

FUES  
1501  
B638f  
1995  
EJ 1

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**



**"FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE RELLENO  
SANITARIO NO MECANIZADO PARA LA  
CIUDAD DE ILOBASCO"**

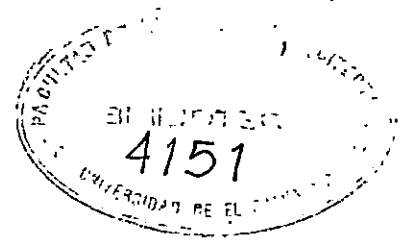
**TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:**

**BERNARDO VITELIO BLANCO ECHEGOYEN  
MARIO EDUARDO HENRIQUEZ QUIJADA  
ROLANDO NESTOR ESPAÑA ACEVEDO**

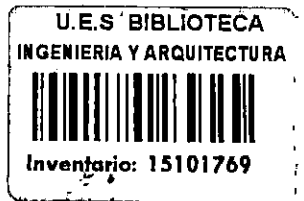
15101769, 15101769

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**



**CIUDAD UNIVERSITARIA, DICIEMBRE DE 1995.**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**DR. JOSE BENJAMIN LOPEZ GUILLEN**

**RECTOR**

**LIC. ENNIO ARTURO LUNA**

**SECRETARIO GENERAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**ING. JOAQUIN ALBERTO VANEGAS AGUILAR**

**DECANO**

**ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS**

**SECRETARIO**

**ESCUELA INGENIERIA CIVIL**

**ING. JULIO EDGARDO BONILLA ALVAREZ**

**DIRECTOR**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**"FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE  
RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO  
PARA LA CIUDAD DE ILOBASCO"**

**TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:**

  
\_\_\_\_\_  
**COORDINADOR: ING. MIGUEL ANGEL RIVAS MONTERROSA**

  
\_\_\_\_\_  
**ASESOR: ING. JOAQUIN SERRANO CHOTO**

  
\_\_\_\_\_  
**ASESOR: ING. JUAN GUILLERMO UMAÑA GRANADOS**

**SAN SALVADOR, DICIEMBRE DE 1995.**

## AGRADECIMIENTOS

**A DIOS:** De quien proviene toda dádiva y todo Don perfecto, quien produce tanto el querer como el hacer, y quien me permite ahora llegar a finalizar mi carrera universitaria, bendiciéndome y guardandome en todo momento durante realizé mis estudios.

**A MIS PADRES:** Bernardo Vitelio Blanco Villalta  
Inés Echegoyén Cárcamo,  
Por el apoyo incondicional y constante que me brindaron.

**A MIS HERMANAS:** Mery Aishel, Dina Inés y Ana Ruth ,  
Con mucho amor por su apoyo moral.

**A PERSONAS  
ESPECIALES:** Mi esposa Rosa Alba, mis hijos Bernardo Isaías, Débora  
Gabriela y David Ismael ,  
Por su apoyo y sacrificio incondicional.

**A MIS FAMILIARES:** De manera especial a mi tía Maribel Villalta, por su apoyo moral y financiero; además a mis suegros Salvador Arias y Trinidad de Arias por su apoyo desinteresado y muy valioso.

**A MIS AMIGOS(AS)  
Y COMPAÑEROS  
DE TRABAJO:** Estela, Janeth, Oscar y Rafael por su apoyo y ayuda oportuna en el momento preciso.

BERNARDO VITELIO

## AGRADECIMIENTOS

- A DIOS:** Quien me ha brindado la vida y la fuerza necesaria para llegar a este momento tan importante de mi vida.
- A MIS PADRES:** Mariano Henríquez Cerritos, Rosa Mélida Quijada, por su apoyo moral y espiritual durante toda la trayectoria de mi carrera que me impulsó a salir adelante.
- A MIS HERMANOS:** Delmy, Beatriz, José Ricardo, Waldo Ernesto, América, Zalia, Wilfredo, Armando, Carolina y Mario (Q.D.G.D)
- A MI ESPOSA:** Mayra Esther por su apoyo incondicional brindado en este momento tan especial a quien dedico con amor.
- A MI HIJA:** Andrea Sugghey quien cada día sirve de motivación para alcanzar mis metas, con todo amor.
- A MIS FAMILIARES:** Que son parte de la felicidad que siempre compartimos.

MARIO EDUARDO HENRIQUEZ QUIJADA

## AGRADECIMIENTOS

- A MIS PADRES : *Roberto de Jesús España Recinos (Q.E.P.D.) e Ilma Angela Acevedo Acevedo, por su sacrificio, apoyo y dedicación en mi educación.*
- A MI QUERIDA TIA : *Iris Aminta Acevedo Acevedo, por su continuo y desinteresado apoyo en mis estudios.*
- A MI PRIMA : *Claudia Lorena Granados Acevedo, con mucho cariño y agradecimiento por la valiosa y oportuna ayuda que siempre me ha brindado*
- A MI HERMANA : *Iris Adela España Acevedo, quien me dió su oportuno apoyo.*
- A MI ESPOSA E HIJOS : *Margoth Elizabeth Marroquín, Jessica Arely, Néstor Daniel y Rubén Ignacio, por su sacrificio y comprensión dedicado para la consecución de esta meta.*
- AL ALMA MATER Y PUEBLO SALVADOREÑO: *Al Alma Mater, por proporcionar los conocimientos técnicos y humanos. Al pueblo salvadoreño por el esfuerzo en la lucha por transformar este país, en un país mejor para las futuras generaciones.*

ROLANDO NESTOR

# INDICE GENERAL

DESCRIPCION	PAGINA
INTRODUCCION GENERAL	1
CAPITULO 1 ANTEPROYECTO	
1.1 ANTECEDENTES	5
1.2 OBJETIVOS	7
1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES	9
1.4 JUSTIFICACION	11
CAPITULO 2 MARCO TEORICO	
2.1 CARACTERISTICAS DE LOS DESECHOS SOLIDOS	13
2.2 ETAPAS PRINCIPALES DE LOS SISTEMAS DE ASEO MUNICIPAL	20
CAPITULO 3 LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE LA CIUDAD DE ILOBASCO Y AREA DE ESTUDIO	
3.1 LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE ILOBASCO Y EL AREA DE ESTUDIO	45
3.2 SITUACION ACTUAL DEL MANEJO DE LOS DESECHOS SOLIDOS	49
CAPITULO 4 ESTUDIOS BASICOS	
4.1 ESTUDIO DE GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS	
4.1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	56
4.1.2 ALCANCES DEL ESTUDIO	57
4.1.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO	58

4.1.4 MARCO CONCEPTUAL	60
4.1.5 METODO DE TRABAJO	83
4.1.6 RESULTADOS OBTENIDOS	99
4.2 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	
4.2.1 OBJETVOS DEL ESTUDIO	125
4.2.2 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO	126
4.2.3 MARCO CONCEPTUAL	127
4.2.4 METODO DE TRABAJO	131
4.2.5 RESULTADOS OBTENIDOS	140
4.3 ESTUDIO HIDROLOGICO	
4.3.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	145
4.3.2 MARCO CONCEPTUAL	146
4.3.3 GENERALIDADES DE LAS CUENCAS	148
4.3.4 CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS CUENCAS	151
4.3.5 MORFOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO	164
4.3.6 GEOLOGIA DEL AREA DE ESTUDIO	165
4.3.7 DETERMINACION Y UBICACION DE ESTACIONES PLUVIOGRAFICAS EN CUADRANTES GEOGRAFICOS	166
4.3.8 SELECCION DE ESTACIONES PARA LA DETERMINACION DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA	168
4.3.9 DETERMINACION DEL TIEMPO DE CONCENTRACION	169
4.3.10 DETERMINACION Y ORDENAMIENTO DE DATOS PARA CALCULAR LA INTENSIDAD DE DISEÑO	171
4.3.11 CALCULO DE COEFICIENTES DE ESCORRENTIA	174



4.3.12 CALCULO DE CAUDALES	176
4.4 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
4.4.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	180
4.4.2 METODOLOGIA DE TRABAJO	182
4.4.3 DESCRIPCION DEL MEDIO AMBIENTE ANTES DE LA REALIZACION DEL PROYECTO	183
4.4.4 DETERMINACION DE LA RELACION CAUSA- EFECTO	188
4.4.5 ANALISIS DEL IMPACTO DEL PROYECTO	193
4.5 ESTUDIO DE RUTAS DE RECOLECCION DE DESECHOS SOLIDOS	
4.5.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	216
4.5.2 ALCANCES Y LIMITACIONES	217
4.5.3 MARCO CONCEPTUAL	218
4.5.4 METODO DE TRABAJO	236
4.5.5 RESULTADOS OBTENIDOS	240
CAPITULO 5 DISEÑO Y PRESUPUESTO	
5.1 PARAMETROS DE DISEÑO	276
5.2 DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO	292
5.3 PRESUPUESTO	305
CAPITULO 6 OPERACION Y MANTENIMIENTO	
6.1 CIERRE DEL BOTADERO ACTUAL	310
6.2 CONTROL DE OPERACIONES	312
6.3 MANO DE OBRA	313

6.4 HERRAMIENTAS	315
6.5 CONSTRUCCION DEL RELLENO SANITARIO	316
6.6 OPERACION DEL RELLENO SANITARIO	317
6.7 SEGURIDAD DE TRABAJO	326
6.8 VIAS DE ACCESO	329
6.9 ABASTECIMIENTO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS	330
6.10 CONTROL DE MOSCAS	330
6.11 MATERIAL DISPERSO	331
6.12 CONTROL DE INCENDIOS	332
6.13 DRENAJE DE GASES	332
6.14 MANTENIMIENTO Y CONSERVACION	333
6.15 PERSONAL A EMPLEAR	336
6.16 ETAPAS PRINCIPALES DE LA CONSTRUCCION DEL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE ILOBASCO	339
6.17 USO FINAL	347
CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1 CONCLUSIONES	350
7.2 RECOMENDACIONES	354
BIBLIOGRAFIA Y ANEXOS	362

**INTRODUCCION GENERAL**

El presente trabajo consiste en la elaboración del estudio de factibilidad y el diseño del relleno sanitario no mecanizado de la ciudad de Iobasco, Departamento de Cabañas.

Entendiéndose por factibilidad, la disponibilidad técnica con el que pueda desarrollarse la construcción, operación y mantenimiento del mismo.

Este proyecto se realizará en un terreno ubicado a 1.4 Kms. al poniente de la ciudad de Iobasco; departamento de Cabañas, el cual ha sido asignado por la Alcaldía Municipal de dicha ciudad y, la construcción será financiada por el Proyecto ALA 92/17, como parte del programa de Higiene Básica (HIBASA), que realiza la Unión Europea (CEE).

El presente trabajo consta de 7 capítulos, descritos de la siguiente manera:

El capítulo 1 contiene los ANTECEDENTES, OBJETIVOS, LIMITACIONES, ALCANCES y la JUSTIFICACION del presente trabajo de graduación.

En el capítulo 2 se describen las características de los desechos sólidos y las etapas principales de los sistemas de aseo municipal.

El capítulo 3 presenta la localización y descripción de la ciudad de Iobasco y el área de estudio, así mismo la situación actual del manejo de los desechos sólidos.

El ~~simbolo~~ *trabajo*

Seguidamente el capítulo 4 comprende los estudios básicos realizados para determinar la factibilidad técnica y obtener parámetros de diseño, en base a los resultados de los siguientes estudios:

- *Estudio de generación de desechos sólidos*, el cual determina la producción y características de los desechos sólidos ~~de la ciudad de Hobasco, y que se aplicó a las viviendas, mercado y comercios del sector urbano de la ciudad de Hobasco.~~
- *Estudio de mecánica de suelos* efectuado en el terreno asignado ~~por la Alcaldía municipal de Hobasco,~~ con el objeto de evaluar el grado de permeabilidad y la calidad de los suelos del sitio.
- *Estudio hidrológico*, del sector en que se encuentra ubicado dicho terreno, con la finalidad de cuantificar la cantidad de escorrentía superficial que debe drenarse en su etapa de operación y mantenimiento.
- *Estudio de impacto ambiental*, con el objeto de determinar las medidas de mitigación, que deben realizarse durante el funcionamiento del relleno sanitario.
- *Estudio de Rutas*, el cual propone una alternativa de rutas sectorizadas ~~por la alcaldía municipal de Hobasco,~~ con los vehículos que actualmente se disponen para la recolección de desechos sólidos.

A continuación el capítulo 5 presenta los cálculos efectuados en el diseño del relleno sanitario no mecanizado.

El capítulo 6 establece la forma en que debe operar el relleno sanitario durante su funcionamiento y una sugerencia sobre el uso final del terreno.

Finalizando con el capítulo 7, el cual contiene las conclusiones y recomendaciones generales del presente trabajo.

Al final del documento se presenta la BIBLIOGRAFIA en la cual se basa el desarrollo del presente trabajo y los respectivos ANEXOS

**CAPITULO 1**

**ANTEPROYECTO**

## 1.1 ANTECEDENTES

### INTRODUCCION

La importancia que tienen los aspectos de salud en nuestro país, así como el deterioro del medio ambiente obliga a las instituciones gubernamentales y privadas a realizar tareas encaminadas a resolver dicho problema de forma integral.

El relleno sanitario es la técnica de disposición final de desechos sólidos que no necesita gran cantidad de recursos humanos y económicos para su ejecución. Tomando en cuenta las limitaciones tecnológicas y económicas que tienen los países en vías de desarrollo, la Organización Panamericana de la Salud ha realizado estudios en los cuales recomienda la implementación de rellenos sanitarios manuales (no mecanizados o parcialmente mecanizados), ya que dichas técnicas pueden ser aplicadas a poblaciones pequeñas.

El manejo manual de la basura tuvo su origen en los países desarrollados, pero esta práctica fue abandonada por el alto costo de la mano de obra y el desarrollo de maquinaria sofisticada con alto rendimiento. Sin embargo en Argentina en 1976 se iniciaron proyectos de este tipo, en 1989 ya se tienen experiencias exitosas en Colombia específicamente en Medellín, en Perú el Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA) desarrolla rellenos sanitarios manuales en el distrito de Ale Vitarte en la ciudad de Lima en 1992.

En el Salvador es hasta el año de 1977, que se implementa la modalidad de rellenos sanitarios mecanizados aunque es desarrollada en forma deficiente, por lo que en 1991, se dan ciertas recomendaciones para estos rellenos en una consultoría de la OPS hecha en mayo de 1991, por el Ingeniero Engracia de Oliveira. Posteriormente el 18 de septiembre de 1992 se realizó un perfil de factibilidad en el que se recomendó el uso de un relleno sanitario manual en la ciudad de Sensuntepeque del Departamento de Cabañas el cual fue llevado a cabo por el Ingeniero José Antonio Hernández Acosta para la OPS/OMS. Y a finales de 1993 se elabora el estudio técnico financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional, construyéndose así el primer relleno sanitario manual, que actualmente sirve como prototipo en el país, pudiendo detectarse problemas de disponibilidad del material de cobertura que dificulta su operación y mantenimiento.



## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 GENERAL

- Determinar la factibilidad de construir y desarrollar un relleno sanitario no mecanizado (manual), en la ciudad de Ilobasco, tratando de disminuir los riesgos de contaminación ambiental y proteger la salud pública.

### 1.2.2 ESPECIFICOS.

- Determinar la generación de desechos sólidos para la ciudad de Ilobasco con el fin de establecer parámetros de diseño para ciudades con características similares.
- Contribuir a la disminución de factores de riesgos, que atentan contra la salud pública y a la vez aceleran el deterioro ambiental.
- Que los estudios y el diseño del relleno sanitario no mecanizado ( manual ) realizado, sirvan de guía a otras municipalidades para la implementación de dicha técnica de disposición final.

- Contribuir con la población de la ciudad de Ilobasco, <sup>Realizar</sup> realizando el estudio de factibilidad y diseño del manejo de desechos sólidos y que servirá para que la Comunidad Económica Europea CEE financie la construcción de la infraestructura necesaria para la operación del relleno sanitario no mecanizado (manual).
- Cumplir con la proyección social de la Universidad de El Salvador, a través de la investigación y el aporte de soluciones con tecnologías apropiadas para nuestro país.

## 1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.3.1 ALCANCES:

- Se pretende implementar en el país la técnica de rellenos sanitarios no mecanizados para la disposición final de los desechos sólidos.
- Determinar si es factible o no la técnica del relleno sanitario manual en el municipio de Ilobasco.
- Diseñar el relleno sanitario no mecanizado en el municipio de Ilobasco.

### 1.3.2 LIMITACIONES:

- Se debe tomar en cuenta que no se realizó la etapa de selección del sitio, debido a que la municipalidad asignó el terreno donde proyecta operar el relleno sanitario.
- El presente trabajo estará limitado en función del tiempo de ejecución y los estudios a efectuar se realizaron conforme a la disponibilidad de tiempo y recursos humanos y/o económicos.
- Se tendrá que considerar la limitación en cuanto a los recursos humanos y transporte para el estudio de generación de desechos sólidos.

- No se dispuso de las instalaciones adecuadas para efectuar los ensayos necesarios para la determinación de sub productos y peso volumétrico de los desechos sólidos según referencias bibliográficas del tema.
- En términos generales un estudio de factibilidad requiere de una inversión económica alta y el trabajo se orientará de acuerdo al aporte económico de las personas involucradas en el estudio y de otras entidades que apoyen este tipo de proyecto.
- Existen restricciones en cuanto al apoyo bibliográfico, debido a que son pocos los países, autores y textos que han desarrollado este tipo de técnica y se basará dicho trabajo en estudios y experiencias antes efectuadas.

## 1.4 JUSTIFICACION

En nuestro país el proceso de disposición final de los desechos sólidos casi en su totalidad consisten en botaderos a cielo abierto, los cuales son focos de contaminación y sirven de habitat de vectores y animales, aumentando el riesgo de propagación de enfermedades contagiosas.

Generalmente la construcción de un relleno sanitario mecanizado y su operación implica una alta inversión económica, tanto en la compra de equipo, herramientas, repuestos, combustible, y del personal requerido para su operación y mantenimiento. En vista de que las municipalidades carecen de capacidad económica que le permitan costear la operación y mantenimiento de un relleno sanitario mecanizado, se evaluará la factibilidad técnica para implementar el tipo de relleno no mecanizado (manual) en el que para su operación y mantenimiento no necesita de maquinaria pesada y que puede dar una buena perspectiva a nuestro país para la solución de la disposición final de los desechos sólidos.

Por lo antes mencionado, se considera necesario realizar el presente trabajo de graduación y contribuir a resolver los problemas antes mencionados.

# CAPITULO 2

## MARCO TEORICO

## **2.1 CARACTERISTICAS DE LOS DESECHOS SOLIDOS**

### **2.1.1 DEFINICION DE DESECHOS SOLIDOS**

Desperdicio o residuo (basura) proveniente de las diferentes actividades que el hombre realiza, pudiendo ser estos residuos de diferentes orígenes como son: doméstico, comercial, agrícola, industrial, químico, etc.

### **2.1.2 CARACTERISTICAS DE LOS DESECHOS SOLIDOS**

El estudio de las características de la basura constituye uno de los factores básicos para la solución del problema de las basuras y especialmente de la disposición final. Estas características son de carácter físico, químico y biológico, evaluables a través de los parámetros que se detallan a continuación:

#### **2.1.2.1 Características físicas.**

Lo interesante de estas características es que permiten realizar un análisis cuantitativo y cualitativo de los desechos sólidos.

### ***2.1.2.2 Características químicas.***

Las de mayor interés son:

- **Contenido de carbono, nitrógeno, fósforo y potasio**
- **Contenido de materia combustible**
- **Contenido de materia orgánica**
- **Contenido de humedad**

## ***2.1.3 COMPOSICION DE LOS DESECHOS SOLIDOS***

### ***2.1.3.1 Factores que inciden en la variación de la composición de los desechos sólidos.***

en general los factores principales son:

***a) Características de la ciudad.***

Depende de si la ciudad es industrial, turística, residencial o comercial.

***b) Climas y estaciones del año.***

Por ejemplo los residuos de alimento, vegetales y frutas, son diferentes según la estación del año y del clima.



**c) *Hábitos y nivel de vida***

Generalmente cuando mejor es el nivel de vida, los residuos sólidos contienen en proporción, menos materia orgánica y más papel, material de embalaje, residuos plásticos, etc. En las ciudades y países muy industrializados existen también dentro de los desechos, vehículos, aparatos electrodomésticos y neumáticos entre otros, lo que no ocurre en países no industrializados.

**d) *Períodos económicos***

Existen diferencias en los residuos, en período de depresión y crecimiento económico o en épocas de guerra y paz.

**e) *Tratamientos domiciliarios***

Hay algunos tratamientos domiciliarios que cambian la composición de los residuos sólidos desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo.

Entre ellos puede citarse el uso de trituradores de basura instalados en las cocinas, ya que los residuos de alimentos son triturados e introducidos al alcantarillado.

Así mismo el uso de incineradores cambian la composición transformando los residuos combustibles en cenizas.

**2.1.3.2 *Análisis de la composición de los desechos sólidos.***

La composición de los desechos sólidos puede analizarse bajo dos aspectos:

- *Composición cualitativa.*
- *Composición cuantitativa.*

*Composición cualitativa:*

En forma general, los desechos sólidos están constituidos por tres partes principales: Desperdicios orgánicos, desechos inorgánicos y cenizas (material fino).

Sin embargo, la composición de los residuos sólidos puede analizarse bajo varios aspectos según sea el criterio que se desea adoptar:

*a) Según los componentes*

- Restos de alimentos.
- Papel, hule, vidrios, hule, etc.
- Cenizas.
- Excremento de animales.
- Animales muertos.
- Residuos industriales (a veces son tóxicos y peligrosos).
- Residuos contaminados.

- Barrido de calles
- Resto de la poda de árboles, arbustos y grama.
- Restos de materiales de construcción o demolición.
- Vehículos, artefactos electrodomésticos, neumáticos, etc.
- Residuos provenientes del tratamientos de afluentes líquidos, por ejemplo los lodos de las plantas de tratamiento de aguas negras.
- Residuos proveniente de la explotación de minas y actividades mineras. (Estos residuos generalmente son abandonados en el lugar de la mina y no constituyen residuos sólidos urbanos).

*b) Desde el punto de vista económico*

- Residuos aprovechables:  
Vidrio, papel, metales, plásticos, materia orgánica, etc.
- Residuos no aprovechables.

*c) Desde el punto de vista de la incineración*

- Residuos no combustibles: Vidrio, cerámica, metales, etc.
- Residuos combustibles: Papel, tela, plásticos, etc.

d) *Desde el punto de vista de transformación en Compost.*

- Residuos orgánicos.
- Residuos inorgánicos.

e) *Desde el punto de vista del reciclaje*

Residuos susceptibles de reciclar por medio de algún proceso y que el producto resultante sea aprovechable a un costo razonable.

Como puede apreciarse la composición cualitativa de los residuos sólidos puede enfocarse bajo muchos aspectos, dependiendo de los intereses o puntos de vista de quien hace el análisis.

#### *Composición cuantitativa*

Los diversos componentes de los residuos sólidos varían en sus proporciones dependiendo del lugar y del tiempo. Una muestra tomada de un barrio o zona en un día determinado, va a variar en sus proporciones, con respecto a otra muestra tomada en el mismo barrio o zona, en otro día. Así mismo va a variar entre diferentes zonas o barrios.

Haciendo la anterior aclaración, se presenta a modo de ejemplo la composición típica de los residuos sólidos de una ciudad.

Material orgánico ..... 30 a 60%

Material inerte ..... 25 a 50%

Papel, plásticos ..... 10 a 20%

Metales ..... 3 a 5%

Vidrios y materiales cerámicos .. 3 a 5%

Es posible que al analizar una muestra de basura de una ciudad, las proporciones de la misma no están dentro de los rangos indicados, lo cual no sería extraño.

## **2.2 ETAPAS PRINCIPALES DE LOS SISTEMAS DE ASEO MUNICIPAL**

### ***2.2.1 ALMACENAMIENTO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS***

El almacenamiento o acondicionamiento es la acción de retener los desechos sólidos en un lugar seguro de tal forma que no cause contaminación del ambiente, ni problemas sanitarios ni de bienestar, hasta que sean entregados al servicio de recolección o sean procesados para su aprovechamiento.

Esta etapa es una responsabilidad directa de la población o del productor de los desechos sólidos.

El acondicionamiento inadecuado ofrece medios para la proliferación y desarrollo de las moscas, cucarachas y ratas, las que ocasionan condiciones de insalubridad que inciden desfavorablemente en la salud de las personas.

Por tal motivo es importante señalar las características de los recipientes para almacenar adecuadamente los desechos sólidos tomando en cuenta los aspectos ambientales como sanitarios y de estética.

#### ***2.2.1.1 Características de los recipientes***

Las características principales que deben tener los recipientes para acondicionar los desechos sólidos en forma apropiada dependerán principalmente del tipo de

desechos producidos y de la cantidad que es necesaria almacenar, según sea la frecuencia de recolección.

- Recipientes para uso domiciliar

Estos deben ser de tamaño pequeño y provistos de asas para que puedan ser manipulados con facilidad. Se recomienda una capacidad máxima de 100 litros, que corresponderá aproximadamente a 30 kgs. de peso, considerando una densidad de  $300 \text{ kg/m}^3$ .

Preferentemente deben tener forma tronco-cónica para que puedan ser vaciados con facilidad.

Deben tener tapadera que ajuste perfectamente para evitar la entrada de artrópodos y roedores.

Deben ser resistentes y a prueba de agua, pueden ser metálicas o plástico.

Puede mejorarse el acondicionamiento de la basura construyendo bases para los recipientes. Las bases pueden ser estructuras de hierro o madera con una altura de 30 centímetros, sobre el suelo. También pueden usarse postes con ganchos para colgar los recipientes que al estar elevados sobre el suelo se reduce la corrosión, se facilita la limpieza, se impide que los roedores se abriguen bajo ellos y se disminuyen las posibilidades de vuelco.

- Recipientes especiales

En mercados, supermercados, establecimientos comerciales, grandes cocinas, escuelas, hospitales, o en pequeños conjuntos habitacionales, pueden usarse

recipientes especiales de gran capacidad, a veces dotados de rodos o colgados sobre pequeños carros.

Los recipientes son vaciados por camiones especiales dotados de ganchos y otros dispositivos de elevación o basculamiento.

Estos recipientes son muy prácticos y convenientes, pero dependen de una oportuna frecuencia de recolección vehicular y en el caso de los recipientes que son transportados en forma de basculamientos, estos se conducen por las ciudades, con el riesgo de esparcir la basura por toda la calle sin que se proteja con una lona el depósito.

#### *2.2.1.2 Recomendaciones para el almacenamiento apropiado de los desechos sólidos.*

- *Selección del recipiente.*

Se requiere la normalización de recipientes para aumentar el rendimiento en la recolección de basura. A continuación se presentan los factores a considerar al establecer estándares para los recipientes:

a) *Tamaño manejable y forma:*

1- Dependiendo del desecho domiciliar, institucional, comercial o industrial.

2- Forma conveniente, diámetro de disminución gradual desde la boca al fondo para facilitar el vaciado.



b) Material

1- Los utilizables deben ser de fuerte estructura, fáciles de limpiar, incluye los de metal y plástico.

2- Desechables, incluyen bolsas de papel kraft forrados en plástico y sacos plásticos.

c) Confinamiento completo del contenido

1- Protección contra las inclemencias del tiempo.

2- Prevención de derrames.

3- Exclusión de vectores.

d) Provisión de agarraderas convenientes.

En los países en desarrollo no es común el uso de bolsas de papel ni de plástico desde un punto de vista económico. Los recipientes más comunes en estos países son los barriles metálicos de 200 litros, puestos que son baratos y fáciles de conseguir. Sin embargo, se necesitan dos obreros para vaciar el contenido de estos barriles y es muy pesado y peligroso el trabajo de levantamiento a las cajas de los camiones convencionales.

### ***2.2.1.3 Adecuada manipulación de los residuos putrescibles***

Es conveniente que los residuos orgánicos de la cocina sean envueltos en papel antes de depositarlos en los recipientes. Con esta medida se reducen los olores desagradables, se disminuye el acceso de las moscas, se reduce la corrosión de los recipientes metálicos y se facilita vaciar los recipientes.

También es conveniente poner dentro del recipiente una bolsa plástica abierta que cubra los bordes del mismo.

El recipiente debe tener colocada la tapadera, la cual se levanta únicamente para depositar la basura dentro de la bolsa.

Otra preocupación en nuestro medio es la utilización de recipientes en los servicios sanitarios, para se depositar el papel higiénico utilizado en la limpieza después de defecar, el cual posteriormente mezclado con los desechos domésticos contribuyen a la contaminación fecal en los basureros a cielo abierto.

Por tal razón se debe de comenzar a educar a toda la población para depositar el papel higiénico en el servicio sanitario, puesto que el arrastre de agua desintegra el papel y no tapanía una tubería de 4 pulgadas de diámetro, que es la especificada para la salida de un servicio sanitario que conecta a un colector de un mayor diámetro.

#### ***2.2.1.4 Conservación de los recipientes y de sus alrededores en condiciones higiénicas.***

- Es muy importante efectuar la limpieza y lavado de los recipientes después de la recolección, ya que gran parte de la reproducción de moscas y cucarachas ocurre en la basura acumulada en el fondo y en los lados del recipiente.
- Los lugares alrededor del recipiente deben ser mantenidos libres de basuras y limpios para evitar roedores, moscas y cucarachas. Es conveniente el uso de insecticidas.

#### ***2.2.2 RECOLECCION Y TRANSPORTE DE LOS DESECHOS SOLIDOS***

Puede definirse como el proceso de recolección de desechos sólidos en varios sitios de almacenamiento con el fin de trasportarlos hasta el sitio de tratamiento o disposición final.

El servicio de recolección es la parte más costosa del servicio de limpieza y puede alcanzar del 70 al 85% del costo total.

El sistema de recolección y transporte debe estudiarse cuidadosamente a fin de que sea satisfactorio y eficiente.

En un análisis deben considerarse múltiples aspectos dentro de los cuales los más importantes son:

- 1- Zonas a servir (cobertura)
- 2- Tipo y cantidad de desechos sólidos a recolectar
- 3- Tipo de organización del servicio de recolección
- 4- Frecuencia y horario de recolección
- 5- Diagrama de rutas de recolección
- 6- Selección de la cantidad tipo y tamaño de los vehículos de recolección.
- 7- Personal necesario
- 8- Uso de turnos
- 9- Adopción de jornadas o tareas

#### ***2.2.2.1 Frecuencia de la recolección***

La mayoría de las ciudades de América latina adopta una frecuencia diaria para la recolección de basura y así derrochan considerables recursos tales como equipos, personal y combustible, los cuales podrían ser mejor aplicados en otros servicios de limpieza pública en caso que hubiese una recolección periodica de basura (3 veces por semana).

La recolección diaria es necesaria solamente en las vías públicas con gran producción de residuos sólidos, como por ejemplo:

- Area central de la ciudad
- Calles de intenso comercio, y
- Vías de intenso tráfico y acceso al centro de la ciudad

En las vías públicas con mediana o baja producción de residuos, por razones económicas, la recolección de dos o tres días por semana de forma intercalada o un día de por medio es más aconsejable. La recolección intercalada conlleva a una economía del orden del 30 al 40% en relación con la recolección diaria.

Para el buen funcionamiento de la recolección intercalada es necesario que se cumplan los horarios rigurosamente y que se realicen persistentes campañas educativas instando a la colaboración y participación efectiva de los ciudadanos.

#### ***2.2.2.2 Equipos de recolección***

Los vehículos compactadores de recolección proporcionan ventajas económicas y sanitarias sobre los vehículos provisionales o sustitutos en la mayor parte de las situaciones.

##### **• Algunas ventajas económicas**

- a) Pueden acarrear una carga eficiente ya que la basura suelta se comprime.
- b) La carga puede vaciarse prontamente
  - 1- Las cajas de los camiones se vacían mecánicamente.
  - 2- Las cajas están provistas de planchas expulsadoras.
- c) Poca elevación del compartimiento de carga ( lo que facilita la recepción de cargas de desechos al personal de limpieza).
- d) Fabricados para resistir corrosión, raspaduras ocasionadas por el contenido.

- *Algunas ventajas sanitarias de seguridad y estética*

- a) Caja a prueba de escapes, cerrada.
- b) El vehículo está diseñado para facilitar su limpieza, tiene una apariencia aceptable.
- c) El vehículo es más seguro para la brigada y/o el tránsito.
  - 1- Su apariencia demuestra funcionamiento.
  - 2- Cuenta con comodidades adecuadas para la brigada y artefactos de seguridad, tales como: agarraderas, estribos, espejos, luces direccionales y señales para paradas de emergencia.

- *Algunas ventajas en los países en desarrollo*

- a) La compactación no es tan ventajosa debido a la alta densidad inicial de la basura.
- b) El mecanismo de compactación impone la necesidad de dotar de facilidades adicionales para el mantenimiento que no estarían disponibles en algunas ciudades.
- c) Generalmente los camiones compactadores deben ser importados provocando algunas veces el problema de las divisas y de repuestos.
- d) El mecanismo de compactación aumenta mucho el consumo de combustible.

- e) **El capital inicial de un compactador es mucho mayor que el de un camión convencional con mecanismos de descarga.**

**Los vehículos de recolección de caja abierta tienen usos prácticos para transportar.**

- a) **Artículos voluminosos.**
- b) **Desechos del arreglo de los patios, poda de árboles**
- c) **Algunos residuos industriales**
- d) **Recolección mediante el sistema de almacenamiento de sacos de papel.**

**Los sistemas de recipientes autónomos son los servicios autoservidos de remoción de basuras, parcialmente mecanizados.**

- a) **El usuario coloca la basura en el recipiente y se usa equipo especial para vaciar los recipientes.**
- b) **El recipiente puede vaciarse en el sitio de almacenamiento o puede ser llevado al sitio de disposición y vaciarse allí.**
- c) **La basura puede ser compactada en el punto de origen con un compactador estacionario, o en el camión de recolección, o puede que no se haga compactación alguna.**
- d) **Hay varios tipos de sistemas de recipientes autónomos:**

- 1- Recipiente para alzarse y acarrear, generalmente de 2.3 a 3.8 metros cúbicos de capacidad: se acarrea en el camión hasta el sitio de disposición final.
  - 2- Recipiente rodable para el camión de cargador lateral, generalmente de 0.76 a 2.3 metros cúbicos de capacidad: se levanta por el lado del camión y se vacía en la caja.
  - 3- Cargador trasero, similar al cargador lateral; algunos pueden acomodar las cajas de recolección por medio de un cable de acero que hala el recipiente para que se vacíe en la caja del camión.
  - 4- Cargador delantero, maneja recipientes de 0.761 a 7.6 metros cúbicos, brazos metálicos levantan el recipiente pasándolo hacia atrás sobre la cabina del operador, hasta vaciarlo en la caja.
  - 5- Recipientes acoplables. Receptáculos grandes de hasta 30.5 metro cúbicos o aún mayores, se halan con cables o con mecanismo hidráulico hacia un estibador motorizado que los lleva hasta el sitio de disposición.
- e) Los recipientes autónomos pueden limpiarse en el sitio de almacenamiento o disposición, o en el camión. Se consiguen limpiadores montados sobre camiones.

Las motonetas para recolección son vehículos livianos de tres ruedas buenas para maniobrar y capaces de llevar un metro cúbico de basura. Típicamente se usan para servir a un vehículo matriz o cargador trasero.



- a) Pueden ser utilizadas para motorizar las brigadas y acelerar, de este modo, la recolección. Los recipientes pueden mantenerse cerca de las casas.
- b) Se eliminan los problemas de llevar camiones grandes de recolección por callejones angostos o para agenciar tramos largos en el recorrido.
- c) Las motonetas pueden tener cajas descargadoras para vaciar directamente en el vehículo matriz; algunos usuarios prefieren las que tienen una pequeña base abierta que puede sostener cuatro receptáculos plásticos de acarreo, de 50 galones cada uno.

### ***2.2.3 TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS***

Desde que el hombre evolucionó hacia una vida sedentaria, los desperdicios o basuras han sido un problema, su acumulación en forma accidental o intencional de estos restos útiles, enseres y armas, previo estudio nos permite conocer formas de vida, costumbres, grado de cultura, alimentación, etc.

Estas acumulaciones originan problemas sanitarios; sin embargo, con el tiempo y estudios, gran parte de estos desperdicios se pueden transformar y utilizar; en la naturaleza nada se pierde, todo se transforma. Con el progreso y desarrollo aumentan los desperdicios, siendo en la actualidad una de las actividades más importantes que tienen que considerar nuestras municipalidades, la manipulación y disposición final de los desechos sólidos tienen un significado social de salud pública y económico y requiere de proyectos de ingeniería para darles solución. La basura se debe disponer en el hogar en forma sanitaria, conviene que la recolección al

interior de los domicilios, se realice a diario y las alternativas de la disposición final no signifiquen propagación de enfermedades, ya que su mala disposición conduce a criaderos de moscas, cucarachas, hormigas, roedores y las latas llenas de agua que se convierten en criaderos de mosquitos, estos vectores transmiten al hombre agentes productores de enfermedades.

### *2.2.3.1 Métodos de disposición final*

Los métodos de disposición final de basuras pueden dividirse en dos grandes grupos:

a) *En el mismo estado en que se recogen.*

- 1- Basureros a cielo abierto.
- 2- Relleno sanitario.
- 3- Al mar o ríos.

b) *Que implica tratamiento parcial o total.*

- 1- Incineración.
- 2- Fermentación
- 3- Eliminación al alcantarillado.
- 4- Alimentación de cerdos.
- 5- Recuperación y reciclaje.

**a) En el mismo estado en que se recogen.**

***a.1 Basureros a cielo abierto:*** Consiste en grandes depósitos receptores, situados en lugares que generalmente no han sido seleccionados; sitios donde se han sacado materiales de construcción, este sistema es el menos recomendado y no controlado por las autoridades, y constituye un foco permanente de insalubridad (contaminación visual).

Estos basureros abiertos siempre ocasionan molestias al vecindario, malos olores en épocas calurosas y abundancia de moscas, cucarachas, niguas, hormigas, roedores e incendios, también hay afluencia de pepenadores, animales, etc.

Desde el punto de vista sanitario se establece que de existir estos basureros deben estar como mínimo a 500 metros de cualquier vivienda y a 1000 metros de una fábrica de productos alimenticios o de una fuente de agua. Otra condición es que el lugar sea seco o que no se inunde, tenga sistema para impedir el deslave por lluvia, cerrarlo para evitar la entrada de menores de edad, animales, y en el mejor de los casos disponer de elementos necesarios para el exterminio de las moscas y ratones.

El personal encargado debe contar con botas, guantes, etc.

Es probable que el basurero a cielo abierto sea una solución satisfactoria para las municipalidades pequeñas, sin embargo, el aumento del costo que significa el transporte de desechos sólidos por un largo recorrido puede ser superior al valor de mantener un relleno sanitario bien explotado y en un sitio cercano a la ciudad.

a.2 Relleno sanitario: El relleno sanitario es un sistema de disposición final de basuras económico y satisfactorio, desde el punto de vista de la salud pública y casi en todo el mundo es la solución parcial e inmediata del problema.

En esencia, consiste en vaciar en un lugar convenientemente seleccionado, los desechos sólidos recogidos en el día y cubrirlos apropiadamente, previa compactación con tierra, ceniza, arena, ripio o polvo de barrido de las calles.

- Relleno sanitario no mecanizado o manual.

Este tipo de relleno sanitario se presenta como una alternativa técnica y económica, para poblaciones urbanas o rurales con poblaciones menores de 40,000 habitantes o poblaciones que generen hasta 20 toneladas diarias de basura.

Para el relleno sanitario no mecanizado solamente se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio, la construcción de vías internas, excavación de zanjas, etc. Esto implica gran demanda de mano de obra, pues las actividades de esparcimiento y compactación de la basura, como el compactado de material para las celdas y cobertura se efectúa manualmente.

En el caso de relleno sanitario mecanizado todo el proceso de disposición final de la basura se efectúa con la ayuda de maquinaria.

- **Los principios básicos de operación del relleno sanitario son:**

- a) Supervisar permanentemente el relleno sanitario en su operación.
- b) Compactar los desechos en capas de 15 a 30 cms. de espesor.
- c) La profundidad del relleno no debe pasar de 2.50 metros.
- d) Toda la basura recibida diariamente debe quedar cubierta con una capa de tierra de 10 a 15 centímetros.
- e) El recubrimiento final debe tener por lo menos 60 cms. de espesor.
- f) Cuando hay animales muertos se recubren con una capa de 60 cms.
- g) Adoptar medidas para evitar el esparcimiento de papeles
- h) Adoptar medidas necesarias para evitar incendios y desarrollo de insectos o roedores.

El problema mas serio que se presenta al diseñador del proyecto para un buen relleno sanitario es la elección del terreno y del equipo.

- **Elección del terreno:**

Se deben considerar los aspectos siguientes:

- Ubicación.
- Facilidades de acceso.
- Material del relleno.

- Drenajes.
  - Vientos.
  - Accesos interiores.
- 
- Equipos para el relleno sanitario: Existe en plaza una serie de equipos para operar el relleno sanitario (excavación, esparcimiento, compactación, remoción de tierras). Para grandes rellenos sanitarios, el equipo normal son de tractores de oruga con bulldozers, con cargador frontal y dragas de arrastre con cucharón excavador.

Existen varios tipos de rellenos sanitarios por su operación, los principales son:

Relleno de área, relleno de zanja o trinchera y relleno de rampa.

- Tipo de área: En aquellos lugares en donde no es posible o no se quiere excavar zanjas para depositar las basuras, éstos se colocan directamente sobre el suelo, en caso de haber ondulaciones, deben utilizarse para realizar compactación de las basuras contra los mismos durante la construcción de la primera celda.

Puede suceder de que se disponga de terreno con depresiones naturales o artificiales ( canteras, bancos de extracción de materiales, terrenos adyacentes o ríos u otros similares).

- **Tipo de relleno de zanja:** Se utiliza en terrenos donde es posible realizar excavaciones; se construirán zanjas cuyas dimensiones dependerán de las características del terreno y del proyecto del relleno, este es el más práctico y apropiado, su operación es sencilla y la escasez del material de recubrimiento no es problema.
- **Tipo rampa:** El relleno tipo rampa es similar a los dos anteriores, los desperdicios descargados se extienden sobre una rampa, se operan y recubren diariamente, la rampa debe tener una pendiente de 30 grados.

La compactación es fundamental para reducir al máximo los asentamientos posteriores, 10% el primer año, una buena compactación también inhibe la combustión, suprime olores y la posibilidad de crianza de ratas y moscas.

### *a.3 Disposición al mar*

Este sistema de disposición final de basuras, tiene muy limitadas aplicaciones y solamente es factible cuando la costa o ríos reúnen requisitos muy especiales, este se realiza a los acantilados o muelles, afectando grandemente la flora y fauna.

## **b) Que implica un tratamiento parcial o total**

### *b.1 Incineración*

La eliminación de basura a través del proceso de la incineración comprende una serie de etapas más o menos complejas y son una buena solución desde el punto de vista sanitario, todas las bacterias e insectos se destruyen en forma rápida, material

combustible y los componentes no combustibles, vidrio y otros se eliminan sin inconvenientes sanitarios.

Es posible lograr aprovechar parte de la energía calórica de la basura a través de un horno incinerador bien diseñado, siempre que el contenido de humedad y cenizas y el calor del combustible lo permita, entre los factores adversos a los hornos incineradores están:

- a) Bajo calor de combustión y alto porcentaje de humedad, ésto se puede subsanar con el precalentamiento del aire, presecado de las basuras y utilización de combustibles adicionales.
- b) Alto contenido de material vegetal, si la operación del horno no es satisfactoria, los residuos quedan con materia orgánica que entran en descomposición.
- c) El alto costo de instalación y operación; ha limitado la utilización de hornos incineradores y el valor de su operación y mantenimiento ha obligado a paralizar ciertos hornos municipales. Sin embargo, por falta de terrenos para rellenos sanitarios y si las basuras se recogen separadas el horno puede ser una solución si se recibe material seco y altamente combustible.
- d) Material recuperable siempre y cuando se adicione el sistema de separar el material aprovechable, pero generalmente no es así, ya que se vacían al horno la totalidad de las basuras incluyendo los materiales que tienen un valor comercial.



la totalidad de las basuras incluyendo los materiales que tienen un valor comercial.

- e) Falta de capacidad de la planta; las condiciones de vida de una población cambian apreciablemente a lo largo del tiempo por razones económicas, sociales, industriales y las basuras varían en cantidad y calidad, lo que en determinados momentos se transforma en una planta inapropiada.

### ***b.2 Fermentación o composting***

El tratamiento de basuras a través de la digestión bacteriana es un método que en términos generales se define como fermentación de la materia orgánica tendiente a obtener un humus estabilizado que puede ser usado para mejorar los terrenos dedicados a la agricultura.

La transformación de la materia orgánica se efectúa debido a las bacterias, en condiciones aeróbicas son las más aconsejables, ya que el tiempo requerido para el proceso se reduce a días y no presenta el problema de malos olores y gases.

Hay una serie de factores que deben de ser considerados en la fermentación para que éste sea un proceso eficiente y económico.

- Separación y trituración
- Humedad de 30 a 50%
- Colocación en pilas
- Temperatura

- **Destrucción de bacterias patógenas a 70 grados centígrados durante 60 minutos.**

### ***b.3 Eliminación por el alcantarillado***

**La descarga de la basura a la red del alcantarillado es un tratamiento parcial, porque se vacía sólo la parte de fácil descomposición (10 a 25% del volumen total).**

**El método consiste en triturar la basura y descargarla a través de un determinado volumen de agua al sistema del alcantarillado.**

### ***b.4 Alimentación de cerdos***

**La alimentación de cerdos con desperdicios ha creado grandes discusiones, esto puede ser conveniente en poblaciones que tienen la recolección separada, los mismos granjeros piden adquirir las basuras que les interesan, creando una fuente adicional de ingresos y reduciendo el volumen de la recolección.**

**Algo similar puede ocurrir en determinados establecimientos; cuarteles, hospitales, colegios internados; en los cuales hay una mayor pérdida de alimentos cocinados y desechos crudos que tienen alto poder alimenticio para incrementar la crianza de cerdos.**

**Se ha encontrado que los cerdos alimentados con basuras albergan hasta 5 veces más triquina que en los cerdos alimentados en granjas, sin embargo, si la basura es cocida previamente, el peligro se elimina.**

### ***b.5 Recuperación y Reciclaje.***

Este sistema de disposición final no puede considerarse integral por cuanto sólo se extraen con fines comerciales los elementos o materiales que económicamente tienen valor, siendo necesario eliminar el resto.

El reuso de materiales desechados en la basura es por una necesidad económica que tienen su origen en que ya comienza a dificultarse el acceso a algunas materias primas, y por la otra en la que no deja de haber ciertos factores emotivos en la defensa del reciclaje, producto de una especie de remordimiento por el gran abuso que hace de los recursos naturales la sociedad actual.

La recuperación se puede clasificar así:

#### ***Primaria, intermedia y final.***

- ***La recuperación primaria:*** Es la que se realiza en el mismo sitio en donde se originan los desechos. Esto casi siempre es recomendable en la industria y el comercio, pero es poco práctico cuando se quiere hacer en la vivienda, a menos que exista una motivación muy efectiva a la población y el servicio de recolección sea adaptado en tales circunstancias.
- ***La recuperación secundaria:*** Es la que realizan los operarios del servicio de aseo en los vehículos cuando la basura se va recolectando o transportando, o bien la que realizan los llamados pepenadores ambulantes, que buscan cualquier almacenamiento de basura para seleccionar algo de valor.

- La recuperación final: Es aquella que se ejecuta generalmente en el sitio de disposición final o en alguna planta de recuperación diseñada especialmente.

La recuperación final puede dividirse en: *manual, mecanizada y automática.*

*La manual* es la que se realiza en los vertederos de basura a cielo abierto y en los rellenos sanitarios en donde el material se selecciona manualmente de los desechos descargados por los vehículos recolectores.

La *recuperación mecanizada* se realiza manualmente, pero en bandas transportadoras que alimentadas uniformemente, permiten la recuperación fácil de los materiales reciclables.

Y finalmente en la *recuperación automática*, en la que existen diferentes métodos de separación, tales como el aire, los molinos, el separador electromagnético de banda, el lecho vibratorio e incluso algunos métodos electrónicos y de flotación que permiten la extracción de vidrios y metales.

Entre los materiales comúnmente reutilizados tenemos:

a) Papel y sus derivados:

Que se utiliza en mercados y algunas tiendas para envolver telas, flores, etc. También se reutilizan en la fabricación de papel y cartón de otra calidad, y en trabajo artesanal.

a) Papel y sus derivados:

Que se utiliza en mercados y algunas tiendas para envolver telas, flores, etc. También se utilizan para volver a fabricar papel y cartón de otra calidad, y en trabajo artesanal.

b) Vidrios:

Utilizados para la fabricación de nuevos envases, adornos de mesa como ceniceros, lámparas, etc.

c) Chatarra y otros metales:

Las piezas que se encuentran en buen estado son reutilizadas, las partes inservibles son nuevamente procesadas en plantas para la fabricación regularmente de varillas de hierro.

d) Plásticos:

Son nuevamente procesados para producir nuevos productos y para utilizarlos en la casa como envases.

e) Tejidos:

Para producción de rellenos colchones, estopas y en algunas ocasiones como prendas de vestir.

## **CAPITULO 3**

# **LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE LA CIUDAD DE ILOBASCO Y AREA DE ESTUDIO**

### **3.1 LOCALIZACION Y DESCRIPCION DE ILOBASCO Y EL AREA DE ESTUDIO**

Este capítulo se desarrolla, con el objeto de dar a conocer, la forma en que son tratados los desechos sólidos en el municipio de Ilobasco, describiéndose a continuación los diferentes parámetros.

#### **3.1.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL MUNICIPIO**

El municipio de Ilobasco se encuentra a 58 Km de la ciudad de San Salvador, pertenece al departamento de Cabañas. Limitado al norte por el municipio de Guacotecti; al este por el municipio de San Isidro; al sur por los municipios de El Rosario, Monte San Juan, San Rafael Cedros, departamento de Cuscatlán y San Sebastián, departamento de San Vicente; al oeste por el municipio de Tejutepeque departamento de Cabañas.

La ciudad de Ilobasco se comunica por carreteras con las siguientes poblaciones: al sur con San Rafael Cedros, al oeste con Tejutepeque, al este con San Isidro, al noroeste con Jutiapa; además se tiene un camino que une la ciudad con la presa hidroeléctrica " 5 de Noviembre ".

#### **3.1.2 EXTENSION TERRITORIAL Y POBLACION**

Ilobasco posee una extensión superficial de tierra de 249.6 Km<sup>2</sup> y una población de 51,648 habitantes; de los cuales 18,092 hab. es la población urbana, servida con sistema de recolección por parte de la municipalidad.

### 3.1.3 CLIMA

La ciudad posee un clima que pertenece a los trópico semi-humedos, con elevaciones superiores a los 600 m.s.n.m., se registran precipitaciones promedio anuales de 1942 mm.

La temperatura predominante es de 29 °C y los vientos predominantes con rumbos este-oeste.

### 3.1.4 HIDROGRAFIA

Entre los ríos más importantes que se encuentran en la región se pueden mencionar los siguientes: El Molino, Altina, Carrias, Los Frailes ( posteriormente conocido como El Copinol ) y Titihuapa.

### 3.1.5 SUELOS

Geológicamente en la ciudad de Ilobasco afloran las formaciones de El Bálsamo y Cuscatlán, que generan una topografía ondulada.

Los afloramientos de la formación de El Balsamo, de edad pliocénica o terciario superior, se extiende alrededor, al este y al norte de la ciudad. Los afloramientos de la formación de Cuscatlán se extienden en todo el sector sur y suroeste y consiste de fuertes estratos de toba de diferente granulometría y compactación.

### 3.1.6 VEGETACION Y FAUNA

Dentro de la vegetación más importante que posee el municipio mencionamos los cultivos de maíz, caña de azucar, yuca, frijoles, algodón, algunas especies de árboles frutales. La fauna, podemos dividirla en comercial y silvestre, siendo esta última



limitada a pequeños animales vertebrados que cada día están en peligro de extinción ; además de una variedad de insectos y aves.

### 3.1.7 SERVICIOS PUBLICOS DEL MUNICIPIO

Dentro de los servicios públicos que posee el municipio podemos enunciar los siguientes:

3.1.7.1 TRANSPORTE: El sistema de transporte que tiene a disposición la población es interdepartamental, cubierta por autobuses que cubren rutas variadas y con distintos horarios a diferentes departamentos y municipios. Además existe un servicio de pick-up que efectúa rutas de Ilobasco a cantones o caseríos o viceversa.

3.1.7.2 AGUA POTABLE: El servicio de agua potable posee actualmente deficiencia en el sistema de suministro, de la demanda total en el área urbana el 60 % de la población recibe este líquido en diferentes períodos discontinuos. Las zonas que no cuentan con abastecimiento de agua potable, que en su mayoría son colonias y lotificaciones nuevas, que surgieron desde el año 1983 hasta la fecha.

3.1.7.3 ALCANTARILLADOS : El sistema de alcantarillas cubre aproximadamente un 40 % de la demanda total, concentrada completamente en el área urbana. Siendo así, que los que carecen de este servicio evacúan generalmente las aguas servidas de uso doméstico a las vías de circulación.

3.1.7.4 SALUD : Esta área está siendo cubierta por un pequeño hospital regional y una unidad del Seguro Social ( ISSS ) . La mayor parte de la población es atendida por el hospital.

**3.1.7.5 ENERGIA ELECTRICA :** Este servicio cubre un 90 % de la ciudad, proporcionando a la población un mejor modo de vida. Existe electrificación en algunas de las vías aproximadamente un 50 % de la ciudad.

**3.1.7.6 SERVICIO TELEFONICO :** La ciudad cuenta con líneas comerciales y privadas administradas por ANTEL , este servicio cubre un 5 % de la población.

**3.1.7.7 EDUCACION :** Proporcionada por medio de instituciones gubernamentales y privadas, hasta niveles técnicos y de bachillerato.

Teniendo un panorama amplio de lo que es la ciudad de Ilobasco, se presenta el diagnóstico del terreno donde se proyecta el diseño para la construcción del relleno sanitario no mecanizado.

### **3.1.8 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO**

**3.1.8.1 SITUACION LEGAL :** El terreno destinado para la construcción del relleno sanitario manual, fue donado a la alcaldía municipal, el cual al ser propietario; efectuó tramites de financiamiento con la Comunidad Económica Europea para la construcción del relleno sanitario; siendo ésta una entidad que apoya proyectos que mejoren aspectos higiénicos en el país.

### 3.2 SITUACION ACTUAL DEL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

El manejo de los desechos sólidos de la ciudad de Ilobasco, consta de las siguientes etapas: *Almacenamiento, recolección, transporte y disposición final.*

#### 3.2.1 ALMACENAMIENTO.

El proceso de almacenamiento es efectuado por el generador de los desechos sólidos o usuario. Generalmente los desechos sólidos provienen en su mayoría de zona habitacionales, el mercado municipal y comercios.

En la zona habitacional los usuarios almacenan sus desechos en recipientes inadecuados que van desde cajas de cartón con huacales, sacos de fibra, sacos de yute, bolsas y otros.

En la zona del mercado los usuarios que generan volúmenes de desechos sólidos mayores que en el sector habitacional, efectúan el almacenamiento en 2 etapas:

a) La primera etapa la efectúan en el lugar donde se desarrollan las actividades comerciales.

Utilizando cajas, recipientes de plástico, recipientes de lámina, barriles, redes, canastos.

b) La segunda etapa se efectúa en un contenedor hecho de ladrillo construido afuera del mercado en el cual van depositando los desechos sólidos generados diariamente.

### **3.2.2 RECOLECCION.**

La recolección de los desechos sólidos está a cargo de la Alcaldía Municipal de Ilobasco.

Esta se efectúa por medio del equipo y personal siguiente :

- ***Equipo "A"***

1 Camión de volteo

1 Motorista.

3 Auxiliares de limpieza.

- ***Equipo "B"***

1 Camión de caja abierta.

1 Motorista.

3 Auxiliares de limpieza.

El proceso de recolección da inicio a las 8:00 a.m., cada equipo posee diferentes rutas de recolección que se realizan 2 veces por semana, los días martes y viernes, lunes y jueves , y, miércoles y sábado.

#### ***Rutas del equipo "A".***

a) Barrios: San Sebastián, San Miguel, Los Desamparados, los días martes y jueves.

b) Colonia San Rafael, barrios: Los Desamparados, El Calvario, el cual se efectúa los días lunes y viernes.

c) Parques hospitales y mercados, el cual se efectúa el día sábado.

*Rutas del equipo "B".*

a) Colonias Milán, Miranda y El Carmen; los días martes y jueves.

b) Colonias Alcaine, La Palma y El siete; los días lunes y viernes.

c) Hospitales, mercado y parque; se efectúa el día miércoles.

El tipo de calles con los que cuenta la ciudad de Ilobasco son:

a) *Calles de tierra.*

b) *Calles adoquinadas.*

c) *Calles empedradas.*

d) *Calles balastreadas.*

e) *Calles pavimentadas.*

El procedimiento de recolección consiste en que cada vehículo recolector avisa a los usuarios por medio de un sonido metálico; para que éstos saquen a la calle los desechos almacenados durante el intermedio del período de recolección. Es así como 2 de los auxiliares de limpieza se encargan de recoger los depósitos de desechos,

lanzándolos al auxiliar de limpieza restante, que se encuentra arriba del vehículo y vacía los recipientes para luego devolvérselos a los usuarios.

Para el caso de los desechos provenientes de mercados, parques y hospitales, existe un contenedor (sistema mixto) ubicado en el sector del mercado, el cual tiene una capacidad de  $M^3$ . En los hospitales y parques existen barriles metálicos y plásticos para que la población los deposite y luego son trasladados al contenedor por un grupo de “barredores” encargados de cubrir de la limpieza de los sectores antes mencionados.

Entre las herramientas y equipo que se utilizan en la recolección de desechos sólidos se pueden mencionar los siguientes: Carretillas, palas, azadones y escobas. Por otra parte el personal de limpieza carece actualmente del equipo de protección adecuado tales como botas, mascarillas, guantes, recipiente para agua, etc. por lo que dicha práctica atenta contra la salud del personal de recolección de desechos.

### *3.2.3 TRANSPORTE.*

El transporte de los desechos sólidos de la ciudad, se efectúa por medio de 2 unidades que se denominarán “A” y “B” para efectos de descripción y que cuenta con las siguientes características:

	EQUIPO “A”	EQUIPO “B”
<i>MARCA</i>	<i>FORD 700</i>	<i>TOYOTA DYNA</i>
<i>MOTOR</i>	<i>700 cc , 6 Cilindros</i>	<i>250 cc , 4 Cilindros</i>
<i>CAPACIDAD DE CARGA</i>	<i>8 Toneladas</i>	<i>5 Toneladas</i>
<i>CAPACIDAD DE VOLUMEN</i>	<i>5.1 Metros cúbicos</i>	<i>10.0 Metros cúbicos</i>
<i>COLOR</i>	<i>Verde</i>	<i>Blanco</i>

Estos al finalizar la recolección de desechos, se transportan al sitio de disposición final el cual es un *botadero a cielo abierto*, en donde se descargan los desechos de la ciudad.

#### ***3.2.4 DISPOSICION FINAL.***

Actualmente la mayor parte de la disposición final de los desechos sólidos se efectúa en un botadero a cielo abierto aledaño al río “El Molino” y que se encuentra a 2 kilómetros al oriente del desvío de Ilobasco-Sensuntepeque.

Dicho sitio de disposición final, conlleva los siguientes efectos negativos:

- *Contaminación de las aguas superficiales del río “El Molino”.* ✓
- *Deterioro estético.*
- *Desvalorización del terreno y áreas vecinas* ✓
- *Contaminación del medio ambiente.* ✗
- *Malos olores , y*
- *Reproducción de vectores transmisores de enfermedades .* ✗

# CAPITULO 4

## ESTUDIOS BASICOS



## **Sección 4.1**

# **ESTUDIO DE GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS**

#### 4.1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

##### General:

Determinar la *cantidad de desechos sólidos* que genera la población del *radio urbano* de la ciudad de Ilobasco, en términos de Toneladas por día; dato que se utilizará para evaluar la factibilidad y el diseño de un relleno sanitario en dicha ciudad.

##### Específicos:

Obtener la *tasa de producción* de desechos sólidos en las viviendas ubicadas en los sectores *central* y *perimetral*, expresada en *Kg/hab/día*.

Determinar los *subproductos* que contienen los desechos sólidos, tales como cartón, vidrio, plástico, etc. En los sectores *central* y *perimetral*

Obtener el *peso volumétrico promedio* de los desechos sólidos en los sectores *central* y *perimetral*, expresada en  $\text{Kg/M}^3$ .

Determinar la *generación diaria promedio* de desechos sólidos del mercado, en Ton/día.

#### 4.1.2 ALCANCES DEL ESTUDIO

El presente estudio de características de desechos sólidos, tendrá los siguientes alcances:

- Realizar una guía de método de trabajo para la determinación de la cantidad total de desechos sólidos generados en municipios con poblaciones inferiores a 40,000 habitantes<sup>1</sup> y una generación total diaria de desechos sólidos no mayor de 20 Ton<sup>2</sup>.
- Determinar en cuanto a desechos sólidos valores índices de: Tasa de producción diaria, peso volumétrico y composición, a efecto de establecer un marco de referencia válido para estudios posteriores (diseño de rellenos sanitarios, mejoras en la planificación u optimización de rutas de recolección, adopción de políticas presupuestarias, etc.).

---

<sup>1</sup> Véase Jorge Jaramillo, "GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACION DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES", p. 31.

<sup>2</sup> *Idem.*

### 4.1.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El presente estudio de generación de desechos sólidos presenta las siguientes limitaciones:

- *Se restringe el estudio a las viviendas del área urbana.*
- *El estudio se realiza en verano<sup>3</sup>, y no se hace un análisis del comportamiento cualitativo y cuantitativo de los desechos sólidos en función del tiempo, en diferentes épocas del año.*
- *No se pudo determinar la cantidad de desechos sólidos totales generados por el mercado a través del método del pesado<sup>4</sup> de los mismos, por no contarse con básculas de la capacidad adecuada.*
- *El método de peso volumétrico y volumen utilizado para determinar la cantidad de desechos sólidos generados por el mercado no es tan exacto, en comparación con el método de pesado de camiones.*

---

<sup>3</sup> El estudio de generación de desechos sólidos se realiza en el período comprendido del 13 al 20 de Febrero de 1995.

<sup>4</sup> La báscula para pesar camiones, está ubicada en la ciudad de San Martín, no siendo viable desde el punto de vista económico y de eficiencia en el servicio, trasladar los camiones a ese municipio para ser pesados.

- *La precisión máxima que se logró obtener en las balanzas granatarias, es de 0.1 Kg. Para la determinación de la tasa de producción de desechos sólidos. Y de 0.2 Kg para el peso volumétrico.*
- *No se contó con una infraestructura adecuada<sup>5</sup> en la selección de los subproductos (cartón, vidrio, latas, etc.), esto originó variaciones en los porcentajes en los que se presentan los resultados de los tipos de subproductos, referenciados con respecto a la cantidad de desechos sólidos totales.*

---

<sup>5</sup> Véase J. Guillermo Umaña, "PROPUESTA DE NORMAS PARA LA DETERMINACION DE PARAMETROS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES", Norma DS-03, sección 8 (Observaciones).

#### 4.1.4 MARCO CONCEPTUAL

Para determinar los parámetros del estudio de generación de desechos sólidos (tasa de producción diaria, peso volumétrico y composición), es necesario establecer la información siguiente:

##### 4.1.4.1 FUENTES DE DESECHOS SÓLIDOS A INCLUIR EN EL ESTUDIO.

De acuerdo a George Tchobanoglous, H. Theisen, R. Eliassen<sup>6</sup> las fuentes de desechos sólidos están, en general relacionadas al *uso de la tierra* y a la *zonificación* de la misma.

Siendo útiles las fuentes clasificadas en las siguientes categorías:

- *Residencial o viviendas.*
- *Comercial.*
- *Municipal.*
- *Industrial.*
- *Areas libres.*
- *Plantas de tratamiento.*
- *Agrícola.*

Las fuentes de desechos sólidos antes mencionadas, son utilizadas por lo general para analizar ciudades con un alto grado de desarrollo industrial y agrícola. A

---

<sup>6</sup> Véase George Tchobanoglous, H. Theisen y R. Eliassen, "DESECHOS SOLIDOS principios de ingeniería y administración", Vol. 1, p. 63.

medida decrezca el grado de desarrollo de la ciudad, disminuye el número de fuentes a analizar.

Las limitaciones de recursos económicos, humanos y de tiempo para invertir en estudios de generación de desechos sólidos en pequeñas ciudades, obliga a estudiar sólo aquellas fuentes de mayor incidencia. Dependiendo de las características propias de la ciudad, así serán a juicio del investigador, las fuentes que crea convenientes analizar.

Para el caso del radio urbano de la ciudad de Ilobasco, su comercio e industria es mínima<sup>7</sup>. Por lo que se estima conveniente analizar los sectores de *mayor incidencia*.

Para el caso son los siguientes:

- *Residencial (Viviendas).*
- *Municipal (El mercado).*

Se estima que una investigación exhaustiva de todas las otras fuentes generadoras de desechos, no aportan una significativa variación a las generadas por las dos fuentes antes mencionadas.

Por lo que en el municipio de Ilobasco se recomienda orientar los recursos económicos primordialmente, a la determinación de la generación de desechos sólidos de tipo residencial. Y a juicio del investigador, debe evaluarse la posibilidad de aplicar un factor de seguridad, que cubra aquellas fuentes que no se evalúen.

---

<sup>7</sup> Se observa que la mayor parte de comercios sirven de residencia a la vez, tales como salas de belleza, jugueterías, consultorios médicos, etc.

#### 4.1.4.2 PARÁMETROS A INVESTIGAR.

##### a) Desechos sólidos totales (DT).

Establecidas las fuentes a estudiar, el siguiente paso es definir los parámetros a investigar para conseguir el objetivo del estudio.

La producción de desechos sólidos totales se determina por medio de la siguiente expresión:

$$DT = DV + DM \quad (4.1)$$

Donde: DT : Desechos sólidos totales (Ton/día).

DV : Desechos sólidos de viviendas (Ton/día).

DM.: Desechos sólidos de los mercados (Ton/día).

##### b) Desechos sólidos de viviendas (DV).

En la ecuación 4.1 el término DV puede obtenerse de las siguientes formas:

- b.1 Realizar un *conteo de cargas*<sup>8</sup>, contenidos por el equipo recolector del sector residencial; puede utilizarse la producción promedio diaria de un período de al menos 1 semana, de la siguiente forma:

---

<sup>8</sup> En este método el número de cargas individuales y las características de los vehículos recolectores se anotan durante un período de tiempo especificado. Así mismo se registran datos sobre el peso.



$$DV = \Sigma (PC) / ND \quad (4.2)$$

- Donde: DV : Desechos sólidos de viviendas (Ton/día).
- $\Sigma(PC)$  : Sumatoria de pesos de camiones por día, durante el período del conteo (en Ton).
- ND : N° total de días en los que se efectúa el conteo.

- b.2 Obtener la tasa de producción diaria de desechos sólidos *por vivienda* y multiplicarlo por el número total de viviendas (con el auxilio de un plano catastral actualizado) así:

$$DV = (NV \times PDSV) / 1,000 \quad (4.3)$$

- Donde: DV : Desechos sólidos de viviendas (Ton/día).
- NV : Número de viviendas.
- PDSV : Producción diaria de desechos sólidos por vivienda (Kg/viv/día).

- b.3 Obtener la tasa de producción de desechos sólidos diarios *por habitante* y multiplicarla por el número total de habitantes (obtenidos de una entidad fidedigna) así:

$$DV = (NH \times TDSD) / 1,000 \quad (4.4)$$

- Donde: DV : Desechos sólidos por viviendas (Ton/día).
- NH : Número de habitantes (del sector que se estudie).

**TDS: Tasa de producción de desechos sólidos diarios(Kg/hab/día).**

De los anteriores los más representativos son los que se obtienen de las ecuaciones 4.3 y 4.4.

c) *Desechos sólidos del mercado (DM).*

En cuanto al término de desechos sólidos del mercado DM de la ecuación 4.1, puede obtenerse de las siguientes formas:

- c.1 Contando las cargas que produce el equipo recolector en los mercados (durante al menos 1 semana).

$$DM = \Sigma(PC) / ND \quad (4.5)$$

Donde: DM : Desechos sólidos de mercados (Ton/día).

$\Sigma(PC)$  : Sumatoria de pesos de camiones por día, durante el período del conteo (en Ton).

ND : Número total de días en los que se efectúa el conteo.

- c.2 Determinando el peso volumétrico de los desechos sólidos de los mercados y el volumen diario que producen éstos. Calculándose por medio de la siguiente expresión:

$$DM = (VD \times PVDS)/1,000 \quad (4.6)$$

Donde: DM : Desechos sólidos de mercados (Ton/día).

VD : Volumen promedio diario (M<sup>3</sup>).

**PVDS : Peso volumétrico promedio diario de desechos  
sólidos (kg/m<sup>3</sup>).**

◆ **c.2.1 Determinación del volumen promedio diario (VD).**

En donde el volumen promedio diario VD de desechos sólidos, puede determinarse de la siguiente forma:

Los desechos sólidos, se acomodan rasados sobre recipientes o contenedores de figura(s) geométrica(s) simple(s). Midiendo posteriormente las dimensiones necesarias para efectuar el cálculo de el (los) volumen(es) de la(s) figura(s) encontrada(s) anteriormente.

◆ **c.2.2 Determinación del peso volumétrico promedio diario (PVDS).**

1. El peso volumétrico de desechos sólidos PVDS del mercado, puede obtenerse con los pasos siguientes: pesar un barrilvacío (se recomienda una capacidad de aproximadamente 200 lts), limpio y sin abolladuras. Anotando su peso como peso de tara T (en kg), y calculando su volumen V que se calcula así:

$$V = \pi D^2 H / 4 \quad (4.7)$$

Donde:            V : Volumen del barril ( $M^3$ ).

$\pi$  : Constante cuyo valor es 3.1415927 .

                      D : Diámetro del barril (M).

                      H : Altura del barril (M).

2. Llenar el barril hasta el tope con desechos sólidos homogeneizados<sup>9</sup>, teniendo el cuidado de no presionar los desechos.
3. Golpear el barril tres veces contra el piso dejándolo caer desde una altura aproximada de 10 cm.
4. Agregar nuevamente desechos sólidos hasta el tope, teniendo el cuidado de no presionar al colocarlos en el barril; esto con el fin de no alterar el peso volumétrico que se pretende determinar.
5. Pesar el barril conteniendo los desechos sólidos anotándolo como desechos sólidos y tara DST (en Kg).
6. Calcular el peso volumétrico de desechos sólidos así:

$$PVDS=(DST - T)/ V \quad (4.8)$$

Donde:            PVDS: Peso volumétrico de desechos sólidos ( $Kg/M^3$ ).

                      DST : Peso de los desechos sólidos y tara (Kg).

                      T     : Peso del barril o tara (Kg).

                      V     : Volumen del barril o tara ( $M^3$ ).

<sup>9</sup> El término homogeneizado se utiliza aquí como el mezclado de desechos sólidos, con el objeto de revolverlo uniformemente y tomar muestras representativas.

Otros parámetros a determinar son el peso volumétrico de desechos sólidos en los sectores en que se divida el estudio, así mismo la clasificación de contenidos de los desechos sólidos para evaluar la potencialidad de promover el reciclaje en la ciudad.

En resumen, lo que debe investigarse para la ciudad de Hobasco es:

1. Número total de habitantes (Del sector urbano).
2. La tasa de producción de desechos sólidos en el sector de viviendas (kg/hab/día).
3. El volumen promedio diario de desechos sólidos VD de los mercados ( $M^3$ ).
4. El peso volumétrico promedio diario de los desechos sólidos del mercado PVDS y de los sectores que se estudien en la determinación de la tasa de producción ( $kg/m^3$ ).
5. La composición (o subproductos) de contenidos de los desechos sólidos de los sectores en que se divida el estudio.

#### ***4.1.4.3 RECOLECCIÓN DE DATOS.***

Se debe evaluar el método que obtenga de forma representativa los parámetros que se crea conveniente investigar tomando en cuenta los recursos técnicos y económicos con los que se cuenten. Por ejemplo, si se dispone de una báscula en que puedan pesarse los desechos contenidos en el equipo recolector, pueden utilizarse las ecuaciones 4.2 y 4.5 para el cálculo de los desechos sólidos totales DT requeridos en la ecuación 4.1. Pero para esto también debe elegirse un período mínimo de

recolección de datos. Que se recomienda un período mínimo de 1 semana (7 días) para la recolección de:

- Conteo de cargas.
- Tasas de producción de desechos sólidos (en Kg/viv/día o Kg/hab/día).
- Volúmenes diarios producidos.
- Pesos volumétricos.

#### *4.1.4.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.*

De lo anterior, la determinación de las tasas de producción requieren especial atención en cuanto a un análisis estadístico, ya que el resto se puede calcular con la media aritmética así:

$$X = \sum X_i / N \quad (4.9)$$

Donde  $X$  : media aritmética de los datos  $X_i$ .

$\sum X_i$ : Sumatoria de los datos ( $X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$ ).

$N$  : Número total de datos.

En cambio las tasas de producción requieren un mayor análisis ya que se debe tomarse un tamaño apropiado de la muestra, y dicho tamaño está relacionada con el grado de dispersión de la serie de datos con respecto a la media aritmética "X", que se conoce como desviación típica o estándar  $\sigma$ , la selección del riesgo  $\alpha$  con el que se hará el estudio.

Debe recordarse que existe una población con  $N$  elementos, que conforman una serie estadística, y dicha población posee una media  $\mu$  y una desviación típica  $\sigma$ .

Como dicha media poblacional  $\mu$  no se conoce, se intenta estimarla por medio de un muestreo; es decir, tomando una muestra de la población, de tamaño "n" que posee una media "X" y una desviación típica "s". Y con estos datos se realizan inferencias con cierto nivel de confianza acerca del comportamiento de los estadísticos de la población ( $\mu$  y  $\sigma$ ).

La desviación típica o estándar  $\sigma$ , da una idea de la dispersión que tiene la serie de datos con respecto a la media  $X$  en aquellas poblaciones que tienden a ser simétricas o de tendencia normal (ver figura 4.1.1).

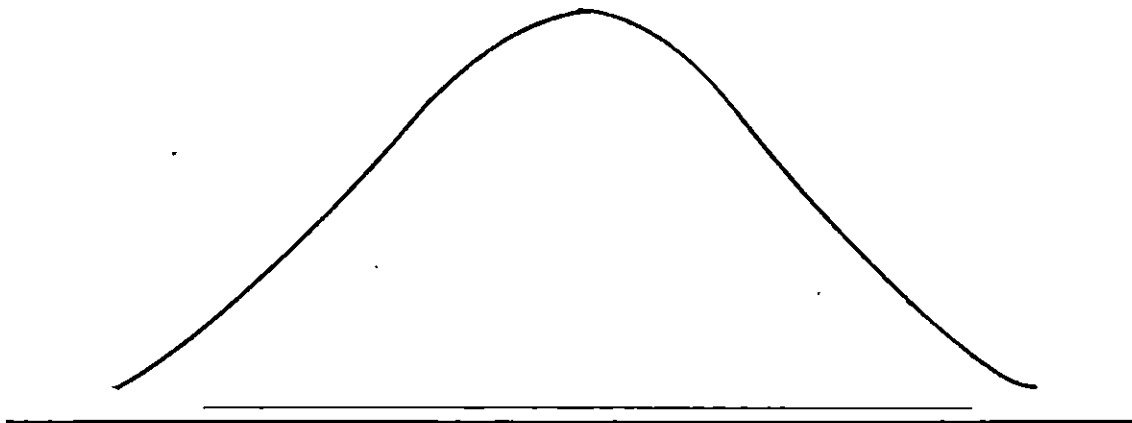


FIG. 4.1.1 : Distribución normal estandarizada.

Puede definirse como la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones respecto de la media aritmética. Y su expresión matemática es la siguiente:

$$\sigma = [\sum (X_i - \bar{X})^2 / N]^{1/2} \quad (4.10)$$

o también:

$$\sigma = [\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 / N]^{1/2} \quad (4.11)$$

La ecuación 4.11 es más recomendable utilizarla porque elimina todas las restas requeridas para evaluar las desviaciones individuales. Una segunda ventaja, no tan obvia, es que tiende a dar una mayor exactitud de cálculo que el método que utiliza las desviaciones (debido a los redondeos que se realizan), y una tercera ventaja es que se presta para el uso de calculadoras electrónicas, algunas de las cuales acumulan  $\sum X_i$  y  $\sum X_i^2$  al mismo tiempo.

El examen de muchos conjuntos de datos sugiere una regla empírica que sirve en la interpretación de la desviación estándar. Describe exactamente la variabilidad de una distribución particular con forma de campana o acampanada (fig. 4.1.1) conocida como distribución normal. Pero también proporciona una descripción excelente de la variación de muchos otros tipos de datos que poseen distribuciones de frecuencias relativas con forma de pico de montaña. Por tal razón se la llama regla empírica (de la distribución normal).

La regla empírica: Dada una distribución de mediciones que tiene aproximadamente el perfil o forma acampanada se puede afirmar lo siguiente:



- 1- El intervalo  $(\mu \pm \sigma)$  contendrá aproximadamente el 68% de las mediciones.
- 2- El intervalo  $(\mu \pm 2\sigma)$  contendrá aproximadamente el 95% de las mediciones.
- 3- El intervalo  $(\mu \pm 3\sigma)$  contendrá casi la totalidad de las mediciones.

Para ilustrar lo anterior véase la fig. 4.1.2 que se presenta a continuación:

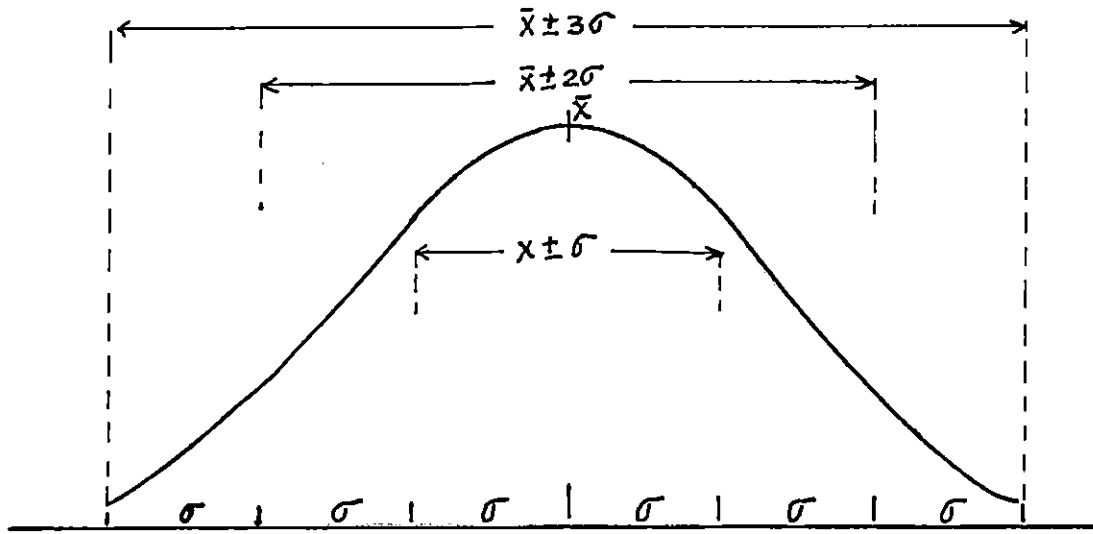


FIG. 4.1.2 : Áreas bajo la curva normal en los intervalos  $X \pm \sigma$ ,  $X \pm 2\sigma$  y  $X \pm 3\sigma$ .

En ocasiones se selecciona una muestra y se nota que una de las mediciones parece ser muy improbablemente grande ( o pequeña ) respecto de las otras mediciones de la muestra. Tal medición recibe el nombre de *valor inusitado* y plantea un problema. ¿ Se debe conservarlo en la muestra o bien desecharlo ?

