

169  
2E



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS  
MUNICIPALES**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

**LUIS JAVIER VARELA HERNANDEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION.....	1
1. Datos previos.....	7
1.1. Demografía.....	7
1.2. Distribución demográfica.....	7
1.3. Diagnóstico de la situación actual.....	8
2. Estudios de campo.....	9
2.1. Generación de residuos sólidos.....	9
2.2. Peso volumétrico "in-situ".....	12
2.3. Composición física de los residuos sólidos...	14
2.4. Cantidad total de residuos sólidos recolectados por día.....	15
2.5. Estudios de tiempos y movimientos.....	15
3. Evaluación de parámetros.....	26
3.1. Generación de residuos sólidos.....	26
3.2. Peso volumétrico "in-situ".....	31
3.3. Composición física de los residuos sólidos...	31
3.4. Cantidad total de residuos sólidos recolectados por día.....	33
3.5. Estudios de tiempos y movimientos.....	33
4. Diseño del sistema de recolección.....	37
4.1. Almacenamiento domiciliario.....	37
4.2. Barrido manual.....	39
4.3. Recolección y transporte.....	40
5. Ejemplo de aplicación.....	47
6. Conclusiones y recomendaciones.....	93
Referencias y Bibliografía.....	98

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Flujo de los materiales en la sociedad....	3
2	Cuarteo de residuos sólidos municipales...	23
3	Recipiente recomendado para el almacena- miento de los residuos sólidos de origen doméstico.....	44
4	Método de recolección de esquina con carro cería de carga trasera.....	46

## INDICE DE TABLAS

tabla		Página
1	Números aleatorios.....	19
2	Criterio de rechazo de observaciones dis- tantes.....	35
3	Percentiles de la distribución "t".....	36
4	Factores de seguridad para el cálculo del volumen del recipiente de almacenamiento..	45

## INDICE DE CEDULAS DE CAMPO

	Página
Para muestreo de generación de residuos sólidos.....	21
Para el cuarteo.....	22
Para determinación del peso volumétrico...	24
Para selección y cuantificación de subpro- ductos.....	25

## INDICE DE PLANOS

Plano		Anexo
1	Densidad de población y vialidad.....	Cap. 5
2	Macrorutas de recolección.....	Cap. 5



## INTRODUCCION

El siguiente trabajo presenta un estudio actualizado sobre el proceso que se lleva a cabo en la recolección de residuos sólidos municipales, e intenta exponer de una manera ordenada la secuencia necesaria y básica que se requiere en la elaboración de un proyecto de este tipo.

El surgimiento de una época de progreso, ha representado un paso importante en la vida del hombre, pero sus consecuencias-- han llegado a un extremo casi incontrolable, y cierto es que to dos hemos contribuido en alguna forma al deterioro de la natura leza. Los grados de contaminación se acentúan notoriamente: El aire de las ciudades va perdiendo su pureza, los ma res, los rios y las aguas subterráneas se ven afectadas por las enormes cantidades de residuos sólidos e industriales que día a día son desechados. En si, los residuos sólidos representan actualmente un problema muy serio de contaminación al medio ambiente y un perjuicio total a la salud de la humanidad; por ejemplo podemos ver que éstos han dejado un sendero de destrucción, suciedad e inmundicia, se observa basura en las calles y a lo-- largo de caminos, playas sucias, lotes baldios llenos de escombros y desperdicios infestados de ratas y moscas.

Para lograr este progreso el hombre se ha valido de los re-- cursos físicos e intelectuales con que cuenta; pero su orientación aun no esta definida; el deterioro de la naturaleza cada-- día es más visible.

Durante varios siglos, filósofos, economistas e intelectua-- les expusieron sus teorías acerca del problema que representa-- la generación de residuos sólidos e intentaron describir formas

de control de los mismos. Concluyeron que el origen de la generación de los residuos sólidos se encontraba precisamente en el cúmulo de necesidades satisfechas por el hombre, las cuales en un determinado momento se presentarían como reales; es decir,-- que tienen una importancia primaria y elemental en la vida de-- éste. Después, estas necesidades darían caviada a otras no ele-- mentales, pero que paulatinamente se convertirían en reales, de sarrollandose un ciclo de constantes sustituciones en los ele-- mentos que van reuniendo las necesidades de cada momento y cada época de la humanidad.

