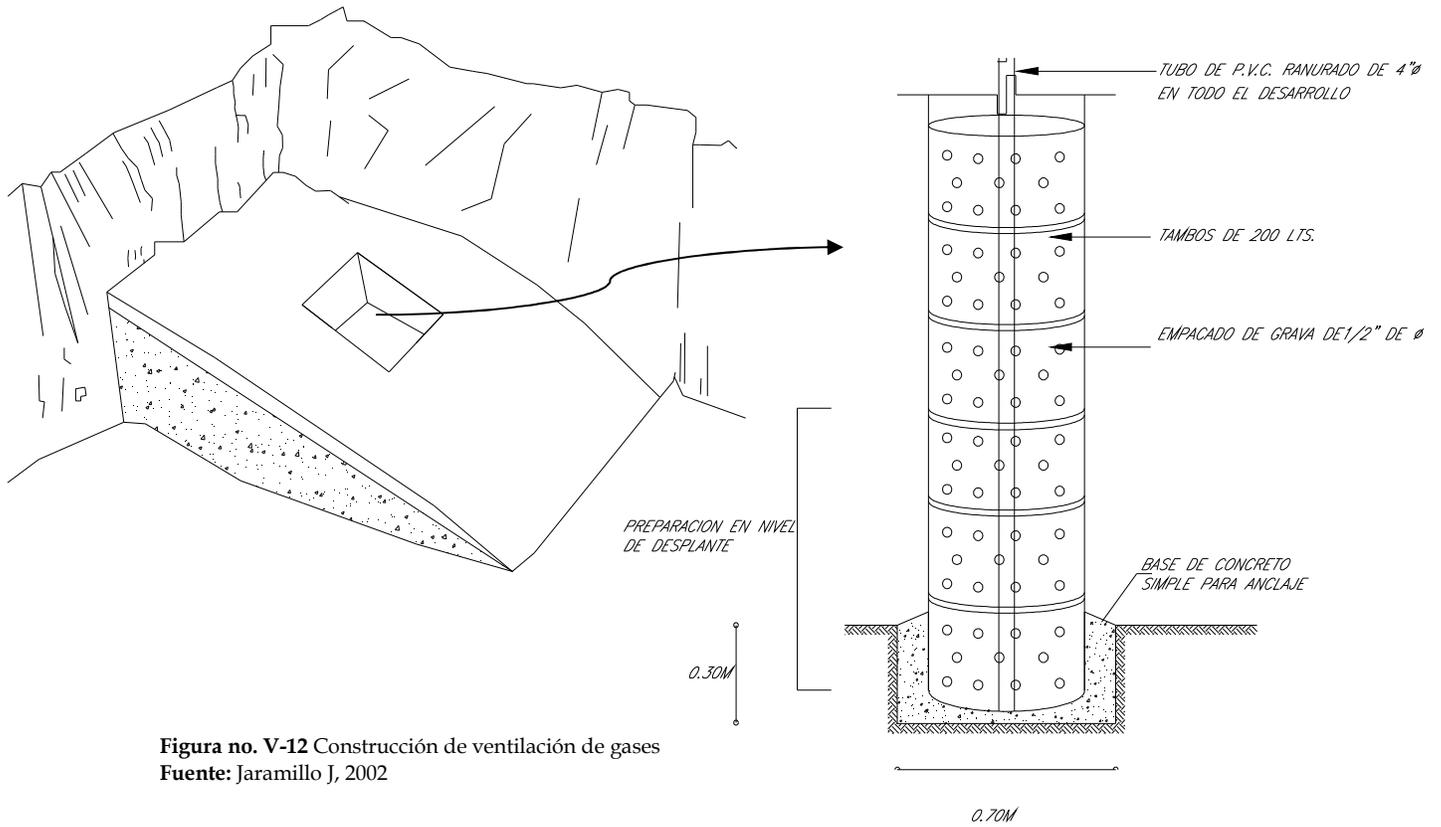


Figura no. V-12 Construcción de ventilación de gases
Fuente: Jaramillo J, 2002

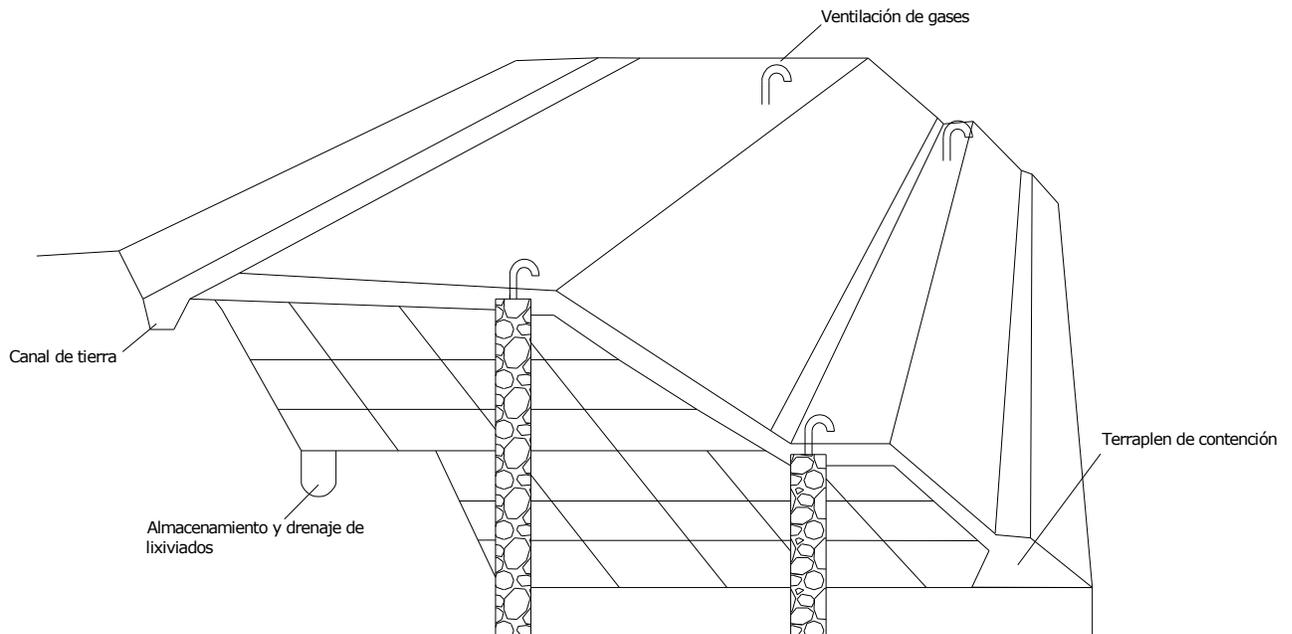


Figura no. V-13 Distribución de las chimeneas
Fuente: Jaramillo J, 2002

Por otra parte, una vez que se tenga prevista la conclusión de la última celda, se colocará tubería en forma de cuello de ganso, la cual será conectada a la ya instalada dentro de tambos. Los detalles de dicha infraestructura pueden verse en la figura no. V-14.

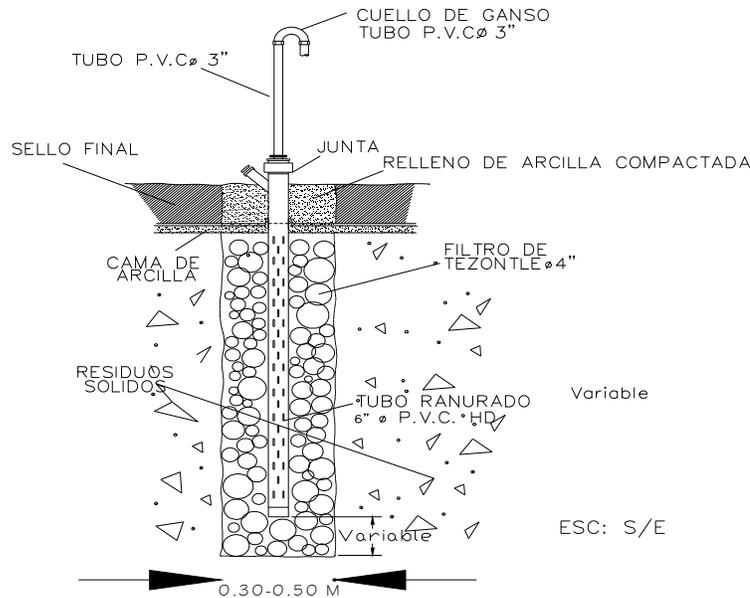


Figura no. V-14 Tubería de venteo de biogás

5.1.8.6.3 Obras complementarias

Las obras complementarias a realizar corresponden básicamente a infraestructura que servirá de apoyo cuando esté en uso el relleno sanitario. A continuación se describe dichas obras y para mayor detalle pueden verse en los anexos A.2.7.3 y A.2.7.4.

➤ Caminos exteriores

Serán caminos de acceso que como mínimo tendrán 6 metros de ancho y de pendiente máxima 7 % si el vehículo o los vehículos tienen que remontar la pendiente cargados y de 10% si la vía está por encima del relleno.

➤ Patio de maniobras

Será una zona de 200 metros cuadrados (10 x 20) para que el (los) vehículo(s) recolector(es) pueda(n) maniobrar y descargar los residuos en el frente de trabajo y puedan maniobrar fácilmente.

➤ Cartel de presentación

Se colocará en la entrada del relleno sanitario y cuya función será la darse a conocer ante la comunidad. En dicho cartel se incluirá el nombre del municipio y del relleno sanitario, de igual manera se brindará una breve descripción del proyecto y una leyenda que promueva la protección del medio ambiente

➤ **Cerca perimetral**

El relleno sanitario será encerrado con un cerco de 1.5 a 2 metros de altura. El cual tendrá un portón de entrada a la obra.

➤ **Caseta de vigilancia y control**

Se tendrá una caseta de vigilancia de 12 a 15 m², la cual servirá de apoyo en el control de ingresos hacia el relleno, de igual manera se podrán guardar pequeñas herramientas de trabajo y será el lugar donde los obreros se puedan cambiar y guardar su ropa, además de servir como refugio en caso de lluvia.

➤ **Instalaciones sanitarias**

Esta instalación consistirá de un baño de tipo seco el cual contendrá mingitorio y retrete. Las medidas y el esquema de dicha instalación pueden verse en el anexo A.2.7.4.

➤ **Franja de amortiguamiento**

Consistirá en una zona libre de construcciones, la cual será de 25 metros y estará comprendida entre el lindero o enrejado y la zona de caminos y el propio relleno. Tendrá la función de mitigar los posibles efectos negativos de las operaciones con residuos hacia los predios vecinos. Se colocará un cerco vivo de árboles y arbustos en dicha zona.

5.1.9 Señalamientos

Los señalamientos que deberán de tenerse en toda el área del predio serán de 3 tipos, los de vialidad, los de seguridad y los de higiene. Los de vialidades se dividirán a su vez en 3 clases, informativos, directivos y preventivos. A continuación se mencionan los tipos de señalamientos indicando también su función.

1. Viales

Informativos: Proporcionarán información sobre algún punto en particular, por ejemplo distancia al sitio de tiro, celda en uso y límite de velocidad.

Directivos: serán aquellos que guiarán al conductor del vehículo a través del relleno sanitario a una zona determinada por ejemplo, entrada al relleno, zona de báscula y zona de tiro.

Preventivos: Advertirán al conductor y al personal de campo sobre situaciones que pueden ser peligrosas a fin de que tomen las medidas preventivas convenientes.

2. Seguridad

Corresponderán a la operación propia del relleno sanitario y su objetivo es reducir al mínimo la posibilidad de algún percance tanto para el personal operativo como para el de campo

3. Higiene

Estarán dirigidos al personal que labora dentro del relleno sanitario a fin de garantizar las mayores condiciones higiénicas dentro de las instalaciones.

5.1.10 Selección de herramientas

Las herramientas necesarias para llevar a cabo la operación diaria serán únicamente herramientas de albañilería, consistirán básicamente de palas, picos, pisones de mano, rodillos, carreterillas y otras herramientas pequeñas, cuya función será la de aflojar el terreno, cargar y compactar material de cobertura y residuos.

Por otro lado en un inicio de la construcción del SDF, se necesitará de maquinaria pesada cuya finalidad será la de poner a punto el terreno para usarlo en la operaciones de conformación de las celdas.

5.1.11 Personal

El trabajo realizado en el relleno sanitario, podrá ser efectuado por obreros del municipio o por una cooperativa de trabajadores de la misma localidad contratada para tal fin.

El número de trabajadores necesarios calculado para el relleno sanitario es de 2 personas únicamente, sin embargo, se necesitará de alguien quien coordine sus actividades.

En base a lo anterior, se prevé el siguiente organigrama de labores.

- **Supervisor:** será la persona responsable del relleno sanitario, tendrá a su cargo establecer la planeación y la programación, observar el avance, de igual manera tomar las medidas necesarias para la conservación, mantenimiento y operación del mismo.

Otras actividades que tiene a su cargo, es establecer los días y horarios del funcionamiento del relleno y en coordinación con el operador definir los frentes de operación.

También, proporcionar el equipo de protección para el personal que labore en el relleno.

- **Operarios del sistema:** Para este puesto se requerirá de una persona, la cual sea capaz de realizar la vigilancia y control de los residuos sólidos que entran diariamente al relleno sanitario; controlar las entradas y salidas de los vehículos de recolección del municipio y/o particulares que llegan al sitio de disposición final, verificando, que el tipo de residuos por depositar no sean peligrosos, de igual manera realizar el acomodo o esparcimiento de los RSU para la formación de la celda diaria, su cubierta y realizar la compactación, de acuerdo a lo indicado en el apartado 5.1.12.2.

5.1.12 Operación del relleno sanitario

5.1.12.1 Controles de entrada

En el relleno sanitario se tendrá un registro de entradas tanto del tipo y una aproximación sobre la cantidad de residuos, para determinar la responsabilidad en caso de incumplimiento.

El registro contendrá información sobre la identidad del que trae los residuos; en dado caso de no pertenecer a la comunidad, se anotará el nombre de la fuente de donde proviene.

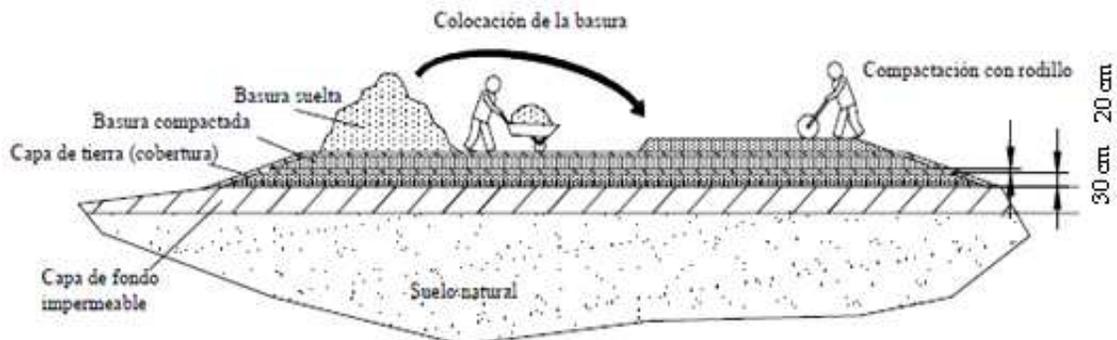
También se registrará el peso aproximado de los residuos, de acuerdo al volumen del vehículo en que lleguen.

Además de lo anterior y con el fin de asegurar un manejo adecuado del relleno, se les indicará a los vehículos que ingresen, el lugar de descarga.

5.1.12.2 Colocación, compactación y cubierta de los residuos sólidos

Los RSU se descargarán lo más cerca posible al sitio a rellenar. Posterior a ello, los trabajadores colocan los residuos en capas delgadas, de un espesor máximo de 30 cm, para esto, se pueden construir capas horizontales o capas inclinadas que se apoyen en un talud natural o en las capas construidas anteriormente. La figura no V-15 ilustra este proceso.

a) Capas horizontales



b) Capas inclinadas

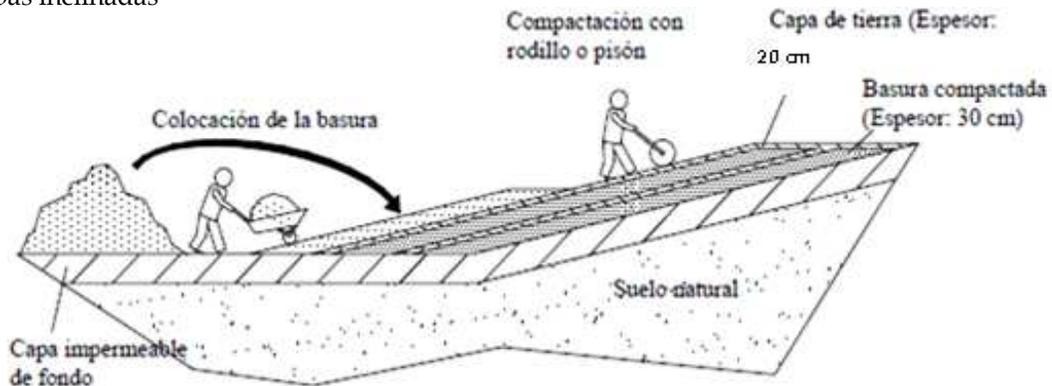


Figura no. V-15 Colocación manual y compactación de los RSU
Fuente: Røben Eva, 2002

Las celdas se construirán una por día laboral, las cuales se compactarán después de la terminación de la jornada y cubrirán con material de cubierta, evitando así la dispersión de materiales volátiles, polvo y olores.

La compactación de los residuos colocados y del material de cubierta se realizará con ayuda de los pisones y el rodillo.

5.1.13 Clausura del relleno sanitario

En este apartado se exponen las actividades que intervienen en la clausura de un SDF, las actividades se muestran en la tabla no. V-13 en donde se desglosan en 2 columnas, una aplicada al tiradero actual y la otra al relleno sanitario proyectado en este capítulo.