Un valor inusitado puede presentarse de dos maneras. Un arreglo particular de mediciones de la muestra, con una medición en extremo grande o muy pequeña con respecto a las otras , puede ser un evento muy poco probable pero que ocurre en alguna ocasión. O bien el valor inusitado puede ser una medición errónea, o una que realmente no forma parte de la población observada. Las mediciones erróneas o equivocadas pueden ocurrir de varias maneras. A veces un instrumento de medir

puede estar deficiente al hacer una observación, o bien la unidad experimental misma puede estar defectuosa o quizá el experimentador registró equivocada o incorrectamente la medición. Hay que decidir si tal observación es parte importante de la muestra y si se debe retener o desechar. Para tener una idea de las consecuencias de tal decisión, supóngase que se saca una muestra de  $n=4$  mediciones de una población y aparecen como se ilustra en el diagrama de puntos de la figura 4.1.3(a). Nótese que tres de las mediciones se encuentran agrupadas estrechamente y que la cuarta es muy grande. Si la distribución de la población original indicada por la figura de la curva 4.1.3(b), se sitúa sobre las tres mediciones, entonces el valor inusitado se localizará a más de  $3\sigma$  de la media poblacional  $\mu$  y no es representativo de la población de donde se sacó la muestra. Su inclusión en el cálculo de la media muestral  $\bar{X}$  y de la desviación estándar  $s$  de la muestra, producirá estimaciones demasiado grandes para  $\mu$  y  $\sigma$ . Al contrario, supóngase que la distribución de la población muestreada, cuya representación la da la curva de la figura 4.1.3(c), se asienta sobre las 4 mediciones. En este caso particular, el valor inusitado no es una observación inútil. Se la necesita mucho, en realidad, para equilibrar las otras tres mediciones muestrales que se encuentran por debajo de la media.

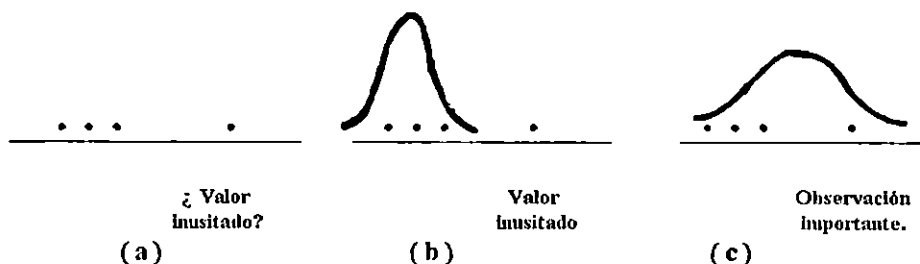


FIG. 4.1.3 : Diagramas de puntos que ilustran las implicaciones de un valor inusitado.

Lo anterior indica que un valor inusitado puede llevar, a veces, a valores demasiado grandes (o muy pequeños) para  $\bar{X}$  y para  $s$ , que se utilizarán para estimar la media

poblacional  $\mu$  y la desviación estándar poblacional  $\sigma$ . Otras veces puede ser el balance necesario para contrarrestar los valores relativamente pequeños ( o grandes) de otras mediciones de la muestra. Puesto que nunca se sabe cuál es la naturaleza de la población muestreada, no es posible estar seguro de si un valor inusitado es una medición errónea o si se trata de un elemento útil de la muestra. Por lo tanto, el método seguro de tratar un valor inusitado, es *revisar el método que se utilizó para adquirir la observación*. Si no puede encontrarse una razón que indique que el valor inusitado se debe a un error o equivocación, *se ha de mantener en la muestra*. Puede ser la observación más importante de la misma.

Hay varios métodos estadísticos para detectar valores inusitados, la regla empírica sugiere un método basado en *la relación Z*; Dicha relación corresponde a la distancia entre la observación y su media, expresada en unidades de desviaciones estándares. Y se define como sigue:

Relación Z muestral:

$$Z = (X_i - \bar{X})/s \quad (4.12)$$

La regla para detectar posibles observaciones erróneas o equivocadas, utilizando la relación Z muestral, se resume como sigue:

Si  $-2 \leq Z \leq 2$  debe considerarse como un valor inusitado y debe verificarse<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Para una ampliación del tema consúltese a William Mendenhall, "Estadística para administradores", Pgs 58-63.

Depurados los datos de la serie de mediciones que se obtengan, se representarán como una *distribución muestral de medias* y cuya desviación estándar de medias es:

$$\sigma_X = \sigma/\sqrt{n} \quad (4.13)$$

Debe comprobarse si el tamaño de la muestra “n” que se utilizó es el apropiado. Debe recordarse que la distribución Z de probabilidades se puede utilizar para poblaciones grandes ( $n \geq 30$ ) y que cuando se toma un  $n < 30$  se considera un muestreo pequeño y la distribución de probabilidad a utilizar es la “t de Student”. Así mismo en muestreos pequeños debe hacerse un ajuste al cálculo de la desviación típica muestral  $s$ , de la siguiente forma:

$$s = [ (\sum(X_i - \bar{X})^2 / (n-1) ) ]^{1/2} \quad (4.14)$$

y para muestras con  $n \geq 30$  se puede sustituir  $\sigma$  por  $s$ . O sea:

$$\sigma_X = s/\sqrt{n} \quad (4.15)$$

Debe recordarse además que para  $n \geq 30$ , la distribución “t” tiende a tomar los mismos valores que la distribución de probabilidad Z.

En general, el tamaño adecuado de la muestra va a depender de los siguientes factores técnicos<sup>11</sup>:

- 1- La variabilidad del fenómeno a estudiar.
- 2- La magnitud del error muestral E (E= estadístico- parámetro).
- 3- Un grado de confianza tal que el error de la estimación *no exceda el máximo permisible*.

Se sabe que para una estimación poblacional con cierto nivel de confianza, se representa por  $\mu \pm Z\sigma_x$  ó  $\mu \pm E$  donde:

$$E = Z\sigma_x \quad (4.16)$$

Sustituyendo la ecuación 4.15 en la ecuación 4.16 se tiene que:

$$E = Zs/\sqrt{n} \quad (4.17)$$

y despejando n de la 4.17 se tiene:

$$n = (Zs/E)^2 \quad (4.18) \quad (\text{para } n \geq 30).$$

y para muestras pequeñas:

$$n = (ts/E)^2 \quad (4.19) \quad (\text{para } n < 30).$$

---

<sup>11</sup> Véase Gildalberto Bonilla, "ESTADÍSTICA II Métodos prácticos de inferencia estadística", Pgs 86-94.

En donde “n” es el tamaño apropiado de la muestra para un determinado nivel de significación (o de confianza) y un error muestral “E” especificados previamente y que se explicarán adelante.

En el desarrollo del análisis estadístico pueden ser necesarias algunas pruebas de hipótesis.

Una hipótesis estadística es una suposición o conjetura con respecto a una característica promedio poblacional.

Las hipótesis estadísticas, elaboradas con el propósito de rechazarlas o nulificarlas se llaman hipótesis nulas o negativas. Las hipótesis nulas generalmente son denotadas por el símbolo  $H_0$ , y las hipótesis alternativas por  $H_1$ , la cual contradice a  $H_0$  y constituye la hipótesis de trabajo.

Al aceptar o rechazar hipótesis nula  $H_0$  debe asumirse un determinado error al tomar la decisión a partir de una hipótesis basada en la teoría de la probabilidad, pueden cometerse dos tipos de errores:

Error tipo I : Rechazar la hipótesis cuando realmente es verdadera (error  $\alpha$  ).

Error tipo II : Aceptar una hipótesis cuando realmente no es verdadera (error  $\beta$  ).

La probabilidad de cometer un error tipo I, se llama *nivel de significación*, y se representa por la letra griega  $\alpha$ , el nivel de significación tiene que especificarse antes

de que la prueba se realice. Los niveles de significación más utilizados son 1 y 5 por ciento.

Debe quedar bien en claro que la hipótesis nula  $H_0$ , en el fondo, lo que expresa es la no existencia de diferencia entre el estadístico y parámetro. Así se escribe, por ejemplo:

$H_0 : \mu = X$  ó  $H_0 : \mu - X = 0$  ; mientras que la hipótesis alternativa  $H_1$  se expresa en forma no específica como:  $H_1 : \mu < X$  ó  $H_1 : \mu > X$  ó  $H_1 : \mu \neq X$  . Las dos primeras formas se llaman pruebas unilaterales o de un extremo; y la última forma, se denomina prueba bilateral o de dos extremos. Depende de la naturaleza del problema sobre el cual hay que decidir la prueba que debe tomarse en consideración.

El procedimiento fundamental a seguir en la pruebas de hipótesis que implican el uso de la distribución  $Z$  es el siguiente:

1- *El planteamiento de las hipótesis, nula y alternativa.* La hipótesis nula  $H_0$  es la suposición que se hace respecto a una característica poblacional promedio; la cual es sometida a prueba, y se expresa suponiendo que no hay diferencia entre dos valores: estadístico y parámetro, o que la diferencia es cero.

La hipótesis alternativa  $H_1$  contradice la hipótesis nula, y se expresa suponiendo que el promedio hipotético es diferente, o mayor, o menor.

2- *Expresar la diferencia en términos de Z, así:*

$$Z_c = (X - \mu) / \sigma_x \quad (4.20)$$

3- *Se contrasta el valor calculado de  $Z_c$  con el valor crítico  $Z$  de las tablas, al nivel de significación  $\alpha$  dado, con el objeto de ver si se acepta o se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ . La regla de decisión para aceptar o rechazar la hipótesis  $H_0$  es la siguiente: si el valor calculado de  $Z_c$  es menor, en valor absoluto, al valor crítico  $Z_\alpha$  de las tablas, se acepta la hipótesis nula  $H_0$ ; en caso contrario, se rechaza. Finalmente se toma una decisión y se tiene que llegar a una conclusión.*

Una aplicación de lo anterior puede ser necesario al hacer análisis de diferencias de medias muestrales así:

$$Z_c = (X_1 - X_2) / S_x \quad (4.21)$$

y

$$S_x = [ s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2 ]^{1/2} \quad (4.22)$$

Donde:

$X_1$  : Promedio de la muestra 1.

$X_2$  : Promedio de la muestra 2.

$S_x$  : Desviación estándar de la diferencia de medias muestrales.

$s_1$  : Desviación estándar de la muestra 1.

$s_2$  : Desviación estándar de la muestra 2.

$n_1$  : número de elementos de la muestra 1.

$n_2$  : número de elementos de la muestra 2.



c) Selección del riesgo " $\alpha$ " y el tamaño de una muestra  $n_0$ .

Con lo anterior se tienen algunas de las herramientas básicas en cuanto a estadística inferencial se refiere<sup>12</sup>. Pero aún no se define con qué número de elementos  $n$  debe iniciarse el muestreo para determinar la tasa de producción, y con qué nivel de confianza  $\alpha$  debe estimarse, así mismo, el máximo error tolerable  $E$  definidas en la ecuación 4.18 y 4.19.

Como guía puede seleccionarse el nivel de significación (o riesgo)  $\alpha$  en base a los siguientes factores:

- *Conocimiento de la localidad.*
- *Calidad técnica del personal participante.*
- *Factibilidad para realizar el muestreo.*
- *Características de la localidad a muestrear.*
- *Exactitud de la báscula por emplear.*

A partir del riesgo  $\alpha$  seleccionado, puede adoptarse un número inicial de elementos o muestra  $n_0$ , en base a la siguiente tabla<sup>13</sup>:

---

<sup>12</sup> Para una ampliación consultar temas de estadística inferencial.

<sup>13</sup> Véase J. Guillermo Umaña, "PROPUESTA DE NORMAS PARA LA DETERMINACION DE PARAMETROS DE DISEÑOS DE SISTEMA DE MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES", Sección 5.1.2.

Riesgo $\alpha$	Tamaño de la muestra
0.05	115
0.10	80
0.15	50

TABLA 4.1.1  
RIESGO  $\alpha$ , Y TAMAÑO DE  
LA PREMUESTRA  $n_0$ .

Adoptado el tamaño de la muestra, debe iniciarse el estudio determinando y ubicando el universo de trabajo (de 300 a 500 casas) en un plano actualizado de la localidad en la zona correspondiente al estrato socioeconómico por muestrear. Posteriormente contar y numerar en orden progresivo, los elementos de dicho universo que forman parte de la muestra y en base al tamaño de la muestra y al universo de trabajo, seleccionar *aleatoriamente*, los elementos de dicho universo que forman parte de la muestra  $n_0$ .

De lo anterior puede aplicarse un *muestreo aleatorio simple*; éste es un procedimiento de tomar una muestra, por el cual todos y cada uno de los elementos de la población finita  $N$ , tienen igual probabilidad de ser incluidas en la muestra.

Cómo escoger una muestra aleatoria simple<sup>14</sup>? Un método sencillo consiste en numerar todos los elementos de la población, escribir los números en tarjetas o fichas, poner luego en una caja o una bolsa los objetos numerados y mezclarlos completamente. Se determina, entonces, el tamaño de la muestra, se sacan las fichas

<sup>14</sup> Véase Gildalberto Bonilla, "Cómo hacer una tesis de graduación con técnicas estadísticas", p. 91.

o tarjetas al azar, una por una, hasta tener el número de elementos que se necesiten. Otro método más técnico y confiable consiste en usar *tablas de números aleatorios*<sup>15</sup>. En la mayor parte de los libros de estadística aparece este tipo de tablas; sin embargo uno mismo puede elaborar sus propias tablas, haciendo uso de diez bolas de ping pong numeradas del 0 al 9. Se introducen en una urna y se sacan las bolas con reemplazamiento y se anotan los dígitos que salgan, formando bloques de números con los dígitos que uno desee. El proceso es eminentemente aleatorio, ya que cada dígito tiene la misma probabilidad de 1/10 de salir. En la actualidad, las tablas se elaboran por computadoras, y algunas calculadoras científicas cuentan con una función que genera números aleatorios, que perfectamente pueden ser utilizados.

En base a los resultados que se obtengan, debe verificarse por medio de las ecuaciones 4.18 y 4.19 si el tamaño de muestra adoptado es mayor o igual que el de la fórmulas para establecer que se tiene el tamaño apropiado de la muestra. De lo contrario se debe ir a muestrear nuevamente y tomar el número de muestras adicionales que se necesitan para obtener el tamaño apropiado de la muestra, o flexibilizar el riesgo  $\alpha$  y/o el margen de error  $E$  con los que pueda estimarse la media poblacional.

El error  $E$  puede tomarse entre los valores de 0.04 a 0.07 kg/hab/día<sup>16</sup>, y para cada vivienda que se muestree debe anotarse el número de habitantes que posee; para

---

<sup>15</sup> Ver ANEXO 1.

<sup>16</sup> Véase J. Guillermo Umaña, "PROPUESTA DE NORMAS PARA LA DETERMINACION DE PARAMETROS DE DISEÑOS DE SISTEMA DE MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES". Sección 5.2.5.

aquellos casos en que los datos se expresen en Kg/viv/día con el objeto de convertir la serie de datos a Kg/hab/día utilizar el valor E explicado anteriormente al utilizar las fórmulas 4.18 y 4.19.

---

## 4.1.5 METODO DE TRABAJO

### *4.1.5.1 POBLACION DE ESTUDIO:*

Viviendas unifamiliares , mercado y algunos comercios del sector urbano de la ciudad de Ilobasco

### *4.1.5.2 EQUIPO, HERRAMIENTAS Y MATERIAL UTILIZADO:*

- *2 Balanzas granataria con capacidad de 25 kg y precisión de 0.1 kg.*
- *1 Báscula con capacidad de 500 kg y precisión de 0.2 kg.*
- *2 Barriles metálicos de 200 Lt. de capacidad.*
- *2 Camiones de 3 Toneladas de capacidad.*
- *8 Pares de guantes de cuero.*
- *8 Pares de guantes de hule.*
- *8 Mascarillas protectoras.*
- *40 Docenas de bolsas plásticas medianas.*
- *10 Docenas de bolsas plásticas grandes.*
- *320 Encuestas de 1 página.*
- *320 Boletines informativos de 2 páginas c/u.*
- *1 Galón de thinner.*
- *3 Cubetas pequeñas (para pintura).*
- *3 Brochas de 2".*
- *1 Galón de pintura amarilla (de aceite).*
- *1 Rollo fotográfico de 24 exposiciones.*

- *1 Resma de papel bond base 20.*
- *Lápices, lapiceros, reglas, etc.*
- *1 Pick-up.*
- *1 Marco de madera para cedazo # 16.*

#### **4.1.5.3 RECURSO HUMANO UTILIZADO:**

- *2 Motoristas.*
- *20 Estudiantes de bachillerrato del Instituto Nacional de Ilobasco (INDI).*
- *6 Auxiliares de limpieza.*
- *2 Estudiantes universitarios.*

#### **4.1.5.4 PROCEDIMIENTO:**

Para el desarrollo del presente estudio de generación de desechos sólidos de la ciudad de Ilobasco, se utiliza como guía el procedimiento descrito en la "PROPUESTA DE NORMAS PARA LA DETERMINACION DE PARAMETROS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS MUNICIPALES", realizada por el Ing. Juan Guillermo Umaña en 1994,

Dicho procedimiento sufre algunas variaciones por ejemplo en cuanto a la recolección de datos, presentación de contenido de los desechos ( subproductos), análisis estadístico y otros, que se mencionan a medida se desarrolle el estudio.

Se analiza una *tasa de producción ponderada* ; que es la suma de desechos totales diarios de los sectores residencial, municipal y comercial divididos entre la cantidad total de habitantes urbanos.

a) Reconocimiento y delimitación de sectores de estudio : Se solicitó a la Alcaldía Municipal de Iobasco, proporcionara planos catastrales actualizados de la ciudad, pero sólo se contó con 14 cuadrantes de planos catastrales de 1977. Por lo que se decidió hacer reducciones de cada plano y obtener un plano general de Iobasco .

De acuerdo al plano general se realizaron visitas de campo, para evaluar la actividades domésticas, comerciales, agrícolas e industriales de la ciudad de Iobasco, y evaluar así los sectores que se crean representativos de la generación de desechos sólidos de la población urbana.

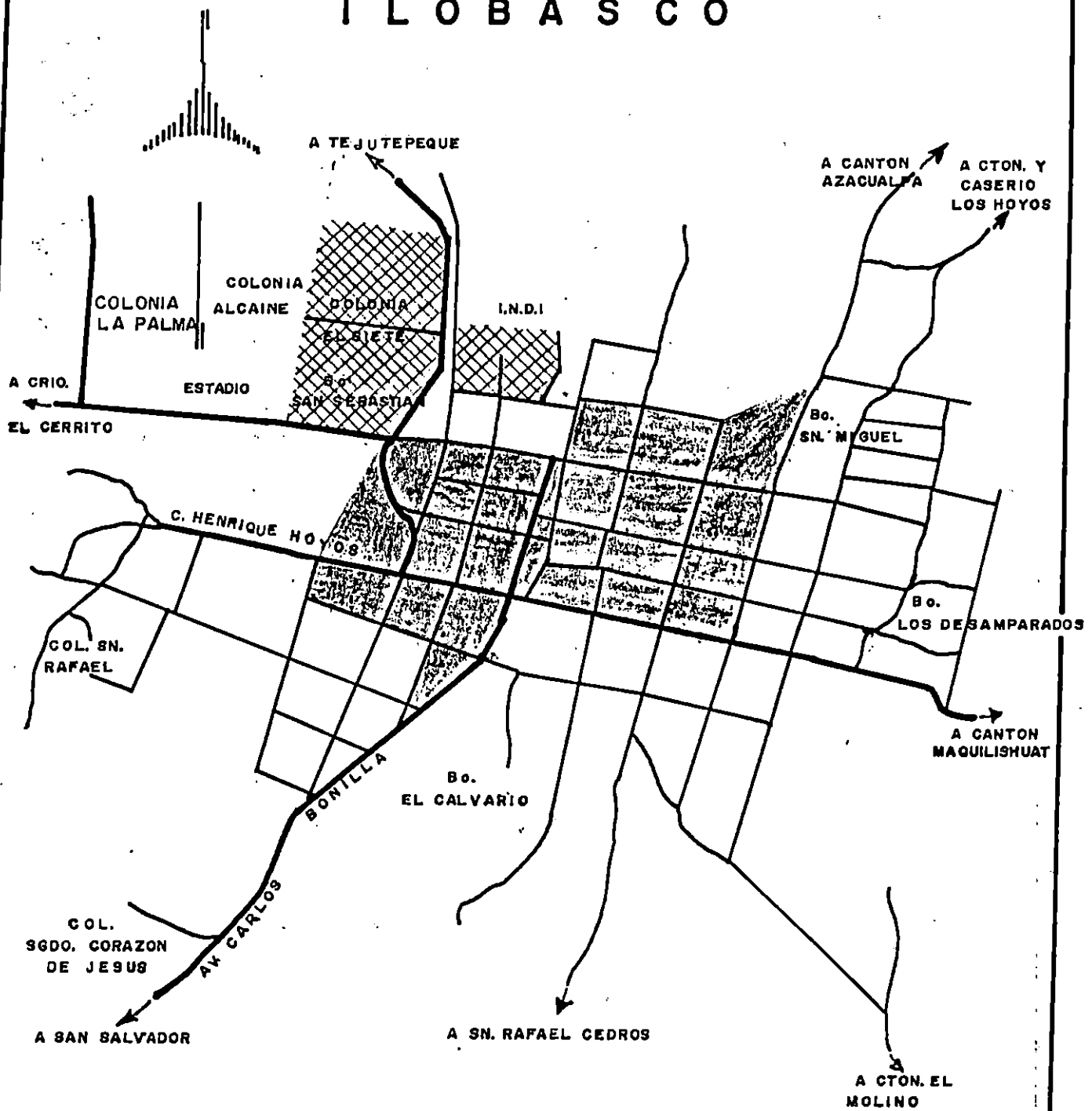
Por lo que se decide evaluar 2 sectores:

1. El sector *central*: Que abarca aquellas viviendas unifamiliares que se encuentran en el centro de la ciudad de Iobasco y donde existe mayor actividad comercial.
2. El sector *nor-poniente*: Que abarca solamente las viviendas unifamiliares donde la actividad es eminentemente residencial.

Los límites del sector *central* y *nor-poniente* en los que se dividió el estudio pueden observarse en la figura 4.1.1

b) Parámetros a investigar : Para determinar los datos necesarios que se requieren en la ecuación 4.1. , se intentó verificar si la Alcaldía Municipal de Iobasco disponía de una báscula en la que pudieran pesarse los camiones del equipo recolector, y

# ILOBASCO



SECTOR NOR PONIENTE



SECTOR CENTRAL

FIGURA 4.1.

PLANO GENERAL DE LA CIUDAD DE ILOBASCO.



utilizar así las ecuaciones 4.2 y 4.5 . Pero ésta no dispone de básculas de tal capacidad y la más cercana se encuentra en la ciudad de San Martín, no siendo viable desde el punto de vista económico y de eficiencia en el servicio, trasladar los camiones a ese municipio para ser pesados.

Debido a lo antes expuesto, se decidió utilizar las ecuaciones 4.4 , 4.6, 4.7 y 4.8, para obtener los desechos sólidos totales requeridos en la ecuación 4.1.

c) Selección del riesgo  $\alpha$  y tamaño de muestra  $n_0$ : En base a que se conoce lo pequeño de la población, que el personal participante son estudiantes universitarios (los encargados de los análisis), y estudiantes de bachillerato (los que reparten boletines y realizan encuestas) , que existe voluntad política de parte de la Alcaldía Municipal de Ilobasco y colaboración económica de la Comunidad Económica Europea a través de su programa de Higiene Básica y Salud (HIBASA) en su programa ALA 92/17 y que la precisión de las básculas a utilizar, aunque menores que las estipuladas por la guía que se utiliza, son aceptables. Se decidió estipular adoptar un riesgo  $\alpha$  de 0.05 y un tamaño de muestra de 115, según tabla 4.1.1 .

d) Determinación y ubicación del universo de trabajo: Con el plano catastral de 1977 disponible, se numeraron en orden progresivo, en cada sector del estudio (*central y nor-poniente*), las viviendas (entre 300 a 500 casas) según lo muestra la figura 4.1.1.

e) Identificación física de los elementos de la muestra: Se visita el universo de trabajo y con pintura amarilla se marcó con una "X" o un número clave con el cual se pueda identificar cada elemento de la muestra.

En el desarrollo de la actividad se marcaron algunos locales comerciales a los cuales se les dio seguimiento en el estudio de manera adicional a lo requerido; lo que implicó que se tomaran posteriormente más elementos de muestra, en reposición de las que resultaron locales comerciales.

f) Visita explicativa de la actividad a realizar: Con el objeto de dar a conocer la actividad que se realizaba, se le solicitó a la Alcaldía Municipal de Iobasco coordinara acciones con autoridades del Instituto Nacional De Iobasco (INDI), y proporcionarían estudiantes de bachillerato activos en su servicio social.

Se planificaron las actividades que pueden desarrollar los estudiantes así:

- Entrega de boletines informativos.
- Encuestar a los habitantes de las casas seleccionadas.
- Entrega de bolsas plásticas, durante la recolección de desechos sólidos.

Definido lo anterior y con la colaboración del Coordinador del servicio social estudiantil del INDI, se prepararon a los estudiantes (entre 20 y 24) por medio de sesiones en las cuales se les explica el procedimiento a seguir, para que visitaran a los habitantes de las casas seleccionadas en la muestra, y explicarles a través de un boletín informativo (ver ANEXO 3), la razón del muestreo por realizar. Así

captar información general por medio de un formulario de encuesta (ver ANEXO 4) y la entrega de la primera bolsa plástica que servirá como una “Operación limpieza”<sup>17</sup>.

g) Recolección de desechos sólidos: Durante el periodo comprendido del 13 al 20 de Febrero de 1995 ,y en cada sector de estudio (Central y nor-poniente),se visitan las casas seleccionadas para recoger los desechos sólidos generados por éstas a diario, e inmediatamente se pesaban en las básculas granatarias que se muestran en la foto 4.1. Así mismo los estudiantes entregaban una nueva bolsa para la recolección de desechos del siguiente día .

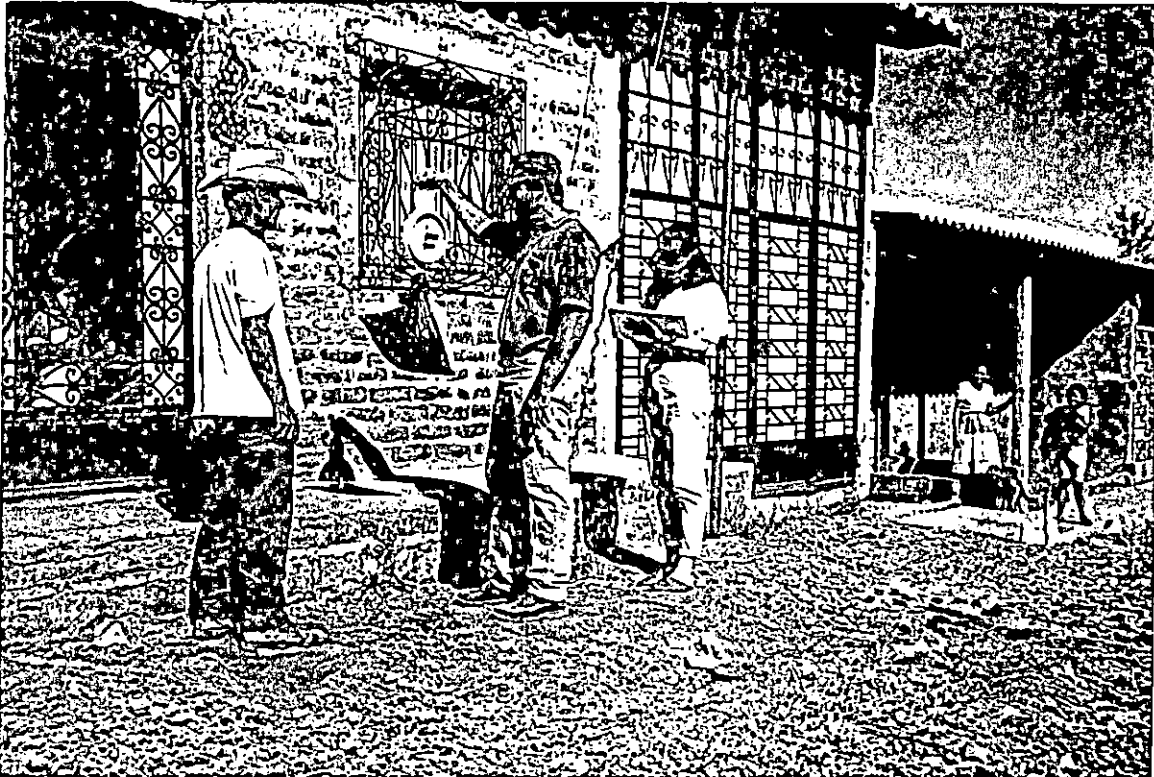


FOTO 4.1 : Al centro, pesado de desechos sólidos en básculas de 25 Kg.  $\pm$  0.1 Kg. De precisión. A la derecha una estudiante de bachillerato toma nota del peso obtenido, y a la izquierda uno de los trabajadores contratados por la Alcaldía Municipal de Ilobasco, para descargar los desechos en el camión recolector.

<sup>17</sup> Ver ANEXO 2, Sección 5.1.8.

Para el desarrollo de esta actividad, la Alcaldía Municipal de Ilobasco colabora con la contratación de 6 auxiliares de limpieza (3 por sector) y 2 camiones pequeños, con su respectivo motorista ( 1 por sector). Y la colaboración del INDI , de 8 a 10 estudiantes de bachillerato; las cuales entregaban bolsas y tomaban nota de los pesos obtenidos en el desarrollo del estudio.

Al terminar de recolectar cada cuadra dentro de una ruta previamente planificada se movilizaba el personal hacia las siguientes cuadras , donde se repetía el procedimiento de entrega de bolsas, recolección y pesado de desechos.

h) Transporte y análisis de características de desechos sólidos: Luego de recolectar los desechos sólidos de los sectores *central y nor-poniente*, se transportan los desechos hacia un predio al aire libre que la Alcaldía Municipal de Ilobasco dispuso que se realizaran los análisis de las características de desechos sólidos.

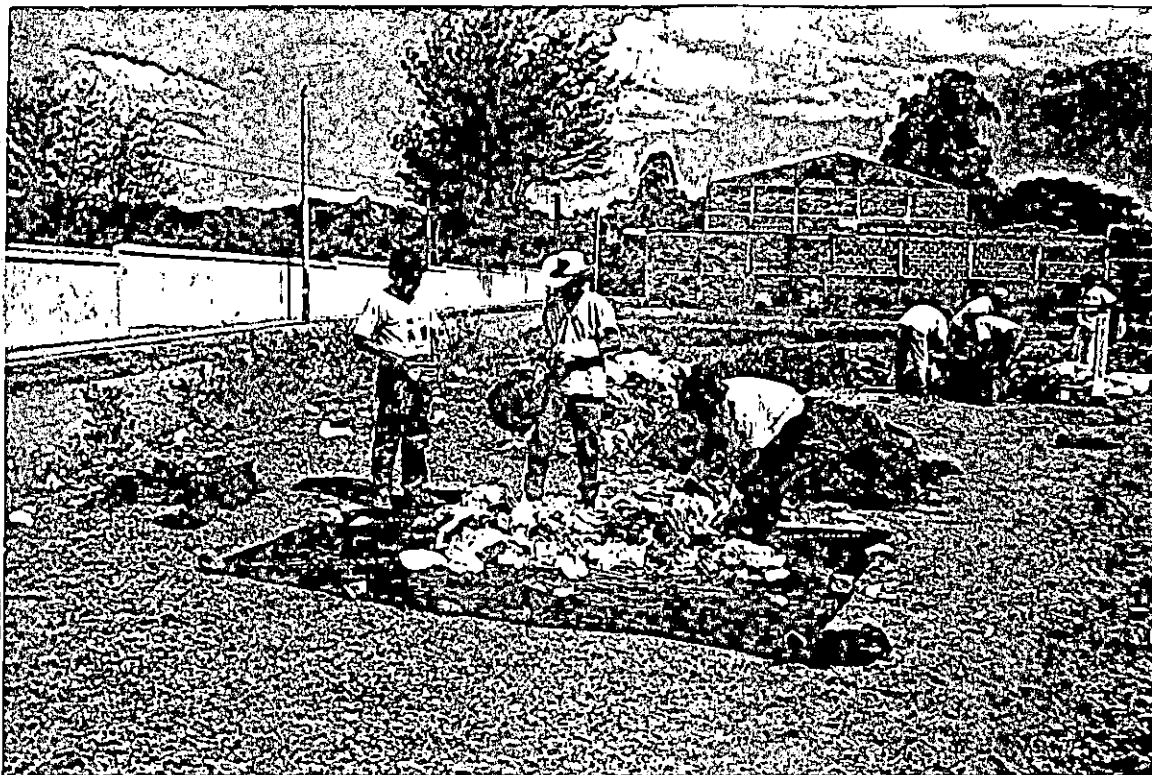
#### h.1 MUESTREO POR CUARTEO DE DESECHOS SOLIDOS.

Uno de los pasos previos al análisis de características que a diario se realizaba es un muestreo de desechos sólidos por medio de un *cuarteo* de los mismos. El cual consiste en tomar las bolsas conteniendo desechos sólidos (no más de 250), y se vacían formando un montón en un área plana y limpia<sup>18</sup> (ver FOTO 4.2) y se traspalean con pala, hasta homogeneizarlos, a continuación, se divide en cuatro

---

<sup>18</sup> La sección 4.2 de la norma DS-01 del ANEXO 2, cuarto párrafo se menciona de un área plana horizontal de 4m. × 4m. De cemento pulido o similar, bajo techo. El cual no se encontró por parte de la Alcaldía Municipal de Ilobasco limitando parte de las restricciones de dicha norma. Por lo que se flexibilizan las tolerancias exigidas en las normas.

partes aproximadamente iguales A, B, C y D, y se eliminan las partes opuestas A y C ó B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 Kg de desechos sólidos que se utilizarán para la clasificación de desechos sólidos que contienen ( o subproductos). Así mismo de los desechos sólidos eliminados en la primera operación del cuarteo se determinará el peso volumétrico promedio diario de desechos sólidos PVDS, descrito en la ecuación 4.6.



**FOTO 4.2 : Vaciado de desechos sólidos contenidos en bolsas plásticas, en predio al aire libre asignado por la Alcaldía Municipal de Hobasco, con los que se realizará un muestreo por medio de cuarteo de los mismos y determinar el peso volumétrico y el contenido de los mismos (subproductos).**

## h.2. DETERMINACION DE PESO VOLUMETRICO PROMEDIO DIARIO DE DESECHOS

### SOLIDOS PVDS.

Consiste en determinar el peso volumétrico de los desechos sólidos, a partir de los desechos eliminados de la primera operación del cuarteo. Para lo anterior se llena un barril (de peso y volumen conocido) hasta el tope (FOTO 4.3) con desechos sólidos homogeneizados, y se golpea el barril contra el suelo tres veces, dejándolo caer desde una altura de aproximadamente 10 cm . el cual queda como muestra la FOTO 4.4. Posteriormente se agregan desechos sólidos hasta el tope (FOTO 4.5), teniendo el cuidado de no presionar al colocarlos en el recipiente; ésto con el fin de no alterar el peso volumétrico que se pretende determinar.

FOTO 4.3 : Se llena el barril hasta el tope, con desechos sólidos homogeneizados.



Se debe tener el cuidado de vaciar dentro del recipiente todo el desecho, sin descartar los finos. Luego para obtener el peso neto de los de-



sechos sólidos, se pesa el recipiente con éstos (FOTO 4.6), y se resta el peso del barril. Posteriormente se divide el peso neto de desechos sólidos entre el volumen del barril.

El peso volumétrico se obtiene también para los desechos sólidos del mercado.

### h.3 Determinación del volumen promedio diario de desechos sólidos (VD) del mercado.

Ilobasco posee un mercado, cuyos desechos se depositan en un contenedor rectangular con capacidad de hasta  $48 \text{ M}^3$ . El procedimiento consiste en acomodar al ras los desechos sólidos (cuando éstos sobrepasan la capacidad), vaciar el contenedor con el auxilio del equipo de recolección, e introducir el desecho excedente al interior del contenedor nivelándolo horizontalmente para determinar la altura de los desechos y calcular posteriormente el volumen ocupado y adicionar al volumen anterior para obtener el volumen total. En caso de que los desechos sólidos no sobrepasen la capacidad del contenedor, se procede a nivelar horizontalmente los desechos y se determina la altura para luego calcular su volumen. El procedimiento se repite durante 7 días y se calcula su promedio.

**FOTO 4.4 :** Luego del asentamiento, se agregan desechos sólidos hasta el tope, rasándolo con el cuidado de no presionar los desechos y alterar el peso volumétrico que se quiere determinar.



**FOTO 4.5 :** Se procede a pesar el barril conteniendo los desechos sólidos , para obtener el peso neto de éstos al restar el peso del barril y, dividir el peso neto de los desechos sólidos entre el volumen del barril para obtener el peso volumétrico requerido.





#### h.4 *Determinación de características del contenido de los desechos sólidos (subproductos).*

Se toman como mínimo 50 Kg que proceden de las áreas del cuarteo que no fueron eliminadas, y se seleccionan los subproductos depositándolas en bolsas de polietileno (Ver FOTO 4.7), hasta agotarlos de acuerdo con la siguiente clasificación<sup>19</sup>:

- *Algodón.*
- *Cartón.*
- *Cuero*
- *Hule.*
- *Loza y cerámica.*
- *Madera.*
- *Material de construcción.*
- *Metal.*
- *Papel.*
- *Plástico.*
- *Residuos alimenticios.*
- *Residuo fino (material que pasa el cedazo # 16).*
- *Residuos de jardinería.*

---

<sup>19</sup> Según el ANEXO 2, NORMA DS-03, Sección 5.2, establece una clasificación de 26 características, pero para el presente estudio se utilizan 16 características que se estiman representativas.

- *Trapo o tela.*
- *Vidrio.*
- *Otros (material retenido en cedazo #16, y aquellos que no se mencionen).*

Una vez agotados los subproductos, el desecho sobrante se tamizó por el cedazo #16 (Ver FOTO 4.8) , y el material que pasa se denomina “Residuo Fino” (Ver FOTO 4.9) y el material retenido se clasifica como “Otros” junto con aquellos subproductos que no se encuentren en el listado anterior.



FOTO 4.6 : ↑ Selección de subproductos; los trabajadores proceden a separar y guardar en bolsas plásticas el contenido de los desechos sólidos de acuerdo a un listado de características previamente definidas ( Cartón, madera, metal, papel, plástico, Residuos alimenticios, Residuos vegetales , etc.).

FOTO 4.7 : ↓ Tamizado del material sobrante de la selección de subproductos por el cedazo # 16.





**FOTO 4.8 :** Al fondo “residuo fino” que pasa el cedazo # 16, comparada al frente, con tierra del sitio donde se seleccionan los subproductos.

Los subproductos ya clasificados se pesan por separado en la balanza granataria y se anota el resultado en un formulario de registros.

El porcentaje en peso de cada uno de los subproductos se calcula con la siguiente expresión :

$$PS = (PS_C / P_T) \times 100 \quad (4.23)$$

Donde:

**PS** : Porcentaje del subproducto considerado.

**PS<sub>C</sub>** : Peso del subproducto considerado en Kg.

(Descontando el peso de la bolsa empleada).

**P<sub>T</sub>** : Peso total de la muestra (mínimo 50 kg.).

El resultado obtenido al sumar los diferentes porcentajes, debe ser como mínimo<sup>20</sup> 98% del peso total de la muestra  $P_T$ . En caso contrario debe repetirse la determinación.

Luego de la recolección de datos y el análisis de las características de los desechos (pesos volumétricos y determinación de subproductos). Se procede al ordenamiento, presentación y análisis de los resultados obtenidos.

---

<sup>20</sup> Es de recordar que dicha tolerancia está bajo el supuesto de que la determinación de subproductos se realiza en un lugar cerrado y bajo techo, ya que los cambios en el peso se deben principalmente a la liberación o admisión de humedad. El presente estudio se realiza al aire libre, con existencia de vientos y en las horas de mayor calor por lo que no todas las determinaciones pueden cumplir dicha tolerancia.

## 4.1.6 RESULTADOS OBTENIDOS

### 4.1.6.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SECTOR CENTRAL.

#### A) Determinación de la tasa de producción (Kg/hab/día).

Inicialmente se seleccionaron 173 locales<sup>21</sup>, pero por falta de continuidad en los datos se seleccionan aquellos datos con 6 y 7 días de recolección efectiva del sector residencial, y cuyos resultados se resumen de manera ordenada de menor a mayor en la tablas 4.1.10 y 4.1.11 que se presentan a continuación:

<i>VIVIENDAS CON 7 DIAS DE CONTINUIDAD</i>			
N.	KG/HAB/DIA	N.	KG/HAB/DIA
1	0.11	20	0.31
2	0.11	21	0.33
3	0.12	22	0.34
4	0.15	23	0.35
5	0.16	24	0.36
6	0.19	25	0.36
7	0.19	26	0.38
8	0.20	27	0.39
9	0.21	28	0.42
10	0.23	29	0.42
11	0.24	30	0.47
12	0.24	31	0.47
13	0.26	32	0.50
14	0.26	33	0.53
15	0.27	34	0.59
16	0.28	35	0.59
17	0.29	36	0.68
18	0.30	37	0.74
19	0.31	38	0.76

PROM=0.35 KG/HAB/DIA
S=0.17 KG/HAB/DIA

Tabla 4.1.10 : Resultados de producción de desechos en viviendas del sector central de la ciudad de Ilobasco(7 días de continuidad).

<sup>21</sup> Véase ANEXOS 5 y 6 , para una ampliación de los datos obtenidos durante la recolección de desechos sólidos y encuestas entregadas a los habitantes de los locales seleccionados.

VIVIENDAS CON 6 DIAS DE CONTINUIDAD

N	KG/HAB/DIA	N	KG/HAB/DIA	N	KG/HAB/DIA
1	0.12	26	0.26	51	0.41
2	0.13	27	0.26	52	0.42
3	0.14	28	0.27	53	0.42
4	0.14	29	0.27	54	0.43
5	0.15	30	0.27	55	0.43
6	0.16	31	0.28	56	0.43
7	0.17	32	0.28	57	0.45
8	0.18	33	0.29	58	0.45
9	0.18	34	0.29	59	0.45
10	0.19	35	0.29	60	0.47
11	0.19	36	0.30	61	0.49
12	0.20	37	0.30	62	0.51
13	0.20	38	0.34	63	0.57
14	0.20	39	0.35	64	0.61
15	0.21	40	0.36	65	0.63
16	0.21	41	0.36	66	0.67
17	0.21	42	0.36	67	0.68
18	0.22	43	0.37	68	0.69
19	0.22	44	0.37	69	0.73
20	0.24	45	0.37	70	0.75
21	0.24	46	0.38	71	0.77
22	0.24	47	0.38	72	0.78
23	0.24	48	0.39	73	0.82
24	0.25	49	0.39	74	1.27
25	0.25	50	0.40	75	1.36

PROM=0.38 KG/HAB/DIA
S=0.23 KG/HAB/DIA

Tabla 4.1.11 : Resultados de producción de desechos en viviendas del sector central de la ciudad de Ilobasco ( 6 días de continuidad).

De lo anterior se resume lo siguiente:

Viviendas con 7 días de continuidad :

Número n : 38  
 Promedio X : 0.35 Kg/hab/día.  
 Desviación  
 estándar s : 0.17 Kg/hab/día.

Viviendas con 6 días de continuidad :

Número n : 75  
 Promedio X : 0.38 Kg/hab/día.  
 Desviación  
 estándar s : 0.23 Kg/hab/día.

Donde la serie de datos de cada grupo puede unirse y realizarse un análisis general de la unión de dichas series de datos, pero previamente debe demostrarse que no

Donde la serie de datos de cada grupo puede unirse y realizarse un análisis general de la unión de dichas series de datos, pero previamente debe demostrarse que no existe una diferencia significativa entre el promedio de las viviendas con 7 y 6 días de continuidad.

Para verificar lo anterior, se realiza una prueba de hipótesis de diferencia de medias muestrales, auxiliándose de las ecuaciones 4.21 y 4.22 ,y cuyas variables se definen de la siguiente forma:

Viviendas con 7 días de continuidad :

Número  $n_1$  : 38  
 Promedio  $X_1$  : 0.35 Kg/hab/día.  
 Desviación  
 estándar  $s_1$  : 0.17 Kg/hab/día.

Viviendas con 6 días de continuidad :

Número  $n_2$  : 75  
 Promedio  $X_2$  : 0.38 Kg/hab/día.  
 Desviación  
 estándar  $s_2$  : 0.23 Kg/hab/día.

Determinar si existe diferencia de medias entre las tasas obtenidas con 7 y 6 días de recolección, utilizando un nivel de significación del 5% .

PLANTEAMIENTO DE HIPOTESIS:

$H_0 : X_1 = X_2$  Las medias de las tasas de producción (expresadas en kg/hab/día) de las viviendas con 6 y 7 días de recolección efectiva, son iguales.

$H_1 : X_1 \neq X_2$  Las medias de las tasas de producción (expresadas en kg/hab/día) de las viviendas con 6 y 7 días de recolección efectiva, son diferentes



Como el número de muestras es  $\geq 30$ , puede utilizarse la relación Z muestral de la ecuaciones 4.21 y 4.22 que se expresan respectivamente de la siguiente manera:

$$Z_c = (X_1 - X_2) / S_x$$

Donde: 
$$S_x = [ s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2 ]^{1/2}$$

Sustituyendo variables se obtiene lo siguiente:

$$S_x = [ (0.17)^2/(38) + (0.23)^2/(75) ]^{1/2}$$

$$S_x = 0.0382865$$

Sustituyendo  $S_x$  en 4.21 :

$$Z_c = ( 0.35 - 0.38 ) / (0.0382865)$$

$$Z_c = -0.783566$$

$$Z_c \approx -0.78$$

Se determina el valor  $Z_\alpha$  con el auxilio de de tabla de áreas bajo la curva normal, en base al nivel de significación que es de 0.05.

Como se trata de una prueba de hipótesis, bilateral (de 2 colas) como el mostrado por la figura 4.1.4 , implica que en cada extremo se tendrá un  $\alpha$  de 0.025; o sea el 2.5% de error en ambos extremos.

De tablas (ver ANEXO 1 ) y para una prueba de hipótesis bilateral con un nivel de significación del 5%, se obtiene un  $Z = \pm 1.96$ . Con el auxilio de la Fig. 4.1.4 se observa que  $Z_c = -0.78$  se encuentra en la zona de aceptación .

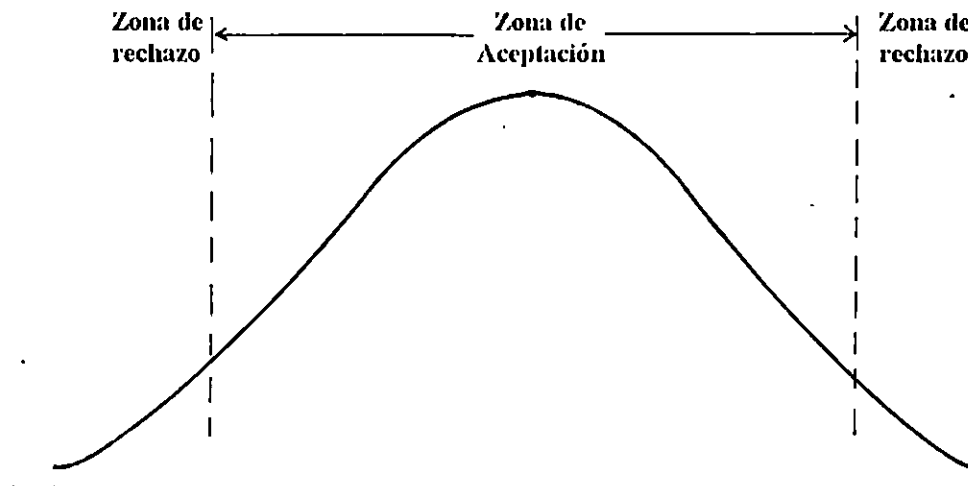


Fig. 4.1.4 : Prueba bilateral o de dos extremos a un nivel del 5%.

Por tanto se acepta  $H_0$  y se puede afirmar que no existe diferencia significativa entre las medias de las tasas de producción de las viviendas con 6 y 7 días de recolección efectiva. Comprobado lo anterior pueden unirse los datos de las tablas 4.1.10 y 4.1.11 y trabajar con una serie de datos más amplia.

La tabla 4.1.12 contiene la union de la serie de datos numeradas en orden correlativo y de menor a mayor de las tasas de producción de desechos sólidos, expresadas en Kg/hab/día.

TABLA 4.1.12 : RESULTADOS DE TASAS DE PRODUCCION DE DESECHOS SOLIDOS DE LA CIUDAD DE ILOBASCO EN VIVIENDAS CON 6 Y 7 DIAS DE RECOLECCION. (SECTOR CENTRAL)

n	KG/HAB/DIA	n	KG/HAB/DIA	n	KG/HAB/DIA	n	KG/HAB/DIA	n	KG/HAB/DIA
1	0.11	24	0.21	47	0.28	70	0.37	93	0.50
2	0.11	25	0.21	48	0.28	71	0.38	94	0.51
3	0.12	26	0.21	49	0.29	72	0.38	95	0.53
4	0.12	27	0.22	50	0.29	73	0.38	96	0.57
5	0.13	28	0.22	51	0.29	74	0.39	97	0.59
6	0.14	29	0.23	52	0.29	75	0.39	98	0.59
7	0.14	30	0.24	53	0.30	76	0.39	99	0.61
8	0.15	31	0.24	54	0.30	77	0.40	100	0.63
9	0.15	32	0.24	55	0.30	78	0.41	101	0.67
10	0.16	33	0.24	56	0.31	79	0.42	102	0.68
11	0.16	34	0.24	57	0.31	80	0.42	103	0.68
12	0.17	35	0.24	58	0.33	81	0.42	104	0.69
13	0.18	36	0.25	59	0.34	82	0.42	105	0.73
14	0.18	37	0.25	60	0.34	83	0.43	106	0.74
15	0.19	38	0.26	61	0.35	84	0.43	107	0.75
16	0.19	39	0.26	62	0.35	85	0.43	108	0.76
17	0.19	40	0.26	63	0.36	86	0.45	109	0.77
18	0.19	41	0.26	64	0.36	87	0.45	110	0.78
19	0.20	42	0.27	65	0.36	88	0.45	111	0.82
20	0.20	43	0.27	66	0.36	89	0.47	112	1.27
21	0.20	44	0.27	67	0.36	90	0.47	113	1.26
22	0.20	45	0.27	68	0.37	91	0.47		
23	0.21	46	0.28	69	0.37	92	0.49		

Promedio  $\bar{X} = 0.37$  Kg/hab/día.

Desviación  $s = 0.21$  Kg/hab/día.

Debe verificarse si la muestra  $n_0$  de los 113 datos obtenidos, son representativos, con un riesgo  $\alpha$  del 5% y un error  $E$  que oscila entre 0.04 y 0.07 Kg/hab/día (Según ANEXO 2, Sección 5.1.2.). Procediéndose a evaluar el tamaño apropiado de la muestra, utilizando la fórmula 4.18 de la siguiente manera:

$$n = (Z \times s / E)^2$$

- Para un riesgo  $\alpha=0.05$

$$Z = 1.96$$

$$s = 0.21 \text{ Kg/hab/día.}$$

$$E = 0.07 \text{ Kg/hab/día.}^{22}$$

Por tanto:

$$n = [ (1.96 \times 0.21) / (0.07) ]^2$$

$$n = 34.5744$$

$$n \cong 35 \text{ datos.}$$

Como el tamaño de la premuestra  $n_0$  es mayor que el tamaño de la muestra  $n$ , se puede afirmar que la muestra realizada es representativa.

Por lo tanto:

Tasa de producción de desechos sólidos  
de las viviendas del sector central de la  
ciudad de Ilobasco (Dpto. de Cabañas).

**0.37 kg/hab/día.**

<sup>22</sup> Se utilizó un valor de  $E=0.07 \text{ kg/hab/día}$ , debido a que la precisión de las básculas era menor que las exigidas por las normas que se utilizan como guía para el desarrollo del presente estudio.

B) Determinación del Peso volumétrico de desechos sólidos (Kg/M<sup>3</sup>).

Se realizaron 7 determinaciones de peso volumétrico a los desechos sólidos combinados del sector residencial y comercial<sup>23</sup>, resumiéndose los resultados obtenidos en la tabla 4.1.13. que se presenta a continuación:

TABLA 4.1.13 : PESOS VOLUMETRICOS DE DESECHOS SOLIDOS DE VIVIENDAS Y COMERCIOS DE LA CIUDAD DE ILOBASCO. (Sector central)

n	Fecha	Peso bruto (Kg)	Peso tara (Kg)	Peso neto (Kg)	Volumen tara (M3)	Peso volumétrico (Kg/M3)
1	14-02-95	66.20	18.00	48.20	0.219	220.09
2	15-02-95	53.40	18.00	35.40	0.219	161.64
3	16-02-95	75.40	18.00	57.40	0.219	262.10
4	17-02-95	51.00	18.00	33.00	0.219	150.68
5	18-02-95	49.40	18.00	31.40	0.219	143.38
6	19-02-95	66.00	18.00	48.00	0.219	219.18
7	20-02-95	49.60	18.00	31.60	0.219	144.29

Peso Volumétrico promedio : 186 Kg\M3

C) Determinación de características del contenido de los desechos sólidos (subproductos).

La tabla 4.1.14 muestra los resultados obtenidos durante la determinación de las características del contenido de desechos sólidos<sup>24</sup>, de las viviendas y comercios ubicadas en el *sector central* de la ciudad de Ilobasco.

<sup>23</sup> Limitantes de personal y de tiempo, impedían separar los desechos provenientes del sector residencial y comercial.

<sup>24</sup> Limitantes de personal y de tiempo, no permiten realizar la determinación de los subproductos durante 7 días por lo que los porcentajes que se presentan en la tabla 4.1.14 son los rangos obtenidos de 4 días de análisis de subproductos.

Para una ampliación de los datos obtenidos en la determinación de subproductos del sector central ver ANEXO 7.

TABLA 4.1.14 : SUBPRODUCTOS DE DESECHOS SÓLIDOS  
DE VIVIENDAS Y COMERCIOS DE LA CIUDAD DE ILOBASCO  
( SECTOR CENTRAL)

SUBPRODUCTOS	RANGOS EN %
Algodón	0.0 - 0.0
Cartón	2.7 - 3.6
Cuero	0.0 - 1.7
Hule	0.0 - 0.0
Loza y cerámica	0.0 - 1.5
Madera	0.0 - 0.4
Material de construcción	0.0 - 0.0
Metal	0.0 - 1.2
Papel	6.4 - 14.7
Plástico	0.0 - 8.1
Residuos alimenticios	27.5 - 41.2
Residuo fino (material que pasa el cedazo # 16)	1.0 - 4.0
Residuos de jardinería	27.4 - 35.4
Trapo o tela	0.0 - 1.2
Vidrio	0.0 - 3.3
Otros	2.9 - 10.8

La materia orgánica ( residuos alimenticios y de jardinería) predomina en los contenidos de los desechos sólidos del *sector central* de la ciudad de Ilobasco y varían entre el 55 y 75 % del peso total de desechos sólidos (ver ANEXO 7).

Puede observarse que el contenido de desechos sólidos potencialmente reciclables es mínimo predominando el papel el cual oscila entre el 6 y el 15 %, el resto de contenidos individuales de subproductos es prácticamente despreciable (algodón, cartón, cuero, etc) .

D) *Generación de desechos sólidos de algunos locales comerciales del sector central.*

Durante el desarrollo del estudio de generación de desechos sólidos se obtiene información adicional de la tasa de producción de algunos locales que se clasifican como vivienda-comercio y comercios según el uso de los mismos.

Las tablas 4.1.15 y 4.1.16 presentan las tasas de producción obtenidos y expresados en Kg/viv-com/día y Kg/com/día respectivamente.

Los promedios obtenidos son los siguientes:

- *Locales utilizados como viviendas y comercio : 2.83 Kg/viv-com/día.*
- *Locales utilizados exclusivamente para comercio: 3.68 Kg/com/día.*

Si se unen los datos de las tablas 4.1.15 y 4.1.16 se obtiene un promedio de 3.05 Kg/negocio/día.

La Alcaldía Municipal de Ilobasco tiene registrado alrededor de 341 locales comerciales<sup>25</sup>, por lo que se puede obtener un indicador de la producción de desechos del sector comercial, multiplicando la tasa promedio resultante de la unión de viviendas y viviendas-comercio así:

---

<sup>25</sup> Véase ANEXO 8.

Total de desechos diarios

del sector comercial:  $(3.05 \text{ Kg/neg/día})(341 \text{ neg}) = 1040.05 \text{ Kg/día}$ .

De lo anterior se estima una producción de alrededor de 1.04 Toneladas diarias generadas por el sector comercial.

El promedio anterior se obtiene eliminando datos no acordes con lo observado durante el estudio; ejemplos, son los datos 3,6,11 y 21 de la tabla 4.1.15, así mismo los datos 6 y 8 de la tabla 4.1.16 , que son muy bajos para el tipo de negocio en comparación de los desechos generados por negocios similares.

Dichos promedios sirven de indicadores y puede utilizarse para estimar la producción del sector comercial de la ciudad de Ilobasco.

#### 4.1.6.2 RESULTADOS OBTENIDOS EN EL SECTOR NOR-PONIENTE.

##### A) Determinación de la tasa de producción (Kg/hab/día).

Se obtienen 95 viviendas con 6 días de recolección efectiva, y cuyos resultados se resumen de manera ordenada de menor a mayor en la tabla 4.1.17 que se presenta a continuación:



**TABLA 4.1.15 : RESULTADOS DEL ESTUDIO DE  
GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS DE  
LA CIUDAD DE ILOBASCO  
( SECTOR DE VIVIENDA- COMERCIO)**

N	DESCRIPCION	PRODUCCION KG/VIV-COM/DIA	N	DESCRIPCION	PRODUCCION KG/VIV-COM/DIA
1	TIENDA PEQUEÑA	2.00	14	FOTOCOPIAS	3.09
2	TIENDA PEQUEÑA	0.31	15	SASTRERIA	2.29
3	TIENDA MEDIANA	0.81	16	BAZAR DE ROPA	2.19
4	TIENDA MEDIANA	6.63	17	CLINICA DENTAL	7.57
5	TIENDA MEDIANA	3.78	18	PUPUSERIA	2.10
6	TIENDA MEDIANA	1.20	19	PUPUSERIA	1.24
7	TIENDA MEDIANA	3.07	20	LIBRERIA	3.77
8	TIENDA MEDIANA	2.82	21	MOLINO	1.41
9	TIENDA GRANDE	2.50	22	SALA DE BELLEZA	1.60
10	TIENDA GRANDE	4.81	23	JUGUETERIA	2.30
11	TIENDA GRANDE	1.06	24	ALAFARERIA	1.26
12	VENTA DE HUEVOS	3.27	25	JOYERIA	1.00
13	VENTA DE TORTILLAS	3.93	26	LIBRERIA	0.63

**PROMEDIO: 2.56 KG/VIV-COM/DIA**

**TABLA 4.1.16: RESULTADOS DEL ESTUDIO DE  
GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS DE  
LA CIUDAD DE ILOBASCO  
( SECTOR COMERCIO)**

N	DESCRIPCION	PRODUCCION KG/COM/DIA
1	CONSULTORIO	0.34
2	VENTA ELECTRODOMESTICOS	0.27
3	JOYERIA	0.73
4	TIENDA GRANDE	4.03
5	CONSULTORIO	1.09
6	TIENDA GRANDE	1.63
7	FOTO ESTUDIO	1.22
8	TIENDA GRANDE	0.85
9	COMEDOR	9.22
10	FARMACIA	12.56

**PROMEDIO: 3.19 KG/COMERCIO/DIA**

TIENDA PEQUEÑA :Tiendas con 1 ó 2 estantes

TIENDA MEDIANA:Tienda con más de 2 estantes (menos de 2 encargados)

TIENDA GRANDE :Tienda con 3 o más encargados.

**TABLA 4.1.17 : Resultados de la tasa de producción  
de desechos sólidos de la ciudad de Ilobasco  
en viviendas con 6 días de recolección.  
(Sector perimetral)**

n	KG/HAB/DIA	n	KG/HAB/DIA	n	KG/HAB/DIA
1	0.12	33	0.36	65	0.52
2	0.13	34	0.36	66	0.54
3	0.15	35	0.37	67	0.54
4	0.15	36	0.37	68	0.54
5	0.18	37	0.38	69	0.55
6	0.18	38	0.39	70	0.57
7	0.18	39	0.40	71	0.60
8	0.19	40	0.40	72	0.61
9	0.19	41	0.40	73	0.61
10	0.20	42	0.41	74	0.62
11	0.23	43	0.42	75	0.64
12	0.23	44	0.42	76	0.67
13	0.24	45	0.42	77	0.67
14	0.26	46	0.42	78	0.67
15	0.27	47	0.43	79	0.70
16	0.27	48	0.43	80	0.70
17	0.28	49	0.43	81	0.70
18	0.28	50	0.44	82	0.72
19	0.28	51	0.46	83	0.73
20	0.28	52	0.46	84	0.74
21	0.30	53	0.47	85	0.76
22	0.30	54	0.47	86	0.77
23	0.30	55	0.48	87	0.77
24	0.31	56	0.48	88	0.84
25	0.31	57	0.48	89	0.92
26	0.32	58	0.49	90	0.93
27	0.33	59	0.49	91	1.00
28	0.33	60	0.50	92	1.20
29	0.34	61	0.50	93	1.40
30	0.35	62	0.51	94	1.58
31	0.35	63	0.51	95	1.68
32	0.35	64	0.52		

Promedio  $\bar{X} = 0.49$  Kg/hab/día.  
Desviación  $s = 0.28$  Kg/hab/día.

Se verifica si el tamaño de la muestra  $n_0$  de los 95 datos obtenidos, son representativos, con un riesgo  $\alpha$  del 5% y un error  $E=0.07$  Kg/hab/día, por medio de la formula 4.18 así:

$$n = (Z \times s/E)^2$$

- Para un riesgo  $\alpha = 0.05$

$$Z = 1.96$$

$$s = 0.28 \text{ Kg/hab/día.}$$

$$E = 0.07 \text{ Kg/hab/día.}$$

Por tanto:

$$n = [ (1.96 \times 0.28) / (0.07) ]^2$$

$$n = 61.4656$$

$$n \cong 61 \text{ datos}$$

Como el tamaño de la premuestra  $n_0$  es mayor que el tamaño de la muestra  $n$ , se concluye que la muestra realizada es representativa.

Por lo tanto:

Tasa de producción de desechos sólidos  
de las viviendas del sector nor-poniente de  
la ciudad de Ilobasco (Dpto de Cabañas)

**0.49 Kg/hab/día.**

B) Determinación del peso volumétrico de desechos sólidos (Kg/M<sup>3</sup>).

Se realizaron 7 determinaciones de peso volumétrico de los desechos sólidos provenientes de las viviendas del sector nor-poniente, resumiéndose los resultados obtenidos en la tabla 4.1.18 que se presenta a continuación:

TABLA 4.1.18 : PESOS VOLUMETRICOS DE DESECHOS SOLIDOS DE VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE ILOBASCO. (Sector perimetral)

n	Fecha	Peso bruto (Kg)	Peso tara (Kg)	Peso neto (Kg)	Volumen tara (M3)	Peso volumétrico (Kg/M3)
1	13-02-95	84.00	18.00	66.00	0.219	301.37
2	14-02-95	80.40	18.00	62.40	0.219	284.93
3	15-02-95	70.00	18.00	52.00	0.219	237.44
4	16-02-95	71.20	18.00	53.20	0.219	242.92
5	17-02-95	74.00	18.00	56.00	0.219	255.71
6	18-02-95	72.80	18.00	54.80	0.219	250.23
7	19-02-95	69.00	18.00	51.00	0.219	232.88

Peso Volumétrico promedio : 258 Kg\M3

Para una ampliación de los datos obtenidos en la determinación de pesos volumétricos del sector perimetral, ver ANEXO 9.

C) Determinación de características del contenido de los desechos sólidos (subproductos).

La tabla 4.1.19 muestra los resultados obtenidos durante la determinación de las características del contenido de desechos sólidos de las viviendas ubicadas en el sector nor-poniente de la ciudad de Ilobasco.<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Los resultados que se presentan son de 3 días de recolección.

La materia orgánica (residuos alimenticios y de jardinería) predominan en los contenidos de los desechos sólidos del sector nor-poniente de la ciudad de Ilobasco, variando entre el 72.8 y el 86.1% del peso total de desechos sólidos (ver ANEXO 9).

Por otra parte el contenido de desechos sólidos potencialmente reciclables es mínimo, predominando el plástico el cual oscila entre el 2 y el 11%, seguido de papel y cartón que en conjunto varían entre el 4 y el 8% aproximadamente. El resto del contenidos individuales de subproductos es despreciable.

Para una ampliación de los datos obtenidos en la determinación de subproductos del sector nor-poniente, ver anexo 10.

TABLA 4.1.19 : SUBPRODUCTOS DE DESECHOS SOLIDOS  
DE VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE ILOBASCO  
( SECTOR NOR-PONIENTE)

SUBPRODUCTOS	RANGOS EN %
Algodón	0.0 - 0.0
Cartón	0.0 - 0.0
Cuero	0.0 - 0.0
Hule	0.0 - 0.0
Loza y cerámica	0.0 - 0.0
Madera	0.6 - 0.7
Material de construcción	1.7 - 1.8
Metal	0.2 - 0.7
Papel (*)	3.9 - 7.7
Plástico	1.9 - 10.8
Residuos alimenticios	2.3 - 7.4
Residuo lino (material que pasa el cedazo # 16)	0.9 - 2.8
Residuos vegetales (**)	68.7 - 78.6
Trapo o tela	1.3 - 2.0
Vidrio	0.9 - 2.8
Otros	2.4 - 2.4

\* Se incluye cartón.

\*\* Hojas de árboles, cáscaras de frutas y verduras.

#### 4.1.6.3 GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS DEL MERCADO MUNICIPAL.

La tabla 4.1.20 presenta los volúmenes, pesos volumétricos y producción diaria de los desechos sólidos del mercado municipal de la ciudad de Ilobasco, obtenido durante un lapso de 4 días.

Fecha	Volumen generado (M <sup>3</sup> )	Peso volumétrico (Kg/M <sup>3</sup> )	producción diaria ( Kg )
3-3-95	14.54	202.45	2943
4-3-95	9.46	334.55	3165
5-3-95	5.85	219.10	1282
6-3-95	3.11	249.10	775
<b>Promedios:</b>	<b>8.24</b>	<b>251.30</b>	<b>2041</b>

Tabla 4.1.20 : Producción diaria de desechos sólidos del mercado municipal de la ciudad de Ilobasco, en base a volumen y pesos volumétricos diarios.

#### 4.7.1.4 ANALISIS DE RESULTADOS.

##### A) Desechos sólidos totales (DT).

La ecuación 4.1 establece que:

$$DT = DV + DM$$

Donde: DT : Desechos sólidos totales (Ton/día).

DV : Desechos sólidos de viviendas (Ton/ día).

DM : Desechos sólidos de los mercados (Ton/día).

La ecuación 4.4 establece que:  $DV = (NH \times TDSD)/1,000$

- Donde: DV : Desechos sólidos por vivienda (Ton/día).  
 NH : Número de habitantes (del sector que se estudie).  
 TDSD : Tasa de producción de desechos sólidos diarios (Kg/hab/día).

La ecuación 4.6 establece que:  $DM = (VD \times PVDS)/1,000$

- Donde: DM : Desechos sólidos de mercados (Ton/día).  
 VD : Volumen promedio diario ( $M^3$ ).  
 PVDS : Peso volumétrico promedio diario de desechos sólidos ( $kg/m^3$ ).

#### A.1 Desechos sólidos de viviendas DV.

De los resultados obtenidos de las tasas de producción de desechos sólidos del sector *central y nor-poniente* se tiene que:

TDSD (Sector central) = 0.37 Kg/hab/día.

TDSD (Sector nor-poniente) = 0.49 Kg/hab/día.

NH (urbanos) = 18,092 Hab.

De las encuestas realizadas se obtiene un índice de 5.25 Hab/lote ( de viviendas del sector central).

Por lo que para determinar los desechos sólidos por vivienda en cada sector, se multiplica la tasa de producción de cada sector por el respectivo número de habitantes (estimado) de cada sector.

El número total de habitantes urbanos, se puede dividir en habitantes del sector central y habitantes del sector nor-poniente así:

$$NH(\text{urbanos}) = NH(\text{sector central}) + NH(\text{sector nor-poniente}).$$

de donde:

$$NH(\text{sector nor-poniente}) = NH(\text{urbanos}) - NH(\text{sector central}).$$

El número de habitantes del sector central, se puede estimar aproximadamente con el auxilio del plano catastral, contando el número de Lotes contenidos en dicho sector y multiplicarlo por el número de habitantes por lote, obtenido a partir de las encuestas.

$$\text{Número de lotes del sector central} = 520 \text{ Lotes.}$$

$$\text{Número de habitantes por lote (sector central)} = 5.25 \text{ Hab/lote.}$$

$$NH(\text{sector central}) = (5.25 \text{ Hab/lote}) \times (520 \text{ Lotes})$$

$$NH(\text{sector central}) = 2,730 \text{ Hab.}$$



Por tanto:  $NH(\text{sector nor-poniente}) = NH(\text{urbanos}) - NH(\text{sector central}).$

$$NH(\text{sector nor-poniente}) = 18,092 - 2,730$$

$$NH(\text{sector nor-poniente}) = 15,362 \text{ Hab.}$$

Auxiliándose de la ecuación 4.4 para cada sector se tiene:

$$DV = [ (NH_{\text{sector central}} \times TDSD_{\text{sector central}}) + (NH_{\text{sector nor-poniente}} \times TDSD_{\text{sector nor-poniente}}) ]$$

$$DV = [ ( 2,730 \text{ Hab.} \times 0.37 \text{ Kg/hab/día} ) + ( 15,362 \text{ Hab.} \times 0.49 \text{ Kg/hab/día} ) ] / 1,000$$

$$DV = 8.537 \text{ Ton/día.}$$

$$\boxed{DV = 8.54 \text{ Ton/día.}}$$

## A.2 Desechos sólidos del mercado DM.

De los resultados obtenidos de volúmenes y pesos volumétricos promedio, del mercado se tiene:

- Volumen promedio diario VD : 8.24 M<sup>3</sup>
- Peso volumétrico promedio diario  
de desechos sólidos PVDS : 251.30 Kg/M<sup>3</sup>

En base a la ecuación 4.6 se tiene que:

$$DM = (VD \times PVDS) / 1,000$$

$$DM = (8.24 \text{ M}^3 \times 251.30 \text{ Kg/M}^3) / 1,000$$

$DM = 2.07 \text{ Ton/día}$
-----------------------------

**A.3 Desechos sólidos totales DT.**

Establecidos DV y DM y en base a la Ecuación 4.1 se tiene que:

$$DT = DV + DM$$

$$DT = 8.54 + 2.07 \quad [\text{Ton/día}]$$

$$DT = 10.61 \text{ Ton/día.}$$

A dicha cantidad se le puede adicionar la producción estimada del sector comercial descrita en la sección 4.1.7.1.D la cual es de 1.04 Ton/ día.

Por tanto  $DT = 10.61 \text{ Ton/día} + 1.04 \text{ Ton/día.}$

$DT = 11.65 \text{ Ton/día.}$
-------------------------------

Para obtener la tasa de producción de desechos sólidos de la población de Ilobasco, se divide la cantidad de desechos sólidos totales generados por los sectores residencial, municipal y comercio, entre en número total de habitantes urbanos de la ciudad.

$$TDS_{Ilobasco} = (DT_{Ilobasco} / NH_{Ilobasco}) \times 1,000$$

Donde :

$TDS_{Ilobasco}$  : Tasa de producción de desechos sólidos de Ilobasco  
(Kg/hab/día)

$DT_{Ilobasco}$  : Desechos Totales diarios de Ilobasco (Ton/ día).

$NH_{Ilobasco}$  : Número de habitantes urbanos de Ilobasco .

De lo anterior se tiene que:

$$TDS_{Ilobasco} = ( 11.48 \text{ Ton/día} / 18,092 \text{ Hab.}) \times 1,000$$

$$TDS_{Ilobasco} = 0.63 \text{ Kg/hab/día.}$$

B) Pesos volumétricos.

Los pesos volumétricos obtenidos del sector central, perimetral y del mercado de la ciudad de Ilobasco, son los siguientes:

$$PV_{\text{Sector central}} = 186 \text{ Kg/M}^3 \text{ (Determinación durante 7 días)}$$

$$PV_{\text{Sector nor-poniente}} = 258 \text{ Kg/M}^3 \text{ (Determinación durante 7 días)}$$

$$PV_{\text{Mercado}} = 251 \text{ Kg/M}^3 \text{ (Determinación durante 4 días)}$$

La diferencia de pesos volumétricos entre los sectores central y nor-poniente, se debe a que en el sector central, se mezclaron los desechos sólidos provenientes de los comercios y viviendas ; y en las características observadas del contenido de desechos sólidos del comercio, predominan subproductos de carácter liviano, los cuales influyen disminuyendo el peso total de los desechos de ambos sectores. Por lo que el peso volumétrico del sector *nor-poniente* el cual es exclusivamente residencial, es mayor que el obtenido de la combinación de los sectores residencial y comercial contenidos en los desechos del sector central.

Por otro lado se observa que el peso volumétrico promedio del mercado, es muy similar al peso volumétrico del sector nor-poniente . Pero el peso volumétrico del mercado se determinó en solo 4 días y el peso volumétrico del sector perimetral durante 7. Para estimar si existe diferencia significativa debido a la diferencia de periodos en que se determinaron, se utiliza una prueba de hipótesis para diferencia de dos medias en muestreo pequeño<sup>27</sup>.

<sup>27</sup> Véase Gildalberto Bonilla, "ESTADISTICA II Métodos prácticos de inferencia estadística", pgs. 141-148.

Al realizar inferencias acerca de dos medias poblacionales cuando las muestras son pequeñas (menores de 30) y se desconocen las varianzas<sup>28</sup> de la población, es adecuado emplear la distribución "t" de Student. Para probar la hipótesis de que las dos medias poblacionales son iguales ( $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ ) se utiliza el siguiente cociente como prueba estadística:

$$t = (X_1 - X_2) / S_{\Delta X} \quad (4.24)$$

Donde:

$$S_{\Delta X} = \sqrt{\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \times \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \quad (4.25)$$

definiéndose lo siguiente:

PESOS VOLUMETRICOS	
Mercado	Sector nor-poniente
$X_1 = 251.30 \text{ Kg/M}^3$ $s_1 = 58.76 \text{ Kg/M}^3$ $n_1 = 4$	$X_2 = 257.93 \text{ Kg/M}^3$ $s_2 = 25.67 \text{ Kg/M}^3$ $n_2 = 7$

El planteamiento de hipótesis es:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

<sup>28</sup> En estadística, la desviación típica o estándar  $\sigma$  elevada al cuadrado se le conoce con el término de varianza ( $\sigma^2$ ).

Determinando  $S_{\Delta X}$  de la ecuación 4.25 se tiene que:

$$S_{\Delta X} = \sqrt{\frac{(4)(58.76)^2 + (7)(25.67)^2}{4 + 7 - 2}} \times \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{1}{7}}$$

$$S_{\Delta X} = 28.36 \text{ Kg/M}^3$$

Sustituyendo  $S_{\Delta X}$  en la ecuación 4.24 se tiene que:

$$t = (251.3 - 257.93) / 28.36$$

$$t = -0.23$$

Con un nivel de significación del 5%.

Utilizando  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad ( $v$ ), para determinar el valor de  $t_{0.025}$  en la tabla de distribución "t" de Student con  $v$  grados de libertad del APENDICE 2.

Se tiene que:  $v = 4 + 7 - 2 = 9$  grados de libertad.

De la tabla del APENDICE 2 se tiene un valor crítico de  $t_{0.025}$  de 2.26 (que se encuentra en la fila  $v=9$  y columna 9 rotulada  $t_{.025}$ ). Como el valor absoluto calculado de  $t$  es menor que el  $t$  crítico de tablas, se acepta  $H_0$  y se concluye que no existe diferencia significativa entre los pesos volumétricos del sector nor-poniente y del mercado.

C) Subproductos.

De los resultados obtenidos se tiene que el sector central y el sector nor-poniente producen muy pocos desechos que pueden ser potencialmente reciclables. Por otra parte la determinación de los subproductos se realizó en verano, no se saben las variaciones que tendrían los desechos en otras épocas del año.

D) Desechos sólidos comerciales.

El presente estudio ofrece un *indicador* de la tasa de producción del sector comercial para una población de poca actividad comercial y una población de casi 18,000 habitantes. Los contenidos característicos de dicho sector consisten predominantemente en papel, cartón, tela y plástico.

## **Sección 4.2**

# **ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS**



#### 4.2.1 OBJETIVOS

- Determinar *la estratigrafía* de un terreno en donde se proyecta construir un relleno sanitario en la ciudad de Ilobasco.
- Determinar la *tasa de filtración* o la *permeabilidad* del terreno.
- Estimar la calidad de los suelos del sitio, para ser utilizados como material de cobertura.

## 4.2.2 ALCANCES Y LIMITACIONES

### ALCANCES:

- El presente estudio abarca el área interna del terreno , hasta profundidades de tres metros.

### LIMITACIONES:

- Debido a la alta resistencia del terreno, se profundizó hasta un máximo de 3 mts.
- La determinación de la tasa de filtración se realiza luego de un período de lluvias continuas.
- El agua utilizada para determinar la tasa de filtración se obtuvo de la que se contenía en los pozos excavados (luego de la lluvias), así mismo de un pequeño nacimiento existente en el lugar.

## 4.2.3 MARCO CONCEPTUAL

### 4.2.3.1 GENERALIDADES

Un estudio de mecánica de suelos en el terreno a utilizar como un relleno sanitario, surge de la necesidad de determinar:

- La estratigrafía del terreno: Para poder determinar la calidad y cantidades de material de cobertura que pueden ser utilizados en el terreno. Así mismo estimar los niveles de terrazas que se proyecten construir.
- La permeabilidad del suelo: Con la finalidad de evaluar el tratamiento que necesita el terreno antes y durante el funcionamiento del relleno sanitario no mecanizado, y evitar la contaminación de mantos acuíferos; ya que se recomienda mantener una distancia de 1 a 2 metros del fondo de la primera celda de los desechos sólidos y el nivel freático.

Debe evaluarse la necesidad de obtener muestras inalteradas en aquellos estratos que se requiera determinar por ejemplo, su *capacidad de carga* o la *permeabilidad* del terreno para realizar los respectivos ensayos en el laboratorio.

El estudio de mecánica de suelos generalmente se pueden realizar por medio de:

- a) Pozos a cielo abierto.
- b) Prueba de Penetración Estándar (SPT).
- c) Combinación de ambos.

Un mejor resultado puede obtenerse cuando el estudio de suelos se realiza combinando los pozos a cielo abierto con una prueba de penetración estándar. Para lo anterior debe hacerse una cuidadosa planificación de los sondeos, con el objeto de optimizar los resultados que arroje el estudio, contra los costos en que se incurran.

Existen otras maneras de llevar a cabo el estudio, pero se considera que las mencionadas anteriormente ofrecen mayor amplitud en cuanto a información pueda obtenerse del sitio.

#### **4.2.3.2\_DETERMINACION DE LA PERMEABILIDAD**

La permeabilidad es la propiedad del suelo que indica la facilidad realtiva con la que un fluido puede atravesarlo.

La permeabilidad en un suelo puede medirse en el laboratorio o en el terreno; las determinaciones de laboratorio son mucho más fáciles de hacer que las determinaciones *in situ*. Debido a que la permeabilidad depende mucho de la estructura de un suelo y

debido a la dificultad muestras de suelo representativas, suelen ser necesarias determinaciones *in situ* de la permeabilidad media. Sin embargo las pruebas de laboratorio permiten estudiar la relación entre la permeabilidad y la relación de vacíos por lo cual se suelen realizar habitualmente cuando no se dispone de medidas de campo.