Al satisfacer nuestras necesidades reales, nosotros mismos-- comenzamos a buscar alternativas en nuestro sistema de vida, al tiempo que intentamos darle un nuevo orden a ésta, conociendo-- de antemano las consecuencias posteriores (1). El fenómeno se vuelve complejo, cuando el ser humano ya no puede controlar la enorme cantidad de satisfactores primarios y secundarios, que-- al ser empleados terminan siendo residuos sólidos.

Ya en otras épocas, se hablaba de darle un buen manejo y con-- trol, así como un tratamiento o una disposición adecuada que im-- pidiera efectos negativos a la salud de la población. Cuando al problema se le dió la importancia requerida, los residuos sólidos generados fuerón teniendo varias alternativas y no solo la de pasar a formar parte directa de un tiradero.

Actualmente los residuos sólidos se mueven dentro de un ci-- clo, el cual se encuentra explicado en la Figura 1. A este reco-- rrido se le ha dado el nombre de flujo de los materiales en la sociedad. El objetivo de dicha figura, es caracterizar el orí-- gen, la transformación, recuperación y destino de los materiles que después de satisfacer nuestras necesidades, pasarán a for-- mar parte de los residuos sólidos, comunmente denominados basu-- ra.

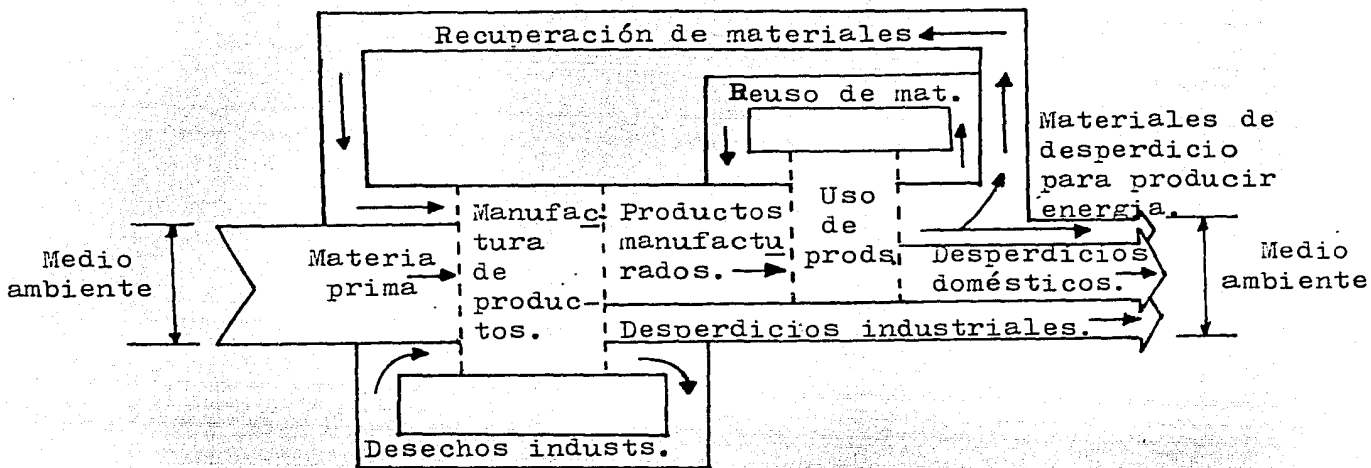


Figura 1.

Flujo de los materiales en la sociedad.

Según se observa en el esquema anterior (1); es en el medio ambiente el lugar donde obtenemos los elementos que componen un material, los cuales durante un proceso de transformación pueden convertirse en satisfactores.

Al extraer los elementos de dicho medio se les condiciona como materia prima, entran en un proceso de manufacturación o industrialización, dentro de este proceso la materia puede tener tres formas:

- La de un producto manufacturado que puede satisfacer la necesidad para la cual fué elaborado.
- Sobrante industrial recuperado, puesto a disposición en la integración y elaboración de nuevos productos.
- Desperdicio industrial con la única alternativa de regresar al medio ambiente en un estado prácticamente inservible.

Cuando se cuenta con el producto manufacturado, este se convierte en un producto de uso, es decir, tenemos un material dis

ponible que puede satisfacer la necesidad que se le condicionó. Después de darle su uso dispondrá de cuatro alternativas:

- Desperdicio doméstico (regresa al medio ambiente).
- Material de reuso.
- Recuperación de materiales para elaboración de más productos.
- Desperdicios de materiales utilizados en la producción de algún tipo de energía.

Como puede observarse, la mayor parte de los materiales que usamos provenientes del medio ambiente, regresan a su lugar de origen; claro, en diferentes condiciones físicas, químicas, etc. Además, con un nuevo nombre "residuos sólidos".