Es importante comentar que la clausura del relleno sanitario diseñado en este capítulo tendrá una vida útil de 10 años, mientras que el SDF actual se debe de clausurar una vez iniciada las operaciones en el relleno sanitario proyectado.

Tabla no. V-13 Actividades a realizar en la clausura de un SDF

Actividades	SDF actual	Relleno sanitario
Actividades de la clausura		
1. Realizar estudios previos, los cuales tienen relación con: a) Los RSU y derivados (cantidades de RSU, lixiviados, biogás) b) Las características del sitio, la más importante será la topografía c) El servicio de limpia en su totalidad de la comunidad (diagnóstico)	➤	N.A
2. Elaborar el diagnóstico ambiental de las condiciones actuales del sitio, para establecer las medidas de control y mitigación de impactos y riesgos ambientales y a la salud pública.	➤	N.A
3. Notificar a los usuarios del sitio de disposición final acerca del cierre y la ubicación del nuevo sitio.	➤	➤
4. Eliminar fauna nociva, antes de iniciar el movimiento, compactación y sellado de los residuos sólidos mediante un programa de fumigación y eliminación de roedores, insectos y aves.	➤	N.A
5. Al llevar a cabo el cierre definitivo se realizará el movimiento, compactación y sellado de residuos sólidos. Las actividades que se deben de realizar son las siguientes: a) Levantamiento de un cercado o estructura adecuada para limitar el acceso. b) Colocación del letrero de clausura. c) Colectar los materiales ligeros que se encuentren dispersos en el lugar. d) Conformar de acuerdo a la topografía final proyectada, los volúmenes de residuos depositados en el sitio, proporcionarles el grado de compactación que garantice su estabilidad a largo plazo y la cobertura con material térreo seleccionado.	➤	➤

Continuación de la tabla no. V-13 Actividades a realizar en la clausura de un SDF

Actividades	SDF actual	Relleno sanitario
Actividades de la postclausura		
1. Elaboración de programa de mantenimiento para todas las instalaciones a un periodo de 20 años.	➔	➔
2. Construcción y/o terminación de las obras de drenaje y control de escurrimientos.	➔	➔
3. Continuar las obras de control de biogás y lixiviados, así como de monitoreo de aguas subterráneas y biogás.	➔	➔
4. Instalación de dispositivos para la detección de hundimientos diferenciales.	➔	➔
5. Instalar el espesor y características requeridas para el material de cubierta final sobre el sitio de disposición final clausurado.	➔	➔
6. Colocación de la cubierta vegetal indicada en el proyecto de clausura.	➔	➔
7. Construcción y/o adecuación de las instalaciones para mantenimiento y control del sitio clausurado (caseta de control, cerca perimetral).	➔	➔
8. Se debe elaborar y operar un programa de monitoreo para detectar condiciones inaceptables de riesgo al ambiente por la emisión de biogás y generación de lixiviado, el cual debe mantenerse vigente por un periodo de 20 años.	➔	➔
9. Análisis de uso de suelo futuro, el cual debe ser acorde con el uso de suelo aprobado por la autoridad competente con las restricciones inherentes a la baja capacidad de carga, posibilidad de hundimientos diferenciales y presencia de biogás.	➔	➔

Fuente: Adaptado de Hernández B, 2002

5.2 Optimización de las rutas de recolección

La recolección de los residuos sólidos urbanos, es responsabilidad de los gobiernos municipales, actualmente enfrenta serias limitaciones para su eficiente desempeño, principalmente debido al desconocimiento de los métodos de diseño de rutas de recolección y las formas de disposición de residuos que se generan en las comunidades, como es el caso de la comunidad El Paraíso, en la cual se elaboró el estudio diagnóstico presentado en el capítulo 4 y en donde la información obtenida revela que en la localidad no se cuenta con rutas y horarios de recolección definidos, causando que la población disponga sus residuos sólidos urbanos en sitios inadecuados y que a la larga conllevan serios problemas ambientales y de salud pública.

En virtud de ello, en este apartado se presenta un diseño optimizado de las rutas de recolección, tomando en cuenta la infraestructura actual con la que se cuenta en la comunidad.

5.2.1 Sectorización de la comunidad

Debido a que la comunidad no es demasiado grande como para la elaboración de las macrorutas, es decir, la subdivisión en sectores operativos y con ello la asignación de vehículos recolectores, únicamente se tomaron en cuenta los sectores de recolección ya presentados en el capítulo 4 en la tabla no. IV-7 y en base a estos se elaboró la optimización de las rutas.

5.2.2 Método de recolección

Para la optimización de las rutas de recolección en esta localidad, se propusieron usar dos métodos, esto debido a que la topografía no permite el acceso de vehículos en algunas zonas, limitando así la eficiencia en el servicio de recolección y causando que en algunas áreas se generen los mencionados sitios inadecuados de disposición final.

Los métodos propuestos fueron:

El método de esquina o de parada fija: actualmente es utilizado en la localidad, sin embargo, es aplicado de manera incorrecta.

El método se deberá de aplicar en zonas o sectores de recolección (1, 2 y 3) señalados en la figura no. IV-9. Las razones de selección del método son su economía, su gran cobertura de recolección y su maniobrabilidad para no atravesar todas las calles y avenidas.

El método de contenedores: fue también utilizado en la optimización de las rutas de recolección, debido a que es el más adecuado para realizar la recolección en centros de gran generación o de difícil acceso, como lo es en este caso.

5.2.3 Frecuencia y horario de recolección

La frecuencia de recolección determinada para realizar la optimización de las rutas se estableció en 3 veces por semana, principalmente por las ventajas que ofrece esta frecuencia, además de que la máxima cantidad de residuos sólidos que se estima recolectar en un día crítico sería de 5190 kg.

Tabla no. V-14 Generación de RSU y periodos críticos

Datos	Semana 1							Semana 2
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
Generación (Ton)	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
Frecuencia (*)	*		*		*			*
Acumulado (Ton)	0	1.73	3.46	1.73	3.46	1.73	1.73	5.19

 Generación acumulada: Con esta cantidad de residuos se tendrían que realizar 1.03 viajes para cubrir la demanda.

 Generación crítica: con esta cantidad de residuos se tendría que realizar 3.09 viajes para cubrir con esta demanda.

5.2.4 Diseño de microrutas

5.2.4.1 Número y tipo de equipo seleccionado

En la localidad únicamente se cuenta con un vehículo de recolección el cual está dotado de una caja metálica con capacidad de 3 ton para el almacenamiento temporal de los residuos, además cuenta con un sistema de compactación hidráulico.

En la tabla no.V-15 se muestra la capacidad del vehículo recolector en toneladas y m³, de igual manera la eficiencia teórica de compactación y la cantidad de residuos sólidos que puede cargar, los cuales sirvieron como parámetros de diseño de las rutas de recolección.

Tabla no. V-15 Capacidades de carga del vehículo

Capacidad del vehículo (ton)	Capacidad del vehículo (m ³)	Sistema de compactación (kg/m ³)	Peso volumétrico de los residuos sólidos kg/m ³	Capacidad de carga con sistema de compactación (kg)	Capacidad de carga sin sistema de compactación (kg)
3	6	280*	147.27	1,680	883.62

Nota: La eficiencia de compactación fue estimada en 400 kg/m³, sin embargo, se tomó el valor de 280, contemplado que dicho sistema trabaja al 70%.

5.2.4.2 Tamaño de la tripulación

Debido a que dentro de la localidad no se cuentan con los recursos como para tener una plantilla de trabajadores más amplia, se tomó la flotilla que actualmente se encuentra en labores, la cual consta de 2 operarios del sistema.



Figura no. V-16 Tripulación necesaria en el diseño de rutas

5.2.4.3 Distancia al sitio de disposición final

Las características de la localidad como el tamaño y la infraestructura de recolección de residuos sólidos, no justificaron que en ésta se tenga una zona de transferencia, aunado a lo anterior, acarrearían costos excesivos a la comunidad, por ello para el diseño de las rutas de recolección no se contemplaron.

La distancia hacia el nuevo sitio de disposición final contemplado, es de 3.3 km rumbo al suroeste de la comunidad (figura no. V-17).

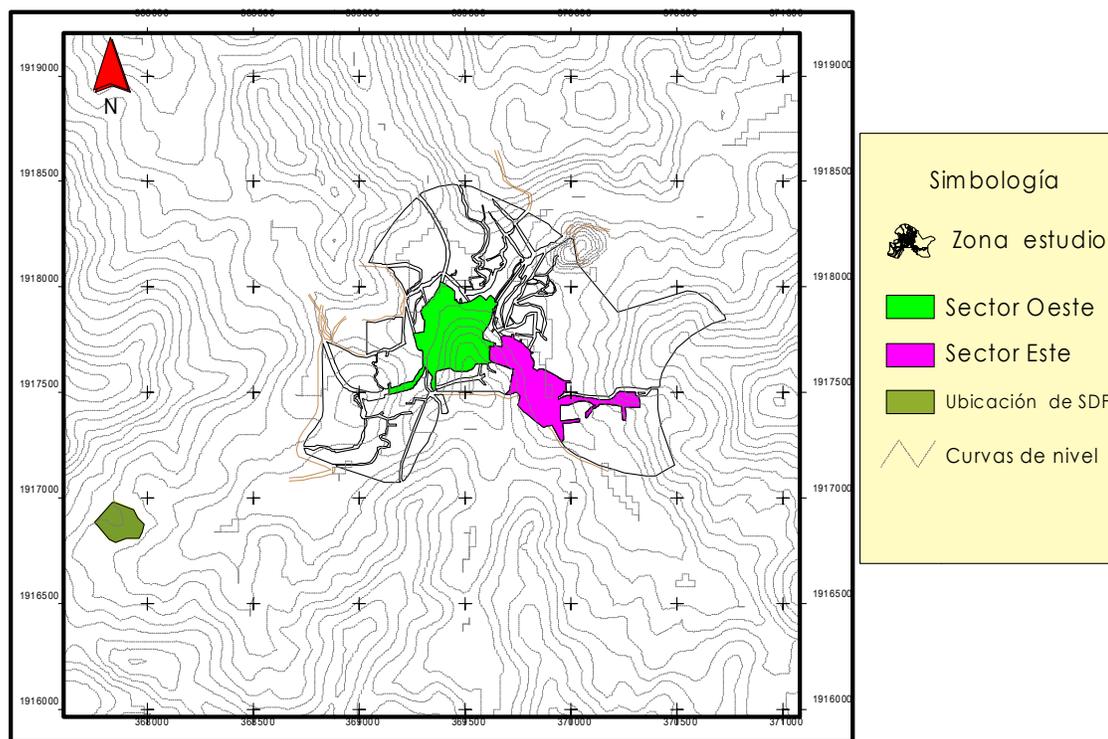


Figura no. V-17 Ubicación del SDF

5.2.4.4 Topografía y condiciones de los caminos

Como se explicó anteriormente en el punto 3.2.2, dentro de la localidad existen zonas de topografía accidentada con pendientes mayores a 12 %, por lo cual no se puede acceder en vehículos, previniendo esta situación, para el diseño de las rutas de recolección se utilizaron los dos métodos ya mencionados.



Figura no. V-18 Condiciones de los caminos

5.2.4.5 Tráfico en la ruta

En la comunidad no se cuenta con los sentidos de las calles bien definidos, por lo cual para la optimización de las rutas de recolección no se tomaron en cuenta, sin embargo, si otros aspectos importantes como fueron:

- ✓ Las rutas no deben de estar fragmentadas o traslapadas.
- ✓ Cada ruta deberá ser compacta, atacando un área geográfica y estar balanceada.
- ✓ El tiempo total de cada ruta deberá ser razonable.
- ✓ Las calles de un solo sentido se tratarán de atacar desde el principio de ellas.
- ✓ Se deberán minimizar las vueltas en U y a la izquierda.
- ✓ Las partes elevadas se atacarán primero.

5.2.5.6 Determinación de la generación poblacional por micro ruta

En base a los parámetros señalados anteriormente, se procedió a realizar el microruteo al subdividir a la localidad en 2 zonas de recolección (denominadas sector este y sector oeste) (figura no. V-19).

Con ayuda de la población mencionada en las áreas geoestadísticas básicas (AGEBs), así mismo la respectiva generación de RSU y el peso volumétrico de los mismos, se procedió a realizar las tablas no V-16 y V-17, en la cuales se muestra en número de población atendida, la cantidad de contenedores y su respectivo volumen.

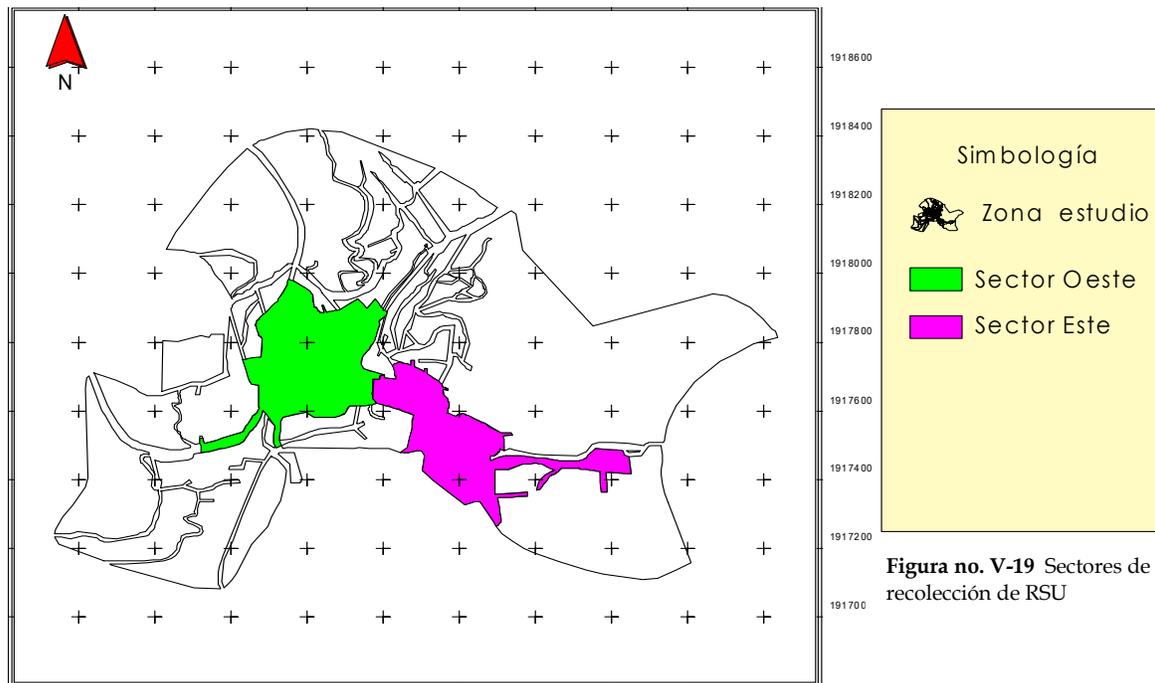


Figura no. V-19 Sectores de recolección de RSU

➤ **Contenedores**

Tabla no. V-16 Capacidad de contenedores

Contenedores	Ubicación	Población atendida (hab)	Cantidad de residuos colectados (kg/día)	Espacio volumétrico de contenedor (m ³ /día)
1	Colonia Ermita y Porvenir	416	182.21	1.24
2	Colonia Centro	279	122.20	0.83
3	Colonia Vista Hermosa, Centro y Recodo	655	286.89	1.95
4	Colonia Recodo, Las Flores y Mirador	1341	587.36	3.99
Total		2691	1178.66	

➤ **Sectores de recolección**

Tabla no. V-17 Rutas de recolección

Sectores	Superficie de sectores (m ²)	Población atendida (hab)	Cantidad de residuos recolectados (kg/día)
1 (Este)	96,667.47	289	126.58
2 (Oeste)	118,787.54	807	353.47
Total	215,455.01	1096	480.05

Nota: La sumatoria de residuos recolectados tanto de los contenedores como de los sectores, está calculada con la población del año 2008.