La gama de permeabilidades es extremadamente amplia, variando desde 1 cm/seg para las gravas hasta  $10^{-8}$  cm/seg para las arcillas.

Existe una tabla que clasifica los suelos según la permeabilidad<sup>29</sup> que se describe a continuación:

TABLA 4.2.1  
CLASIFICACION DE LOS SUELOS SEGUN SU COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Grado de permeabilidad	Valor de K (cm/seg)	Suelo típico
ELEVADA	Superior a $10^{-1}$	Grava gruesa
MEDIA	$10^{-1} - 10^{-3}$	Arena, arena fina
BAJA	$10^{-3} - 10^{-5}$	Arena limosa, arena sucia
MUY BAJA	$10^{-5} - 10^{-7}$	Limo, arenisca fina
PRACTICAMENTE IMPERMEABLE	Menor de $10^{-7}$	Arcilla

Según Terzaghi y Peck, 1967.

La permeabilidad depende de las características del fluido y del suelo. La viscosidad, peso específico y polaridad son las características principales del fluido. El tamaño de las partículas, la relación de vacíos, la composición, la estructura y el grado de saturación son las principales características del suelo.

<sup>29</sup> Véanse Lambe, "Mecánica de suelos", (tabla 19.2) p. 305. y a B.Sowers y F. Sowers, "Introducción a la MECANICA DE SUELOS y cimentaciones", (Tabla 3:1), p. 130.

#### 4.2.3.3 PRUEBA DE PERMEABILIDAD DE CAMPO

Las pruebas de laboratorio para determinar la permeabilidad son útiles cuando la estructura que se estudia está formada por un material homogéneo, isótropo o anisótropo; es el caso de un corazón impermeable de una presa construida con tierra de un préstamo homogéneo. En cambio en las formaciones naturales generalmente compuestas de mantos distintos, con variaciones importantes tanto en la disposición de los mismos como en las características de los materiales es difícil estudiar el escurrimiento a partir de un número limitado de ensayos sobre muestras inalteradas. En mantos de arena y grava es casi imposible obtener especímenes sin alterarlos. Las pruebas de campo en esos casos, pueden dar casos más próximos a la realidad.

Además, cuando sólo se pretende tener una idea aproximada sobre la permeabilidad de un material se recurre a pruebas de campo, que consisten en hacer pozos de 30 x 30 x 30 cms. Por ejemplo, que se llenan con agua y por el tiempo que transcurre en ser absorbida ésta, se juzga sobre la permeabilidad del material.

## 4.2.4 METODO DE TRABAJO

### 4.2.4.1 TERRENO DE ESTUDIO:

El terreno de estudio se ubica en el sector de "El barrial" a 1.4 Km al poniente de la ciudad de Ilobasco, departamento de Cabañas.

### 4.2.4.2 EQUIPO, HERRAMIENTAS Y MATERIAL UTILIZADO:

- *Equipo motorizado de penetración estándar (SPT).*
- *Accesorios de SPT.*
- *1 Pick-up.*
- *3 Baldes plásticos.*
- *2 Cinta métrica (3mts)*
- *1 Nivel de pitu.*
- *3 Palas.*
- *3 Piochas.*
- *3 Cinceles pequeños.*
- *3 Almádanas de 4 lbs.*
- *16 Pines (de 0.70 mts).*
- *3 Barras lineales.*
- *Grava fina (aproximadamente 150 lbs).*

#### 4.2.4.3 RECURSO HUMANO UTILIZADO:

- *3 Perforadores.*
- *3 Auxiliares de construcción.*
- *1 Motorista.*
- *3 Estudiantes universitarios.*

#### 4.2.4.4 PROCEDIMIENTO:

Para la realización de estos pozos se utilizó como guía el "Procedimiento para pruebas de filtración establecido en el Centro de ingeniería Sanitaria Robert A. Taft"<sup>30</sup> y que se describe en el ANEXO 11.

A) Inspección del lugar: Se realizaron visitas al terreno asignado por la Alcaldía Municipal de Ilobasco, para la construcción del Relleno Santario No Mecanizado y observar las características topográficas, la forma del drenaje y de la erosión, la vegetación y el uso que se le da a la tierra.

---

<sup>30</sup> Véase Dpto. De Salud, Educación y Bienestar de E.U.A. (Servicio de Salud Pública), "MANUAL DE FOSAS SEPTICAS", pgs. 4-7.



B) Planificación del trabajo de Exploración: Consistió en la organización y coordinación de aquellas actividades que tuvo que ver con la ubicación de los sondeos y del tipo Exploración que se realizó.

C) Trabajo de campo: El trabajo de se realizó por medio de:

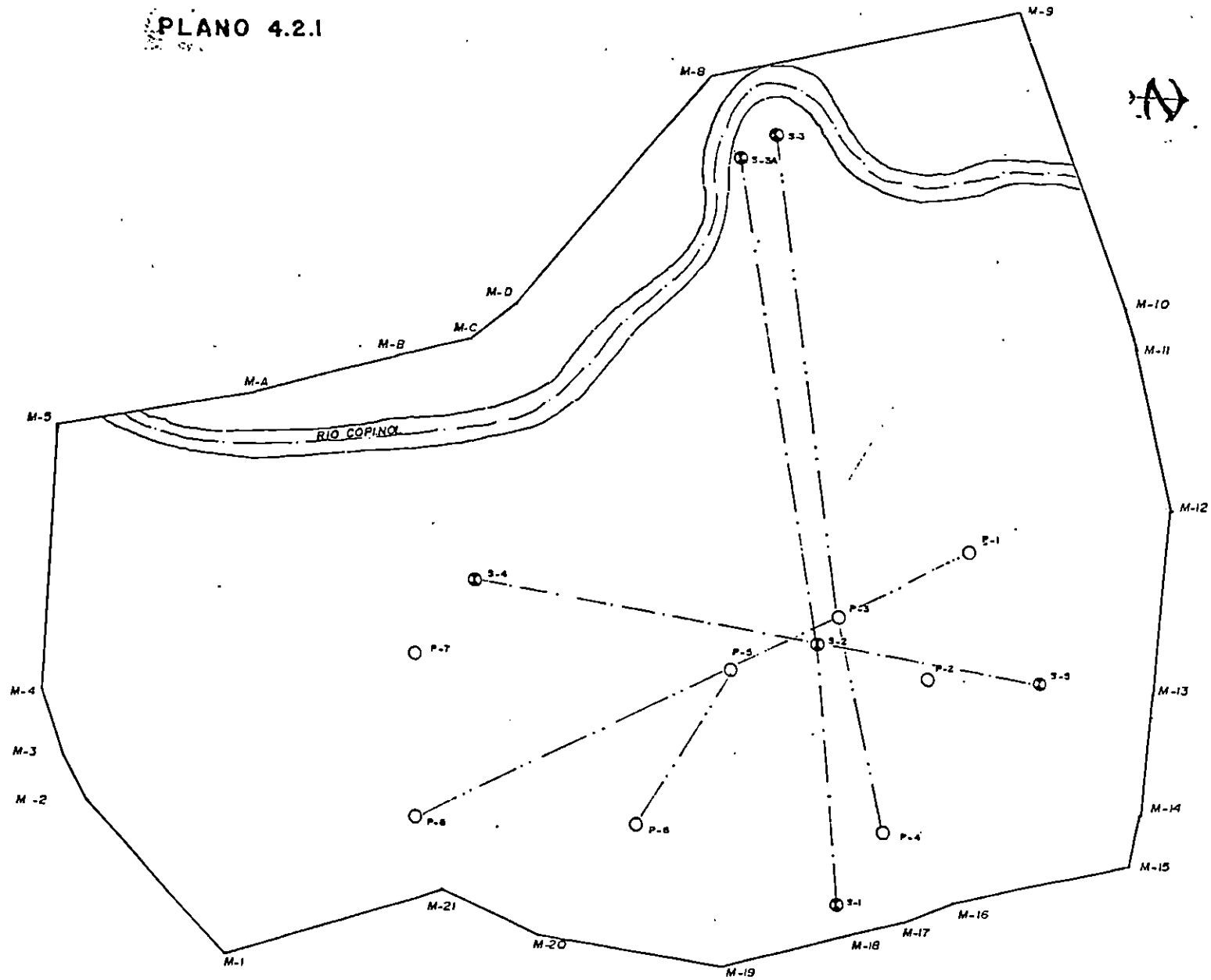
1- Prueba de penetración estándar (SPT).

2- Pozos a cielo abierto.

C.1 Prueba de penetración estándar (SPT):

Se realizaron cinco (5) sondeos exploratorios con el equipo de penetración estándar motorizado (ver plano 4.2.1) con el propósito de obtener muestras representativas y de manera continua e identificar los suelos del sitio, su composición estratigráfica, determinar los contenidos de humedad y la resistencia que presentan los suelos al avance de una cuchara muestrera estándar de 2" de diametro externo, que se hinca con un martillo de 140 lbs. El que se deja caer desde una altura de 30", contándose el número de golpes necesarios para penetrar un pie (1'), como el valor de "N" según norma ASTM D 1586 . "Prueba de penetración estándar y muestreo de suelos con cuchara partida S.P.T." (ver FOTO 4.2.1).

PLANO 4.2.1



**SIMBOLOGIA**  
 ● PERFORACIONES SPT  
 ○ POZOS A CAMPO ABIERTO.

PROYECTO <b>DISEÑO DE RELLENO SANITARIO</b> MUNICIPIO DE LOBASCO, DEPARTAMENTO DE CABAÑAS.	
CONTENIDO PLANO DE UBICACION DE PERFORACIONES PARA ESTUDIO DE SUELOS.	
PROPIETARIO ALCALDIA MUNICIPAL.	
PRESENTA BR. VITELIO BLANCO ECHEGOYEN. BR. MARIO EDUARDO MENDOZA	ESCALA 1:750

Las muestras recuperadas se analizaron en el laboratorio de la Universidad de El Salvador, efectuándose los ensayos que fija ASTM en las normas siguientes:

- ASTM D-2216 Determinación de Humedad.
- ASTM D-2487 Clasificación de los suelos para propósitos de ingeniería.
- ASTM D-2488 Descripción de suelos procedimiento visual-manual.

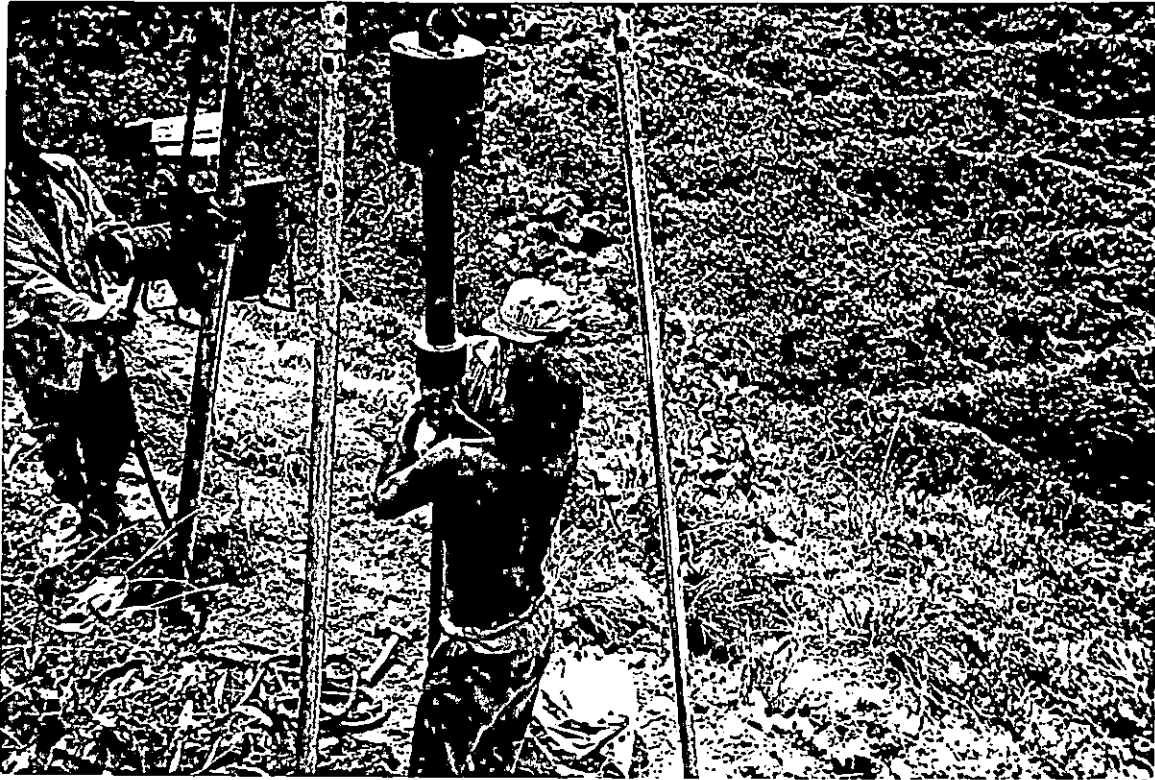


FOTO 4.2.1 : Sondeos realizados con el equipo de penetración estándar motorizado (SPT).

#### C.2 Pozos a cielo abierto:

##### Número y localización de pruebas:

Se realizaron ocho (8) pozos a cielo abierto en diferentes sectores previamente establecidos (ver plano 4.2.1), con el propósito de determinar la permeabilidad en el sitio a diferentes profundidades(ver foto 4.2.2) de la forma siguiente:

POZO #	DIMENSIONES	
	a (m.)	h (m.)
1	1.00	1.00
2	1.00	1.00
3	1.00	1.00
3*	1.00	2.00
4	1.00	1.00
5	1.00	1.50
6	1.20	1.50
7	1.50	2.00
8	1.50	3.00

TABLA 4.2.2 : Número de pozos y dimensiones de pozos a cielo abierto.

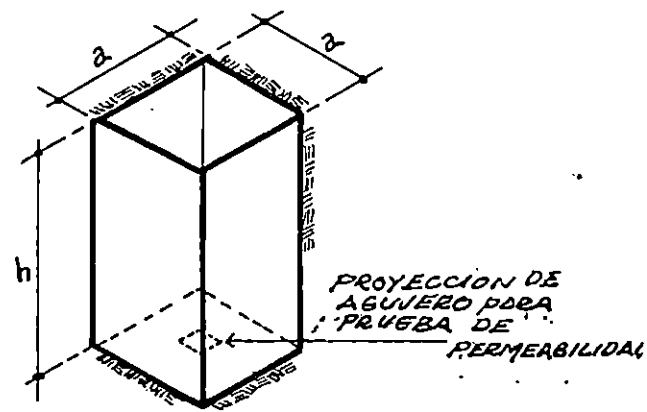


FIG. 4.2.1 : Detalle de pozos excavados.

Tipo de agujeros de prueba:

En el fondo y al centro de cada pozo, se excavaron pozos de 0.30 m.x 0.30 m. de sección y una profundidad de 0.40 m. como se muestra en la figura 4.2.2.

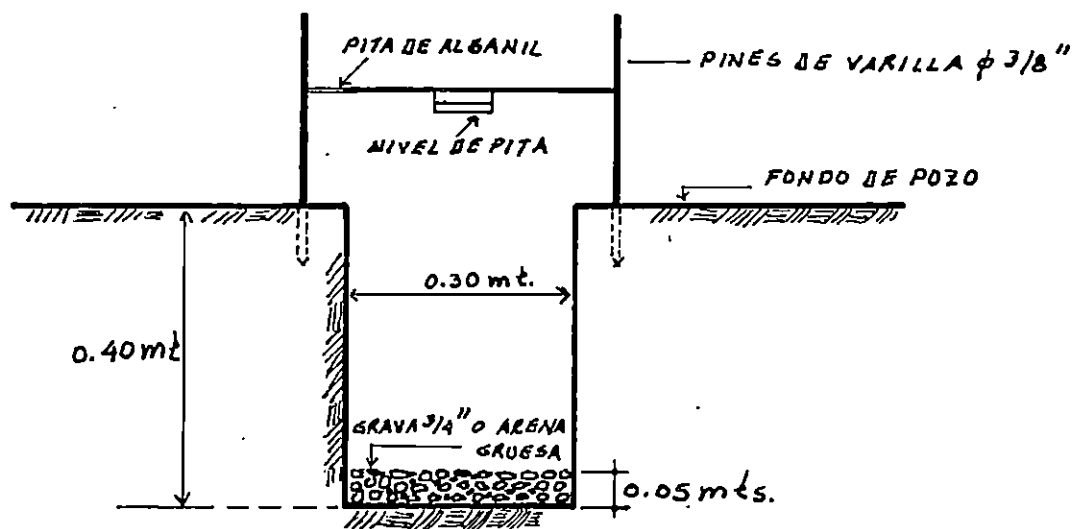
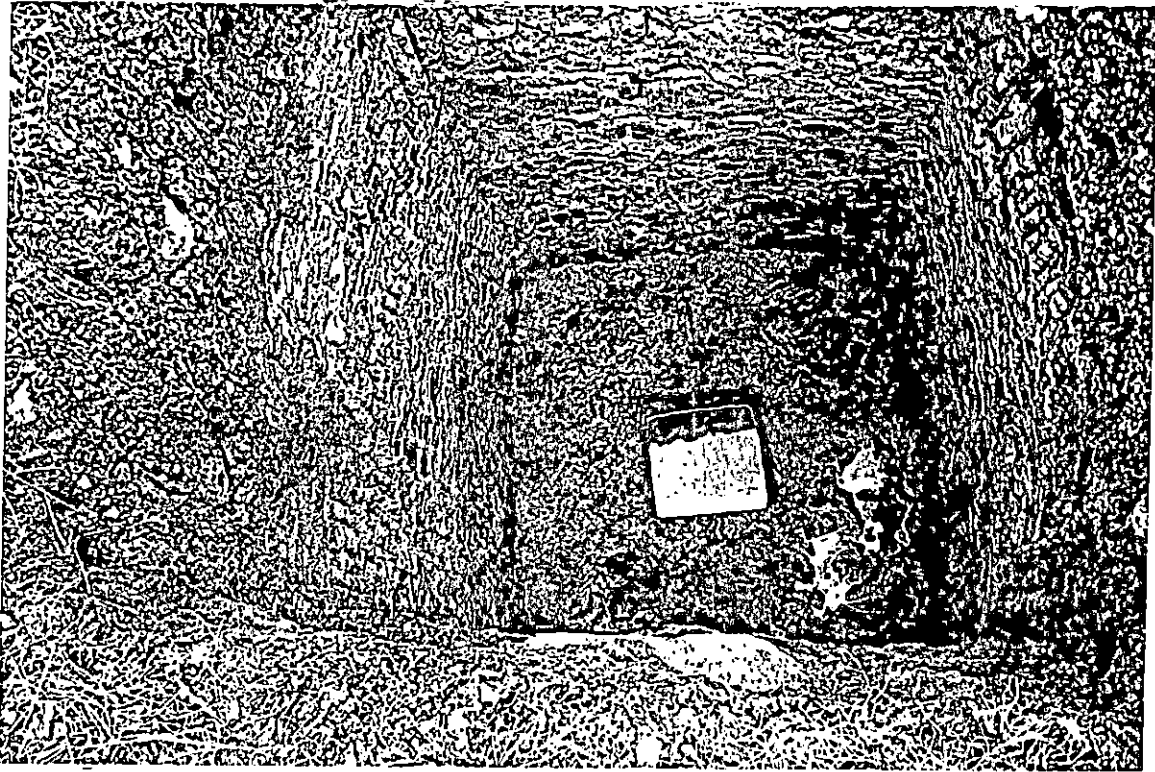


FIG. 4.2.2 : Detalle de pozos de prueba para estimar la permeabilidad del suelo.



**FOTO 4.2.2 : Pozos de prueba al interior de pozos a cielo abierto, para la estimación de la permeabilidad en el sitio.**

**Preparación del agujero de prueba:**

Se rascaron las paredes y el fondo de los agujeros de prueba, con el objeto de proporcionar una superficie natural del suelo en la cual pueda filtrarse el agua y posteriormente se le agregaron 5 centímetros de grava fina, para proteger el fondo contra socavaciones y sedimentos (ver figura 4.2.3).

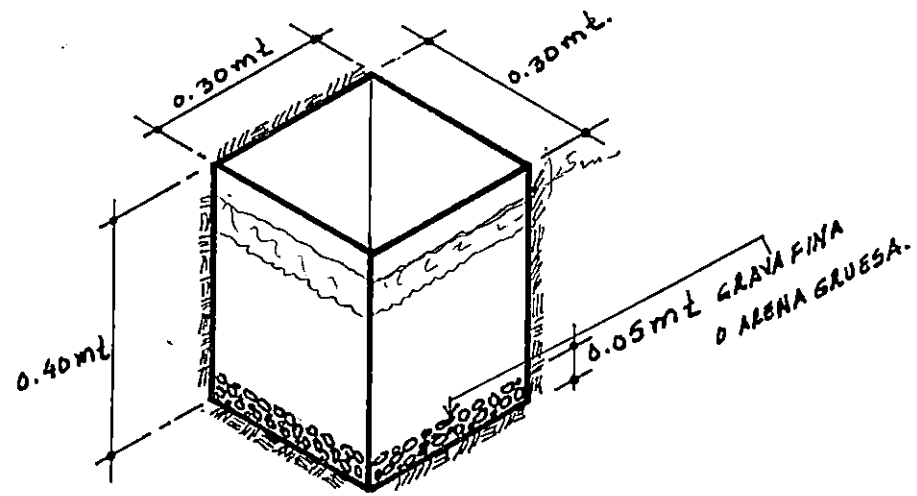


FIG. 4.2.3 : Detalle de filtro en agujeros de prueba.

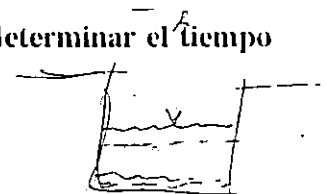
Saturación y expansión del suelo:

Se llenaron los agujeros con agua a una profundidad mínima de 30 cms sobre la grava con intervalos de 30 minutos durante un período de 4 horas, con el objeto de asegurar que el suelo se sature y/o expanda.

Medición de la permeabilidad:

A cada agujero de prueba se le colocaron niveles fijos de referencia, por medio de pines de 0.70 cms a cada lado del agujero. Posteriormente se colocaron pitas amarradas horizontalmente en cada pin, con el auxilio de un nivel de pita (ver foto 4.2.3)

Se observaron si los agujeros contenían agua o no, luego de las 24 horas de iniciar el proceso de saturación y/o expansión del suelo, con la finalidad de determinar el tiempo requerido de observación para la estimación de la permeabilidad.



Aquellos agujeros que no tuvieron agua después de las 24 horas de saturación se les agregaron al menos 15 cms de agua sobre la grava y se les midieron los descensos del agua, a intervalos de 4 horas (añadiéndoles 15 cms. de agua sobre la grava cada vez que fué necesario). El descenso ocurrido, durante el último periodo de 30 minutos se utilizó para calcular la filtración y estimar la permeabilidad.



FOTO 4.2.3 : Colocación de referencias, con el auxilio de pines de 0.70 m., pita y un nivel de pita.

El aquellos agujeros que aún contenían agua, después del período de 24 horas de saturación, se les agregaron al menos 15 cms. de agua sobre la grava y se les midieron los descensos del agua durante un solo período de 30 minutos; dichos descensos se utilizaron para estimar la permeabilidad.

D) Análisis de resultados y elaboración de reporte final: Posteriormente del trabajo de campo se procedieron a clasificar los suelos , determinar humedades, estimaciones de la permeabilidad, elaboración de perfiles, etc. con los cuales se realizaron los análisis correspondientes para la elaboración del reporte final.



## 4.2.5 RESULTADOS OBTENIDOS

### 4.2.5.1 PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR (S.P.T).

#### a) Estratigrafía:

El suelo del sitio hasta donde se pudo penetrar (de 0.50 a 3.50 m.), está conformado por limos y arenas limosas de baja a mediana plasticidad, y en su parte superior se encuentra contaminada con materia orgánica (ML-OL).

#### b) Contenido de humedad:

Los valores del contenido de humedad que a continuación se reportan como máximo , mínimo y promedio, han sido tomados de las hojas de registro de exploración subsuperficial (ver ANEXO12) y determinados cada valor  $\omega\%$  según la norma ASTM D-2216.

Sondeo	$\omega\%$ máx.	$\omega\%$ mín.	$\omega\%$ prom.
1	19.5 (0.50m.)	19.5 (0.50 m.)	19.5
2	29.6 (2.50 m.)	11.5 (1.00 m.)	19.8
3	15.5 (0.50 m.)	15.1 (1.00 m.)	15.3
3A	36.9 (3.50 m.)	18.5 (1.50 m.)	23.8
4	14.2 (1.00 m.)	12.6 (0.50 m.)	13.4
5*	19.9 (1.50 m.)	39.3 (0.50 m.)	28.3

TABLA 4.2.3 : Contenidos de humedad de sondeos exploratorios realizados con la prueba de penetración estándar (S.P.T).

c) Espesores de estratos orgánicos y/o sueltos:

Sondeo	ZONA SUELTA		ZONA ORGANICA	
	Profundidad a la que inicia el estrato (m.) *	Espesor del suelo del suelo suelto (m.)	Profundidad a la que inicia el estrato (m.)	Espesor del estrato orgánico (m.)
1	-----	-----	-----	-----
2	-----	-----	0.00	0.50
3A	0.00	1.50	0.00	1.00
4	-----	-----	-----	-----
5	-----	-----	0.00	0.50

\* Medidos desde el nivel del brocal.

TABLA 4.2.4 : Espesores de estratos orgánicos y sueltos , detallados por la profundidad a la que inicia el estrato y el espesor del mismo.

Las profundidades y espesores de los estratos, han sido determinados en base a los registros de exploración en cada sondeo.

d) Consistencia del suelo:

El número de golpes que se necesita para hincar la cuchara muestrera un pie (1'), se utiliza como medio para clasificar la consistencia de los suelos cohesivos y la compacidad de los suelos friccionantes, como sigue:

SUELO FRICCIONANTE			SUELO COHESIVO		
Nº de golpes	Compacidad relativa	C. R. %	Nº de golpes	Consistencia	$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )
0 - 4	Muy suelto	0 - 5	0 - 2	Muy blando	0.00-0.25
5 - 10	Suelto	5 -25	3 - 4	Blando	0.25-0.50
11 - 30	Semi-compacto	25 -60	5 - 8	Medio	0.50-1.00
30 - 50	Compacto	60 -75	9 - 15	Duro	1.00-2.00
> 50	Muy compacto	> 75	15- 30	Muy duro	2.00-4.00
			> 30	Rígido	> 4.00

TABLA 4.2.5 : Compacidad realativa de suelos friccionantes y Consistencia de suelos cohesivos, según el número de golpes N, necesarios para hincar la cuchara muetrera un pie (1').

Los números de golpes obtenidos varían desde 8 hasta 93 (de suelto a muy compacto) y los estratos muy compacto se encontraron iniciando entre 0.50 m. (Sondeo 1) y 3.50m. de profundidad; es decir se encontraron estratos resistentes a pocas profundidades.

#### 4.2.5.2 POZOS A CIELO ABIERTO.

##### a) Permeabilidad:

La permeabilidad estimada de los suelos limosos con trazas de orgánico, oscila entre 3.3 y  $3.5 \times 10^{-3}$  cm/seg y la permeabilidad del estrato resistente de la arena limosa ("talpetate") color café claro , oscila entre  $1.0 \times 10^{-3}$  a  $2.8 \times 10^{-4}$  cm/seg (ver TABLA 4.2.6). Por lo que el suelo se clasifica de *baja* permeabilidad según la tabla 4.2.1.

POZO	K(cm/seg)	K( m/día)	OBSERVACIONES
P1	A N U L A D O		Agujero deforme por exeso de piedras.
P2	$3.3 \times 10^{-3}$	2.83	Limo Arenoso, con orgánico y suelto.
P3	$3.5 \times 10^{-3}$	1.68	“ “ “
P3a	$2.8 \times 10^{-4}$	0.24	Arena limosa, ( Talpetate )
P4	$3.9 \times 10^{-4}$	0.34	“ “
P5	A N U L A D O		Escorrimento excesivo de agua provenientes de las paredes, por lluvias recientes
P6	$1.0 \times 10^{-5}$	0.86	Arena limosa, ( Talpetate )
P7	$8.9 \times 10^{-4}$	0.77	“ “
P8	$2.8 \times 10^{-4}$	0.24	“ “

TABLA 4.2.6 : Permeabilidades en cm/seg. y m/día, obtenidas en el sitio.

b) Estratigrafía:

Los estratos encontrados son limos arenosos, con o sin trazas de orgánico con baja a mediana plasticidad y presencia de arena limosa en forma de talpetate(Ver ANEXO 13).

## **Sección 4.3**

# **ESTUDIO HIDROLOGICO**

### 4.3.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- El presente estudio, se realiza con el propósito de cuantificar el volumen de escorrentía superficial que afectará el área destinada para la protección del relleno sanitario no mecanizado de la ciudad de Ilobasco, con el fin de evitar, que el agua escurrida no aumente el volumen de líquidos lixiviados al entrar en contacto con los desechos sólidos en tratamiento.
- Obtener los datos necesarios para diseñar las obras de protección y drenaje necesaria para el buen funcionamiento del relleno sanitario.
- Conocer la geología del área de estudio con el objeto de estimar la permeabilidad del suelo.

### 4.3.2 MARCO CONCEPTUAL

Los problemas prácticos de ingeniería, concierne muy a menudo a ciertos fenómenos naturales que ocurren en una extensión de terreno limitada a una cuenca, vertiente de un curso de agua en un punto determinado de ésta ( punto de interés ). Los métodos desarrollados para la evaluación de los recursos hídricos (caudal) que inciden en el punto de interés, implican ciencias tales como:

*La hidráulica e hidrología*, la cual incluye a su vez a la *estadística* de tal modo que los datos obtenidos al cuantificar un evento hidrológico se aproxime lo más posible a la realidad. Los resultados o valores que se obtienen de estas investigaciones, sirven de base para el diseño de drenajes, obras de protección para la construcción y operación del relleno sanitario.

Entre los fines que se pretende en lo antes mencionado, es conocer los caudales máximos que en un momento pudieran pasar por un punto de interés.

En el caso particular, se trata de evitar que el agua escurrida aguas arriba del área del relleno sanitario penetre a este, existiendo la necesidad de diseñar y construir los drenajes que garanticen la canalización y evacuación adecuada de las aguas pluviales.

Las características topográficas, geológicas y pedológicas de una cuenca hidrográfica, juegan un papel esencial en su comportamiento hidrológico (en

especial el caudal y el tiempo de concentración ) y conviene precizarla tanto como sea posible numéricamente desde el comienzo de todo estudio.

Entre las características físicas mas importantes se pueden mencionar:

- a) *Perímetro de la cuenca ( Km ).*
- b) *Elevación máxima de la cuenca ( M.S.N.M.).*
- c) *Elevación mínima de la cuenca (M.S.N.M.).*
- d) *a) Área o extensión superficial de la cuenca (Km<sup>2</sup>)*
- e) *Elevación media de la cuenca (M.S.N.M.).*
- f) *Pendiente media de la cuenca (%).*
- g) *Longitud del cauce principal(Km).*
- h) *Elevación máxima del cauce (M.S.N.M.)*
- i) *Elevación mínima del cauce (M.S.N.M.).*
- j) *Pendiente media del cauce (%).*



### **4.3.3 GENERALIDADES DE LAS CUENCAS**

Para el proyecto del relleno sanitario no mecanizado de la ciudad de Ilobasco, el terreno se considera afectado por tres cuencas (ver anexo 16 ), de las cuales una abarca un área fuera de los linderos destinados para el diseño del relleno sanitario.

#### **4.3.3.1 UBICACIÓN**

Las tres cuencas se encuentran ubicadas en el terreno donde se proyecta realizar el diseño del relleno sanitario no mecanizado, localizado a 1.4 km. al poniente de la ciudad de Ilobasco departamento de Cabañas.

La posición geográfica se limita entre los 88 grados 51.7 minutos y 88 grados 52 minutos de longitud oeste y los 13 grados 50.6 minutos y 13 grados 50.8 minutos de latitud norte, ubicando en cada una de las cuencas un punto de control (punto de interés).

#### **4.3.3.2 VIAS DE COMUNICACIÓN**

Las cuencas prácticamente lindan al sur con una vía de acceso que conduce a Tejutepeque; siendo ésta, la única vía de acceso para llegar al terreno. El tipo de vía se encontraba al inicio de este trabajo deteriorada, su rasante era de suelo natural, careciendo de drenajes que ocasionaban erosión y deformaciones en períodos de invierno.

Actualmente la municipalidad se encuentra reparando la vía, la cual está siendo tratada con una capa de piedra cuarta ligada con una capa de concreto, lo que permitirá un mejor acceso al terreno.

El tráfico vehicular actualmente es mínimo y sus usuarios son pobladores adyacentes a la vía de acceso que la utilizan como medio de comunicación y transporte de bienes de consumo.

#### 4.3.3.3 POBLACIÓN.

Dentro de las tres cuencas en estudio, no existe ningún tipo de población, lo cual se debe a la infertilidad de los suelos, tanto en el terreno en estudio, como sus colindantes.

La población más cercana se encuentra a unos 300 metros, habitando en lotes de áreas diferentes, entre estas poblaciones se pueden mencionar: finca El Socorro, hacienda La finca, El Barrial, etc.

#### 4.3.3.4 CLIMA.

El área estudiada pertenece a la región climática de *los trópicos semihúmedos*, con variaciones térmicas más o menos iguales en toda el área, con oscilaciones diarias mucho más importantes que la anuales.

De acuerdo a la clasificación de Kopper, Sapper y Laver, el área en estudio corresponde a la zona de *sabana tropical* o tierra caliente, ya que las elevaciones del terreno se encuentra entre los 633 y 726 metros sobre el nivel del mar. La variación de temperaturas es de 22 a 29 grados centígrados, con una precipitación media anual de 1942 milímetros<sup>31</sup>. Los cultivos predominantes de la región de Ilobasco son: cereales, algodón, pastos (cultivo predominante del área en estudio) y caña de azúcar. De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de la formación vegetal de Dr. R.L. Holdridge<sup>32</sup>, en concordancia con el punto de vista ecológico en relación con el tipo de vegetación existente, pueden dividirse en dos zonas de vida o formaciones ecológicas: *bosque seco tropical* y *bosque húmedo subtropical* dividiéndose éste último en dos subzonas: el *bosque húmedo* o zona de transición fresca y la *zona baja* o de transición caliente. Según esta clasificación el terreno y su colindancia se encuentra en la zona de *bosque húmedo subtropical* en la *zona baja* o de transición caliente.

---

<sup>31</sup> Ver ANEXO 14 . "Cuadro de precipitación media de la zona paracentral de EL Salvador para la ciudad de Ilobasco".

<sup>32</sup> Ver "Estudios sobre la sedimentación del embalse del cerrón grande "; Trabajo de graduación, de La Universidad de El Salvador.

#### 4.3.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA

##### 4.3.4.1 ÁREA Y PERÍMETRO.

En toda cuenca hay que hacer una distinción entre las divisorias topográficas (parteaguas) y geológicas, que raramente coinciden.

Se toma como base el parteaguas obtenido de las curvas de nivel. Cuando las dos divisiones no coinciden, como en el caso general, existe pérdida de agua de una cuenca a la adyacente; lo mismo sucede cuando dos cursos corren en paralelo, pero en diferentes sistemas, ocurriendo pérdidas de la cuenca mas alta a la mas baja.

La extensión superficial de una cuenca hidrográfica es de mucha importancia, ya que su área depende en gran medida de la cantidad de agua que conduce. Las tres cuencas que inciden en el relleno sanitario, tienen las siguientes áreas<sup>33</sup>:

$$A_1 = 0.05800 \text{ Km}^2.$$

$$A_2 = 0.01025 \text{ Km}^2.$$

$$A_3 = 0.00750 \text{ Km}^2.$$

---

<sup>33</sup> Las áreas se calcularon por medio de un planímetro digital PLANIX 7, MARCA TAMAYA.

Aproximadamente hasta los diferentes puntos de interés, se tienen los diferentes perímetros :

$$P_1 = 1.025 \text{ Km.}$$

$$P_2 = 0.455 \text{ Km.}$$

$$P_3 = 0.378 \text{ Km.}$$

Estos datos se obtienen en base a la delimitación de la cuenca hasta los puntos de interés<sup>34</sup>, en un plano a escala 1: 5,000 registrado en la Instituto Nacional Geográfico (Dirección General de Cartografía) .

#### 4.3.4.2 ELEVACIÓN MÁXIMA DE LAS CUENCAS:

CUENCA # 1 : 726.00 M.S.N.M.

CUENCA # 2 : 695.00 M.S.N.M.

CUENCA # 3 : 695.00 M.S.N.M.

#### 4.3.4.3 ELEVACIÓN MÍNIMA DE LA CUENCA :

CUENCA # 1 : 664.00 M.S.N.M.

CUENCA # 2 : 664.00 M.S.N.M.

CUENCA # 3 : 663.00 M.S.N.M.

#### 4.3.4.4 ELEVACIÓN MEDIA:

---

<sup>34</sup> Ver ANEXOS 15 Y 16 .

Es conocido de todos la influencia que guardan los cambios de elevación en los valores de temperatura y precipitación, lo mismo se puede agregar para la elevación media, que es un índice característico de comparación entre cuencas.

Los métodos de determinación de la elevación media son los siguientes:

#### 4.3.4.4.1 Método I.

Para cuencas grandes la elevación media se puede determinar por la aplicación de métodos de líneas de intersección; para esto se cuadrícula un mapa topográfico de la cuenca de tal modo que no existan menos de 100 intersecciones dentro del área del drenaje. La elevación media es la *media aritmética de las elevaciones de las intersecciones* ( ésta se determina por métodos estadísticos).

#### 4.3.4.4.2 Método II.

Se puede calcular midiendo el área en pares de contorno o curvas de nivel sucesivas; los porcentajes de estas áreas con respecto al total se calculan, y el porcentaje del área sobre o bajo de cada contorno (área entre curvas), se obtiene por sumas acumuladas. Si "a" es el área entre cualquier par de curvas, del cual "e" es la elevación media entre dichas curvas, la elevación media total de la cuenca es:

$$E_m = \Sigma a \times e / A_T \quad (4.3.1)$$

Donde:

$E_m$  : Elevación media (M.S.N.M.)

$A_T$  : Área total de la cuenca ( $Km^2$ ).

$a$  : Área entre dos curvas ( $Km^2$ ).

$e$  : Elevación media entre dos curvas  
(M.S.N.M.).

#### 4.3.4.4.3 Método III.

Se puede también calcular por medio de la curva hipsométrica, siendo "a" la superficie entre dos curvas de nivel y "e" La elevación media entre dos curvas; siendo  $A_T$ , el área total de la cuenca en estudio, la elevación media se expresa:

$$E_m = \Sigma a \times e / A_T \quad ( 4.3.2 )$$

La curva hipsométrica es el reflejo de la evolución del drenaje de la cuenca. De acuerdo con Strahler, el ciclo fluvial normal, consiste en dos fases principales . La primera, fase de no equilibrio, es el principio del ciclo de desarrollo de la cuenca y la segunda, fase del equilibrio, correspondiente a la madurez de la cuenca; durante esta fase se considera que los procesos de erosión y transporte de sedimentos son constantes. La variante de esta última fase es la etapa conocida como *fase de Monudnock*, que presenta un breve aire a la curva hipsométrica.

La elevación media por este método es la ordenada que corresponde al 50% de las áreas acumuladas.

Para el cálculo de la elevación media de las tres cuencas, se utiliza el método II. A continuación se presenta el procesamiento de los datos :



CUADRO 4.3.1: CALCULO DE ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA # 1

ELEVACION(M.S.N.M.)	ELEVACION MEDIA(M.S.M.N.)	AREA ENTRE CURVAS (KM <sup>2</sup> )	ELEVACION MEDIA X AREA
664,00			
	664,50	0,00050	0,33225
665,00			
	667,50	0,00200	1,33500
670,00			
	672,50	0,00200	1,34500
675,00			
	677,50	0,00225	1,52438
680,00			
	682,50	0,00175	1,19438
685,00			
	687,50	0,00300	2,06250
690,00			
	692,50	0,00675	4,67438
695,00			
	697,50	0,00675	4,70813
700,00			
	702,50	0,00575	4,03938
705,00			
	707,50	0,00525	3,71438
710,00			
	712,50	0,00450	3,20625
715,00			
	717,50	0,00575	4,12563
720,00			
	722,50	0,00900	6,50250
725,00			
	725,50	0,00275	1,99513
726,00			
S U M A T O R I A		0,05800	40,75925

$$E_{m1} = \sum a_1 e_1 / A_{11}$$

$$E_{m1} = 40,75925 / 0,05800$$

$$E_{m1} = 702,75 \text{ M.S.N.M.}$$

CUADRO 4.2: CALCULO DE ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA #2

ELEVACION (M.S.N.M.)	ELEVACION MEDIA (M.S.M.N.)	AREA ENTRE CURVAS (KM2)	ELEVACION MEDIA X AREA
664,00			
665,00	664,50	0,00150	0,99675
670,00	667,50	0,00125	0,83438
675,00	672,50	0,00150	1,00875
680,00	677,50	0,00075	0,50813
685,00	682,50	0,00075	0,51188
690,00	687,50	0,00150	1,03125
695,00	692,50	0,00300	2,07750
S U M A T O R I A			6,96863
		0,01025	

$$E_{m2} = \sum a_i e_i / A_{ii}$$

$$E_{m2} = 6,96863 / 0,1025$$

$$E_{m2} = 679,87 \text{ M.S. N.M.}$$

CUADRO 4.3: CALCULO DE ELEVACION MEDIA DE LA CUENCA # 3

ELEVACION (M.S.N.M.)	ELEVACION MEDIA (M.S.M.N.)	AREA ENTRE CURVAS (KM2)	ELEVACION MEDIA X AREA
663,00			
665,00	664,00	0,00025	0,16600
670,00	667,50	0,00075	0,50063
675,00	672,50	0,00050	0,33625
680,00	677,50	0,00100	0,67750
685,00	682,50	0,00075	0,51188
690,00	687,50	0,00125	0,85938
695,00	692,50	0,00300	2,07750
S U M A T O R I A			5,12913
		0,00750	
	4744,00		

$$E_{m3} = \sum a_i e_i / A_{ii}$$

$$E_{m3} = 5,12913 / 0,00750$$

$$E_{m3} = 683,88 \text{ M.S.N.M.}$$

#### 4.3.4.5 PENDIENTE MEDIA

Está relacionada grandemente pero en forma bastante compleja con los procesos de infiltración, escorrentía, humedad del suelo, alimentación de cursos de agua, etc.

El valor de la pendiente controla el tiempo de concentración que es de mucha importancia para conocer los caudales para diferentes intensidades de lluvias.

##### 4.3.4.5.1 Métodos de determinación

###### 4.3.4.5.1.1. MÉTODO I

Se calcula la longitud de todos los contornos, entre cierto intervalo fijo, se suman, se multiplican por el intervalo y se divide por el área total de la cuenca; el valor así obtenido es la pendiente media; este método es largo y tedioso. La medición de las curvas de nivel, se hace por medio de un curvómetro. La pendiente media de la cuenca es:

$$Sc = M I / A. \quad (4.3.3)$$

Donde:

Sc : Pendiente media de la cuenca.

M : Sumatoria de las longitudes de los contornos.

I : Intervalo fijo.

A : Area de la cuenca.

#### 4.3.4.5.1.2 MÉTODO II

El método mas utilizado es el sugerido por Horton, llamado el de “La Línea de Intersección”, pudiéndose utilizar la misma cuadrícula de la elevación media. Se cuenta el número de curvas de nivel que cortan el borde de la cuenca a un intervalo constante entre curvas, se miden las longitudes de cada una de ellas, pudiéndose calcular la pendiente media por la siguiente fórmula:

$$S = D N / L \quad (4.3.4)$$

Siendo:

**D** : Intervalo de curvas de nivel

**N** : Número de curvas cruzadas

**L** : Longitud total de las líneas

A continuación se presenta el cálculo de la pendiente media utilizando el método I :

CUADRO 4.3.4. CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA # 1

CURVA N°	EL ELEVACION CURVA (M S N M)	LONGITUD CONTORNOS (KM)	LONGITUD ACUMULADA (KM)
1	665		
		0.250	0.250
2	670		
		0.150	0.400
3	675		
		0.345	0.745
4	680		
		0.350	1.095
5	685		
		0.420	1.515
6	690		
		0.610	2.125
7	695		
		0.500	2.625
8	700		
		0.520	3.145
9	705		
		0.490	3.635
10	710		
		0.450	4.085
11	715		
		0.460	4.545
12	720		
		0.490	5.035
13	725		

$$Sc = M I / A$$

Donde:

Sc : Pendiente media de la cuenca.

M : Sumatoria de las longitudes de los contornos.

I : Intervalo fijo.

A : Arrea de la cuenca.

Por lo tanto:

$$Sc_1 = M_1 \times I_1 / A_1$$

$$Sc_1 = (5.035 \times 0.005) / 0.058$$

$$Sc_1 = 43.40\%$$

CUADRO 4.3.5. CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA # 2

CURVA N°	ELEVACION CURVA (M.S.N.M)	LONGITUD CONTORNOS (KM)	LONGITUD ACUMULADA (KM)
1	665		
		0.210	0 210
2	670		
		0.200	0 410
3	675		
		0.190	0 600
4	680		
		0.150	0 750
5	685		
		0.150	0 900
6	690		
		0.210	1 110
7	695		

$$Sc = M I / A$$

Donde:

$Sc$  : Pendiente media de la cuenca.

$M$  : Sumatoria de las longitudes de los contornos.

$I$  : Intervalo fijo.

$A$  : Área de la cuenca.

Por lo tanto:

$$Sc_2 = M_2 \times I_2 / A_2$$

$$Sc_2 = (1.11 \times 0.005) / 0.01025$$

$$Sc_2 = 54.15 \%$$

CUADRO 4.3.6. CALCULO DE LA PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA # 3

CURVA N°	ELEVACION CURVA (M.S.N.M)	LONGITUD CONTORNOS (KM)	LONGITUD ACUMULADA (KM)
1	665		
		0.125	0.125
2	670		
		0.210	0.335
3	675		
		0.210	0.545
4	680		
		0.200	0.745
5	685		
		0.190	0.935
6	690		
		0.180	1.115
7	695		

$$Sc = M I / A$$

Donde:

$Sc$  : Pendiente media de la cuenca.

$M$  : Sumatoria de las longitudes de los contornos.

$I$  : Intervalo fijo.

$A$  : Área de la cuenca.

Por lo tanto:

$$Sc_3 = M_3 \times I_3 / A_3$$

$$Sc_3 = (1.115 \times 0.005) / 0.0075$$

$$Sc_3 = 74.33\%$$

#### 4.3.4.6 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL ( $L_C$ )

$$L_{C1} = 0.44 \text{ KM.}$$

$$L_{C2} = 0.20 \text{ KM}$$

$$L_{C3} = 0.155 \text{ KM}$$

#### 4.3.4.7 ELEVACIÓN MÁXIMA DEL CAUCE

$$\text{CUENCA \# 1} = 726 \text{ M.S.N.M.}$$

$$\text{CUENCA \# 2} = 695 \text{ M.S.N.M.}$$

$$\text{CUENCA \# 3} = 695 \text{ M.S.N.M.}$$

#### 4.3.4.8. ELEVACIÓN MÍNIMA DEL CAUCE

$$\text{CUENCA \# 1} = 664 \text{ M.S.N.M.}$$

$$\text{CUENCA \# 2} = 664 \text{ M.S.N.M.}$$

$$\text{CUENCA \# 3} = 663 \text{ M.S.N.M.}$$

#### 4.3.4.9. PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL ( $S_R$ )

$$S_R = (\text{ELEVACIÓN MÁXIMA} - \text{ELEVACIÓN MÍNIMA}) * 100 / \text{LONGITUD DEL CAUCE} \quad (4.3.5)$$

$$S_{R1} = (726 - 664) 100 / 440$$

$$S_{R1} = 14.09 \%$$

$$S_{R2} = (695 - 664) 100 / 200$$

$$S_{R2} = 15.50 \%$$

$$S_{R3} = (695 - 663) 100 / 155$$

$$S_{R3} = 20.65 \%$$



### 3.5 MORFOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio está conformada por 3 microcuencas, las cuales están delimitadas entre sí, por sus respectivos parteaguas y la cuenca hidrográfica del río Los Frailes.

Partiendo del supuesto de que las tres pueden conformar una cuenca general se dice que ésta se encuentra delimitada al norte, sur y este por un parteaguas y al oeste por el río Los Frailes.

El área total de la cuenca generales<sup>35</sup> de  $0.076 \text{ Km}^2$  , conformada por tres microcuencas de diferentes áreas, las cuales son:

$$Ac_1 = 0.05800 \text{ Km}^2$$

$$Ac_2 = 0.01025 \text{ Km}^2$$

$$Ac_3 = 0.00750 \text{ Km}^2$$

Su elevación mínima<sup>36</sup> es de 663 m.s.n.m. y su elevación máxima<sup>37</sup> 726 m.s.n.m.

<sup>35</sup> Estas áreas se calcularon con un planímetro digital PLANIX 7, marca MITAYA.

<sup>36</sup> Elevaciones calculadas de plano escala 1:5000 registro 47423 - INSTITUTO NACIONAL GEOGRAFICO

<sup>37</sup> Idem.

#### 4.3.6 GEOLOGÍA DEL AREA DE ESTUDIO

En el área que comprende el presente estudio afloran las formaciones<sup>38</sup> El Bálsamo y Cuscatlán, cuya erosión ha dado lugar a una topografía ondulada, de colinas de variado relieve.

Los afloramientos de las formaciones El Bálsamo de edad Pliocénica o Terciario Superior comprende afloramientos de Epiclastitas Volcánicas y Piroclastitas Localmente Efusivas Básicas - Intermedias Intercaladas; y Formación Cuscatlán de edad Pleistoceno - Cuaternario comprendidas por Piroclastitas Ácidas, Epiclastitas Volcánicas (ver anexos 17 Y 18).

---

<sup>38</sup> Tomado del mapa geológico de El Salvador - escala 1:100,000 (1978) - Instituto Nacional Geográfico.

### 4.3.7 DETERMINACIÓN Y UBICACIÓN DE ESTACIONES PLUVIOGRÁFICAS EN CUADRANTES GEOGRÁFICOS

Esta etapa consistió en determinar las fuentes de información de datos de intensidades de lluvia, para diferentes períodos de registro. Se verificó en el centro meteorológico del M.A.G. las estaciones ubicadas en el departamento de Cabañas que registraran tal información.

Se determinaron 3 estaciones pluviográficas con sus respectiva ubicación, elevación y años de registro, que se detallan a continuación:

#### ESTACIÓN CERRO GRANDE

Latitud 13°56.3' N

Longitud 88°54.8' W

Elevación 245 m.s.n.m.

Años de registro 9

#### ESTACIÓN SENSUNTEPEQUE

Latitud 13°52.2' N

Longitud 88°39.0' W

Elevación 650 m.s.n.m.

Años de registro 14

**ESTACIÓN CHORRERA DEL GUAYABO**

**Latitud 13°59.8' N**

**Longitud 88°45.4' W**

**Elevación 190 m.s.n.m.**

**Años de registro 24**

**Las estaciones se ubicaron en plano<sup>39</sup> a escala 1:50000, para proceder a determinar que datos de las estaciones antes mencionadas afectan el área de estudio.**

---

<sup>39</sup> Registros 2457 iv y 2451 i - Instituto Nacional Geográfico

#### 4.3.8. SELECCION DE ESTACIONES PARA DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LA LLUVIA

El proceso para determinar las intensidades que influyen en el área de estudio se basa en el método de Polígonos de Thiessen<sup>40</sup> en donde se procedió de la forma siguiente:

a) Una vez situadas las estaciones, se unieron estas por una línea, generando así, un triángulo isósceles.

b) Se trazó la mediatriz en cada uno de sus catetos, los cuales convergen en un punto en común.

c) Se determinaron las áreas de influencias de cada una de las estaciones pluviográficas; para el presente estudio se observó que sólo la estación del Cerrón Grande influye sobre el área donde se proyecta la construcción del Relleno Sanitario No Mecanizado.

Los datos de registro de intensidades<sup>41</sup> para diferentes periodos de las estaciones involucradas ( ver anexos del 19al 23) .

---

<sup>40</sup> "FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA DE SUPERFICIE" - Aparicio Mijares, Francisco Javier, Editorial Limusa - 1989.

<sup>41</sup> Datos recopilados en Centro de Meteorología e Hidrología, Dirección General de Recursos Naturales - M.A.G.

### 4.3.9 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El cálculo del tiempo de concentración<sup>42</sup> se efectúa para cada una de las 3 cuencas determinadas, la fórmula a utilizar es:

$$T_c = (\sqrt{A} + 1.5 L_c) / (0.80 \sqrt{H_m}) \quad (4.3.6)$$

Donde:

$T_c$  : Tiempo de concentración (horas).

$A$  : Área de la cuenca ( $Km^2$ ).

$L_c$  : Longitud del cauce más largo (Km)

$H_m$ : Elevación media de la cuenca (m)

La longitud del cauce más largo se determinó por medio de un curvómetro y consiste, en el recorrido más largo que tiene el agua al caer en el punto más lejano al punto de interés del área de recogimiento de la cuenca. El cauce se trazó en base a las curvas de niveles del plano 1:5,000 que se posee, con curvas a cada 5 m.

Las longitudes de cauce medidas a las diferentes cuencas, fueron las siguientes:

$$L_{c1} = 0.44 \text{ km}$$

$$L_{c2} = 0.20 \text{ km}$$

$$L_{c3} = 0.155 \text{ km}$$

Aplicando la fórmula del tiempo de concentración, se procedió a determinar estos para las diferentes cuencas.

---

<sup>42</sup> Tomado de apuntes de cátedra de Hidrología, UES, Prof. Ing. Hernan Chavarria

$$Tc_1 = \sqrt{A_1} + (Lc_1) / 0.8 \sqrt{Hm_1}$$

$$Tc_1 = \sqrt{0.05800} + 1.5 (0.44) / 0.8 \sqrt{702.75}$$

$$Tc_1 = 0.042 \text{ hora} = 2.54 \text{ minutos}$$

$$Tc_2 = \sqrt{A_2} + (Lc_2) / 0.8 \sqrt{Hm_2}$$

$$Tc_2 = \sqrt{0.01025} + 1.5 (0.20) / 0.8 \sqrt{679.87}$$

$$Tc_2 = 0.019 \text{ hora} = 1.15 \text{ minutos}$$

$$Tc_3 = \sqrt{A_3} + (Lc_3) / 0.8 \sqrt{Hm_3}$$

$$Tc_3 = \sqrt{0.0075} + 1.5 (0.155) / 0.8 \sqrt{683.88}$$

$$Tc_3 = 0.015 \text{ hora} = 0.92 \text{ minutos}$$

### 4.3.10 DETERMINACION Y ORDENAMIENTO DE DATOS PARA CALCULAR LA INTENSIDAD DE DISEÑO.

En vista de que los resultados en los tiempos de concentración de las cuencas son menores de 5 minutos, este es el menor período de registro para intensidades, siendo así que se tomarán estos para calcular la intensidad de diseño.

#### ORDENAMIENTO DE DATOS DE ESTACION CERRON GRANDE

mm / min	f	F
4.60	0.10	0.90
4.06	0.20	0.80
3.42	0.30	0.70
2.84	0.40	0.60
2.80	0.50	0.50
2.20	0.60	0.40
2.10	0.70	0.30
2.04	0.80	0.20
2.02	0.90	0.10

$$f = m / n + 1 \quad (4.3.7)$$

$$F = ( m / n + 1 ) - 1 \quad (4.3.8)$$

Donde:

f : probabilidad de ocurrencia

F : probabilidad de no ocurrencia



**m** : posición del dato

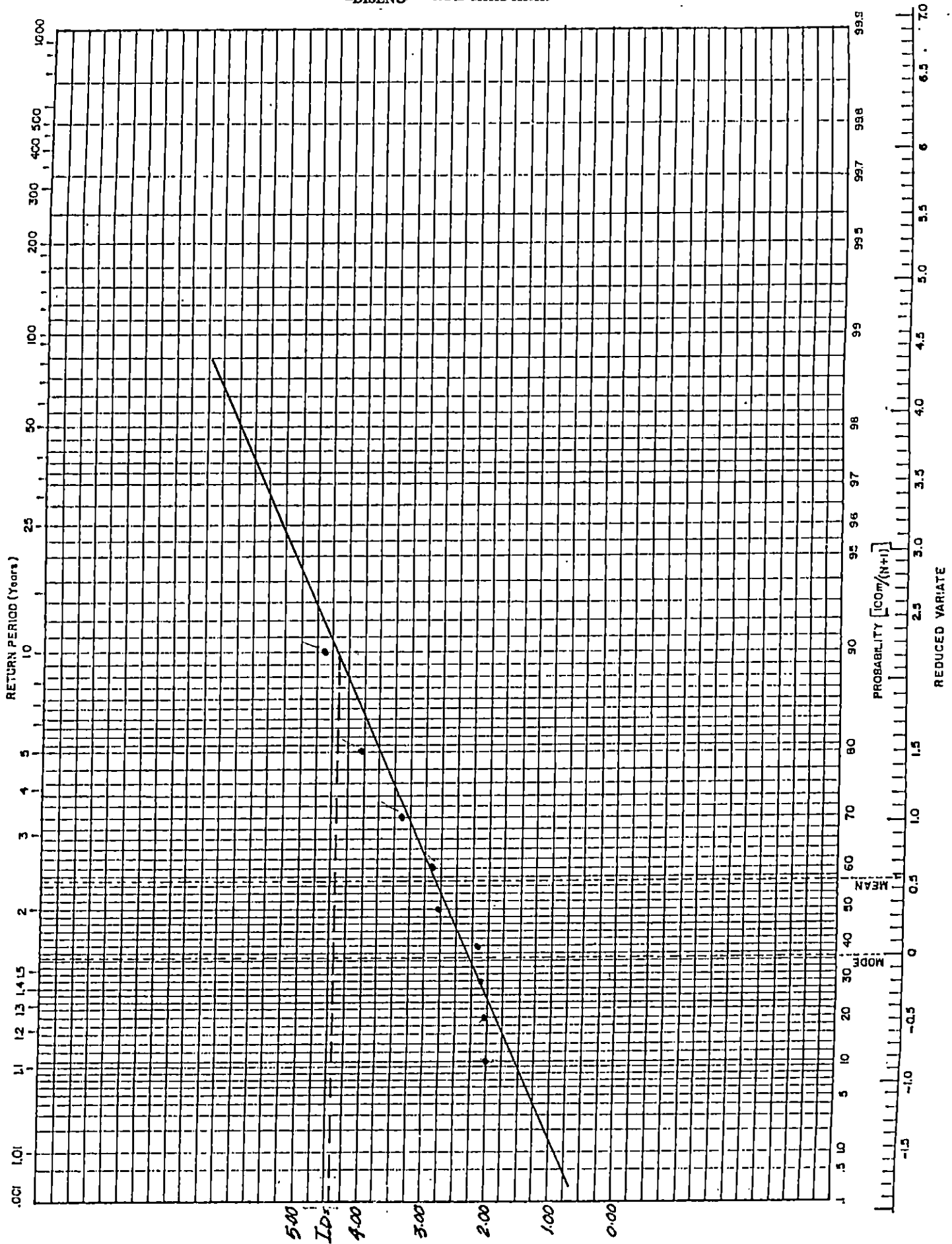
**n** : número de datos

A continuación se graficán las máximas intensidades contra sus respectivas frecuencias de no ocurrencia en papel probabilístico tipo GUMBEL. Luego, se determinó la intensidad de diseño para un período de retorno de 10 años, la cual se calculó directamente del gráfico 4.3.1. ; debido a que no fue necesario graficar las IDF ya que se definió utilizar un período de registro de 5 minutos.

El valor obtenido para la intensidad de diseño es de 4.32 mm / min ó 0.072 mm / seg.

GRAFICO 4.3.1 : DETERMINACION DE INTENSIDAD DE DISEÑO PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 10 AÑOS.

$I_{DISEÑO} = 4.32 \text{ mm/min.}$



### 4.3.11 CALCULO DE COEFICIENTES DE ESCORRENTIA

El escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser arrastrada hasta la salida de la cuenca.

En nuestro caso, para el cálculo del coeficiente se toma como tipo de vegetación la ligera ( pasto ) como se observó en visitas efectuadas al terreno, y tomando los valores de pendientes medias de las cuencas:

$$Sc_1 = 43.40 \%$$

$$Sc_2 = 54.15 \%$$

$$Sc_3 = 74.33 \%$$

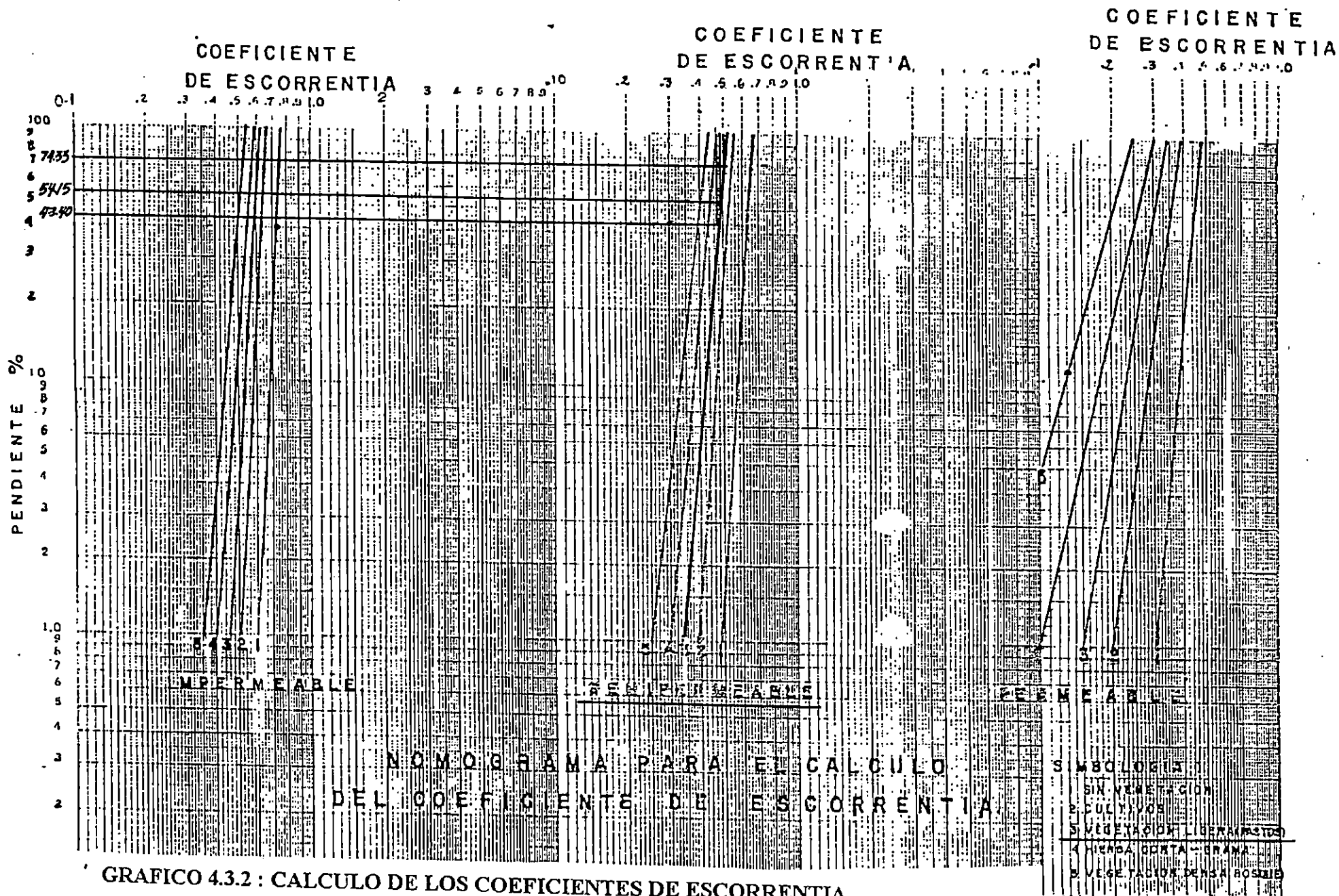
Se tomó como tipo de suelo, el de característica semipermeable en base a los datos de la geología de la zona, como del estudio de suelos efectuado en el terreno.

Una vez definidos los diferentes parametros se ingresó al Nomograma de Ven Te Chow ( ver gráfico 4.3.2 ) para el cálculo del coeficiente de escorrentía para las diferentes cuencas. Obteniendose los siguientes resultados:

$$C_1 = 0.48$$

$$C_2 = 0.49$$

$$C_3 = 0.50$$



**GRAFICO 4.3.2 : CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE ESCORRENTIA "C" PARA LAS DIFERENTES CUENCAS.**

$C_{CUENCA 1} = 0.48$

$C_{CUENCA 2} = 0.49$

$C_{CUENCA 3} = 0.50$

### 4.3.12 CALCULO DE CAUDALES

La importancia económica de la predeterminación del caudal máximo probable del curso de agua que pasará por el relleno sanitario, es evidente por la razón de los efectos destructivos a nivel ecológico y de salud que causará si el agua entra en contacto con los desechos sólidos. Surgiendo la necesidad de diseñar canales que capturen y evacuen el agua pluvial.

Para el cálculo de caudales que influyen en el relleno sanitario se utilizará la formula racional  $Q = C I A$

Donde:

Q : Es el caudal generado por la cuenca (  $M^3 / \text{seg}$  )

C : Coeficiente de escorrentía superficial

I : Intensidad de diseño (  $M / \text{seg}$  )

A : Area de la cuenca (  $M^2$  )

A continuación se presenta el cálculo de caudales aguas arriba del terreno Q', caudales aguas abajo del terreno Q'' y caudal de cada una de las cuencas.

#### 4.3.12.1 CAUDALES AGUAS ARRIBA " Q' "

Se define como el volumen de agua escurrida a traves de cada una de las cuencas en estudio limitada por el área aguas arriba del lindero del terreno en estudio ( ver anexo 24 ).

$$Q'_1 = 0.48 (7.2 \times 10^{-5}) (51700.00)$$

$$Q'_1 = 1.78 \text{ M}^3 / \text{seg}$$

$$Q'_2 = 0.49 (7.2 \times 10^{-5}) (750.00)$$

$$Q'_2 = 0.026 \text{ M}^3 / \text{seg}$$

$$Q'_3 = 0.50 (7.2 \times 10^{-5}) (250.00)$$

$$Q'_3 = 0.009 \text{ M}^3 / \text{seg}$$

#### 4.3.12.2 CAUDALES AGUAS ABAJO " Q' "

Se define como el volumen de agua escurrida a través de cada una de las cuencas en estudio limitada por el área aguas abajo del lindero del terreno en estudio ( ver anexo 24 ).

$$Q''_1 = 0.48 (7.2 \times 10^{-5}) (6300.00)$$

$$Q''_1 = 0.21 \text{ M}^3 / \text{seg}$$

$$Q''_2 = 0.49 (7.2 \times 10^{-5}) (950.00)$$

$$Q''_2 = 0.03 \text{ M}^3 / \text{seg}$$

$$Q''_3 = 0.50 (7.2 \times 10^{-5}) (7250.00)$$

$$Q''_3 = 0.26 \text{ M}^3 / \text{seg}$$

#### 4.3.12.3. CAUDALES DE LAS CUENCAS " Q "

Se define como el volumen de agua generado por escorrentía superficial en cada una de las cuencas en estudio, se calculará por medio de la fórmula:

$$Q = Q' + Q''$$

$$Q_1 = 1.78 + 0.21 = 1.99 \text{ M}^3 / \text{seg}$$

$$Q_2 = 0.026 + 0.03 = 0.056 \text{ M}^3 / \text{seg}$$

$$Q_3 = 0.009 + 0.26 = 0.269 \text{ M}^3 / \text{seg}$$

Para el diseño de los drenajes perimetrales que evitarán que las aguas lluvias que caen sobre las áreas vecinas al relleno sanitario causen serias dificultades de operación utilizaremos la sumatoria de los caudales aguas arriba.

$$\Sigma Q' = 1.815 \text{ M}^3 / \text{seg}$$

*Sección 4.4*

**ESTUDIO  
DE IMPACTO AMBIENTAL**



#### 4.4.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO.

El objetivo del presente estudio de impacto ambiental es para determinar la factibilidad de construir un relleno sanitario para solucionar la problemática de la disposición final de los desechos sólidos (basura) de la Ciudad de Ilobasco.

En el estudio se hace mayor énfasis en considerar las condiciones "hidrogeológicas" y el impacto que se ocasionará a éstas con la construcción y funcionamiento del R.S.N.M. y además se consideran las medidas preventivas y atenuantes que se tomaran para mitigar el impacto negativo.

El área disponible es de 24,408.85 M<sup>2</sup> y la cantidad diaria de basura que se espera disponer en el relleno es un promedio de 10.5 toneladas diarias.

El énfasis que se hace en el análisis de las condiciones hidrológicas de la cuenca hidrográfica en la que se encuentra el sitio donde se ubica el proyecto, es con el fin de minimizar el impacto que pueda ocasionarse a los recursos hídricos del área del relleno a construirse, a consecuencia de la posible contaminación que sufrirán las aguas provenientes de las lluvias al entrar en contacto con los desechos sólidos y su posterior infiltración en los estratos geológicos presentes.

Además se realiza una evaluación acerca de las demás condiciones existentes con las que el R.S.N.M., y su funcionamiento interactuará y que se consideran sensibles a ser

impactadas, para poder así dar las recomendaciones necesarias y tomar medidas preventivas y de mitigación.

La mecánica de ejecución del estudio esta compuesta de cuatro etapas:

- *Investigación de campo.*
- *Investigación de gabinete.*
- *Interpretación e integración de la información obtenida.*
- *Evaluación del estudio.*

Dentro de la información obtenida podemos mencionar:

- *Características climáticas*
- *Características geo-estructurales*
- *Características hidrológicas.*

#### 4.4.2 METODOLOGIA DE TRABAJO.

Los pasos a efectuar para la realización del presente estudio son los que se detallan a continuación:

1. Se hará una descripción del medio ambiente antes de la ejecución del proyecto. Lo cual contendrá:
  - a- *Definición del área y ubicación del terreno donde se efectuará el desarrollo del proyecto para así poder definir las áreas de influencia de la cuenca que aporta el recurso hídrico.*
  - b- *Interpretación y análisis de la información recopilada en lo que respecta a clima, suelos, flora, fauna, geología y condiciones hidrológicas del área de estudio.*
  - c- *Definición de la geomorfología de la zona, y geología del sitio.*
- 2- Determinación de la relación causa-efecto.
- 3- Efectuar el análisis del impacto que causará el proyecto.

#### 4.4.3 DESCRIPCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE ANTES DE LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

##### *1- CLIMA.*

El área donde se desarrollará el proyecto se localiza en la sabana tropical, donde se puede considerar que el tipo de clima es de trópicos semi húmedos; las elevaciones topográficas del lugar están comprendidas de 663 a 726 M.S.N.M., La estación seca se da entre los meses de noviembre a abril y la estación lluviosa se da entre los meses de mayo a octubre. Entre los meses de lluvia se registra una precipitación media anual de 1942 m.m.

La temperatura que puede considerarse como representativa de la zona es la obtenida de mediciones efectuadas en la estación de la Chorrera del Guayabo. La temperatura mínima promedio es de 22 grados centígrados y la máxima promedio de 29 grados centígrados, alcanzándose temperaturas mayores y menores que los promedios, tal es el caso de 36 °C al final de la estación seca y 20 °C en el mes de enero.

##### *2- VEGETACION.*

El terreno donde se desarrollará el proyecto está localizado en una depresión sometida a procesos erodables. Esto hace que el terreno presente poca potencialidad agrícola rentable y eficiente, la vegetación que constituye la cubierta del terreno esta constituida de hierbas o pastizales y pequeños arbustos y además de forma aislada algún árbol no frutal.

La labor agrícola de los alrededores es mínima y en su mayoría los terrenos colindantes son usados para pasto de ganado; el tipo de cultivos que generalmente se dan son maíz, frijol, yuca, y caña de azúcar.

### 3 FAUNA

Dentro del sitio o área donde se proyecta la construcción del Relleno Sanitario la presencia de fauna es muy poca debido a que la vegetación predominante es de hierbas y arbustos, lo cual limita el habitat de los animales; en la misma situación se encuentran las propiedades colindantes. Otro factor determinante de la poca presencia de fauna es la actividad de los jóvenes vecinos al lugar que se dedican a la caza de pequeñas presas como aves y mamíferos.

Dentro de la fauna presente se pueden mencionar sapos y ranas (especialmente en invierno), hormigas, arañas, tacuazines, conejos, culebras no venenosas y otros bichos.

### 4 SUELOS.

Los suelos del sitio del proyecto son de origen volcánico depositados por procesos aluvionales de estructura granular fina.

Se puede considerar que una capa de cubierta que va desde 0.5 mts., hasta 1.5. mts., de espesor es suelo orgánico y luego continúa un estrato de suelos ya sea limo arenoso o arena limoso de plasticidad baja a media en la mayor parte del sitio, no así en las cercanías a la

ribera del río que bordea la propiedad en todo su costado poniente, que se encuentra suelo areno limoso contaminado con suelo orgánico y bastante humedad.

En el estudio de suelo efectuado (ensayo de penetración standard) en el sitio, se determinó que el suelo posee alta compacidad relativa pues el número N de golpes da mayor de 50 llegando en algunas perforaciones hasta N=93 a una profundidad de 0.50 mts. La pendiente del terreno predominante del sitio es aproximadamente de 45°.

### *5 GEOLOGIA DE LA ZONA.*

En el área de Ilobasco afloran las formaciones El Bálsamo y Cuscatlán, cuya erosión ha dado lugar a una topografía ondulada.

Los afloramientos de la formación El Bálsamo, de edad pliocénica o terciario superior, se extiende alrededor de la ciudad de Ilobasco y hacia el este y norte de esta ciudad.

Los afloramientos de la formación Cuscatlán se extienden en todo el sector sur y suroeste de Ilobasco y consiste de potentes estratos de toba de diferente granulometría y compactación, encontrándose también tobas de pómez grueso y cenizas finas. Los diferentes estratos de toba tienen hasta 3 mts., de espesor, distinguiéndose claramente aquellos de menor compactación de los mas compactados así como los de diferente granulometría.

La formación Cuscatlán se originó durante un periodo de intensa actividad volcánica con abundante emisión de piroclastos.

Las características geológicas que forman parte de la zona de estudio se determinó por medio de una inspección superficial y reconocimiento de la características del material de cobertura, además considerando los afloramientos superficiales de condiciones de las estructuras en profundidad.

El sitio donde se planea realizar el proyecto presenta características geológicas del terciario superior de edad pliocénica, generados a partir de explosiones volcánicas que originaron depósitos que con el transcurso del tiempo se consolidaron formando estratos de materiales que por su consistencia constituyen acumulaciones que se tipifican como tobas y que en la historia geológica de estas se detectan en forma consolidadas llamándolas así talpetate por la dureza adquirida durante el proceso de consolidación.

La característica geohidrológica del material (talpetate) encontrado es que se puede considerar semi impermeable lo que es ventajoso para la recolección de lixiviados.

#### *6- MORFOLOGIA Y DRENAJE*

La forma física del terreno es bastante irregular, observándose en éste, pendientes bastantes fuertes, esto se debe a que el suelo del sitio es de origen volcánico el cual fue depositado por medio de procesos aluvionales.

Casi en su totalidad la superficie del terreno es inclinada, llegando esta inclinación a finalizar en vaguadas que son la trancición de la inclinación fuerte hacia el rio.

El drenaje del terreno se da por medio de cinco cauces que se enmarcan en el interior del mismo y que son de formación natural por medio de procesos oradables en las partes donde se encuentran los materiales mas susceptibles al intemperismo. Los cinco cauces naturales drenan hacia el río Los Frailes, el cual bordea al terreno en todo su longitud poniente.



#### 4.4.4. DETERMINACION DE RELACION CAUSA--EFECTO

##### *1- ACCIONES DEL PROYECTO CAPACES DE PRODUCIR IMPACTO.*

Las actividades básicas del proyecto que pueden considerarse como potencialmente alteradoras del medio ambiente, están divididas en:

- a- Mejora de la vía de acceso externo*
- b- Construcción del relleno sanitario*
- c- Operación y mantenimiento del relleno sanitario.*

Las actividades que se incluyen en la matriz genérica del proyecto son:

- 1- Mejora de la vía de acceso de la ciudad al relleno sanitario*
- 2- Desmonte y descapote del sitio*
- 3- Construcción de obras de protección*
- 4- Construcción de vías de acceso internas*
- 5- Construcción o preparación de terrazas*
- 6- Construcción de drenajes para lixiviados*
- 7- Construcción de chimenea para gases*
- 8- Acopio y tratamiento de la basura*
- 9- Descarga y tratamiento de líquidos lixiviados*

*10- Evacuación de gases*

*11- Construcción de caseta e instalaciones sanitarias*

*12- Monitoreo ambiental.*

## **2 - ATRIBUTOS AMBIENTALES SUSCEPTIBLES DE RECIBIR IMPACTO.**

Los parámetros a considerar en el análisis matricial como potencialmente alterables son los siguientes:

### **a- Cambios físico-químicos**

#### **a.1 Alteraciones de la tierra**

*a.1.1. Remoción de vegetación*

*a.1.3. Remoción de suelo superficial*

*a.1.4. Erosión*

*a.1.5. Calidad del suelo*

*a.1.6. Uso potencial del suelo*

*a.1.7. Hundimiento*

*a.1.8. Sismicidad*

#### **a.2 Alteraciones del agua**

*a.2.1. Calidad del agua superficial*

*a.2.2. Calidad del agua de acuíferos*

a.2.3. *Características de drenaje*

a.2.4. *Variaciones del flujo.*

**a.3 Alteraciones de la atmósfera**

a.3.1. *Clima*

a.3.2. *Calidad del aire*

a.3.3. *Visibilidad*

a.3.4. *Ruido.*

**b- Efectos Socioeconómicos**

**b.1 Terrestres**

b.1.1. *Agricultura*

b.1.2. *Pastos*

b.1.3. *Estética*

b.1.4. *Cambios en los patrones naturales de drenaje.*

b.1.5. *Contaminación del suelo.*

b.1.6. *Tenencia de la tierra*

b.1.7. *Economía regional*

b.1.8. *Empleo de mano de obra*

b.1.9. *Infraestructura y servicios regionales*

- b.1.10. *Salud pública*
- b.1.11. *Estilo y calidad de vida*
- b.1.12. *Educación*
- b.1.13. *Recreación.*

**b.2 . Atmósfera**

- b.2.1. *Contaminación del aire*
- b.2.2. *Olor*

**b.3 Acuático**

- b.3.1. *Contaminación de acuíferos*
- b.3.2. *Incremento en la contaminación del río*
- b.3.3. *Estética*

**c- Efectos ecológicos**

**c.1 Habitat**

- c.1.1 *Habitat terrestre*
- c.1.2 *Habitat acuático*

c.2 Comunidades

c.2.1. *Vegetación natural*

c.2.2. *Vegetación comercial*

c.2.3. *Fauna de interés comercial*

c.2.4. *Fauna silvestre.*

#### 4.4.5 ANALISIS DEL IMPACTO DEL PROYECTO

##### I- ANALISIS CUALITATIVO POR MATRICES.

El presente análisis es de carácter Cualitativo a través del desarrollo de matrices, la primera de las cuales, correlaciona las actividades del proyecto con los cambios que estos ocasionan en las condiciones ambientales y además se elabora una segunda, en la que se consideran los cambios en las condiciones ambientales que se establecerán en la primera, y estos se correlacionan con los efectos que dichos cambios inducen.