Con lo anterior entendemos que en realidad nunca consumimos materiales, sino simplemente hacemos uso de ellos, pudiendo darle en determinado momento un reuso o simplemente desecharlos en un estado de alteración al normal que presentaba originalmente.

Actualmente la Ingeniería Sanitaria ha tomado un papel relevante en la solución de los problemas ambientales, dedicando un amplio margen al control de los residuos sólidos municipales,-- realizando estudios y proyectos orientados al manejo integral-- de estos.

En México, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología --- (SEDUE), ha implementado una serie de programas para que los diferentes organismos gubernamentales y particulares sean asesores en la elaboración de estudios correspondientes a la generación y disposición final de residuos sólidos. De esta manera se ha tratado de establecer un apoyo a los procedimientos tradicionales del sistema de limpia.

Actualmente se ha establecido el proceso que recorren los residuos sólidos, desde su origen hasta su disposición final, presentando la siguiente secuencia: GENERACION, ALMACENAMIENTO,--- RECOLECCION, TRANSPORTE, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL.

En los capítulos expuestos en este trabajo se hará referencia principalmente a las fases de generación, almacenamiento, recolección y transporte. Esto se debe a que los demás puntos forman parte de un estudio mayor, el cual extendería ampliamente el expuesto aquí.

Este trabajo tiene la finalidad de exponer el proceso que se lleva a cabo en la realización de un estudio de residuos; para ello se utiliza como base principal las Normas Técnicas de Residuos Sólidos NTRS. elaboradas por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología SEDUE. dichas normas, se clasifican de la siguiente manera:

- NTRS-1-TERMINOLOGIA
- NTRS-2-GENERACION
- NTRS-3-MUESTREO-METODO DE CUARTEO
- NTRS-4-PESO VOLUMETRICO "IN-SITU"
- NTRS-5-SELECCION Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS

En los siguientes capítulos se presentan dichas normas, en las cuales nos apoyaremos para elaborar un proyecto de residuos sólidos municipales, complementandolas en algunas ocasiones por estudios posteriores a su creación.

El tema principal es profundizar sobre el punto referente a la generación, entendiéndose ésta como: La cantidad de residuos sólidos originados por una fuente en un intervalo de tiempo. Para su determinación es indispensable una serie de datos, los cuales se recopilarán en campo; su desarrollo se explica en el capítulo dos. Posteriormente se podrán determinar las características representativas de los residuos sólidos, tales como: peso volumétrico, composición física, cantidad total de residuos sólidos generados por día, así como un estudio de tiempos y movimientos.

El tercer capítulo comprende una evaluación de dichos parámetros, aquí el trabajo prácticamente viene a ser de gabinete.

El parámetro generación, nuevamente se hace presente en el capítulo cuatro, principalmente en el diseño de almacenamiento; pues aquí se requiere para el dimensionamiento de los contenedores empleados en las casas-habitación. Dentro del mismo capítulo se determinará la cantidad de residuos sólidos a coleccionar en la localidad, así como el número de vehículos empleados en dicho trabajo, anexándole a éstos un plano de todas las áreas en que realizarán sus recorridos.

Por último, el capítulo cinco contiene un ejemplo de generación de residuos sólidos municipales. Dicho ejemplo está orientado a lograr una mejor comprensión de las NTRS mencionadas anteriormente, cumpliendo con ello el objetivo principal de este trabajo



## CAPITULO 1

### DATOS PREVIOS

#### 1.1.- DEMOGRAFIA.

Dentro de un estudio de residuos sólidos es necesario proyectar la población a un tiempo mínimo de 10 años, lapso en el que se estima su efectividad. Para su realización, serán empleados los métodos más apropiados, en este caso, el que mejor se ajuste al crecimiento de la población en la localidad establecida.

Se recomienda utilizar los censos oficiales; así como la información que pueda obtenerse en fuentes ubicadas dentro de la localidad en estudio.

El objetivo de dicha información; esta encaminado a establecer una relación que identifique la variación poblacional con sus correspondientes cantidades de residuos sólidos generados durante el tiempo programado para el estudio.

#### 1.2.- DISTRIBUCION DEMOGRAFICA.

Normalmente se puede detectar en cualquier población, el fenómeno social de una irregular distribución de los asentamientos humanos, al tiempo que los mismos se han ido estratificando de una manera acentuada; contandose actualmente con: Estrato bajo, medio y alto. Como consecuencia, esto implica una variación en lo que a datos de densidad de población se refiere; por lo tanto, es importante que para el estudio se elabore un plano en donde se indiquen las distintas densidades de población registradas en la localidad; reportando la información en habitantes por hectárea.