Una vez teniendo la población atendida por sector, se procedió al trazo de las rutas de recolección, las cuales son mostradas en las figuras V-20 y V-21. Para mayor detalle de calles transitadas y puntos de toma puede verse el anexo A.1

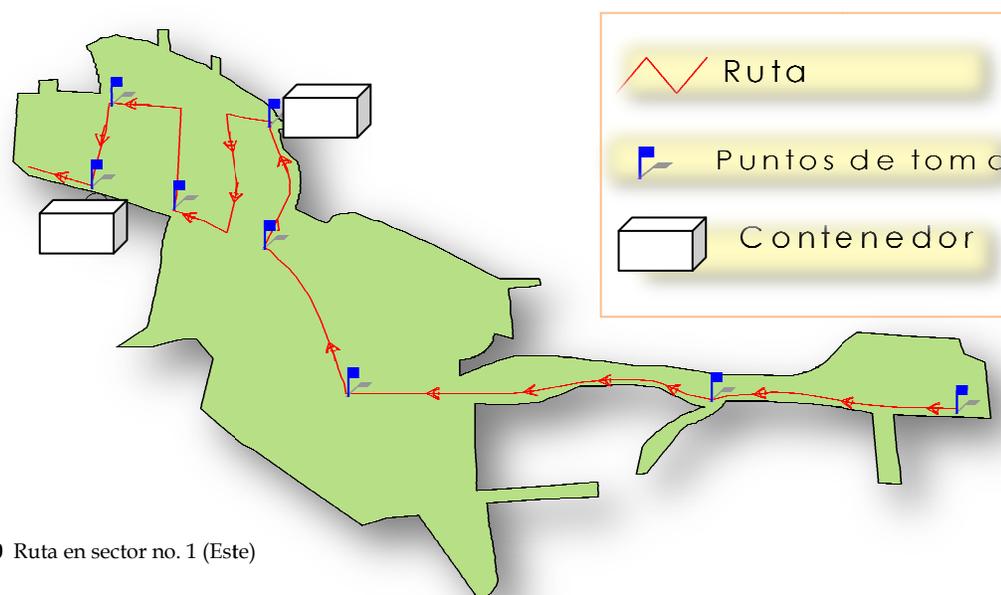


Figura no. V-20 Ruta en sector no. 1 (Este)

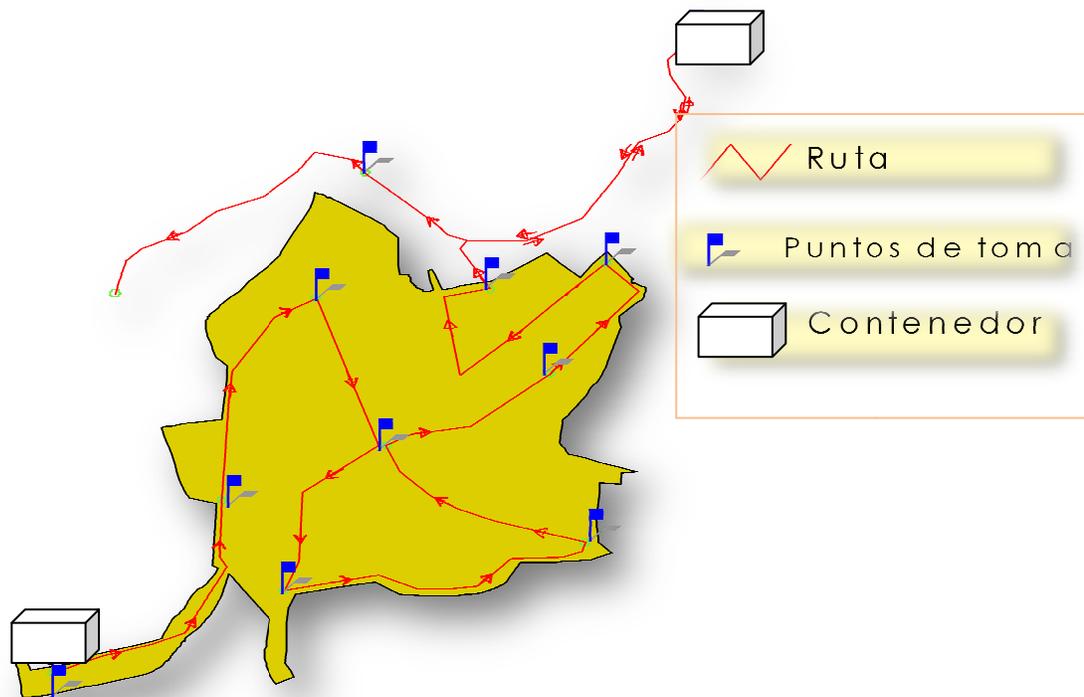


Figura no. V-21 Ruta en sector no. 2 (Oeste)

5.2.5.7 Tiempo y movimiento de las rutas de recolección

En la tabla no. V-18 se presenta el análisis de tiempos por sector. Para su elaboración se utilizaron las siguientes consideraciones:

- Tiempo de revisión de unidad = 15 min
- Carga de combustible = 15 min
- Alimentación de trabajadores = 30 min
- Sector Este con 8 puntos de toma
- Sector Oeste con 11 puntos de toma
- Recolección de 20 kg de residuos/min
- Velocidad de vehículo recolector = 30 km/h
- Las distancias se obtuvieron de AutoCAD

Tabla no. V-18 Análisis de tiempos y movimientos

Sector	Cantidad de RSU			Condición del sector	Número de viajes	Tiempo de movimientos (min)							
	Cantidad de residuos por coleccionar		Total de residuos al día de recolección			De encierro a inicio de ruta	Recolección en ruta	De fin de ruta a SDF	Descarga en SDF	De SDF a inicio de ruta	Tiempos muertos	Regreso a encierro	Tiempo total
	Contenedores	Poblacional											
Este	409.09 kg/día	126.58 kg/día	1071.34 kg/día laboral	Difícil	De 2 a 3 viajes por día laboral	5	54	10	15	-	30	-	114
Oeste	769.57 kg/día	353.47 kg/día	2246.08 kg/día laboral	Accesible		-	112.30	10	15	15	30	15	197.3
Total	1178.66 kg/día	480.05 kg/día	3317.42 kg/día laboral										

Nota: Día laboral se refiere a al día de recolección de residuos, es decir pasando 3 veces a la semana.

De acuerdo a la tabla anterior, puede verse que el tiempo necesario para la recolección es de 311.3 minutos o 5 horas con 11.30 minutos, para recolectar la cantidad de 3.32 ton/día laboral, es decir, contemplando la recolección 3 veces a la semana y tomando la generación acumulada mostrada en la tabla no. V-14.

De acuerdo al ruteo realizado, se tendría una eficiencia de recolección teórica de

$$\% \text{ de recolección de RSU} = \frac{\text{Total de RSU recolectados}}{\text{Total de RSU generados}} \times 100$$

$$\text{Total de RSU recolectados} = 3317.42 \text{ kg/día laboral}$$

$$\text{Total de RSU generados} = 3460 \text{ kg/día laboral}$$

$$\% \text{ de recolección de RSU} = 95 \%$$

El valor de 95% de eficiencia únicamente contempla a la generación de residuos sólidos urbanos de fuentes domiciliarias y no a las comerciales e institucionales, debido a que como se vio en el capítulo 4 referente a los diagnósticos, más del 90 % de la generación procede de fuentes domiciliarias y no de otras.

5.3 Diseño de la ampliación del sistema de alcantarillado

Una parte importante en el saneamiento de una población está relacionada con la disposición de aguas servidas, sobre todo en zonas rurales en donde la pobreza y la falta de higiene así como de educación son constantes.

Las excretas humanas tienen gran repercusión no sólo en el ambiente en el que se vive sino también en la salud, debido a que éstos están directamente relacionados con la transmisión de enfermedades infecciosas, entéricas como son la fiebre tifoidea, disentería bacilar, etc., afectando así directamente a la población pero en especial a niños y ancianos, quienes son los más propensos a este tipo de transmisiones.

Por estas razones se pretende diseñar en la localidad de El Paraíso el complemento del sistema de alcantarillado; en los apartados siguientes se mencionan los criterios de diseño, cálculo y detalles de construcción del sistema, así como una breve descripción de algunos conceptos que son necesarios para el diseño del proyecto.

5.3.1 Descripción del sistema de drenaje existente

5.3.1.1 Localización

La red existente de alcantarillado es de tipo sanitario únicamente y se localiza en dos zonas de la comunidad, la primera ubicada a lo largo de toda la avenida Luis Echeverría, Cuauhtémoc e Ignacio M. Altamirano y con las cuales da cobertura a parte de la colonia Centro. Dicho sector tiene una longitud de 1300 m.

Una segunda zona, está localizada sobre la calle INMECAFE, en donde da el servicio a una de las colonias de la periferia. El tramo tiene una longitud de 203 m.

El ramal principal del cual se tomará como punto de partida para la ampliación del sistema, recorre las avenidas de la zona 1, con tuberías de asbesto cemento de 8" de diámetro.

El tipo de descargas corresponde únicamente a las de tipo domiciliaria.

5.3.1.2 Condiciones de servicio

Como se mencionó en el capítulo 4, en el apartado 4.2, en la localidad únicamente el 7.28 % de las viviendas se encuentra conectado a la red pública de alcantarillado, el porcentaje restante cuenta con un sistema de desalojo los cuales van a dar directamente a barrancas o fosas sépticas.

A pesar de encontrarse en zonas céntricas, algunas partes de esta localidad no cuentan con el servicio de alcantarillado y en el presente trabajo se pretenderá ampliar el servicio a dichas zonas.

En la figura no. V-22, se ilustra las dos zonas que cuentan con el servicio de alcantarillado.

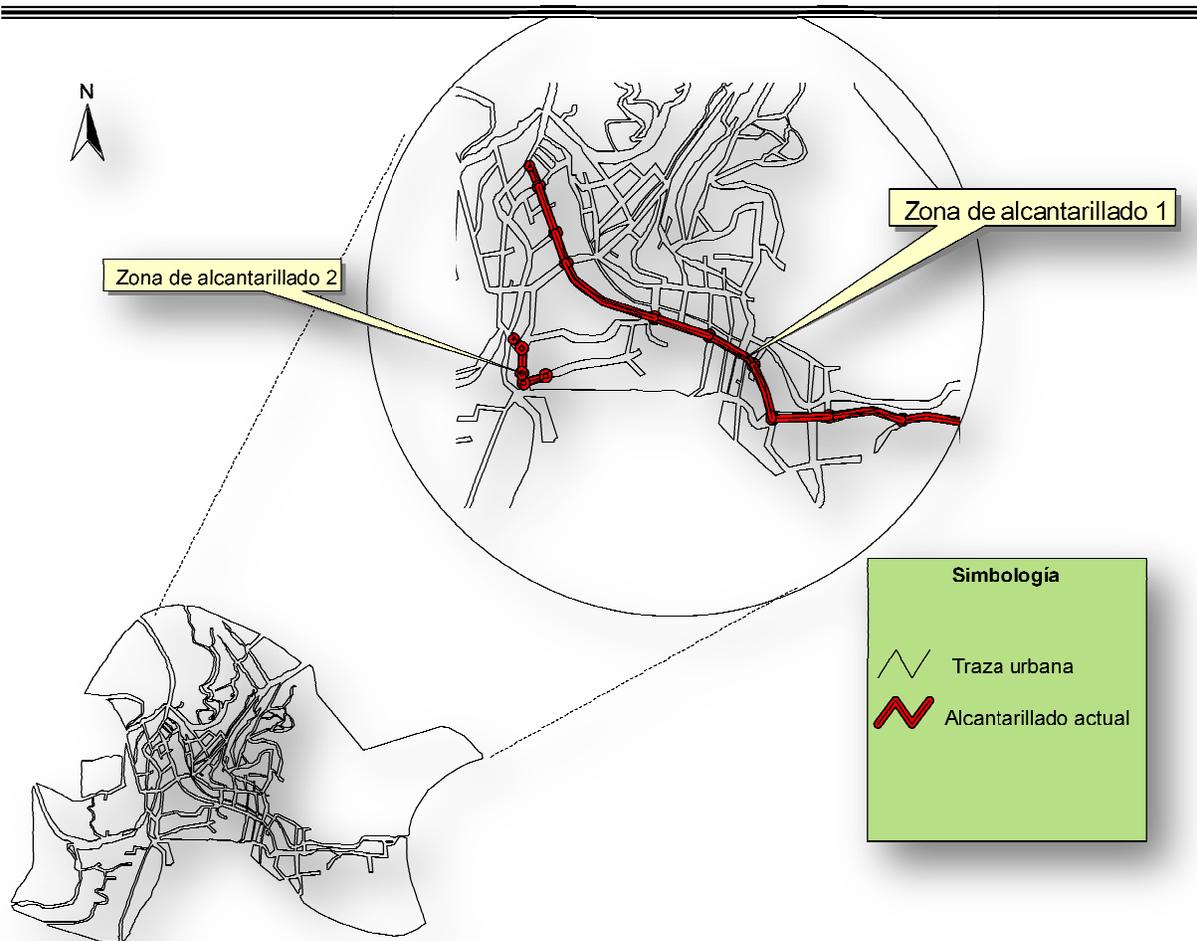


Figura no. V-22 Alcantarillado existente en la localidad

5.3.2 Recopilación e información de campo

5.3.2.1 Levantamiento topográfico

Como parte de la recopilación de información en campo para la elaboración del alcantarillado sanitario, se tomaron las elevaciones de los pozos de visita existentes en la red actual, las elevaciones en los cruces de calles y puntos con cambios de pendiente bruscos. En la figura V-23 se ilustra esta actividad.

Es importante comentar que debido a que no se tenían datos de topográficos ni del sistema actual de alcantarillado, el diseño hidráulico se realizará de totalmente de nuevo, contemplando ahora la infraestructura actual y la que se está proponiendo.

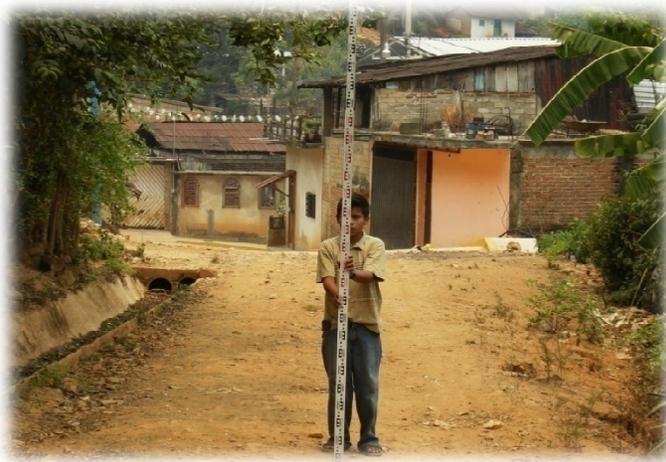


Figura no. V-23 Obtención de altimetría

5.3.2.2 Diseño hidráulico del sistema

De acuerdo a las condiciones geográficas encontradas en la comunidad, se plantea diseñar el sistema de alcantarillado sanitario únicamente, así mismo la configuración en forma perpendicular, debido a que la localidad tiene cierta inclinación suave hacia una corriente y con lo cual se podrían poner tuberías perpendiculares a la corriente y que puedan descargar a un solo colector paralelo a ésta. Para la configuración de las atarjeas se utilizará el trazo en forma de peine

El planteamiento de la red, puede verse en la figura no. V-24.

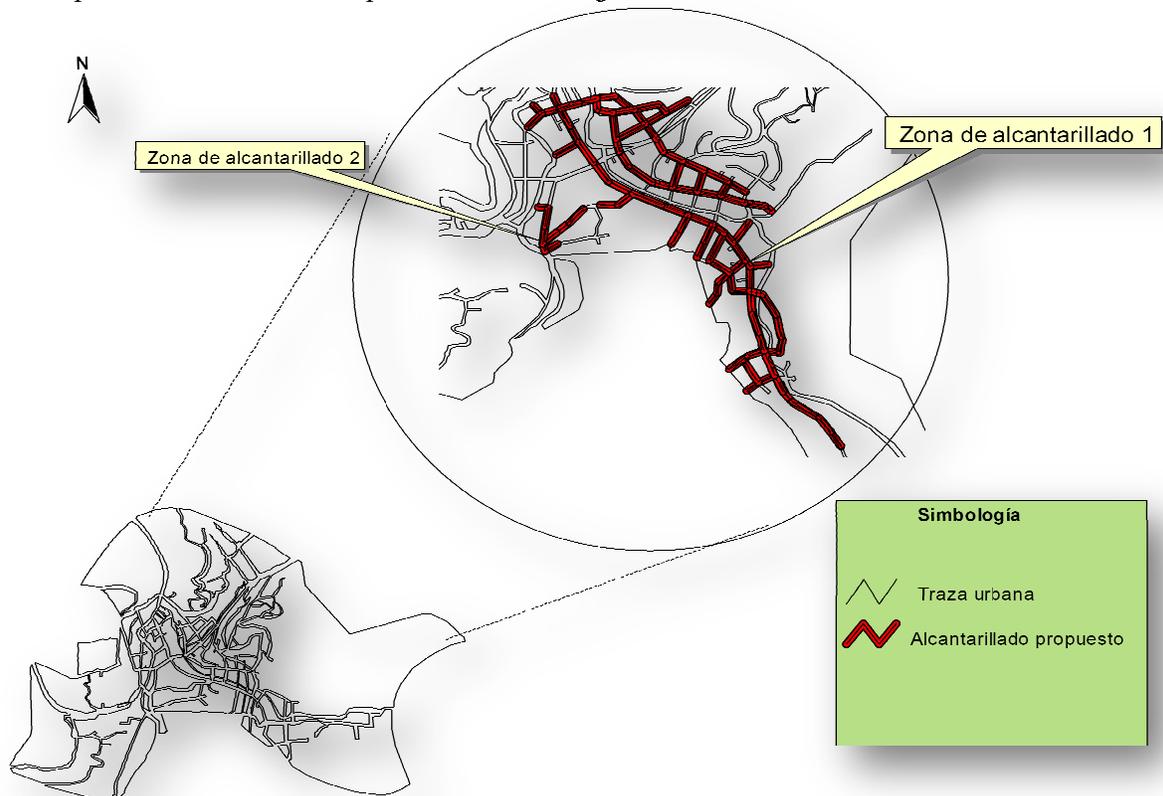


Figura no. V-24 Trazo general de la red de alcantarillado

5.3.2.2.2 Período de económico de proyecto

El periodo económico de este proyecto será de 15 años, tomando en cuenta las condiciones de la comunidad, como es su decrecimiento de población.

Por otro lado, la población de proyecto se determino mediante los criterios establecidos por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en la sé cual se utilizaron dos métodos de proyección de población. La tabla no. V-19 muestra dichos métodos de proyección de población, así mismo la población utilizada de CONAPO y la población de proyecto.

Tabla no. V-19 Proyección de población para proyecto de alcantarillado

Año	Proyección de población de CONAPO	Proyección de población con método geométrico	Proyección de población con método aritmético	Población de proyecto
2008	4046	3875	3441	3787
2009	3996	3802	3358	3719
2010	3945	3730	3275	3650
2011	3893	3659	3192	3581
2012	3839	3589	3109	3512
2013	3786	3521	3026	3444
2014	3731	3454	2943	3376
2015	3676	3388	2860	3308
2016	3621	3324	2777	3241
2017	3566	3261	2694	3174
2018	3510	3199	2611	3107
2019	3455	3138	2528	3040
2020	3399	3079	2445	2974
2021	3343	3020	2362	2908
2022	3287	2963	2279	2843
2023	3231	2906	2196	2778

5.3.2.2.3 Normas y criterios de diseño

Las normas utilizadas para el diseño del alcantarillado sanitario, son las publicadas por la CNA de ese entonces, actualmente CONAGUA, en su Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) de 1994.