Esquemáticamente, las matrices que se presentan como resultado de la evaluación ambiental del proyecto Factibilidad y Diseño de Relleno Sanitario No Mecanizado para la ciudad de Ilobasco son de tres tipos:

- 1- *Relación de la incidencia de las actividades básicas del proyecto con los probables cambios físico-químicos en las condiciones ambientales.*
- 2- *Relación de los cambios en las condiciones ambientales (obtenidos de la primera matriz) con los efectos socioeconómicos y ecológicos que pueden ser afectados por cada una de las actividades.*
- 3- *Al final se genera una matriz que combina el resultado de las dos anteriores y en ella se identifican los probables efectos ambientales generados por las actividades básicas del proyecto.*

La nomenclatura ocupada en la evaluación de cada tipo de matriz es diferente, y específica para cada una.

En la primera matriz la simbología es la siguiente:

X : Cambio potencial

Y : Cambio circunstancial

I : Cambio incierto.

En la segunda matriz la simbología es la siguiente:

EX : Efecto potencial

EY : Efecto circunstancial

EI : Efecto incierto.

En la tercera matriz la simbología es la siguiente :

A : Impacto adverso significativo.

a : Impacto adverso no significativo.

M : Impacto adverso significativo, se ha detectado medida de mitigación.

m : Impacto adverso no significativo, se ha detectado medida de mitigación.

B : Impacto benefico significativo.

b : Impacto benefico no significativo.

I : Impacto incierto.

#### EJEMPLO ILUSTRATIVO DE COMO SE HAN LLENADO LAS MATRICES:

Para nuestro caso, de la primera matriz considerando la columna de la actividad evacuación de gases (columna número diez) obtenemos que ocasionará cambios físico químicos en las condiciones ambientales siguientes :

<i>CONDICION AMBIENTAL</i>	<i>CAMBIO</i>
<i>Tierra</i>	
<i>Calidad del suelo</i>	<i>X (Potencial)</i>
<i>Sismicidad</i>	<i>Y (Circunstancial)</i>
<i>Atmosfera</i>	
<i>Calidad del aire</i>	<i>X (potencial)</i>

En base a los resultados de la primera matriz y específicamente para la actividad evacuación de gases se origina la segunda matriz (una por cada actividad).



En esta segunda matriz se considera la incidencia de los cambios en las condiciones ambientales derivadas de las actividades del proyecto en los factores ambientales.

Siguiendo con el ejemplo y considerando la segunda matriz para la actividad número diez (evacuación de gases ), encontramos que los cambios en las condiciones ambientales físico químicos que inciden en los efectos son :

- *Calidad del suelo.*
- *Sismicidad.*
- *Calidad del aire.*

Dichas incidencias se detallan a continuación :

<b>CAMBIO EN CONDICION AMBIENTAL</b>	<b>FACTORES QUE SUFREN EFECTOS</b>	<b>TIPO DE EFECTO</b>
<i>Calidad del suelo</i>	<i>-Pastos</i>	<i>EX,efectopotencial</i>
	<i>-Contaminación del suelo</i>	<i>EX,efecto potencial</i>
	<i>-Salud publica</i>	<i>EY,efecto circunstan.</i>
	<i>-Contaminación de acuíferos</i>	<i>EX,efecto potencial</i>
	<i>-Habitat terrestre</i>	<i>EX, efecto potencial</i>
	<i>-Vegetación natural</i>	<i>EX, efecto potencial</i>

<b>CAMBIO EN CONDICION AMBIENTAL</b>	<b>FACTORES QUE SUFREN EFECTOS</b>	<b>TIPO DE EFECTO</b>
<i>Calidad del aire</i>	<i>-Fauna de interes comercial</i>	<i>EX, efecto potencial</i>
	<i>-Fauna silvestre</i>	<i>EX, efecto potencial</i>
	<i>-Salud publica</i>	<i>EY,efecto circunstancial</i>
	<i>-Contaminación del aire</i>	<i>EX,efecto potencial</i>
	<i>-Olor</i>	<i>EX,efecto potencial</i>
	<i>-Habitat terrestre</i>	<i>EX,efecto potencial</i>
	<i>-Vegetación natural</i>	<i>EX,efecto potencial</i>
	<i>-Fauna silvestre</i>	<i>EX,efectopotencial</i>

La tercera matriz es el resumen de la interrelación de la primera con la segunda matriz (para la actividad correspondiente) y se llena esta considerando el tipo de efectos identificados en la segunda.

Habiendo identificado ya los efectos y conociendo las actividades que ocasionan estos se estipula el tipo de impacto ocasionado al factor ambiental afectado. Para nuestro ejemplo el resultado es el siguiente:

ACTIVIDAD DEL PROYECTO	FACTORES IMPACTADOS	TIPO DE IMPACTO
-Evacuación de gases	-Contaminación del suelo	M
	-Salud publica	a
	-Contaminación en el aire	A
	-Olor	A
	-Contaminación de acuíferos	m
	-Habitat terrestre	A
	-Vegetación natural	A
	-Fauna de interes comercial	a
	-Fauna silvestre	A

Donde :

M : Impacto adverso significativo, se ha detectado medida de mitigación.

a : Impacto adverso no significativo.

A : Impacto adverso significativo.

m : Impacto adverso no significativo, se ha detectado medida de mitigación.

A continuación se presenta el desarrollo de las matrices.





INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES :			CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES FISICO QUIMICAS																
			EX : EFECTO POTENCIAL EY : EFECTO CIRCUSTANCIAL EI : EFECTO INCIERTO																
			ALTERACIONES DE LA TIERRA							AGUA				ATMOSFERA					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
			Remocion vegetativa	Remocion de suelo superficial	Erosion	Calidad del suelo	Uso potencial del suelo	Hundimiento	Sismicidad	Calidad del agua superficial	Calidad de agua en acuíferos	Características del drenaje	Variaciones del flujo	Clima	Calidad del aire	Visibilidad	Ruido		
ACTIVIDAD No 2 : Desmonte y descapote																			
FACTORES AMBIENTALES	EFECTOS SOCIOECONOMICOS	TERRESTRE	1 AGRICULTURA																
			2 PASTOS	EX															
			3 ESTETICA	EX	EX	EX								EX	EX				
			4 CAMBIOS EN LOS PATRONES NATURALES DE DRENAJE	EX	EX	EX								EX	EX				
			5 CONTAMINACION DEL SUELO																
			6 TENENCIA DE LA TIERRA					EX											
			7 ECONOMIA REGIONAL																
			8 EMPLEO DE MANO DE OBRA	EX				EX											
			9 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS REGIONALES																
			10 SALUD PUBLICA										EX						
			11 ESTILO Y CALIDAD DE VIDA																
			12 EDUCACION																
			13 RECREACION																
	ECONOMICOS	ATMOSFERA	14 CONTAMINACION EN EL AIRE																
			15 OLOR																
	ECONOMICOS	ACUATICO	16 CONTAMINACION DE ACUIFEROS																
			17 INCREMENTO EN LA CONTAMINACION DEL RIO	EY							EX								
	EFECTOS ECOLOGICOS	HABITAT	18 ESTETICA	EY							EX								
			19 HABITAT TERRESTRE	EY	EI	EI							EI	EX	EX			EX	
		20 HABITAT ACUATICO																	
		COMUNIDADES	21 VEGETACION NATURAL	EX							EX		EX	EX	EX				
			22 VEGETACION COMERCIAL																
			23 FAUNA DE INTERES COMERCIAL	EX															EX
			24 FAUNA SILVESTRE											EX	EX	EX			EX
																		EX	

INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES :

EX : EFECTO POTENCIAL  
EY : EFECTO CIRCUNSTANCIAL  
EI : EFECTO INCIERTO

CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES FISICO QUÍMICAS

ALTERACIONES DE LA TIERRA      AGUA      ATMOSFERA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

ACTIVIDAD No 3 : Construccion de drenaje pluvial

Remocion vegetativa  
Remoción de suelo superficial  
Erosión  
Calidad del suelo  
Uso potencial del suelo  
Hundimiento  
Sismicidad  
Calidad del agua superficial  
Calidad de agua en acuíferos  
Características del drenaje  
Variaciones del flujo  
Clima  
Calidad del aire  
Visibilidad  
Ruido

FACTORES AMBIENTALES

EFFECTOS SOCIO ECONOMICOS EFECTOS ECOLOGICOS

TERRESTRE ATMOSFERA ACUATICO HABITAT COMUNIDADES

1 AGRICULTURA															
2 PASTOS	EY														
3 ESTETICA	EX	EX	EX												
4 CAMBIOS EN LOS PATRONES NATURALES DE DRENAJE	EX	EX													
5 CONTAMINACION DEL SUELO															
6 TENENCIA DE LA TIERRA															
7 ECONOMIA REGIONAL															
8 EMPLEO DE MANO DE OBRA	EX	EX													
9 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS REGIONALES					EX										
10 SALUD PUBLICA					EX										
11 ESTILO Y CALIDAD DE VIDA					EX										
12 EDUCACION															
13 RECREACION															
14 CONTAMINACION EN EL AIRE															
15 OLOR															
16 CONTAMINACION DE ACUIFEROS															
17 INCREMENTO EN LA CONTAMINACION DEL RIO															
18 ESTETICA								EX							
19 HABITAT TERRESTRE	EX	EX	EY				EX		EX	EX					
20 HABITAT ACUATICO							EX								
21 VEGETACION NATURAL	EX	EX	EX				EX		EX	EX					
22 VEGETACION COMERCIAL															
23 FAUNA DE INTERES COMERCIAL															
24 FAUNA SILVESTRE	EX	EX	EY				EX			EX					

INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES :			CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES FISICO QUIMICAS																	
			ALTERACIONES DE LA TIERRA							AGUA				ATMOSFERA						
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
ACTIVIDAD No 4 : Construccion de vías de acceso internas			Remocion vegetativa	Remoción de suelo superficial	Erosión	Calidad del suelo	Uso potencial del suelo	Hundimiento	Sismicidad	Calidad del agua superficial	Calidad de agua en acuíferos	Características del drenaje	Variaciones del flujo	Clima	Calidad del aire	Visibilidad	Ruido			
FACTORES AMBIENTALES	EFECTOS SOCIOECONOMICOS	TERRESTRE	1 AGRICULTURA																	
			2 PASTOS																	
			3 ESTETICA	EX	EY	EX			EY											
			4 CAMBIOS EN LOS PATRONES NATURALES DE DRENAJE	EX	EX									EX						
			5 CONTAMINACION DEL SUELO																	
			6 TENENCIA DE LA TIERRA																	
			7 ECONOMIA REGIONAL																	
			8 EMPLEO DE MANO DE OBRA	EX	EX				EY											
			9 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS REGIONALES																	
			10 SALUD PUBLICA																	
	11 ESTILO Y CALIDAD DE VIDA																			
	12 EDUCACION																			
	13 RECREACION																			
	ECONOMICOS	ATMOSFERA	14 CONTAMINACION EN EL AIRE	EI	EI															
			15 OLOR																	
	ECONOMICOS	ACUATICO	16 CONTAMINACION DE ACUIFEROS																	
			17 INCREMENTO EN LA CONTAMINACION DEL RIO																	
	ECONOMICOS	ACUATICO	18 ESTETICA								EX									
			19 HABITAT TERRESTRE	EX	EX	EY	EX		EY	EX		EX	EX							
	EFECTOS ECOLOGICOS	HABITAT	20 HABITAT ACUATICO																	
			21 VEGETACION NATURAL	EX	EX	EX	EX			EX		EX	EX							
		COMUNIDADES	22 VEGETACION COMERCIAL																	
			23 FAUNA DE INTERES COMERCIAL	EX																
			24 FAUNA SILVESTRE	EX	EX	EY	EX			EX			EX							



INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES :  EX : EFECTO POTENCIAL EY : EFECTO CIRCUSTANCIAL EI : EFECTO INCIERTO			CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES FISICO QUIMICAS																
			ALTERACIONES DE LA TIERRA							AGUA				ATMOSFERA					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
ACTIVIDAD No 5 : Construcción de terrazas			Remoción vegetaliva	Remoción de suelo superficial	Erosión	Calidad del suelo	Uso potencial del suelo	Hundimiento	Sismicidad	Calidad del agua superficial	Calidad de agua en acuíferos	Características del drenaje	Variaciones del flujo	Clima	Calidad del aire	Visibilidad	Ruido		
FACTORES AMBIENTALES	EFECTOS SOCIO ECONOMICOS	TERRESTRE	1 AGRICULTURA																
			2 PASTOS																
			3 ESTETICA			EX			EI										
			4 CAMBIOS EN LOS PATRONES NATURALES DE DRENAJE			EX			EX				EX	EX					
			5 CONTAMINACION DEL SUELO																
			6 TENENCIA DE LA TIERRA					EX											
			7 ECONOMIA REGIONAL																
			8 EMPLEO DE MANO DE OBRA			EX		EX	EI										
			9 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS REGIONALES																
			10 SALUD PUBLICA																
			11 ESTILO Y CALIDAD DE VIDA																
			12 EDUCACION																
			13 RECREACION																
	ECONOMICOS	ATMOSFERA	14 CONTAMINACION EN EL AIRE																
			15 OLOR																
	ECONOMICOS	ACUATICO	16 CONTAMINACION DE ACUIFEROS																
			17 INCREMENTO EN LA CONTAMINACION DEL RIO																
	EFECTOS ECOLOGICOS	HABITAT	18 ESTETICA			EY								EY					
			19 HABITAT TERRESTRE				EX		EX		EX		EX						
		20 HABITAT ACUATICO									EX			EI					
		COMUNIDADES	21 VEGETACION NATURAL				EX					EX	EI		EX				
			22 VEGETACION COMERCIAL																
			23 FAUNA DE INTERES COMERCIAL																
			24 FAUNA SILVESTRE				EX		EX		EX	EY	EX	EX					



INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES :

EX : EFECTO POTENCIAL  
 EY : EFECTO CIRCUSTANCIAL  
 EI : EFECTO INCIERTO

CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES FISICO QUIMICAS

ALTERACIONES DE LA TIERRA      AGUA      ATMOSFERA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

ACTIVIDAD No 7 : Construcción de chimenea para gases

Remoción vegetaliva  
 Remoción de suelo superficial  
 Erosión  
 Calidad del suelo  
 Uso potencial del suelo  
 Hundimiento  
 Sismicidad  
 Calidad del agua superficial  
 Calidad de agua en acuíferos  
 Características del drenaje  
 Variaciones del flujo  
 Clima  
 Calidad del aire  
 Visibilidad  
 Ruido

FACTORES AMBIENTALES

EFFECTOS SOCIO ECONOMICOS	TERRESTRE	1 AGRICULTURA															
		2 PASTOS															
		3 ESTETICA															
		4 CAMBIOS EN LOS PATRONES NATURALES DE DRENAJE				EX		EY									
		5 CONTAMINACION DEL SUELO															
		6 TENENCIA DE LA TIERRA															
		7 ECONOMIA REGIONAL															
		8 EMPLEO DE MANO DE OBRA															
		9 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS REGIONALES															
		10 SALUD PUBLICA															
		11 ESTILO Y CALIDAD DE VIDA															
		12 EDUCACION															
		13 RECREACION															
	ATMOSFERA	14 CONTAMINACION EN EL AIRE															
		15 OLOR															
	ACUATICO	16 CONTAMINACION DE ACUIFEROS															
		17 INCREMENTO EN LA CONTAMINACION DEL RIO															
		18 ESTETICA															
	EFFECTOS ECOLOGICOS	HABITAT	19 HABITAT TERRESTRE														
			20 HABITAT ACUATICO														
		COMUNIDADES	21 VEGETACION NATURAL														
			22 VEGETACION COMERCIAL														
			23 FAUNA DE INTERES COMERCIAL														
			24 FAUNA SILVESTRE														EX

INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES :

EX : EFECTO POTENCIAL  
EY : EFECTO CIRCUSTANCIAL  
EI : EFECTO INCIERTO

CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES FISICO QUIMICAS

ALTERACIONES DE LA TIERRA							AGUA				ATMOSFERA			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Remocion vegetativa	Remoción de suelo superficial	Erosión	Calidad del suelo	Uso potencial del suelo	Hundimiento	Sismicidad	Calidad del agua superficial	Calidad de agua en acuíferos	Características del drenaje	Variaciones del flujo	Clima	Calidad del aire	Visibilidad	Ruido

ACTIVIDAD No 8 : Acopio y compactación de la basura

FACTORES AMBIENTALES	EFFECTOS SOCIO ECONOMICOS	TERRESTRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
			1 AGRICULTURA																	
			2 PASTOS																	
			3 ESTETICA																	
			4 CAMBIOS EN LOS PATRONES NATURALES DE DRENAJE				EX		EY											
			5 CONTAMINACION DEL SUELO																	
			6 TENENCIA DE LA TIERRA				EX					EX								
			7 ECONOMIA REGIONAL																	
			8 EMPLEO DE MANO DE OBRA								EY									
			9 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS REGIONALES																	
			10 SALUD PUBLICA											EY						
			11 ESTILO Y CALIDAD DE VIDA																	
	12 EDUCACION																			
	13 RECREACION																			
	ATMOSFERA	14 CONTAMINACION EN EL AIRE																		
		15 OLOR										EX								
		ACUATICO	16 CONTAMINACION DE ACUIFEROS				EX		EY		EX	EX								
	17 INCREMENTO EN LA CONTAMINACION DEL RIO					EX				EX	EY									
	18 ESTETICA									EX										
	EFFECTOS ECOLOGICOS	HABITAT	19 HABITAT TERRESTRE				EX		EY		EX	EX								
			20 HABITAT ACUATICO								EX									
		COMUNIDADES	21 VEGETACION NATURAL				EX				EX	EX								
			22 VEGETACION COMERCIAL																	
			23 FAUNA DE INTERES COMERCIAL																	
24 FAUNA SILVESTRE						EX		EY		EX										

INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES :			CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES FISICO QUIMICAS																		
			ALTERACIONES DE LA TIERRA							AGUA				ATMOSFERA							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
ACTIVIDAD No 9 : Recolección y tratamiento de lixiviados			Remoción vegetaliva	Remoción de suelo superficial	Erosión	Calidad del suelo	Uso potencial del suelo	Hundimiento	Sismicidad	Calidad del agua superficial	Calidad de agua en acuíferos	Características del drenaje	Variaciones del flujo	Clima	Calidad del aire	Visibilidad	Ruido				
FACTORES AMBIENTALES	EFECTOS SOCIO ECONOMICOS	TERRESTRE	1 AGRICULTURA																		
			2 PASTOS																		
			3 ESTETICA									EX									
			4 CAMBIOS EN LOS PATRONES NATURALES DE DRENAJE																		
			5 CONTAMINACION DEL SUELO										EX	EX							
			6 TENENCIA DE LA TIERRA				EX						EX								
			7 ECONOMIA REGIONAL																		
			8 EMPLEO DE MANO DE OBRA																		
			9 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS REGIONALES																		
			10 SALUD PUBLICA											EX							
			11 ESTILO Y CALIDAD DE VIDA																		
			12 EDUCACION																		
			13 RECREACION																		
	ECONOMICOS	ATMOSFERA	14 CONTAMINACION EN EL AIRE																		
			15 OLOR																		
		ACUATICO	16 CONTAMINACION DE ACUIFEROS				EX					EX	EX								
	17 INCREMENTO EN LA CONTAMINACION DEL RIO										EX	EX									
	18 ESTETICA										EX										
	EFECTOS ECOLOGICOS	HABITAT	19 HABITAT TERRESTRE								EX										
			20 HABITAT ACUATICO								EX										
		COMUNIDADES	21 VEGETACION NATURAL										EX								
			22 VEGETACION COMERCIAL				EX					EX	EX								
			23 FAUNA DE INTERES COMERCIAL																		
			24 FAUNA SILVESTRE										EX	EX							

INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES :

EX : EFECTO POTENCIAL  
 EY : EFECTO CIRCUSTANCIAL  
 EI : EFECTO INCIERTO

CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES FISICO QUIMICAS

ALTERACIONES DE LA TIERRA							AGUA				ATMOSFERA			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Remocion vegetativa	Remoción de suelo superficial	Erosión	Calidad del suelo	Uso potencial del suelo	Hundimiento	Sismicidad	Calidad del agua superficial	Calidad de agua en acuíferos	Características del drenaje	Variaciones del flujo	Clima	Calidad del aire	Visibilidad	Ruido

ACTIVIDAD No 10 : Evacuación de gases

FACTORES AMBIENTALES	EFECTOS SOCIO ECONOMICOS	TERRESTRE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
			1 AGRICULTURA																	
			2 PASTOS																	
			3 ESTETICA				EX													
			4 CAMBIOS EN LOS PATRONES NATURALES DE DRENAJE																	
			5 CONTAMINACION DEL SUELO				EX													
			6 TENENCIA DE LA TIERRA																	
			7 ECONOMIA REGIONAL																	
			8 EMPLEO DE MANO DE OBRA																	
			9 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS REGIONALES																	
			10 SALUD PUBLICA					EY									EY			
			11 ESTILO Y CALIDAD DE VIDA																	
	12 EDUCACION																			
	13 RECREACION																			
	ATMOSFERA	14 CONTAMINACION EN EL AIRE															EX			
		15 OLOR															EX			
	ACUATICO	16 CONTAMINACION DE ACUIFEROS															EX			
		17 INCREMENTO EN LA CONTAMINACION DEL RIO																		
	18 ESTETICA																			
	EFECTOS ECOLOGICOS	HABITAT	19 HABITAT TERRESTRE														EX			
			20 HABITAT ACUATICO																	
		COMUNIDADES	21 VEGETACION NATURAL															EX		
			22 VEGETACION COMERCIAL																	
			23 FAUNA DE INTERES COMERCIAL																	
24 FAUNA SILVESTRE																	EX			

INCIDENCIA DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES DERIVADAS DE LAS ACTIVIDADES BASICAS DEL PROYECTO EN LOS FACTORES AMBIENTALES :			CAMBIOS EN LAS CONDICIONES AMBIENTALES FISICO QUIMICAS																
			ALTERACIONES DE LA TIERRA							AGUA				ATMOSFERA					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
ACTIVIDAD No 11 : Construcción de caseta e instalaciones sanitarias			Remocion vegetativa	Remocion de suelo superficial	Erosión	Calidad del suelo	Uso potencial del suelo	Hundimiento	Siismicidad	Calidad del agua superficial	Calidad de agua en acuíferos	Características del drenaje	Variaciones del flujo	Clima	Calidad del aire	Visibilidad	Ruido		
FACTORES AMBIENTALES	EFECTOS SOCIOECONOMICOS	TERRESTRE	1 AGRICULTURA																
			2 PASTOS	EX															
			3 ESTETICA	EX	EX														
			4 CAMBIOS EN LOS PATRONES NATURALES DE DRENAJE	EY	EX	EX													
			5 CONTAMINACION DEL SUELO																
			6 TENENCIA DE LA TIERRA																
			7 ECONOMIA REGIONAL																
			8 EMPLEO DE MANO DE OBRA	EX	EX														
			9 INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS REGIONALES																
			10 SALUD PUBLICA																
			11 ESTILO Y CALIDAD DE VIDA																
			12 EDUCACION																
			13 RECREACION																
	ECONOMICOS	ATMOSFERA	14 CONTAMINACION EN EL AIRE																
			15 OLOR																
		ACUATICO	16 CONTAMINACION DE ACUIFEROS																
			17 INCREMENTO EN LA CONTAMINACION DEL RIO																
			18 ESTETICA																
	EFECTOS ECOLOGICOS	HABITAT	19 HABITAT TERRESTRE	EX	EX	EX	EX												
			20 HABITAT ACUATICO																
		COMUNIDADES	21 VEGETACION NATURAL	EX	EX	EX	EX												
			22 VEGETACION COMERCIAL																
			23 FAUNA DE INTERES COMERCIAL																
			24 FAUNA SILVESTRE	EX	EX														





Con los resultados de la tercera matriz elaboramos la lista de impactos tanto positivos como negativos, tomando en cuenta la identificación establecida como mas importantes los marcados con letra mayuscula.

En resumen puede decirse que lo contenido en las matrices es lo siguiente:

Las actividades inducen cambios (primera matriz), dichos cambios inducen efectos (segunda matriz; una por cada actividad) y estos efectos ocasionan impacto que son los que se identifican en la tercera matriz o matriz resumen.

#### LISTA DE IMPACTOS NEGATIVOS.

- Cambios en los patrones naturales de drenaje.
- Contaminación de acuíferos.
- Incremento en la contaminación del río Copinol.
- Contaminación del suelo.
- Contaminación del aire.
- Habitat terrestre.
- Vegetación natural.
- Fauna de interés comercial.
- Fauna silvestre.
- Olor.
- Pastos (destrucción de estos).

**LISTA DE IMPACTOS POSITIVOS.**

- **Economía regional.**
- **Empleo de mano de obra.**
- **Infraestructura y servicios regionales.**

**MEDIDAS DE MITIGACION.**

En la ejecución de la evaluación de impacto ambiental se identifican los impactos y se predice los efectos adversos sobre el ambiente como consecuencia de la implementación de un proyecto de higiene. Los impactos negativos son los que se deben considerar a la hora del diseño y ejecución del proyecto.

Si los impactos identificados están en contraposición de criterios o políticas de conservación y protección del ambiente, se deben establecer medidas de mitigación, antes que el proyecto inicie su ejecución.

***Definición.***

Medida de mitigación es la aplicación o implementación de política, proceso, estrategia, acción, con lo que se pretende eliminar o minimizar los impactos adversos que se presentan durante cada una de las etapas que pertenecen a un proyecto (construcción, operación y finalización).

Con la medida de mitigación se pretende:

- a- Evitar totalmente el impacto***
- b- Minimizar el impacto***
- c- Rectificar el impacto, restaurando el ambiente afectado.***

**CUADRO RESUMEN DE IMPACTOS Y MEDIDAS DE MITIGACION  
RECOMENDADAS**

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDA DE MITIGACION
CONTAMINACION DE ACUIFEROS	Efectuar Impermeabilización del suelo en la base de las celdas del relleno para así evitar la percolación de jugos de lixiviación, y procurar así la efectiva recolección de estas y su posterior drenaje hacia la piscina de evaporación de lixiviados.
INCREMENTO EN LA CONTAMINACION DEL RIO LOS FRAILES	Captación, canalización y evacuación adecuada de escorrentía superficial con el propósito de evitar el paso en lo mas posible de aguas lluvias a través de áreas de operación del relleno.
CONTAMINACION DEL AIRE	Diseño y construcción adecuada de estructuras y drenajes para el manejo de emisiones gaseosas volátiles.
CONTAMINACION DEL SUELO	No se ha detectado medida de mitigación durante el relleno esté funcionando, posiblemente se pueda recuperar, una vez cerrado el relleno.
CAMBIOS EN LOS PATRONES NATURALES DE DRENAJE	Establecimiento de barreras vivas, modificación y estabilización de la topografía.
- VEGETACION NATURAL - FAUNA SILVESTRE	Fomento de campañas de reforestación, conservación y protección de la fauna.
FAUNA DE INTERES COMERCIAL	Construcción de cercas perimetrales, y evitar al máximo al relleno la introducción de animales domésticos tales como aves de corral, ganado vacuno, porcino y otros.

## **Sección 4.5**

# **ESTUDIO DE RUTAS DE RECOLECCION DE DESECHOS SOLIDOS**

#### 4.5.1 OBJETIVOS

**General :**

Presentar una propuesta alternativa de rutas, para el mejoramiento de la cobertura del servicio de aseo urbano de la ciudad de Ilobasco, estipuladas para el relleno sanitario no mecanizado que se pretende implementar en la ciudad de Ilobasco.

**Específicos:**

Ordenar el actual servicio de aseo por medio de la zonificación de rutas, de acuerdo a la capacidad (en M<sup>3</sup>) de los vehículos recolectores .

Disminuir las distancias de recolección de las rutas propuestas en cada zona de recolección.

## 4.5.2 ALCANCES Y LIMITACIONES

### ALCANCES:

- El actual estudio de rutas presenta en principio una *propuesta* de un conjunto de rutas *teóricas* alternativas en base a tiempos y distancias, el cual puede ajustarse y mejorarse en base a resultados que se obtengan al momento de implementarse por las cuadrillas de aseo correspondientes. Así mismo posteriores estudios pueden profundizar sobre el estudio de rutas, ampliando las variables de análisis.

### LIMITACIONES:

- El estudio de rutas se restringe al interior del radio urbano de la ciudad de Hobasco.
- No se toma en cuenta la topografía del lugar.
- No se toma en cuenta el estado de las calles.
- Los tiempos de recolección promedio no toman en cuenta el efecto de los tiempos de recolección requeridos debidos al tipo de recipiente utilizado (bolsas, guacales, sacos, cajas y otros).
- No se realiza un análisis de costos.

### 4.5.3 MARCO CONCEPTUAL

#### 4.5.3.1 GENERALIDADES.

Diseñar un sistema de recolección de desechos sólidos en las municipalidades del país, presenta grandes retos, ya que esta etapa representa el mayor consumo de recursos económicos (entre el 70% y el 85% del costo total de todo el sistema<sup>1</sup>). Lo anterior es un indicador de que cualquier mejora que se logre en la etapa de recolección, significará un ahorro significativo para las municipalidades.

#### 4.5.3.2 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN (RUTAS).

Para diseñar un sistema de recolección que se adapte a las necesidades de una comunidad, es necesario conocer las condiciones y características que presentan las zonas a recolectar y las proyecciones de las mismas, analizar la información, establecer y evaluar alternativas para escoger la más adecuada. Esto significa que en muchas ocasiones será necesario combinar diferentes tipos de equipos ( o sistemas) para obtener un sistema global adecuado para toda la comunidad.

Algunos de los factores que influyen en la selección de un sistema de recolección<sup>2</sup> se pueden clasificar como:

---

<sup>1</sup> ver ING. Juan G. Umaña, "MANUAL DE DISEÑO PARA EL MANEJO Y DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS",Pag. 16 .

<sup>2</sup> ver ING. Carlos G. Cañas, "RECOLECCION Y DISPOSICION FINAL DE LA BASURA: un servicio público municipal", AECl, ADEMUCA.

- *Generales.*
- *Técnicos.*
- *Económicos.*
- *Socio-culturales.*
- *Legales*

1- *Factores generales:*

Los factores generales están relacionados con las políticas, planes y programas nacionales que en relación al manejo de los desechos sólidos existan en el país y que tienen que ser tomadas en cuenta al seleccionar el sistema de recolección de desechos sólidos.

El desarrollo de programas nacionales de recuperación de materiales obliga a diseñar sistemas de recolección que cumplan con ese objetivo. Sólo para decidir el tipo de vehículo a utilizar, se pueden tener varias opciones a evaluar; por ejemplo, si los materiales a recuperar son separados por los usuarios en el lugar que se generan, entonces se necesitarán vehículos recolectores con los espacios necesarios para almacenar por separado los diferentes materiales o utilizar diferentes vehículos para cada tipo de material por separado. Por otra parte si los desechos sólidos no son separados por los usuarios, o si los desechos sólidos ya separados son llevados por dichos usuarios a centros de acopio, se necesitarán otro tipo de vehículos.

La existencia de programas de erradicación de botaderos a cielo abierto, puede alterar el funcionamiento del sistema de recolección y plantear la necesidad de su rediseño, por ejemplo, la distancia que exista entre el punto final de las rutas de recolección y el nuevo sitio de disposición final a cubrir influye en el tipo de equipo



a utilizar puesto que los diferentes vehículos de recolección, poseen límites en cuanto a su velocidad de desplazamiento.

**2- Factores técnicos:**

Los factores técnicos están relacionados con las características físicas de la zona y de los residuos generados en la misma, como se describen a continuación:

- a) *Características de los residuos sólidos del área.*
- b) *Características topográficas del área.*
- c) *Características demográficas del área.*
- d) *Características de la infraestructura del área.*

a) *Características de los residuos sólidos del área:* La cantidad ( o volumen), composición tipos y las propiedades físicas, químicas y/o biológicas de los desechos sólidos generados por la comunidad ( residenciales, comerciales, industriales, agrícolas, etc.), influyen en el tipo y capacidad del vehículo a utilizar, tiempo de almacenamiento entre recolecciones, etc.

b) *Características topográficas del área:* Las peculiaridades que presenta la superficie del terreno o área de la comunidad, con fuertes pendientes, quebradas abruptas y/o escabrosas, o la presencia de barreras naturales como barrancas, ríos, cerros o pantanos, influyen en el diseño del sistema de recolección.

c) *Características demográficas del área:* La cantidad de población, densidad poblacional, densidad habitacional y la tasa de crecimiento de la comunidad, afectan el diseño del sistema. Por ejemplo, asumiendo la misma producción de desechos por vivienda, en áreas de baja densidad habitacional, el vehículo pasa más tiempo “paseando” los desechos de una vivienda a otra, que recolectándolos, haciéndose un uso poco eficiente del mismo;

mientras que una zona de alta densidad habitacional el vehículo tiende a llenarse rápidamente, de ahí la necesidad de utilizar un vehículo de mayor tamaño o más vehículos.

d) *Características de la infraestructura del área:* El tipo y estado de las carreteras, calles y/o vías de acceso a las poblaciones y al sitio de disposición final, imponen restricciones al tipo de vehículo de recolección que debe utilizarse. La accesibilidad puede verse limitada por el tipo de superficie de las vías (balastreadas o pavimentadas), que permita el tránsito en cualquier época del año, ángulo de giro y ancho de las calles. En zonas marginales el ancho de las calles y el ángulo de giro del vehículo recolector, impide el acceso y la circulación de los camiones, pero no así a los ciclo-mecanismos (triciclos de recolección) o carretas haladas por animales.

### 3- Factores económicos:

Uno de los factores importantes, principalmente al seleccionar el diseño del sistema de recolección, es la disponibilidad de recursos económicos para invertir en el

mismo. Puede ser que una comunidad necesite de un camión de volteo, pero no disponga de los recursos económicos para comprarlo, pero si los suficientes para adquirir carretas haladas por los animales o por triciclos de recolección y realizar el mismo trabajo; es decir debe hacerse una evaluación de una tecnología apropiada que puedan utilizar las diferentes comunidades.

Además debe contarse con la capacidad financiera para mantener el sistema de funcionamiento, no solo aportando los salarios de los operarios y otros gastos de operación, sino también de los fondos necesarios para el mantenimiento preventivo,

reparación y sustitución del equipo deteriorado y para la ampliación del servicio.

Este factor es de mucha importancia en comunidades marginales de los grandes centros

urbanos, zonas rurales, pueblos y ciudades pequeñas, que son las que carecen de servicio de recolección y de suficientes recursos económicos para poder financiar sistemas tradicionales.

#### **4- Factores socio-culturales:**

Existe una relación entre el nivel de desarrollo alcanzado por la comunidad y la demanda del servicio de recolección de desechos sólidos. Las comunidades que carecen del servicio de recolección son las más pobres y generalmente carecen de otros servicios básicos, de tal forma que el servicio de recolección de desechos, no es prioritario. Por otra parte el desarrollo cultural de la población en cuanto a las

costumbres cotidianas de recolección de desechos antes de la entrega al equipo de aseo, condiciona las políticas inmediatas que puedan tomarse en cuanto a la planificación de un sistema de recolección de desechos sólidos integral; como por ejemplo la disposición de parte de la población a entregar vidrio, papel, metal, etc. en depósitos por separado.

#### **5- Factores legales:**

Para iniciar el proceso de diseño del sistema de recolección debe obtenerse la legislación relacionada con el manejo de desechos sólidos y sus reglamentos, así como las ordenanzas municipales que regulan los sistemas de recolección y disposición final de los mismos; la cual deberá ser consultada y utilizada en el momento de diseñar, para garantizar que los permisos de operación sean otorgados por las autoridades correspondientes.

#### **4.5.3.3 PARÁMETROS DE ANÁLISIS PARA LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.**

##### ***1- Punto de recolección.***

Influye notoriamente en el sistema, este puede ser en la acera, en el garaje ó en un sitio de reunión específico.

Lo anterior influye en el tiempo de servicio  $T_s$ , o sea el tiempo que se demora en depositar un recipiente en el vehículo recolector. De lo anterior se observa que  $T_s$  depende del *tipo de recipiente utilizado*.

## 2- *Tamaño de la tripulación o cuadrilla.*

La cuadrilla recolectora de desechos sólidos se compone de un chofer y un número dado de recolectores, uno, dos o tres según el caso. El tamaño más frecuente es de tres y cuatro. Esto afecta la *eficiencia de recolección*.

## 3- *Peso volumétrico de los desechos.*

Los desechos tienen un peso volumétrico que varía de acuerdo a que si los desechos se encuentran en un recipiente para basura, en el vehículo recolector, o en el relleno sanitario. Los valores de estas variables, son generalmente como siguen:

- Peso volumétrico en recipiente de basura  $(PV_R) = 120 - 160 \text{ Kg/M}^3$ .
- Peso volumétrico en vehículo recolector  $(PV_{VR}) = 200 - 360$  “
- Peso volumétrico en el relleno sanitario  $(PV_{RS}) = 450 - 500$  “

Estos valores deben ser medidos, siempre que sea posible.

## 4- *Frecuencia de recolección* ( $F_R$ ).

Se define como el número de servicios que se presta a cada establecimiento por semana, en servicios por semana (serv/sem). Normalmente  $F_R$  oscila entre 1,2,3 y 6 Serv/sem.

## 5- *Cobertura del servicio de aseo* (Cob).

Se define como la razón entre la cantidad de desechos sólidos *recolectados por el servicio de aseo*, entre la cantidad de desechos sólidos generados en un período de

tiempo determinado, que generalmente es de 1 semana y puede estimarse de la siguiente manera:

$$\text{Cob} = \text{DS}_R \text{ (en una semana)} / (\text{Pob} \times 7 \times \text{TDS}) \quad (4.5.1)$$

Donde:

**Cob** : Cobertura del servicio de aseo (en decimales).

**DS<sub>R</sub>** : Cantidad de desechos sólidos a recolectar en una semana (en Kg).

**Pob** : Población del área urbana (Hab.).

**7** : Días de la semana.

**TDS** : Tasa de producción de desechos sólidos de la población (Kg/hab/día)

El valor de **DS<sub>R</sub>** puede obtenerse de las siguientes maneras:

$$\text{a) } \text{DS}_R = \Sigma (\text{PC}) \text{ (semanal)} \quad (4.5.2)$$

Donde  $\Sigma(\text{PC})$  : Sumatoria de pesos de desechos sólidos recolectados por el equipo de aseo durante una semana.

$$\text{b) } \text{DS}_R = N_{V1} \times V_1 \times \text{PV}_{VR1} + N_{V2} \times V_2 \times \text{PV}_{VR2} + \dots + N_{Vn} \times V_n \times \text{PV}_{VRn}$$

Que se resume así:

$$\text{DS}_R = \Sigma(N_{Vi} \times V_i \times \text{PV}_{VRi}); \quad i = 1 \text{ a } n \quad (4.5.3)$$

Donde :

**N<sub>Vi</sub>** : Número de viajes del vehículo recolector "i" (semanales)

**V<sub>i</sub>** : Volumen promedio semanal obtenido por cada vehículo recolector "i" (M<sup>3</sup>).

**PV<sub>VRi</sub>** : Peso volumétrico promedio en cada vehículo recolector "i".  
(Kg/M<sup>3</sup>).

**n** : Total de vehículos recolectores

**6- Cantidad de desechos sólidos generados por casa o establecimiento. ( $P_{DL}$ ).**

El cálculo del peso de desechos sólidos (en Kg.) a recolectar por lote, puede definirse de la siguiente manera:

$$P_{DL} = (7 \times NH_L \times TDS \times Cob) / F_R \quad (4.5.4)$$

Donde:

$P_{DL}$  : Peso de desechos sólidos a recolectar por lote (Kg).

7 : Días de la semana.

$NH_L$  : Promedio de habitantes por lote (Hab/lote).

TDS : Tasa de producción de desechos sólidos de la población (Kg/hab/día).

Cob : Cobertura del servicio de aseo (en decimales).

$F_R$  : Frecuencia de recolección (ser/sem).

**7- Capacidad del vehículo recolector.**

Para estimar la capacidad de viviendas, establecimientos o lotes a servir por cada vehículo recolector, deben definirse una serie de actividades y asignarles una duración. Esto permite obtener el número de viajes (o cargas) al sitio de disposición final (DF) que puede realizar cada vehículo recolector. Durante la jornada de trabajo.

Los tiempos utilizados en diferentes actividades durante la jornada de trabajo (JT), pueden dividirse en *tiempos de recolección* (TR) y *tiempos de no recolección* (TNR), con lo que puede establecerse lo siguiente:

$$JT = TR + TNR \quad (4.5.5)$$

Donde:

JT : Jornada de trabajo (min.)

TR : Tiempo de recolección (mín.)

TNR : Tiempos de no recolección (mín.)

Los *tiempos de no recolección* comprenden las siguientes actividades:

Tiempo	A C T I V I D A D	Tiempo asignado (mín.)
T1	Chequeo inicial	15 ó según medido.
T2	Viaje Garaje-ruta	Variable.
T3	Viaje ruta- DF	Variable.
T4	Descarga en DF	20 ó según medido.
T5	Almuerzo	45 ó según medido.
T6	Viaje DF- Garaje	Variable.
T7	Limpieza final del equipo	15 ó según medido.
T8	Viaje DF-ruta	Variable.

TABLA 4.5.1: Actividades de no recolección.

Como puede observarse, las actividades con tiempo asignado como “variable”, de la ruta específica seleccionada, dependen de la velocidad del vehículo recolector y otras variables muy particulares.

Las actividades T3, T4 y T5 corresponden a una carga completa del vehículo recolector, es decir ocurren cada vez que el camión se llena y hay que llevarlo a la DF. Así el tiempo de no recolección aumenta con el número de cargas. Para el cálculo del tiempo de recolección TR, se debe emplear la siguiente fórmula:

$$TR = [ JT - \sum T_i - (X-1)(T3+T4+T8) ] / X \quad (4.5.6)$$

Donde:

TR : Tiempo de recolección ( en mín/carga).

T<sub>i</sub> : Tiempo asignado a la actividad.(min).

i : 1 a 8, según TABLA 4.5.1.

X : Número de cargas completas del camión en el día.



**JT** : Minutos de la jornada de trabajo (60 mín/hora × 8 horas ó según cálculo).

Teniendo en cuenta que si se conoce el peso de los desechos sólidos a recolectar por lote  $P_{DL}$  y el tiempo de servicio  $T_s$  (promedio) para descargar  $P_{DL}$  en el vehículo recolector, se puede determinar el número de lotes a servir por vehículo recolector de la siguiente manera:

$$n_L = TR / T_s \quad (4.5.7)$$

Donde:

$n_L$  : Número de lotes a servir.

TR : Tiempo de recolección (mín).

$T_s$  : Tiempo de servicio (mín/lote).

#### 4.5.3.4 SELECCIÓN DE RUTAS.

En la mayoría de los casos ,existen circunstancias de recolección completamente definidas; es decir, los vehículos recolectores ya están comprados, con un volumen y capacidad de carga dadas, y desde luego, en un número definido por métodos muy empíricos. En tales casos es más conveniente *optimizar* el sistema de recolección mediante la técnica de selección de rutas, para de este modo realizar una mejor utilización del equipo existente.

Para lo anterior puede utilizarse como guía la fórmula del tiempo normal de recolección  $T_N$  que se presenta a continuación:

$$T_N = (1 + S) (7/F_R) + \left[ \frac{(T4 + 2e/V_C)}{(1000 \times f \times P_C)} [ \Sigma M_i \delta_i (TDS)_i ] + \frac{\Sigma M_i \delta_i (TDS)_i}{a + b (\delta_i)} \right] \quad (4.5.8)$$

Donde:

$T_N$  : Tiempo normal en minutos para efectuar el recorrido.

$S$  : Tolerancia para necesidades y descansos; se puede calcular como sigue:

$$S = (T_1 + T_2 + T_5 + T_6 + T_7) / TR. \quad (4.5.9)$$

ó asumiéndolo como el 10% (es decir 0.10).

$(7/F_R)^+$  : Tiempo entre recolecciones, *redondeándolo al entero superior*, así si

$F_R = 2 \text{ rec/sem}$ , entonces  $(7/2)^+ = 4$  días entre recolecciones, en el peor de los casos.

$T_4$  : Definido en TABLA 4.5.1.

$V_C$  : Velocidad del vehículo recolector en Km/h cuando va a la DF.

$e$  : Distancia a la DF.

$e/V_C = T_3 = T_8$  ; Según definición TABLA 4.5.1.

$f$  : % del vehículo que se utiliza. Factor de utilización (en decimales).

$P_C$  : Carga del camión en toneladas ;  $P_C = V_i \times PV_i$  ( $V_i$ ,  $PV_i$ , según definiciones de fórmula 4.5.3).

$i$  : Definición del sector socio-económico. Las variables tendrán los valores obtenidos en el *sector socio-económico i*.

$M_i$  : Número de manzanas en sector  $i$ .

$\delta_i$  : Densidad poblacional en el sector  $i$  (en hab/manzana).

$TDS$  : Tasa de producción de desechos sólidos (Kg/hab/día), en el sector  $i$ .

$a$  y  $b$  : Constantes de regresión, al ajustar la velocidad de recolección  $V_{CR}$ , con  $\delta_i$  en una ruta por mínimos cuadrados.

$V_{CR}$  : Velocidad de recolección (en Kg de desechos/ min).

La anterior expresión puede variarse teniendo en cuenta las siguientes equivalencias:

$$S = (T_1 + T_2 + T_5 + T_6 + T_7) / TR$$

$$T_4 + 2e/V_C = T_3 + T_4 + T_8$$

$$M_i \delta_i (TDS)_i = P_i (TDS)_i \quad ; P_i : \text{Población en el sector } i.$$

$$a + b(\delta_i) = V_{CR} = P_{DL} / T_s [ (Kg/lote) / (min/lote) ].$$

Entonces la ecuación anterior queda de la siguiente manera:

$$T_N = (1+S) (7/F_R)^+ \{ (T_3+T_4+T_8) (\Sigma P_i(TDS)_i) / (1000 \times f \times P_C) \} + \{ \Sigma P_i(TDS)_i / (P_{DL} / T_s) \} \quad (4.5.10)$$

Para la aplicación de las fórmulas anteriores, depende de los datos que sean más fácilmente obtenibles. Por la fórmula anterior puede *simplificarse aún más*. Si se tienen los datos equivalentes necesarios para estimar  $T_N$ .

Para ciudades pequeñas  $T_N$  puede estimarse calculando la distancia total  $D_T$ , del recorrido diario del vehículo recolector y subdividirlos en distancia de recolección efectiva  $D_{RE}$  ( que comprende la distancia total en que se han recolectado desechos), distancia de no recolección  $D_{NR}$ ; que comprende la distancia total en que el vehículo no recolecta desechos al interior de la ruta como por ejemplo, distancias al siguiente tramo o zona de recolección, y distancia de transporte  $D_T$ , que comprende la distancia total en las actividades de traslado de desechos hacia el sitio de DF y viceversa, traslado hacia nueva ruta, de garaje a la ruta, etc.

Conocidas dichas distancias, deben obtenerse la velocidad promedio de recolección  $V_R$  y la velocidad promedio de no recolección  $V_{NR}$  (velocidad hacia el nuevo punto de recolección durante el desarrollo de la ruta). Y la velocidad promedio de transporte  $V_T$  (velocidad promedio en trasladarse hacia el sitio de DF, de la DF hacia la nueva ruta, del garaje a la ruta, etc.) lo anterior  $T_N$  puede estimarse de la siguiente manera:

$$T_N = (D_{RE} / V_R) + (D_{NR} / V_{NR}) + (D_T / V_T) + T_1 + T_4 + T_5 + T_7 \quad (4.5.11)$$

Donde:

$D_{RE}$	: Distancia total de recolección efectiva ( m).
$V_R$	: Velocidad promedio de recolección (m/ min).
$D_{NR}$	: Distancia total de no recolección (m).
$V_{NR}$	: Velocidad promedio de no recolección (m / min).
$D_T$	: Distancia total de transporte de desechos (m).

$V_T$  : Velocidad promedio de transporte de desechos (m/min).

$T1, T4, T5, T7$  : Tiempos definidos en la TABLA 4.5.1.

#### 4.5.3.5 TRAZADO DE RUTAS.

Una vez establecido el equipo y mano de obra para el sistema de recolección, de manera que la fuerza de trabajo y el equipo sean utilizados eficazmente, en general, el trazado de rutas de recorrido es un proceso de *aproximaciones* . No hay reglas fijas que puedan aplicarse a todas las situaciones.

Los pasos generales incluidos en el establecimiento de rutas de recolección comprenden:

1. *Preparación de mapas que muestren los datos y la información pertinentes relacionados con las fuentes de producción de desechos.*
2. *Datos de análisis y cuando se requiera, preparación de tablas resúmenes de información.*
3. *Trazado preliminar de rutas.*
4. *Comparación de rutas preliminares*
5. *Evaluación de la mejor alternativa.*

El propósito de las rutas es dividir la ciudad en zonas que permitan a los equipos de recolección realizar un eficiente servicio de aseo a la comunidad. Básicamente, la ruta deberá ser lo suficientemente extensa como para que se pueda desarrollar en un día completo de trabajo.

A continuación se presentan algunas de las características que deberán tener las rutas:

- a) Deben ser lógicas en su progresión por la zona.
- b) Deben evitar duplicaciones, repeticiones y movimientos innecesarios.
- c) Deben contemplar las disposiciones de tránsito con miras a evitar pérdidas de tiempo al cargar los desechos, reducir peligros a la tripulación y minimizar los obstáculos del tráfico.
- d) Debe estudiarse cuidadosamente la red de avenidas y vías principales , a fin de aprovecharlas en la mejor forma posible.
- e) La ruta dentro de la zona debería iniciarse en el punto más alejado del lugar de disposición final y , conforme avanza el día , ir acercándose a dicho lugar a fin de disminuir el tiempo de acarreo.
- f) En lo posible las rutas deberían recorrerse paralelamente con el fin de que los puntos de terminación sean cercanos . Esto de ser posible , permitiría al supervisor estar presente cuando los equipos de recolección terminan , permitiéndole trasladar el equipo a zonas con problemas de recolección, para completar la tarea diaria.

- g) En áreas montañosas , las rutas deben empezar en la parte más alta y continuar hacia abajo a medida que se carga el camión.
- h) Los desechos producidos en lugares congestionados por el tráfico se deben recolectar tan temprano como sea posible.
- i) Las fuentes , en las cuales se produzcan cantidades extremadamente grandes de desechos, deben ser atendidos durante la primera parte del día.
- j) Los lugares dispersos de recolección donde se producen pequeñas cantidades de desechos sólidos que reciben la misma frecuencia de recolección deben , si es posible, ser atendidos durante un viaje en el mismo día.
- k) Todas aquellas calles que cuenten con pendientes pronunciadas deben ser recorridas deben ser atendidas desde el punto más alto al más bajo.
- l) El vehículo recolector deberá recorrer todos los puntos de generación de desechos sólidos con el objeto de completar la capacidad del vehículo.

Posteriormente se recomienda seguir el siguiente procedimiento para la verificación de rutas esquematizadas:

- a) Cuantificar la longitud de recorrido por kilómetros de cada ruta.
- b) Constatar la vialidad (sentidos de circulación).
- c) Comprobar la transitabilidad de las calles en cualquier época del año.
- d) Notificar si dentro de la ruta propuesta existen manzanas deshabitadas y por tanto no necesitan servicio de limpieza.
- e) Tomar nota de los problemas de circulación, ocasionadas por las calles angostas, obstrucción por vehículos estacionados, calles con fuertes pendientes, etc.

f) La ruta de recolección ya verificada por cada zona.

Es aconsejable que la implantación de las nuevas rutas propuestas se realicen en el siguiente orden:

- a) Adiestrar a los supervisores y a los choferes de vehículos recolectores. Dicho adiestramiento consiste en explicar la simbolización de los esquemas de rutas de recolección como son : comienzo de la ruta, dirección del recorrido, recorrido en servicio, recorrido en tránsito, fin de ruta, paradas fijas, horarios (inicio de la jornada, almuerzo, etc). Así mismo, las actividades complementarias entre las que sobresalen: forma de operar el vehículo recolector, procedimientos de carga y descarga, según el tipo de vehículo.
- b) Una vez implementadas las nuevas rutas, se evaluará su eficiencia y se efectuarán los ajustes requeridos.

#### 4.5.3.6 TÉCNICAS AVANZADAS DE ANÁLISIS.

El interés en el análisis de los sistemas de recolección de desechos sólidos surge de la necesidad de mejorar (optimizar) la operación de sistemas existentes y desarrollar datos y técnicas que se puedan utilizar para diseñar o evaluar sistemas nuevos o futuros. Con frecuencia, el diseño y la operación de sistemas de recolección de desechos sólidos está (o estaba) basado en gran parte, en la *experiencia* y en la *intuición*. A medida que los sistemas de recolección y las operaciones han crecido en tamaño y complejidad , este método demuestra ser menos confiable. La razón

principal es la de que, debido a las muchas variables, operaciones, e interrelaciones que se deben considerar (en sistemas grandes), el manejo se ha convertido en una estructura tal que ninguna (*la experiencia y la intuición*) puede conocer o comprender todo el sistema. .

Un análisis *integral* debe comprender la aplicación de técnicas y herramientas desarrolladas en áreas relacionadas, para solucionar problemas de recolección de desechos sólidos, en un esfuerzo por operar eficazmente sistemas existentes y diseñar nuevos sistemas. Términos tales como *análisis de sistemas, investigación de operaciones, sistemas de simulación y modelos de sistemas y operaciones* se están convirtiendo en parte del vocabulario en este campo y puede anticiparse que la ingeniería de sistemas encontrará aplicaciones todavía más amplias en el análisis de sistemas de recolección de desechos sólidos.



#### 4.5.4 METODO DE TRABAJO

##### 4.5.4.1 AREA DE ESTUDIO:

Viviendas, mercado, comercios, etc. comprendidos en el interior del sector urbano de la ciudad de Ilobasco (Departamento de Cabañas).

##### 4.5.4.2 EQUIPO UTILIZADO:

- 1 Curvímetro.
- 1 Cronómetro.
- 1 Cinta métrica (20 mts).
- Planos catastrales de la ciudad de Ilobasco (de 1977).
- 1 Nivel de pita.

##### 4.5.4.3 PROCEDIMIENTO:

###### a) Recolección de información básica.

La primera etapa consistió en recolectar información básica sobre lo siguiente:

- *Tiempos de descarga de cada vehículo recolector:* Para lo anterior se acompañaron a los conductores de cada vehículo recolector, durante 1 semana normal de trabajo (5 días) en el desarrollo de sus rutas de recolección, y con el auxilio de un cronómetro se tomaron los tiempos en que tardaban en descargar los desechos sólidos en el actual sitio de disposición final (botadero a cielo abierto).

- ***Tiempo de carga de desechos sólidos del mercado:*** Se midieron los tiempos que tardaba el vehículo recolector en cargar los desechos sólidos provenientes del mercado.
- ***Velocidad promedio de recolección:*** Con el objeto de estimar la velocidad promedio de recolección, se midieron distancias en varias cuadras y se determinaron los tiempos en recorrerlas, mientras recolectaban los desechos.
- ***Velocidad promedio en actividades de no recolección:*** Para la estimación de la velocidad promedio en actividades de no recolección, se acompañaron a los conductores hacia el sitio de disposición final, de regreso a la nueva ruta, hacia el garaje , etc. y se tomaron lecturas de los velocímetros de cada vehículo recolector.
- ***Capacidad de los vehículos ( $M^3$ ):*** Se midieron las dimensiones de cada vehículo recolector.
- ***Tamaño de la cuadrilla de recolección:*** Por simple inspección.
- ***Frecuencia de recolección:*** Por simple inspección.
- ***Tasa de producción de desechos sólidos:*** Se obtiene en base al estudio de generación de desechos sólidos de la ciudad de Ilobasco ( Capítulo 4 ,sección 4.1).
- ***Peso volumétrico promedio de los desechos sólidos:*** Se obtiene de los resultados obtenidos en el estudio de generación de desechos sólidos de la ciudad de Ilobasco.

- ***Número de habitantes por lote:*** Se determina por medio de encuestas realizadas en estudio de generación de desechos sólidos de la ciudad de Ilobasco.

**b) Determinación del número de lotes a servir por cada vehículo recolector.**

Consistió en determinar el número de lotes que puede recolectar cada vehículo, con la actual frecuencia de recolección, asumiendo un volumen útil del 90%. Lo anterior se realizó obteniendo primero el volumen actual de cada vehículo recolector y multiplicarlo por el peso volumétrico promedio de desechos sólidos.

Luego se estimó la cantidad de desechos sólidos diarios (Kg/lote/día) generados por lote, multiplicando la tasa de producción de desechos sólidos (en Kg/hab/día) por el número de habitantes por lote (hab/lote).

Posteriormente se calculó el número de lotes a servir, dividiendo la capacidad (en Kg) del vehículo recolector entre la cantidad de desechos sólidos diarios generados por lote.

**c) Sectorización y calendarización de rutas de recolección.**

Se realizó un conteo de lotes (en el plano catastral de Ilobasco) de manera de agrupar manzanas contiguas que aproximadamente contengan el número de lotes a servir, y dividir Ilobasco en zonas o sectores de trabajo, que pueda desarrollar cada vehículo recolector.

d) Trazado de rutas.

En cada sector o zona de trabajo, se trazaron 2 rutas, utilizando observaciones de campo tales como topografía de la ciudad (semplana) y estado de calles (pavimentadas, empedradas, adoquinadas y de tierra), auxiliándose además de los criterios establecidos en la sección 4.5.4.5 y midiendo sobre el plano catastral las distancias totales de recolección y no recolección ( con el auxilio de un curvómetro).

e) Evaluación de la mejor alternativa.

En base a los datos anteriores y conocidas las velocidades, se evaluó la mejor alternativa utilizando los criterios de menores distancias y tiempos utilizados para el desarrollo de la operación de recolección de desechos sólidos.

## 4.5.5 RESULTADOS OBTENIDOS

### 4.5.5.1 INFORMACION BASICA:

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| a) <i>Tiempo de descarga camión "A"</i>                       | : 15 min.                            |
| b) <i>Tiempo de descarga camión "B"</i>                       | : 75 min.                            |
| c) <i>Tiempo de carga de desechos sólidos del mercado</i>     | : 45 min.                            |
| d) <i>Velocidad promedio de recolección</i>                   | : 1.6 Km/h. ( 26.67 m/min)           |
| e) <i>Velocidad promedio en actividades de no recolección</i> | : 10 Km/h. (166.67 m/min)            |
| f) <i>Velocidad promedio de transporte</i>                    | : 20 Km/h. ( 333.33 m/min)           |
| g) <i>Volúmen del vehículo "A"</i>                            | : 5.1 M <sup>3</sup> .               |
| h) <i>Volúmen del vehículo "B"</i>                            | : 10.8M <sup>3</sup> .               |
| <i>Número de integrantes de cuadrilla de recolección</i>      | : 4 ( 3 recolectores y 1 motorista). |
| i) <i>Tasa de producción de desechos sólidos</i>              | : 0.63 Kg/hab/día.                   |
| j) <i>Número de habitantes por lote</i>                       | : 5.2 Hab/lote.                      |
| k) <i>Peso volumétrico promedio de los desechos sólidos</i>   | : 258 Kg/M <sup>3</sup> .            |
| l) <i>Frecuencia de recolección</i>                           | : 2 serv/ sem.                       |

Nota: Se denomina camión "A" al camión de *mecanismo de volteo*, y "B" al camión de *caja abierta*.

#### 4.5.5.2 NUMERO DE LOTES A SERVIR POR CADA VEHICULO RECOLECTOR:

Se estima un volúmen efectivo de 90% del volúmen total de cada vehículo recolector y se calculó así:

$$V_{\text{RECOLECCION}} = 0.90 \times V_{\text{TOTAL}}$$

Vehículo "A"	Vehículo "B"
$V_{\text{RECOLECCION}} = 0.90 \times 10.8 \text{ M}^3$	$V_{\text{RECOLECCION}} = 0.90 \times 5.1 \text{ M}^3$
$V_{\text{RECOLECCION}} = 9.72 \text{ M}^3$	$V_{\text{RECOLECCION}} = 4.59 \text{ M}^3$

Con el volúmen útil y el peso volumétrico promedio de desechos sólidos se estima la cantidad (en peso) de desechos que pueden recolectar cada vehículo, así:

$\text{Peso (Kg)} = \text{Volúmen útil (M}^3) \times \text{Peso volumétrico de desechos sólidos (Kg/M}^3\text{)}$ .

Por tanto la capacidad en peso de desechos que cada vehículo recolector puede recibir es:

Vehículo "A "	Vehículo " B "
$\text{Peso} = 9.72 \text{ M}^3 \times 258 \text{ Kg/M}^3$	$\text{Peso} = 4.59 \text{ M}^3 \times 258 \text{ Kg/M}^3$
$\text{Peso} = 2,507.76 \text{ Kg}$	$\text{Peso} = 1,184.22 \text{ Kg}$
$\text{Peso} = 2,508 \text{ Kg}$	$\text{Peso} = 1,184 \text{ Kg}$

Estimando una cobertura del 80% y utilizando la fórmula 4.5.4 , El peso de desechos sólidos a recolectar puede encontrarse de la siguiente manera:

$$P_{\text{DL}} = (7 \times \text{NH}_L \times \text{TDS} \times \text{Cob}) / F_R$$

Donde:

- $P_{DL}$  : Peso de desechos sólidos a recolectar por lote (Kg).  
 7 : Días de la semana.  
 $NH_L$  : Promedio de habitantes por lote (Hab/lote).  
 $TDS$  : Tasa de producción de desechos sólidos de la población (Kg/hab/día).  
 $Cob$  : Cobertura del servicio de aseo (en decimales).  
 $F_R$  : Frecuencia de recolección (serv/sem).

De la información básica se tiene que:

$$NH_L = 5.2 \text{ Hab/lote}$$

$$TDS = 0.63 \text{ Kg/hab/día}$$

$$F_R = 2 \text{ serv/sem}$$

$$Cob = 0.80 \text{ (80\%)}$$

Por lo tanto:

$$P_{DL} = (7 \times 5.2 \times 0.63 \times 0.80) / 2$$

$$P_{DL} = 9.2 \text{ Kg por lote.}$$

De lo anterior, el número de lotes a servir por cada vehículo recolector se determina así:

$$n_L = P_C / P_{DL}$$

Donde:

$n_L$  : Número de lotes a servir.

$P_C$  : Peso promedio a recibir por camión (Kg).

$P_{DL}$  : Peso de desechos sólidos a recolectar por lote (Kg).

Por tanto:

Vehículo "A"	Vehículo "B"
$n_L = 2,508 / 9.2$ $n_L = 273 \text{ lotes.}$	$n_L = 1,184 / 9.2$ $n_L = 129 \text{ lotes.}$

#### 4.5.5.3 SECTORIZACION Y CALENDARIZACION DE RUTAS DE RECOLECCION:

En base a un conteo de lotes (en plano catastral de Ilobasco) agrupando zonas que aproximadamente contengan el número de lotes a servir por cada vehículo recolector, se obtienen 9 zonas (ver plano 4.5.1), cuya calendarización se propone en la tabla 4.5.2 en las que se indica la zona o sector a servir por cada vehículo recolector (1,2,3, . . . , 9 y el mercado) ,durante 6 días laborales (de lunes a sábado), de la siguiente manera:

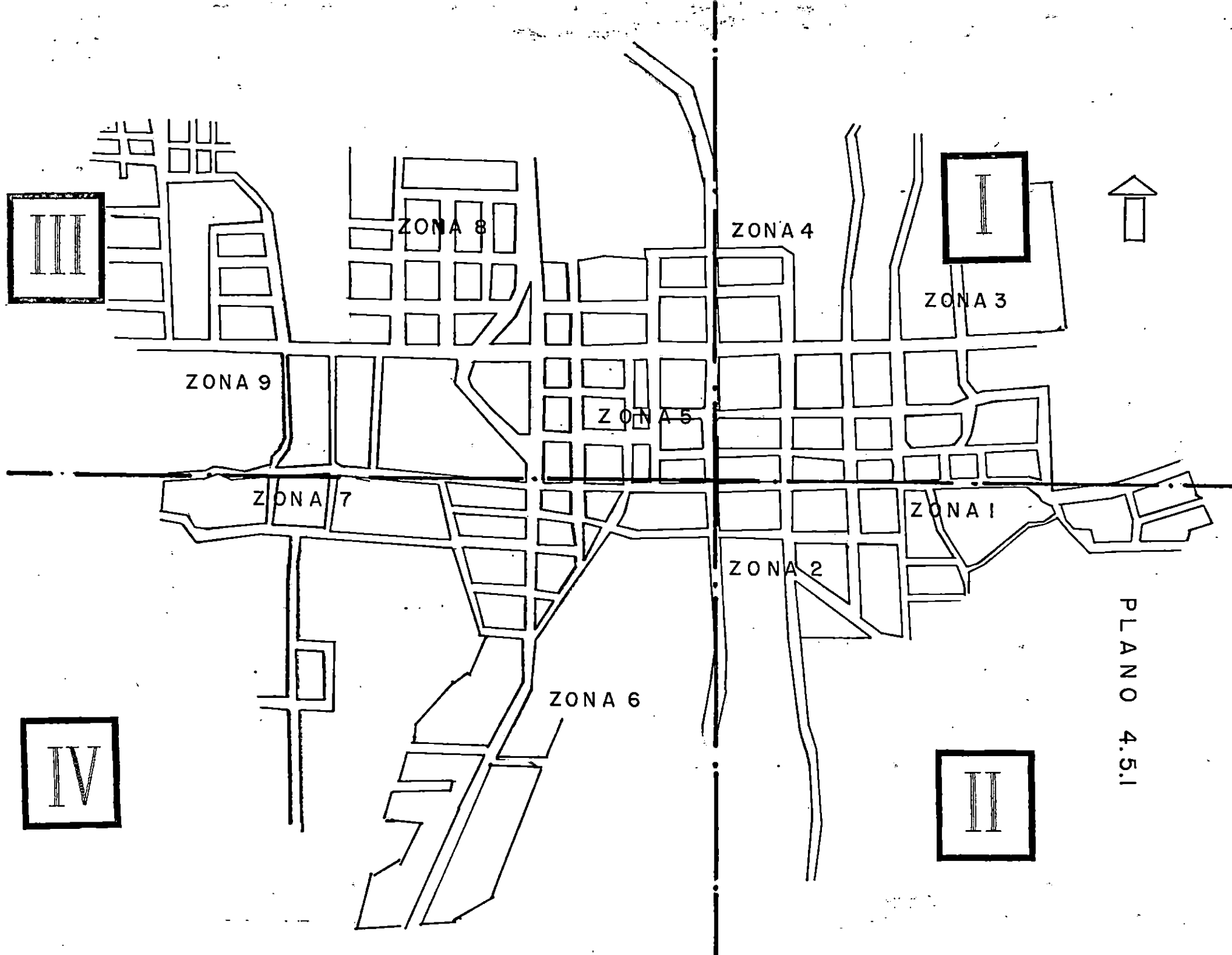
Vehículo	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sáb
A	1	3	5	1	3	5
A	2	4	6	2	4	6
B	7	8	9	7	8	9
B	7	8	9	7	8	9
B	M E R C A D O					
B	M E R C A D O					

TABLA 4.5.2 : Zonas a servir por cada vehículo recolector con una frecuencia de recolección de 2 serv/sem y 6 días laborales.

#### 4.5.6.4 TRAZADO DE RUTAS:

Tomando en cuenta que la topografía de la ciudad de Ilobasco es semiplana, y que la mayor parte de sus calles se encuentran empedradas, adoquinadas y pavimentadas. Se trazaron 2 rutas alternativas por zona, utilizando criterios establecidos en la sección 4.5.4.5. por lo que dichas rutas pueden observarse de los planos 4.5.2 al 4.5.19.





III

I

IV

II

ZONA 8

ZONA 4

ZONA 3

ZONA 9

ZONA 5

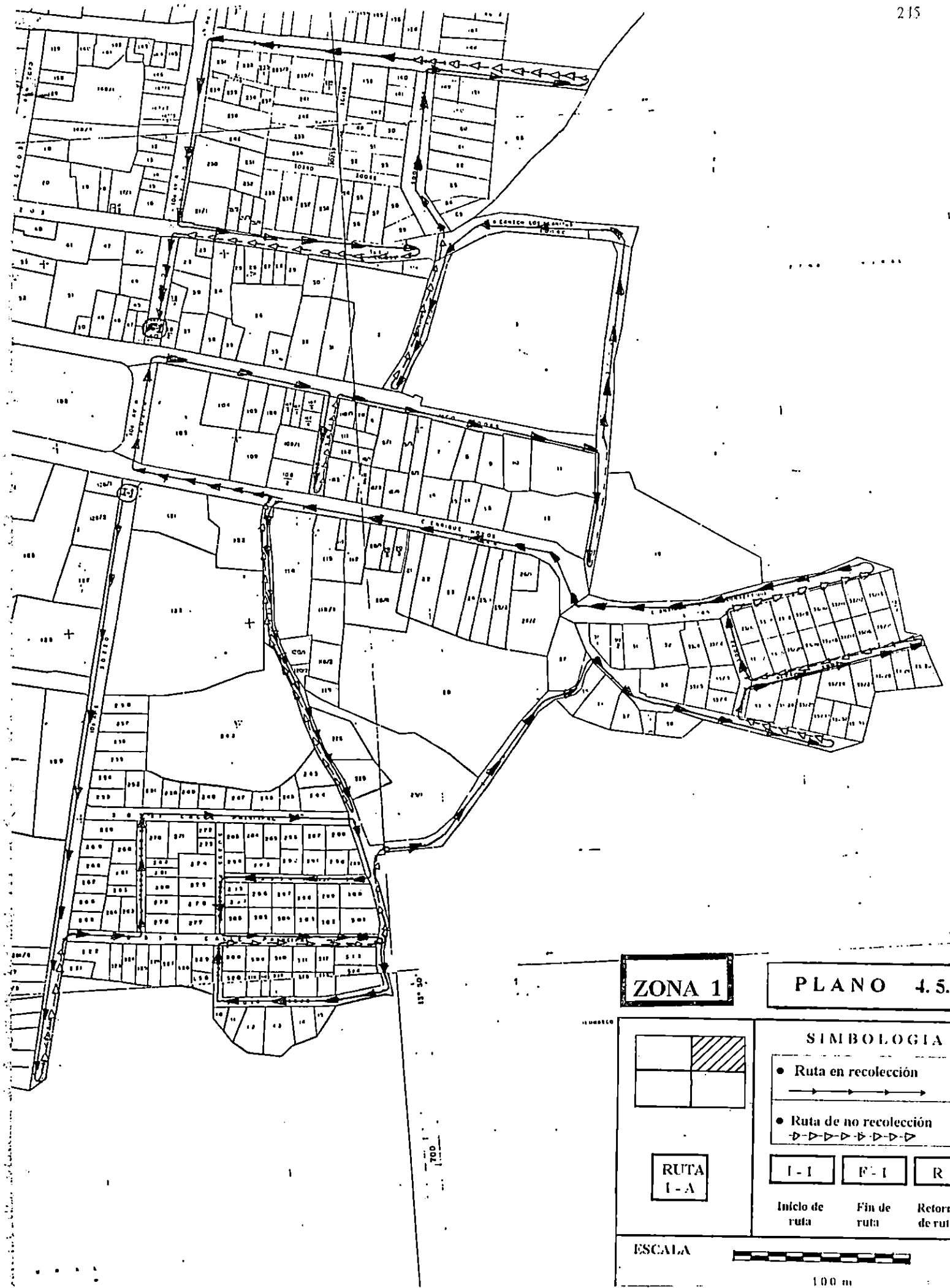
ZONA 7

ZONA 1

ZONA 2

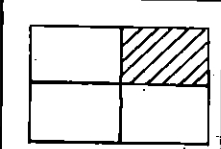
ZONA 6

PLANO 4.5.1



**ZONA 1**

**PLANO 4.5.2**



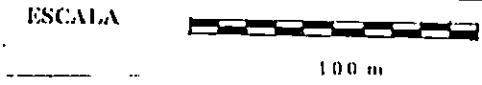
RUTA  
I-A

**SIMBOLOGIA**

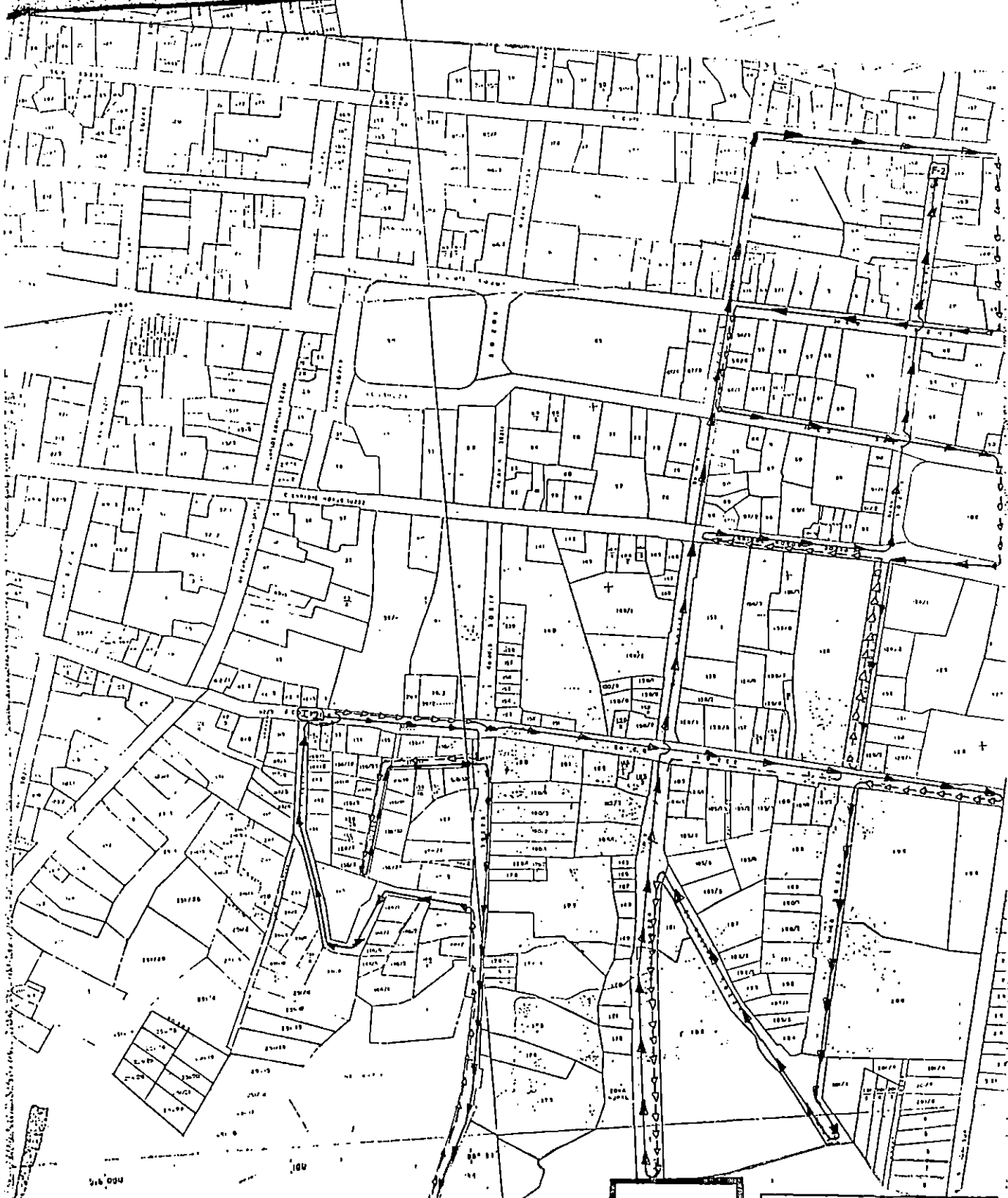
- Ruta en recolección  
→ → → → →
- Ruta de no recolección  
- - - - -

I - I    F - I    R

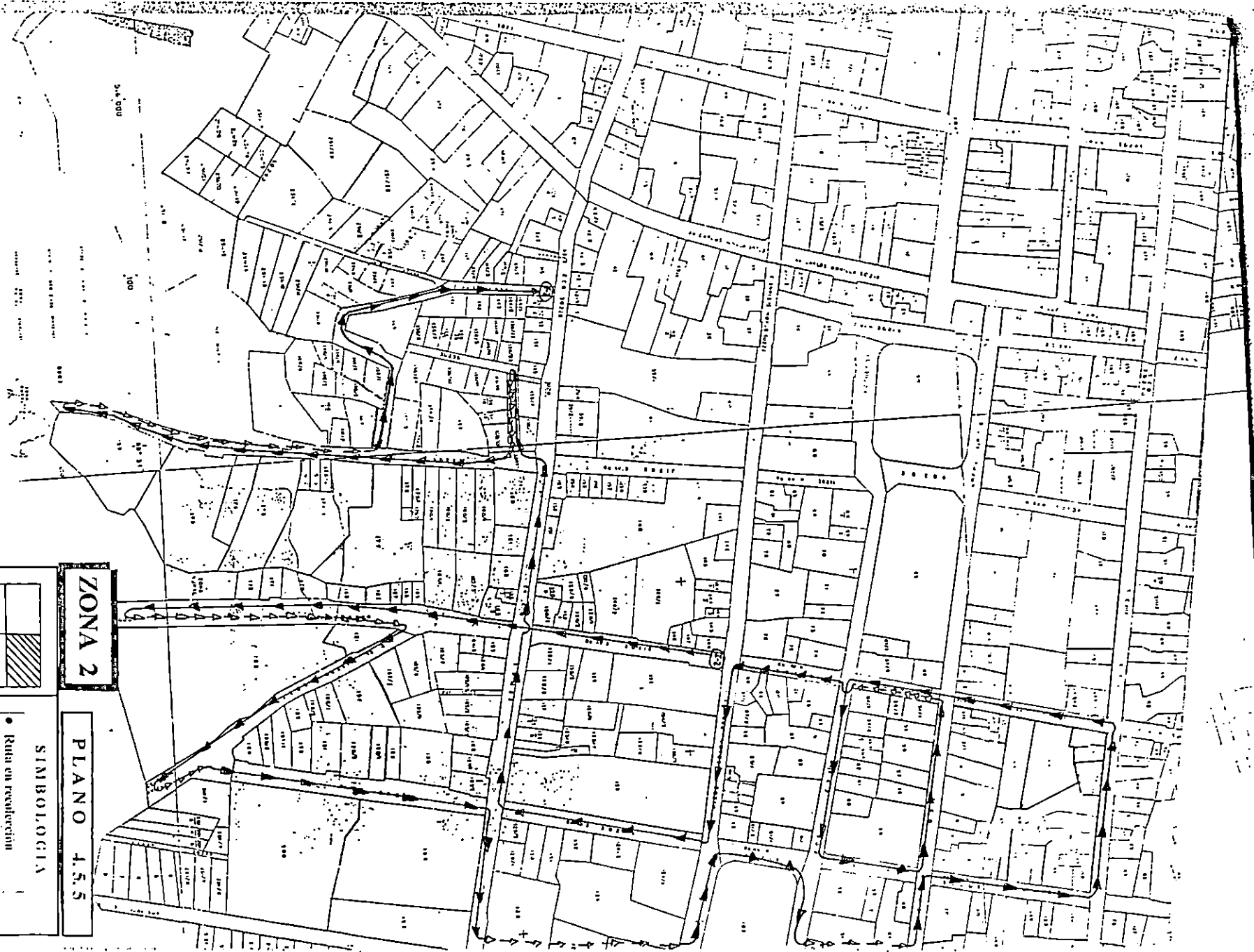
Início de ruta    Fin de ruta    Retorno de ruta







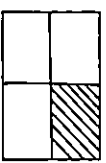
<b>ZONA 2</b>		<b>PLANO 4.5.4</b>	
<b>SIMBOLOGIA</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ruta en recolección</li> <li>○ Ruta de no recolección</li> </ul>			
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> </div>		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1-2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">F-2</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">R</div> </div>	
		Inicio de ruta	Fin de ruta
		Retorno de ruta	
<b>ESCALA</b>			
100 m			



**ZONA 2**

**PLANO 4.5.5**

**SIMBOLOGIA**



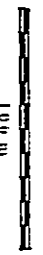
- Ruta en recuclion
- Ruta de no recuclion