Los datos necesarios se obtendrán por medio de un muestreo-- directo efectuado en campo; respaldados por sus correspondien-- tes análisis de confiabilidad estadística; o bien, a partir de la información que se pueda obtener del registro de catastro,-- complementada con los reportes mensuales sobre el número de co-- nexiones de agua potable y/o de energía eléctrica. Por otro la-- do hay que considerar los datos al respecto que puedan obtener-- se de estudios y proyectos desarrollados con anterioridad para la localidad que nos ocupa.

### 1.3.- DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL.

Conocer el funcionamiento del sistema de recolección que se encuentra funcionando durante la realización del estudio, forma parte de un importante análisis, el cual nos orientará sobre ca da uno de los problemas que deberán ser atendidos; así como el de conocer las condiciones de trabajo existentes en la zona. En si, se trata de realizar una evaluación de todo el conjunto, pa ra lo cual serán tomados en cuenta los siguientes puntos que de finen el estudio de un diagnóstico:

- a) Tipos de almacenamiento en las diferentes fuentes generado-- ras.
- b) Métodos empleados para la recolección.
- c) Definición de los diferentes subsistemas generadores de resi-- duos sólidos municipales que integran el sistema urbano de-- la localidad; así como el tonelaje diario que generan.
- d) Sectores y rutas de recolección.
- e) Personal, turnos, equipo y número de viajes para la recolec-- ción.
- f) Transporte de los residuos sólidos municipales.
- g) Sectores y rutas de barrido manual y mecánico.
- h) Equipo y personal empleado en el barrido manual y mecánico.

## CAPITULO 2

### ESTUDIOS DE CAMPO

#### 2.1.- GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS.

El estudio para determinar la generación (Cantidad de residuos sólidos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo) (2) de la localidad, deberá basarse en la NTRS-2--GENERACION. Para llevar a cabo su procedimiento, será necesario un muestreo aleatorio de campo, anterior a esto se determinará el tamaño de una premuestra, la cual se obtendrá a partir de la magnitud del riesgo con que se realizará el muestreo.

Riesgo ( $\alpha$ )	Tamaño de la premuestra ( n )
0.05	115
0.10	80
0.20	50

La magnitud del riesgo dependerá de factores personales para realizar el estudio, características físicas de la localidad así como de las condiciones del material empleado.

2.1.1.- Para los diferentes estratos socioeconómico, se ubica el universo de trabajo en un plano actualizado de la localidad.

2.1.2.- Se cuentan y numeran en orden progresivo, los elementos del universo de trabajo, con el fin de conocer su magnitud.

2.1.3.- Con los datos anteriores se seleccionan aleatoriamente los elementos de dicho universo que formarán parte de la premuestra. Para realizar lo anterior, se emplea una tabla de números--

aleatorios (Tabla No. 1). El uso de esta tabla es del uso general; aunque también puede consultarse cualquier libro de estadística para conocer su modo de empleo.

2.1.4.- Se identifican físicamente los elementos de la muestra en el universo de trabajo, anotando el número aleatorio correspondiente al elemento (casa-habitación); lo que en si se realiza, es un marcaje, con pintura amarilla, en algún lugar visible de la calle donde se encuentra localizada dicha casa-habitación o elemento por muestrear.

2.1.5.- Se recorre el universo de trabajo, realizandose una encuesta en cada una de las casas-habitación seleccionadas para la muestra, explicandose a los residentes el objetivo del estudio, así como para captar la información general, que se indica en la cédula de encuesta de campo, anexa a este capítulo. También durante el recorrido se les hace entrega de una bolsa de polietileno con las características marcadas en "material", a los habitantes de cada una de las casa-habitación. Es recomendable realizar el recorrido entre el sábado y el domingo anteriores a la semana elegida para llevar a cabo el muestreo.

2.1.6.- Al día siguiente se hace la recolección de los elementos muestrales, se recorre el universo de trabajo para recoger en las casas-habitación de la muestra, los residuos sólidos que hayan almacenado las personas que recibieron la bolsa de polietileno. Es conveniente que el recorrido antes mencionado, se haga lo más temprano posible del día, recomendandose las 9:00 hrs, como el tiempo más propicio para ello. A ésta primera etapa se le conoce como muestreo de limpieza; pues los elementos no son evaluados con el objeto de que a partir del segundo día, los

residuos recolectados fueran resultado de un solo día de generación. Con lo anterior se asegura que la basura generada despues del recorrido antes descrito, corresponderá únicamente al primer día de muestreo. Simultáneamente con la acción antes descrita,-- se entrega a los habitantes de las casas-habitación, una nueva-- bolsa para que almacenen los residuos sólidos generados en el--- primer día de muestreo (lunes), en el caso de que la primera entrega de bolsas se haya efectuado entre el sabado y domingo ante riores.