Los criterios de diseño utilizados en este trabajo se muestran en la tabla no. V-20

Tabla no. V-20 Resumen de datos de diseño

Datos de diseño	Valor
Población de proyecto	2778 habitantes
Dotación	185 L/hab-día
Aportación	138.75 L/hab-día
Gasto medio diario	4.46 L/s
Gasto mínimo	2.23 L/s
Gasto máximo instantáneo	15.48 L/s
Gasto máximo extraordinario	23.22 L/s
Coficiente de Harmon	3.47
Gasto máximo extraordinario	20.51 L/s

Por otro lado, se tomaron en cuenta variables hidráulicas, como velocidades permisibles, las cuales varían de 0.3 a 3.0 m/s de acuerdo al tipo, de caso ya sea normal o excepcional. Se tomo en cuenta un ancho de zanja de 65 cm para tubos de 20 cm de diámetro y planillas de tipo D.

Con estos datos, además de la formula de la continuidad y la de Manning, se procedió al cálculo del alcantarillado sanitario. Como ayuda en el diseño de la red, se utilizó el software denominado Civilcad, con el cual se realizó de manera más rápida dichos cálculos, los cuales se muestran en la tabla no. V-21.

Dicha tabla, además de mostrar el cálculo, es decir, el cumplimiento de las variables hidráulicas para el buen funcionamiento de la red, ilustra también el tamaño de la red y las longitudes unitarias de cada tramo, las cotas de plantilla y terreno, calculadas a partir de la topografía, el tipo de tubería a usarse y su diámetro, así también la volumetría en la cantidad de material a excavar para la colocación de dicha infraestructura.

Los planos de la red de alcantarillado se muestran en el anexo A.3

Tabla no. V-21 Calculo hidráulico de la red

TRAMO	LONGITUD(m)			POBLACION	COEF. HARMON.	GASTOS(lps)			COTAS TERRENO(m)		PENDIENTE(m/m)		DIAMETRO		Coef. Rug.	TUBO LLENO		RELACION DE GASTOS		RELACION VELOCIDAD		RELACION TRANTES		VELOCIDAD (m/s)		TIRANTE (cm)		COTA CLAVE(m)		COTA BATEA (m)		PROFUNDIDAD (m)		VOLUMENES (m3)				
	Tramo	Tributaria	Total			Qmed	Qmin	QMax Prev	Inicial	Final	Terreno	Propuesta	Calculo (cm)	Comercial (cm)		Pulg.	Manning	Q(l/s)	V(m/s)	Omin/Q1	Omax/Q1	Vmin/V1	Vmax/V1	ymin	ymax	ymin	ymax	ymin	ymax	Inicial	Final	Inicial	Final	Pozo	Medio	Excavacion	Planta	Rellevo
	72-15	47	0			47	30	3.800	1.500	1.500	8.550	799.990	797.800	46.899		47	9.038	20	8°	0.013	74.180	2.287	0.020	0.115	0.397	0.666	0.098	0.229	0.909	1.525	2.001	4.658	798.990	796.795	798.787	796.592	1.103	1.103

5.4 Elección del sistema de tratamiento de aguas residuales

La idea de este capítulo, es que previo a realizar el diseño de un sistema de tratamiento para los residuos líquidos provenientes del alcantarillado de la comunidad de “El Paraíso”, se analicen las alternativas de tratamiento y con ello ajustarse a las condiciones de la localidad.

Para realizar lo anterior, se contempló lo establecido en la normatividad vigente (Ley federal de derechos de agua 2008, NOM-001-SEMARNAT-1996) referente a las descargas en cuerpos de agua, así como en lo mencionado en diversas bibliografías, en los cuales se trata la temática de la selección de sistemas de tratamiento aplicables a pequeñas comunidades.

En los siguientes puntos se explica la metodología de selección del sistema de tratamiento y en el anexo A.4, se ilustrará la memoria de cálculo del sistema seleccionado.

5.4.2 Sistemas de tratamiento aplicables

La primera parte de esta metodología consistió en delimitar el nivel de tratamiento a usar, se planteó usar un sistema de tratamiento secundario, debido a que se tendrá la infraestructura suficiente para poder usarlo, sin embargo, esta guía también servirá para analizar a localidades con carencia de infraestructura para usar un tratamiento secundario.

En la figura no. V-25 se ilustran algunos de sistemas de tratamiento secundarios, ya sea de tipo aerobio o anaerobio, algunos de estos servirán para la guía de selección.

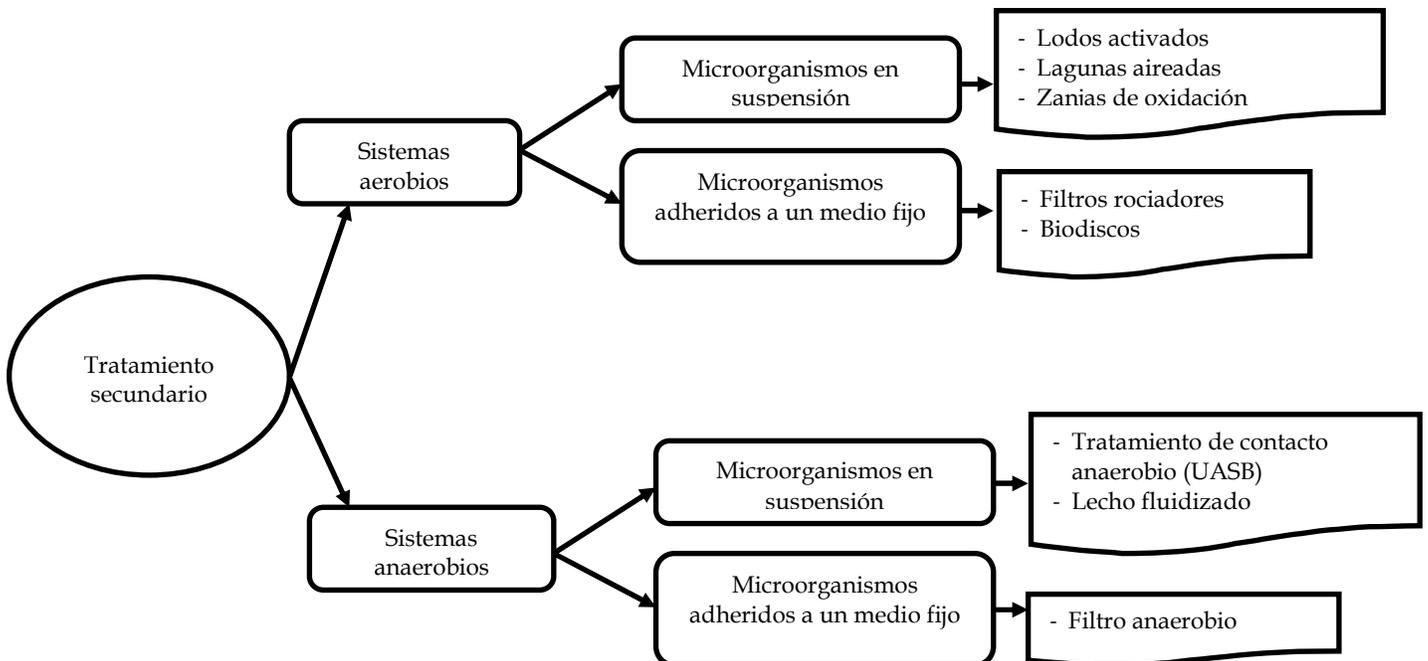


Figura no. V-25 Sistemas de tratamiento secundario

5.4.3 Metodología de selección del sistema de tratamiento

La segunda parte de la metodología corresponde a la identificación de los factores y variables que aplicaran en dicha guía, mismos que se exponen en el siguiente apartado dando una breve descripción de cada uno de ellos.

5.4.3.1 Factores y variables de aplicación

A partir de la revisión bibliográfica, en especial la de Bernal, D. P. et al, 2003, se identificaron las variables que influyen en la elección de la tecnología, mismas que se muestran en la tabla no. V-22 y que corresponden a los aspectos de la localidad, aspectos que tienen que ver con las características del terreno, las características de las tecnologías y los costos de las mismas.

Tabla no. V-22 Factores y variables aplicadas al proceso de selección del sistema de tratamiento.

Factores	Variables
Factores demográficos	<ul style="list-style-type: none">- Rango de población- Cobertura de agua potable- Existencia de alcantarillado- Densidad de población
Características del terreno	<ul style="list-style-type: none">- Topografía- Nivel freático- Permeabilidad del suelo
Aspectos técnicos	<ul style="list-style-type: none">- Nivel de tratamiento- Relación DQO/DBO- Disponibilidad de terreno- Impacto ambiental- Subproductos de aprovechamiento
Aspectos económicos	<ul style="list-style-type: none">- Costos de construcción- Costos de mantenimiento- Costos de energía

Fuente: Adaptado de Bernal, D. P. et al, 2003

Los factores demográficos están relacionados con el nivel de tratamiento a usar, por lo que las variables más importantes se relacionan con el tamaño y distribución de la población. Como ejemplo se tiene la construcción de sistemas *in-situ* en zonas donde la población es demasiado dispersa, además de que no existen sistemas de alcantarillado.

Las características del terreno influyen para determinados sistemas de tratamiento naturales, debido a que estos requieren demasiada extensión de terreno y una topografía no muy variable. En contraparte con otros sistemas.

Los aspectos técnicos y económicos básicamente están relacionados con las ventajas y lo que se busca aprovechar u obtener de los sistemas de tratamiento y los costo que implicaría su construcción para pequeñas localidades.

5.4.3.2 Construcción y aplicación de la guía

La guía se elaboró al integrar tanto los factores, variables, las ventajas y desventajas de cada sistema de tratamiento. Esta guía es de bloques y en donde cada uno de estos ofrece dos opciones en caso de que las características de la comunidad sean favorables o no respecto de dicha variable.

Cuando no existan más variables a analizar, en este bloque se mencionará el sistema de tratamiento que puede ser aplicable.

En la figura V-26, puede verse parte de la guía construida y en donde es de resaltar las opciones que se tienen en cuanto a cada bloque.

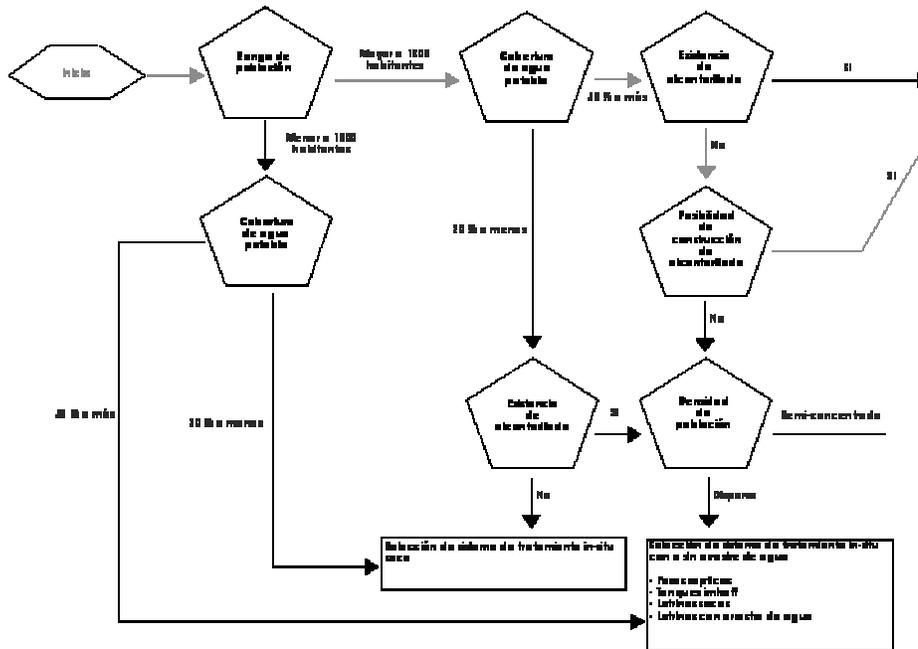


Figura no. V-26 Guía de selección del sistema de tratamiento

Teniendo en cuenta las características de la localidad mencionada en el capítulo 3 y el diagnóstico realizado en el capítulo 4, se aplicó esta guía de selección a la localidad de El Paraíso. En la figura no. V-27 se ilustra esta aplicación, en donde con una línea verde se hace énfasis en lo que aplica a la localidad.

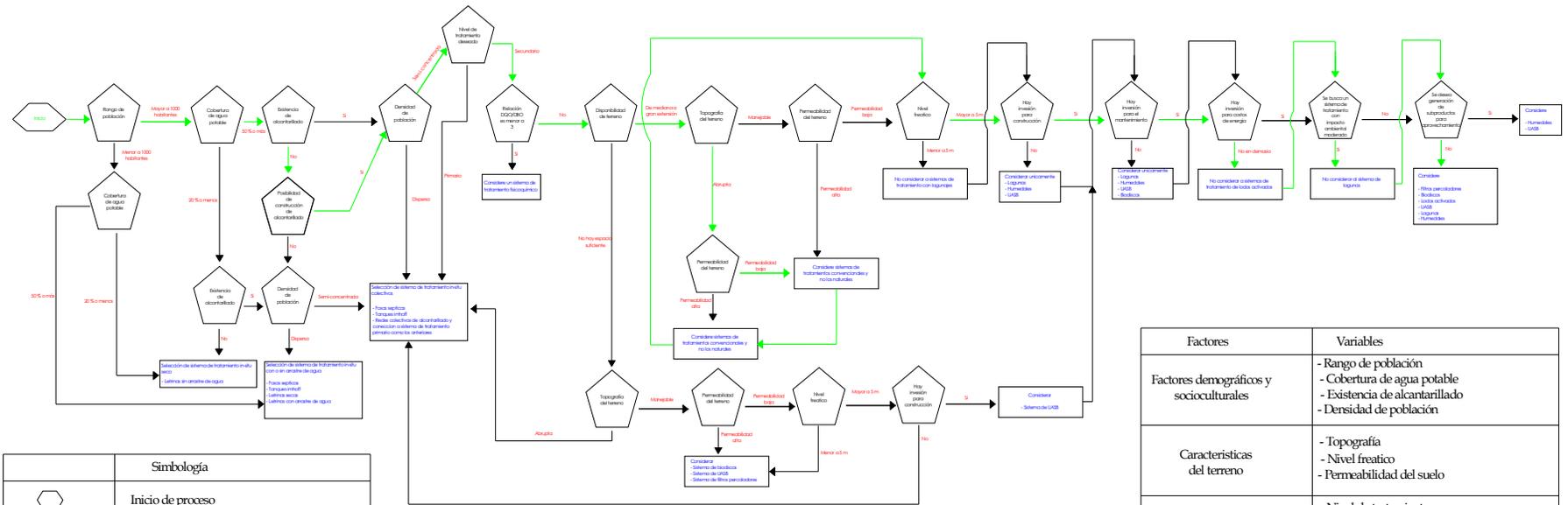
Después la aplicación de la guía, es de importancia comentar que los sistemas de tratamiento a aplicarse se redujeron a los convencionales y se eliminaron los naturales, esto debido a las exigencias de terrenos de estos últimos.

Por otro lado, durante las visitas a la zona de estudio se averiguó que se está gestionando la posibilidad de obtener un terreno para ubicar el sistema de tratamiento.

Por último, de los sistemas convencionales, se decidió diseñar a nivel de ingeniería básica el de biodiscos, debido a que se considero que no requerirá grandes costos de energía y de mantenimiento, además de que es simple en su operación.

Figura no. V-27 Guía de selección del sistema de tratamiento

Guía de selección



Simbología	
	Inicio de proceso
	Línea de flujo
	Línea de selección del sistema
	Variables de selección
	Sub-variables de selección
	Sistema de tratamiento aplicable

Factores	Variables
Factores demográficos y socioculturales	- Rango de población - Cobertura de agua potable - Existencia de alcantarillado - Densidad de población
Características del terreno	- Topografía - Nivel freático - Permeabilidad del suelo
Aspectos técnicos	- Nivel de tratamiento - Relación DQO/DBO - Disponibilidad de terreno - Impacto ambiental - Subproductos de aprovechamiento
Aspectos económicos	- Costos de construcción - Costos de mantenimiento - Costos de energía

UNAM
DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS EN COMUNIDADES RURALES DEL MUNICIPIO DE ATIZAPAC, GUERRERO
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM, D.F., 2008. NOVIEMBRE 2008



Figura no. V-27 Guía de selección del sistema de tratamiento

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Derivado del análisis de las características de la zona de estudio, se observó que la población presenta una tasa de decrecimiento gradual, causada por la emigración hacia los EUA, por otro lado, el ordenamiento de viviendas dentro de la localidad se ha realizado de manera no controlada, lo cual se ha visto como una problemática para proporcionar los servicios urbanos, en especial los de recolección de residuos sólidos urbanos y aguas residuales.
- Se complementó en análisis realizado por PROREGIONES en 2006 al generar datos referentes a la generación de tipo institucional y comercial, 0.0359 kg/alumno-día y 1.03 kg/local-día respectivamente. Por otro lado se actualizaron cifras referentes a la cobertura de recolección, teniéndose el 28.9 % misma que es baja y por lo cual se han generado en ciertos lugares de la localidad pequeños sitios de disposición final no controlados.
- Se recabó información respecto la cobertura de abastecimiento de agua y de infraestructura con la que se cuenta, la cual tiene deficiencias en la distribución, dado que no se tiene equipo para la desinfección del agua causando que las concentraciones de coliformes fecales y totales se eleven. Por otra parte, tampoco la turbiedad cumple con la normatividad "NOM-127-SSA1-1994".

Se observó también la escasa cobertura de alcantarillado, la cual es de únicamente 7% y las aguas colectadas llegan a los ríos que atraviesan la comunidad con altas cargas orgánicas (DBO de 257 mg/L y SST de 180 mg/L).

- Como parte de la metodología y tomando como base la información descrita anteriormente, se logró lo siguiente.
 1. Diseñar un relleno sanitario contemplando las especificaciones mencionadas en la normatividad aplicable (NOM-083-SEMARNAT-2003). Para su elaboración primeramente se analizó la cantidad de residuos generada en la población y bajo la cual se determinó que se desarrollaría un relleno sanitario tipo "D", se ubicaron 3 sitios probables, los cuales se evaluaron por medio de una matriz en la cual se contemplaron criterios técnicos y normativos.