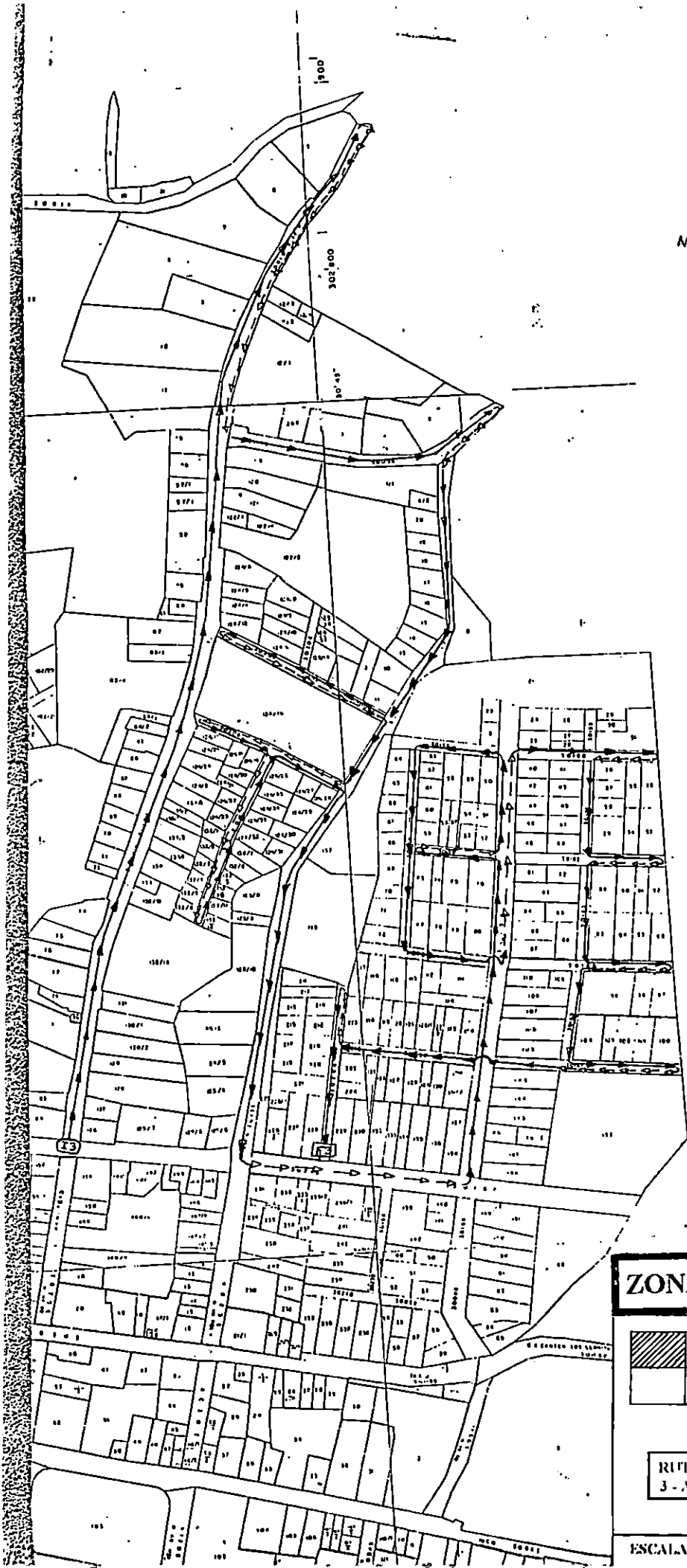
1-2	F-2	R
-----	-----	---

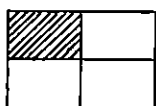

Inicio de ruta	Fin de ruta	Retorno de ruta
----------------	-------------	-----------------

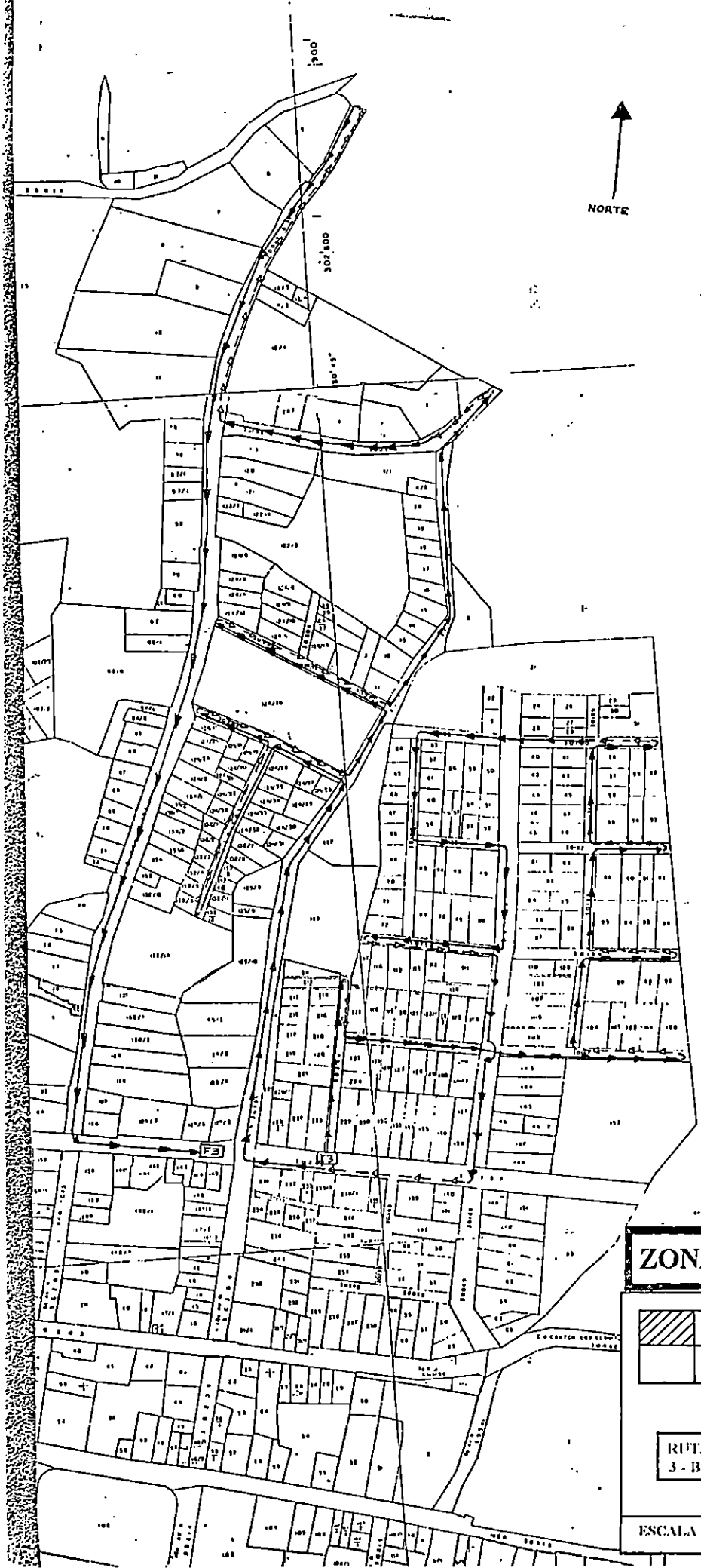
RUTA 2-B

ESCALA



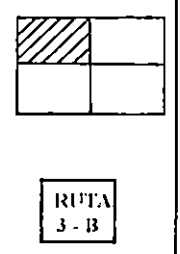


<b>ZONA 3</b>		<b>PLANO 4.5.6</b>	
<b>SIMBOLOGIA</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ruta en recolección</li> <li>→ Ruta de no recolección</li> <li>▷▷▷▷▷▷▷▷▷▷</li> </ul>			
 <b>RUTA</b> <b>3-A</b>	<b>I-J</b>	<b>F-J</b>	<b>R</b>
Inicio de ruta	Fin de ruta	Retorno de ruta	
<b>ESCALA</b>			



### ZONA 3

### PLANO 4.5.7

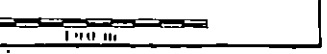


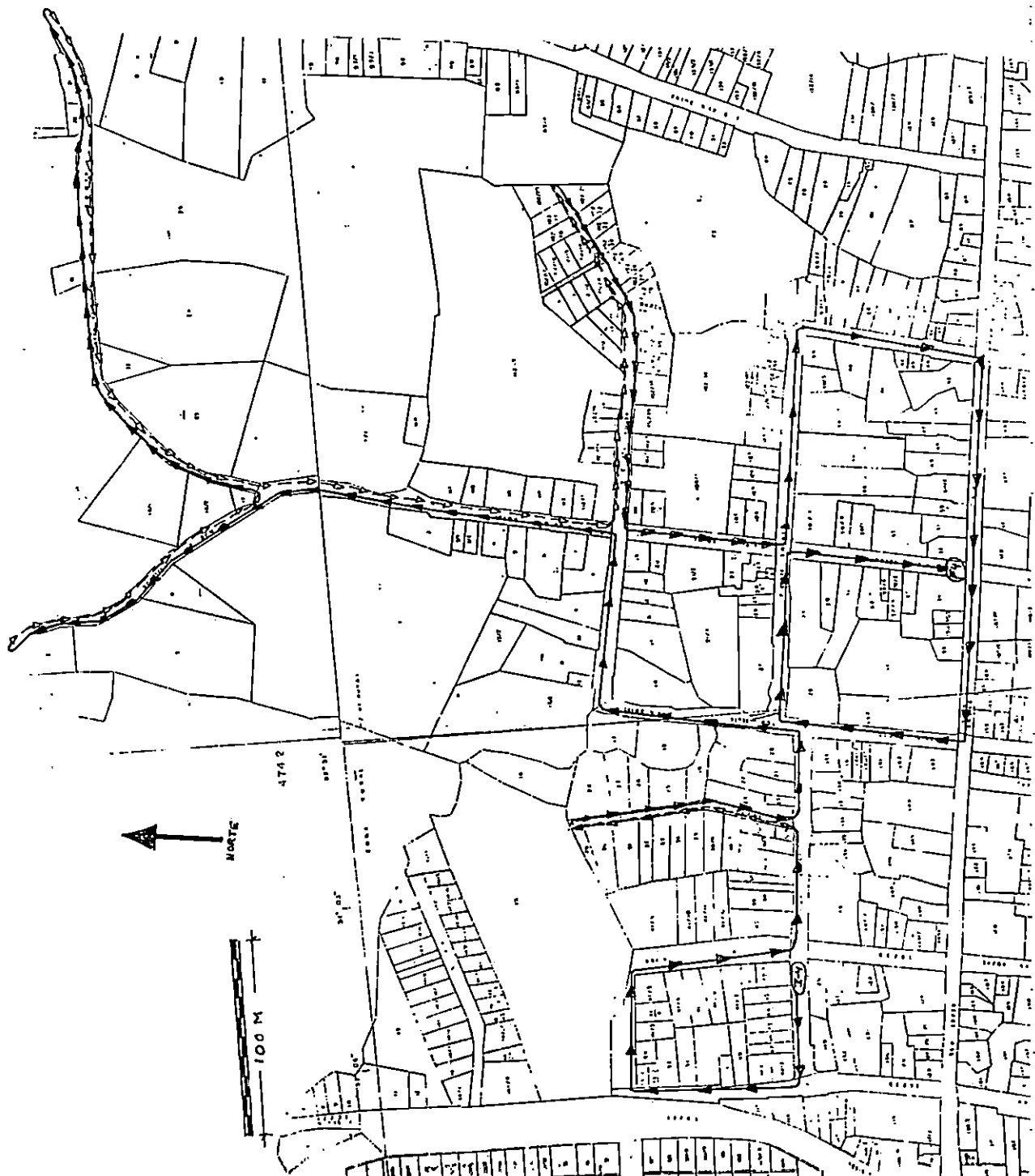
**SIMBOLOGIA**

- Ruta en recolección
- Ruta de no recolección
- ▶▶▶▶▶▶▶▶▶▶

1-3	F-3	R
Inicio de ruta	Fin de ruta	Retorno de ruta

ESCALA





**PLANO 4.5.8**      **ZONA 4**

**SIMBOLOGIA**

- Ruta en recolección
- Ruta de no recolección

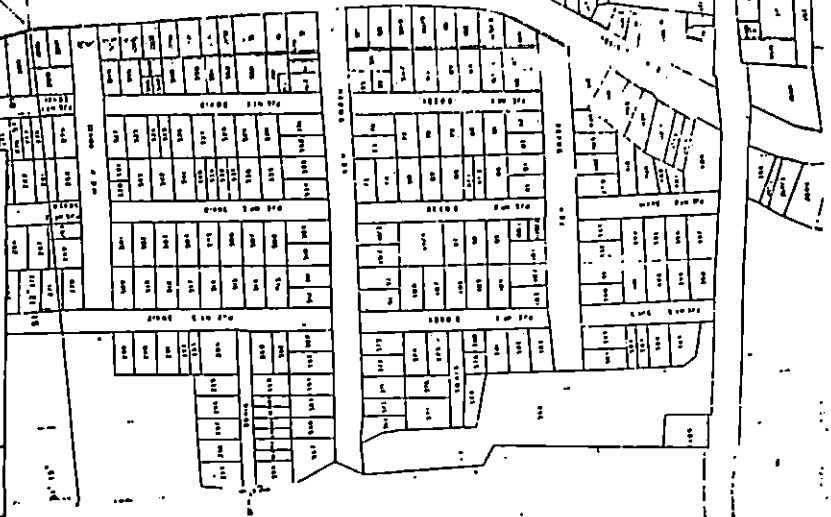
I-4    F-4    R

Inicio de ruta    Fin de ruta    Retorno de ruta

**ESCALA**

100 m

**RUTA 4-A**







**PLANO 4.5.9**      **ZONA 4**

**SIMBOLOGIA**

- Ruta en recolección
- Ruta de no recolección

**RUTA 4-B**

I-4      F-4      R

Inicio de ruta      Fin de ruta      Retorno de ruta

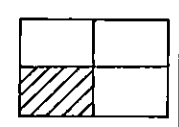
**ESCALA**

100 m.



**ZONA 5**

**PLANO 4.5.10**



RUTA  
5-A

**SIMBOLOGIA**

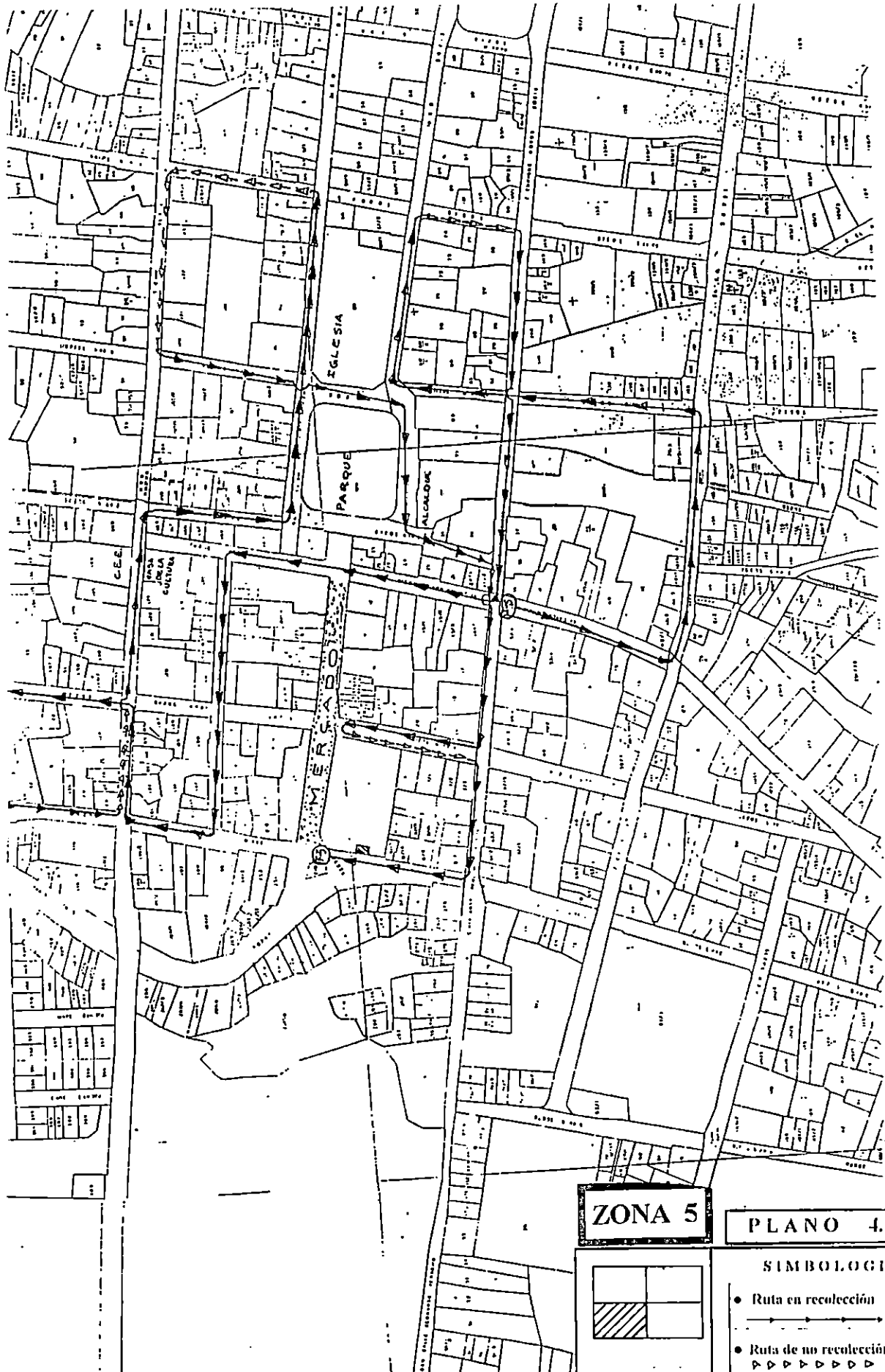
- Ruta en recolección
- Ruta de no recolección
- ▷▷▷▷▷▷▷▷▷▷

I-5      F-5      R

Inicio de ruta      Fin de ruta      Retorno de ruta

**ESCALA**





**ZONA 5**

**PLANO 4.5.11**

**RUTA 5-B**

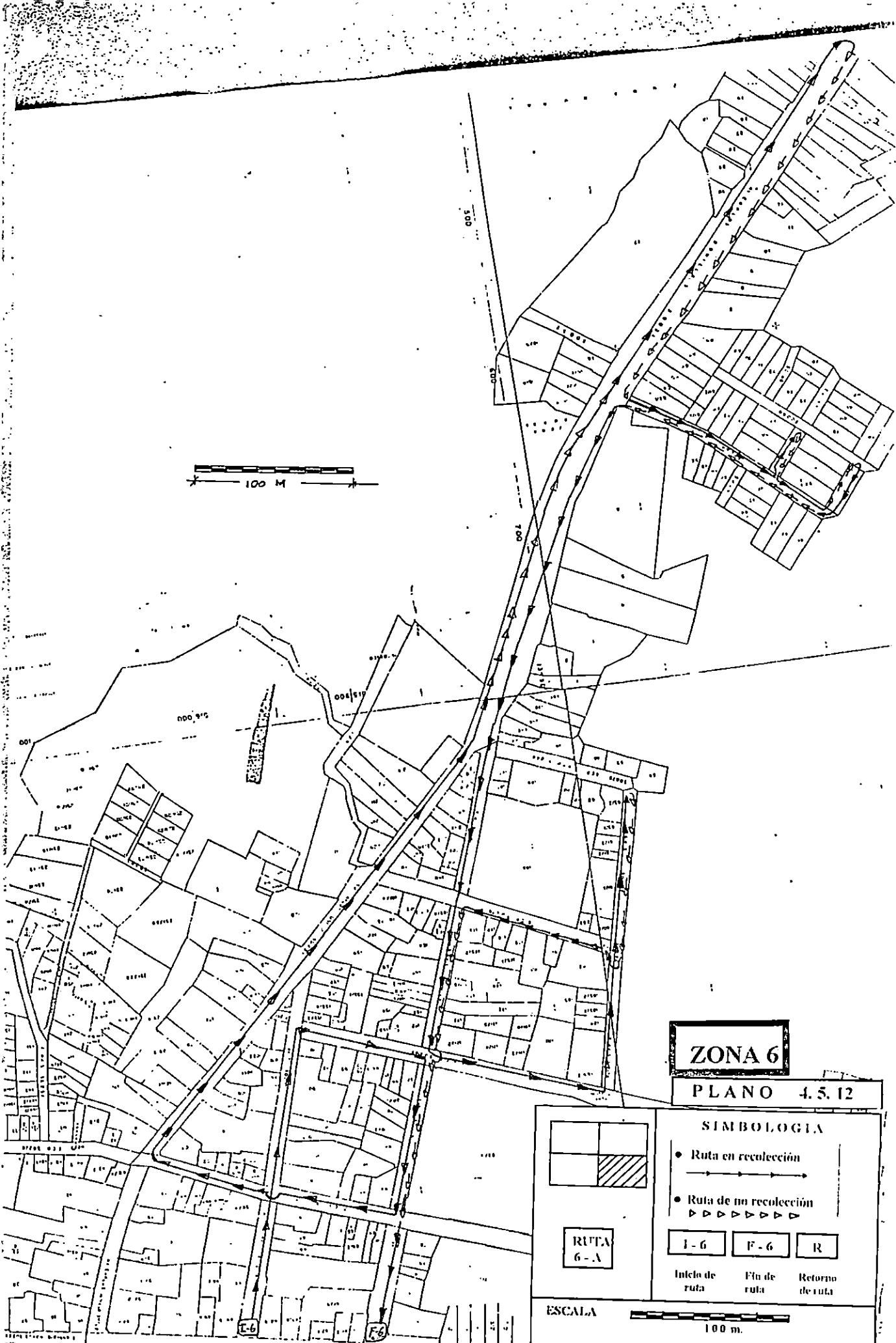
**SIMBOLOGIA**

- Ruta en recolección
- Ruta de no recolección
- ▷▷▷▷▷▷▷▷

1-5	F-5	R
Inicio de ruta	Fin de ruta	Retorno de ruta

**ESCALA**

100 m

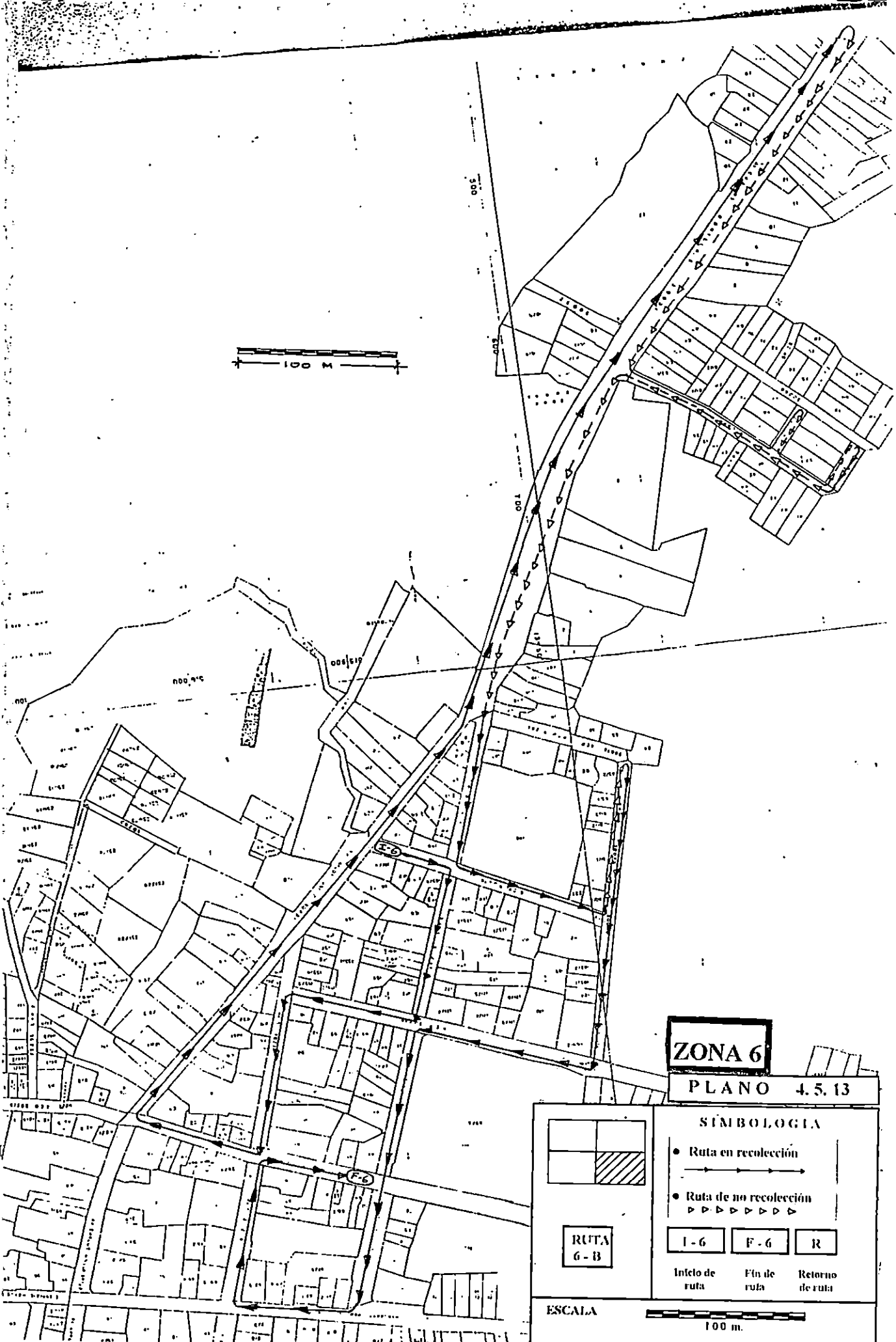


100 M

**ZONA 6**

**PLANO 4.5.12**

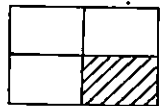
<p><b>SIMBOLOGIA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ruta en recolección</li> <li>→ Ruta de no recolección</li> </ul>			
<p><b>RUTA 6-A</b></p>	<p>I-6</p> <p>Inicio de ruta</p>	<p>F-6</p> <p>Fin de ruta</p>	<p>R</p> <p>Retorno de ruta</p>
<p><b>ESCALA</b></p> <p>100 m.</p>			



100 M

**ZONA 6**

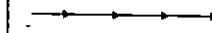
**PLANO 4.5.13**



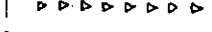
**RUTA  
G - B**

**SÍMBOLOGIA**

● Ruta en recolección



● Ruta de no recolección



**I - 6**

**F - 6**

**R**

Info de  
ruta

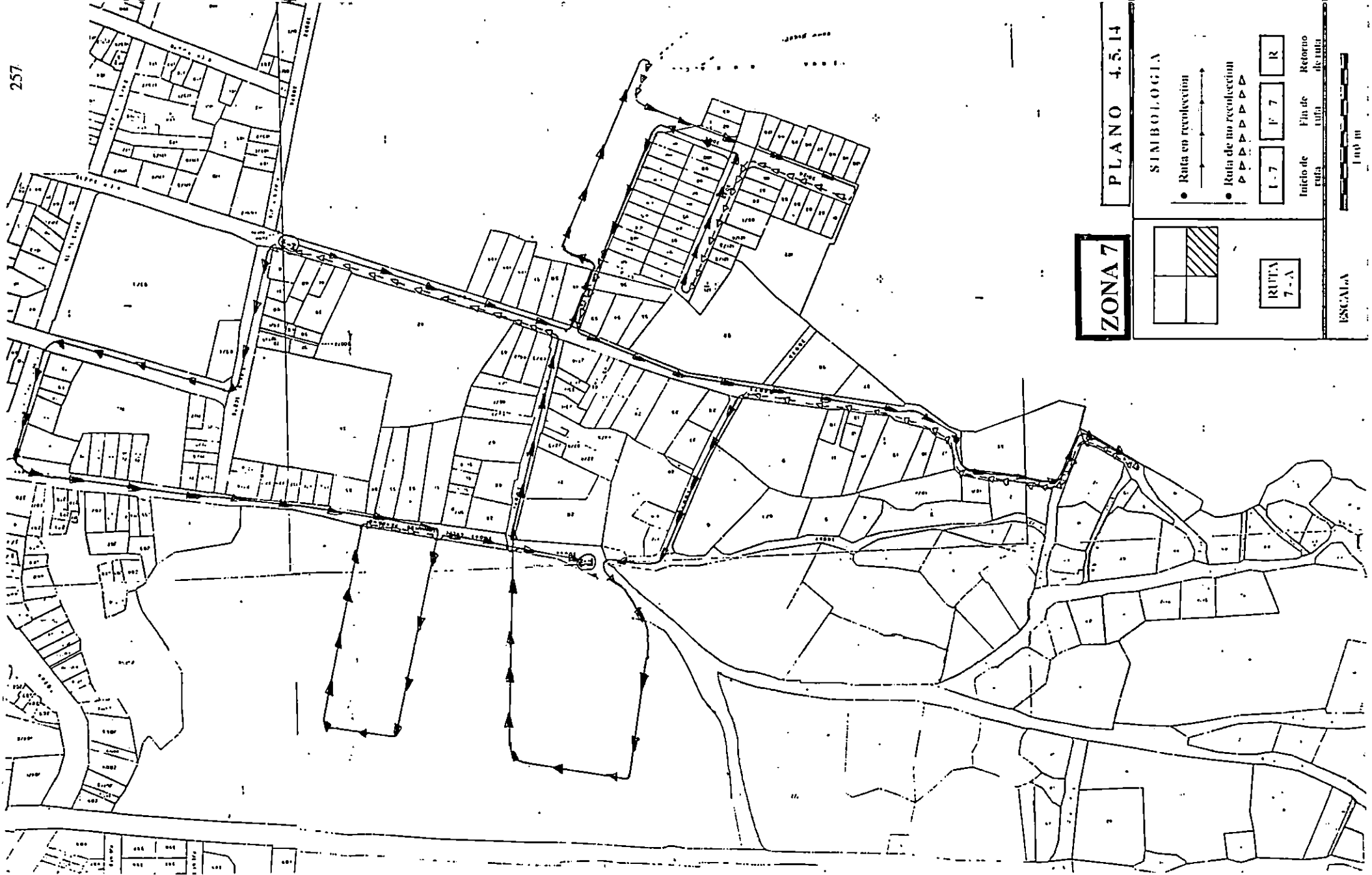
Fin de  
ruta

Retorno  
de ruta

**ESCALA**

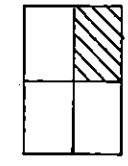


100 m.



**ZONA 7**

**PLANO 4.5.14**



RUTA  
7-A

**SIMBOLOGIA**

● Ruta en recolección

● Ruta de no recolección

I-7

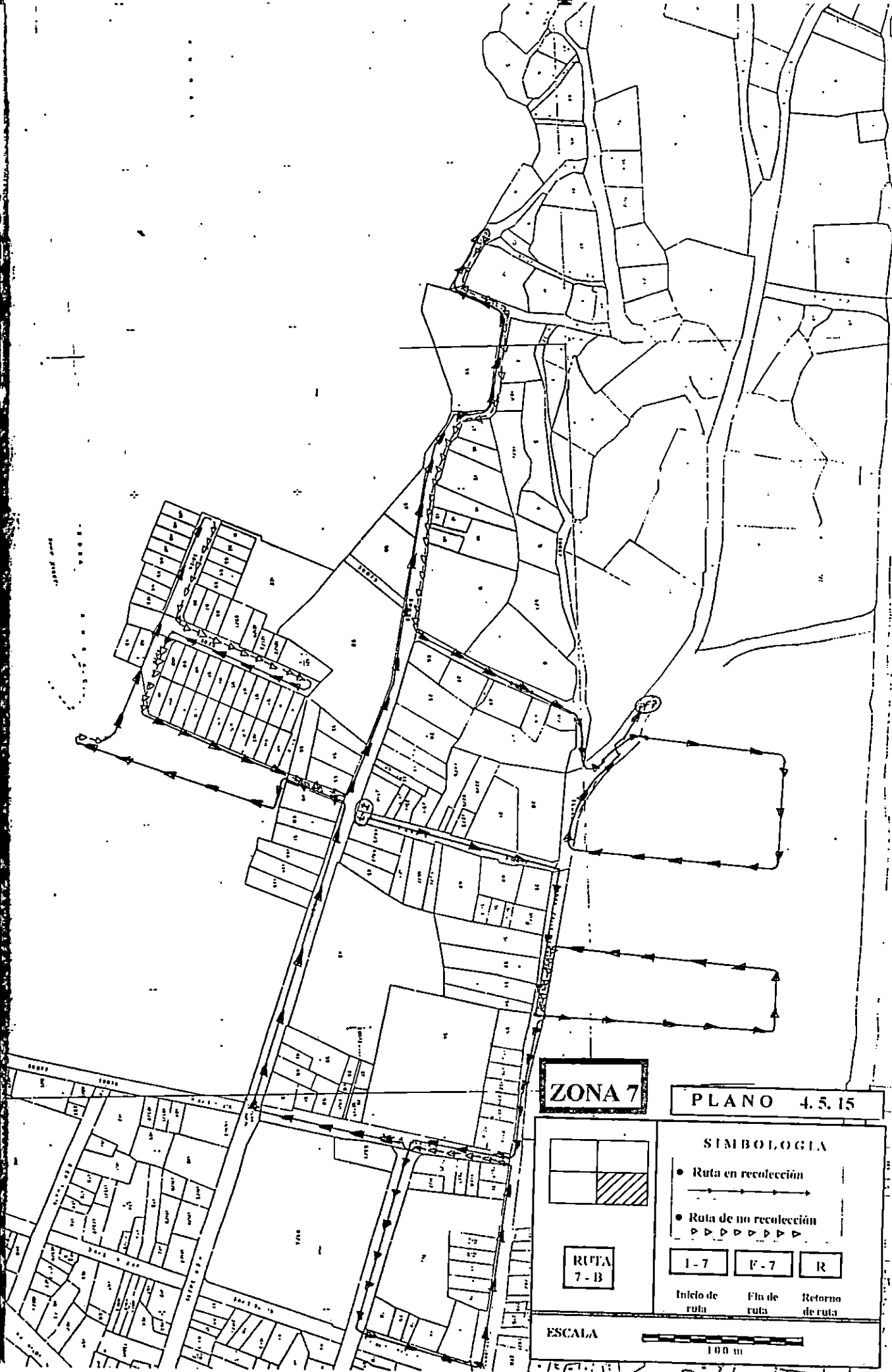
F-7

R

Inicio de ruta    Fin de ruta    Retorno de ruta

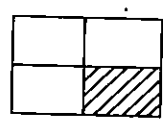
ESCALA

1 cm = 100 m



**ZONA 7**

**PLANO 4.5.15**



**RUTA 7-B**

**SIMBOLOGIA**

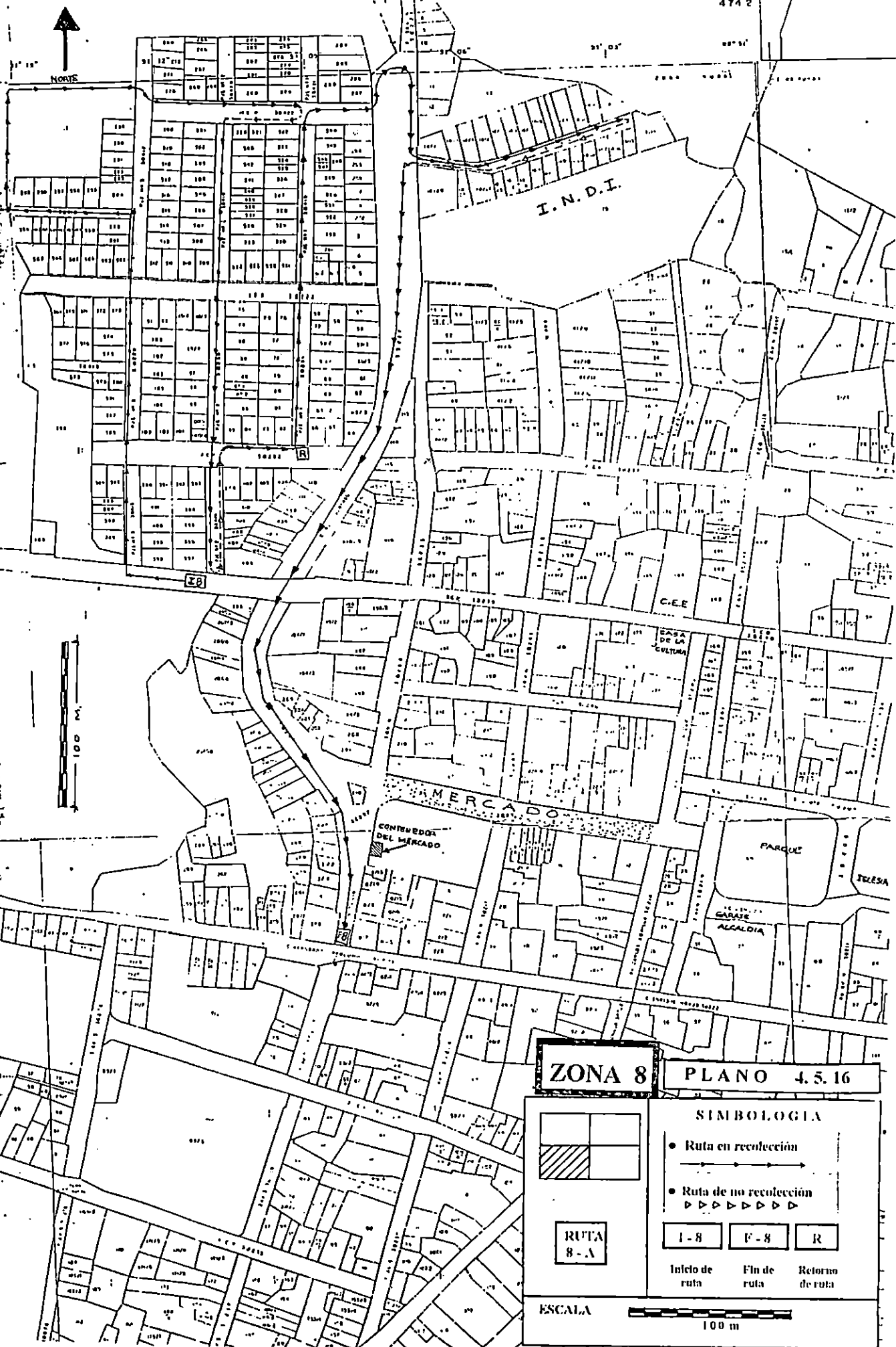
- Ruta en recolección
- Ruta de no recolección

1-7	F-7	R
-----	-----	---

Inicio de ruta	Fin de ruta	Retorno de ruta
----------------	-------------	-----------------

**ESCALA**





### ZONA 8

### PLANO 4.5.16

#### SIMBOLOGIA

- Ruta en recolección

- Ruta de no recolección

- ▷▷▷▷▷▷▷▷▷▷

I-8

F-8

R

Inicio de ruta

Fin de ruta

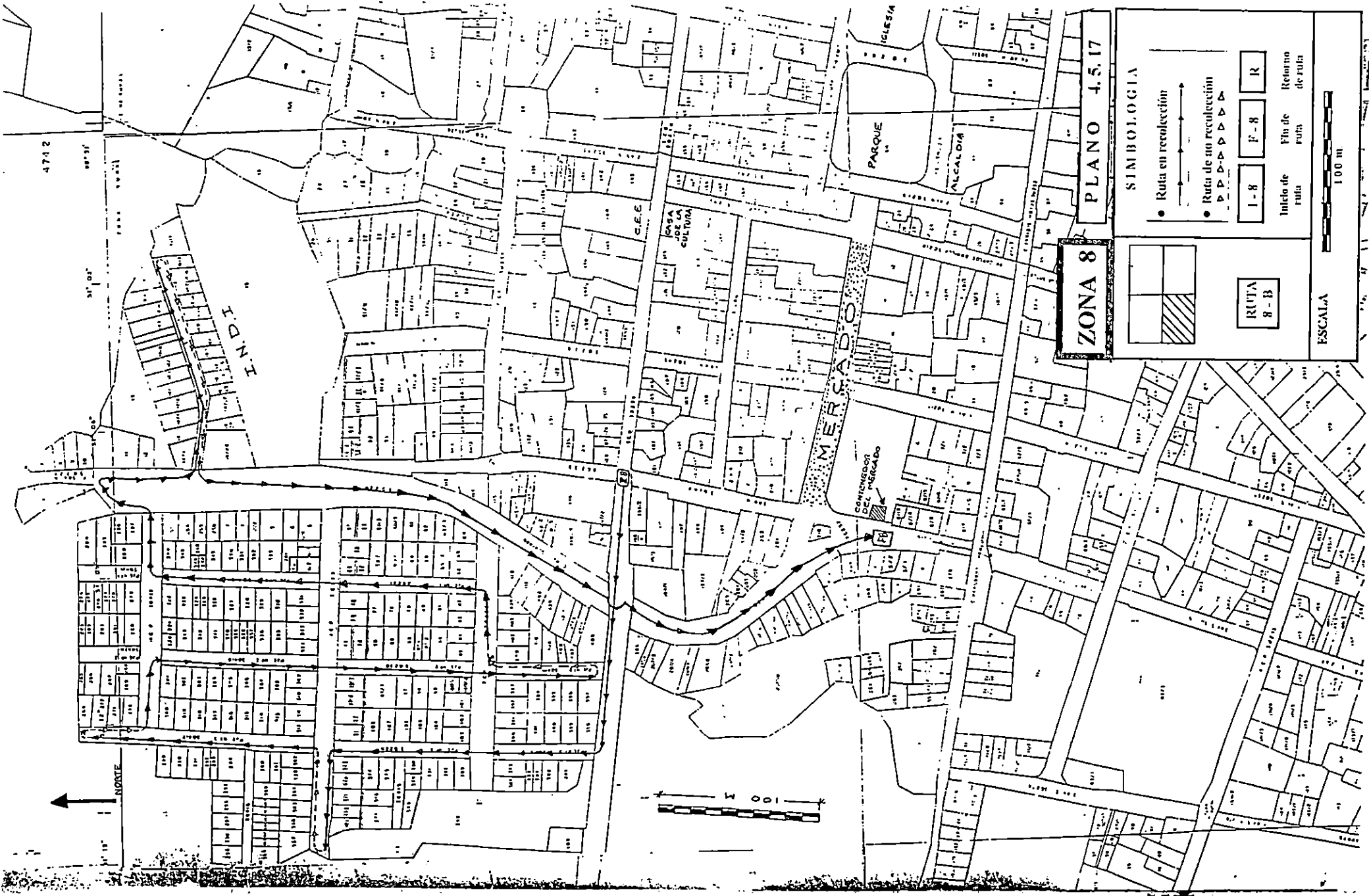
Retorno de ruta

RUTA 8-A

#### ESCALA







4742

31° 03'

1000' 00"

RIVERA

8

100 m

NORTE

PLANO 4.5.17

ZONA 8

SIMBOLOGIA

● Ruta en recolección

● Ruta de no recolección

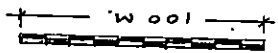
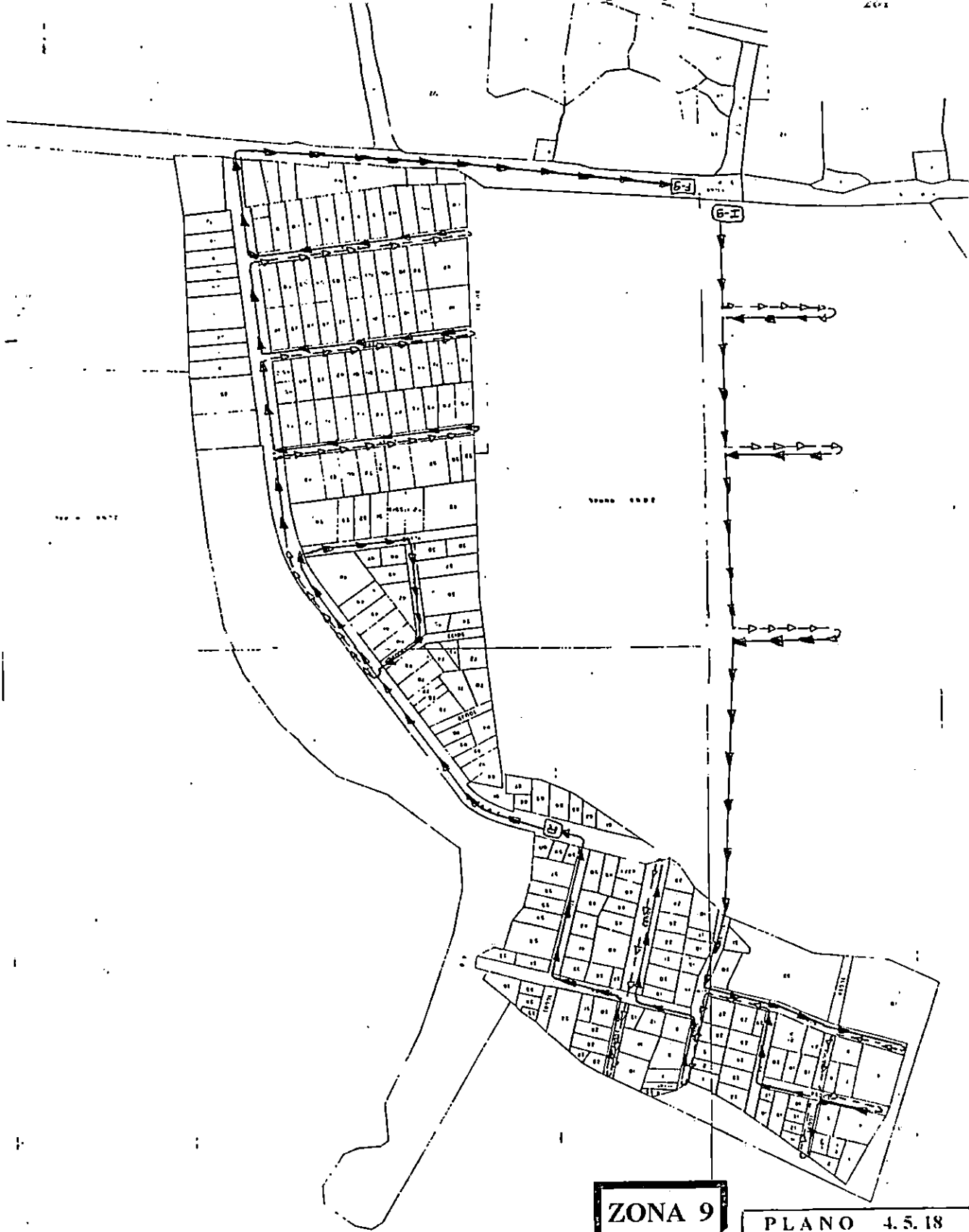
1-8 F-8 R

Inicio de ruta Fin de ruta Retorno de ruta

RUTA 8-B

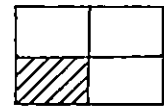
ESCALA

100 m



**ZONA 9**

**PLANO 4.5.18**



RUTA  
9-A

**SIMBOLOGIA**

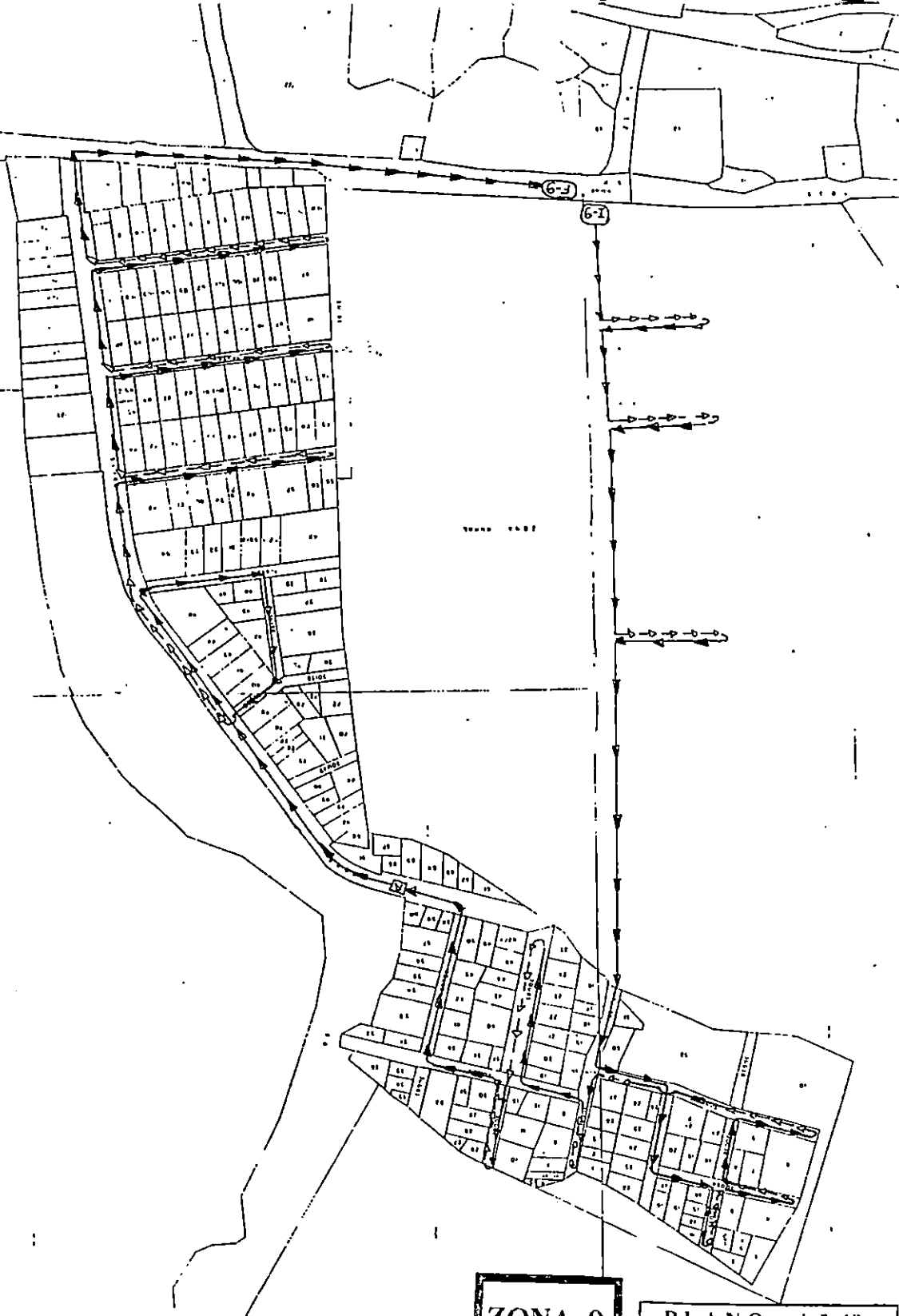
- Ruta en recolección
- ▶▶▶▶▶ Ruta de no recolección


I-9    F-9    R

Inicio de ruta    Fin de ruta    Retorno de ruta

**ESCALA**





<b>ZONA 9</b>		<b>PLANO 4.5.19</b>		
 <b>RUTA 9-B</b>	<b>SIMBOLOGIA</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ruta en recolección</li> <li>→ Ruta de no recolección</li> </ul>			
1-9	F-9	R		
Inicio de ruta	Fin de ruta	Retorno de ruta		
<b>ESCALA</b>				
100 m.				

#### 4.5.6.5 EVALUACION DE LA MEJOR ALTERNATIVA:

En base al sistema de rutas trazadas por cada alternativa se obtienen los siguientes datos:

#### ALTERNATIVA "A"

##### • VEHICULO "A"

DIAS	ZONA	D <sub>R</sub> (M)	D <sub>NR</sub> (M)	D <sub>T</sub> (M)	Total (M)
LUN Y JUE	1	3,300	1,240	4,010	8,550
	2	3,040	1,060	3,850	7,950
MAR Y VIE	3	2,520	880	4,130	7,530
	4	2,560	1,100	3,910	7,570
MIE Y SAB	5	2,060	880	2,970	5,910
	6	2,100	900	3,070	6,070

TABLA 4.5.3: Distancias de recolección (D<sub>R</sub>), de no recolección (D<sub>NR</sub>) y de transporte (D<sub>T</sub>) en metros.

Σ

43,580

##### • VEHICULO "B"

DIAS	ZONA	D <sub>R</sub> (M)	D <sub>NR</sub> (M)	D <sub>T</sub> (M)	Total (M)
LUN Y JUE	7	2,880	720	4,870	8,470
	MERCADO	-----	-----	5,770	5,770
MAR Y VIE	8	2,020	100	6,810	8,930
	MERCADO	-----	-----	5,770	5,770
MIE Y SAB	9	2,540	880	6,310	9,730
	MERCADO	-----	-----	5,770	5,770

TABLA 4.5.4: Distancias de recolección (D<sub>R</sub>), de no recolección (D<sub>NR</sub>) y de transporte (D<sub>T</sub>) en metros.

Σ

44,440

## ALTERNATIVA " B "

## • VEHICULO "A"

DIAS	ZONA	D <sub>R</sub> (M)	D <sub>NR</sub> (M)	D <sub>T</sub> (M)	Total (M)
LUN Y JUE	1	3,300	960	3,950	8,210
	2	2,800	580	3,390	6,770
MAR Y VIE	3	2,660	820	4,250	7,730
	4	2,440	1,120	3,490	7,050
MIE Y SAB	5	2,380	520	3,050	5,950
	6	2,240	680	3,370	6,290

TABLA 4.5.5: Distancias de recolección (D<sub>R</sub>), de no recolección (D<sub>NR</sub>) y de transporte (D<sub>T</sub>) en metros.

Σ

42,000

## • VEHICULO "B"

DIAS	ZONA	D <sub>R</sub> (M)	D <sub>NR</sub> (M)	D <sub>T</sub> (M)	Total (M)
LUN Y JUE	7	2,520	680	5,790	9,290
	MERCADO	-----	-----	5,770	5,770
MAR Y VIE	8	1,780	360	6,710	8,850
	MERCADO	-----	-----	5,770	5,770
MIE Y SAB	9	2,520	820	6,170	9,510
	MERCADO	-----	-----	5,770	5,770

TABLA 4.5.6: Distancias de recolección (D<sub>R</sub>), de no recolección (D<sub>NR</sub>) y de transporte (D<sub>T</sub>) en metros.

Σ

44,960

Para estimar el tiempo de recolección de los sistemas propuestos “A” y “B”, puede utilizarse la ecuación 4.5.11 que se presenta a continuación:

$$T_N = (D_{RE}/V_R) + (D_{NR}/V_{NR}) + (D_T/V_T) + T1 + T4 + T5 + T7$$

Donde:

- $D_{RE}$  : Distancia total de recolección efectiva ( m).
- $V_R$  : Velocidad promedio de recolección (m/ min).
- $D_{NR}$  : Distancia total de no recolección (m).
- $V_{NR}$  : Velocidad promedio de no recolección (m / min).
- $D_T$  : Distancia total de transporte de desechos (m).
- $V_T$  : Velocidad promedio de transporte de desechos (m/min).
- $T1, T4, T5, T7$  : Tiempos definidos en la TABLA 4.5.1.

Tiempo	ACTIVIDAD	Tiempo asignado (min.)
T1	Chequeo inicial	15 ó según medido.
T2	Viaje Garaje-ruta	Variable.
T3	Viaje ruta- DF	Variable.
T4	Descarga en DF	20 ó según medido.
T5	Almuerzo	45 ó según medido.
T6	Viaje DF- Garaje	Variable.
T7	Limpieza final del equipo	15 ó según medido.
T8	Viaje DF-ruta	Variable.

TABLA 4.5.1: Actividades de no recolección.

Tiempos estimados por sistema de recolección de la alternativa "A".

- Vehículo "A":

*Rutas de zonas 1 y 2 (Lunes y jueves) :*

Datos:

$$D_R = 3,300 + 3,040 = 6,340 \text{ m} ; V_R = 26.67 \text{ m/min.}$$

$$D_{NR} = 1,240 + 1,060 = 2,300 \text{ m} ; V_{NR} = 166.67 \text{ m/min.}$$

$$D_T = 4,010 + 3,850 = 7,860 \text{ m} ; V_T = 333.33 \text{ m/min.}$$

$$T_1 = 10 \text{ min} ; T_4 = 75 \text{ min} ; T_5 = 60 \text{ min} ; T_7 = 15 \text{ min}$$

De lo anterior se tiene que :

$$T_N = (6,340/26.67) + (2,300/166.67) + (7,860/333.33) + 10 + 75 + 60 + 15$$

$$T_N = 435 \text{ min} \equiv 7 \text{ horas } 15 \text{ minutos}$$

*Rutas de zonas 3 y 4 (Martes y viernes) :*

Datos:

$$D_R = 2,520 + 2,560 = 5,080 \text{ m} ; V_R = 26.67 \text{ m/min.}$$

$$D_{NR} = 810 + 1,100 = 1,980 \text{ m} ; V_{NR} = 166.67 \text{ m/min.}$$

$$D_T = 4,130 + 3,910 = 8,040 \text{ m} ; V_T = 333.33 \text{ m/min.}$$

$$T_1 = 10 \text{ min} ; T_4 = 75 \text{ min} ; T_5 = 60 \text{ min} ; T_7 = 15 \text{ min}$$

De lo anterior se tiene que :

$$T_N = (5,080/26.67) + (1,980/166.67) + (8,040/333.33) + 10 + 75 + 60 + 15$$

$$T_N = 386 \text{ min} \equiv 6 \text{ horas } 26 \text{ minutos}$$

**Rutas de zonas 5 y 6 (Miércoles y sábado) :**

Datos:

$$D_R = 2,060 + 2,100 = 4,160 \text{ m} ; V_R = 26.67 \text{ m/min.}$$

$$D_{NR} = 880 + 900 = 1,780 \text{ m} ; V_{NR} = 166.67 \text{ m/min.}$$

$$D_T = 2,970 + 3,070 = 6,040 \text{ m} ; V_T = 333.33 \text{ m/min.}$$

$$T1 = 10 \text{ min} ; T4 = 75 \text{ min} ; T5 = 60 \text{ min} ; T7 = 15 \text{ min}$$

De lo anterior se tiene que :

$$T_N = (4,160/26.67) + (1,780/166.67) + (6,040/333.33) + 10 + 75 + 60 + 15$$

$$T_N = 345 \text{ min} \equiv 5 \text{ horas } 45 \text{ minutos}$$

## • Vehículo "B":

Como puede observarse en las TABLAS 4.5.2 y 4.5.4 , las rutas del vehículo "B" consisten en 4 recolecciones diarias en las zonas 7, 8 y 9 ( 2 en sectores residenciales y 2 en el mercado). Por tanto, debe realizarse una modificación a la ecuación 4.5.11, la cual no incluye el tiempo que tarda el vehículo recolector en cargar los desechos del mercado ( $T_M$ ), dicha fórmula queda así:

$$T_N = (D_{RE}/V_R) + (D_{NR}/V_{NR}) + (D_T/V_T) + T1 + T4 + T5 + T7 + T_M \quad (4.5.12)$$

**Ruta zona 7 (Lunes y jueves):**

Datos:

$$D_R = 2,880 + 0 = 2,880 \text{ m} ; V_R = 26.67 \text{ m/min.}$$

$$D_{NR} = 720 + 0 = 720 \text{ m} ; V_{NR} = 166.67 \text{ m/min.}$$



$$D_T = 4,870 + 5,770 = 10,640 \text{ m} ; V_T = 333.33 \text{ m/min.}$$

$$T1 = 10 \text{ min} ; T4 = 75 \text{ min} ; T5 = 60 \text{ min} ; T7 = 15 \text{ min}$$

$$T_M = 2 ( 45 ) = 90 \text{ min.}$$

De lo anterior se tiene que :

$$T_N = ( 2,880/26.67 ) + ( 720/166.67 ) + ( 10,640/333.33 ) + 10 + 75 + 60 + 15 + 90$$

$$T_N = 394 \text{ min} \equiv 6 \text{ horas } 34 \text{ minutos}$$

*Ruta zona 8 ( Martes y viernes):*

Datos:

$$D_R = 2,020 + 0 = 2,020 \text{ m} ; V_R = 26.67 \text{ m/min.}$$

$$D_{NR} = 100 + 0 = 100 \text{ m} ; V_{NR} = 166.67 \text{ m/min.}$$

$$D_T = 6,810 + 5,770 = 12,580 \text{ m} ; V_T = 333.33 \text{ m/min.}$$

$$T1 = 10 \text{ min} ; T4 = 75 \text{ min} ; T5 = 60 \text{ min} ; T7 = 15 \text{ min}$$

$$T_M = 2 ( 45 ) = 90 \text{ min.}$$

De lo anterior se tiene que :

$$T_N = ( 2,020/26.67 ) + ( 100/166.67 ) + ( 12,580/333.33 ) + 10 + 75 + 60 + 15 + 90$$

$$T_N = 364 \text{ min} \equiv 6 \text{ horas } 4 \text{ minutos}$$

*Ruta zona 9 ( Miércoles y sábado):*

Datos:

$$D_R = 2,540 + 0 = 2,540 \text{ m} ; V_R = 26.67 \text{ m/min.}$$

$$D_{NR} = 880 + 0 = 880 \text{ m} ; V_{NR} = 166.67 \text{ m/min.}$$

$$D_T = 6,310 + 5,770 = 12,080 \text{ m} ; V_T = 333.33 \text{ m/min.}$$

$$T1 = 10 \text{ min} ; T4 = 75 \text{ min} ; T5 = 60 \text{ min} ; T7 = 15 \text{ min}$$

$$T_M = 2 ( 45 ) = 90 \text{ min.}$$

De lo anterior se tiene que :

$$T_N = ( 2,540/26.67 ) + ( 880/166.67 ) + ( 12,080/333.33 ) + 10 + 75 + 60 + 15 + 90$$

$$T_N = 387 \text{ min} \equiv 6 \text{ horas } 27 \text{ minutos}$$

*Tiempos estimados por sistema de recolección de la alternativa "B".*

- Vehículo "A":

*Rutas de zonas 1 y 2 (Lunes y jueves) :*

Datos:

$$D_R = 3,300 + 2,800 = 6,100 \text{ m} ; V_R = 26.67 \text{ m/min.}$$

$$D_{NR} = 960 + 580 = 1,540 \text{ m} ; V_{NR} = 166.67 \text{ m/min.}$$

$$D_T = 3,950 + 3,390 = 7,340 \text{ m} ; V_T = 333.33 \text{ m/min.}$$

$$T1 = 10 \text{ min} ; T4 = 75 \text{ min} ; T5 = 60 \text{ min} ; T7 = 15 \text{ min}$$

De lo anterior se tiene que :

$$T_N = ( 6,100/26.67 ) + ( 1,540/166.67 ) + ( 7,340/333.33 ) + 10 + 75 + 60 + 15$$

$$T_N = 420 \text{ min} \equiv 7 \text{ horas } 0 \text{ minutos}$$

*Rutas de zonas 3 y 4 (Martes y viernes) :*

Datos:

$$D_R = 2,660 + 2,440 = 5,100 \text{ m} ; V_R = 26.67 \text{ m/min.}$$

$$D_{NR} = 820 + 1,120 = 1,940 \text{ m} ; V_{NR} = 166.67 \text{ m/min.}$$

$$D_T = 4,250 + 3,490 = 7,740 \text{ m}; V_T = 333.33 \text{ m/min.}$$

$$T_1 = 10 \text{ min}; T_4 = 75 \text{ min}; T_5 = 60 \text{ min}; T_7 = 15 \text{ min}$$

De lo anterior se tiene que :

$$T_N = (5,100/26.67) + (1,940/166.67) + (7,740/333.33) + 10 + 75 + 60 + 15$$

$$T_N = 386 \text{ min} \equiv 6 \text{ horas } 26 \text{ minutos}$$

*Rutas de zonas 5 y 6 (Miércoles y sábado) :*

Datos:

$$D_R = 2,380 + 2,240 = 4,620 \text{ m}; V_R = 26.67 \text{ m/min.}$$

$$D_{NR} = 520 + 680 = 1,200 \text{ m}; V_{NR} = 166.67 \text{ m/min.}$$

$$D_T = 3,050 + 3,370 = 6,420 \text{ m}; V_T = 333.33 \text{ m/min.}$$

$$T_1 = 10 \text{ min}; T_4 = 75 \text{ min}; T_5 = 60 \text{ min}; T_7 = 15 \text{ min}$$

De lo anterior se tiene que :

$$T_N = (4,620/26.67) + (1,200/166.67) + (6,420/333.33) + 10 + 75 + 60 + 15$$

$$T_N = 360 \text{ min} \equiv 6 \text{ horas } 0 \text{ minutos}$$

- Vehículo "B":

Utilizando la fórmula 4.5.12 se tiene:

$$T_N = (D_{RE}/V_R) + (D_{NR}/V_{NR}) + (D_T/V_T) + T_1 + T_4 + T_5 + T_7 + T_M \quad (4.5.12)$$

*Ruta zona 7 (Lunes y jueves):*

Datos:

$$D_R = 2,820 + 0 = 2,820 \text{ m}; V_R = 26.67 \text{ m/min.}$$

$$D_{NR} = 680 + 0 = 680 \text{ m}; V_{NR} = 166.67 \text{ m/min.}$$

$$D_T = 5,790 + 5,770 = 11,560 \text{ m} ; V_T = 333.33 \text{ m/min.}$$

$$T1 = 10 \text{ min} ; T4 = 75 \text{ min} ; T5 = 60 \text{ min} ; T7 = 15 \text{ min}$$

$$T_M = 2 ( 45 ) = 90 \text{ min.}$$

De lo anterior se tiene que :

$$T_N = ( 2,820/26.67 ) + ( 680/166.67 ) + ( 11,560/333.33 ) + 10 + 75 + 60 + 15 + 90$$

$$T_N = 395 \text{ min} \equiv 6 \text{ horas } 35 \text{ minutos}$$

*Ruta zona 8 ( Martes y viernes):*

Datos:

$$D_R = 1,780 + 0 = 1,780 \text{ m} ; V_R = 26.67 \text{ m/min.}$$

$$D_{NR} = 360 + 0 = 360 \text{ m} ; V_{NR} = 166.67 \text{ m/min.}$$

$$D_T = 6,710 + 5,770 = 12,480 \text{ m} ; V_T = 333.33 \text{ m/min.}$$

$$T1 = 10 \text{ min} ; T4 = 75 \text{ min} ; T5 = 60 \text{ min} ; T7 = 15 \text{ min}$$

$$T_M = 2 ( 45 ) = 90 \text{ min.}$$

De lo anterior se tiene que :

$$T_N = ( 1,780/26.67 ) + ( 360/166.67 ) + ( 12,480/333.33 ) + 10 + 75 + 60 + 15 + 90$$

$$T_N = 356 \text{ min} \equiv 5 \text{ horas } 56 \text{ minutos}$$

*Ruta zona 9 ( Miércoles y sábado):*

Datos:

$$D_R = 2,520 + 0 = 2,520 \text{ m} ; V_R = 26.67 \text{ m/min.}$$

$$D_{NR} = 820 + 0 = 820 \text{ m} ; V_{NR} = 166.67 \text{ m/min.}$$

$$D_T = 6,170 + 5,770 = 11,940 \text{ m} ; V_T = 333.33 \text{ m/min.}$$

$$T1 = 10 \text{ min} ; T4 = 75 \text{ min} ; T5 = 60 \text{ min} ; T7 = 15 \text{ min}$$

$$T_M = 2 ( 45 ) = 90 \text{ min.}$$

De lo anterior se tiene que :

$$T_N = ( 2,520/26.67 ) + ( 820/166.67 ) + ( 11,940/333.33 ) + 10 + 75 + 60 + 15 + 90$$

$$T_N = 385 \text{ min} \equiv 6 \text{ horas } 25 \text{ minutos}$$

Los resultados anteriores se resumen a continuación:

VEHICULO	Z O N A S	DÍAS	Drecolec. Km.	D total Km.	T normal Hor:min.	Drecolec. Km.	D total Km.	T-normal Hor:min.
"A"	1 y 2	Lun,Jue	12.68	33.00	17:00	12.20	29.96	16:30
	3 y 4	Mar,Vie	10.16	30.20	15:22	10.20	29.56	15:22
	5 y 6	Mie,Sab	8.32	23.96	14:00	9.24	24.48	14:30
	Subtotales		31.16	87.16	46:22	31.64	84.00	46:22
"B"	7 y mercado	Lun,Jue	5.76	28.48	12:38	5.04	30.12	12:40
	8 y mercado	Mar,Vie	4.04	29.40	11:38	3.56	29.24	11:22
	9 y mercado	Mie,Sab	5.08	31.00	12:24	5.04	30.56	12:20
	Subtotales		14.88	88.88	36:40	13.64	89.92	36:22
<b>Totales (del sistema)</b>			<b>46.04</b>	<b>176.04</b>	<b>83:02</b>	<b>45:28</b>	<b>173.9</b>	<b>82:44</b>

Tabla 4.5.7 : Distancias de recolección ( Drecol.), distancias totales (D total) y tiempos normales (T normal), parciales y totales (por cada vehículo y alternativa). en Km y Horas y minutos (Hor:min) respectivamente, para un período de recolección de una semana.

Con la información de la TABLA 4.5.7, debe evaluarse la mejor alternativa, en base a las menores distancias y tiempos de recolección de todo el sistema.

Los parámetros que se consideran importantes son la distancia de recolección (D recolec.), la distancia total (D total) y los tiempos normales (T normal) para el proceso de recolección. Las distancias en cuanto tienen relación directamente

proporcional al consumo de combustible, y los tiempos en cuanto que debe evaluarse la eficiencia de la recolección consumiendo el menor tiempo posible.

Al realizar una comparación de las alternativas "A" y "B" se observa que la diferencia existente entre los TOTALES (del sistema) de: distancias de recolección, distancias totales y tiempos normales de recolección, *no son significativas* ; ya que por ejemplo, las distancias de recolección de las alternativas "A" y "B" difieren en 0.76 km ( $46.04-45.28=0.76$  km) en el transcurso de una semana. Así mismo las distancias totales recorridos por los vehículos recolectores es de 3.14 Km ( $176.04-173.92 = 3.14$  Km) para el mismo período, por otro lado la variación de tiempo normal de recolección estimado, durante los 6 días de trabajo, es de apenas 18 minutos ( $83:02-82:44 = 00:18$ ).

Sin embargo puede observarse que todos los valores TOTALES obtenidos en las variables de la alternativa "B" son menores que los TOTALES de la alternativa "A". Además, debe tenerse en cuenta que los tiempos normales de recolección en cada vehículo, sean menores o excedan lo menos posible la jornada normal diaria de trabajo (8 horas) ; al observar los tiempos máximos utilizados por cada vehículo y alternativa, se tiene que el mayor de los tiempos requeridos se encuentran en el vehículo "A", de la alternativa "A", que utilizarían 17:00 horas entre los días lunes y jueves; que equivalen a 8:30 horas por cada jornada de trabajo ( $17:00 \div 2 = 8:30$  hr), mientras que la alternativa "B" requiere 16:30 horas (8:15 horas por jornada diaria

de trabajo). Por lo anteriormente descrito puede concluirse que, por tener las menores distancias de recolección, distancias totales, menores tiempos totales de recolección y el menor tiempo requerido para cada jornada diaria de trabajo, *la mejor opción es la alternativa "B"*.

Debe recordarse que el análisis anterior se basa en el supuesto de que los desechos poseen las características descritas en la INFORMACION BASICA (sección 4.5.6.1 del presente estudio), por lo que se deben implementar las medidas necesarias para que las condiciones reales de recolección , sean similares a las condiciones asumidas. Variables que sufran cambios significativos tales como el peso volumétrico de desechos sólidos, la velocidad promedio de recolección en cada vehículo, tiempos de carga y descarga de deschos por cada vehículo recolector y la tasa de producción de desechos sólidos , pueden incidir significativamente en todo el sistema de recolección de desechos sólidos.

# CAPITULO 5

DISEÑO Y

PRESUPUESTO



## 5.1 PARAMETROS DE DISEÑO

El relleno sanitario es el método de ingeniería recomendado para la disposición final de los residuos sólidos municipales, los cuales se depositan en el suelo, se esparcen y se compactan manualmente al menor volumen práctico posible y se cubren con una capa de tierra, al término de las operaciones del día.

El diseño del relleno sanitario no mecanizado, se basará en los parámetros siguientes:

- *Cantidad y características de los desechos sólidos generados a través del tiempo.*
- *Tipo de terreno*
- *Cálculo de la vida útil*
- *Diseño de la celda diaria.*
- *Estudio hidrológico.*
- *Cantidad de líquidos lixiviados generados.*
- *Suelos del sitio.*
- *Ubicación y estado de vías de acceso.*
- *Determinación del nivel freático.*
- *Resultados de evaluación de impacto ambiental.*
- *Aspectos legales en materia de desechos sólidos.*

### 5.1.1 CANTIDAD Y CARACTERISTICAS DE LOS DESECHOS SOLIDOS GENERADOS A TRAVES DEL TIEMPO.

Las cantidades y características de los desechos sólidos a través del tiempo, determinan las cantidades de material de cobertura requeridas, el tipo de tratamiento que deben dárseles a los desechos, la cantidad de líquidos lixiviados que serán desalojados, el tamaño de las celdas diarias y la programación en cuanto a la operación del relleno sanitario.

La estimación de la cantidad de desechos sólidos que se generen en el futuro, puede estimarse en base a:

1. *La tasa de producción de desechos,<sup>1</sup> El número de habitantes del lugar, y la tasa de crecimiento poblacional.*

Por medio de la siguiente fórmula:

$$DS = 365 \times TDS \times NH \times (1 + r)^n \quad (5.1)$$

Donde:

DS : Cantidad de desechos sólidos durante el período de "n" años (Kg)

365 : Días del año

TDS : Tasa de producción ponderada de desechos sólidos (Kg/hab/día)

NH : Número de habitantes al inicio del período de análisis.

r : Tasa de crecimiento poblacional ( en decimales)

n : Número de años que se analizan.

<sup>1</sup> La tasa de producción de desechos que se recomienda utilizar, es la que se obtenga de la razón entre la sumatoria de desechos sólidos totales diarios de cada actividad ( residencial, industrial, comercial, municipal, agrícola y otros), y el número de habitantes de la población.

Puede optarse, si se estima conveniente incrementar también en 1%, la tasa de producción de desechos sólidos por cada año que transcurra. Por lo que la fórmula anterior se modifica de la siguiente manera:

$$DS = 365 \times TDS \times (1.01)^n \times NH \times (1 + r)^n \quad (5.2)$$

2. *La cantidad de desechos sólidos totales diarios generados por la población y la tasa de crecimiento poblacional.*

Por medio de la siguiente fórmula:

$$DS = 365 \times DT \times (1 + r)^n \quad (5.3)$$

Donde:

DS : Cantidad de desechos sólidos durante el período de "n" años (Kg)

365 : Días del año

DT : Desechos totales diarios de la población (Kg)

r : Tasa de crecimiento poblacional ( en decimales)

n : Número de años que se analizan.

Para el caso particular de la ciudad de Ilobasco se cuentan con los siguientes datos:

TDS = 0.63 Kg/hab/día

r = 3.6%

Población urbana<sup>2</sup> = 18,092 hab (Censo del 27 de Septiembre de 1992)

<sup>2</sup> FUENTE : DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS.

Para estimar la población actual a finales de 1995 ( 27 de diciembre de 1995), se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_F = P_O ( 1 + r ) ^ t \quad (5.4)$$

Donde:

$P_F$  : Población final durante el período "t".

$P_O$  : Población inicial .

$r$  : Tasa de crecimiento poblacional (en decimales).

$t$  : Período de análisis (en años).

De lo anterior se tiene que:

$t = 3.25$  años. ( del 27-09-92 al 27-12-95, transcurren 3 años y 3 meses)

$$P_{(Dic-1995)} = 18,092 ( 1 + 0.036 ) ^{3.25}$$

$$P_{(Dic-1995)} = 20,296 \text{ Hab.}$$

Tomando en cuenta que el comercio y la industria de la ciudad de Ilobasco es mínima, se puede asumir que su tasa de producción de desechos sólidos es *constante* por lo que se utiliza la fórmula 5.1, para estimar la cantidad de desechos sólidos durante un período de 15 años<sup>3</sup>. y que se resume en el cuadro 5.1 :

---

<sup>3</sup> Para proyecciones de población en municipios , se recomienda de no excederse de períodos mayores de 10 años (Entrevista realizada el 31-08-95 con el jefe del departamento de Demografía, Lic. Francisco Rivera Fúnes, en la DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS) , por lo que deben ajustarse los cálculos a partir de los resultados obtenidos en el próximo censo.

$P_0=20296 \text{ Hab}$
$r=3.6\% (0.036)$

Periodo (años)	n	$(1+r)^n$	Población (Hab.)	TDS (Kg/hab/día)	DS (Kg/día)	Cobertura (%)	DS (Ton/año.)	DS acum. (Ton)
1/ENE/1996	0	1.00000	20296					
1/ENE/1997	1	1.03600	21027	0.63	13247	80	3868.1	3868.1
1/ENE/1998	2	1.07330	21784	0.63	13724	80	4007.4	7875.5
1/ENE/1999	3	1.11193	22568	0.63	14218	80	4151.6	12027.2
1/ENE/2000	4	1.15196	23380	0.63	14729	80	4301.0	16328.1
1/ENE/2001	5	1.19344	24222	0.63	15260	80	4455.9	20784.0
1/ENE/2002	6	1.23640	25094	0.63	15809	80	4616.3	25400.2
1/ENE/2003	7	1.28091	25997	0.63	16378	80	4782.4	30182.6
1/ENE/2004	8	1.32702	26933	0.63	16968	80	4954.6	35137.3
1/ENE/2005	9	1.37479	27903	0.63	17579	80	5133.0	40270.4
1/ENE/2006	10	1.42429	28907	0.63	18211	80	5317.7	45588.0
1/ENE/2007	11	1.47556	29948	0.63	18867	80	5509.2	51097.2
1/ENE/2008	12	1.52868	31026	0.63	19546	80	5707.5	56804.6
1/ENE/2009	13	1.58371	32143	0.63	20250	80	5913.0	62717.6
1/ENE/2010	14	1.64073	33300	0.63	20979	80	6125.9	68843.5
1/ENE/2011	15	1.69979	34499	0.63	21734	80	6346.4	75189.8

CUADRO 5.1 :Cantidad de desechos sólidos (DS)por año y acumulados (DS acum.) durante un período de análisis comprendido del 1/ENE/1996 al 1/ENE/2011.

El cuadro 5.1 contiene los resultados obtenidos para un periodo de 15 años, en los que se calculan, la cantidad de desechos sólidos, generados para cada año y su acumulación durante el período de análisis.

Se muestran a continuación a manera de ejemplo los cálculos efectuados para los años de 1997 y 1998.

- *Población por año.*

Población hasta 1/ENE/1997 =  $20296 (1+0.036)^1 = 21027 \text{ Hab.}$

Población hasta 1/ENE/1998 =  $20296 (1+0.036)^2 = 21784 \text{ Hab.}$

- *Cantidad de desechos sólidos diarios (Kg/día).*

Desechos sólidos diarios 1997 = 21027 Hab. × 0.63 Kg/hab/día = 13247 Kg/día

Desechos sólidos diarios 1998 = 21784 Hab. × 0.63 Kg/hab/día = 13724 Kg/día

- *Desechos sólidos anuales ,asumiendo una cobertura del servicio de aseo del 80%,(Ton/año).*

Desechos sólidos anuales = 13247 Kg/día × 365 día/año × 0.80 = 3868124 Kg/año  
= 3868.1 Ton/año (para el 01-01-1997)

Desechos sólidos anuales = 13724 Kg/día × 365 día/año × 0.80 = 4007408 Kg/año  
= 4007.4 Ton/año (para el 01-01-1998)

- *Desechos sólidos acumulados (Ton.)*

Desechos sólidos acumulados hasta 1/ENE/1997 = 0.0 + 3868.1 = 3868.1 Ton

Desechos sólidos acumulados hasta 1/ENE/1998 = 3868.1+ 4007.4 = 7875.5 Ton

En base a los desechos sólidos generados por año y desechos sólidos acumulados (en peso), puede estimarse el volumen que ocuparán éstos en el relleno sanitario no mecanizado, para cada año de trabajo.