Por último, la basura recogida el día lunes, simplemente se-- transfiere al equipo de recolección municipal para su disposi--- ción o tratamiento.

2.1.7.- Un día despues (martes), se repite la recolección de--- elementos de la muestra, esta acción se realizará hasta el día-- domingo de la semana elegida para desarrollar el muestreo. la--- bolsa que entreguen los habitantes de las casa-habitación, será marcada con el número correspondiente al obtenido en la selec--- ción aleatoria, con el fin de evitar confusiones posteriores.

2.1.8.- Despues de recoger diariamente los residuos sólidos ge-- nerados el día anterior, se procede a pesarlos en básculas, ano-- tando el peso de dichos residuos, en la cédula de encuesta, en-- el renglón correspondiente al día en que fueron generados.

2.1.9.- El paso siguiente, es el de dividir el peso de los resi-- duos sólidos entre el número de habitantes de la casa-habitación para obtener la generación per-cápita de residuos sólidos, dados en Kg/Hab-Día, correspondiente al día en que fueron generados.

El valor de la generación se anota en la cédula de encuesta, en el renglón que le corresponda.

Se puede decir que con el punto anterior se termina la fase-- de campo; quedando por realizar la evaluación de la información captada, mediante la aplicación de ciertas técnicas y modelos es tadísticos, tal y como se describe en el siguiente capítulo.

Es necesario aclarar que para la realización de este trabajo de campo, se utilice un cierto número de elementos, necesarios-- en el desarrollo del estudio. Estos elementos forman el material que durante las visitas será necesario tenerlos. A continuación se enumera dicho material:

- Báscula con capacidad mínima de 100 Kg y precisión de 10 g.
- Báscula con capacidad mínima de 10 Kg y precisión de 1 g.
- Tablas de apoyo, tamaño carta u oficio.
- Marcadores de tinta permanente, preferentemente de color negro.
- Bolsas de polietileno de 0.70 m X 0.50 m y calibre mínimo del No. 200.
- Ligas de hule de 1.5 mm de ancho.
- Guantes de carnaza.
- Brocha de cerdas naturales de crín de caballo, de 0.025 m de-- ancho.
- Pintura de esmalte color amarillo.
- Papelería y varios (cédula de encuesta, lápices, gomas, etc.).

Todo el material señalado anteriormente, estará en función de la cantidad de personas que participen en el muestreo, así como de la magnitud de los estratos por muestrear y del tamaño de las premuestras

## 2.2.- PESO VOLUMETRICO "IN-SITU".

Para obtener el peso volumétrico "in-situ" de los residuos só lidos domiciliarios generados en la localidad, se aplican las--- normas técnicas SEDUE NTRS-3-MUESTREO-METODO DE CUARTEO y NTRS-4 PESO VOLUMETRICO "IN-SITU"



De acuerdo a las NTRS-3 y 4, el procedimiento a seguir en el método de cuarteo y obtención del peso volumétrico es el siguiente:

- a) Se realizará el cuarteo con el contenido de las bolsas de polietileno, depositándose los residuos sólidos en el suelo, formando sobre este una pila. El piso deberá de contar con un área plana horizontal de 4m x 4m de cemento pulido o similar y bajo techo.
- b) Se homogeniza dicha pila, traspaleandola con pala y/o biello.
- c) Se divide en cuatro partes aproximadamente iguales A, B, C y D (Fig 2), y se eliminan las partes opuestas A y C ó B y D, repitiéndose esta operación hasta dejar un mínimo de 50 Kg de residuos sólidos, con los cuales se deberá de realizar la selección y cuantificación de subproductos de acuerdo a la NTRS-5.
- d) De las partes eliminadas del primer cuarteo, se toman 10 Kg-- aproximadamente de residuos sólidos para los análisis del laboratorio, con el resto se determina el peso volumétrico "in-situ"-- de la siguiente forma: En un tambo de 200 lts. previamente pesado, se colocan los residuos hasta llenarlo. Después se golpeará el tambo en tres ocasiones, desde una altura aproximada de diez cms; agregándose residuos sólidos para llenarlo nuevamente. El resultado se obtiene posteriormente con la información anterior.