Para llevar a cabo el diseño de manera más apegada a criterios técnicos, se obtuvo la topografía del sitio mediante un software "SIG".
 2. Optimizar las rutas de recolección, con lo cual se espera tener una eficiencia teórica de más del 90 %, en dicho sistema se contempló usar dos métodos de recolección debido a la topografía que se tiene en la localidad.
 3. Diseñar el alcantarillado sanitario complementario de la localidad, el cual requirió para su diseño, la obtención de la topografía de la zona de estudio, además se tomó en cuenta la infraestructura actual.

-
-
4. Se diseñó de la ingeniería básica del sistema de tratamiento, el cual comprendió primeramente la elaboración de una guía de selección. Se eligió el sistema de contactores biológicos rotatorios como proceso biológico debido a las ventajas que acarrea el usar este sistema. Se dimensionaron las unidades que acompañan al sistema biológico, como son el canal desarenador, el sedimentador secundario, el tanque de contacto de cloro y lecho de secado.

6.2 Recomendaciones

- Desarrollar un programa de educación ambiental, con la finalidad de que las propuestas elaboradas con miras en la mejora de la comunidad, tengan una mayor aceptación por parte de los habitantes y autoridades de la población.
- Elaborar reglamentos internos una vez que se pongan en marcha los proyectos elaborados en el presente estudio, los cuales requieren ser implementados de manera permanente y en la cual participen activamente los miembros de la población.
- Plantear el desarrollo de los proyectos ejecutivos mostrados en este trabajo, lo anterior con el fin de observar la viabilidad de su ejecución ya sea a corto, mediano o largo plazos.
- Desarrollar un estudio, en el cual se analice la viabilidad de aprovechar el material potencialmente recuperable encontrado en la corriente de los residuos sólidos urbanos de la comunidad.
- Contemplar y/o gestionar la compra de un vehículo recolector de residuos sólidos urbanos con la finalidad de solventar a largo plazo la recolección de los mismos.
- Desarrollar un registro de tomas de abastecimiento de agua y de descargas de aguas residuales, a fin de empezar a tener control, el cual permita que en momento de llevar a cabo alguna obra civil en mejora de los aspectos anteriores, esta se realice de manera fácil.

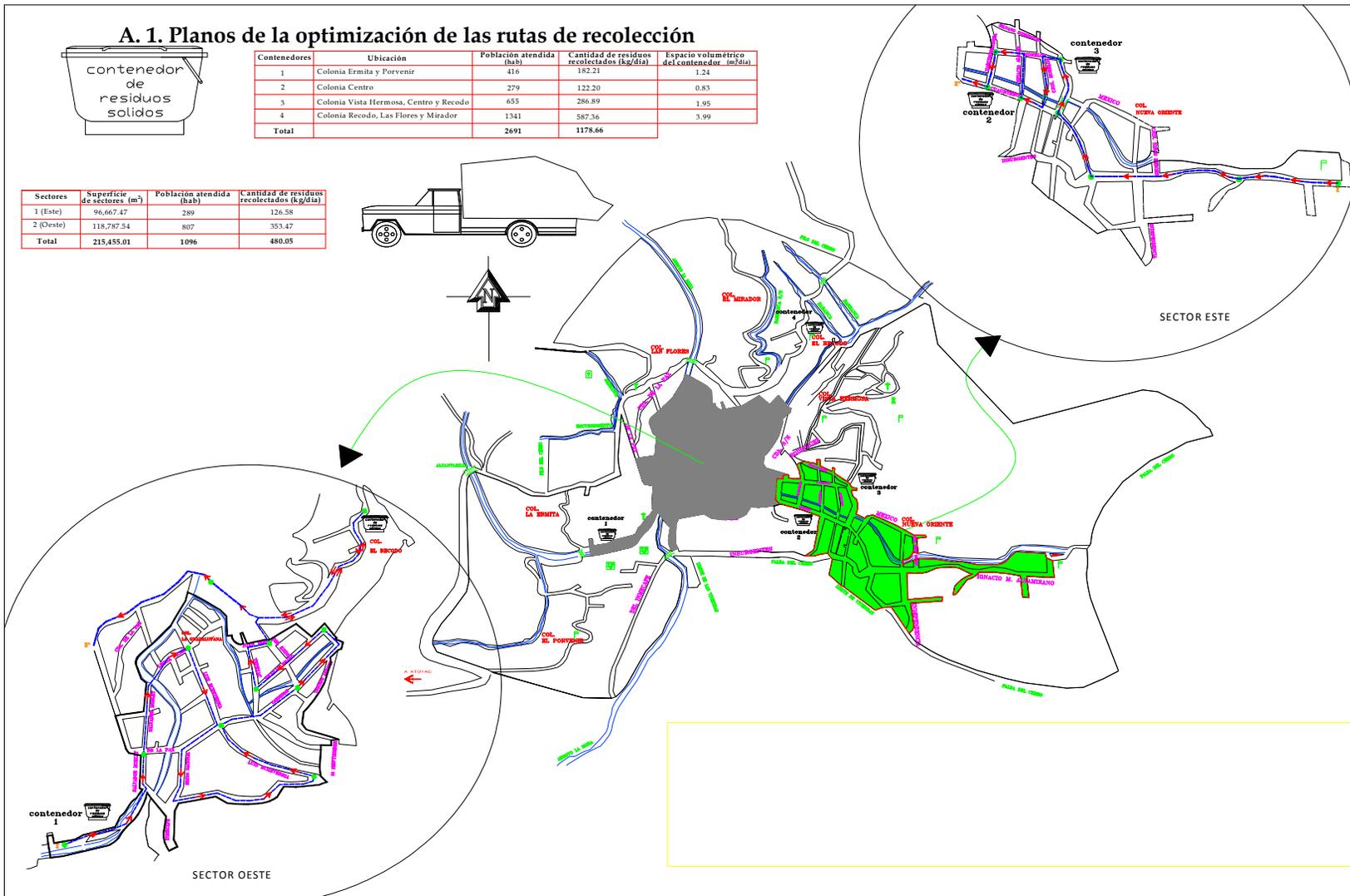
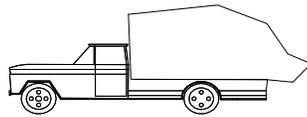
ANEXOS

A.1. Planos de la optimización de las rutas de recolección

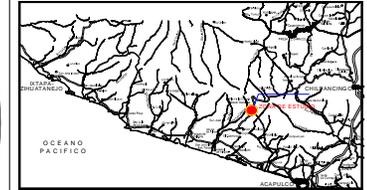


Contenedores	Ubicación	Población atendida (hab)	Cantidad de residuos recolectados (kg/día)	Espacio volumétrico del contenedor (m ³ /día)
1	Colonia Ermita y Porvenir	416	182.21	1.24
2	Colonia Centro	279	122.20	0.83
3	Colonia Vista Hermosa, Centro y Recodo	655	286.89	1.95
4	Colonia Recodo, Las Flores y Mirador	1341	587.36	3.99
Total		2691	1178.66	

Sectores	Superficie de sectores (m ²)	Población atendida (hab)	Cantidad de residuos recolectados (kg/día)
1 (Este)	96,607.47	289	126.58
2 (Oeste)	118,787.54	807	353.47
Total	215,455.01	1096	480.05



LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA

- ARROYOS DE LA LOCALIDAD
- TRAZA URBANA
- INFRAESTRUCTURA DE LA LOCALIDAD
- CONTENEDORES DE RSU
- RUTA DE RECOLECCIÓN
- PUNTOS DE TOMA
- INICIO DE RUTA
- FIN DE RUTA
- SECTOR ESTE DE RECOLECCIÓN
- SECTOR OESTE DE RECOLECCIÓN

PLANO RUTAS DE RECOLECCIÓN

CLAVE: A.1

ELABORÓ: ING. JUAN ANTONIO ARAZA AGUILAR
 REVISÓ: ING. CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS

UNAM
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO DE RESIDUOS SÓLIDOS
 Y LIQUIDOS EN COMUNIDADES RURALES DEL MUNICIPIO DE ATIZAPAC DE
 JUÁREZ, VERACRUZ

FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM, S.F. 18 DE NOVIEMBRE 2008



A. 2. Diseño del relleno sanitario

A continuación se muestra la memoria de cálculo del relleno sanitario diseñado en el capítulo 5.

A.2.1 Volumen del relleno sanitario

➤ Volumen a partir de las áreas extremas

Este método consiste en calcular el volumen entre dos secciones transversales consecutivas, multiplicando el promedio de las áreas de las secciones por la distancia que las separa.

El volumen entre las secciones A1 y A2 está dado por:

$$Volumen = \frac{(A1 + A2) \times d}{2}$$

Donde

A1 y A2 = Área de las secciones transversales (m²)

d = Distancia entre las secciones A1 y A2 (m)

Volumen = 42,170.17 m³

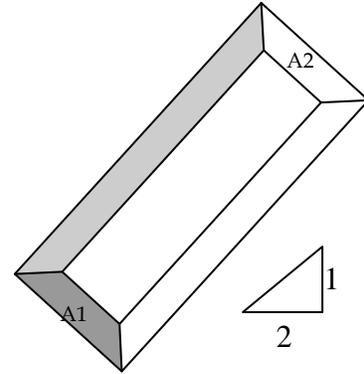


Figura no. 1. Prismoide para obtención de volumen

➤ Cálculo de volumen¹ a partir del método de la retícula

Cuando se trata de hallar el volumen de un terreno de gran extensión y poca profundidad, el trabajo de campo consiste en cubrir el área de la superficie de desplante con una retícula de cuadros y obtener los niveles de sus vértices. El volumen total se puede calcular como la suma de volúmenes de todos los prismoides que tienen como área transversal un cuadro de la retícula y como altura la distancia a la superficie final del relleno.

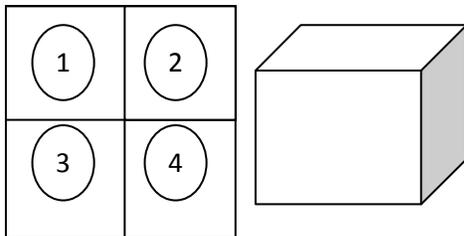


Figura no. 2. Retícula para obtención de volumen

$$Volumen = \text{Altura del relleno} \times \text{Área del relleno}$$

$$Volumen = 35,806.43 \text{ m}^3$$

¹ Para poder calcular el volumen en base a los métodos descritos, se tomaron como base los siguientes valores:

A1= 275.55 m²

A2= 275.55 m²

d= 153.04 m

Área del relleno= 14, 322.57 m²

Altura del relleno= 2.5 m

A.2.2 Dimensionamiento de la celda² diaria

El diseño de la celda diaria se realizó considerando la cantidad de residuos sólidos que llegará al día al relleno sanitario y la densidad de los residuos compactados tal y como se muestra a continuación.

$$VC = \frac{RSU(\text{medio diario})\text{kg/día}}{\rho \text{RSU recién compactados}} + MC$$

Donde

$VC = \text{Volumen de la celda diaria (m}^3\text{)}$

$RSU = \text{Cantidad media diaria que ingresa al relleno sanitario (kg/día)}$

$\rho RSU = \text{Densidad de los RSU recién compactados}$

$MC = \text{Material de cobertura (20 – 25\% de la cantidad de residuos)}$

$$VC = 9.68 \text{ m}^3/\text{día}$$

Ahora bien, calculando las dimensiones de la celda tenemos:

$$\text{Área de la celda} = \frac{VC}{HC}$$

Donde

$\text{Área de la celda} = \text{Área de la celda (m}^2\text{/día)}$

$VC = \text{Volumen de la celda diaria (m}^3\text{)}$

$HC = \text{Altura de la celda (m)}$

$$\text{Área de la celda} = 19.36 \text{ m}^2/\text{día}$$

Tomando en cuenta las sugerencias mencionadas por Jaramillo J, 2002, tenemos:

$$L : 4.84 \text{ m} \quad A : 4 \text{ m} \quad H : 0.5 \text{ m}$$

De lo anterior tenemos que la celda tendrá 50 cm de altura de los cuales 20 cm corresponden al material de cobertura y 30 cm a los residuos sólidos urbanos.

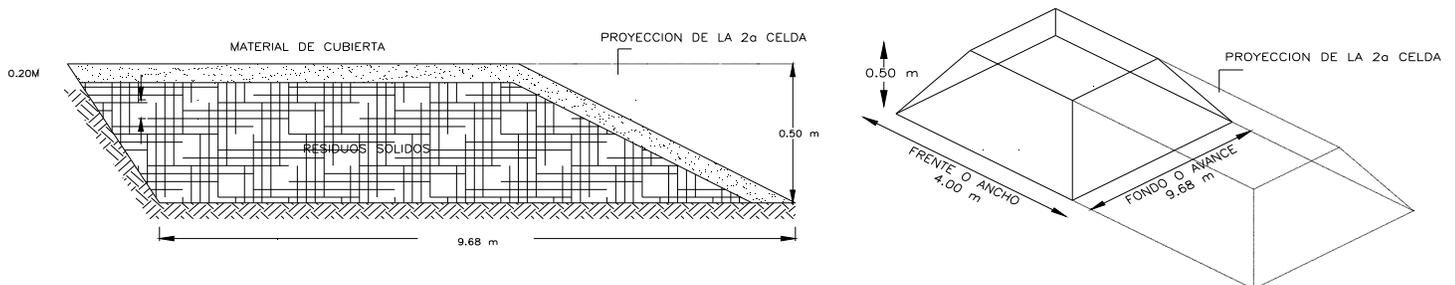


Figura no. 3. Celda diaria

² los anteriores cálculos se realizaron con los siguientes datos:

$RSU(\text{media diaria}) = (1730 \text{ Kg} * 7/3) = 4036.67 \text{ kg/día}$

$\rho RSU = 500 \text{ kg/m}^3$

$HC = 0.5 \text{ m}$

$A = 4 \text{ m}$

$MC = 20 \% \text{ de } RSU(\text{media diaria})$

A.2.3 Cálculo de vida útil del sitio³

Para realizar este cálculo únicamente basta comparar la capacidad volumétrica del sitio con los valores mostrados en la tabla no. V-9 que se presenta en este documento (donde aparecen los volúmenes acumulados del relleno) hasta encontrar un valor similar o ligeramente mayor. En la columna 0 de la misma línea se verá el número de años que equivalen a la vida útil del relleno o bien puede utilizarse la siguiente fórmula.

$$Vu = \frac{Vss}{Gt}$$

$$Vu = 25.86 \text{ años}$$

Donde

Vu = Vida útil del relleno sanitario (años)

Vss = Volumen del sitio seleccionado (m³)

Gt = Promedio del volumen acumulado de residuos más material de cobertura (m³/año)

El sitio seleccionado tiene una vida útil de 26 años. La conformación diseñada corresponderá a tener 5 niveles y albergar los residuos dispuestos durante 10 años únicamente

A.2.4 Diseño de canal de escurrimientos pluviales

Para el cálculo del canal de escurrimientos pluviales se recurrió al uso de la fórmula racional primeramente con la finalidad de obtener el caudal que ingresa al relleno y posterior a ello calculando el área de la zanja.

Los datos de cálculo fueron tomados de la referencia de Lara González, 1991.

El cálculo se muestra continuación.

1. Uso de la formula racional

$$Qp = \frac{K \times I \times A_d}{3.6 \times 10^6}$$

Donde

$$K = 0.15$$

$$I = 10.18 \text{ mm/hora}$$

$$A_d = 28,195.50 \text{ m}^2$$

$$Qp = 0.01 \text{ m}^3/\text{s} = 11.96 \text{ L/s}$$

2. Cálculo el área de la sección de la zanja, nos queda

$$A_d = \frac{Qp}{V}$$

Donde

$$Qp = 0.01 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 0.5 \text{ m/s}$$

$$A_d = 0.02 \text{ m}^2$$

³ Los cálculos se realizaron con:

Vss = 38,988.30 m³

Gt = 1507.91 m³/año. (El valor se obtuvo del promedio de la columna no. 10 de la tabla no. V-7 encontrada en el capítulo 5)

Considerando el borde libre del canal, se tiene que las medidas del canal son las siguientes.

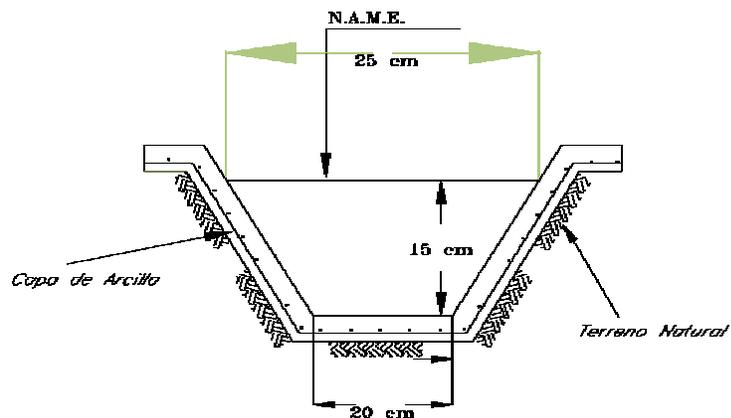


Figura no. 4. Canal trapezoidal de agua de lluvia

A.2.5 Sistema de drenaje y laguna de lixiviados

A continuación se calcula el sistema de drenaje de lixiviados, tomando en cuenta las siguientes fórmulas.

1. Cálculo de la cantidad de lixiviado generado en el relleno sanitario

Donde

Nota: El valor de la precipitación media, fue obtenido a partir de los datos mencionados en el anuario estadístico de INEGI para la localidad de El Paraíso; el valor de "K" es mencionado en la guía de Jaramillo J, 2002, teniendo en cuenta el grado de compactación. El valor del área, es específicamente sobre donde se colocarán los residuos y no el área total del predio.

2. Cálculo del volumen de lixiviado almacenado en toda la red

Donde

$$Q = 304.89 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$t = 7 \text{ meses}$$

$$V = 2,134.23 \text{ m}^3$$

Nota: El valor de "t" se obtuvo de datos mencionados en el anuario estadístico de INEGI para la localidad de El Paraíso.