El volumen de desechos se obtiene de la siguiente forma:

$$V_D = P/PV \quad (5.5)$$

Donde:

$V_D$  = Volumen de los desechos sólidos ( $M^3$ )

$P$  = Peso de desechos sólidos (Ton)

$PV$  = Peso volumétrico de desechos, en el relleno sanitario ( $Ton/M^3$ )

Los pesos volumétricos de desechos que pueden obtenerse en el relleno sanitario<sup>4</sup>, oscilan entre 400 a 500  $Kg/M^3$ , Para el presente diseño se utilizará un peso volumétrico estimado de 450  $Kg/M^3$  ( $0.45 Ton/M^3$ ).

El volumen anual y el volumen acumulado estimado de desechos, durante un período de análisis comprendido entre el 1/ENE/1996 al 1/ENE/2011, se resume en el cuadro 5.2 que se presenta a continuación:

Período (años)	n	DS (Ton/año)	DS acum. (Ton)	Peso Volum. (Ton/M <sup>3</sup> )	Volumen M <sup>3</sup>	Vol. acum. M <sup>3</sup>
1/ENE/1996	0					
1/ENE/1997	1	3868.1	3868.1	0.45	8595.8	8595.8
1/ENE/1998	2	4007.4	7875.5	0.45	8905.3	17501.1
1/ENE/1999	3	4151.7	12027.2	0.45	9226.0	26727.1
1/ENE/2000	4	4300.9	16328.1	0.45	9557.6	36284.7
1/ENE/2001	5	4455.9	20784.0	0.45	9902.0	46186.7
1/ENE/2002	6	4616.2	25400.2	0.45	10258.2	56444.9
1/ENE/2003	7	4782.4	30182.6	0.45	10627.6	67072.5
1/ENE/2004	8	4954.7	35137.3	0.45	11010.4	78082.9
1/ENE/2005	9	5133.1	40270.4	0.45	11406.9	89489.8
1/ENE/2006	10	5317.6	45588.0	0.45	11816.9	101306.7
1/ENE/2007	11	5509.2	51097.2	0.45	12242.7	113549.4
1/ENE/2008	12	5707.4	56804.6	0.45	12683.1	126232.5
1/ENE/2009	13	5913.0	62717.6	0.45	13140.0	139372.5
1/ENE/2010	14	6125.9	68843.5	0.45	13613.1	152985.6
1/ENE/2011	15	6346.3	75189.8	0.45	14102.9	167088.5

CUADRO 5.2: Estimación de Volumen anual y volumen acumulado de desechos sólidos durante un período de análisis comprendido del 1/ENE/1996 al 1/ENE/2011.

<sup>4</sup> Véase JORGE JARAMILLO, "GUIA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES", Sección 4.2.2.4, p. 75.

Se presentan a manera de ejemplo ,la estimación de volúmenes anuales y acumulados de los períodos correspondientes al 01/ENE/1997 y 01/ENE/1998.

- *Cálculo del volumen anual (M<sup>3</sup>).*

$$\text{Volumen 01/ENE/1997 (M}^3\text{)} = 3868.1 \text{ (Ton/año)} / 0.45 \text{ (Ton/M}^3\text{)} = 8595.8 \text{ M}^3\text{/año}$$

$$\text{Volumen 01/ENE/1998 (M}^3\text{)} = 4007.4 \text{ (Ton/año)} / 0.45 \text{ (Ton/M}^3\text{)} = 8905.3 \text{ M}^3\text{/año}$$

- *Cálculo del volumen acumulado (M<sup>3</sup>).*

$$\text{Volumen acum. hasta 01/ENE/1997 (M}^3\text{)} = 0.0 + 8595.8 = 8595.8 \text{ M}^3$$

$$\text{Volumen acum. hasta 01/ENE/1998 (M}^3\text{)} = 8595.8 + 8905.3 = 17501.1 \text{ M}^3$$

Conocidos los volúmenes de desechos sólidos acumulados, se procede a calcular el material de cobertura requerido, estimándolo entre un 20% a 25% del volumen de desechos sólidos<sup>5</sup>. Con la información anterior puede tenerse una idea del espacio requerido para depositar los desechos, por cada año de operación del relleno sanitario no mecanizado. Para el caso de la ciudad de Ilobasco se utilizará un 20% del volumen de desechos sólidos con el criterio de que no falte material de cobertura y no se le dificulte a la municipalidad la operación por falta de éste.

---

<sup>5</sup> Véase JORGE JARAMILLO, "GUIA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES", Sección 4.2.2.3., P. 74.



El cuadro 5.3 muestra el volumen acumulado de desechos sólidos por año, su correspondiente volumen de material de cobertura y el volumen total de la suma de éstos.

Período	n	Vol. acum.	Mat. cobert.	Vol. total
(años)		M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>	M <sup>3</sup>
1/ENE/1996	0			
1/ENE/1997	1	8595.8	1719.2	10315.0
1/ENE/1998	2	17501.1	3500.2	21001.3
1/ENE/1999	3	26727.1	5345.4	32072.5
1/ENE/2000	4	36284.7	7256.9	43541.6
1/ENE/2001	5	46186.7	9237.3	55424.0
1/ENE/2002	6	56444.9	11289.0	67733.9
1/ENE/2003	7	67072.5	13414.5	80487.0
1/ENE/2004	8	78082.9	15616.6	93699.5
1/ENE/2005	9	89489.8	17898.0	107387.8
1/ENE/2006	10	101306.7	20261.3	121568.0
1/ENE/2007	11	113549.4	22709.9	136259.3
1/ENE/2008	12	126232.5	25246.5	151479.0
1/ENE/2009	13	139372.5	27874.5	167247.0
1/ENE/2010	14	152985.6	30597.1	183582.7
1/ENE/2011	15	167088.5	33417.7	200506.2

CUADRO 5.3: Estimación de volúmenes de material de cobertura requeridos y volumen total (desechos + material de cobertura) durante un período de 15 años.

Se presenta a continuación, como ejemplo, los cálculos realizados para los períodos hasta el 01/ENE/1997 y 01/ENE/1998.

- *Cálculo del material de cobertura (M<sup>3</sup>).*

$$\text{Material de cobertura hasta el 01/ENE/1997 (M}^3\text{)} = 8595.8 \times 0.20 = 1719.2 \text{ M}^3$$

$$\text{Material de cobertura hasta el 01/ENE/1998 (M}^3\text{)} = 17501.1 \times 0.20 = 3500.2 \text{ M}^3$$

- *Cálculo del volumen total (Desechos sólidos + material de cobertura), en M<sup>3</sup>.*

$$\text{Volumen total hasta el 01/ENE/1997 (M}^3\text{)} = 8595.8 + 1719.2 = 10315.0 \text{ M}^3$$

$$\text{Volumen total hasta el 01/ENE/1998 (M}^3\text{)} = 17501.1 + 3500.2 = 21001.3 \text{ M}^3$$

La información que se presenta en el cuadro 5.3, sirve como parámetro para evaluar preliminarmente la vida útil del relleno, en base al volumen total disponible para una determinada alternativa de terracería. Así mismo, posteriormente puede evaluarse las cantidad de acarreo y desalojo del material proveniente de la terracería.

### 5.1.2 TIPO DE TERRENO

Existen a grandes rasgos cinco diferentes tipos de perfiles de terreno que por sus características se prestan para la construcción y operación del relleno sanitario y por su topografía se clasifican: plano, ondulado, escarpado, banco de material de préstamo abandonado y combinado.

El tipo de terreno donde se proyecta el relleno sanitario se clasifica como escarpado, debido a que presenta pendientes muy fuertes ( mayores del 10 % ).

El procedimiento de construcción y el método de relleno sanitario se seleccionará una vez conocido el tipo de terreno disponible, para el presente caso se utilizará el método de área.

### 5.1.3. CALCULO DE LA VIDA UTIL.

Se llama vida útil de un relleno sanitario al tiempo en años que se utilizará un sitio seleccionado para la disposición final de desechos sólidos de una ciudad. La vida útil del sitio depende del volumen disponible del mismo, de la cantidad de desechos sólidos a disponer y del método de operación.

Como puede observarse la estimación del volumen de desechos sólidos anuales, ha requerido de los siguientes pasos:

- 1- Determinación de la cantidad de desechos sólidos (DS) anuales (Kg/año), con el auxilio de una de las fórmulas 5.1, 5.2 ó 5.3.
- 2- Estimación del peso volumétrico de los desechos sólidos compactados en el relleno sanitario (PV).
- 3- Determinación del volumen requerido ( $V_D$ ) por los desechos en el relleno sanitario, con el auxilio de la fórmula 5.5.
- 4- Estimación de un factor  $F$  de volumen de material de cobertura ( $V_{MC}$ ) requerido con respecto al volumen requerido ( $V_D$ ) de desechos sólidos que oscila entre 0.20 y 0.25 (20% a 25%), que puede expresarse así:

$$F = V_{MC} / V_D \quad (5.6)$$

- 5- El volumen total ( $V_T$ ) requerido por el material de cobertura y por los desechos sólidos se obtiene de la siguiente fórmula:

$$V_T = V_{MC} + V_D \quad (5.7)$$

- 6- Con la anterior información puede determinarse la vida útil del relleno sanitario de la siguiente manera:

En base a los niveles de terraza definidos, se estima el volumen total que es capaz de almacenar; es decir el volumen de desechos más el volumen del material de cobertura requerido. El volumen total ( $V_T$ ) o capacidad total admisible del relleno, se determina una vez conocidos los niveles de terrazas que servirán de soporte para la disposición de los desechos, por lo que se presenta a continuación la estimación de la vida útil ( $V_U$ ) del relleno sanitario, según se utilicen las fórmulas 5.1, 5.2 ó 5.3.

Con el auxilio del cuadro 5.3 puede verificarse entre que rango de años se encuentra comprendido el volumen total que es capaz de almacenar el relleno sanitario. Posteriormente se aplica una regla de tres simple para estimar la vida útil, de la siguiente manera:

$$V_U = n_0 + (V_T - V_0) (V_r - V_0) / (n_r - n_0) \quad (5.8)$$

Donde:

$V_U$  : Vida útil del relleno sanitario (años).

$n_0$  : Año menor del intervalo de análisis.

$n_r$  : Año mayor del intervalo de análisis.

$V_T$  : Volumen total que es capaz de almacenar el relleno (  $m^3$  ).

$V_0$  : Volumen menor del intervalo de análisis (  $m^3$  ).

$V_r$  : Volumen mayor del intervalo de análisis (  $m^3$  ).

#### 5.1.4 DISEÑO DE LA CELDA DIARIA.

Se llama celda a la conformación geométrica que se le da a los desechos sólidos y al material de cobertura debidamente compactados por métodos manuales. Las celdas se diseñan conociendo la cantidad de desechos sólidos recolectados diariamente que llegan al sitio del relleno sanitario.

Los elementos de una celda son: Su altura, largo, ancho del frente de trabajo, pendiente de los taludes laterales, espesores del material de cobertura diaria y del último nivel de celda.

La altura de la celda depende de la cantidad de los desechos que se depositen, del espesor del material de cobertura, la estabilidad de los taludes y la compactación. Mientras más altas sean las celdas, menor será la cantidad de tierra necesaria para cubrir los desechos y mientras menor sea la altura de la celda, el relleno requerirá de mayor material de cobertura.

El talud de la celda es el plano inclinado en donde se apoyan los desechos, y su inclinación se especifica mediante una relación que indica el número de unidades que se avanza en dirección vertical por cada unidad que se avanza horizontalmente. Se recomienda que las celdas tengan un talud máximo de 1 a 3 , es decir, que por cada metro de altura se avancen 3 metros horizontalmente.

Se recomienda un espesor de 15 a 20 cms. de tierra compactada entre los niveles de celdas y de 40 a 60 cms. compactados en la capa final.

#### 5.1.5 ESTUDIO HIDROLOGICO.

Es importante estudiar la precipitación pluvial del lugar para prever las características de los drenajes y las obras que se vayan a necesitar, para interceptar y desviar el escurrimiento superficial, fuera del relleno sanitario, con el fin de atenuar la producción de lixiviados. Evitando así la contaminación de las aguas, y definir las áreas de operación e instalaciones para los trabajadores. Por lo tanto se hace necesario construir canales, y dimensionarlos de acuerdo con las condiciones de precipitación local, área tributaria, características del suelo, vegetación y topografía.

### 5.1.6 CANTIDAD DE LIQUIDOS LIXIVIADOS GENERADOS.

El manejo de líquidos lixiviados es uno de los mayores problemas que se presentan en un relleno sanitario. En algunos casos, a pesar de contar con los canales periféricos para interceptar y desviar las aguas de escorrentía, la lluvia que cae directamente sobre la superficie del relleno aumenta significativamente el volumen del lixiviado, por lo tanto, es de vital importancia construir un sistema de drenaje en el terreno que servirá de base al relleno sanitario antes del depósito de desechos.

Para obtener una mayor eficiencia, se recomienda construir también estos drenajes en todas las bases de los taludes interiores y exteriores de las terrazas o niveles que conforman el relleno sanitario, a fin de evitar su escurrimiento por la superficie de los taludes inferiores y además interconectarlos con el drenaje vertical de gases.

No existe actualmente un método exacto para determinar la cantidad de líquidos lixiviados que pueden generarse en un relleno sanitario; sin embargo puede aplicarse la siguiente fórmula<sup>6</sup>:

$$q = (P \times A \times K) / T \quad (5.16)$$

Donde:

**q** : Caudal medio de lixiviados (lts/seg)

**P** : Precipitación media anual (mm de agua)

**A** : Area efectiva del relleno sanitario ( M<sup>2</sup>)

**K** : Coeficiente que depende del grado de compactación de los desechos sólidos ( aproximadamente un 30%)

**T** : Tiempo en segundos para un año (31,536,000)

---

<sup>6</sup> Véase "PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE RELLENO SANITARIO PARA LA DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL"; TRABAJO DE GRADUACION DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, P. 171.

El coeficiente de compactación, se puede calcular como sigue:

$$K = PV_D / PV_{RS} \quad (5.17)$$

Donde:

$PV_D$  : Peso volumétrico de desechos descargados en el relleno sanitario.

$PV_{RS}$  : Peso volumétrico de desechos en el relleno sanitario.

### 5.1.7 SUELOS DEL SITIO.

El tipo de suelo determina la calidad del material de cobertura disponible, así mismo el tratamiento que debe realizarse en el desplante de las terrazas ; ya que si el terreno natural no ofrece garantías de evitar la contaminación de mantos acuíferos debido a una alta permeabilidad del suelo, entonces deben tomarse medidas con el objeto de impermeabilizar el desplante de las terrazas, lo que incidirá en los costos según se decida impermeabilizar por medio de un método natural o artificial<sup>7</sup>. Por otra parte la resistencia que el suelo tenga sirve para la evaluación de costos en obras de protección (muros de retención en caso de taludes inestables) y de terracería; ya que dichos costos están en función de la dificultad de realizar cortes , debido al equipo requerido para ello<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Véase SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA (SEDUE), "MANUAL DE RELLENOS SANITARIOS", P. 125 y 126.

<sup>8</sup> Para una ampliación del tema, consúltese "MANUAL DE RELLENOS SANITARIOS", S.E.D.U.E., Sección 11.2, p.112

### **5.1.8 UBICACION Y ESTADO DE LAS VÍAS DE ACCESO.**

Debe observarse la ubicación y el estado de las vías de acceso al relleno sanitario, con el objeto de verificar el buen estado de éstas en cualquier época del año, de lo contrario deben mejorarse. Así mismo la ubicación de la vía su utiliza para el enlace con las vías internas del relleno sanitario durante el diseño.

### **5.1.9 DETERMINACION DEL NIVEL FREATICO.**

Obviamente uno de los mayores riesgos que conlleva la operación de un relleno sanitario, es la de contaminar los mantos acuíferos. Por lo que debe determinarse el nivel freático y conocido éste y el tipo de suelo existente en el nivel de desplante de las terrazas, se evalúa la necesidad de impermeabilizar la base de las terrazas. Debe recordarse que deben cuidarse los escasos mantos acuíferos con los que se cuentan actualmente.

### **5.1.10 RESULTADOS DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL.**

El estudio de impacto ambiental determina la conveniencia o no de efectuar el relleno sanitario, en caso de que se realice, deben conocerse las medidas de mitigación que se han recomendado para incluirlas durante la elaboración del relleno sanitario.

### **5.1.11 ASPECTOS LEGALES EN MATERIA DE DESECHOS SOLIDOS.**

Deben conocerse las regulaciones locales o nacionales de tipo legal existentes, con el objeto de tomarlas en cuenta, para la elaboración del relleno sanitario.



## 5.2 DISEÑO DEL RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO

La etapa del diseño comprende los siguientes componentes: diseño de terrazas, sistema de captación de escorrentía superficial, vías de acceso internas, impermeabilización superficial, sistema de drenaje y captación de lixiviados, sistema de captación de gases y diseño de obras complementarias.

### 5.2.1 DISEÑO DE TERRAZAS.

Para el presente diseño, se proponen 2 alternativas de terracería (ver figuras 5.2.1 y 5.2.2), cuyos volúmenes de corte y relleno se calculan por el método de la retícula y que consiste en realizar cuadrículas de 10 metros de lado y estimar la elevación promedio de las esquinas de cada cuadrícula interpolando las curvas de nivel del plano topográfico del terreno (ver plano 5.1). Definidos los niveles de terracería puede estimarse el volumen de desechos y material de cobertura totales que es capaz de almacenar cada alternativa, y con el auxilio de la fórmula 5.13 se estimó la vida útil del relleno y el material de cobertura necesario. Con lo anterior se realiza una evaluación preliminar considerando la vida útil para cada alternativa, eligiéndose aquella que tenga la mayor vida útil.

De las alternativas "A1" y "A2", que se presentan en las figuras 5.2.1 y 5.2.2 las que poseen 5.21 años y 3.24 años respectivamente, por lo que se selecciona la alternativa "A1" para el diseño final por tener una vida útil mayor.

**FIG 5.3.1**  
TERRAZAS ALTERNATIVA AI

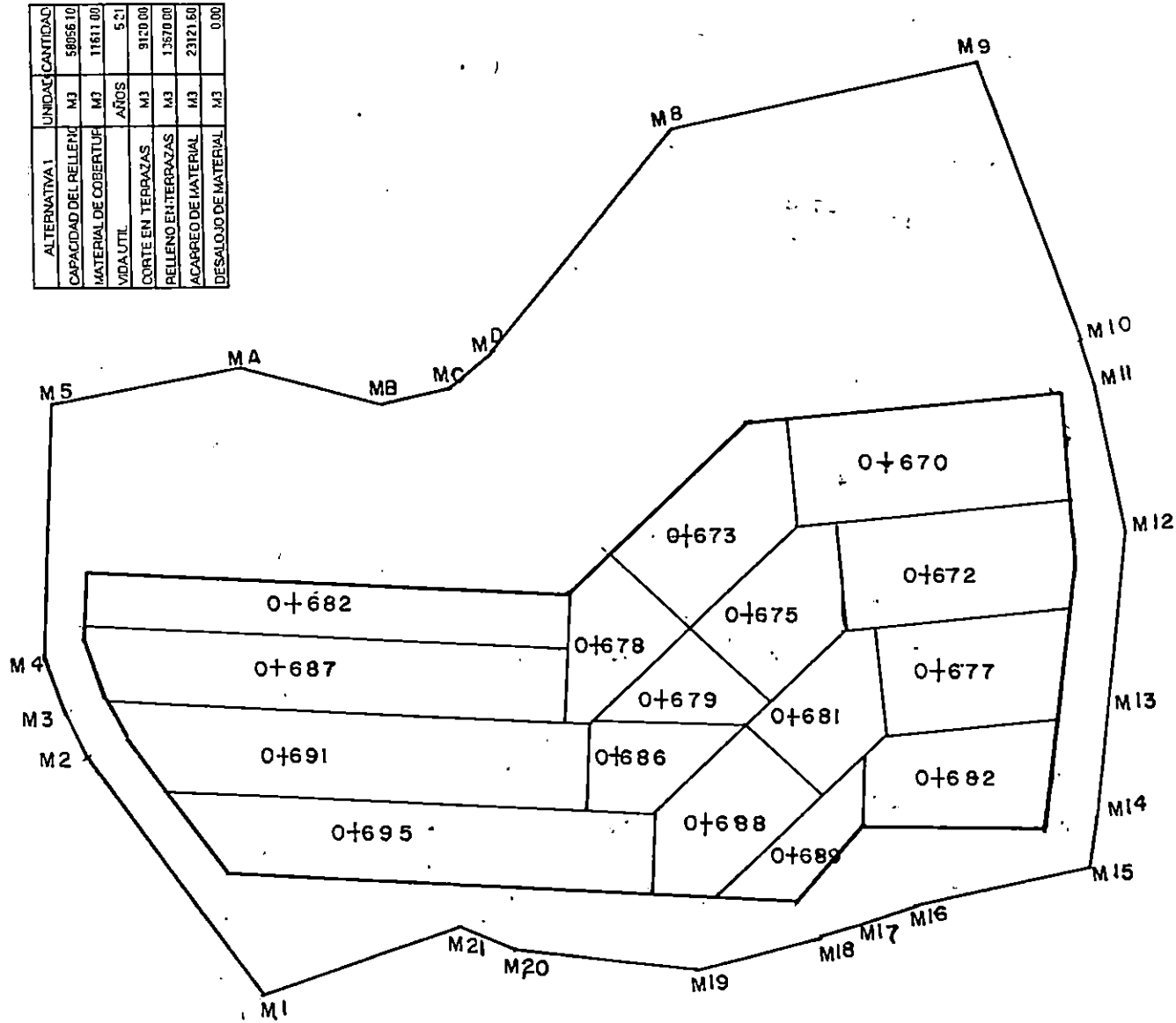
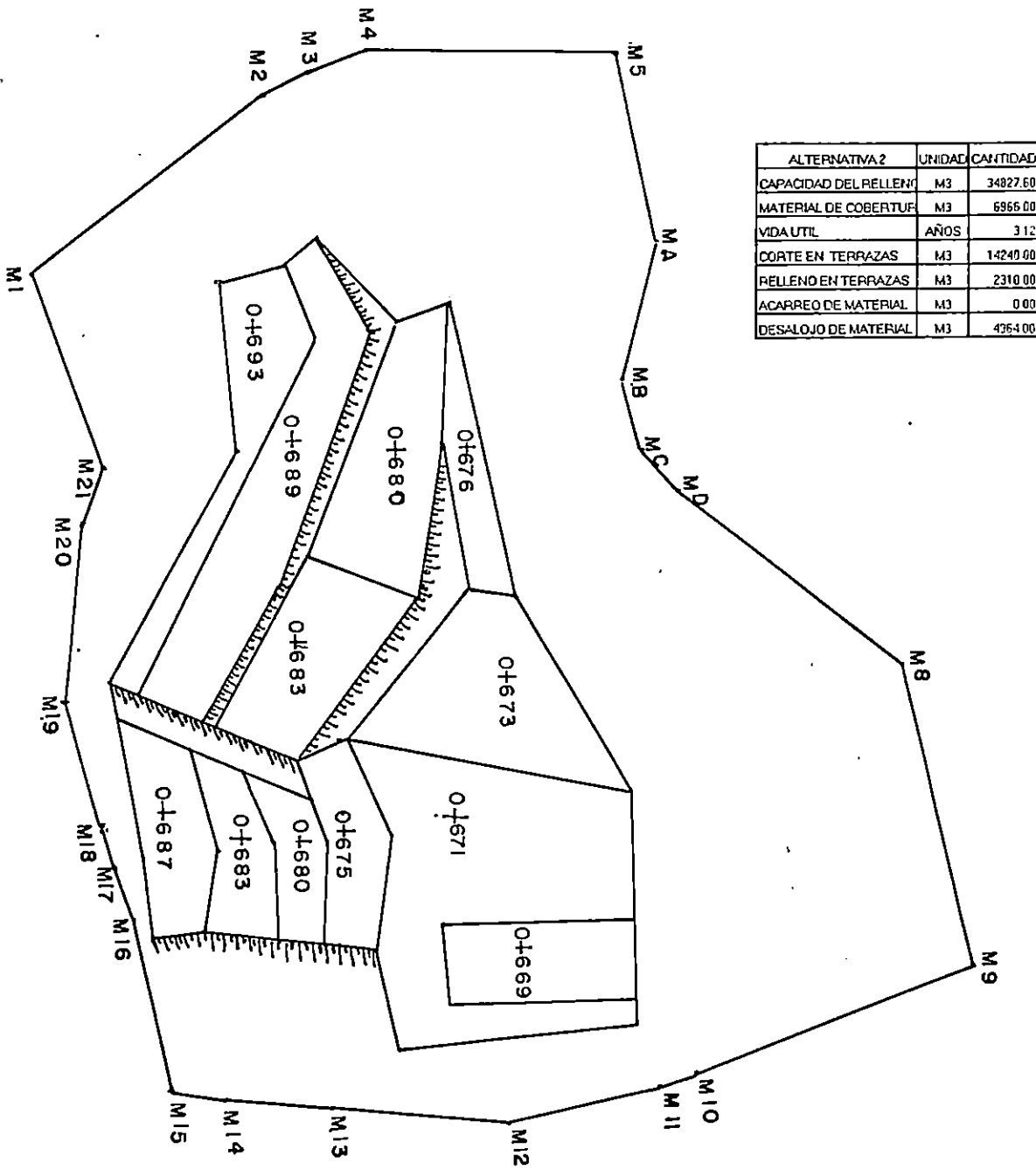


FIG 5.3.2



TERRAZAS ALTERNATIVA A2

0.035 km<sup>2</sup>

38,409.22 m<sup>2</sup> \*  $\frac{1 \text{ km}^2}{1,000,000 \text{ m}^2}$

50,000 + 663.51

1 m<sup>2</sup> = 1.4308 V<sup>2</sup>

### 5.2.2 SISTEMA DE CAPTACION DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL.

El sistema de captación de escorrentía superficial del relleno sanitario tiene por objeto en primer lugar, reducir en lo posible la cantidad de agua que llega a las diferentes partes del mismo, en segundo lugar dar salida eficiente al agua cuyo acceso sea inevitable. El agua llegará al relleno:

- a) Por precipitación directa .
- b) Por escurrimiento del agua del terreno adyacente.
- c) Por filtración a través del subsuelo del relleno.

Así pues, el objetivo que se debe perseguir, es conseguir en primer lugar reducir la entrada del agua de cualquiera de las fuentes mencionadas y en segundo lugar, desalojar rápidamente el agua que pueda llegar al relleno.

Para que un relleno tenga un buen drenaje debe evitarse que:

- a) El agua circule en cantidades excesivas por el mismo destruyendo el material de cubierta que sirve para impermeabilizar y originando la formación de charcos.
- b) Que los cortes se saturen de agua con peligro de derrumbe, deslizándose éstos y en algunos casos deslizándose los accesos.

Las secciones de los canales que captarán dicha escorrentía se calculará utilizando la fórmula de Manning (para el sistema métrico).

$$Q = A V = A (1/n) R^{2/3} S^{1/2} \quad (5.11)$$

Donde:

**Q:** Caudal que pasa por la sección.

**n :** Coeficiente de Manning. (Adimensional) [Ver cuadro 5.4]

**A:** Area de la sección transversal del canal.

**R:** Radio hidráulico (Area / perímetro mojado).

**S:** Pendiente longitudinal del canal.

#### CUADRO 5.4

#### ALGUNOS VALORES MEDIOS DE $n$ EMPLEADOS EN LAS FORMULAS DE KUTTER Y MANNING

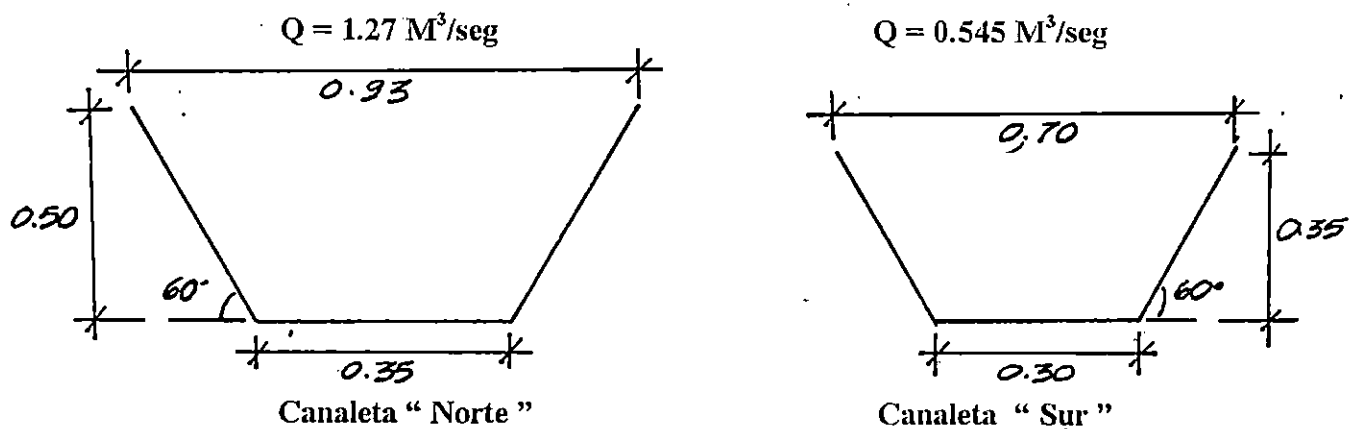
TIPO DE CANAL ABIERTO	$n$
CEMENTO MUY PULIDO, MADERA MUY BIEN CEPILLADA	0.010
MADERA CEPILLADA, ACEQUIAS DE DUELAS DE MADERA NUEVAS, FUNDICION	0.012
TUBERIA DE ALCANTARILLADO BIEN VITRIFICADA, BUENA MAMPOSTERIA	0.013
TUBERIA DE HORMIGON, ORDINARIO, MADERA SIN CEPILLAR	0.013
CONCRETO PLANCHADO, REPELLADO RUSTICO	0.014
TUBERIA DE ALCANTARILLADO DE ARCILLA ORDINARIA	0.015
TUBERIA DE FUNDICION ORDINARIA, CEMENTO CON PULIDO ORDINARIO	0.015
CANALES DE TIERRA RECTOS Y BIEN CONSERVADOS	0.023
CANALES DE TIERRA DRAGADOS EN CONDICIONES ORDINARIAS	0.027
CANALES LABRADOS EN ROCAS	0.040

- ~~NA~~ *Canaleta perimetral.*

Del estudio hidrológico se obtuvo que el caudal externo es de 1.815 M<sup>3</sup>/seg. el cual por la topografía del terreno se divide en 2 sectores que se denominarán canaleta *norte* y canaleta *sur* (Ver hoja de plano 3 / 9 ), los cuales captan el 70% y el 30%

respectivamente del caudal total, calculados en base al area de recogimiento de cada una de las canaletas.

Aplicando la fórmula 5.6 para cada canaleta, se obtienen la siguientes secciones para los diferentes valores de caudales obtenidos:



Debido a las pronunciadas pendientes que posee el terreno, se utiliza una canaleta recubierta con concreto de  $140 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a la compresion, repellada y pulida (Ver detalle en hoja de plano 3 / 9 ).

### 5.2.3 VIAS DE ACCESO INTERNAS

- *Acceso a terrazas.*

Como vías de acceso internas, se utilizarán las terrazas de apoyo del relleno sanitario, además se efectuarán cortes y rellenos posterior a la construcción de las terrazas para movilizarse de un nivel de terraza a otro; los cortes predominán en las zonas de transición con el fin de obtener material disponible para la cobertura del relleno sanitario ( ver hoja de plano 6 / 9 ).

Los anchos de rodaje en estas zonas son de 5.00 metros y una pendiente a lo largo de su eje que oscila entre el 10% y el 20% y una pendiente perpendicular a su eje del 3% lo que garantizará el drenaje de la vía. Con el objeto de evitar el deslizamiento de los vehículos recolectores en las épocas de invierno, en las zonas de transición, se construirá un adoquinado con un ancho de 1.00 metro a partir de 0.75 metros a ambos lados de la línea central de la vía interna (ver figura 5.2) ( ver hoja de planos 5/9 y 6/9).

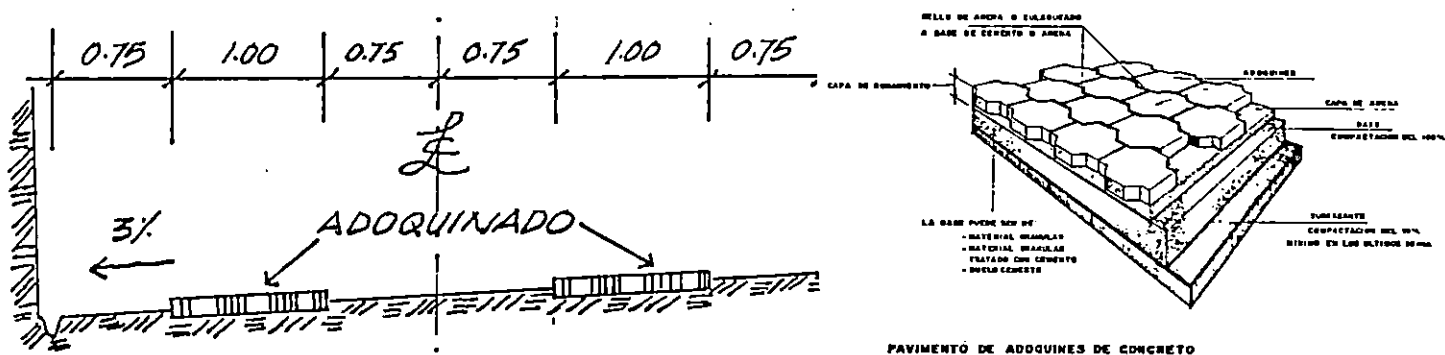


Figura 5.2 Detalle de rodaje en zonas de transición

#### 5.2.4 IMPERMEABILIZACIÓN SUPERFICIAL

- *Detalle de impermeabilización*

La impermeabilización de terrazas se realizará con arcilla compactada al 95% de la prueba Próctor AASHTO T-180 , un límite líquido > 50 y un índice plástico no mayor de 8, su espesor será de al menos 20 cms. (ver figura 5.3) .



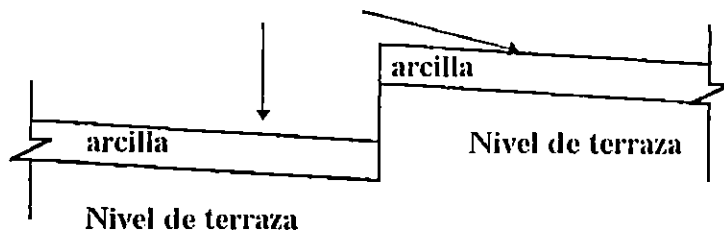


Figura 5.3 : Detalle general de impermeabilización en terrazas.

### 5.2.5 SISTEMA DE DRENAJE Y CAPTACION DE LIXIVIADOS.

- *Drenaje de lixiviados.*

El caudal de lixiviados se estima por medio de la fórmula 5.16, que se presenta a continuación:

$$q = (P \times A \times K) / T$$

Donde:

$$P = 1942 \text{ mm/año.}$$

$$A = 11,906.63 \text{ M}^2$$

$$K = 0.5733 \text{ ( } K = PV_D / PV_{RS} = 258 \text{ Kg/M}^3 \div 450 \text{ Kg/M}^3 \text{ )}$$

$$T = 31536000 \text{ seg.}$$

Por tanto:

$$q = (1942 \text{ mm}) (11,906.63 \text{ M}^2) (0.5733) / (31536000 \text{ seg})$$

$$q = 0.42 \text{ Lt/seg} \equiv 0.00042 \text{ M}^3/\text{seg}$$

Conocido el caudal y suponiendo un drenaje en tubería a medio llenar, se procede a calcular el diámetro requerido a partir de la fórmula 5.18 así:

$$Q = (1/n)A R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde :

$$A = \Pi D^2 / 8$$

$$R = D/4 \text{ (Para tubería a medio llenar)}$$

De lo anterior se deduce que:

$$Qn/S^{1/2} = (\Pi D^2 / 8) (D / 4)^{2/3}$$

Por lo tanto:

$$D = [ 6.416725216Q n/ S^{1/2} ]^{3/8}$$

La información a utilizar es:

$$Q = 0.00042 \text{ M}^3/\text{seg}$$

$$n = 0.010 \text{ (Tubería de P.V.C.)}$$

$$S = 0.02 \text{ (2\%)}$$

De donde:

$$D = 0.0402 \text{ m.} \equiv 4.02 \text{ cm} \equiv 1.58 \text{ ''}$$

En vista de que la fórmula para determinar la cantidad de líquido lixiviado no es muy representativa, se tomará como diámetro de tubería el valor de 2'' para el

drenaje secundario y una tubería de 4" para el drenaje principal, lo que da un buen margen de seguridad (ver detalle constructivo y ubicación de drenajes en hoja de plano 3 / 9) .

• *Cálculo de diámetros y separación de agujeros en tubería para drenaje de líquidos lixiviados*

Trazado el sistema de drenaje de lixiviados, se calculan las áreas tributarias de cada ramal, escogiéndose la más desfavorable.

Se estima el caudal de lixiviados por esa área.

Se asume una velocidad de 1 cm / seg como velocidad de entrada.

Se calcula, en base al caudal el área de orificios por cierta distancia de tubería.

datos:

$$A = 1003.00 \text{ m}^2$$

$$P = 1942 \text{ mm / año}$$

$$K = 0.5733$$

$$T = 31,536,000.00 \text{ seg}$$

$$q = (1942.00 \times 1003.00 \times 0.5733) / 31,536,000.00$$

$$q = 0.03540 \text{ lts / seg}$$

$$q = 0.00003540 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

De la fórmula de manning  $Q = V \cdot A$

$$A = 0.00003540 / 0.01$$

$$A = 0.00354 \text{ m}^2$$

PARA TUBERIA DE Ø 4"

Considerando agujeros de Ø 5/8" a cada 25 cms y un tramo de tubería de 20 mts, para dicha área de influencia y considerando que los agujeros trabajan a un 50% de su capacidad tenemos que el área del agujero es:

$$A_{\text{Ø}5/8"} = \Pi D^2 / 4$$

$$A_{\text{Ø}5/8"} = \Pi (0.015875)^2 / 4$$

$$A_{\text{Ø}5/8"} = 0.000197932 \text{ m}^2$$

Si se considerarán los agujeros espaciados a 25 cms, entonces se tienen 160 agujeros en 2 filas que trabajarán al 50%. Entonces, el área para desalojar los lixiviados de la zona aportado por los agujeros será:

$$A_{\text{trabajoØ}5/8"} = 160 (0.000197932) 0.50$$

$$A_{\text{trabajoØ}5/8"} = 0.031 \text{ m}^2 > 0.00354 \text{ m}^2$$

PARA TUBERIA DE Ø 2"

$$A_{\text{Ø}1/2"} = \Pi D^2 / 4$$

$$A_{\text{Ø}1/2"} = \Pi (0.0127)^2 / 4$$

$$A_{\text{Ø}1/2"} = 0.0001266 \text{ m}^2$$

Si se considerarán los agujeros espaciados a 25 cms, entonces se tienen 160 agujeros en 2 filas que trabajarán al 50%. Entonces, el área para desalojar los lixiviados de la zona aportado por los agujeros será:

$$A_{\text{trabajoØ}5/8"} = 160 (0.0001266) 0.50$$

$$A_{\text{trabajoØ}5/8"} = 0.01013 \text{ m}^2 > 0.00354 \text{ m}^2$$

*0.625 in \* 2.54 cm / in \* 1m / 100cm*

- *Piscina de evaporación.*

En base al caudal de lixiviados, puede estimarse el volumen diario de lixiviados de la siguiente manera:

$$\text{Volumen diario de lixiviados} = 0.00042 \text{ M}^3/\text{seg} \times 86400 \text{ seg/ día} = 36.288 \text{ M}^3/\text{día}.$$

Utilizando un tirante máximo de 0.50 m. se calcula el área requerida de la siguiente forma:

- $\text{Área total de piscina de evaporación} = \text{Volumen diario de lixiviados} \div \text{Tirante máximo}$
- $\text{Área total de piscina de evaporación} = 36.288 \text{ M}^3 \div 0.50 \text{ M} = 72.576 \text{ M}^2.$

Por lo que se construirá una piscina de evaporación de las siguientes dimensiones (ver detalle en hoja de plano 3/9):

#### 5.2.6 SISTEMA DE EVACUACION DE GASES.

La evacuación de gases se realiza por medio de “chimeneas” , consistentes en estructuras de tela de gallinero, rellena de piedra , apoyadas en costanera de pino y cuya sección es de 30 × 30 cms. (ver detalle hoja de plano 3 / 9 ). cuya separación máxima es de 50 metros y que se encuentra interconectada con el sistema de drenaje de lixiviados.

## 5.2.6 DISEÑO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS

- *Cerco perimetral.*

El cerco perimetral consiste en un cerco de malla ciclón soldada a tubos de concreto prefabricados, con una separación de 2.50 mts entre cada poste y un portón construido con estructura metálica , forrado con un tramo de lamina de hierro y malla ciclón ( ver detalle en hoja de plano 4 / 9 ).

- *Oficina.*

La oficina consta de 2 espacios físicos uno destinado para usos de la administración y supervisión , el otro como bodega de herramientas, a su alrededor posee un corredor techado que servirá como área de descanso, comedor.( ver detalle en hoja de plano según se detalla en el plano 7 / 9.

## 5.3 PRESUPUESTO

Una vez definidos todos los detalles del diseño, se procede a realizar el presupuesto para determinar los *costos de inversión, costos de operación y costos de clausura* en los que se deben incurrir para la realización del proyecto.

### 5.4.1 COSTOS DE INVERSION

Los costos de inversión para la ejecución del proyecto en su totalidad se dividen en:

- *Costos directos para la construcción de la infraestructura*
- *Costos indirectos para la construcción de la infraestructura.*

Estos costos representan el monto de inversión que deberá efectuar la municipalidad, ya sea con recursos propios o para nuestro caso con el aporte financiero que efectuará la Comunidad Económica Europea.

Los costos directos se desglosan en:

- *Conformación de terrazas*
- *Vías de acceso*
- *Drenaje superficial*
- *Drenaje de lixiviados*
- *Evacuación de gases*
- *Obras complementarias*
- *Oficina*
- *Letrina*

Los costos indirectos son aquellos, en los cuales se tendrá que incurrir para la administración, planeación y ejecución de las infraestructura.

A continuación se presentan los costos de inversión los cuadros 5.5, 5.6, los costo de operación en el cuadro 5.7 y los costos de clausura en el cuadro 5.8.

**CUADRO 5.5: COSTOS DIRECTOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL RELLENO SANITARIO SANITARIO NO MECANIZADO DE LA CIUDAD DE ILOBASCO (CABAÑAS)**

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL-PARCIAL
<b>CONFORMACION DE TERRAZAS</b>					<b>485253.34</b>
LIMPIEZA Y DESCAPOTE	M3	2381.32	12.00	28575.84	
CORTE PARA CONFORMACION DE TODAS LAS TERRAZAS	M3	9120.00	12.00	109440.00	
RELLENO COMPACTADO	M3	13670.00	15.00	205050.00	
ACARREO DE MATERIAL	M3	5687.50	25.00	142187.50	
<b>VIAS DE ACCESO</b>					<b>142929.20</b>
CORTE	M3	3227.80	12.00	38733.60	
RELLENO COMPACTADO	M3	1068.40	15.00	16026.00	
ADOQUINADO (INCLUYE 2 FRANJAS)	ML	467.00	188.80	88189.60	
<b>DRENAJE SUPERFICIAL</b>					<b>75964.68</b>
CANALETA "NORTE"	ML	193.18	205.16	39632.81	
CANALETA "SUR"	ML	181.20	140.81	25514.77	
CANALETA PROVISIONAL	ML	707.00	15.80	10817.10	
<b>DRENAJE DE LIXIVIADOS</b>					<b>229294.83</b>
IMPERMEABILIZACION EN SUELO DE SOPORTE	M3	2381.32	60.20	143355.46	
RED DE DRENAJE PRIMARIA D=4"	ML	92.00	100.23	9221.16	
RED DE DRENAJE SECUNDARIA D=2"	ML	707.00	51.88	36679.16	
LAGUNA DE EVAPORACION DE LIXIVIADOS	C/U	1.00	26832.98	26832.98	
CUBIERTA DE PROTECCION LAGUNA DE LIXIVIADOS	S.G	1.00	13206.07	13206.07	
<b>EVACUACION DE GASES</b>					<b>14299.79</b>
"CHIMENEAS" PARA GASES	ML	79.00	181.01	14299.79	
<b>OBRAS COMPLEMENTARIAS</b>					<b>75610.64</b>
CERCO PERIMETRAL	ML	598.80	120.30	72035.64	
PORTON DE ACCESO	C/U	1.00	2700.00	2700.00	
ROTULO DE IDENTIFICACION	C/U	1.00	875.00	875.00	



DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUBTOTAL	TOTAL-PARCIAL
<b>OFCINA Y BODEGA</b>					<b>57641.15</b>
DESCAPOTE	M3	27.99	12.00	335.88	
TRAZO Y NIVELACION	S.G.	1.00	250.00	250.00	
EXCAVACION PARA FUNDACIONES	M3	6.32	50.00	316.00	
RELLENO COMPACTADO	M3	4.33	60.00	259.80	
SOLERA DE FUNDACION SF	ML	22.95	42.36	972.16	
TENSOR T	ML	13.20	38.50	508.20	
ZAPATA Z-1	C/U	2.00	82.16	164.32	
NERVIO N	ML	47.30	62.62	2961.93	
COLUMNA C-1	ML	6.00	81.66	489.96	
SOLERA DE CORONAMIENTO SC-1	ML	30.27	72.03	2180.35	
SOLERA INTERMEDIA SI-1	ML	30.00	72.03	2160.90	
PAREDES DE LADRILLO DE BARRO SISADA (LAZO)	M2	56.42	173.92	9812.57	
PUERTAS METALICAS	C/U	2.00	1637.85	3275.70	
CUBIERTA DE LAMINA FIBROLIT	M2	69.62	95.00	6613.90	
POLIN ESPACIAL P-1	ML	78.00	82.05	6399.90	
TENSOR-VARILLA D=1/2"	ML	20.72	21.04	435.95	
VIGA MACOMBER VM-1	ML	10.82	188.47	2039.25	
VENTANA DE ESTRUCTURA METALICA	M2	7.95	193.40	1537.53	
PISO DE LADRILLO DE CEMENTO 26X26.	M2	22.68	87.15	1976.56	
PISO DE CONCRETO LLANEADO	M2	22.68	84.43	1914.87	
ACERA PERIMETRAL	M2	18.90	79.43	1501.23	
RAMPA DE ACCESO A BODEGA	M2	4.35	70.20	305.37	
REPELLO Y AFINADO DE CUADRADOS	ML	215.14	39.09	8409.82	
PINTURA EN PAREDES	M2	112.84	16.20	1828.01	
INSTALACIONES ELECTRICAS	S.G.	1.00	991.00	991.00	
<b>LETRINA</b>					<b>1128.40</b>
EXCAVACION	M3	1.00	50.00	50.00	/
BROQUEL DE LADRILLO DE BARRO	C/U	1.00	53.30	53.30	/
HECHURA DE CASETA DE LADRILLO DE BARRO (CANTO)	C/U	1.00	425.10	425.10	/
LOSETA DE CONCRETO	C/U	1.00	50.00	50.00	/
TAZA DE CONCRETO	C/U	1.00	50.00	50.00	/
PUERTA DE MADERA	C/U	1.00	350.00	350.00	/
CUBIERTA DE TECHO	C/U	1.00	150.00	150.00	/
<b>TOTAL</b>					<b>1082122.03</b>

**CUADRO 5.6: COSTOS INDIRECTOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA INFRAESTRUCTURA DEL RELLENO SANITARIO SANITARIO NO MECANIZADO DE LA CIUDAD DE ILOBASCO (CABAÑAS)**

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	SALARIO	F. PRESTACION	TOTAL-PARCIAL
INGENIERO RESIDENTE	MES	3.00	6000.00	1.70	30600.00
MAESTRO DE OBRA	MES	3.00	2700.00	1.70	13770.00
TOPOGRAFO	DIAS	20.00	125.00	1.70	4250.00
AUXILIARES	DIAS	540.00	42.60	1.65	37956.60
OFICINA (PERSONAL ADMINISTRATIVO)	MES	3.00	2500.00	1.15	8625.00
<b>TOTAL</b>					<b>95201.60</b>

EL COSTO DE INVERSION ES LA SUMA DE LOS COSTOS DIRECTOS + LOS COSTO INDIRECTOS 1177323.63

**CUADRO 5.7: COSTOS DE OPERACION DEL RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO DURANTE EL PERIODO DE LA VIDA UTIL**

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UNIDAD	CANTIDAD	GASTOS	F. PRESTACION	TOTAL-PARCIAL
MANO DE OBRA(AUXILIARES, VIGILANTE, SUPERVISOR)	AÑO	5.00	19800.00	1.70	168300.00
HERRAMIENTAS	AÑO	5.00	632.40	1.70	5375.40
TRANSPORTE DEGUA	AÑO	5.00	8708.40	1.15	50073.30
EQUIPO DE PROTECCION	AÑO	5.00	572.00	1.70	4862.00
MATERIAL DE COBERTURA	M3	17434.10	25.00	1.00	435852.50
IMPREVISTOS 3 % (REPARACIONES, TRANSPORTES, ETC)					19933.89
<b>TOTAL</b>					<b>684397.09</b>

**CUADRO 5.8: COSTOS DE CLAUSURA DEL RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO**

DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	TOTAL-PARCIAL
COBERTURA FINAL	23813.20
ENGRAMADO	119066.00
<b>TOTAL</b>	<b>142879.20</b>

# CAPITULO 6

OPERACION Y

MANTENIMIENTO

## **6.1 CIERRE DEL BOTADERO ACTUAL**

Para que la apertura, establecimiento y operación del Relleno Sanitario proyectado sea un éxito se debe comenzar con la clausura o cierre total del botadero actual con un acto público en el cual estén presentes autoridades municipales de la Ciudad de Ilobasco, así como también se deben cerrar los demás botaderos existentes en la zona (si los hubiese).

Para que la clausura o cierre del botadero actual tenga efecto se deberán considerar las siguientes medidas que se recomienda tomar:

- a) Hacer publico el cierre definitivo del botadero actual anunciando dicho cierre, y dar a conocer la existencia del nuevo lugar para la disposición de los desechos y además dar a conocer y detallar la ubicación específica del mismo.
- b) Hacer la actividad del literal "a" con los usuarios o contribuyentes que generan esporádicamente volúmenes grandes de basura, y que contratan a particulares para la disposición.
- c) Publicar e instalar en puntos estratégicos avisos informando a la ciudadana de las sanciones y/o multas que se aplicaran a quienes infrinjan las normas establecidas.
- d) Construir en el perímetro del botadero actual un cerco para impedir el ingreso de personas y animales.

- d) Construir en el perímetro del botadero actual un cerco para impedir el ingreso de personas y animales.
- e) Realizar un programa para el exterminio de roedores, bichos y otros animales que generalmente habitan en un botadero a cielo abierto, para esta actividad es recomendable contar con la asesoría y cooperación de la división de saneamiento ambiental del Ministerio de Salud de la localidad. De no realizar esta actividad se puede provocar que los roedores y bichos que habitan en el botadero emigren a casas cercanas o se propaguen a lugares cercanos, al no disponer estos de alimentos (por el enterramiento de basuras).
- f) Una vez realizado el exterminio de los roedores y bichos se deberá proceder a cubrir con una capa de tierra de 30 cms. de espesor toda la superficie libre del botadero, para evitar la erosión de la capa de tierra de cobertura se deberá sembrar vegetación.

## 6.2 CONTROL DE OPERACIONES

Toda actividad a realizar en el relleno sanitario deberá ser organizada y supervisada de manera estricta con el propósito de cumplir los objetivos por los que fue construido dicho lugar de disposición de desechos, las actividades que se recomienda controlar son las siguientes.

- Control de la cantidad de basura que ingresa al relleno.
- Orientación del tráfico y descarga de basura.
- Puntos de descarga en el frente trabajo.
- Control de tamaño y conformación de las celdas, y su respectiva cobertura (efectuado por el supervisor)
- Vigilar el buen mantenimiento de herramientas y equipo de protección de los trabajadores.
- Adecuada vigilancia para evitar el ingreso de animales, y personas ajenas al relleno, y no permitir la excavación de basuras ya cubiertas en las celdas ya conformadas.

### 6.2.1 OPERACIONES BÁSICAS.

Las operaciones básicas en un relleno sanitario son las siguientes:

- **Depositar:** Consiste en colocar los residuos sólidos de una manera planeada y controlada, en el frente de trabajo designado.

- **Acomodar:** Es el trabajo de adecuar los residuos sólidos sobre el apoyo inclinado de la celda correspondiente, en capas no mayores de 20 cm, de espesor.
- **Compactar:** Los residuos sólidos son comprimidos por medio de equipo manual pasando sobre ellos de 2 a 4 veces. Esta operación se hará siempre de abajo hacia arriba.
- **Cubrir:** La cubierta será a base de una capa de tierra compactada de espesor, entre 15 y 30 cm. Cubrirá a los residuos sólidos depositados en un día, tanto en el terraplén como en los taludes de la celda. Este material se compactará de la misma forma que los residuos sólidos hasta obtener la compactación deseada (VER FIG. 6.1).

### 6.3 MANO DE OBRA

En relleno sanitario manual, como lo especifica su nombre todos los procesos o actividades desarrolladas se efectúan por obreros del municipio de forma manual sin utilizar maquinaria mecanizada. La cantidad de trabajadores esta en función de las siguientes variables: Condiciones climaticas, método de construcción del relleno y cantidad de desechos que sean recolectados durante la jornada de labores los cuales tienen que ser enterrados o cubiertos.

FIGURA 6.1

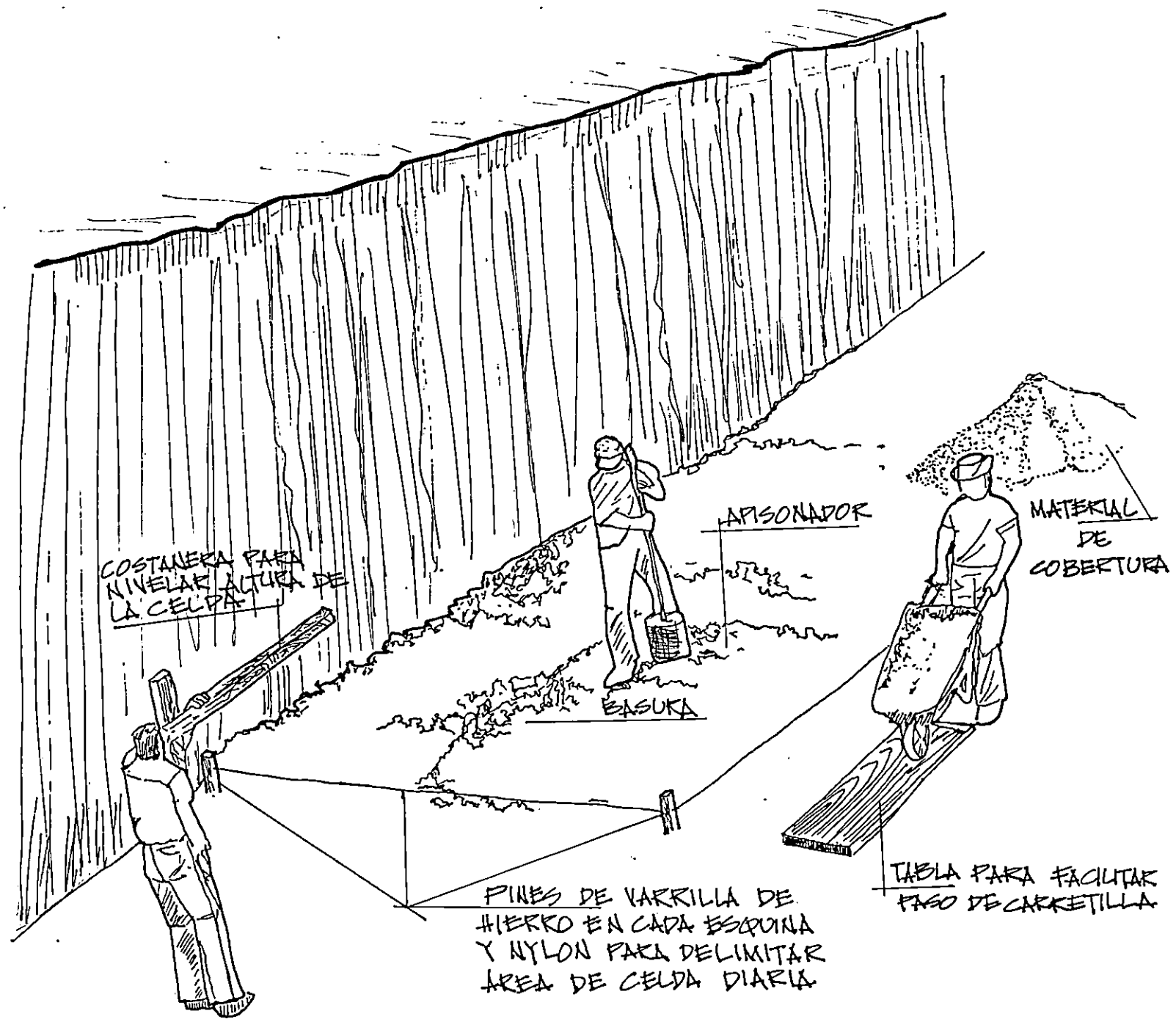


FIG. 1



## 6.4 HERRAMIENTAS

El equipo necesario para la operación del relleno sanitario manual se limita al empleo de herramientas utilizadas en la albañilería, tales como: carretillas, palas, piochas, barras lineales, azadones, pisonos con mango de madera, rodillo manual o caneca y rastrillos. La cantidad de herramientas esta en función del número de trabajadores y estos como ya se mencionó esta en función de la cantidad de desechos a disponer en el relleno ( VER FIG. 6.1 Y 6.2 ) .

Es recomendable que para el paso sobre celdas ya construidas cuando sea necesario pasar sobre estas con carretillas para acarreo de material de cobertura se coloquen tablonces que brinden protección a la capa de cobertura de la celda y que todo tránsito se haga por los tablonces, y esto se hace aun mas necesario en época de lluvia, esto ayuda también al rendimiento de las actividades.

FIG 6.2

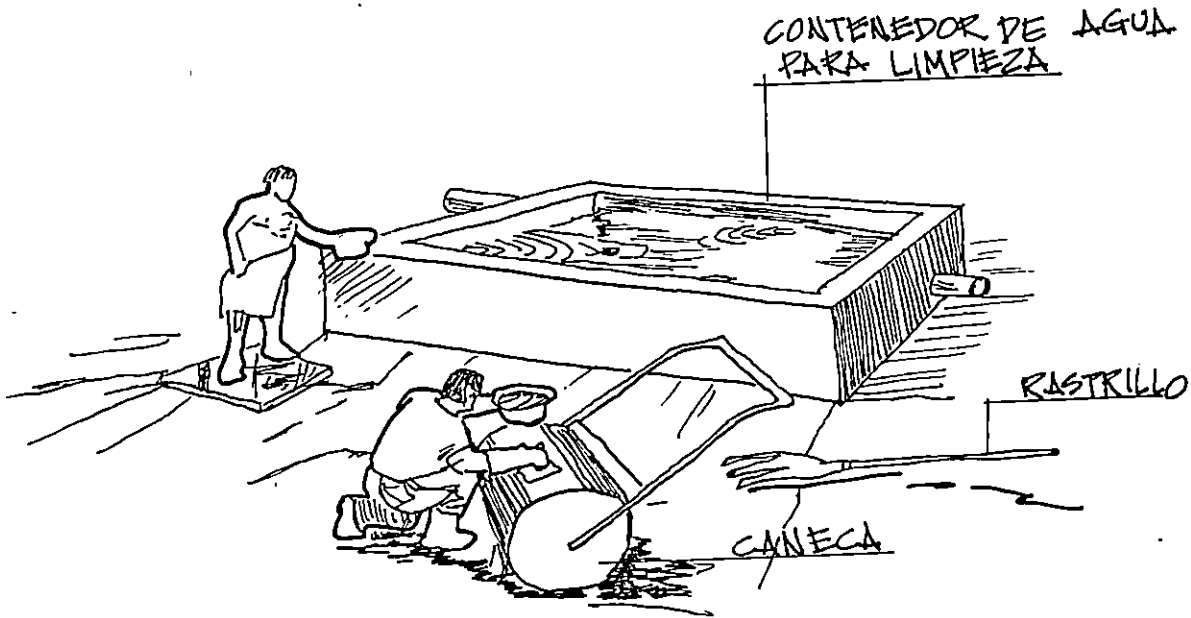


FIG. 2  
LIMPIEZA DE PERSONAL Y HERRAMIENTAS.

## 6.5 CONSTRUCCION DEL RELLENO SANITARIO

### 6.5.1 OPERACIONES DE DESMONTE.

Según las condiciones, estas operaciones incluyen la eliminación de monte bajo como arbustos y pequeños árboles, la eliminación de monte mediano y alto, como árboles más grandes, la extracción de troncos y raíces, y el amontonamiento de la masa vegetativa para su quema, o enterramiento, es recomendable hacer el desmonte por etapas.

### **6.5.2 CONSTRUCCION DE TERRAZAS Y DRENAJES**

La construcción de terrazas y drenajes para lixiviados y para gases debe llevarse a cabo siguiendo la recomendación del diseño, planos y por etapas (ver hojas de planos 3 / 9, 8 / 9 y 9 / 9) señaladas en los mismo y en caso de que sea necesario cambios en las etapas o en el desarrollo de éstos deberá ser autorizado por el supervisor de planta.

## **6.6 OPERACION DEL RELLENO SANITARIO**

El inicio de descarga de basura se realizará hasta que todas las obras de infraestructura del relleno estén totalmente construidas.

- Tanto los desechos como el material de cobertura se recomienda que sean descargados lo mas cerca posible con el propósito de facilitar el esparcido y conformación de la celda en la que se este trabajando.

( VER FIG. 6.3 ).

### **6.6.1 MATERIAL DE CUBIERTA.**

**Funciones.**

- Evitar diseminación de residuos sólidos por efectos del viento.
- Controlar malos olores.
- Evitar la invasión al relleno de fauna nociva.
- Disminuir riesgos de incendio.
- Estabilizar el relleno para que sea más transitable.

- Evitar la infiltración de agua de lluvia.

### ESPESOR DE CAPAS.

Capas Intermedias : Entre 15 y 30 cm compactados.

Capa Superior : 30 cms. ó más compactados.

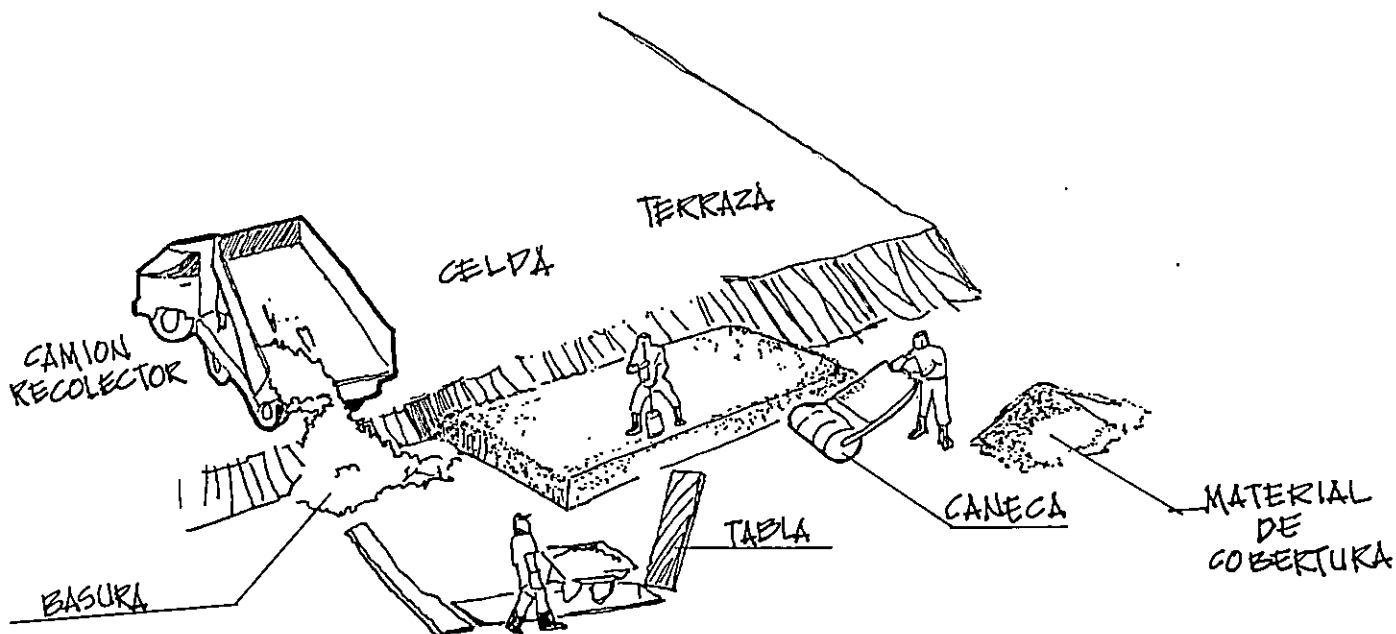


FIG. 3  
UBICACION DE DESECHOS, MATERIAL DE COBERTURA EN FRENTE DE TRABAJO.

- Se debe adiestrar y concientizar a todos los trabajadores del servicio de aseo que están relacionados directamente con el funcionamiento del relleno, no solamente los que tengan que ver con las actividades de construcción, operación y mantenimiento, si no también todo trabajador que este involucrado en cualquier etapa del proceso del manejo de las basuras y hacer

énfasis en la importancia de cada actividad para lograr un buen trabajo y éxito del relleno.

Además el jefe encargado o supervisor debe tomar en cuenta que un trabajador ofrece mejores rendimientos si este tiene buenas condiciones para el desempeño de su trabajo.

#### **6.6.2 RESIDUOS POR DISPONER.**

**Cantidad:** El relleno sanitario recibirá los residuos sólidos generados por la comunidad y recolectados por el sistema de recolección de la municipalidad.

**Composición:** El relleno sanitario solo podrá recibir residuos sólidos municipales. No podrá aceptar el relleno sanitario residuos industriales y potencialmente peligrosos.

#### **6.6.3 DRENAJES.**

- **Captador de líquidos percolados.**

Debido a que el sistema de captación se localizará en la base del relleno sanitario, deberá protegerse para evitar rupturas y hundimientos.

- **Desviación de aguas pluviales.**

Se debe evitar al máximo el escurrimiento de aguas en la superficie del relleno ya que esto incrementa la percolación y además dificulta el movimiento de vehículos, se debe conservar limpias y en buen estado tanto la canaleta perimetral como los drenajes internos del relleno.

Se tratará que las operaciones del relleno sanitario se realicen la mayoría del tiempo bajo condiciones secas. En épocas de lluvias las aguas pluviales se dirigirán a canales que las desviarán fuera de la zona de operación.

- Captación y conducción de las aguas superficiales.

Los canales de conducción de las aguas pluviales deberán estar siempre libres de rocas, arena o residuos, para evitar su azolvamiento.

Se tendrán canales fijos y provisionales dependiendo del programa de construcción del relleno.

Las canaletas perimetrales en las que se evacuaran las aguas lluvias deberán inspeccionarse periódicamente para detectar cualquier deterioro y repararlo.

#### **6.6.4 RECEPCIÓN.**

El horario de operación del relleno sanitario se establecerá de acuerdo con el horario del sistema de recolección de los residuos sólidos.

El horario deberá colocarse a la entrada del relleno y se indicará el tipo de residuos permisibles de entrada.

El relleno sólo aceptará residuos sólidos municipales, no se aceptará residuos sólidos hospitalarios contaminantes, como son: medicamentos con fecha de caducidad vencida y que no fueron suministrados; órganos, tejidos y otras partes que provengan de operaciones. Estos residuos deberán ser incinerados en la fuente generadora.

Una vez autorizada la entrada al vehículo o camión se le asignará el frente de operación al que deba ir a descargar.

Se prohibirá el acceso a personas ajenas al relleno sanitario.

La localización de las celdas del relleno deberán estacarse para identificar los límites de las mismas. La elevación del nivel de los residuos y de la altura de material de cubierta deberá darse también sobre el estacado ( VER FIG. 6.1 ).

#### **6.6.5 VIGILANCIA.**

- 1.- Se vigilará al máximo la entrada exclusiva de residuos sólidos municipales al relleno sanitario.
- 2- Se vigilará la entrada a todas las personas que estén involucradas en las actividades del relleno sanitario. Desde los choferes, hasta el personal que labore dentro de éste.
- 3- Se vigilará el buen estado de los caminos interiores del relleno sanitario mediante inspecciones constantes a los mismos. Se taparán los baches y se rociarán las vías con aceite cuando sea necesario para evitar polvo.

#### **6.6.6 CERCAS.**

Para controlar los materiales susceptibles a ser arrastrados por el viento, deberán colocarse en dirección transversal al viento cercas móviles construidas de malla de

gallinero de 3 m de altura por 6 metros de largo. Los materiales susceptibles a ser arrastrados por el viento serán retenidos en estas mallas.

Así también se deberá colocar una cerca perimetral en todo el terreno para proteger al relleno contra la invasión de animales y a la vez servirá como control.

#### ***6.6.7 PASOS PARA LA CONSTRUCCION DE LAS CELDAS***

- Para la construcción de la primera celda se debe demarcar el área que ocupara esta, esta demarcación o trazo se hará en base a las dimensiones que sean necesarias para la disposición del total de basura recolectada en la jornada de trabajo, esta actividad dará una clara idea de la conformación de las celdas siguientes ( VER FIG. 6.1).
- Descargar la basura en el frente de trabajo con el propósito de mantener un área bien limitada donde haya desechos descubiertos por poco tiempo y además tener distancias cortas de acarreo ( VER FIG. 6.2).
- Esparcir la basura en el área demarcada, en capas de espesor de 0.20 a 0.30 mts. y compactar hasta alcanzar la altura recomendada para la celda.
- Cubrir los desechos compactados, con material de cobertura (tierra ), al final de la jornada de trabajo, se debe cubrir la última capa de basura compactada con dos capas de tierra de 15 cms. cada una, la que evitará la proliferación de vectores como roedores, cucarachas y la presencia de aves de rapiña u otros animales que escarven el relleno.



- Los taludes que sea necesario formar en cualquiera de los costados o extremos de las celdas deberán tener una pendiente de 3:1 (3 MTS.horizontal por 1 MT. vertical)

### **6.6.8 OPERACION EN EPOCAS DE LLUVIA**

#### **Zona de emergencia.**

El relleno sanitario contará con una zona de emergencia para la disposición de los residuos sólidos en épocas de lluvia . El área de la zona se recomienda que sea tal que se pueda albergar los residuos de 5 días (VER PLANO 279).

En la estación de invierno, en nuestro país las actividades de trabajo que se realizan a la intemperie enfrentan serias dificultades, las actividades del relleno sanitario comenzado por la recolección, enfrentaran problemas en esta época dentro de las cuales se pueden mencionar:

- **Posible atascamiento de los vehículos cuando estos circulen sobre las celdas finalizadas (debido a la baja densidad alcanzada en la capa de cobertura por ser la compactación manual.)**
- **Problemas en la extracción y acarreo del material de cobertura y dificultad al momento de la conformación de la celda, estos factores influyen negativamente en el rendimiento de mano de obra.**
- **Algunas veces solamente se descargara la basura y el material de cobertura sobre la terraza, quedando sin efectuarse en el momento el esparcido de la basura y el compactado de la misma y el material de cobertura, todo lo anterior debido a torrenciales lluvias, temporales o lluvias persistentes. Como consecuencia la apariencia y estética del relleno sanitario se deteriorara por la presencia de basura dispersa y la posible presencia de zopilotes, si es que no se toman las medidas apropiadas preventivas para dichas situaciones.**

- Incremento de la producción de lixiviados debido a la lluvia que cae directamente sobre las áreas rellenas.

Debido a los problemas antes mencionados se recomienda tomar las siguientes medidas preventivas:

- Determinar lugares específicos los cuales sean los menos afectados por las lluvias, sin problemas de acceso y que se pueda operar en estos lugares en las peores condiciones.

En las épocas de lluvia por uno o varios días de la semana reforzar la mano de obra, con una cuadrilla de dos o tres trabajadores mas, para que las actividades mas afectadas sean reforzadas, para mantener el relleno en buenas condiciones mientras subsistan los factores adversos.

- La extracción y el acarreo de material de cobertura efectuarlo en épocas o días secos y en la suficiente cantidad para cubrir las necesidades del relleno y hacer el acopio de este en lugares adecuados y cubrir este material con plástico.
- En la época lluviosa o en días lluviosos cubrir las celdas en las que se trabajara el día siguiente o en las que se este trabajando cubrirlas con plástico, para impedir en lo posible el paso de la lluvia a través de las basuras (VER FIG. 6.4) . Tratar que el avance del relleno sea en altura mas que en extensión, además en estas épocas se deberá contar con lonas, plástico, residuos provenientes de demoliciones, grava o residuos provenientes del barrido de calles para cubrir los residuos sólidos orgánicos y evitar la dispersión y arrastre de los mismos y que ocasionen daños a la ecología y a la salud pública.

- Es común encontrar en las basuras vidrios, metales puntiagudos o filosos los cuales pueden ocasionar que el trabajador al recolectar y manipular la basura se

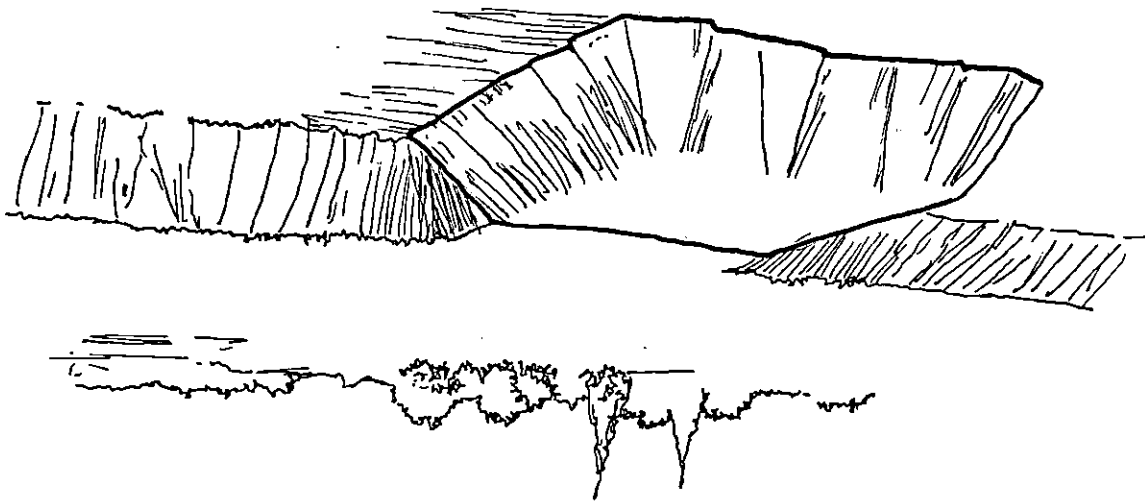
Entre los riesgos potenciales podemos mencionar los siguientes:

trabajo.

negligencia del trabajador como por condiciones de poca o ninguna seguridad de de los desechos potencialmente contaminados, lo anterior puede ser causa tanto por pública y a padecer o contraer enfermedades infecto-contagiosas debido al manejo ción final, se ven continuamente sometidos a diario a sufrir accidentes en la vía Los trabajadores que realizan las actividades de recolección, transporte y disposi

6.7 SEGURIDAD DE TRABAJO

FIG. 4  
PROTECCION DE CELDA CON  
PLASTICO EN EPOCA DE LLUVIA



ocasiona heridas tanto en sus manos como brazos si este no cuenta con guantes, uniformes adecuados y equipo de protección.

- El almacenamiento de la basura en recipientes de gran volumen puede producir en el trabajador recolector a la hora de cargar estos, desgaste excesivo, cortaduras, y desgarramiento musculares.
- El trabajo o labor de jornadas demasiado largas causan fatiga que puede irse acumulando en el trabajador y ocasionar en este baja en el rendimiento de sus labores.

Las precauciones mas comunes que el trabajador no toma en cuenta son las siguientes:

- Ingerir bebidas alcohólicas durante la jornada de labores (o presentarse a trabajar con efectos residuales de estos).
- Levantar depósitos de basura demasiado pesados para un solo trabajador o levantar estos de forma inadecuada.
- Descuidarse del tráfico vehicular.
- No usar el uniforme y el equipo de protección individual.

Se recomienda identificar las causas mas comunes de accidentes o enfermedad de los trabajadores del equipo de recolección de la Ciudad de Ilobasco, lo mismo que para

los trabajadores que se emplearan en el relleno sanitario, para poder así tomar las medidas preventivas y paliativas del caso.

**Recomendaciones para tratar de minimizar los problemas antes mencionados:**

- **Adoptar medidas preventivas eficaces para las causas identificadas.**
- **Proporcionar a los trabajadores un lugar adecuado para vestuario y aseo personal después de la jornada de trabajo, para prevenir que el trabajador lleve a su hogar cualquier clase de contaminación (VER FIG. 6.2 ).**
- **Mejorar la calidad del equipo y herramientas, además solicitar la colaboración de los contribuyentes donde se detecte que almacenan la basura en recipientes de gran volumen o demasiado pesados, que traten de usar recipientes de menos volumen y menos peso, para el sector residencial se recomienda efectuar una campaña de promoción y concientización para que colaboren con la actividad de recolección, esto puede hacerse con estudiantes previamente adiestrados.**
- **Proveer a los trabajadores de mascarillas, guantes, botas y por lo menos de dos uniformes al año (VER FIG. 6.5 ).**
- **Estipular normas de seguridad de trabajo, con las respectivas indicaciones para el uso del equipo.**
- **Contar con un botiquín de primeros auxilios, en cada unidad de recolección, como en el relleno sanitario.**
- **Tratar de que al menos uno de los trabajadores del relleno y el motorista de cada unidad recolectora reciba un curso de primeros auxilios.**

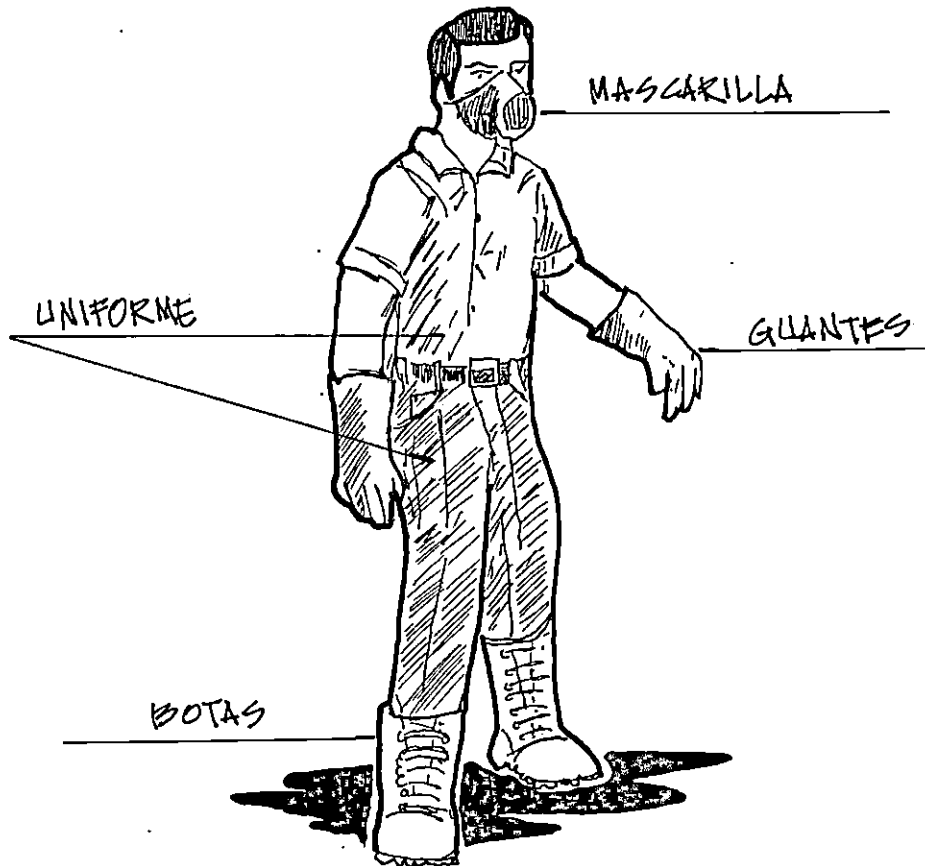


FIG. 5  
OPERARIO DEL RELLENO SANITARIO  
CON SU EQUIPO DE PROTECCION

## 6.8 VIAS DE ACCESO

Deberá mantenerse en buenas condiciones y transitables para toda clase de vehículos las vías de acceso al relleno, estas deberán ser reparadas antes y después

de cada invierno además deberán mantenerse en buenas condiciones operativas las redes de drenaje pluvial y superficie terminada del terreno.