El material empleado en el cuarteo es el siguiente:

- Báscula de piso con capacidad de 200 Kg.
- Bolsa de polietileno de 1.10 x 0.90 m. calibre mínimo del No. 150, para el manejo de subproductos.

- Palas curvas.
- Bioldos.
- Overoles.
- Guantes de carnaza.
- Escobas.
- Botas de hule.
- Cascos de seguridad.
- Mascarillas protectoras.
- Papelería y varios (cédulas de campo, marcadores, ligas, etc.).

### 2.3.- COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

Para la obtención de este parámetro se aplican las NTRS-3- -- MUESTREO-METODO DE CUARTEO y NTRS-5-SELECCION Y CUANTIFICACION-- DE SUBPRODUCTOS. La metodología establecida por dichas normas es la siguiente:

- a) De la continuación de los cuarteos se obtiene una muestra de aproximadamente 50 Kg.
- b) Se efectua el pesaje de dicha muestra para obtener la canti-- dad total de los residuos sólidos a seleccionar y cuantificar.
- c) Despues de esparcir la muestra, se procede a la separación de todos los subproductos establecidos por las NTRS.
- d) Se pesa por separado cada uno de los subproductos para poste-- riormente obtener su porcentaje en peso.

La información anterior se anotará en la cédula de campo, ane-- xa a este capítulo.

El material utilizado en esta prueba es el siguiente:



- Báscula de piso con capacidad de 200 Kg.
  - Balanza granataria con capacidad de 20 Kg y presición de 1--- gramo.
  - Mascarillas.
  - Recogedores.
  - Overoles.
  - Escobas.
  - Botas de hule.
  - Guantes de carnaza.
  - Bolsas de polietileno de 1.10m x 0.80m y calibre mínimo de No. 150.
  - Papelería y varios (cédulas de campo, marcadores, ligas, etc)
- El equipo antes descrito, estará en función del número de--- participantes en la determinación que marca esta norma; se re--- quiere para ello, cuando menos dos personas.

#### 2.4.- CANTIDAD TOTAL DE RESIDUOS SOLIDOS RECOLECTADOS POR DIA.

Del pesaje descrito en el inciso anterior se calcula el total de residuos sólidos recolectados en la localidad.

Con esto se conocerá el porcentaje de cobertura del servicio, así como las cantidades de residuos sólidos recolectados en cada una de las rutas actuales de recolección, con el objeto de-- establecer los criterios de diseño de las macro y microrutas de recolección.

#### 2.5.- ESTUDIOS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.

Los estudios de tiempos y movimientos estan encaminados a es tablecer los tiempos utilizados por las cuadrillas y vehículos para desarrollar las actividades de recolección de residuos sólidos. Este estudio tambien se puede definir como el tiempo en que un operario con habilidad normal, trabajando con un esfuer

zo normal y en condiciones de trabajo normales; puede realizar una tarea de acuerdo con un método especificado.

El tiempo resultante de aplicar dicho procedimiento, una vez que se le han sumado suplementos y concesiones, es conocido como tiempo estándar; es decir:

Tiempo STD = Tiempo neto + Concesiones.

Tiempo Neto = Tiempo observado x Factor de nivelación (F.N).

$$F.N. = \frac{\text{Velocidad real}}{\text{Velocidad estándar}}$$

El conocimiento y aplicación de estos tiempos se usará para:

- Determinar la eficiencia de trabajo de una unidad y su tripulación, sean vehículos de recolección, barredoras o maquinaria pesada.
- Establecer salarios e incentivos sobre bases sólidas y justas para los trabajadores y el municipio.
- Contar con una base real para la programación de las actividades del departamento de limpia del municipio.
- Aprovechar al máximo el tiempo de las barredoras mecánicas, del vehículo de recolección y de la maquinaria para la operación del relleno sanitario.
- Saber que cantidad de trabajo debe exigirse a cada tripulación de los vehículos recolectores.
- Determinar el rendimiento y el número de vehículos recolectores; así como el número de personas que deben componer la tripulación de cada uno de ellos.
- Determinar la eficiencia y cobertura del sistema actual de manejo.
- Definir los tiempos estándar necesarios para el diseño del sistema de manejo.

El equipo necesario para realizar el estudio de tiempos y movimientos es el siguiente:

- Reloj.
- Tablero de observaciones.
- Formas impresas.
- Medidor de distancia (odómetro)
- Cinta métrica.
- Lápices, gomas, calculadora, etc.
- Plano de la localidad.