3. Cálculo de la longitud de las zanjas

Para este trabajo se contemplaron zanjas de 0.50 m de ancho por 0.50 m de profundidad y espaciadas a lo largo de toda el área del relleno con una separación entre ellas de 10 m, dicha configuración puede verse en los planos del relleno sanitario.

4. Cálculo de las lagunas de lixiviados

Para el cálculo de las lagunas de evaporación, se tomará en cuenta básicamente el dato presentado en el paso 1, que corresponde a la cantidad de lixiviados generados o líquido percolado en el área del relleno.

Bajo lo anterior se tiene lo siguiente:

$$Q = P \times A$$

Donde

Q = Caudal medio de lixiviado líquido percolado (m^3/mes)

P = Precipitación media mensual (mm/mes o m/mes)

A = Área superficial del relleno (m^2)

Tabla no. 1. Volumen de lagunas de lixiviados

Número de lagunas	Área del relleno en etapas (m^2)	Volumen de la laguna (m^3)
Laguna 1	9033.81	27.101

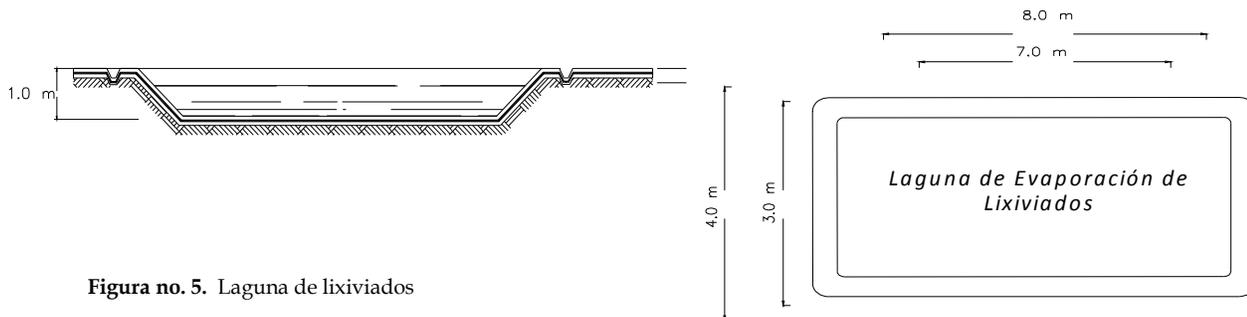


Figura no. 5. Laguna de lixiviados

A.2.6 Personal⁴

El número de trabajadores necesarios depende de la cantidad de RSU que se debe enterrar, de las condiciones del clima y del método de operación del relleno. De acuerdo a esto, se decidió usar una plantilla de cálculo elaborada por Jaramillo J en 2002, además se considero 6 horas efectivas de labor.

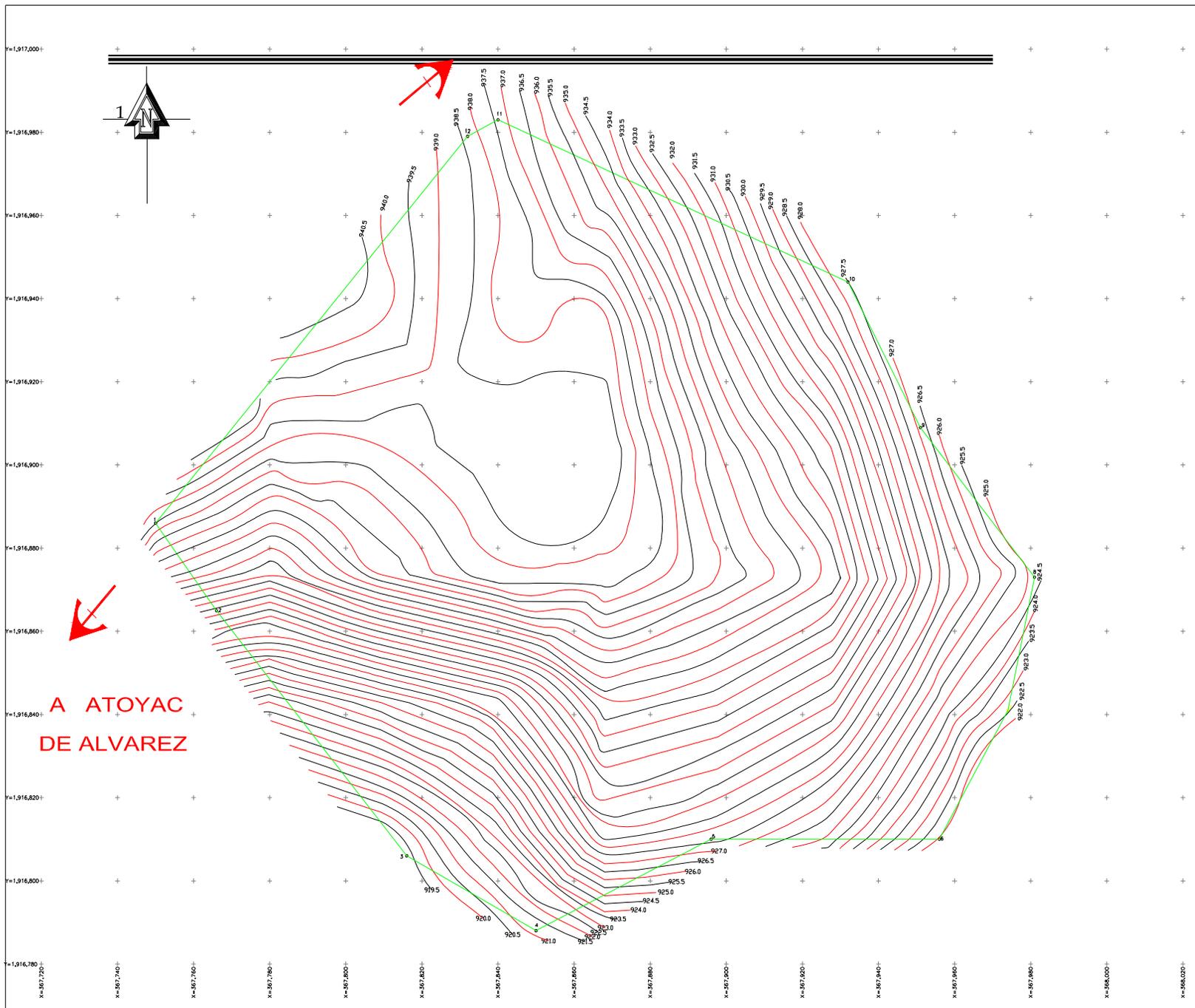
Tabla no. 2. Calculo del número de trabajadores en un relleno sanitario manual

Operación	Rendimientos	Horas efectivas de labor	hombres/día
Movimiento de desechos	$\frac{\text{Residuos sólidos (ton/día)}}{(0.95 \text{ ton/hora} - \text{hombre})}$	6	0.94
Compactación de desechos	$\frac{\text{Área superficial (m}^2\text{)}}{(20 \text{ m}^2/\text{hora} - \text{hombre})}$	6	0.09
Movimiento de tierras	$\frac{\text{Tierra (m}^3\text{)}}{0.35 \text{ a } 0.70 \text{ (m}^3/\text{hora} - \text{hombre})}$	6	0.34
Compactación de celdas	$\frac{\text{Área superficial (m}^2\text{)}}{(20 \text{ m}^2/\text{hora} - \text{hombre})}$	6	0.09
Total de hombres			2

A.2.7 Planos del relleno sanitario

⁴ Para la obtención del número de trabajadores que laborarán en el relleno sanitario, se calcularon las operaciones mostradas en la tabla no. 2 y se obtuvieron los siguientes valores.

- Residuos sólidos (Ton/día laboral) = 5.34 Ton/ día laboral
- Área superficial = 10.69 m²
- Tierra = 0.76 m³



LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA

- CURVA DE NIVEL MAESTRA
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA
- VERTICE DEL LINDERO
- LINDERO

CUADRO DE CONSTRUCCION

LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S		
						Y	X	
1	2	S	37°18'14.21" E	26.401	2	1,916,866.0000	867,750.0000	
2	3	S	40°16'47.51" E	77.357	3	1,916,806.0000	867,816.0000	
3	4	S	62°09'03.82" E	38.471	4	1,916,788.0000	867,850.0000	
4	5	N	54°29'24.15" E	26.990	4	1,916,810.0000	867,898.0000	
5	6	N	90°00'00" E	60.000	6	1,916,810.0000	867,958.0000	
6	7	N	30°08'28.99" E	35.847	7	1,916,841.0000	867,974.0000	
7	8	N	12°20'20.31" E	32.787	8	1,916,873.0000	867,981.0000	
8	9	N	39°49'20.06" O	46.861	9	1,916,809.0000	867,951.0000	
9	10	N	28°29'44.30" O	39.826	10	1,916,844.0000	867,932.0000	
10	11	N	67°01'38.20" O	99.826	11	1,916,983.0000	867,840.0000	
11	12	S	63°26'05.82" O	6.844	12	1,916,979.0000	867,832.0000	
12	1	S	47°24'11.82" O	123.988	1	1,916,886.0000	867,750.0000	

SUPERFICIE = 28,185.500 m2

PLANO TOPOGRÁFICO CLAVE: A.2.7.1

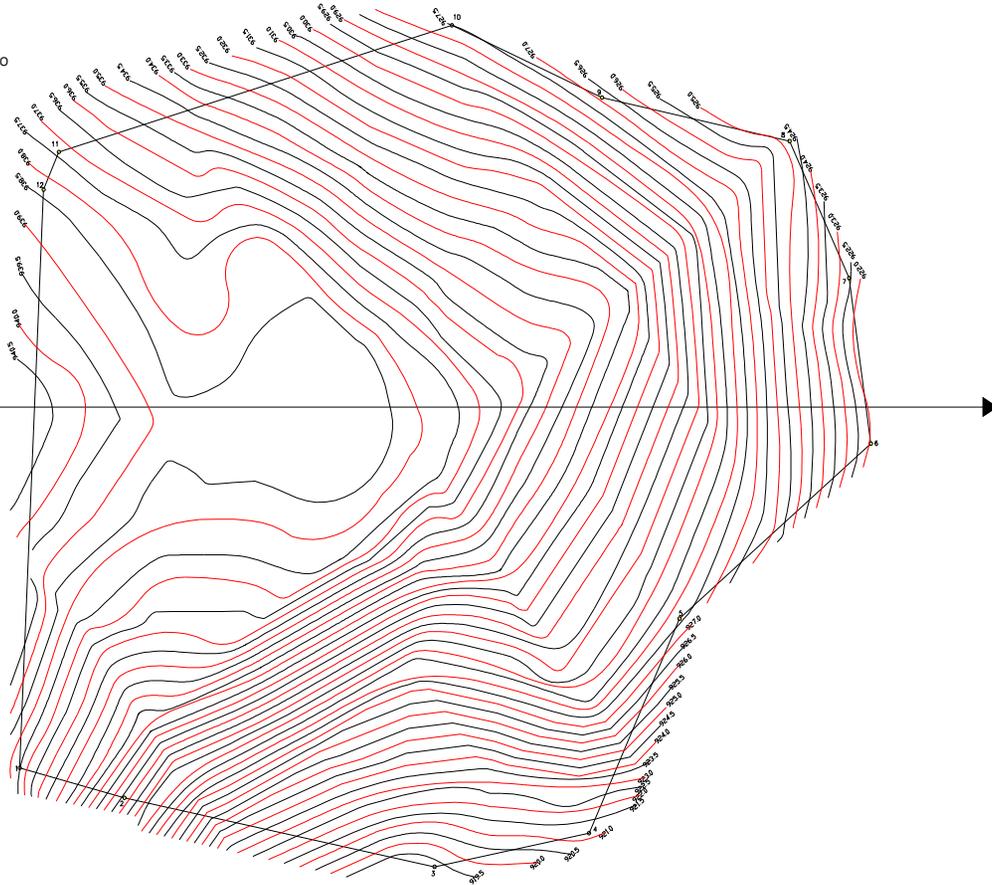
ESCALA GRAFICA 1:1000

LABORIO: ING. JUAN ANTONIO ARAZÁ AGUILAR
 REVISÓ: ING. CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS

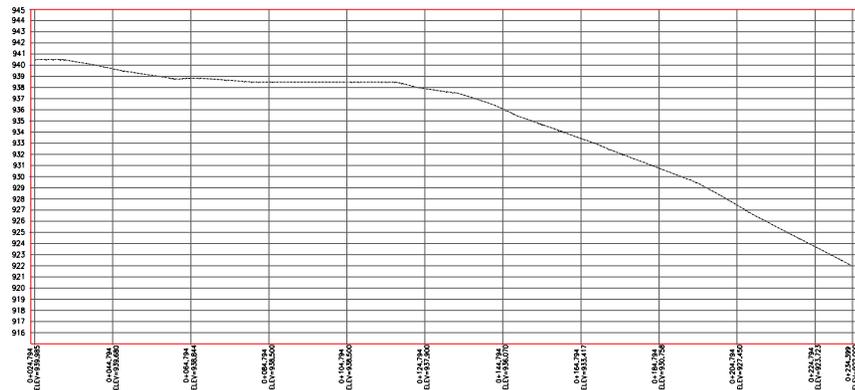
UNAM
 DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS
 Y LÍQUIDOS EN COMUNIDADES RURALES DEL MUNICIPIO DE ATUYAC DE
 ALVAREZ, QUERÉTARO

FECHA: NOVIEMBRE 2018

PLANTA DEL TERRENO

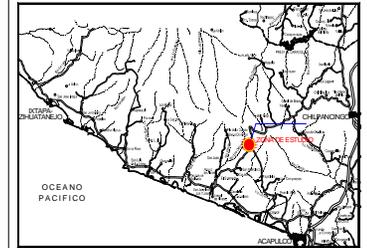


PERFIL DEL TERRENO



ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:200

LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA

- CURVA DE NIVEL MAESTRA
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA
- VÉRTICE DEL LINDERO
- PERFIL DEL TERRENO

CUADRO DE CONSTRUCCION

LADO	EST	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S		
						Y	X	
	1	2	S 37°18'14.21" E	26.401	2	1,916,286.0000	367,750.0000	
	2	3	S 40°16'47.57" E	73.237	3	1,916,286.0000	367,816.0000	
	3	4	S 62°05'09.82" E	38.471	4	1,916,138.0000	367,865.0000	
	4	5	N 64°26'24.15" E	50.990	5	1,916,101.0000	367,896.0000	
	5	6	N 90°00'00" E	60.000	6	1,916,101.0000	367,956.0000	
	6	7	N 30°08'28.92" E	35.847	7	1,916,841.0000	367,974.0000	
	7	8	N 12°20'20.71" E	32.757	8	1,916,873.0000	367,981.0000	
	8	9	N 39°48'20.00" O	46.861	9	1,916,909.0000	367,961.0000	
	9	10	N 28°29'44.30" O	39.825	10	1,916,944.0000	367,932.0000	
	10	11	N 67°01'38.20" O	99.925	11	1,916,983.0000	367,840.0000	
	11	12	S 63°26'05.82" O	8.944	12	1,916,979.0000	367,832.0000	
	12	1	S 47°24'11.82" O	123.988	1	1,916,286.0000	367,750.0000	

SUPERFICIE = 28,195.500 m²

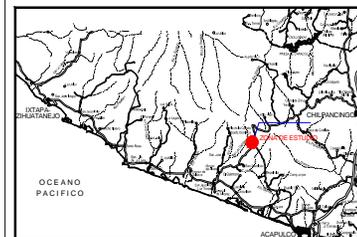
PLANO PERFIL DEL TERRENO CLAVE: A.2.7.2

ESCALA HORIZONTAL 1:500
ESCALA VERTICAL 1:200

ELABORÓ: ING. JUAN ANTONIO ARANDA AGUILAR
REVISÓ: ING. CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS

UNAM 113
DIRECCIÓN DE INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS EN COMUNIDADES RURALES DEL MUNICIPIO DE ATzacAC
ALBUQUERQUE, GUERRERO
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM, S.F.
NOVIEMBRE 2008

LOCALIZACION



SIMBOLOGÍA

- PREDIO DE RELLENO SANITARIO
- VERTICE DEL LINDERO

CUADRO DE CONSTRUCCION

LADO	EST	PY	RUMBO	DISTANCIA	V	C O O R D E N A D A S		
						X	Y	Z
1	2		S 37°18'14.21" E	26.401	2	1,916,886.0000	367,750.0000	
2	3		S 40°16'41.51" E	77.337	3	1,916,806.0000	367,816.0000	
3	4		S 62°09'09.82" E	38.471	4	1,916,788.0000	367,850.0000	
4	5		N 64°29'24.15" E	50.990	5	1,916,810.0000	367,896.0000	
5	6		N 90°01'07" E	60.000	6	1,916,810.0000	367,956.0000	
6	7		N 20°08'28.99" E	35.847	7	1,916,841.0000	367,974.0000	
7	8		N 12°20'20.71" E	33.757	8	1,916,873.0000	367,981.0000	
8	9		N 39°48'20.04" O	46.861	9	1,916,909.0000	367,951.0000	
9	10		N 28°29'44.37" O	39.825	10	1,916,944.0000	367,932.0000	
10	11		N 67°01'38.27" O	99.925	11	1,916,983.0000	367,840.0000	
11	12		S 67°29'05.82" O	8.944	12	1,916,879.0000	367,832.0000	
12	1		S 47°24'11.82" O	123.988	1	1,916,886.0000	367,750.0000	

SUPERFICIE = 28,195.500 m²

DATOS DE PROYECTO

POBLACION DE PROYECTO	3,107 Habitantes
RELLENO SANITARIO TIPO	"D"
GENERACION PROMEDIO DE RESIDUOS	1.81 Ton/día
AREA NECESARIA PARA LA DISPOSICION DE RESIDUOS	7,237.98 m ²
METODO DE CONSTRUCCION	"AREA"
VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS COMP. AL PERIODO DEL PROYECTO	14,592.70 m ³
VOLUMEN DE MATERIAL DE COBERTURA AL PERIODO DEL PROYECTO	2,918.54 m ³
ALTURA DEL RELLENO ESTIMADA	2.5 m
p DE RESIDUOS COMPACTADA	500 kg/m ³