Por lo general el costo de mantenimiento de las vías de acceso es menor que el costo que implica la reparación de daño de un vehículo recolector, el frente de trabajo siempre deberá mantenerse limpio y organizado.

## **6.9 ABASTECIMIENTO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS**

Las herramientas que resulten dañadas o quebradas al finalizar la jornada de trabajo deberán ser reparadas o sustituidas a la mayor brevedad posible además las herramientas usadas deberán ser guardadas a diario bien limpias y libres de residuos o desechos (VER FIG.6.2 ).

El abastecimiento de materiales deberá ser debidamente planificado pues de esto depende casi todo el mantenimiento dentro de este abastecimiento incluye herramientas y equipo que siempre deberá haber en existencia las cuales pueden almacenarse en la bodega de la alcaldía.

La entrega de herramientas y equipo a los trabajadores deberá ser controlado por medio de una lista de entrega para así que cada trabajador sea responsable de su equipo, de todo equipo y herramientas usada se debe establecer un inventario.

## **6.10 CONTROL DE MOSCAS**

El uso excesivo de insecticidas con el propósito de eliminar las moscas puede provocar la contaminación del ambiente en el lugar, las moscas viajan junto con los



desechos en los camiones recolectores. Además, la contaminación del río Copinol que bordea al terreno del relleno sanitario provoca también la presencia de estos insectos, en lugar de usar insecticida muy seguido que también puede originar el desarrollo de inmunización en las moscas al insecticida, lo que puede ocasionar a largo plazo dificultad para controlar dichos insectos, para resolver esta situación se recomienda tener el menor tiempo posible al descubierto la basura. La fumigación es recomendable únicamente con cierta periodicidad.

### 6.11 MATERIAL DISPERSO

Para evitar dar mala impresión con basura dispersa se debe designar a un trabajador que al final de la jornada efectúe la recolección de basura que haya sido regada ya sea por el viento o que haya sido transportada por las ruedas de los vehículos o cualquier otra causa a algún lugar que no sea el frente de trabajo, y que esta basura sea llevada a la celda que se está construyendo (VER FIG. 6.6).

- Control de papel y plástico.

El control de la dispersión de los papeles y plásticos por la acción del viento se evitará colocando rejillas o mallas móviles próximas al frente de trabajo y a sotavento, es decir, en la dirección del viento. Estas cercas deberán limpiarse periódicamente de los residuos acumulados.

La malla será de tipo tela de gallinero. Conforme cambien las operaciones, la cerca podrá transportarse hacia nuevos sitios.



FIG. 6  
RECOLECCION DE BASURAS SUELTAS EN EL RELLENO

### 6.12 CONTROL DE INCENDIOS

La descomposición de la basura produce gas metano el cual es altamente volátil, por esta razón no se deberá permitir la práctica de quema de papeles, cartones o cualquier otro material combustible pues esto puede propiciar un incendio, aparte de que la práctica de quema de basura podría causar la mala impresión de que el relleno es otro botadero de basura a cielo abierto.

### 6.13 DRENAJE DE GASES

Una estructura importante y delicada en un relleno sanitario es la chimenea para gases, con estas se deberá tener cuidado que no sean obstruidas o deformadas, conforme se va avanzando en la altura del relleno por el efecto del asentamiento provocado por el tránsito de vehículos.

## 6.14 MANTENIMIENTO Y CONSERVACION

### 6.14.1 RECURSOS

La construcción de un relleno sanitario requieren de una supervisión estricta y un mantenimiento constante, esto implica gastos que deben ser cubiertos oportunamente, por lo cual estos tienen que incluirse en el presupuesto anual del municipio.

### 6.14.2 SUPERVISIÓN.

La dirección, organización y control de operaciones del relleno sanitario son actividades responsabilidad de el jefe o supervisor del relleno sanitario este debe contar con el pleno respaldo de la administración municipal.

- Si la supervisión del relleno es deficiente y el mantenimiento tanto técnico como económico no es el adecuado este esta propenso a llegar a convertirse en un botadero de basura a cielo abierto, “El relleno sanitario requerirá de una supervisión constante para poder evitar fallos futuros”.

La imagen final que se le da al relleno sanitario es de gran importancia, para la aceptación que tenga por parte de la población este tipo de disposición final de los desechos sólidos.

En el caso del relleno sanitario de la Ciudad de Ilobasco el avance del relleno será por etapas y cada una de estas se puede ir clausurando y dándole el uso final que se haya recomendado por separado y poner a disposición del público hasta que se haya finalizado y clausurado la última etapa.

La colocación de la cobertura o capa final de cada etapa es muy importante pues esta es prácticamente el sello del relleno sanitario, para luego proceder a la siembra de vegetación grama y/o arbustos.

En el acabado final del relleno hay que poner mucha atención pues con el paso de los meses en la superficie del relleno ya finalizado aparecen hundimientos los cuales se deben a fallas que son provocados por la descomposición de la basura tanto en gases como en líquidos. Los asentamientos que se dan no son uniformes si no que son depresiones aisladas, en estas depresiones se acumula agua en la época de invierno y para evitar esto se deben efectuar nivelaciones en dichos lugares los asentamientos disminuyen después de dos años y desaparecen prácticamente a los cinco años.

Las autoridades municipales serán las encargadas de velar que una vez concluida la vida útil del relleno se le de a este el acabado final y el mantenimiento necesario para que el terreno sea disfrutado por la comunidad .

El uso final que se le de al relleno deberá causar impacto positivo a la comunidad para que exista una buena recepción a un nuevo y posterior relleno sanitario que pueda ser proyectado.

En la cubierta final del relleno sanitario se pueden llegar a presentar ciertos problemas ocasionados por la acción de las lluvias y vientos, como pueden ser depresiones, grietas o erosión. Es menester hacer las reparaciones necesarias a fin de que la cubierta final esté siempre cubriendo el residuo sólido y evitar posibles

contaminaciones del medio ambiente. A continuación se analiza cada uno de estos problemas y su solución.

- **Depresiones o Baches.**

Este caso es muy común, debido a que con el tiempo el residuo sólido se va compactando, pierde humedad y tiende a formar en la cubierta alguna depresión que será necesario reparar.

Para poder reparar la depresión se deberán seguir los siguientes pasos:

- a) Se deberá escarificar con pala, rastrillo o con piocha el área afectada a una profundidad de 10 cm.
- b) Se deberá colocar material de cubierta en capas de 20 cms. como máximo y compactar cada capa hasta lograr la superficie original.

- **Reparación de zonas erosionadas de taludes y terraplenes.**

La lluvia y el aire pueden erosionar los taludes y terraplenes del relleno sanitario, para tal efecto se deberá proceder a reparar de la siguiente manera la erosión:

- a) Se deberá escarificar 10 cm la zona erosionada.
- b) Con material de cubierta se hará la reparación hasta llegar a la superficie original.

## 6.15 PERSONAL A EMPLEAR

### **JEFE DE OPERACION DEL RELLENO SANITARIO.**

#### **Actividad.**

Es el Técnico especializado que en mayor o menor grado tiene la misión de dirigir, mandar las diversas operaciones para el funcionamiento, conservación, mantenimiento y conclusión del relleno sanitario, además asume las funciones técnico-administrativas de recibir órdenes, ordenar, ejecutar, controlar, concentrar información, y elaborar informes.

#### **Función.**

Es el encargado directamente responsable del relleno sanitario, debe establecer la planeación, programación observar su avance, comportamiento, tomando las medidas necesarias para la conservación, mantenimiento y operación del mismo.

Deberá informar a las Jefaturas inmediatas todos los avances en la operación, así como los costos reales por tonelada enterrada y por habitante protegido. Es la persona indicada para establecer los días y horarios del funcionamiento de relleno sanitario.

En coordinación con el jefe de cuadrilla establecerá el a los frentes de operación de acuerdo al plan operativo tratando de obtener un uso óptimo del material de cubierta.

También proporcionará todo el equipo de protección y materiales, para el personal que labore dentro del mismo.

#### **ENCARGADO DEL CONTROL.**

##### **Actividad.**

Es el trabajador que controla las entradas y salidas de materiales, productos, mercancías u otros artículos que se manejen en la bodega o almacén del que es responsable. Vigila el orden dentro del establecimiento, supervisa materiales y equipo y hace las entregas de los mismos mediante la documentación establecida; lleva registros listas y archivo de los movimientos ejecutados diariamente. Puede formular pedidos de materiales, etc.

##### **Función.**

También tendrá a su cargo todos los trámites administrativos del personal que trabaja en la operación del relleno tales como (tarjetas de control, establecer las jornadas y horarios de personal, roles de trabajo, etc.)

A través de este trabajador se hará la petición de los materiales necesarios para el correcto funcionamiento del relleno sanitario.

#### **VIGILANTE.**

##### **Actividad.**

Es el trabajador que realiza las labores de vigilancia durante el día, controla las entradas y salidas de materiales, productos u otros artículos que se manejan en el establecimiento, dentro de las horas de trabajo normal, cierra y abre puerta de

acceso al sitio, lleva registros y listas de los movimientos ejecutados diariamente, al terminar su jornada rinde un informe de las irregularidades observadas.

**Función.**

Deberá permanecer en la caseta asignada a esta función su actividad es de abrir y cerrar las puertas de acceso a los camiones recolectores tanto del municipio como de particulares o concesionarios que lo soliciten permitiendo el paso aquellos que contengan únicamente residuos sólidos municipales (y que estén debidamente autorizados.)

No deberá permitir la descarga de residuos sólidos de una manera indiscriminada dentro del establecimiento ni en sus alrededores, por los choferes de los camiones.

#### *CUADRILLA DE TRABAJADORES DE CAMPO.*

**ACTIVIDAD:**

Este grupo de trabajadores son los encargados de las actividades de esparcido, conformado ,compactado, y cobertura de las celdas de desechos conformadas; además deben mantener limpio el equipo y herramientas de trabajo,deben cumplir con las tareas encomendadas por los jefes inmediatos.

**FUNCION:**

Cada uno de estos trabajadores deberá cumplir con funciones tales como : el esparcido de las basuras y dar a esta el espesor establecido,compactandolas y no saliéndose del area demarcada para la celda,además esparcir el material de cobertura y compactar este, al final de cada jornada de trabajo, y otras funciones mas.



## 6.16 ETAPAS PRINCIPALES DE LA CONSTRUCCION DEL RELLENO SANITARIO DE LA CIUDAD DE ILOBASCO

### 6.16.1 CONSTRUCCION O CONFORMACION DE TERRAZAS.

La construcción de terrazas se iniciara hasta tener concluidas la construcción de obras complementarias (canaleta perimetral, cerca de protección perimetral, caseta de control, local de administración y bodega, fosa séptica). Para el trazo de estas se dan en los planos los rumbos y dimensiones que cada terraza tendrá (plano N° 2/9 ).

En el diseño se determino que las terrazas se dividirán en dos etapas, de estas dos etapas se tiene que conformar las terrazas de la I etapa antes de que se inicie el funcionamiento del relleno sanitario, y de la II etapa se iniciara la su conformación al año y medio o a mas tardar al año ocho meses de haber iniciado su funcionamiento el relleno sanitario (ver plano 8/9) .

Para el control de los niveles de cada terraza se usara como referencia un banco de marca el cual estará ubicado en el mojón número uno y con elevación de 695 M.S.N.M. dicho control se deberá hacer por medio de nivelación con nivel fijo.

Cada terraza deberá tener una pendiente del 3% que drene el lixiviado hacia la tubería colocada para recolectar estos.

## **IMPERMEABILIZACION DE TERRAZAS.**

Cada terraza o area de terreno que vaya a ser utilizada como base para colocar y compactar basura deberá ser impermeabilizada con una capa de 0.20 mts. de arcilla compactada o si se cree conveniente con una membrana de plástico grueso.

La impermeabilización se llevara acabo con una semana de anticipación, antes de entrar a utilizar la zona , no es recomendable impermeabilizar grandes areas pues esta capa puede ser dañada con el paso de trabajadores con carretillas o vehículos sobre estas.

### **6.16.2 ACCESOS INTERNOS.**

Los accesos internos estarán contenidos en las terrazas considerando para estos las pendientes adecuadas en zonas donde sea necesario pasar de una terraza a otra de diferente nivel, el ancho de las vias internas será de 5 metros con una pendiente transversal del 3 % hacia el costado oriente de las mismas.

Para el trazo y dimensión de estos accesos se utilizaran los datos contenidos en el plano 5/9 .En los tramos que sea necesario pasar de un nivel de terraza a otra de diferente nivel, se construirán franjas de adoquinado de 1 mt. de ancho a ambos lados de la línea central y a una distancia de 0.75 mt de esta, con el propósito de dar seguridad en la circulación en épocas lluviosas.

### **6.16.3 DRENAJES PROVISIONALES**

Los drenajes provisionales se construirán conforme se vaya dando la conformación de las terrazas, para el caso se va a construir el drenaje provisional en las terrazas de la primera etapa y este a su vez se utilizara para drenar la escorrentía superficial que provenga de las terrazas de la segunda etapa, al construir las terrazas de de la segunda etapa se procederá a construir el drenaje provisional de esta.

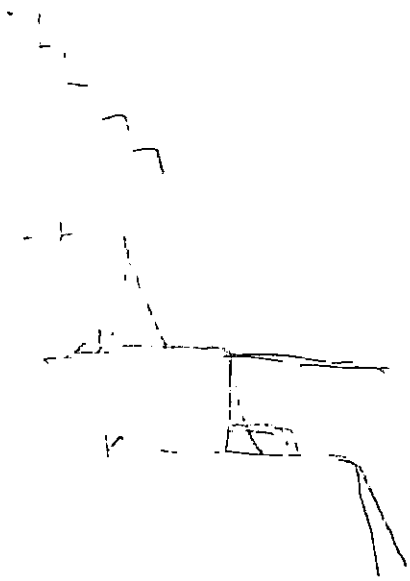
### **6.16.4 DRENAJE PARA LIXIVIADOS.**

La colocación de tubería para drenaje de lixiviados se colocara antes de cubrir la terraza de soporte con desechos solidos y conforme se vaya avanzando en área así se va avanzando en la instalación del drenaje para lixiviados, los canales usados para el drenaje provisional se utilizaran para la instalación del drenaje de lixiviados.

El drenaje o red secundaria será de tubería PVC de 2" de diámetro provista de agujeros a todo lo largo del tubo, de diámetro y separación especificadas en plano 3/9 , el drenaje tendrá una pendiente del 1%, la red primaria del drenaje será de tubería P.V.C. diámetro de 4" ,siempre con agujeros tipo dren francés, la tubería o drenaje de lixiviados estará recubierto de grava # 2.. Toda la tubería estará asentada sobre material impermeable.

La grava # 2 hará las veces de filtro para que el lixiviado llegue al interior del tubo por medio de los agujeros provistos a todo lo largo del tubo (ver plano 3/9 ).

- La tubería P.V.C. será unida una pieza con otra en las uniones por medio de accesorios como empalmes y/o adaptadores; cuando sea necesario cambiar de



sentido se hará por medio del uso de codos ya sea a 45 y a 90 grados siempre de material P.V.C.

Los ramales secundarios del drenaje de lixiviados se conectaran a la tubería principal de diámetro de 4" y esta a su vez llegara a evacuar los lixiviados a la piscina de secado de lixiviados (indicado en plano 3/9).

*La piscina de secado para lixiviados debera mantenerse libre de basuras en su interior y periodicamente debera revisarse para detectar cualquier falla y proceder a su reparacion.*

#### 6.16.5 CONFORMACION DE CELDAS DE DESECHOS

El inicio de las operaciones del relleno será hasta que las obras complementarias estén totalmente finalizadas y que los drenajes para lixiviados estén listos en la zona donde se iniciara la conformación de celdas de desechos.

Las dimensiones de la celda diaria de diseño será de 6.85x5.5x1.0 metros (VER FIG. 6.7)

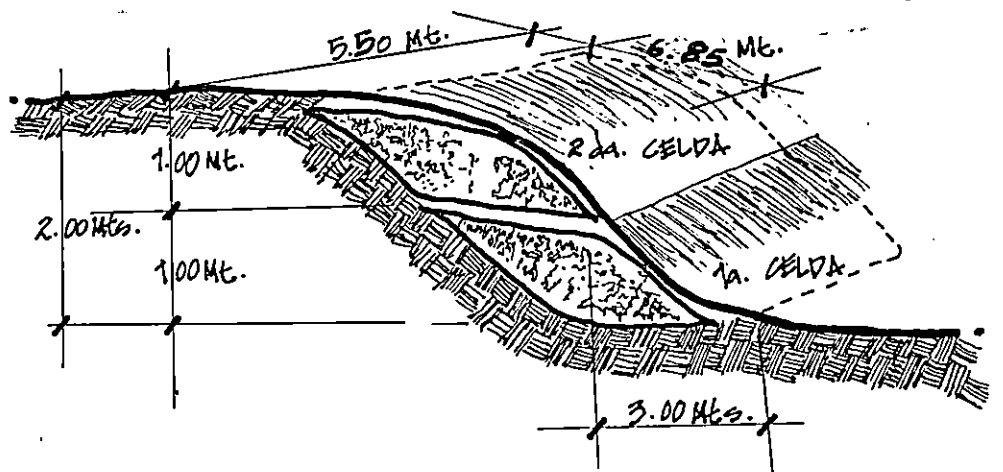


FIG. 7  
CONFORMACION TIPICA DE CELDAS

Cuando sea necesario se disminuirán o incrementarán sus dimensiones pero siempre se mantendrá la pendiente 3:1 (3 metros horizontal por 1 metro vertical) para los taludes, la celda diaria estará compuesta por una serie de celdas una sobre otra hasta llegar a su altura.

La capa final de material de cobertura de la celda diaria será compactada con el rodillo compactador manual (caneca, VER FIG. 6.8), esto con el objetivo de incrementar la compactación del material de cobertura y por ende de los desechos y obtener una superficie uniforme.

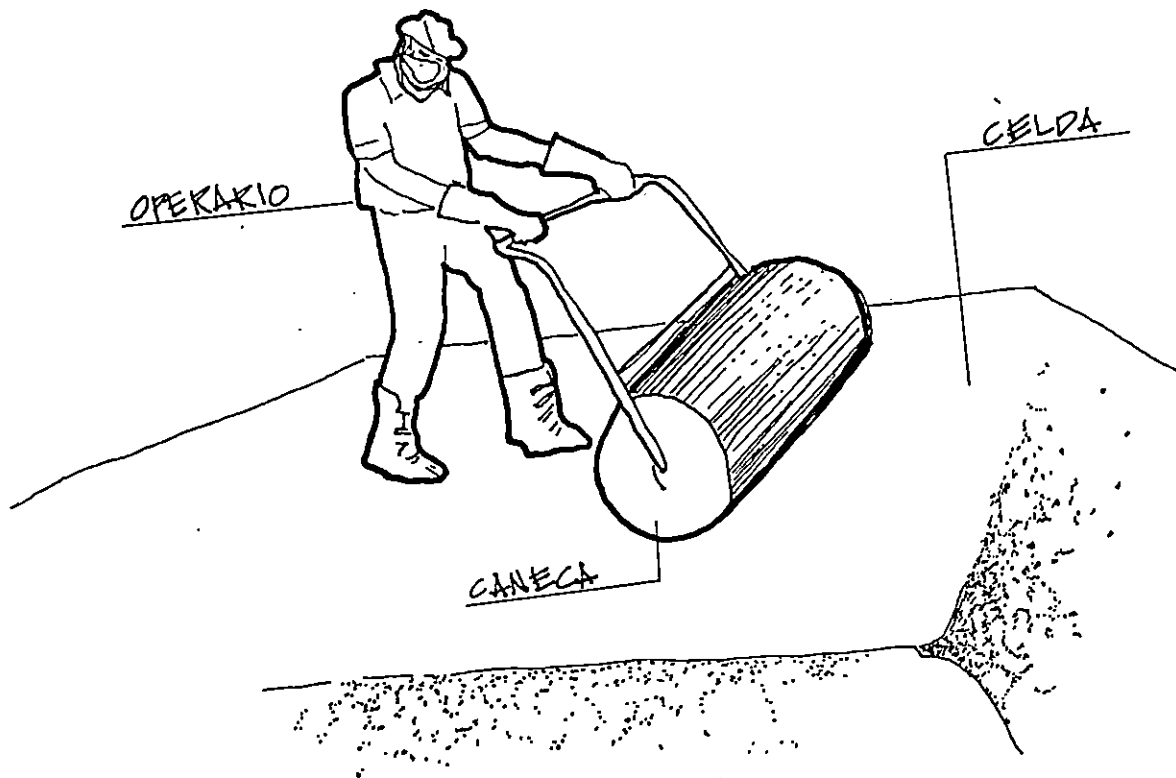


FIG. 8  
COMPACTACION FINAL DE  
LA CELDA DIARIA.

El rodillo compactador manual o caneca estara contruido de:

El rodilllo sera un tambo de gas shellane de tamaño mediano

El maneral sera de hierro galvanizado de 1" ,sus dimensiones se indican en

fig. 6.9

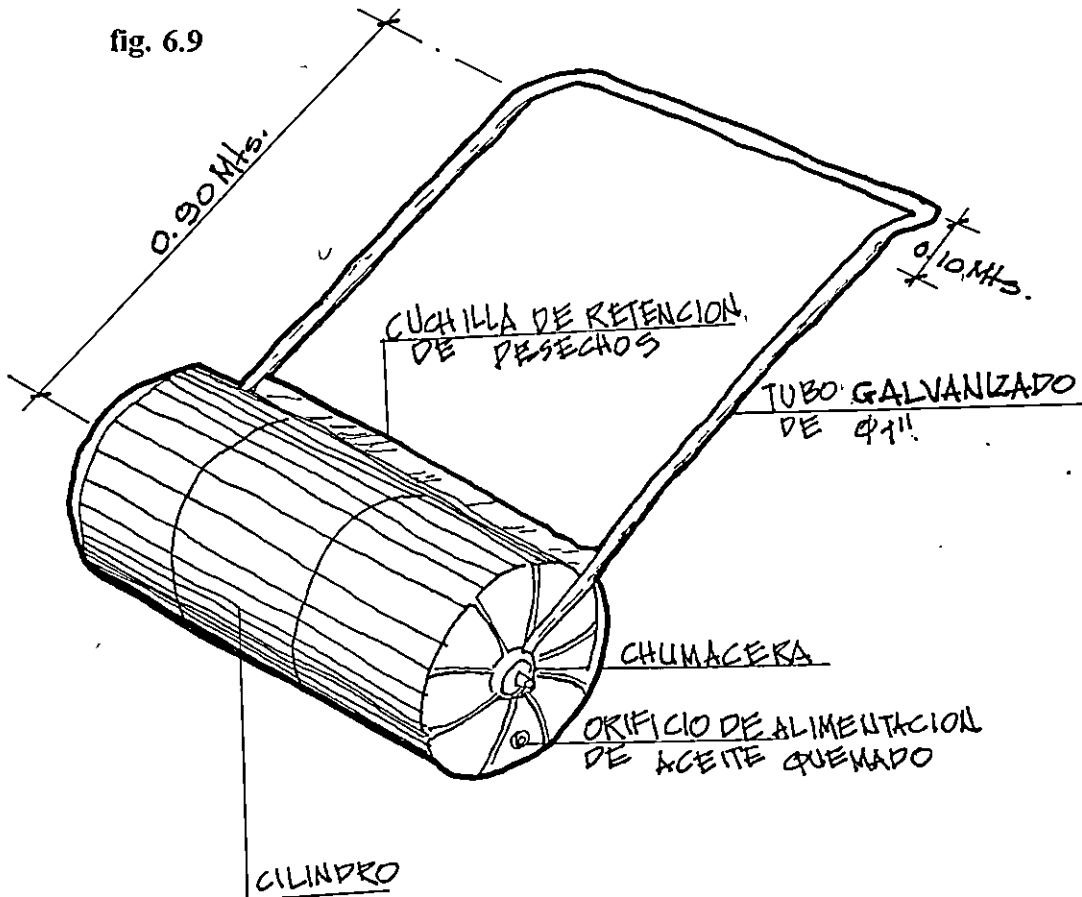


FIG. 9  
CANECA

La primera celda diaria a conformar en el relleno será en la terraza A y en la posición A1, luego se utilizará la posición A2 y así sucesivamente avanzando en orden ascendente de número de celda hasta finalizar la terraza A. En cada posición (A1, A2..., AN), se tratará en lo posible de avanzar en altura mas que en extensión hasta llegar al nivel indicado en plano 2/9 en corte o sección1-1.

El orden que se seguira para el avance en la utilización de las terrazas sera en orden ascendente de las letras del alfabeto, o sea se iniciara en la terraza A luego se utilizará la terraza B y asi sucesivamente la C, D, E, F, hasta llegar a la terraza P .

**El avance al interior de cada terraza será como se detalla a continuación:**

**En la terraza A se utilizara inicialmente la posición A1, luego la posición A2 y asi sucesivamente A3, A4, A5...,AN; luego se pasara a la terraza B y se iniciará la posición B1, luego sigue la posición B2 y asi sucesivamente B3, B4, B5..., BN.**

**Se recomienda que conforme vaya avanzando en altura en cada posición conformar la celda de al lado, para usar si es posible esta como rampa de acceso ya sea para el camión o para carretillas y asi poder depositar los desechos y continuar el avance en altura, para dicho avance en altura se debe tomar la precaución de la estabilidad de las celdas de desechos para evitar cualquier deslizamiento.**

**Otra forma de avanzar en altura puede ser depositando los desechos desde la parte superior de la terraza adyacente, cuando sea posible.**

**Además se deberá tomar en cuenta las siguientes consideraciones:**

- **Colocar una parte de las basuras en el area definida por las estacas.**
- **Esparcir la basura en capas de 20 a 30 cms. con ayuda de rastrillos y palas.**
- **Los recipientes vacíos o medios llenos,de regular tamaño ,que se encuentren entre los desechos deben ser llenados de basura antes de compactarse y ser colocados con la boca hacia arriba .**
- **Compactar la basura con los apisonadores.**
- **Apoyar un costado de la celda en construcción, contra la pared de la terraza adyacente.**
- **Repetir los pasos anteriores hasta alcanzar la altura de la celda diaria.**



### **6.16.6 CHIMENEA PARA EVACUACION DE GASES.**

Las chimeneas para evacuación de gases se construirán de una altura tal que no sea cubierta por la elevación a la que llegará la última celda, esta estructura sobrepasará 0.50 mts. del nivel superior de la última celda o capa de cubierta final de la misma.

Dicha estructura tendrá las siguientes dimensiones:

- 0.30 mts. por lado de sección (Cuadrada)
- Altura variable

Para dar rigidez a esta estructura se reforzará en cada esquina con costanera de pino en todo lo largo de su altura y a cada 0.60 mts. se le reforzará con regla pacha en sus cuatro lados; en todo su perímetro y altura la chimenea será forrada con tela de gallinero, al interior de la sección de 0.3 X 0.3 mt. se colocará piedra de canto rodado de río con el propósito de facilitar el paso del gas hacia arriba por medio de estas.

Del nivel de la capa de sello final de cada terraza hacia abajo a una profundidad de 1.0 mt. se colocará tubería de concreto de 10" de diámetro y a la vez sobresaldrá una altura de 0.5 metros arriba del nivel del sello final de la última celda, la parte superior de esta tubería se sellará con malla sedaso metálica para evitar la introducción de insectos y roedores.

La chimenea se va a construir sobre el canal que contiene la tubería de drenaje de lixiviados, la ubicación de las chimeneas se da en plano No. 3/9.

El avance constructivo de la chimenea se ira dando conforme se de el avance en altura de las celdas.

### **6.17 USO FINAL DEL RELLENO SANITARIO**

Una vez concluida la operación del relleno sanitario y que se haya construido de acuerdo al proyecto y a los métodos de operación señalados, se aconseja continuar con la restricción de acceso y uso controlado.

El uso final será destinado como área para pasto de ganado, como es el uso que actualmente se le esta dando, en el cual de ninguna manera se permitirá ningún tipo de construcción y se sembrarán diferentes variedades de pasto, árboles, plantas y arbustos para conocer su comportamiento.

Para área verde o zona de recreación de uso público no se podrá destinar pues higiénicamente no es recomendable, por la razón de que el río Copinol que se encuentra bordeando el terreno en toda su longitud poniente es utilizado para el transporte de las aguas negras de la ciudad de Ilobasco.

También se observará en cuanto a los asentamientos diferenciales, la estabilidad de los taludes y terraplenes, liberación del biogas, aforos del lixiviado, nuevas características del suelo, etc.

Pasados de dos a tres años se podrán sembrar cultivos de uso restringido.

#### *Elección de la Cobertura Vegetal.*

Los factores que condicionan la elección de especies capaces de cubrir continuamente el suelo con pasto o césped son muy diversos: Climatología, latitud, suelo, etc. Por tanto, es muy difícil determinar con acierto la especie o especies adecuadas en cada ocasión.

# CAPITULO 7

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

## 7.1 CONCLUSIONES

### 7.1.1 ESTUDIOS BASICOS.

#### A) Estudio de generación de desechos sólidos:

- Las tasas de producción de desechos sólidos de las residencias de los sectores *central* y *nor-poniente* de la ciudad de Ilobasco son de 0.37 kg/hab/día y de 0.49 kg/hab/día, respectivamente. De la cual la tasa de producción de desechos sólidos de 0.49 kg/hab/día, se considera representativa de la mayoría de las residencias de la ciudad de Ilobasco por ser el sector *nor-poniente* el que contiene la mayor cantidad de habitantes y similares características.
- La ciudad de Ilobasco produce diariamente 11.48 Tonelas de desechos sólidos y su tasa de producción diaria ponderada es de 0.63 kg/hab/día ; dicha tasa incluye la producción de los sectores residencial, municipal y comercial; Los cuales generan 8.37, 2.07 y 1.04 Ton/día respectivamente.
- Los pesos volumétricos de los desechos sólidos correspondientes a los sectores *central*, *nor-poniente* y del mercado son de 186, 258 y 251 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, y las variaciones que se observan en los pesos volumétricos de los sectores *central* y *nor-poniente*, son debidas a la inclusión conjunta de desechos comerciales y residenciales durante la determinación de los pesos volumétricos del sector *central* .

Por otra parte no existe diferencia significativa entre los pesos volumétricos sueltos del mercado y los sector *nor-poniente*.

- El conjunto de desechos sólidos potencialmente reciclables oscilan entre el 4 y el 8%, predominando los contenidos de papel, cartón, plástico. Así mismo, el contenido de desechos orgánicos (residuos alimenticios y de jardinería) oscilan entre el 55 y el 86 % . El resto de contenidos de desechos individuales es despreciable.
- La tasa de producción del sector comercio de 3.05 Kg/negocio/día, es solamente un indicador del comportamiento particular de algunos comercios de la ciudad de Ilobasco, que puede utilizarse como parámetro de comparación de la producción de pequeños comercios (donde aproximadamente el 50% son tiendas).

**B) Estudio de mecánica de suelos:**

- El tipo de suelo existente en el sitio es inadecuado para asumir que no es necesario un tratamiento de impermeabilización superficial ya que el suelo se clasifica como de *baja permeabilidad*.
- La trabajabilidad de los suelos existentes en el sitio, como material de cubierta es *regular*.

**C) Estudio hidrológico:**

- El mayor volumen de escorrentía que puede afectar al relleno sanitario es la proveniente de los terrenos colindantes, por lo que es imprescindible su captación y evacuación.

**D) Estudio de impacto ambiental:**

- Con la ejecución de la evaluación de impacto ambiental se determina la factibilidad ambiental que debe ser considerada como parte muy esencial en la formulación como en la ejecución de un proyecto.
- Los impactos ocasionados al medio ambiente por la realización del proyecto del relleno sanitario no mecanizado para la ciudad de Ilobasco pueden disminuirse o eliminarse por medio de la puesta en práctica de las medidas de mitigación que se establecen en la evaluación del impacto ambiental .
- El no implementar las medidas de mitigación establecidas conllevará a ocasionar un impacto negativo al medio ambiente y por ende crear un mal concepto y mala imagen en la población de lo que es un relleno sanitario.

**E) Estudio de Rutas:**

- No existe diferencia significativa al comparar el efecto total del sistema de recolección de desechos sólidos, con respecto a las variables de *distancias de recolección, distancias totales* y *los tiempos normales de recolección*. Sin embargo

existe una mínima ventaja a favor de la alternativa "B" en cuanto que posee el menor exceso de la jornada normal de trabajo (8 horas).

#### **7.1.2 DISEÑO Y PRESUPUESTO.**

- En base a la alternativa "A1", que tiene una vida útil de 5.21 años, los costos de inversión son de ₡ 1,177,323.63 los costos de operación son de ₡ 684,397.09 y los costos de clausura son de ₡ 142,879.20

#### **7.1.3 OPERACION, MANTENIMIENTO Y USO FINAL DEL SITIO.**

- El cierre y clausura total de todo botadero a cielo abierto o cualquier botadero informal será el primer paso que dará la pauta a una buena apertura, operación, y funcionamiento de un relleno sanitario.
- Una estricta y adecuada supervisión en el relleno sanitario garantizara su buen funcionamiento y operatividad, garantizando así el éxito del mismo.
- El descuidar cualquiera de las etapas o aspectos señalados en la operación y mantenimiento del relleno sanitario llevará como consecuencia el mal funcionamiento de este , y si se persiste en la práctica de no guardar las indicaciones se puede ocasionar que el relleno sea un futuro botadero a cielo abierto.



## 7.2 RECOMENDACIONES

### 7.2.1 ESTUDIOS BASICOS.

#### A) Estudio de generación de desechos sólidos:

- La tasa de producción de desechos sólidos ponderada de los sectores residencial, comercial y municipal, de 0.63 Kg/hab/día, es aconsejable utilizarla por ser conservadora con respecto a la residencial.
- Debe evaluarse cuidadosamente la rentabilidad de realizar la operación de separar los desechos sólidos potencialmente reciclables, utilizando fondos municipales, con el objeto de no sobrecargar innecesariamente los impuestos de la población.
- Realizar estudios de generación de desechos sólidos, en poblaciones de hasta 40,000 habitantes por lo menos cada 5 años, con el objeto de obtener índices que permitan evaluar el desarrollo del comportamiento de los desechos y permitan a las autoridades locales tomar acciones encaminadas a mejorar las condiciones de salud de dichas poblaciones.
- Se recomienda para posteriores estudios de generación, diseñar un muestreo específico para los sectores *comercial e industrial*, y una ampliación en cuanto a la recolección de información del sector residencial que contenga un estimado del

procurarse la información adecuada de la población y la participación de la misma a través de la coordinación de actividades conjuntas, con instituciones educativas, culturales, medios de comunicación, etc.

- La producción de desechos sólidos de la ciudad de Ilobasco es de 11.48 Ton/día, por lo que se recomienda el mejoramiento del sistema de recolección de desechos, por parte del equipo de aseo urbano con la finalidad de mejorar la cobertura actual del servicio para el bienestar de la población y de los recursos naturales.

***B) Estudio de mecánica de suelos:***

- Debe *impermeabilizarse* el desplante de cada terraza, con un material que se clasifique como *impermeable* o de *baja permeabilidad*. Debe utilizarse al menos 20 centímetros de espesor de arcilla de *alta plasticidad*, compactada al 90% de la norma AASHTO T-180.
- Débe evaluarse la factibilidad de recuperación del material existente, que resulte sobrante de los trabajos de terracerías durante su conformación, para utilizarse como *material de cubierta*, o realizar una mezcla de suelos a manera de obtener arenas arcillosas, las cuales son impermeables, de baja compresibilidad (compactado y saturado) y su trabajabilidad como material de cubierta es buena.

- localizar un banco de préstamo de arenas arcillosas que sea al menos de baja permeabilidad

**C) Estudio de impacto ambiental:**

- No se deberá permitir dejar de aplicar ninguna medida de mitigación de las establecidas.
- Se debe tomar en cuenta alguna otra sugerencia que venga de alguna institución medio ambientalista , y que persiga con esta resguardar aun mas el medio ambiente.

**E) Estudio de Rutas:**

- En aquellos sectores, en los cuales los desechos sólidos posean un peso volumétrico bajo (zonas comerciales). La cuadrilla de recolección debe compactar los desechos para incrementar su peso volumétrico.
- Incrementar en lo posible el rendimiento del tiempo requerido en subir los desechos sólidos al vehículo recolector, con la finalidad de incrementar la velocidad de recolección y poder así disminuir los tiempos de recolección totales requeridos por todo el sistema.
- Acelerar los procesos de carga y descarga de desechos sólidos al llegar al relleno sanitario, así mismo el tiempo requerido por carga de los desechos provenientes del mercado municipal; con el objetivo de disminuir los tiempos de recolección.

- Realizar un incremento salarial significativo, a los trabajadores de la cuadrilla de recolección, en base a la cantidad de trabajo realizada con el objeto de estimular el rendimiento de éstos. Así mismo debe proveérseles del equipo de protección personal adecuado (guantes, botas, uniforme, mascarillas, etc.) y tomar las medidas necesarias para verificar periódicamente el estado de salud de los trabajadores de la cuadrilla de recolección, especialmente de aquellos que están en contacto directo y continuo de los desechos sólidos; ya que ellos están más propensos a enfermarse y disminuir la eficiencia del sistema de recolección.
- Debe incrementarse la eficiencia de recolección para disponer de tiempo adicional y poder cubrir la zona o ruta de trabajo de forma *integral*; es decir, recolectando desechos en pasajes, predios baldíos, etc., en los habitantes del lugar actualmente deben transportar los desechos hacia donde pasa el vehículo de aseo, ya que actualmente no se acostumbra a prestar un servicio de aseo en dichos lugares.
- En resumen deben tomarse todas las medidas del caso, con la meta de obtener una cobertura *total* de recolección de desechos generados por toda la población del sector urbano de la ciudad de Ilobasco a corto, mediano y largo plazo, e incidir así en el mejoramiento de las condiciones de salud de la población y disminuir la contaminación del medio ambiente.

### 7.2.2 DISEÑO Y PRESUPUESTO.

- Las capas de *arcilla de alta plasticidad* que se utilice en el desplante de las terrazas como material de impermeabilización deben tener una pendiente *transversal* de al menos 1% en épocas de verano y de al menos 2% en la épocas de invierno, así mismo las terrazas deben condormarse con una pendiente *logitudinal* de al menos el 1.5%.
- Deben tomarse la precauciones del caso para resguardar adecuadamente el material de cobertura especialmente en invierno.
- Se recomienda realizar pozos de monitoreo para evaluar los posibles efectos en las aguas subterráneas; dicho monitoreo debe contar por lo menos con 3 pozos de muestreo, situados en la dirección al sitio del relleno sanitario, en la parte más baja del relleno sanitario y aguas abajo del mismo, separados al menos 500 metros. La cantidad de monitoreos anuales deberá ser por lo menos de 2 veces al año y a medida que transcurra el tiempo y en función de los resultados que se vaya obteniendo deben realizarse las evaluaciones y medidas correctivas que se consideren convenientes.

- En cuanto se dificulte el abastecimiento del material de cobertura recomendado en el estudio de suelos, pueden utilizarse otro tipo de suelo que no clasifiquen como OL, ML , CL y Pt.
- Se recomienda compactar el material de cubierta ,al finalizar la jornada diaria de trabajo.

### **7.2.3 OPERACION, MANTENIMIENTO Y USO FINAL DEL SITIO.**

- Se deberá poner especial atención a los aspectos de disponibilidad de material de cobertura y buen estado de las vías de acceso al relleno como los accesos internos de éste, pues estos dos aspectos son muy determinantes para el buen funcionamiento del relleno según la experiencia de los rellenos sanitarios existentes de nuestro país.

<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b>
--------------------------------

*Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE)*  
 “MANUAL DE RELLENOS SANITARIOS”.

*Moya Turcios Guillermo, Quinteros Ulloa Nefi II. y Contreras Benitez Ciriaco A.*  
 “PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCION DE UN SISTEMA DE RELLENO  
 SANITARIO PARA LA DISPOSICION FINAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS  
 DEL MUNICIPIO DE SAN MIGUEL”  
 (Trabajo de graduación ,Universidad de El Salvador , Mayo 1995).

*Jorge A. Jaramillo*  
 “GUIA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y OPERACION DE RELLENOS  
 SANITARIOS MANUALES”.  
 Washington, D.C. , Septiembre de 1991.

*J. Guillermo Umaña.*  
 “ PROPUESTA DE NORMAS PARA LA DETERMINACION DE PARAMETROS  
 DE DISEÑO DE SISTEMAS DE MANEJO DE DESECHOS SOLIDOS  
 MUNICIPALES”.  
 San Salyador, Diciembre 1993.

*George Tchobanoglous, H. Theisen y R. Eliassen.*  
 “ DESECHOS SOLIDOS principios de ingeniería y administración” (Vol 1 y 2).  
 CIDIAT , serie Ambiente y los recursos renovables AR-16 ( 1990).

*William Mendenhall.*  
 “Estadística para administradores”.

*Gildalberto Bonilla*  
 “ESTADISTICA II Métodos prácticos de inferencia estadística”  
 UCA EDITORES.

*Gildalberto Bonilla*  
 “ Cómo hacer una tesis de graduación con técnicas estadísticas”  
 UCA EDITORES 1993.

*López Cortez José E.,Torres Martínez César E, Rodríguez Campos Jorge A. y  
 Quintanilla Quintanilla Manuel.*  
 “Consideraciones sobre la incorporación de la evaluación de impacto ambiental en  
 proyectos de ingeniería civil”  
 (Trabajo de graduación ,Universidad de El Salvador , Mayo 1995).

*Lambe*

"MECANICA DE SUELOS"

*B. Sowers y F. Sowers*

" Introducción a la MECANICA DE SUELOS y cimentaciones.

*G. Remenieras.*

" TRATADO DE HIDROLOGIA APLICADA"

España, 1974.

*Carlos G. Cañas.*

" RECOLECCION Y DISPOSICION FINAL DE LA BASURA: un servicio público municipal".

AECI, DEMUCA, 1995.

*Ana Irma de Cañas, Hayde Beltrán.*

" MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO PARA RELLENO SANITARIO MANUAL DE LA CIUDAD DE SENSUNTEPEQUE"

Agencia Española de Cooperación Internacional, El Salvador, Julio de 1993.

*Mario E. Torres, César G. Rivera, Gerardo H. del Cid, Reynaldo A. Tévez.*

" CRITERIOS HIDROGEOLOGICOS Y GEOTECNICOS PARA UN RELLENO SANITARIO".

Trabajo de graduación, Universidad de El Salvador, mayo de 1990.

*Ronald V. Giles.*

" MECANICA DE FLUIDOS E HIDRAULICA".

Serie SCHAUM, 1989.

*Ven Te Chow.*

"HIDRAULICA DE LOS CANALES ABIERTOS"

Mc Graw Hill, 4ª impresión, 1982.

*Francisco J. Aparicio Mijares.*

" FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA DE SUPERFICIE"

Editorial Limusa, 1ª edición, 1989.



A N E X O S

# ANEXO 1

## TABLAS DE NUMEROS ALEATORIOS

**Tabla F**  
Números aleatorios

55034	81217	90564	81943	11241	84512	12288	89862	00760	76159
25521	99536	43233	48786	49221	06960	31564	21458	88199	06312
85421	72744	97242	66383	00132	05661	96442	37388	57671	27916
61219	48390	47344	30413	39392	91365	56203	79204	05330	31196
20230	03147	58854	11650	28415	12821	58931	30508	65989	26675
95776	83206	56144	55953	89787	64426	08448	45707	80364	60262
07603	17344	01148	83300	96955	65027	31713	89013	79557	49755
00645	17459	78742	39005	36027	98807	72666	54484	68262	38827
62950	83162	61504	31557	80590	47893	72360	72720	08396	33674
79350	10276	81933	26347	08068	67816	06659	87917	74166	85519
48339	69834	59047	82175	92010	58446	69591	56205	95700	86211
05842	08439	79836	50957	32059	32910	15842	13918	41365	80115
25855	02209	07307	59942	71389	76159	11263	38787	61541	22606
25272	16152	82323	70718	98081	38631	91956	49909	76253	33970
73003	29058	17605	49298	47675	90445	68919	05676	23823	84892
81310	94430	22663	96584	38142	00146	17496	51115	61458	65790
10024	44713	59832	80721	63711	67882	25100	45245	55743	67618
84671	52806	89124	37691	20897	82339	22627	06142	05773	03547
29296	58162	21858	33732	94056	88806	54603	00384	66340	69232
51771	94074	70630	41286	90583	87680	13661	55627	23670	35109
42166	56251	60770	51672	36031	77273	85218	14812	90758	23677
78355	67041	22492	51522	31164	30450	27600	44428	96380	26772
09552	51347	33864	89018	73418	81538	77399	30448	97740	18158
15771	63127	34847	05660	06156	48970	55699	61818	91763	20821
13231	99058	93754	36730	44286	44326	15729	37500	47269	13333
50583	03570	38472	73236	67613	72780	78174	18718	99092	64114
99485	57330	10634	74905	90671	19643	69903	60950	17968	37217
54676	39524	73785	48864	69835	62798	65205	69187	05572	74741
99343	71549	10248	76036	31702	76868	88909	69574	27642	00336
35492	40231	34868	55356	12847	68093	52643	32732	67016	46784
98170	25384	03841	23920	47954	10359	70114	11177	63298	99903
02670	86165	56860	02592	01646	42200	79950	37764	82341	71952
36934	42879	81637	79952	07066	41625	96804	92388	88860	68580
56851	12778	24309	73660	84264	24668	16686	02239	66022	64133
05464	28892	14271	23778	88599	17081	33884	88783	39015	57118
15025	20237	63386	71122	06620	07415	94982	32324	79427	70387
95610	08030	81469	91066	88857	56583	01224	28097	19726	71465
09026	40378	05731	55128	74298	49196	31669	42605	30368	96424
81431	99955	52462	67667	97322	69808	21240	65921	12629	92896
21431	59335	58627	94822	65484	09641	41018	85100	16110	32077

Compilada de Rand Corporation, *A million random digits with 100,000 normal deviates*. The Free Press, Glencoe, Ill., 1955.

## ANEXO 2

Estimación de la población de la ciudad de Ilobasco para febrero de 1995.

Se determina la tasa de crecimiento en base a la siguiente información:

AÑO CENSO	FECHA CENSO	POBLACION URBANA (HAB)
1961	01-05-61	4,716
1971	27-06-71	6,736
1992	27-09-92	18,092

FUENTE: ESTADISTICA Y CENSO.

La tasa de crecimiento  $r$  se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$r = (P_f/P_o)^{1/t} - 1$$

Donde:

$r$  : Tasa de crecimiento.  
 $P_f$ : Población final del período de análisis.  
 $P_o$ : Población inicial del período de análisis.  
 $t$  : Tiempo transcurrido entre poblaciones (años).

Al determinar  $r$  con los censos comprendidos entre los censos comprendidos entre 1992 y 1971, se obtiene una tasa de crecimiento de 4.76%. La cual es una tasa alta con respecto a las tasas de crecimiento usuales. La alteración se debe a que a partir de 1979, Ilobasco recibe desplazados del conflicto bélico surgido en posteriores años y no pueden determinarse. Por lo que se altera la tasa de crecimiento normal que desarrollaba dicha población, por lo que se estima conveniente utilizar la tasa que se obtenga del período comprendido entre 1961 y 1971, la cual es de 3.57% por lo tanto se utilizará  $r = 3.6\%$

La población de la ciudad de Ilobasco en febrero de 1995, se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$P_f = P_o(1+r)^t$$

Datos :  $P_o = 18,092$  hab.  
 $r = 0.036$   
 $t = 2.4167$  años.

Por tanto:

$$P_f = 18092(1+0.036)^{2.4167}$$

$P_f = 19,706$  Habitantes.

Por lo tanto la población urbana estimada durante el desarrollo del estudio de generación de desechos sólidos, realizada en febrero de 1995 es de 19,706 habitantes.

## Anexo 3

**BOLETIN INFORMATIVO ACERCA DEL ESTUDIO DE GENERACION**  
**DE DESECHOS SOLIDOS DE LA CIUDAD DE ILOBASCO.**

*Que es lo que se va a realizar?: de parte de la Alcaldía Municipal de Ilobasco se esta efectuando un estudio de generación de basura. El estudio de generación es por medio del cual se pretende determinar la cantidad de basura producida por una persona durante un día, considerando como basura todo lo que una persona deshecha o ya no ocupara por ejemplo cartón, papel vasos de vidrio roto, vasos desechables, trapos viejos, sobras de fruta y/o comida, etc.*

*Para que se utilizara el resultado obtenido: La información obtenida del estudio es uno de los datos necesarios para considerarlos en el diseño de un relleno sanitario que se construira en Ilobasco (ya existe uno en Sensuntepeque) contandose ya con el terreno.*

*Que es un Relleno Sanitario: Lugar o terreno donde se hace la disposición de la basura, proveniente de una ciudad, aquí la basura se esparce, acomoda y se compacta, cubriendo cada capa de basura con una capa de tierra, esto se hace a diario con el propósito de evitar malos olores, proliferación de ratas, moscas y concentración de zopilotes además de la propagación de enfermedades que producen los botaderos de basura a cielo abierto.*

*\* De que forma coopera el contribuyente:*

*Un Delegado de la alcaldía municipal, le pasara entregando una bolsa plástica para basura, esto durante una semana todos los días por la mañana. En esta bolsa se depositara toda la basura que se produsca en la casa por todos sus habitantes durante todo el día, al día siguiente se pasara a recoger la bolsa con basura y se le entregará otra bolsa vacia para repetir la operación ya antes explicada y asi cada día durante una semana.*

*De la casa que se ha seleccionado para que colabore en el estudio de generación, no sacaran la basura a ningun punto de recolección ni la entregaran al tren de aseo si no que entregaran la bolsa con basura a la persona que paso a dejarle la bolsa vacía el día anterior, esto será unicamente durante siete días continuos, pasados estos siete días el contribuyente volvera nuevamente a hacer uso del tren de aseo.*

A N E X O 4

FICHA DE ENCUESTA PARA ESTUDIO DE GENERACIÓN DE BASURA DE LA CIUDAD DE ILOBASCO.

NOMBRE DEL REPRESENTANTE DE FAMILIA \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN: \_\_\_\_\_

CANTIDAD DE HABITANTES: \_\_\_\_\_

RECIBE TREN DE ASEO: \_\_\_\_\_

¿BOTA LA BASURA EN UN LUGAR DETERMINADO? \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

VIVIENDA \_\_\_\_\_

COMERCIO \_\_\_\_\_

INDUSTRIA \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

ENCUESTADOR \_\_\_\_\_

FICHA DE ENCUESTA PARA ESTUDIO DE GENERACIÓN DE BASURA DE LA CIUDAD DE ILOBASCO.

NOMBRE DEL REPRESENTANTE DE FAMILIA \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN: \_\_\_\_\_

CANTIDAD DE HABITANTES: \_\_\_\_\_

RECIBE TREN DE ASEO: \_\_\_\_\_

¿BOTA LA BASURA EN UN LUGAR DETERMINADO? \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

VIVIENDA \_\_\_\_\_

COMERCIO \_\_\_\_\_

INDUSTRIA \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

ENCUESTADOR \_\_\_\_\_

## ANEXO 5

### RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE GENERACION DE DESECHOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE ILOBASCO (SECTOR CENTRAL)

Durante la recolección de datos para la determinación de la tasa de producción de desechos sólidos (en Kg/hab/día), se registran y ordenan los datos como puede observarse en las tablas 4.1.2 a la 4.1.5 en las que se incluye el *CÓDIGO* que se le asigna a la vivienda<sup>1</sup>, el peso obtenido por cada día de recolección (*Lunes, Martes, Miércoles, etc*), el peso total recolectado (denotado por *TOTAL*) durante los días útiles<sup>2</sup>, el número de días de recolección efectiva (denotada por *No DIAS*) y finalmente la tasa promedio por vivienda (Kg/viv/día) resultante de dividir el peso total recolectado (*TOTAL*) entre el número de días de recolección efectiva (*No DIAS*) y que es denotado como *PROMEDIO*.

Puede observarse en dichas tablas una serie de símbolos o claves, debido a que se presentaron situaciones como las siguientes:

- 1-00- : Dato desechado (por ser el primer día o no ser representativo<sup>3</sup>).
- [6.5] : Peso con desechos de dos días consecutivos (debidos a que el día anterior no se encontraba).
- {9-5} : Peso con desechos sólidos de tres días consecutivos y desechado.
- TA : Habitantes entregaban al tren de aseo por equivocación.
- NE : No se encontraban en las casas a la hora de recolección.
- SP : Se perdió el dato (No se anotó, no se pesó, etc.).
- \* ó TIERRA : Algunos habitantes llenaban las bolsas completamente con tierra.

Debido a lo anterior, no existe continuidad durante los 7 días recolectados en algunas viviendas y se descartarán para el análisis de la tasa de producción, aquellos datos que tengan 4 o menos días de recolección efectiva (denotados por ##### o ANULADO). Los datos que se tomarán dentro del análisis serán primordialmente los de 7 y 6 días de recolección efectiva.

---

<sup>1</sup> Los primeros dos números representan el número de cuadra previamente establecido en el plano 4.1.1, y los siguientes números representan la cantidad de lotes que se muestrean en dicha cuadra.

<sup>2</sup> Se descartan los pesos obtenidos durante el primer día de recolección con el objeto de asegurar que el desecho sólido que se recolecte durante el estudio, corresponda al desecho generado de un día.

<sup>3</sup> Algunas ocasiones los habitantes de la vivienda no habían realizado la limpieza a la hora de recolección, la cual recolectaban de manera precipitada.

## Anexo - 5

TABLA 4.1.2 :Resultados obtenidos del estudio de generación de desechos sólidos de la ciudad de Ilobasco (Sector Central).

(PESOS EN KILOGRAMOS POR VIVIENDA POR DIA)

CODIGO	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	TOTAL	No DIAS	PROMEDIO
15-01	NE	2.60	5.40	7.00	NE	[6.50]	1.50	1.50	24.50	7	3.50
15-02	<del>1.00</del>	2.90	0.10	2.70	1.50	2.30	1.00	1.30	11.80	7	1.69
15-03	<del>0.40</del>	0.50	1.50	0.30	0.70	1.00	1.20	0.50	5.70	7	0.81
15-04	<del>8.40</del>	9.20	6.40	6.60	6.30	NE	NE	<del>3.80</del>	#####		#####
15-05	<del>1.20</del>	0.50	0.70	1.10	0.60	1.00	1.00	0.40	5.30	7	0.76
15-06	<del>1.70</del>	1.10	1.00	0.90	0.90	0.90	1.10	2.20	8.10	7	1.16
15-07		2.00							#####		#####
16-01	SP	8.10	17.20	20.30	10.60	<del>4.00</del>	<del>3.10</del>	6.60	62.80	5	12.56
16-02	<del>3.70</del>	0.70	0.20	0.50	NE	0.60	0.60	0.30	2.90	6	0.48
16-03	TA	0.20	NE	0.40	0.50	0.50	0.40	0.40	2.40	6	0.40
16-04	TA	2.60	2.70	0.80	2.70	0.70	1.40	0.50	11.40	7	1.63
16-05	TA	1.00	7.00	2.50	2.50	2.00	6.80	1.90	23.70	7	3.39
16-06	<del>4.80</del>	6.30	3.10	3.60	2.00	5.60	1.00	1.30	22.90	7	3.27
16-07	<del>2.00</del>	0.10	0.10	0.10	0.50	0.30	0.40	0.10	1.60	7	0.23
17-01	NE	4.20	0.10	4.20	4.70	1.50	0.40	1.20	16.30	7	2.33
17-02	<del>0.20</del>	NE	NE	NE	0.30	SP	0.70	NE	#####		#####
17-03	<del>6.90</del>	1.50	NE	2.50	0.70	1.00	2.00	1.90	9.60	6	1.60
17-04	<del>18.00</del>	SP	5.50	SP	6.30	SP	[4.40]	0.70	#####		#####
17-05	<del>10.90</del>	2.30	1.50	3.30	2.50	3.00	3.00	0.50	16.10	7	2.30
17-06	<del>8.40</del>	1.10	3.20	3.00	2.70	2.50	NE	2.50	15.00	6	2.50
17-07	<del>2.00</del>	NE	NE	[2.50]	2.00	1.50	0.80	0.20	7.00	6	1.17
17-08	<del>2.00</del>	0.30	0.80	NE	0.70	1.50	0.80	0.60	4.70	6	0.78
18-01	<del>3.00</del>	2.90	1.00	1.50	1.00	3.10	1.50	3.00	14.00	7	2.00
18-02	<del>4.70</del>	2.00	5.00	3.00	3.10	3.70	5.00	4.50	26.30	7	3.76
18-03	<del>3.20</del>	0.70	0.70	1.50	1.00	1.00	2.40	0.90	8.20	7	1.17
18-04	<del>1.30</del>	1.80	NE	2.00	0.50	0.60	0.70	1.50	7.10	7	1.01
19-01	<del>0.10</del>	NE	0.40	0.10	NE	0.50	0.60	NE	#####		#####
19-02	TA	2.70	1.40	2.70	1.00	1.10	2.50	1.00	12.40	7	1.77
19-03	<del>1.80</del>	0.70	2.50	2.90	1.90	2.00	4.00	1.40	15.40	7	2.20
19-04	<del>4.90</del>	4.20	3.90	4.00	5.90	2.80	1.90	4.80	27.50	7	3.93
19-05	<del>0.80</del>	2.10	2.70	1.80	1.90	2.50	2.80	6.40	20.20	7	2.89
19-06	<del>2.70</del>	0.60	1.30	6.00	1.20	1.70	2.10	1.10	14.00	7	2.00
19-07	<del>0.90</del>	1.70	0.90	1.70	0.40	2.90	1.50	1.70	10.80	7	1.54
19-08	<del>0.20</del>	1.00	1.00	1.00	2.00	1.30	1.00	0.30	7.60	7	1.09
19-09	<del>0.30</del>	0.10	0.20	0.70	0.10	SP	0.40	0.10	1.60	6	0.27
19-10	<del>4.50</del>	1.70	1.00	1.30	2.90	0.50	2.10	0.60	10.10	7	1.44
19-11	<del>5.80</del>	3.30	3.50	2.30	2.00	4.10	4.30	2.10	21.60	7	3.09
19-12	<del>0.70</del>	0.90	0.50	1.00	0.30	0.50	0.70	0.40	4.30	7	0.61
20-01	<del>9.00</del>	6.50	5.10	5.30	4.20	6.30	0.60	5.70	33.70	7	4.81
20-02	<del>3.00</del>	0.80	3.00	1.50	2.30	1.30	1.60	0.70	11.20	7	1.60
20-03	<del>2.30</del>	2.00	1.30	1.10	2.00	1.70	2.00	1.50	11.60	7	1.66
20-04	<del>4.50</del>	2.40	1.30	3.00	5.30	3.50	2.40	2.80	20.70	7	2.96

Simbología: [ ] de 2 días; { } de 3 días ; TA se la llevó el tren de aseo  
NE No estaba en casa ; SP Se perdió el dato



## Anexo 5

TABLA 4.1.3 :Resultados obtenidos del estudio de generación de desechos sólidos de la ciudad de Ilobasco (Sector Central).

(PESOS EN KILOGRAMOS POR VIVIENDA POR DIA)

CODIGO	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	TOTAL	No DIAS	PROMEDIO
20-05	0.10	0.30	NE	0.40	0.20	0.50	2.80	0.30	4.50	6	0.75
20-06	3.40	5.50	1.90	6.10	3.00	0.20	10.40	1.10	28.20	7	4.03
20-07	<del>(2.50)</del>	NE	0.50	0.70	1.20	1.00	0.80	0.90	5.10	6	0.85
20-08	NE	<del>4.80</del>	2.70	1.90	3.00	3.20	3.00	3.10	16.90	6	2.82
21-01	3.10	3.00	1.50	1.00	1.70	1.30	1.40	1.50	11.40	7	1.63
21-02	0.20	0.80	NE	0.10	0.10	0.10	1.00	5.20	7.30	6	1.22
21-03	0.50	0.50	NE	0.50	0.40	0.30	2.00	0.70	4.40	6	0.73
21-04	14.80	A	N	U	L	A	D	O	#####		#####
22-01	5.00	5.90	8.20	5.50	6.10	1.90	12.90	5.90	46.40	7	6.63
22-02	4.30	2.40	3.50	4.50	2.90	5.40	SP	4.00	22.70	6	3.78
22-03	NE	NE	<del>(9.50)</del>	0.50	NE	1.00	2.50	0.70	#####		#####
22-04	TA	3.20	0.50	2.50	2.40	2.30	2.80	2.30	16.00	7	2.29
22-05	TA	0.90	0.40	2.10	2.20	3.50	3.50	2.70	15.30	7	2.19
22-06	NE	0.70	1.10	0.50	0.90	1.50	1.30	1.40	7.40	7	1.06
23-01'	1.50	1.80	2.90	2.30	1.00	0.70	1.50	2.20	12.40	7	1.77
23-01	SP	NE	<del>(6.10)</del>	2.90	0.30	0.80	1.50	0.50	6.00	5	1.20
23-02	0.70	1.80	0.90	0.20	0.20	0.10	0.60	0.50	4.30	7	0.61
23-03	NE	4.80	NE	<del>(17.30)</del>	8.70	8.30	6.30	NE	45.40	6	7.57
23-04	TA	1.90	NE	TA	1.40	3.90	2.70	0.60	10.50	5	2.10
23-05	<del>6.50</del>	2.70	2.40	1.90	TA	3.00	4.40	4.00	18.40	6	3.07
23-06	<del>3.80</del>	3.40	5.40	2.50	1.30	2.50	3.20	0.40	18.70	7	2.67
23-07	0.80	0.50	1.20	1.00	1.50	1.10	0.90	0.20	6.40	7	0.91
24-01	4.40	2.00	1.30	0.50	1.00	0.80	0.40	0.20	6.20	7	0.89
24-02	2.10	1.90	0.40	1.50	2.00	1.30	2.00	0.70	9.80	7	1.40
24-03	7.30	6.10	10.00	9.00	NE	14.50	15.70	SP	55.30	6	9.22
24-04	3.40	NE	NE	NE	NE	1.60	1.50	NE	#####		#####
24-05	4.50	NE	2.50	2.40	2.00	2.10	1.80	1.50	12.30	6	2.05
24-06	2.10	SP	5.10	2.70	8.80	NE	<del>(3.40)</del>	5.70	22.30	6	3.72
24-07	0.40	0.60	3.10	1.90	1.90	1.20	1.50	2.10	12.30	7	1.76
24-08	<del>0.30</del>	0.70	0.50	0.70	0.80	0.80	0.40	0.50	4.40	7	0.63
24-09	NE	1.70	1.50	0.50	1.50	0.90	0.50	0.40	7.00	7	1.00
24-10	<del>6.40</del>	1.70	2.10	0.30	1.00	1.10	1.40	1.10	8.70	7	1.24
24-11	1.50	2.40	1.00	0.30	0.30	2.40	1.70	1.00	9.10	7	1.30
25-01	TA	3.00	0.60	0.50	1.00	1.90	1.60	0.80	9.40	7	1.34
25-02	NE	<del>9.30</del>	0.80	1.30	2.20	0.90	1.50	1.80	8.50	6	1.42
25-03	NE	TA	0.50	1.70	9.50	0.50	1.80	0.80	14.80	6	2.47
25-04	2.00	0.60	1.00	1.70	0.30	0.40	0.60	0.50	5.10	7	0.73
25-05	3.10	2.70	1.50	2.00	1.50	2.80	1.50	2.70	14.70	7	2.10
25-06	4.00	3.40	1.50	3.10	3.30	2.10	2.60	2.70	18.70	7	2.67
26-01	0.60	0.10	0.50	0.20	0.20	0.10	0.80	0.30	2.20	7	0.31
26-02	0.40	0.20	0.70	0.20	0.10	NE	0.20	0.20	1.60	6	0.27
26-03	1.80	1.00	2.10	0.90	1.70	1.10	1.10	0.30	8.20	7	1.17
26-04	1.70	NE	0.70	0.50	1.00	1.80	1.30	0.40	5.70	6	0.95

Simbología: [ ] de 2 días; { } de 3 días; TA se la llevó el tren de aseo  
NE No estaba en casa; SP Se perdió el dato

## Anexo 5

TABLA 4.1.4 :Resultados obtenidos del estudio de generación de desechos sólidos de la ciudad de Ilobasco (Sector Central).

(PESOS EN KILOGRAMOS POR VIVIENDA POR DIA)

CODIGO	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	TOTAL	No DIAS	PROMEDIO
26-05	4.00	1.10	1.40	2.00	1.50	1.30	0.60	0.90	8.80	7	1.26
26-06	2.40	0.90	0.70	1.20	2.00	0.70	0.90	0.90	7.30	7	1.04
26-07	9.20	1.70	2.70	3.00	4.50	6.50	4.80	3.20	26.40	7	3.77
26-08	4.90	1.30	0.70	NE	1.70	2.90	2.70	0.90	10.20	6	1.70
26-09	5.20	0.70	3.00	0.90	2.10	0.70	1.00	1.50	9.90	7	1.41
27-01	1.70	0.60	1.30	1.50	1.00	0.80	1.80	1.50	8.50	7	1.21
27-02	7.30	6.00	0.50	2.00	4.50	4.50	3.30	5.20	26.00	7	3.71
27-03	2.30	3.00	2.50	NE	2.40	1.80	1.80	3.30	14.80	6	2.47
27-04	2.70	1.00	0.40	0.60	0.50	0.70	1.40	0.90	5.50	7	0.79
28-01		1.10	0.10	0.50	0.40	0.40	0.30	0.50	2.20	6	0.37
28-02		5.10	4.00	0.50	0.50	0.50	0.60	NE	6.10	5	1.22
28-03		1.40	0.80	1.10	0.50	0.50	7.20	0.30	10.40	6	1.73
28-04		3.50	1.60	1.50	0.50	0.40	0.50	0.60	5.10	6	0.85
28-05		1.40	2.70	3.50	3.50	1.00	1.30	2.10	14.10	6	2.35
28-06		2.70	0.70	2.30	1.40	1.50	1.10	1.40	8.40	6	1.40
28-07		4.10	3.80	3.00	4.90	2.10	2.70	2.70	19.20	6	3.20
28-08		4.50	2.70	1.40	13.10	1.30	1.90	2.10	22.50	6	3.75
28-09		5.10	1.90	4.90	1.50	4.50	3.70	5.30	21.80	6	3.63
28-10		3.00	0.70	0.70	1.30	1.10	1.00	2.30	7.10	6	1.18
28-11		3.80	1.90	2.90	3.10	2.50	0.30	SP	10.70	5	2.14
28-12		3.00	0.50	1.00	0.80	0.50	NE	0.50	3.30	5	0.66
29-01		4.10	1.50	1.50	0.70	1.40	0.80	1.30	7.20	6	1.20
29-02		17.90	9.90	SP	0.50	1.80	0.90	2.20	15.30	5	3.06
29-03		0.60	4.40	1.00	1.30	1.10	2.50	1.70	12.00	6	2.00
29-04		0.90	3.10	3.50	1.50	0.70	0.50	1.00	10.30	6	1.72
29-05		4.40	1.50	1.10	0.90	0.50	1.20	0.50	5.70	6	0.95
29-06		3.40	3.50	2.10	0.50	0.70	0.70	1.50	9.00	6	1.50
29-07		NE	NE	SP	3.90	NE	0.90	1.20	#####		#####
29-08		NE	1.30	0.50	2.50	1.50	1.50	0.30	7.60	6	1.27
29-09		0.20	NE	0.80	1.50	0.90	1.20	0.40	4.80	5	0.96
29-10		0.50	2.00	5.50	1.90	1.30	0.50	1.70	12.90	6	2.15
30-01		1.10	0.90	2.00	1.50	1.70	4.20	2.80	13.10	6	2.18
30-02		10.70	1.10	1.00	1.00	0.70	0.50	0.60	4.90	6	0.82
30-03		1.00	0.10	1.50	2.90	0.70	5.60	1.20	12.00	6	2.00
30-04		1.80	TIERRA	2.30	2.90	0.70	5.00	1.70	12.60	5	2.52
30-05		4.30	NE	1.00	0.70	0.50	1.10	1.40	4.70	5	0.94
30-06		2.30	0.90	2.00	3.00	2.00	1.60	0.90	10.40	6	1.73
30-07		6.90	0.90	0.70	1.00	0.50	2.40	1.30	6.80	6	1.13
30-08		0.90	2.10	2.00	2.50	1.80	1.50	2.50	12.40	6	2.07
30-09		4.90	1.00	2.50	4.50	3.10	1.60	0.90	13.60	6	2.27
30-10		2.30	5.40	3.10	2.30	2.30	4.20	1.40	18.70	6	3.12
30-11		2.60	2.30	1.00	3.00	1.30	0.40	0.80	8.80	6	1.47
30-12		NE	3.50	NE	[4.00]	2.30	1.70	0.80	12.30	6	2.05
30-13		NE	1.20	1.90	0.50	3.10	1.80	0.70	9.20	6	1.53

Simbología: [ ] de 2 días; { } de 3 días ; TA se la llevó el tren de aseo  
NE No estaba en casa ; SP Se perdió el dato

## Anexo 5

TABLA 4.1.5 :Resultados obtenidos del estudio de generación de desechos sólidos de la ciudad de Ilobasco (Sector Central).

(PESOS EN KILOGRAMOS POR VIVIENDA POR DIA)

CODIGO	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	TOTAL	No DIAS	PROMEDIO
30-14		TA	NE	1.40	1.00	0.60	0.80	1.40	5.20	5	1.04
30-15		TA	1.60	1.30	2.10	2.30	1.80	1.10	10.20	6	1.70
30-16		<del>2.30</del>	1.70	0.60	0.30	2.80	0.80	1.10	7.30	6	1.22
30-17		<del>0.70</del>	1.20	2.70	0.50	0.20	3.00	1.50	9.10	6	1.52
31-01		<del>1.50</del>	2.90	4.30	1.10	1.20	2.20	2.10	13.80	6	2.30
31-02		<del>5.50</del>	2.00	1.70	1.00	0.90	1.50	1.00	8.10	6	1.35
31-03		<del>2.60</del>	0.80	2.30	1.90	0.90	1.50	1.90	9.30	6	1.55
31-04		<del>2.40</del>	1.00	1.30	1.50	0.70	1.50	1.20	7.20	6	1.20
31-05		<del>0.50</del>	3.50	1.90	7.00	0.30	3.90	3.50	20.10	6	3.35
31-06		<del>6.00</del>	0.60	3.00	12.00	4.40	4.00	6.50	30.50	6	5.08
31-07		<del>2.80</del>	0.60	2.50	2.00	0.60	1.00	1.20	7.90	6	1.32
31-08		<del>2.30</del>	2.70	0.60	1.00	0.60	2.70	1.20	8.80	6	1.47
31-09		<del>2.50</del>	1.90	1.90	1.90	1.40	1.30	1.00	9.40	6	1.57
31-10		<del>0.60</del>	1.40	0.50	0.50	0.70	1.30	0.60	5.00	6	0.83
31-11		<del>3.70</del>	4.80	4.50	5.50	4.30	2.50	2.90	24.50	6	4.08
31-12		<del>7.70</del>	3.90	0.80	3.50	SP	1.40	2.30	11.90	5	2.38
31-13		<del>3.20</del>	0.70	0.90	0.50	1.00	0.50	0.60	4.20	6	0.70
31-14		<del>2.70</del>	1.90	2.30	1.40	4.00	6.60	1.60	17.80	6	2.97
31-15		<del>1.50</del>	1.00	1.10	1.10	0.50	0.80	1.80	6.30	6	1.05
32-01		<del>4.60</del>	3.40	1.80	2.00	2.50	2.20	1.60	13.50	6	2.25
32-02		<del>7.50</del>	4.00	3.00	5.00	3.30	1.50	0.90	17.70	6	2.95
32-03		<del>1.90</del>	2.00	2.10	1.00	1.70	3.20	0.70	10.70	6	1.78
32-04		<del>1.00</del>	NE	3.00	0.90	5.10	2.80	3.80	15.60	5	3.12
32-05		<del>3.10</del>	2.10	0.90	3.60	0.60	2.00	5.60	14.80	6	2.47
32-06		<del>1.50</del>	6.00	2.50	4.50	2.00	2.50	NE	17.50	5	3.50
32-07		<del>2.30</del>	2.00	2.30	7.20	2.00	1.50	2.30	17.30	6	2.88
32-08		<del>1.00</del>	2.50	2.00	1.10	2.50	2.00	3.00	13.10	6	2.18
32-09		<del>5.50</del>	3.00	1.50	1.40	2.10	1.80	1.10	10.90	6	1.82
33-01		<del>1.30</del>	0.70	1.50	1.30	0.90	0.80	2.20	7.40	6	1.23
33-02		<del>0.40</del>	0.70	1.00	0.40	1.00	0.60	0.70	4.40	6	0.73
33-03		<del>1.10</del>	0.40	0.30	0.30	0.40	0.50	0.30	2.20	6	0.37
33-04		<del>2.00</del>	2.00	3.90	2.50	0.90	1.00	1.00	11.30	6	1.88
33-05		<del>1.20</del>	1.10	0.90	0.90	1.50	1.90	1.80	8.10	6	1.35
33-06		TA	A	N	U	L	A	D	O		*****
33-07		TA	1.90	2.30	1.30	0.70	2.00	2.70	10.90	6	1.82
34-01		TA	2.50	0.50	1.00	0.40	0.20	1.40	3.50	5	0.70
34-02		TA	2.30	6.30	<del>14.0</del>	NE	[6.30]	3.50	18.40	5	3.68
34-03		<del>2.00</del>	1.60	2.00	1.00	1.50	1.20	0.70	8.00	6	1.33
34-04		<del>0.40</del>	0.30	1.10	1.50	0.40	1.50	SP	4.80	5	0.96
34-05		<del>3.90</del>	0.60	0.60	0.90	0.20	1.00	0.20	3.50	6	0.58
34-06		<del>2.70</del>	0.40	0.60	0.70	1.30	3.50	1.70	8.20	6	1.37
34-07		<del>5.60</del>	3.50	4.50	4.00	4.60	0.50	3.50	20.60	6	3.43
34-08		<del>1.80</del>	3.00	4.00	1.90	4.00	0.80	2.30	16.00	6	2.67
34-09		<del>3.00</del>	1.20	1.20	1.10	0.90	3.60	2.00	10.00	6	1.67

\* Tierra

Simbología: [ ] de 2 días; { } de 3 días; TA se la llevó el tren de aseo

NE No estaba en casa; SP Se perdió el dato

## ANEXO 6

### *RESULTADOS DE ENCUESTA, EN ESTUDIO DE GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS DE LA CIUDAD DE ILOBASCO (SECTOR CENTRAL).*

En las tablas 4.1.6 a la 4.1.9 se presentan los resultados obtenidos por las encuestas realizadas a las viviendas seleccionadas.

La información se presenta por las siguientes columnas:

CODIGO	: Se refiere al código de la local seleccionado.
KG/VIV/DIA	: Es el peso promedio diario recolectado por local (la columna denotada PROMEDIO en las tablas 1.4.2 a 1.4.5.).
No HAB	: Número de habitantes del local seleccionado.
KG/HAB/DIA	: Tasa de producción promedio por vivienda, resultante de dividir KG/VIV/DIA entre No HAB. De la respectiva vivienda.
VIV	: Locales que son exclusivamente para vivienda unifamiliar.
VIV/COM	: Locales que sirven de vivienda y comercio a la vez (Sala de bellezas, tiendas pequeñas, medianas o grandes, sastrerías, librerías, etc).
COM	: Local utilizado exclusivamente para comercio.
IND	: Local utilizado para el funcionamiento de industrias.
TA S/N	: Se refiere a que si el local seleccionado recibe servicio del tren de aseo, y denotando si ó no por S y N respectivamente.
DIAS TA	: Informa los días que el local recibe el servicio de tren de aseo y que se responde con las veces por semana o abreviando por LU, MA, MI, JU, VI, SA, los días lunes, martes, miércoles, jueves, viernes y sábado respectivamente.
OBSERVACIONES	: Contiene información sobre la clase de comercio existente en el local seleccionado, así mismo la forma que acostumbran los habitantes del inmueble a desalojar los desechos sólidos, al no recibir servicio del tren de aseo y alguna otra característica que deba tomarse en cuenta, previo al análisis estadístico correspondiente.

El objetivo de realizar dicha encuesta es para determinar el número de habitantes de cada local seleccionado, y obtener la tasa de producción de desechos sólidos expresada en *Kg/hab/día*. Determinar el uso del local<sup>4</sup> (Vivienda, vivienda y comercio, comercio e industria), así mismo observar las costumbres de la población en cuanto si entrega todos o parte de los desechos al servicio del tren de aseo, y la disposición final que acostumbra con aquellos desechos que no entrega al equipo recolector.

<sup>4</sup> El estudio de la tasa de producción es diseñado sólo para el sector residencial, pero se incluyeron algunos comercios adicionales para observar su comportamiento y obtener algunos datos de producción que puedan ser ampliados en estudios posteriores, en los cuales exista un diseño muestral específico del sector comercial e industrial.