Para realizar este estudio, se empleará el método continuo-- de lecturas, que consiste en tener siempre el reloj en marcha-- mientras se realiza el estudio. Al terminar la medición de cada elemento, se anota el momento en que terminó, en la hoja de registros y la duración de cada lectura, se determina posterior-- mente, por substracciones sucesivas.

Otros aspectos que se deben de tomar en cuenta durante el estudio son los siguientes:

a) Para los vehículos recolectores.

- Número de usuarios por parada.
- Número y tipo de recipientes por parada.
- Ruta de recolección que cumplan los vehículos durante el estudio, sobre un plano de la zona.
- Ubicación del número de paradas de la ruta de recolección sobre el plano donde se tracen las rutas de recolección.
- Errores o vicios observados, cuando el vehículo recolector es te cumpliendo con su trabajo.
- Cantidad de basura recolectada al término de la ruta de recolección, mediante pesaje directo.
- Distancia en metros, entre cada uno de los elementos registra dos en el estudio.

b) Para unidades de barrido mecánico y para los barrenderos manuales.

- Errores o vicios observados durante el estudio.

- Elementos extraños que afecten el trabajo normal de la unidad de barrido o del barrendero manual durante el estudio, así como sus tiempos.
- Rutas de barrido que se cumplan durante el estudio, sobre un plano de la zona.
- Cantidad de residuos de la vía pública reunidas con el barrido al término de la ruta, mediante pesaje directo.
- Distancias en metros, entre cada uno de los elementos registrados en el estudio.

El siguiente paso es realizar una evaluación del trabajo desarrollado; así como el de obtener el factor de nivelación, necesario para afectar los tiempos observados de los elementos registrados y calcular con ello los tiempos estandar, con los que se procederá a diseñar el sistema de manejo de los residuos sólidos municipales.

Para realizar lo anterior, se deberán de calificar los siguientes factores:

- Habilidad: pericia en seguir un método dado, no sujeto a la voluntad del trabajador.
- Esfuerzo: voluntad de trabajar, controlable por el trabajador dentro de los límites impuestos por su habilidad.
- Condiciones: aquellas que afectan al operario unicamente.
- Consistencia: grado de variación en los tiempos transcurridos mínimos y máximos con relación a la media, juzgada con arreglo a la naturaleza de las operaciones y a la habilidad y esfuerzo del operario.

Cada uno de estos factores, tiene ciertos niveles de calificación los cuales se asignarán de acuerdo con lo observado durante el estudio. El factor de nivelación se obtendrá sumando algebraicamente a la unidad, los valores correspondientes a los niveles de calificación asignados a los factores mencionados.

TABLA No 1  
NUMEROS ALEATORIOS.

85967	73152	14511	85285	35009	95892	36962	67835	63314	50162
07483	51453	11649	86348	76431	81594	95848	36738	25014	15460
96283	01898	61414	83525	04231	13604	75339	11730	85423	60698
49174	12074	98551	37895	93547	24769	09404	76548	05393	95770
97356	39941	21225	93629	19574	71565	33413	56087	40875	13351
90474	41469	16812	81542	81652	45554	27931	93994	22375	00353
28599	64109	09497	76235	41383	31555	12639	00619	22909	29563
25254	16210	89717	65997	82667	74624	36348	44018	64732	93589
28785	02760	24359	99410	77319	73408	58993	61098	04393	48245
84725	86576	86944	93296	10081	82454	76810	52975	10324	15457
41059	66456	47679	66810	15941	84602	14493	65515	19251	41642
67434	41045	82830	47617	36932	46728	71183	35345	41404	81110
72766	68816	37643	19959	57550	49620	98480	25640	67257	18671
92079	46784	65125	94932	64451	29275	56669	66658	30818	58353
29187	40350	62533	73603	34075	16451	42885	03448	37390	96328
74220	17612	65522	80507	19184	64164	66962	82310	18163	63495
03786	02407	06098	92917	40434	60502	82175	04470	78754	90775
75085	55558	15520	27038	25471	76107	90832	10819	56797	33751
09161	33015	19155	11715	00551	24909	31894	37774	37953	78837
75707	48992	64998	87080	39333	00767	45637	12538	67439	94914
21333	48560	31288	00085	79889	75532	28704	62844	92337	99695
65626	50051	42539	14812	48895	11195	34335	60492	70650	51108
84380	07389	87891	76255	89604	41372	10837	66992	93183	56920
46479	32072	80083	63868	70930	89654	05359	47195	12452	38234
59847	97197	55147	76639	76971	55928	36441	95141	42333	67483
31416	11231	27904	57383	31852	69137	96667	14135	91007	31929
82066	83436	67914	21465	99605	83114	97885	74440	99622	87912
01850	42782	39202	18582	46214	99228	79541	78298	75404	63648
32315	89276	89582	87138	16165	15984	21466	63830	30475	74729
59388	42703	55198	80380	67067	97155	34160	85019	03527	78140
58089	27632	50987	91373	07736	20436	95130	73483	85332	24384
61705	57285	30392	23660	75841	21931	04295	00875	09114	32101
18914	98982	60199	99275	41967	35208	30357	76772	92656	62318
11965	94089	34803	48941	69709	16784	44642	89761	66854	62803
85251	48111	80936	81781	93248	67877	16498	31924	51315	79921