PLANO DE DETALLA DE CELDAS Y CONJUNTO

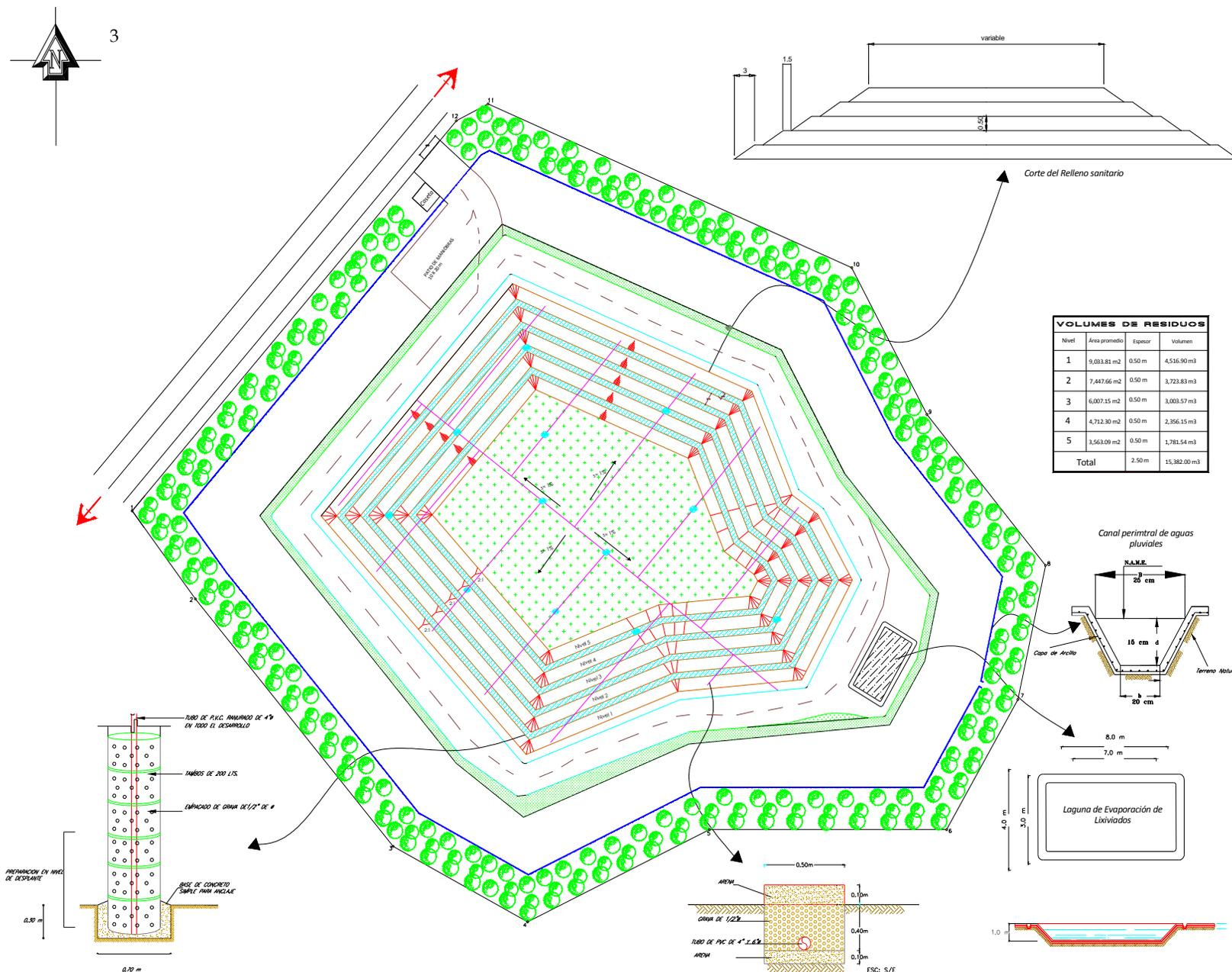
CLAVE: A.2.7.3

ELABORÓ: ING. JUAN ANTONIO ARAGA AGUILAR
REVISÓ: ING. CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS

UNAM
DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS EN COMUNIDADES RURALES DEL MUNICIPIO DE ATIZAPAC DE ALVAREZ, GUERRERO
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM, D.F.



3



A. 4. Diseño del sistema de tratamiento

Para la comunidad de “El Paraíso” se contempla el diseño de un sistema de tratamiento secundario basado en contactores biológicos rotativos, de igual manera todos los sistemas que acompañan a éste, como son el canal desarenador, un sedimentador secundario, el tanque de contacto de cloro y el lecho de secado de lodos.

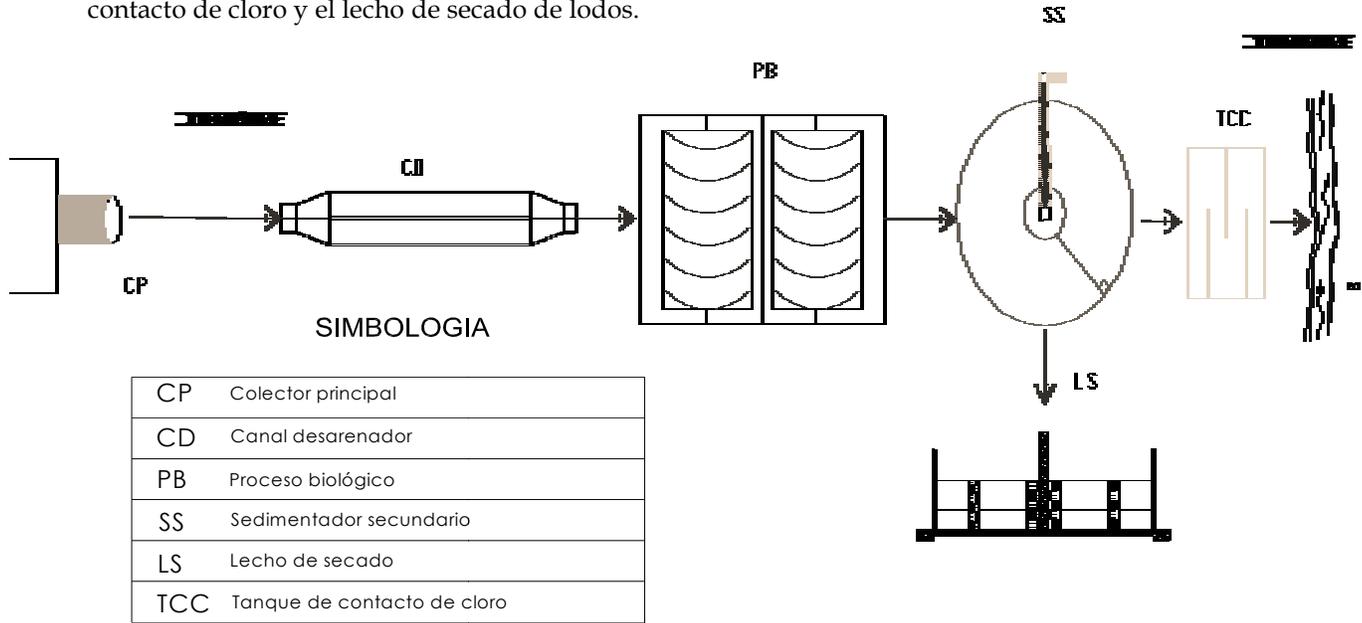


Figura no. 6. Sistema de tratamiento a elaborarse en El Paraíso

A.4.1 Diseño del canal desarenador

El desarenador tiene por objeto separar del agua cruda, las arenas y partículas en suspensión gruesas, con el fin de evitar se produzcan depósitos en las obras de conducción, proteger las bombas de la abrasión y evitar sobrecargas en los procesos posteriores de tratamiento. El desarenado se refiere normalmente a la remoción de las partículas superiores a 0.2 mm (CEPIS, 2005-1).

1. Datos para el cálculo del canal desarenador

Gasto máximo	23.22 L/s
Temperatura mínima del agua	20 °C
Diámetro de partícula	0.5 mm
Aceleración de la gravedad	9.81 m ² /s
Gravedad específica del agua	2.65
Viscosidad dinámica del agua	1.003 x 10 ⁻⁶ m ² /s
Factor de forma	0.85
Densidad del agua	998 kg/m ³
Densidad de la partícula	2650 kg/m ³

2. Determinación de la velocidad de sedimentación usando para ello la ley de Stokes

$$V_s = \frac{g(S_g - 1)d_p^2}{18\nu}$$

V_s	Velocidad de sedimentación
d_p	Diámetro de partícula
g	Aceleración de la gravedad
S_g	Gravedad específica del agua
ν	Viscosidad dinámica del agua

Realizando este cálculo tenemos que $V_s = 0.224 \text{ m/s}$.

3. Analizando el número de Reynolds y si el $NR > 1$ entonces el cálculo no puede realizarse mediante la ley de Stokes, por tanto se debe de realizar utilizando la ley de Newton.

$$NR = \frac{(\phi)(V_s)(d_p)}{\nu}$$

NR	Número de Reynolds
V_s	Velocidad de sedimentación
d_p	Diámetro de partícula
ν	Viscosidad dinámica del agua
ϕ	Factor de forma

Realizando éste cálculo, tenemos un NR de 94.9, por lo cual tenemos que utilizar la fórmula de Newton y realizar varias iteraciones, obteniendo así, una velocidad de sedimentación de 0.86 m/s .

4. Cálculo de la velocidad de arrastre

$$V_a = k \sqrt{\left[\frac{\rho_p - 1}{\rho_w} \right]} \times d_p$$

V_a	Velocidad de arrastre
ρ_w	Densidad del agua
ρ_p	Densidad de la partícula
K	Constante = 12.5
d_p	Diámetro de la partícula

La velocidad de arrastre es de 0.359 m/s .

5. Velocidad de traslación horizontal (V_h)

$$V_h = \frac{1}{3} V_a$$

V_a	Velocidad de arrastre
V_h	Velocidad horizontal

La velocidad de traslación horizontal es de 0.119 m/s .

6. Área de la sección transversal

$$At = \frac{Q_{max}}{V_h}$$

At	Área transversal
Q_{max}	Gasto máximo extraordinario
V_h	Velocidad horizontal

El área de la sección transversal es de 0.195 m^2 .

7. Proponiendo valores de ancho y calculando valores de largo y profundidad

$$W = 0.60 \text{ m}$$

$$H = 0.40 \text{ m}$$

$$L = 5.0 \text{ m}$$

A.4.2 Diseño de vertedor

El flujo estará controlado por un canal parshall (garganta), el cual es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal.

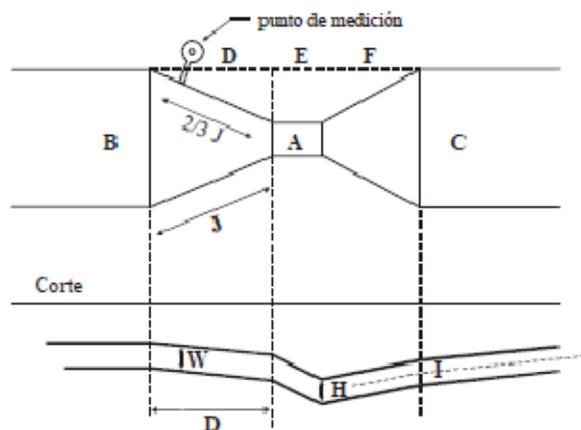


Figura no. 7. Canal parshall vista en planta y corte

Fuente: CEPIS, 2002

1. Cálculo de la sección "A" utilizando el gasto máximo y mínimo

Q_{max}	Gasto máximo	23.22 L/s
Q_{min}	Gasto mínimo	20 °C

A		Capacidad: L/s	
		Mínimo	Máximo
3"	7,6 cm	0,85	53,8
6"	15,2 cm	1,52	110,4
9"	22,9 cm	2,55	251,9

Fuente: CEPIS, 2002

2. Determinación de las dimensiones del canal en cm .

	A	J	D	C	B	G	E	F	I	H
1"	2.5	36.3	35.6	9.3	16.8	22.9	7.6	20.3	1.9	2.9
3"	7.6	46.6	45.7	17.8	25.9	45.7	15.2	30.5	2.5	5.7
6"	15.2	61.0	61.0	39.4	40.3	61.0	30.5	61.0	7.6	11.4
9"	22.9	88.0	86.4	38.0	57.5	76.3	30.5	45.7	7.6	11.4

Fuente: CEPIS, 2002

Las medidas de esta unidad, se encuentran coloreado en rosa.

A.4.3 Diseño del sistema biológico

1. Determinación de las concentraciones de influente y efluente de la DBO soluble, de igual manera de los flujos a tratar.

Parámetro	Unidad	Efluente primario	Efluente objetivo
(Q) gasto	m ³ /día	385.34 ^(A)	----
DBO _{Total}	g/m ³	257.4 ^(B)	30 ^(C)
DBO _{Soluble}	g/m ³	149.40	15 ^(D)
SST	g/m ³	180	40 ^(C)

Nota: g/m³ = mg/L

(A) Véase tabla no. V-20

(B) Véase tabla no. IV-3

(C) En base a la NOM-001-SEMARNAT-1996 en su tabla no. 2 de protección a la vida acuática "PM".

(D) Valor obtenido de las relaciones siguientes:

$$DBO_{Soluble} = DBO_{Total} - DBO_{Suspendida}$$

$$DBO_{Suspendida} = C \times (SST)$$

Donde "C" es 0.5 para efluentes secundarios y 0.6 para efluentes primarios

2. Determinación del número de ejes de los discos biológicos rotatorios en la primera etapa

- Se asume que la remoción de carga orgánica de DBO Soluble (RCO) en la primera etapa es de **15 g/m²- día** (Metcalf & Eddy, 2004)
- Área requerida en la primera etapa

$$A = \frac{(Q_{medio}) \times (DBO_{soluble\ inicial})}{RCO}$$

Q_{medio}	Gasto medio	385.34 m ³ /día
$DBO_{soluble\ inicial}$	DBO soluble inicial	149.40 g/m ³
RCO	Remoción de carga orgánica	15 g/m ² -día

Por lo que los discos biológicos rotatorios en su primera etapa ocupara un área de **3837.98 m²**.

- Número de ejes

Se toma 9300 m²/eje, la cual es el área superficial estándar de cada unidad de discos biológicos rotatorios.

$$\text{Número de ejes} = \frac{A}{A_s}$$

A	Área	3837.98 m ²
A_s	Área superficial	9300 m ² /eje

Número de ejes = **0.413 ejes o unidades ≈ 1 eje o unidad**

3. Seleccionar el número de trenes y etapas

Asumir que cada tren tendrá 1 unidad o módulo

$$\text{Flujo/tren} = \frac{(Q_{medio})}{N_{trenes}}$$

Q_{medio}	Gasto medio	385.34 m ³ /día
N_{trenes}	Número de trenes	1 tren

Debido a que únicamente se propone un tren, entonces el gasto será el mismo, es decir **385.34 m³/día**.

4. Cálculo de la concentración de DBO Soluble en cada etapa del eje y el flujo en cada tren

Nota: únicamente existe 1 etapa, 1 solo tren y un solo módulo

S_n	Concentración de DBO soluble inicial en la etapa "n"	($S_n - 1$)= 149.4 mg/L
AS	Área superficial del disco en la etapa "n"	9300 m ²
Q_{medio}	Gasto medio	385.34 m ³ /día

$$S_n = \frac{-1 + \sqrt{1 + (4)(0.00974)(AS/Q_{medio})(S_n - 1)}}{(2)(0.00974)(AS/Q_{medio})}$$

Al final de la etapa 1 (única etapa) se tendrá una concentración de $S_n = 23.18 \text{ mg/L}$, sin embargo, al compararse con los efluentes objetivos, puede verse que se necesita de otra unidad o módulo, teniendo con ello 2 etapas, es decir 2 etapas con 1 módulo cada una.

Por lo que de igual manera se necesita calcular la concentración de DBO soluble en la etapa 2, para ello se toma como S_{n-1} a 23.18 mg/L y con esto tenemos una DBO Soluble al final de la etapa 2 de 8.02 mg/L y como el resultado se encuentra por debajo de la meta (efluente objetivo), entonces el proceso de diseño es satisfactorio.

5. Determinación de las cargas orgánicas e hidráulicas

- Carga orgánica en la etapa 1

$$L_{org} = \frac{(Q_{medio})(DBO_{soluble\ inicial})}{(No.\ de\ módulos\ en\ la\ primera\ etapa)(AS)}$$

L_{org}	Carga orgánica	g/m ² -día
AS	Área superficial del disco en la etapa "n"	9300 m ²
Q_{medio}	Gasto medio	385.34 m ³ /día
$DBO_{soluble\ inicial}$	DBO soluble inicial	149.40 g/m ³
No. de módulos	Número de módulos	1 módulo

Por lo que se tienen una $L_{org} = 6.19 \text{ g/m}^2 - \text{día}$

- Carga orgánica general

$$L_{org} = \frac{(Q_{medio})(DBO_{Total})}{(No.\ de\ etapas)(AS)(Módulos\ por\ etapa)}$$

L_{org}	Carga orgánica	g/m ² -día
AS	Área superficial del disco en la etapa "n"	9300 m ²
Q_{medio}	Gasto medio	385.34 m ³ /día
DBO_{total}	DBO total	257.40 g/m ³
Módulos por etapa	Módulos por etapa	1 módulo
No. etapas	Número de etapas	2 etapas

La carga orgánica general del sistema de tratamiento es de $5.33 \text{ g/m}^2 - \text{día}$

➤ Carga hidráulica

$$HLR = \frac{(Q_{medio})}{(No. de etapas)(AS)(Módulos por etapa)}$$

HLR	Carga hidráulica	m ³ /m ² -día
AS	Área superficial del disco en la etapa "n"	9300 m ²
Q_{medio}	Gasto medio	385.34 m ³ /día
DBO_{total}	DBO total	257.40 g/m ³
Módulos por etapa	Módulos por etapa	1 módulo
No. etapas	Número de etapas	2 etapas

La carga hidráulica del sistema es de $0.020 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-día}$

A.4.4 Diseño se sedimentador secundario

Los sedimentadores secundarios para sistemas de cultivo adherido son similares a los de tipo primario. La función primordial radica en sedimentar los sólidos suspendidos del tanque de acuerdo al periodo de retención que hayan tenido (César e. y Vázquez, 2002).