Anexo 6  
 TABLA 4.1.6 :RESULTADOS DE ENCUESTA EN ESTUDIO  
 DE GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS DE LA CIUDAD DE ILOBASCO  
 ( SECTOR CENTRAL )

CODIGO	KG/VIV/DIA	No HAB	KG/HAB/DIA	VIV	VIV/COM	COM	IND	TA S/N	DIAS TA	OBSERVACIONES
15-01	3.50	7	0.50	X				S	LU,JU	
15-02	1.69	7	0.24	X				S	LU,JU	
15-03	0.81	5	0.16		X			S	LU,JU	TIENDA
15-04	7.38	3	2.46	X				S	LU,JU	
15-05	0.76	1	0.76	X				S	LU,JU	
15-06	1.16	6	0.19	X				S	LU,JU	
16-01	12.56	9	1.40			X		S	LU,JU	FARMACIA GRANDE
16-02	0.48	3	0.16	X				S	LU,JU	
16-03	0.40	3	0.13	X				S	LU,JU	
16-04	1.63	10	0.16	X				S	LU,JU	TIENDA PEQUENA
16-05	3.39	5	0.68	X				S	JU	
16-06	3.27	6	0.55		X			S	LU,JU	VENTA HUEVOS PEQ.
16-07	0.23	2	0.12	X				S	LU,JU	TIENDA ARTESANIAS
17-01	2.33	5	0.47	X				S	LU,JU	
17-03	1.60	3	0.53		X			S	LU,JU	SALA DE BELLEZA PEQ.
17-05	2.30	4	0.58		X			S	LU,JU	JUGUETERIA
17-06	2.50	5	0.50		X			S	LU,JU	TIENDA GRANDE MINI-SUPER
17-07	1.17	3	0.39	X				S	LU,JU	
17-08	0.78	2	0.39	X				S	LU,JU	TIENDA PEQ.
18-01	2.00	4	0.50		X			S	LU,JU	TIENDA PEQ.
18-02	3.76	9	0.42	X				S	LU,JU	
18-03	1.17	4	0.29	X				S	LU,JU	
18-04	1.01	3	0.34	X				S	LU,JU	
19-01	0.34	2	0.17			X		S	LU,JU	CONSULTORIO MEDICO
19-02	1.77	3	0.59	X				S	1 o 2	
19-03	2.20	8	0.28	X				S	LU,JU	TIENDA
19-04	3.93	6	0.66		X			S	LU,JU	VENTA TORTILLAS
19-05	2.89	8	0.36	X				S	LU,JU	TRABAJOS MECANOG.
19-06	2.00	19	0.11	X				S	LU,JU	
19-07	1.54	5	0.31	X				S	LU,JU	TIENDA
19-08	1.09	1	1.09			X		S	LU	CONSULTORIO MEDICO
19-09	0.27	2	0.14			X		S	1	VENTA ELECTRODOMESTICOS
19-10	1.44	4	0.36	X				S	LU,JU	
19-11	3.09	6	0.52		X			S	LU,JU	FOTOCOPIAS
19-12	0.61	2	0.31	X				S	LU,JU	
20-01	4.81	7	0.69		X			S	3 VECES	TIENDA GRANDE
20-02	1.60	6	0.27	X				N		LA BOTA EN MERCADO
20-03	1.66	5	0.33	X				N		LA BOTA DESVIO SENSUNTEFEQUE
20-04	2.96	7	0.42	X				N		LA BOTA DESVIO SENSUNTEFEQUE
20-05	0.75	4	0.19	X				S	LU,JU	
20-06	4.03					X		N		TIENDA GRANDE
20-07	0.85					X		N		TIENDA GRANDE
20-08	2.82	5	0.56		X			N		TIENDA MEDIANA LA BOTA EN MERCADO

**Anexo 6**  
**TABLA 4.1.7 :RESULTADOS DE ENCUESTA EN ESTUDIO**  
**DE GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS DE LA CIUDAD DE ILOBASCO**  
**( SECTOR CENTRAL )**

CODIGO	KG/MV/DIA	No HAB	KG/HAB/DIA	VIV	VIV/COM	COM	IND	TA S/N	DIAS TA	OBSERVACIONES
21-01	1.63	1	1.63			X		S	LU,JU	TIENDA GRANDE
21-02	1.22	1	1.22			X		S	MA,JU	FOTO-ESTUDIO
21-03	0.73	6	0.12			X		S		JOYERIA
22-01	6.63	7	0.95		X			S	LU,VI	TIENDA MEDIANA
22-02	3.78	5	0.76		X			S	LU,JU	TIENDA
22-04	2.29	6	0.38		X			S	LU,JU	SASTRERIA
22-05	2.19	5	0.44		X			S	LU,JU	BAZAR DE ROPA
22-06	1.06	3	0.35		X			S	LU,JU	TIENDA GRANDE
23-01'	1.77	6	0.30	X				S		
23-01	1.20	2	0.60		X			S		TIENDA
23-02	0.61	4	0.15	X				S		
23-03	7.57	7	1.08		X			S		CLINICA DENTAL
23-04	2.10	4	0.53		X			S		PUPUSERIA
23-05	3.07	3	1.02		X			S		TIENDA
23-06	2.67	7	0.38	X				S		
23-07	0.91	4	0.23	X				S		
24-01	0.89	8	0.11	X				S	MA,VI	
24-02	1.40	3	0.47	X				S	MA,VI	
24-03	9.22	6	1.54			X		S	5 VECES	COMEDOR "EL AMIGO"
24-05	2.05	4	0.51	X				S	MA,VI	
24-06	3.72	7	0.53	X				S	MA	
24-07	1.76	3	0.59	X				S	MA,JU	
24-08	0.63	3	0.21		X			S	MA,JU	LIBRERIA
24-09	1.00	3	0.33		X			S		JOYERIA
24-10	1.24	4	0.31		X			N		PUPUSERIA
24-11	1.30	5	0.26	X				S	MA,VI	
25-01	1.34	7	0.19	X				S		
25-02	1.42	7	0.20	X				S		
25-03	2.47	3	0.82	X				S		
25-04	0.73	3	0.24	X				S		
25-05	2.10	6	0.35	X				S		
25-06	2.67	5	0.53	X				S		
26-01	0.31	1	0.31		X					TIENDA PEQ.
26-02	0.27	1	0.27	X				S	3 VECES	
26-03	1.17	3	0.39	X				S	MA,VI	
26-04	0.95	5	0.19	X				S	MA,VI	
26-05	1.26	10	0.13		X			S	MA,VI	ALFARERIA
26-06	1.04	5	0.21	X				S	MA,VI	
26-07	3.77	4	0.94		X			S	MA,VI	LIBRERIA
26-08	1.70	4	0.43	X				S	MA,VI	
26-09	1.41				X			S	MA,VI	
27-01	1.21	6	0.20	X				S	MA,VI	
27-02	3.71	5	0.74	X				S	MA,VI	
27-03	2.47	7	0.35	X				S	MA,VI	
27-04	0.79	3	0.26	X				N		LA BOTA EN MERCADO

Anexo 6  
**TABLA 4.1.8 :RESULTADOS DE ENCUESTA EN ESTUDIO  
 DE GENERACION DE DESECHOS SÓLIDOS DE LA CIUDAD DE ILOBASCO  
 ( SECTOR CENTRAL )**

CODIGO	KG/VIV/DIA	Nº HAB	KG/HAB/DIA	VIV	VIV/COM	COM	IND	TA S/N	DIAS TA	OBSERVACIONES
28-01	0.37	3	0.12	X				S	LU, JU	
28-02	1.22	10	0.12	X				S	MA, VI	
28-03	1.73	6	0.29	X				S	MA, VI	
28-04	0.85	4	0.21	X				S	MA, VI	
28-05	2.35	3	0.78	X				S	MA	ESTAN RECONSTRUYENDO CASA
28-06	1.40	3	0.47	X				S	MA, VI	
28-07	3.20	9	0.36	X				S	MA, VI	
28-08	3.75	5	0.75	X				S	MA, VI	
28-09	3.63	13	0.28	X				S	MA, VI	
28-10	1.18	4	0.30	X				S	MA, VI	
28-11	2.14	6	0.36	X				S	MA, VI	
28-12	0.66	1	0.66	X				S	MA, VI	
29-01	1.20	3	0.40	X				S	MA, VI	
29-02	3.06	5	0.61	X				S	MA, VI	
29-03	2.00	7	0.29	X				S	MA, VI	
29-04	1.72	7	0.25	X				S	MA, VI	
29-05	0.95	4	0.24	X				S	MA, VI	
29-06	1.50	7	0.21	X				S	MA, VI	
29-08	1.27	3	0.42	X				S	MA, VI	
29-09	0.96	3	0.32	X				S	MA, VI	
29-10	2.15	5	0.43	X				S	MA, VI	
30-01	2.18	9	0.24	X				S	MA, VI	
30-02	0.82	3	0.27	X				S	MA, VI	
30-03	2.00	8	0.25	X				S	MA, VI	
30-04	2.52	4	0.63	X				S	MA, VI	
30-05	0.94	6	0.16	X				S	MA, VI	
30-06	1.73	4	0.43	X				S	MA, VI	
30-07	1.13	3	0.38	X				S	MA, VI	
30-08	2.07	5	0.41	X				S	MA, VI	
30-09	2.27	5	0.45	X				S	MA, VI	
30-10	3.12	7	0.45	X				S	MA, VI	
30-11	1.47	4	0.37	X				S	MA, VI	
30-12	2.05	3	0.68	X				S	MA, VI	
30-13	1.53	4	0.38	X				S	MA, VI	
30-14	1.04	8	0.13	X				S	MA, VI	
30-15	1.70	3	0.57	X				S	MA, VI	
30-16	1.22	5	0.24	X				S	MA, VI	
30-17	1.52	11	0.14	X				S	MA, VI	

Anexo 6  
 TABLA 4.1.9 :RESULTADOS DE ENCUESTA EN ESTUDIO  
 DE GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS DE LA CIUDAD DE ILOBASCO  
 ( SECTOR CENTRAL )

CODIGO	KG/VIV/DIA	Nº HAB	KG/HAB/DIA	VIV	VIV/COM	COM	IND	TAS/N	DIAS TA	OBSERVACIONES
31-01	2.30	3	0.77	X				S	MA.VI	
31-02	1.35	8	0.17	X				S	MA.VI	QUEMA LA BASURA
31-03	1.55	6	0.26	X				S	MA.VI	
31-04	1.20	6	0.20	X				S	MA.VI	
31-05	3.35	5	0.67	X				S	MA.VI	
31-06	5.08	4	1.27	X				S	MA.VI	PAGA PARA BOTARLA
31-07	1.32	6	0.22	X				S	MA.VI	
31-08	1.47	5	0.29	X				S	MA.VI	
31-09	1.57	7	0.22	X				S	MA.VI	
31-10	0.83	3	0.28	X				S	LU.VI	
31-11	4.08	3	1.36	X				S	LU.VI	
31-12	2.38	6	0.40	X				S	MA.VI	
31-13	0.70	5	0.14	X				S	MA.VI	
31-14	2.97	7	0.42	X				S	MA.VI	
31-15	1.05	6	0.18	X				S	MA.VI	
32-01	2.25	5	0.45	X				S	MA.VI	
32-02	2.95	6	0.49	X				S	MA.VI	
32-03	1.78	6	0.30	X				S	MA.VI	
32-04	3.12	7	0.45	X				S	MA.VI	
32-05	2.47	7	0.35	X				S	MA.VI	
32-06	3.50	6	0.58	X				S	MA.VI	
32-07	2.88	12	0.24	X				S	LU,JU	NO ENTREGA A TREN DE ASE0
32-08	2.18	3	0.73	X				S	LU,JU	
32-09	1.82	9	0.20	X				S	LU,JU	
33-01	1.23	6	0.21	X				S	MA.VI	
33-02	0.73	4	0.18	X				S	MA.VI	
33-03	0.37	1	0.37	X				S	MA.VI	
33-04	1.88	3	0.63	X				S	MA.VI	
33-05	1.35	5	0.27	X				S	MA.VI	
33-07	1.82	3	0.61	X				S	MA.VI	
34-01	0.70	6	0.12	X				S	MA.VI	
34-02	3.68	3	1.23	X				S	MA.VI	
34-03	1.33	4	0.33	X				S	MA,JU	
34-04	0.96	6	0.16	X				S	MA,JU	
34-05	0.58	4	0.15	X				S	LU,JU	
34-06	1.37	6	0.23	X				S	LU,JU	
34-07	3.43	5	0.69	X				S	LU,JU	
34-08	2.67	7	0.38	X				S	LU,JU	
34-09	1.67	5	0.33	X				S	LU,JU	



## Anexo 7

## SUBPRODUCTOS

Municipio de ILOBASCO, Departamento de CABAÑAS

Fecha y hora de análisis: vie-17-02-95 12:30 p.m.  
 Peso de la muestra: 59.2 Kg  
 Estrato socio-económico: comercio-vivienda  
 Tara de las bolsas: 56.9 Kg  
 Responsable de análisis: ROLANDO NESTOR ESPAÑA ACEVEDO  
 Dependencia o institución: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

P	SUBPRODUCTOS	PESO EN KG	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	ALGODON	0.00	0.00	
2	CARTON	2.00	3.38	
3	CUERO	1.00	1.69	
4	RESIDUO FINO<#16	2.60	4.39	
5	ENVASE DE CARTON ENCEFRADO	0.00	0.00	
6	FIBRA DURA VEGETAL	0.00	0.00	
7	FIBRAS SINTETICAS	0.00	0.00	
8	HUESO	0.00	0.00	
9	HULE	0.00	0.00	
10	LATA	0.70	1.18	
11	LOZA Y CERAMICA	0.00	0.00	
12	MADERA	0.50	0.84	
13	MATERIAL DE CONSTRUCCION	0.00	0.00	
14	MATERIAL FERROSO	0.00	0.00	
15	MATERIAL NO FERROSO	0.00	0.00	
16	PAPEL	8.70	14.70	
17	PAPEL DESECHABLE	0.00	0.00	
18	PLASTICO DE PELICULA	1.60	2.70	
19	PLASTICO RIGIDO	0.00	0.00	
20	POLIURETANO	0.00	0.00	
21	POLISTIRENO EXPANDIDO	0.00	0.00	
22	RESIDUOS ALIMENTICIOS	16.30	27.53	
23	RESIDUOS DE JARDINERIA	16.20	27.36	
24	TRAPO	0.00	0.00	
25	VIDRIO DE COLOR	0.90	1.52	
26	VIDRIO TRANSPARENTE	0.00	0.00	
27	OTROS	6.40	10.81	TIERRA
	TOTAL	56.90	96.11	

## Anexo 7

## SUBPRODUCTOS

Municipio de ILOBASCO, Departamento de CABAÑAS

Fecha y hora de análisis: Sab-18-02-95 1:15 P.M  
 Peso de la muestra: 50.8 KG  
 Estrato socio-económico: comercio-vivienda  
 Tara de las bolsas: 48.3 KG  
 Responsable de análisis: ROLANDO NESTOR ESPAÑA ACEVEDO  
 Dependencia o institución: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

P	SUBPRODUCTOS	PESO EN KG	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	ALGODON	0.00	0.00	
2	CARTON	1.50	2.95	
3	CUERO	0.00	0.00	
4	RESIDUO FINO <#16	0.50	0.98	
5	ENVASE DE CARTON ENCERADO	0.00	0.00	
6	FIBRA DURA VEGETAL	0.00	0.00	
7	FIBRAS SINTETICAS	0.00	0.00	
8	HUESO	0.00	0.00	
9	HULE	0.00	0.00	
10	LATA	0.50	0.98	
11	LOZA Y CERAMICA	0.00	0.00	
12	MADERA	0.10	0.20	
13	MATERIAL DE CONSTRUCCION	0.00	0.00	
14	MATERIAL FERROSO	0.00	0.00	
15	MATERIAL NO FERROSO	0.00	0.00	
16	PAPEL	3.50	6.89	
17	PAPEL DESECHABLE	0.00	0.00	
18	PLASTICO DE PELICULA	4.10	8.07	
19	PLASTICO RIGIDO	0.00	0.00	
20	POLIURETANO	0.00	0.00	
21	POLISTIRENO EXPANDIDO	0.00	0.00	
22	RESIDUOS ALIMENTICIOS	16.60	32.68	
23	RESIDUOS DE JARDINERIA	18.00	35.43	
24	TRAPO	0.60	1.18	
25	VIDRIO DE COLOR	0.00	0.00	
26	VIDRIO TRANSPARENTE	0.20	0.39	
27	OTROS	2.70	5.31	TIERRA
	TOTAL	48.30	95.08	

## Anexo 7

SUBPRODUCTOS
--------------

Municipio de ILOBASCO, Departamento de CABAÑAS

Fecha y hora de análisis: Lun-20-02-95 12:45 P.M.  
 Peso de la muestra: 55.1 KG  
 Estrato socio-económico: comercio-vivienda  
 Tara de las bolsas: 54.3 KG  
 Responsable de análisis: ROLANDO NESTOR ESPAÑA ACEVEDO  
 Dependencia o institución: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

P	SUBPRODUCTOS	PESO EN KG	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	ALGODON	0.00	0.00	
2	CARTON	2.00	3.63	
3	CUERO	0.00	0.00	
4	RESIDUO FINO-<#16	0.70	1.27	
5	ENVASE DE CARTON ENCERADO	0.00	0.00	
6	FIBRA DURA VEGETAL	0.00	0.00	
7	FIBRAS SINTETICAS	0.00	0.00	
8	HUESO	0.00	0.00	
9	HULE	0.00	0.00	
10	LATA	0.00	0.00	
11	LOZA Y CERAMICA	0.80	1.45	
12	MADERA	0.20	0.36	
13	MATERIAL DE CONSTRUCCION	0.00	0.00	
14	MATERIAL FERROSO	0.50	0.91	
15	MATERIAL NO FERROSO	0.00	0.00	
16	PAPEL	5.60	10.16	
17	PAPEL DESECHABLE	0.00	0.00	
18	PLASTICO DE PELICULA	0.00	0.00	
19	PLASTICO RIGIDO	0.00	0.00	
20	POLIURETANO	0.00	0.00	
21	POLISTIRENO EXPANDIDO	0.00	0.00	
22	RESIDUOS ALIMENTICIOS	22.70	41.20	
23	RESIDUOS DE JARDINERIA	17.10	31.03	
24	TRAPO	0.60	1.09	
25	VIDRIO DE COLOR	0.50	0.91	
26	VIDRIO TRANSPARENTE	1.30	2.36	
27	OTROS	2.30	4.17	TIERRA
	<b>TOTAL</b>	<b>54.30</b>	<b>98.55</b>	

## Anexo 7

SUBPRODUCTOS
--------------

Municipio de ILOBASCO, Departamento de CABAÑAS

Fecha y hora de análisis: Jue-16-12-95 1:30 p.m.  
 Peso de la muestra: 51.7 Kg  
 Estrato socio-económico: comercio-vivienda  
 Tara de las bolsas:  
 Responsable de análisis: ROLANDO NESTOR ESPAÑA ACEVEDO  
 Dependencia o institución: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

P	SUBPRODUCTOS	PESO EN KG	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	ALGODON	0.00	0.00	
2	CARTON	1.40	2.71	
3	CUERO	0.00	0.00	
4	RESIDUO FINO<#16	1.40	2.71	
5	ENVASE DE CARTON ENCERADO	0.00	0.00	
6	FIBRA DURA VEGETAL	0.00	0.00	
7	FIBRAS SINTETICAS	0.00	0.00	
8	HUESO	0.00	0.00	
9	HULE	0.00	0.00	
10	LATA	0.00	0.00	
11	LOZA Y CERAMICA	0.00	0.00	
12	MADERA	0.00	0.00	
13	MATERIAL DE CONSTRUCCION	0.00	0.00	
14	MATERIAL FERROSO	0.00	0.00	
15	MATERIAL NO FERROSO	0.00	0.00	
16	PAPEL	3.30	6.38	
17	PAPEL DESECHABLE	0.00	0.00	
18	PLASTICO DE PELICULA	3.00	5.80	
19	PLASTICO RIGIDO	0.00	0.00	
20	POLIURETANO	0.00	0.00	
21	POLISTIRENO EXPANDIDO	0.00	0.00	
22	RESIDUOS ALIMENTICIOS	21.30	41.20	
23	RESIDUOS DE JARDINERIA	18.00	34.82	
24	TRAPO	0.40	0.77	
25	VIDRIO DE COLOR	0.10	0.19	
26	VIDRIO TRANSPARENTE	0.60	1.16	
27	OTROS	1.50	2.90	TIERRA
	TOTAL	51.00	98.65	

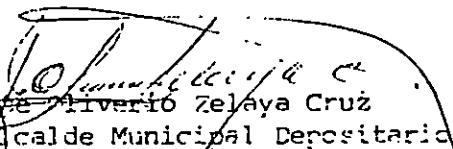
# ANEXO 8

## Constancia del número de locales comerciales registrados por la Alcaldía Municipal de Ilobasco.

INMUEBLES O VIVIENDAS    3,000    viviendas

	CANTIDAD	DE COMERCIOS
Farmacias	10	
Almacenes	7	
Ferreterías	10	
Expendios	12	
Tiendas	58	Grandes
Oficinas Jurídicas	17	
Fotografías	7	
Joyerías	7	
Molinos de Nixtamal	16	
Fertilizantes Agro Químicos	15	
Panaderías	9	
Bazares	17	
Comedores y Máquinas de video	11	
Salas de Belleza	11	
Zapaterías y Pupuserías	7	C/U
Venta de Materiales de Const.	10	
Abarroterías	6	
Pulperías	56	Pequeñas
Clinica Dental	7	
Talleres	36	
Protectora de Menores	1	
Centro de Salud	1	
Banco Salvadoreño	1	
Banco Agrícola Comercial	1	
Multicable	1	



  
 Alvario Zelaya Cruz  
 Alcalde Municipal Depositario

RESUMEN DE PESOS VOLUMETRICOS DE ESTUDIO DE GENERACION DE DESECHOS SOLIDOS ZONA HABITACIONAL

DIA\FECHA	HORA	PESO DE LA MUESTRA	VOLUMEN MUESTRA (M3)	PESO VOLUMETRICO
LUNES 13	5:30 P.M.	66.0	0.22	300
MARTES 14	4:25 P.M.	62.04	0.22	282
MIERCOLES 15	3:00 P.M.	52	0.22	236.36
JUEVES 16	2:33 P.M.	53.2	0.22	241.82
VIERNES 17	2:00 P.M.	56	0.22	254.55
SABADO 18	2:00 P.M.	54.8	0.22	249.09
DOMINGO 19	12:20 P.M.	51	0.22	231.82
			TOTAL	1795.64
			PROMEDIO =	1795.64/7
			PROMEDIO =	256.52 (Kg/M3)

HOJA DE REGISTRO DE CAMPO  
 SELECCION Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS  
 FECHA Y HORA DE ANALISIS: 14 DE FEBRERO/95; 5:00 P.M.  
 PESO DE LA MUESTRA: 58.4 KG.  
 RESPONSABLE DEL ANALISIS: VITELIO BLANCO ECHEGOYEN  
 DEPENDENCIA O INSTITUCION: ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL FIA-UES

SUBPRODUCTOS	PESO EN KG	% EN PESO	OBSERVACIONES
PLASTICO	6.30	10.79	Incluye embases plasticos y bolsas plasticas
PAPEL	4.50	7.71	Se incluye carton
RESIDUOS VEGETALES	40.10	68.66	Hojas de arboles, cascara de frutas y verduras
DESPERDICIOS ALIMENTICIOS	2.40	4.11	
MADERA	0.00	0.00	
OTROS	1.40	2.40	
MATERIALES DE CONSTRUCCION	1.00	1.71	
VIDRIO	0.00	0.00	
TELA	0.90	1.54	
MATERIAL QUE PASA MALLA 1/16"	1.00	1.71	
TOTALES	57.60	98.63	

HOJA DE REGISTRO DE CAMPO  
 SELECCION Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS  
 FECHA Y HORA DE ANALISIS: 16 DE FEBRERO/95; 3:00 P.M.  
 PESO DE LA MUESTRA: 53.8 KG.  
 RESPONSABLE DEL ANALISIS: VITELIO BLANCO ECHEGOYEN  
 DEPENDENCIA O INSTITUCION: ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL FIA-UES

SUBPRODUCTOS	PESO EN KG	% EN PESO	OBSERVACIONES
PLASTICO	1.00	1.86	Incluye embases plasticos y bolsas plasticas
PAPEL	2.10	3.90	Se incluye carton
RESIDUOS VEGETALES	42.30	78.62	Hojas de arboles, cascara de frutas y verduras
DESPERDICIOS ALIMENTICIOS	4.00	7.43	
MADERA	0.30	0.56	
LATA	0.10	0.19	
MATERIALES DE CONSTRUCCION	0.90	1.67	
VIDRIO	0.50	0.93	
TELA	1.10	2.04	
MATERIAL QUE PASA MALLA 1/16"	1.50	2.79	
TOTALES	53.80	100.00	



HOJA DE REGISTRO DE CAMPO  
 SELECCION Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS  
 FECHA Y HORA DE ANALISIS: 17 DE FEBRERO/95; 2:30 P.M.  
 PESO DE LA MUESTRA: 57.2 KG.  
 RESPONSABLE DEL ANALISIS: VITELIO BLANCO ECHEGOYEN  
 DEPENDENCIA O INSTITUCION: ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL FIA-UES

SUBPRODUCTOS	PESO EN KG	% EN PESO	OBSERVACIONES
PLASTICO	4.60	8.04	Incluye embases plasticos y bolsas plasticas
PAPEL	3.00	5.24	Se incluye carton
RESIDUOS VEGETALES	42.79	74.81	Hojas de arboles, cascara de frutas y verduras
DESPERDICIOS ALIMENTICIOS	1.30	2.27	
MADERA	0.40	0.70	
LATA	0.40	0.70	
MATERIALES DE CONSTRUCCION	1.00	1.75	
VIDRIO	1.60	2.80	
TELA	0.75	1.31	
MATERIAL QUE PASA MALLA 1/16"	0.50	0.87	
TOTALES	56.34	98.50	

HOJA DE REGISTRO DE CAMPO  
 SELECCION Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS  
 FECHA Y HORA DE ANALISIS: 14 DE FEBRERO/95; 5:00 P.M.  
 PESO DE LA MUESTRA: 58.4 KG.  
 RESPONSABLE DEL ANALISIS: VITELIO BLANCO ECHEGOYEN  
 DEPENDENCIA O INSTITUCION: ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL FIA-UES

SUBPRODUCTOS	PESO EN KG	% EN PESO	OBSERVACIONES
PLASTICO	6.30	-10.79	Incluye embases plasticos y bolsas plasticas
PAPEL	4.50	7.71	Se incluye carton
RESIDUOS VEGETALES	40.10	68.66	Hojas de arboles, cascara d frutas y verduras
DESPERDICIOS ALIMENTICIOS	2.40	4.11	
MADERA	0.00	0.00	
OTROS	1.40	2.40	
MATERIALES DE CONSTRUCCION	1.00	1.71	
VIDRIO	0.00	0.00	
TELA	0.90	1.54	
MATERIAL QUE PASA MALLA 1/16"	1.00	1.71	
TOTALES	57.60	98.63	

Anexo 10

## TABLAS DE DISTRIBUCION "t" DE STUDENT

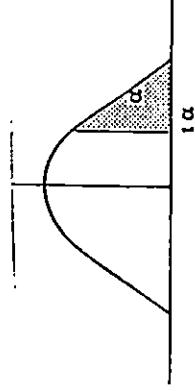


Tabla B  
Distribución t de Student  
con v grados de libertad

v	L-45	L-40	L-30	L-25	L-20	L-10	L-05	L-025	L-01	L-005
1	.158	.325	.727	1.000	1.376	3.08	6.31	12.71	31.82	63.66
2	.142	.289	.617	.816	1.061	1.89	2.92	4.30	6.96	9.92
3	.137	.277	.584	.765	.978	1.64	2.35	3.18	4.54	5.84
4	.134	.271	.569	.741	.941	1.53	2.13	2.78	3.75	4.60
5	.132	.267	.559	.727	.920	1.48	2.02	2.57	3.36	4.03
6	.131	.265	.553	.718	.906	1.44	1.94	2.45	3.14	3.71
7	.130	.263	.549	.711	.896	1.42	1.90	2.36	3.00	3.50
8	.130	.262	.546	.706	.889	1.40	1.86	2.31	2.90	3.36
9	.129	.261	.543	.703	.883	1.38	1.83	2.26	2.82	3.25
10	.129	.260	.542	.700	.879	1.37	1.81	2.23	2.76	3.17
11	.129	.260	.540	.697	.876	1.36	1.80	2.20	2.72	3.11
12	.128	.259	.539	.695	.873	1.36	1.78	2.18	2.68	3.06
13	.128	.259	.538	.694	.870	1.35	1.77	2.16	2.65	3.01
14	.128	.258	.537	.692	.868	1.34	1.76	2.14	2.62	2.98
15	.128	.258	.536	.691	.866	1.34	1.75	2.13	2.60	2.95
16	.128	.258	.535	.690	.865	1.34	1.75	2.12	2.58	2.92
17	.128	.257	.534	.689	.863	1.33	1.74	2.11	2.57	2.90
18	.127	.257	.534	.688	.862	1.33	1.73	2.10	2.55	2.88
19	.127	.257	.533	.688	.861	1.33	1.73	2.09	2.54	2.86
20	.127	.257	.533	.687	.860	1.32	1.72	2.09	2.53	2.84
21	.127	.257	.532	.686	.859	1.32	1.72	2.08	2.52	2.83
22	.127	.256	.532	.686	.858	1.32	1.72	2.07	2.51	2.82
23	.127	.256	.532	.685	.858	1.32	1.71	2.07	2.50	2.81
24	.127	.256	.531	.685	.857	1.32	1.71	2.06	2.49	2.80
25	.127	.256	.531	.684	.856	1.32	1.71	2.06	2.48	2.79
26	.127	.256	.531	.684	.856	1.32	1.71	2.06	2.48	2.78
27	.127	.256	.531	.684	.855	1.31	1.70	2.05	2.47	2.77
28	.127	.256	.530	.683	.855	1.31	1.70	2.05	2.47	2.76
29	.127	.256	.530	.683	.854	1.31	1.70	2.04	2.46	2.76
30	.127	.256	.530	.683	.854	1.31	1.70	2.04	2.46	2.75
40	.126	.255	.529	.681	.851	1.30	1.68	2.02	2.42	2.70
60	.126	.254	.527	.679	.848	1.30	1.67	2.00	2.39	2.66
120	.126	.254	.526	.677	.845	1.29	1.66	1.98	2.36	2.62
$\infty$	.126	.253	.524	.674	.842	1.28	1.645	1.96	2.33	2.58







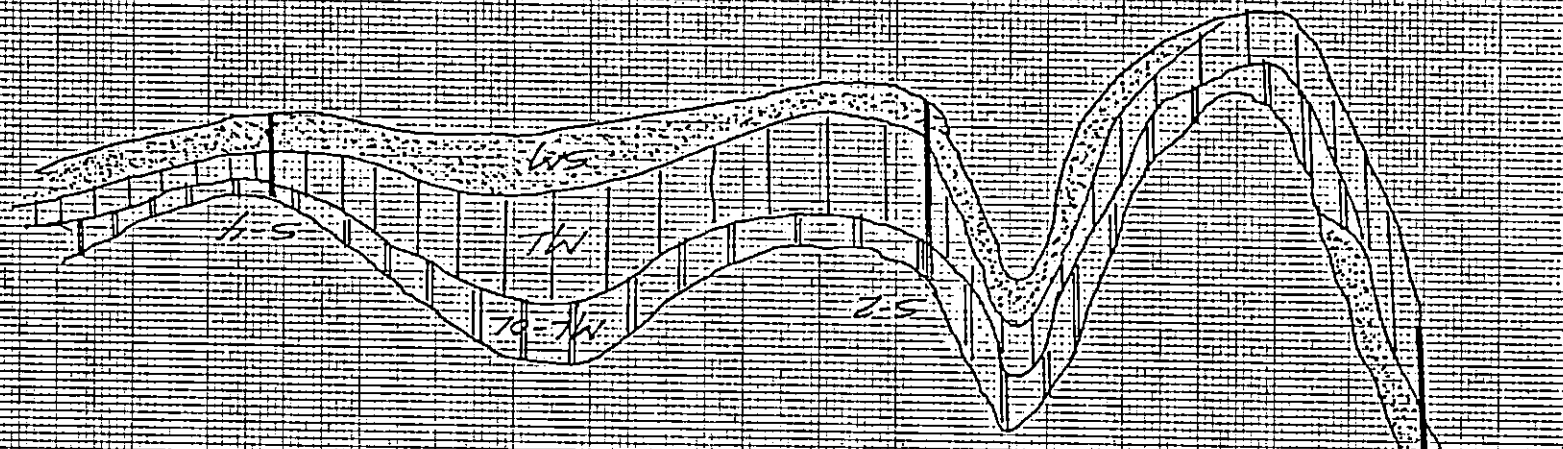








SM - ARENA LIMOSA (FEMENTADA)	
N.F. - TIPO O TIPO ARENOSO DE BUA PLASTICADA	
M.O. - MEIA DENTADO ORGANICO DE BUA PLASTICADA	



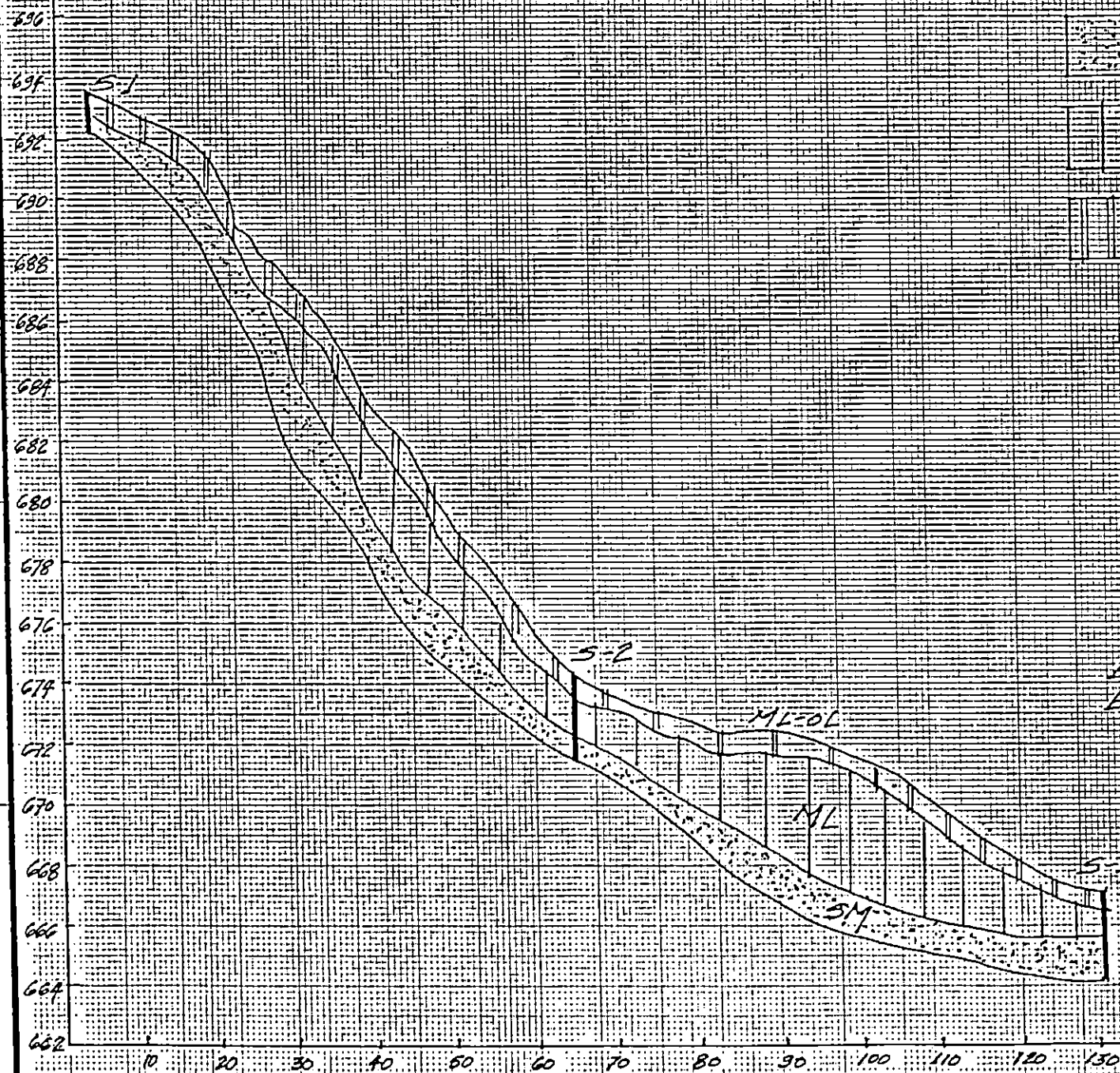
688  
687  
686  
685  
684  
683  
682




10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180

ESCALA VERTICAL 1:100

ESCALA HORIZONTAL 1:150

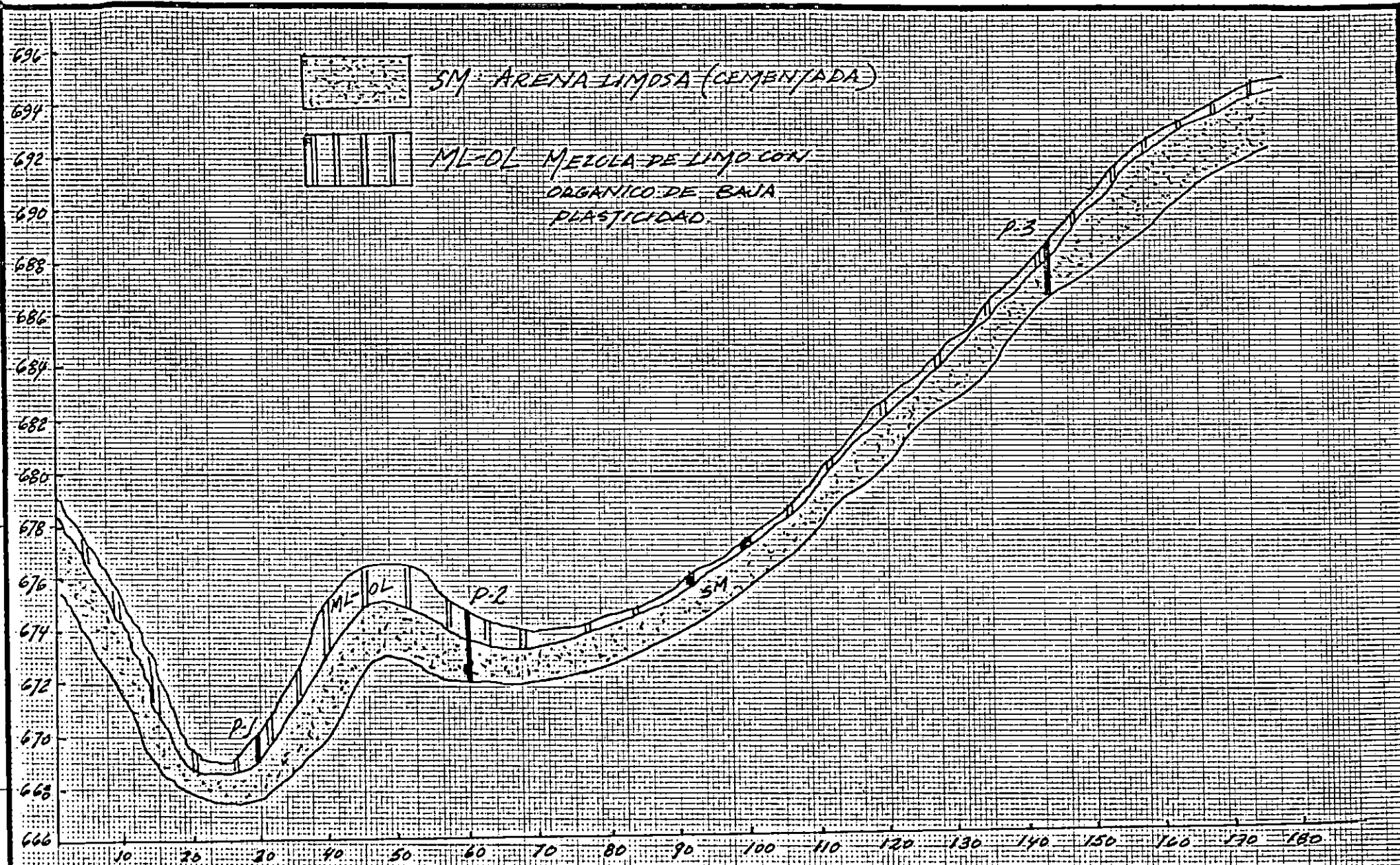
ANEXO 13  
CONTENIDO PERFIL #1  
DE SONDOS  
5.5:5.2:5.1



- 
 SM - ARENALIMOSA (CEMENTADA)
- 
 ML - LIMO O LIMO ARENOSO DE BAJA PLASTICIDAD
- 
 ML-OL - MEZCLA DE LIMO CON ORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD

ESCALA VERTICAL 1:200  
 ESCALA HORIZONTAL 1:160

ANEXO 73  
 CONTENIDO PERFIL #2  
 DE SONDEOS  
 S-1, S-2, S-3A



ESCALA VERTICAL 1:200  
 ESCALA HORIZONTAL 1:750

ANEXO 13  
 CONTENIDO PERFIL # 3  
 DE POZOS A CIELO  
 ABIERTO

ESCALA Horizontal 1:750

ESCALA Vertical 1:200

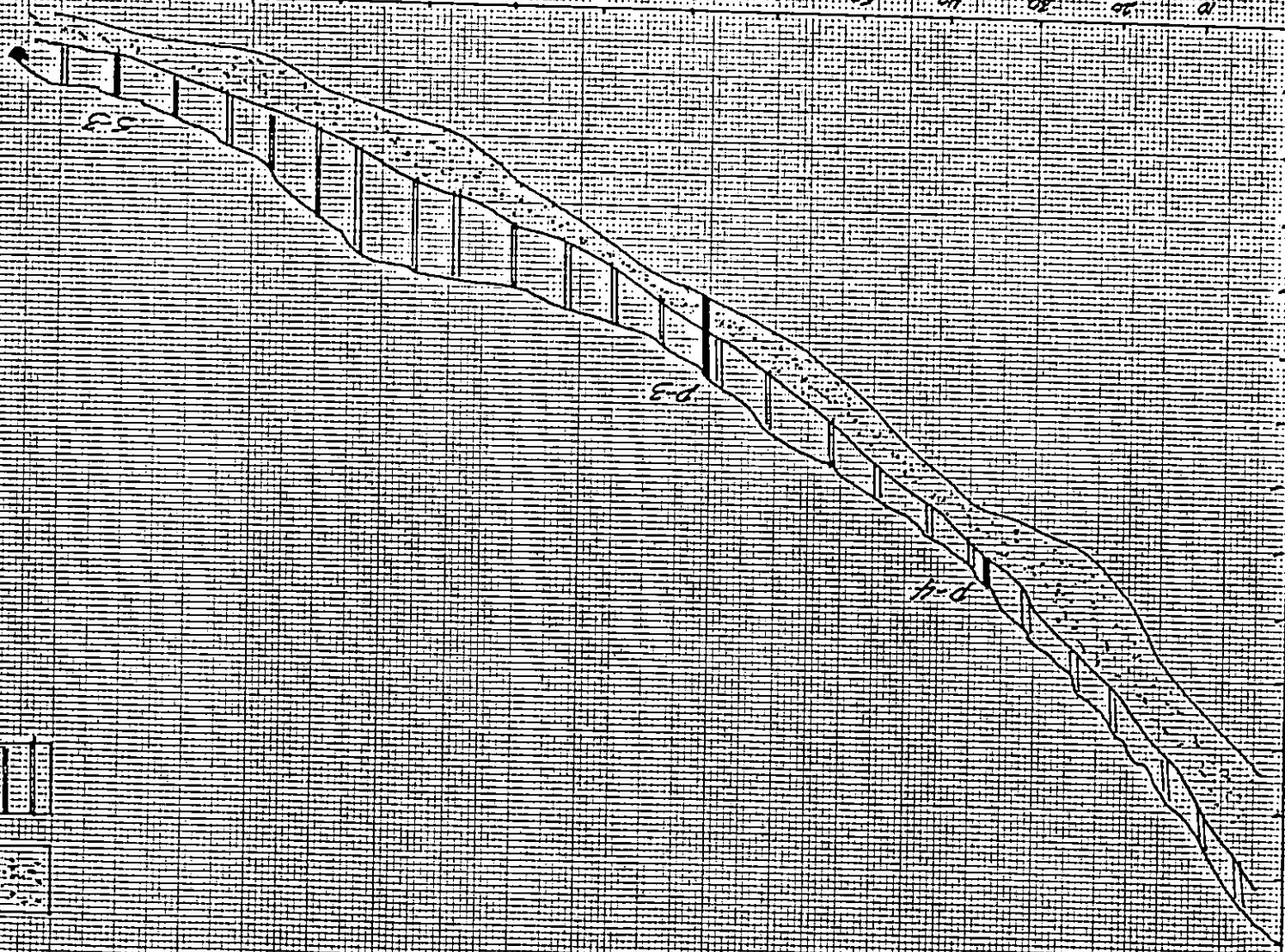
ANEXO 13

CONTENIDO: PERFIL # 4

DE POZOS A CIENAS  
ABRIGADO Y SONDEO

180 170 160 150 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 30 20 10

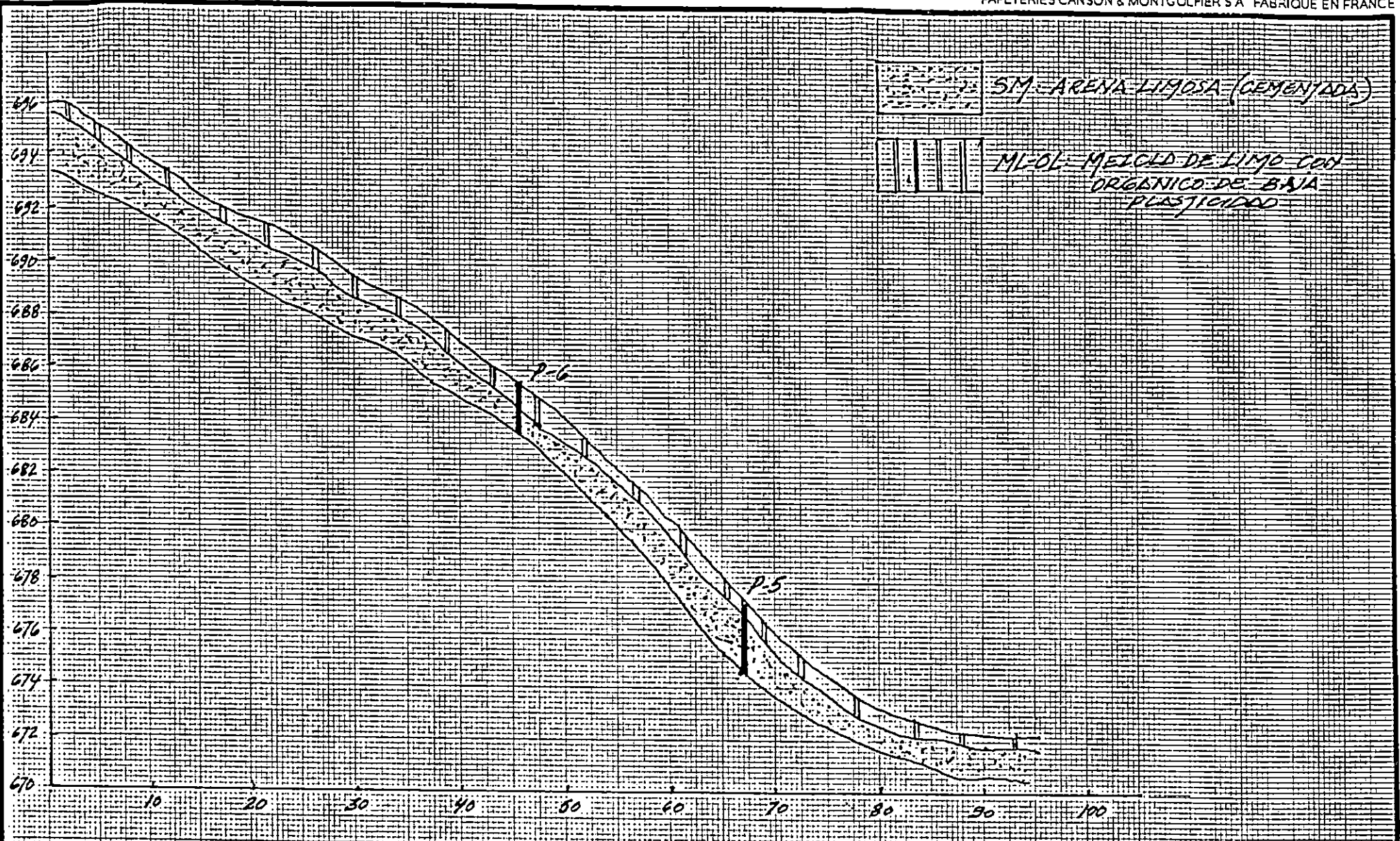
694  
696  
698  
700  
702  
704  
706  
708  
710  
712  
714  
716  
718  
720  
722  
724  
726  
728  
730  
732  
734  
736  
738  
740  
742  
744  
746  
748  
750



SM. APERTURA (CEMENTADA)

M.O.L. Mezcla de LIMO

CONCRETO DE BARRA REFORZADO



ESCALA VERTICAL 1:200  
ESCALA HORIZONTAL 1:500

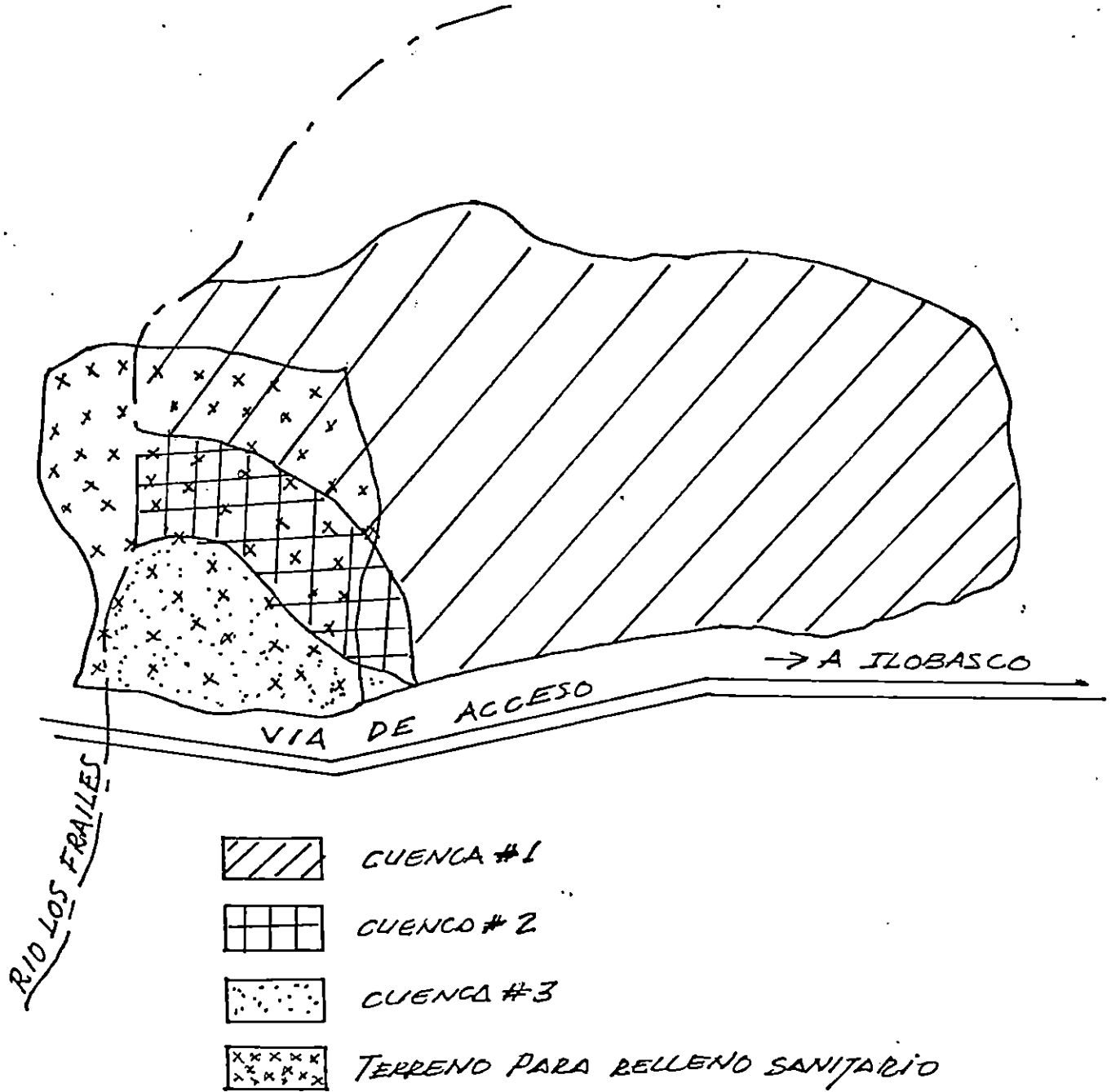
ANEXO 13  
CONTENIDO PERFIL #5  
DE POZOS A CIELO  
ABIERTO.

**PRECIPITACION MEDIA Y MAXIMA ABSOLUTA MENSUAL Y ANUAL DE LA ZONA PARACENTRAL EN EL SALVADOR**

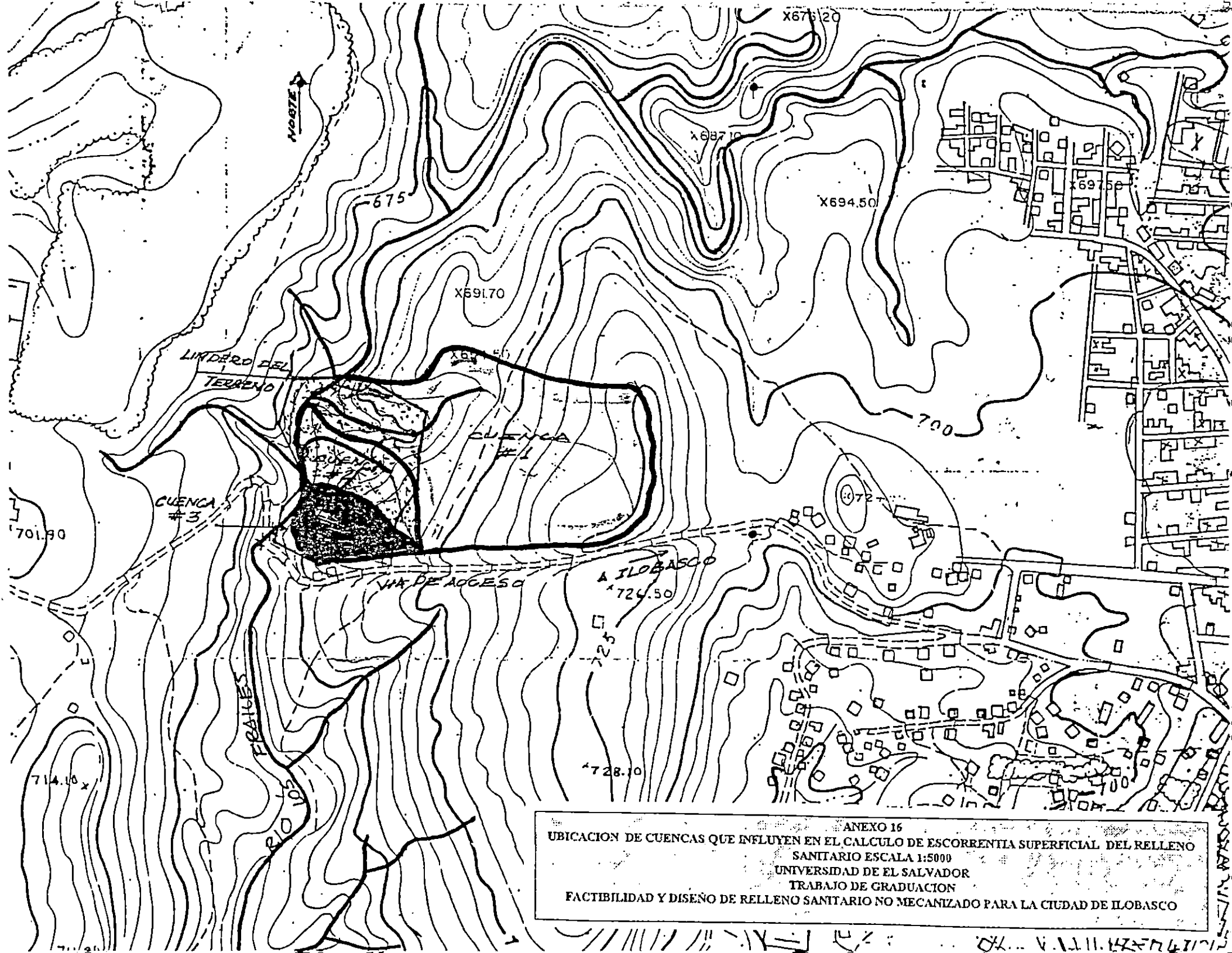
DEPARTAMENTO Y ESTACIONES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL	AÑOS REGIST.
<b><u>L A P A Z</u></b>														
Finca El Verde - Lluvia mensual (mm)	2	5	11	70	236	448	348	351	482	387	72	10	2422	26
" Máx. abs. "	86	42	53	278	454	745	736	553	857	1010	325	89	3709	-
Zacatecoluca - Lluvia mensual (mm)	4	2	10	38	226	334	316	329	452	343	64	9	2179	58
" Máx. abs. "	74	28	63	170	512	876	601	680	889	779	337	69	3149	-
Entre Ríos - Lluvia mensual (mm)	6	3	6	44	172	315	255	278	345	263	66	5	1758	24
" Máx. abs. "	79	37	32	162	528	516	487	442	555	562	317	40	2528	-
<b><u>CUSCATLAN</u></b>														
S. Rafael Cedros- Lluvia mensual (mm)	5	3	9	46	214	382	364	339	383	256	54	5	2060	50
" Máx. abs. "	38	28	102	159	353	633	620	225	677	672	267	42	2763	-
Hda. La Asunción- Lluvia mensual (mm)	7	1	26	60	145	295	296	318	364	220	33	2	1787	10
" Máx. abs. "	32	3	136	122	322	527	382	406	538	388	128	10	1957	-
<b><u>CABAÑAS</u></b>														
Ilobasco - Lluvia mensual (mm)	5	7	14	52	225	342	327	314	365	234	48	9	1942	20
" Máx. abs. "	35	41	96	179	404	597	534	459	506	422	177	80	2166	-
Villa Dolores - Lluvia mensual (mm)	4	5	8	58	203	309	284	295	349	246	54	8	1823	25
" Máx. abs. "	38	76	41	204	378	654	525	509	637	676	185	90	2472	-
Tehuacán - Lluvia mensual (mm)	2	1	5	46	154	311	331	324	332	252	52	7	2000	47
<b><u>SAN VICENTE</u></b>														
Molineros - Lluvia mensual (mm)	5	5	7	49	167	311	312	295	349	246	51	7	1804	44
" Máx. abs. "	58	81	66	325	409	734	542	506	638	536	225	43	2799	-
Fca. El Carmen - Lluvia mensual (mm)	4													
" Máx. abs. "	42													
Tehuacán - Lluvia mensual (mm)	2													
" Máx. abs. "	43													

**ANEXO 14**  
**CUADRO DE PRECIPITACIONES MEDIA Y MAXIMA ABSOLUTA MENSUAL Y ANUAL DE LA ZONA**  
**PARACENTRAL EN EL SALVADOR**  
**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**TRABAJO DE GRADUACION**  
**FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO PARA LA CIUDAD DE ILOBASCO**

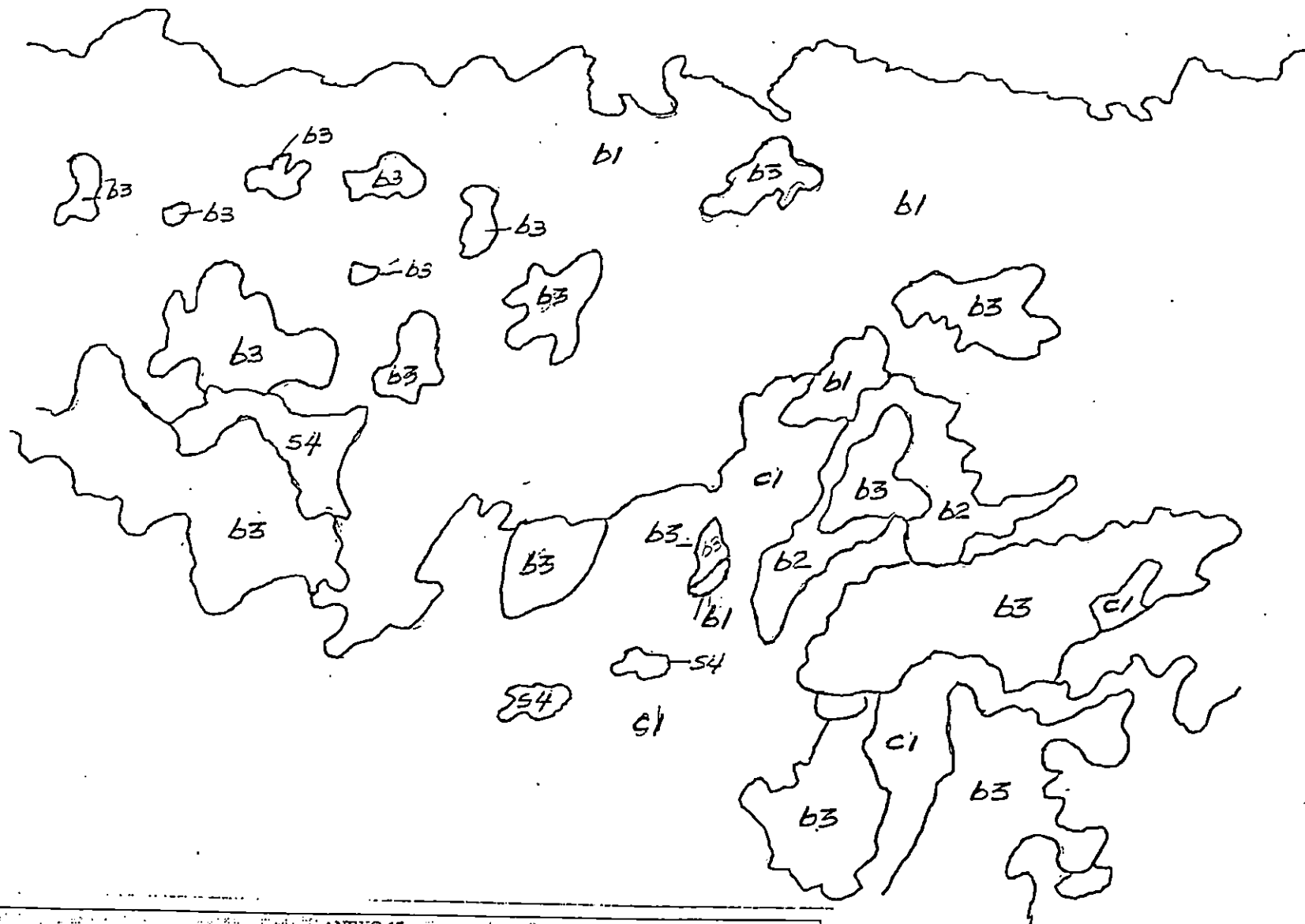
ANEXO 15  
 UBICACION ESQUEMATICA DE CUENCAS, QUE INFLUYEN EN EL CALCULO DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL.  
 DEL RELLENO SANITARIO  
 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 TRABAJO DE GRADUACION  
 FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO PARA LA CIUDAD DE ILOBASCO







ANEXO 16  
UBICACION DE CUENCAS QUE INFLUYEN EN EL CALCULO DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL DEL RELLENO  
SANITARIO ESCALA 1:5000  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION  
FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO PARA LA CIUDAD DE ILOBASCO



ANEXO 17  
UBICACION ESQUEMATICA DE TERRENO CON RESPECTO A MAPA GEOLOGICO DE EL SALVADOR TOMADO  
DE PLANO ESCALA 1:100000  
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION  
FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO PARA LA CIUDAD DE ILOBASCO

## FORMACION DEL BALSAMO

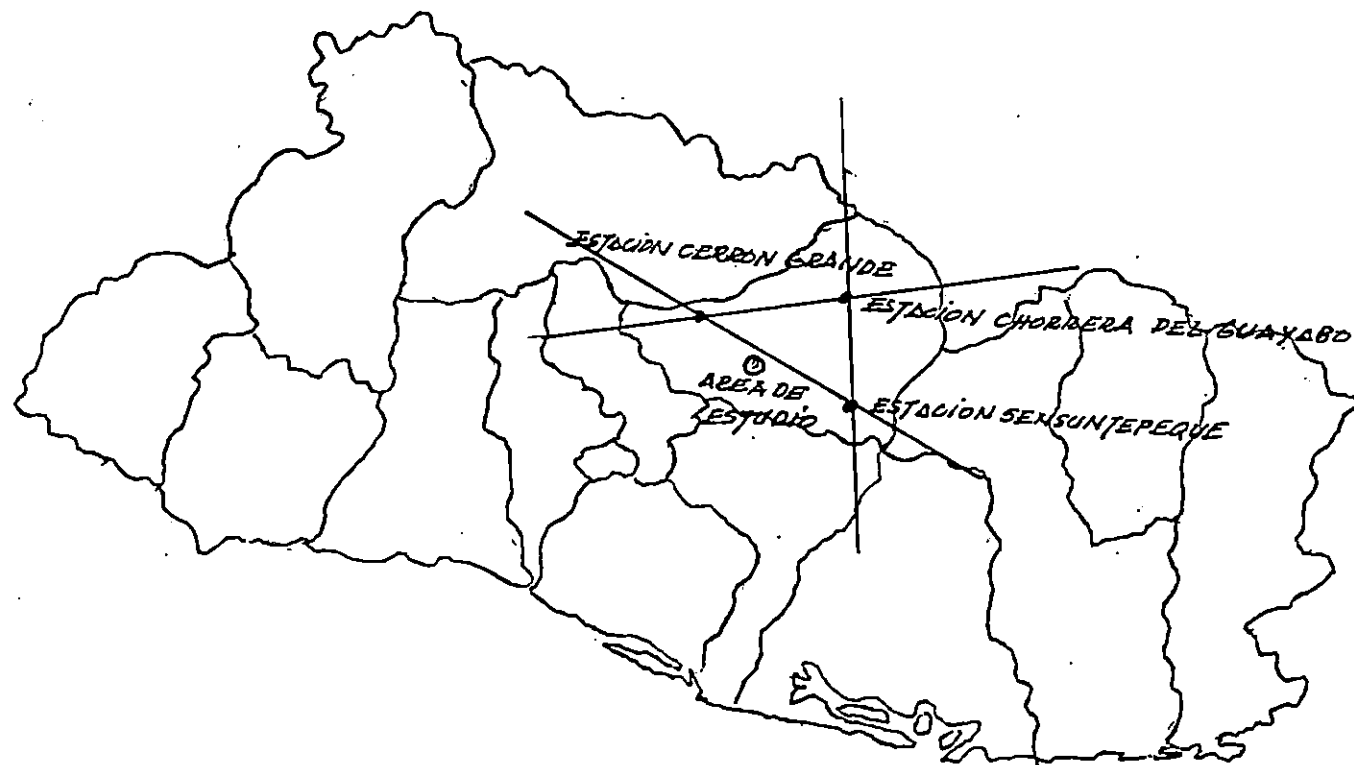
- b3** Efusivas básicas-intermedias
- b3** Efusivas básicas-intermedias, piroclastitas volcánicas subordinadas
- b1** Epiclastitas volcánicas y piroclastitas: localmente efusivas-intermedias intercaladas.

## FORMACION CUSCATLAN

- c3** Efusivas básicas-intermedias.
- c2** Efusivas ácidas e intermedias - ácidas
- c-1** Piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas

## FORMACION SAN SALVADOR

- s-4** Tierra blanca: piroclastitas ácidas y epiclastitas volcánicas subordinadas; localmente efusivas ácidas



ANEXO 19  
ESQUEMA PARA LA DETERMINACION DE ESTACIONES FLUVIOGRAFICAS QUE INCIDEN EN EL AREA  
DESTINADA AL RELLENO SANITARIO POR EL METODO DE POLIGONO DE THIESSEN UNIVERSIDAD DE EL  
SALVADOR  
TRABAJO DE GRADUACION  
FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO PARA LA CIUDAD DE ILOBASCO

UBICACION GEOGRAFICA Y ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE ESTACIONES CLIMATOLOGICAS  
Y PLUVIOMETRICAS DE LA ZONA PARACENTRAL DE EL SALVADOR.-

DEPARTAMENTO	ESTACION	LATITUD NORTE	LONGITUD OESTE	ELEVACION(m.s.n.m.)
L A P A Z	Finca El Verde	13° 34.7'	88° 51.0'	1957
	Zacatecoluca	13° 30.5'	88° 51.9'	190
	Beneficio Entre Ríos	13° 28.9'	88° 50.7'	90
SAN VICENTE	Santa Cruz Porrillo	13° 26.4'	88° 48.2'	30
	Puente Cuscatlán	13° 36.1'	88° 35.6'	20
	Molineros	13° 39.3'	88° 51.5'	600
	Finca El Carmen	13° 36.7'	88° 50.3'	1320
	Tehuacán	13° 33.3'	88° 47.1'	350
CUSCATLAN	Cojutepeque	13° 42.8'	88° 55.8'	810
	San Fco. Aguilares	13° 57.7'	88° 10.1'	295
	San Rafael Cedros	13° 44.7'	88° 52.7'	630
	Hacienda La Asunción	13° 58.0'	88° 07.1'	320
CABARAS	Sensuntepeque	13° 52.2'	88° 39.9'	650
	Ilobasco	13° 50.5'	88° 51.2'	740
	Villa Dolores	13° 46.8'	88° 34.2'	110
	Cerrón Grande	13° 56.2'	88° 54.8'	200
	Chorrera del Guayabo	13° 59.2'	88° 45.3'	210

ANEXO 20  
 UBICACION GEOGRAFICA Y ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE ESTACIONES CLIMATOLOGICAS Y  
 PLUVIOMETRICAS DE LA ZONA PARACENTRAL DE EL SALVADOR UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 TRABAJO DE GRADUACION  
 FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO PARA LA CIUDAD DE ILOBASCO

## ANEXO 21

ESTACION : CERRON GRANDE

INDICE : B 10

88 54.8 'W

ELEVACION : 245 M.S.N.M.

ELEMENTO: INTENSIDAD DE PRECIPITACION MAXIMA ANUAL (ABSOLUTA)  
EN mm/min PARA DIFERENTES PERIODOS

AÑO	PERIODOS (MINUTOS)												
	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
1974	2.84	2.39	2.24	2.10	1.63	1.22	0.86	0.59	0.44	0.35	0.34	0.27	0.19
1975	2.04	2.00	1.67	1.50	1.27	0.89	0.68	0.58	0.52	0.44	0.39	0.33	0.26
1976	2.20	2.20	1.92	1.92	1.48	1.18	0.89	0.60	0.45	0.30	0.34	0.29	0.24
1977	2.10	2.06	2.04	1.93	1.51	1.14	0.94	0.77	0.28	0.24	0.22	0.15	0.12
1978	2.02	1.70	1.57	1.28	1.11	0.83	0.65	0.44	0.35	0.30	0.25	0.19	0.10
1979	4.60	2.85	2.20	1.73	1.5	0.98	0.81	0.71	0.55	0.44	0.38	0.29	0.21
1980	DATOS INCOMPLETOS												
1981	4.06	2.48	1.947	1.595	1.19	1.029	0.818	0.58	0.449	0.361	0.307	0.243	0.14
1982	2.80	2.28	1.92	1.92	1.57	1.21	0.99	0.69	0.56	0.47	0.40	0.32	0.22
1983	3.42	2.51	2.07	1.76	1.44	1.22	1.07	0.78	0.73	0.30	0.27	0.20	0.11

## ANEXO 22

ESTACION : SENSUNTEPEQUE

INDICE : B 6

UBICACION : 13 52.2' N

88 39.0 'W

ELEVACION : 650 M.S.N.M.

ELEMENTO: INTENSIDAD DE PRECIPITACION MAXIMA ANUAL (ABSOLUTA)  
EN mm/min PARA DIFERENTES PERIODOS

AÑO	PERIODOS (MINUTOS)												
	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360
1971	3.20	2.76	2.37	2.04	1.53	1.33	1.18	0.84	0.78	0.52	0.45	0.36	0.24
1972	3.10	2.54	2.36	2.17	1.66	1.29	1.07	0.73	0.40	0.27	0.23	0.19	0.26
1973	2.08	2.02	1.78	1.70	1.41	1.17	0.94	0.65	0.50	0.43	0.37	0.29	0.20
1974	3.26	2.79	2.60	2.42	2.05	1.48	0.11	0.88	0.73	1.35	0.30	0.24	0.16
1975	2.84	2.32	2.15	2.12	2.02	1.74	1.37	0.60	0.52	0.40	0.36	0.12	0.11
1976	2.40	1.99	1.74	1.60	1.37	1.25	1.07	0.72	0.54	0.44	0.36	0.28	0.24
1977	2.52	2.28	2.15	1.96	1.34	1.12	0.72	0.53	0.44	0.39	0.33	0.26	0.24
1978	2.00	2.00	1.84	1.68	1.50	1.19	1.08	0.83	0.62	0.50	0.41	0.31	0.21
1979	3.04	3.02	2.35	2.01	1.67	1.38	1.03	0.84	0.62	0.50	0.42	0.33	0.23
1980	2.80	2.70	2.59	2.10	1.47	1.01	0.86	0.58	0.44	0.35	0.29	0.23	0.11
1981	2.24	1.99	1.623	1.42	1.34	1.002	0.772	0.516	0.388	0.311	0.259	0.223	0.211
1982	2.60	2.25	1.92	1.74	1.47	1.01	0.84	0.71	0.63	0.58	0.54	0.47	0.35
1983	3.20	2.70	2.53	2.35	2.07	1.58	1.28	1.11	0.56	0.40	0.33	0.23	0.16
1983	2.40	2.10	1.79	1.69	1.27	1.02	1.01	0.72	0.55	0.46	0.47	0.39	0.26

ANEXO 23

ESTACION : CHORRERA DEL GUAYABO

INDICE : B 1  
 UBICACION : 13 59.8' N  
 88 45.4' W  
 ELEVACION : 190 M.S.N.M.

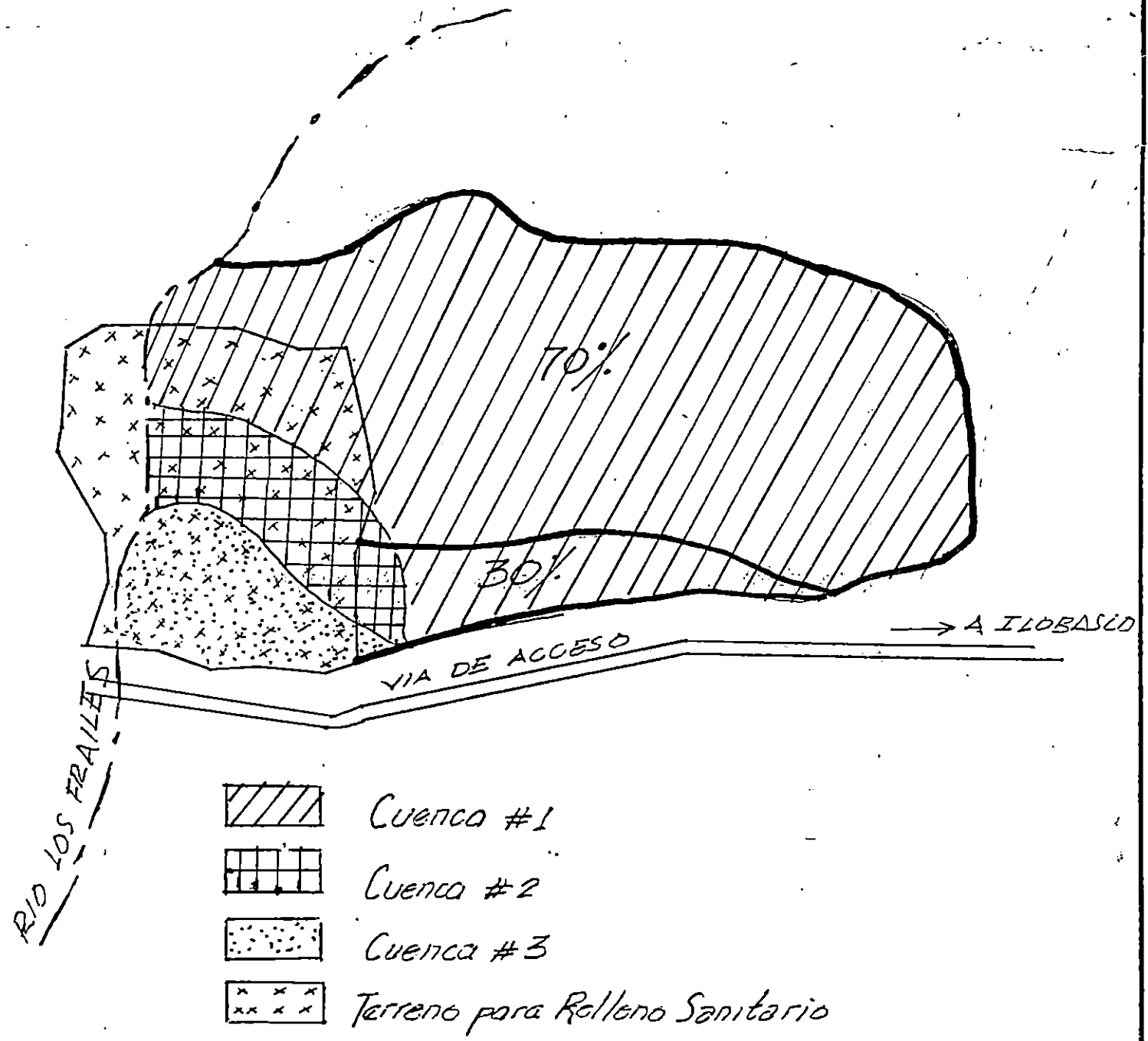
ELEMENTO: INTENSIDAD DE PRECIPITACION MAXIMA ANUAL (ABSOLUTA)  
 EN mm/min PARA DIFERENTES PERIODOS


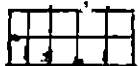

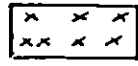
AÑO	PERIODOS (MINUTOS)													
	5	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	240	360	
1953	3.60	3.11	2.63	2.38	1.97	1.56	1.31	1.03	0.31	0.60	0.59	0.57	0.17	
1954	2.54	2.16	1.98	1.62	1.35	1.16	0.90	0.81	0.76	0.37	0.31	0.23	0.22	
1955	2.60	2.30	2.14	2.05	1.54	1.36	1.36	0.59	0.51	0.28	0.25	0.21	0.19	
1956	2.08	1.92	1.59	1.52	1.32	0.96	0.74	0.50	0.42	0.32	0.24	0.18	0.21	
1957	2.78	2.43	2.47	2.38	2.12	1.86	1.68	1.14	0.86	0.69	0.57	0.56	0.13	
1958	2.65	2.12	1.88	1.72	1.47	1.21	1.08	0.74	0.58	0.41	0.34	0.32	0.18	
1959	2.50	2.06	2.06	1.86	1.39	1.04	1.02	0.76	0.62	0.53	0.46	0.35	0.12	
1960	2.26	2.15	1.98	1.84	1.61	1.17	1.09	0.79	0.59	0.48	0.41	0.32	0.15	
1961	2.12	2.08	1.89	1.56	1.22	0.85	0.77	0.40	0.32	0.25	0.21	0.20	0.13	
1962	3.46	2.55	2.22	1.88	1.40	1.28	1.06	0.78	0.61	0.49	0.46	0.12	0.09	
1963	2.40	1.97	1.67	1.42	1.06	0.78	0.64	0.45	0.37	0.34	0.29	0.23	0.18	
1964	2.76	1.98	1.87	1.73	1.42	1.19	0.97	0.70	0.54	0.44	0.38	0.33	0.06	
1965	2.64	2.16	2.11	1.88	1.53	1.13	0.92	0.62	0.52	0.40	0.35	0.57	0.22	
1966	2.40	1.81	1.71	1.60	1.45	1.19	0.92	0.62	0.45	0.38	0.32	0.24	0.21	
1967	2.70	2.08	1.82	1.80	1.33	0.95	0.80	0.66	0.37	0.33	0.25	0.21	0.19	
1968	2.52	1.95	1.65	1.61	1.18	0.86	0.78	0.73	0.50	0.40	0.38	0.15	0.11	
1969	2.88	2.27	1.93	1.72	1.39	1.02	0.80	0.58	0.49	0.37	0.31	0.19	0.18	
1970	1.96	1.85	1.63	1.48	1.27	1.00	0.82	0.64	0.41	0.46	0.34	0.29	0.24	
1971	2.10	2.10	1.65	1.53	1.32	1.05	0.98	0.47	0.38	0.33	0.28	0.23	0.19	
1972	4.04	3.04	2.71	2.34	1.89	1.40	1.09	0.88	0.20	0.11	0.14	0.12		
1973	2.36	1.98	1.81	1.50	1.16	1.10	0.93	0.89	0.38	0.32	0.30	0.22	0.17	
1974	2.02	1.90	1.80	1.72	1.23	0.98	0.78	0.58	0.48	0.39	0.32	0.24	0.17	
1975	2.64	2.38	2.15	1.82	1.44	1.16	0.87	0.70	0.65	0.52	0.45	0.37	0.28	
1976	2.24	1.77	1.68	1.52	1.09	0.74	0.59	0.43	0.35	0.32	0.27	0.20	0.18	





ANEXO 24  
 ESQUEMA DE AREAS DE RECOGIMIENTO DE ESCORRENTIA AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO DEL LINDERO DEL TERRENO  
 UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 TRABAJO DE GRADUACION  
 FACILIDAD Y DISEÑO DE RELLENO SANITARIO NO MECANIZADO PARA LA CIUDAD DE ILOBASCO



-  Cuenca #1
-  Cuenca #2
-  Cuenca #3
-  Terreno para Relleno Sanitario