En los siguientes apartados se realiza el diseño del sedimentador secundario para la planta de tratamiento realizan de la localidad El Paraíso.

1. Datos para dimensionar al sedimentador secundario

Q_{medio}	Gasto medio	4.46 L/s = 385.34 m ³ /día
Q_{max}	Gasto máximo	15.48 L/s = 1337.47 m ³ /día
Relación L – W	Relación largo - ancho	4:1
OR	Carga superficial	40 m ³ /m ² -día

2. Cálculo del área superficial requerida en condiciones de caudal medio

$$As = \frac{Q_{medio}}{OR}$$

AS	Área superficial	m ²
Q _{medio}	Gasto medio	m ³ /día
OR	Carga superficial	m ³ /m ² - día

De acuerdo a lo anterior, el área superficial de sedimentador secundario es de **9.63 m²**.

3. Determinación de las dimensiones del área superficial para la relación (4:1)

$$L = \sqrt{\frac{As}{4}}$$

L	Longitud del lado más pequeño	m
As	Área superficial	m ²

La longitud del lado más pequeño es de 1.55 m, tomando éste valor y multiplicándolo por 4, las dimensiones son 1.55 m de ancho por 6.20 de largo, y por conveniencia nos quedan de **2 m de ancho por 7 de largo**.

En dado caso de ser circular, la determinación se realiza mediante:

$$d = \sqrt{\frac{As \times 4}{\pi}}$$

d	Diámetro del tanque	m
As	Área superficial	m ²

4. Determinación de la carga superficial y tiempo de retención para el flujo medio

- Considerando una profundidad de 2 m, se determina el volumen del tanque.

$$V = L \times W \times H$$

V	Volumen	m ³
L	Largo	m
W	Ancho	m
H	Profundidad	m

El volumen del tanque rectangular es de **28 m³**.

- Determinando la carga superficial para las medidas ajustadas.

$$As = \frac{Q_{medio}}{OR}$$

AS	Área superficial	m ²
Q _{medio}	Gasto medio	m ³ /día
OR	Carga superficial	m ³ /m ² - día

La carga superficial es de **27.52 m³/m²-día**.

- Determinación del tiempo de retención hidráulica.

$$TR = \frac{V}{Q_{medio}}$$

TR	Tiempo de retención	m^2
Q_{medio}	Gasto medio	$m^3/día$
V	Volumen	m^3

El tiempo de retención hidráulica en horas es de **1.72** .

A.4.5 Diseño de tanque de contacto de cloro

Como última etapa durante el tratamiento secundario del agua residual es la desinfección. Su propósito primordial es el de destruir cualquier organismo patógeno que pudiera haber sobrevivido al proceso de tratamiento, protegiendo así la salud pública.

La importancia radica en el momento en que el efluente secundario será descargado en un cuerpo receptor, usado ya sea para el consumo humano u alguna otra actividad que involucre al ser humano.

1. Datos para dimensionar el tanque de contacto de cloro

Q_{medio}	Gasto medio	4.46 L/s = 385.34 $m^3/día$
Q_{max}	Gasto máximo	15.48 L/s = 1337.47 $m^3/día$
Diseño del tanque de cloro mediante Q_{max}		
$T_{contacto}$	Tiempo de contacto de cloro	20 min

2. Cálculo del volumen del tanque.

$$V = Q_{medio} \times T_{Contacto}$$

$T_{contacto}$	Tiempo de contacto del cloro en días	días
Q_{med}	Gasto medio	$m^3/día$
V	Volumen	m^3

El volumen del tanque es de **18.57 m^3** .

- Considerando una profundidad de 1.5 m, entonces el *As (área superficial)* es de **12.38 m^2** .
- Considerando un ancho de 2 m, por lo que el largo es de 6 m .

3. Las dimensiones finales

L = 6 m
 W = 2 m
 H = 1.5 m

A.4.6 Diseño de lecho de secado

La deshidratación es un procedimiento físico en el cual el contenido de humedad se reduce y el contenido de lodos aumenta.

La deshidratación de lodos provenientes de la planta de tratamiento es necesaria porque

- ✚ Es más eficiente el transporte de lodos.
- ✚ Se disminuyen la manipulación y el almacenamiento de los mismos.
- ✚ Se logra el contenido mínimo requeridos de sólidos para el relleno de terrenos.
- ✚ Se obtiene un contenido menor de lodos ya sea para realizar compostaje u otro tratamiento.

En el apartado siguiente se diseña un lecho de secado, el cual es el método más común para secar a estos sobre todo en pequeñas plantas de tratamiento (Crites - Tchobanoglous, 2000).

1. Datos para dimensionar el lecho de secado

A	Área del lecho	m^2
S	Producción anual de lodo, sólidos secos	kg/año
S_d	Porcentaje de sólidos secos de lodo después de la decantación	Decimal
S_e	Porcentaje de sólidos secos de lodo para disposición final	Decimal
P	Precipitación anual	m/año
F	Factor de conversión	1000
k_e	Factor de reducción para el lodo contra una superficie libre del agua	kg/m ³ Decimal (0.6)
E_p	Tasa de evaporación del agua libre	m/año

Suponiendo los siguientes datos⁵:

$$S_d = 8.00\%$$

$$S_e = 35\%$$

$$E_p = 120 \text{ cm/año}$$

$$P = 0.46 \text{ m/año}$$

$$F = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$K_e = 0.6$$

$$S = 15,990.65 \text{ kg/año}$$

$$A = \frac{1.04 S \left[\frac{1 - S_d}{S_d} - \frac{1 - S_e}{S_e} \right] + P \times A \times F}{K_e \times E_p \times F}$$

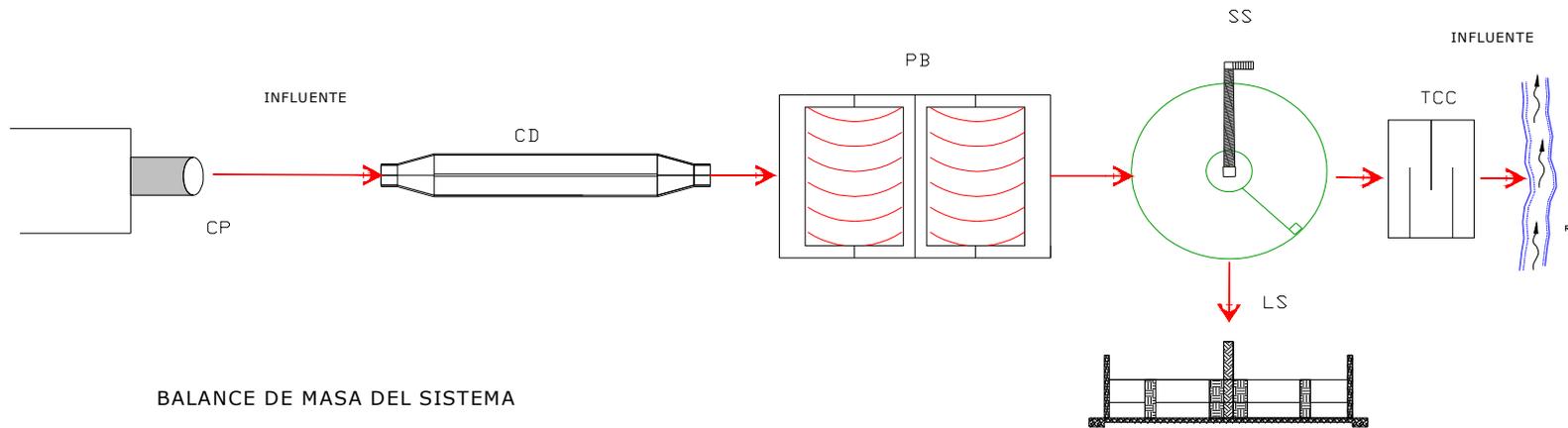
2. Cálculo del área de lecho

$$A = 616 \text{ m}^2$$

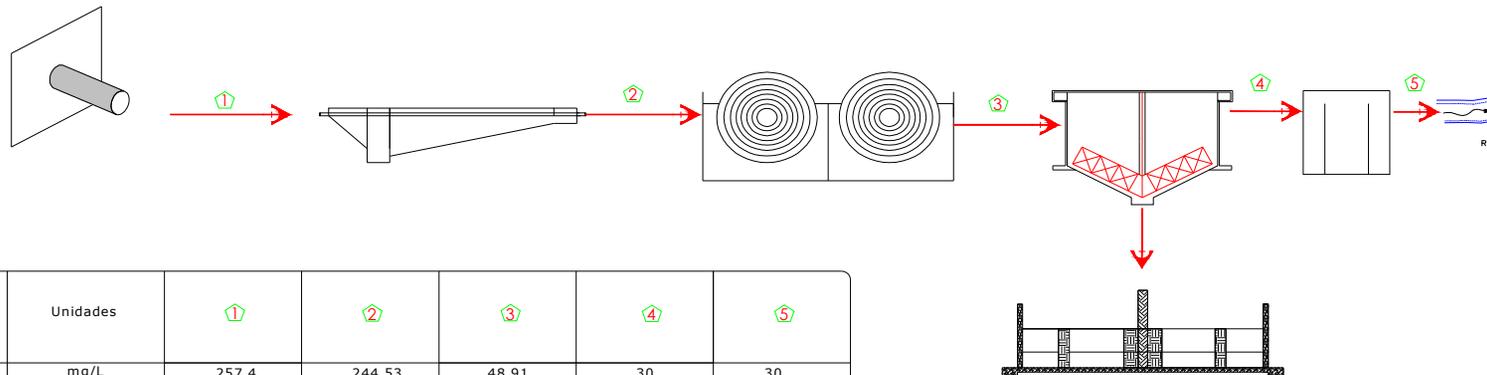
⁵ Los datos fueron obtenidos de Crites - Tchobanoglous, 2000

A.4.7 Planos del diseño conceptual del sistema de tratamiento

DIAGRAMA GENERAL DE PROCESO

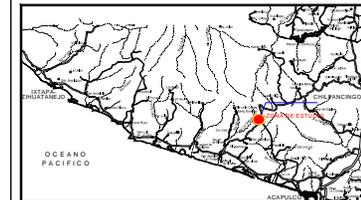


BALANCE DE MASA DEL SISTEMA



Parámetro	Unidades	1	2	3	4	5
DBO ₅ Total	mg/L	257.4	244.53	48.91	30	30
DBO ₅ Soluble	mg/L	149.40	141.93	28.39	15	15
SST	mg/L	180	162.00	40.00	40	40

LOCALIZACIÓN



SIMBOLOGÍA

CP	Colector principal
CD	Canal desarenador
PB	Proceso biológico
SS	Sedimentador secundario
LS	Lecho de secado
TCC	Tanque de contacto de cloro

DATOS DE PROYECTO

Q _{min}	2.23 Lps
Q _{med}	4.46 Lps
Q _{max}	15.48 Lps

Datos de Entrada

DBO total	257.4 mg/L
DBO soluble	149.40 mg/L
SST	180 mg/L

Datos de Salida

DBO total	30 mg/L
DBO soluble	15 mg/L
SST	40 mg/L

DIAGRAMA DE PROCESO Y BALANCE DE MASA

CLAVE: A.4.7

ELABORÓ: ING. JUAN ANTONIO ARAIZA AGUILAR
REVISÓ: ING. CONSTANTINO GUTIERREZ PALACIOS



REFERENCIAS

- ✚ **Anuario Estadístico del Sector Salud. (2007).** Comunidad El Paraíso. Atoyac de Álvarez, Guerrero.
- ✚ **APHA-AWWA. (1992).** Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ed. Díaz de Santos. Madrid, España.
- ✚ **Bernal, D. P. et al. (2003).** Guía de selección de tecnología para el tratamiento de aguas residuales domesticas por métodos naturales: una metodología con énfasis en aspectos tecnológicos. Universidad del valle. Cali, Colombia.
- ✚ **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, (CEPIS).** (En línea), (fecha de consulta: el 10 de diciembre del 2008). Disponible en World Wide Web: <http://www.cepis.org.pe/cepis/e/cepisacerca.html>
- ✚ **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, (CEPIS).** (2005). Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Lima-Perú. [1]
- ✚ **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, (CEPIS).** (2005). Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización. Lima-Perú.
- ✚ **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, (CEPIS).** (1997). Guía para el manejo de los residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. Lima-Perú.
- ✚ **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, (CEPIS).** (2002). Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua: manual de capacitación para operadores. Lima- Perú.
- ✚ **César E. y Vázquez A. (2002).** Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.
- ✚ **Colli-Misset, J. (2003).** Paquetes tecnológicos para el tratamiento de excretas y aguas residuales en comunidades rurales. Manual de diseño de agua potable alcantarillado y saneamiento. Libro II 3ª sección Tema 3.3. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Primera Reimpresión. Jiutepec, Morelos, México.
- ✚ **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).** (En línea), registro público de derechos de agua, (fecha de consulta: el 15 de diciembre del 2008). Disponible en World Wide Web: <http://www.cna.gob.mx>
- ✚ **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).** (2003). Manual de agua potable y alcantarillado (MAPAS). Módulo de proyectos de agua potable, alcantarillado, potabilización y tratamiento. Gerencia de Normas Técnicas. México.

-
-
- ✚ **Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO).** Metadatos y cartografía. (En línea), (fecha de consulta: 20 marzo de 2008). Disponible en World Wide Web: http://www.conabio.gob.mx/informacion/geo_espanol/doctos/cart_linea.html
 - ✚ **Consejo Nacional de Población (CONAPO).** (En línea), (fecha de consulta: el 15 de diciembre del 2008). Disponible en World Wide Web: <http://www.conapo.gob.mx/>
 - ✚ **Crites, Tchobanoglous. (2000).** Tratamiento de aguas residuales en pequeñas comunidades. Primera edición. Ed. McGraw-Hill Interamericana S. A. Colombia.
 - ✚ **Depuranat, Instituto Tecnológico de Canarias.** (En línea), (fecha de consulta: el 1 de febrero del 2009). Disponible en World Wide Web: <http://depuranat.itccanarias.org>
 - ✚ **Doreen Salazar. (2003).** Guía para el manejo de excretas y aguas residuales municipales. Programa Ambiental Regional para Centroamérica.
 - ✚ **Enciclopedia de los municipios.** Atoyac de Álvarez, Guerrero. (En línea), (fecha de consulta: 13 mayo de 2008). Disponible en World Wide Web: <http://www.e-local.gob.mx>
 - ✚ **Environmental Protection Agency (EPA). (1994).** Environmental Planning for Small Communities. United States.
 - ✚ **Fernández Villagómez. (2007).** Manual de laboratorio de química de agua. Facultad de Ingeniería, División de estudios de posgrado, 2a. edición. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México.
 - ✚ **Fisicanet.** Tratamiento de agua efluentes. (En línea), (fecha de consulta: 10 Junio de 2008). Disponible en World Wide Web: <http://www.fisicanet.com.ar>
 - ✚ **González M. et al. (1989).** Diseño de biodiscos. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Instituto de Ingeniería, México, D.F.
 - ✚ **Heredia C. et al. (2007).** Guía para la revisión de proyectos ejecutivos, planes de regularización o evaluación de la conformidad según la NOM-083-SEMARNAT-2003. México.
 - ✚ **Hernández B. (2002).** Manual para la rehabilitación, clausura y saneamiento de tiraderos a cielo abierto en el estado de México. México
 - ✚ **Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).** "Censo general de población y vivienda". (En línea), (fecha de consulta: 1 marzo de 2008). Disponible en World Wide Web: www.inegi.org.mx.
 - ✚ **Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2006).** Levantamiento georeferenciado de la problemática ambiental de la cuenca del Río Atoyac. Guerrero, México.
 - ✚ **Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (1994).** Lagunas de estabilización como alternativas de tratamiento de bajo costo. Aplicabilidad y criterios de diseño. Curso – taller. CNA, organización panamericana de la salud. México.

-
-
- ✚ **Jaramillo J. (2002).** Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Universidad de Antioquia, Colombia.

 - ✚ **Lara González. (1991).** Alcantarillado. División de ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica, Departamento de Ingeniería Sanitaria, Universidad nacional autónoma de México (UNAM). México.

 - ✚ **Ley Federal de Derechos. (2008).** Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales.

 - ✚ **Metcalf & Eddy. (2004).** Wastewater Engineering Treatment and Reuse, 4th ed. McGraw Hill. United States.

 - ✚ **Norma Mexicana NMX-AA-003-1980.** Muestreo de aguas residuales.

 - ✚ **Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996,** Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

 - ✚ **Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003,** Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

 - ✚ **Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994,** Salud ambiental, agua para uso y consumo humano, límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

 - ✚ **Norma Oficial Mexicana NOM-230-SSA1-2002,** Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.

 - ✚ **Pro-Regiones. (2006).** Diagnóstico de manejo de residuos sólidos municipales en el municipio de Atoyac de Álvarez guerrero. Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, División de Ingenierías Civil y Geomática, Facultad de Ingeniería, UNAM. Pro regiones-Gobierno del Municipio de Atoyac de Álvarez. México.

 - ✚ **Röben Eva. (2002).** Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales. Deutscher Entwicklungsdienst (DED)/ Ilustre Municipalidad de Loja, Ecuador.

 - ✚ **Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). (1996).** Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales. México.

 - ✚ **Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). (2001).** Manual técnico - administrativo para el servicio de limpia municipal. México.

 - ✚ **Unda Opazo. (1993).** Ingeniería Sanitaria. Aplicada a Saneamiento y Salud Pública. Editorial Limusa. México.

-
-
- ✚ **Van Haandel y Lettinga. (1994).** Anaerobic Sewage Treatment. Ed. John Wiley & Sons. Chichester, England.
 - ✚ **Wagner E.G, Lanoix J.N. (1960).** Evacuación de excretas en las zonas rurales y en las pequeñas comunidades. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.