TABLA No 1.  
NUMEROS ALEATORIOS.

(Continuación)

66121	95986	84844	93873	46352	92183	51152	85878	30490	15974
53972	96642	24199	58080	35450	03482	66953	49521	63719	57615
14509	16594	78883	43222	23093	58645	60257	89250	63266	90858
37700	07688	65533	72126	23511	93993	01848	03910	38552	17472
85466	59392	72722	15473	73295	49759	56157	60477	83284	56357
52969	55863	42312	67842	05673	91878	82738	36563	79540	61935
42744	68315	17514	02878	97291	74851	42725	57894	81434	62041
26140	13336	67726	61876	29971	99294	96664	52817	90039	53211
95589	56319	14563	24071	06916	59555	18195	32280	79357	04224
39113	13217	59999	49952	83021	47709	53105	19295	88318	41626
41392	17622	18994	98283	07249	52289	24209	91139	30715	06604
54684	53645	79246	70183	87731	19185	08541	33519	07223	97413
89442	61001	36658	57444	95388	36682	38052	46719	09428	94012
36751	16773	54888	15357	68003	43564	90976	58904	40512	07725
98159	02564	21416	74944	53049	88749	02866	25772	89853	88714

CEDULA DE ENCUESTA DE CAMPO PARA EL MUESTREO DE GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS DOMESTICOS.

No DE MUESTRA \_\_\_\_\_ No ALEATORIO \_\_\_\_\_

POBLACION \_\_\_\_\_ MUNICIPIO O DELEGACION \_\_\_\_\_ ENTIDAD FED. \_\_\_\_\_

CALLE \_\_\_\_\_ NUM \_\_\_\_\_ C.P. \_\_\_\_\_

COLONIA \_\_\_\_\_ NIVEL SOCIOECONOMICO. \_\_\_\_\_

HABITANTES POR CASA \_\_\_\_\_ FREC.DE REC. \_\_\_\_\_ TIPO DE RECIPIENTE. \_\_\_\_\_

¿ QUE HACE CON LOS RESIDUOS SOLIDOS SI NO PASA EL CAMION ? \_\_\_\_\_

SU OPINION SOBRE EL SERVICIO DE RECOLECCION. BUENA \_\_\_\_\_ MALA \_\_\_\_\_ REGULAR \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL ENCUESTADOR. \_\_\_\_\_

FUESTO QUE DESEMPEÑA. \_\_\_\_\_

INSTITUCION O EMPRESA. \_\_\_\_\_

No	FECHA	DIA	PESO DE LOS RESIDUOS (KGS)	GENERACION PER-CAPITA (Kg/hab/Día)	OBSERVACIONES
1		LUNES			
2		MARTES			
3		MIERCOLES			
4		JUEVES			
5		VIERNES			
6		SABADO			
7		DOMINGO			



CEDULA DE CAMPO PARA EL CUARTEO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

Nº de Folio \_\_\_\_\_

Localidad \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_

Fecha y hora del Cuarteo \_\_\_\_\_

Procedencia de la Muestra \_\_\_\_\_

Condiciones Climatológicas Imperantes Durante el Cuarteo (Describe):

Cantidad de Residuos Sólidos para el Cuarteo \_\_\_\_\_

Cantidad de Residuos Sólidos para la Selección de Subproductos \_\_\_\_\_

Cantidad de Residuos Sólidos para los Análisis Físicos, Químicos y Biológicos.- \_\_\_\_\_

Responsable del Cuarteo:

Nombre \_\_\_\_\_ Cargo \_\_\_\_\_

Dependencia o Institución \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

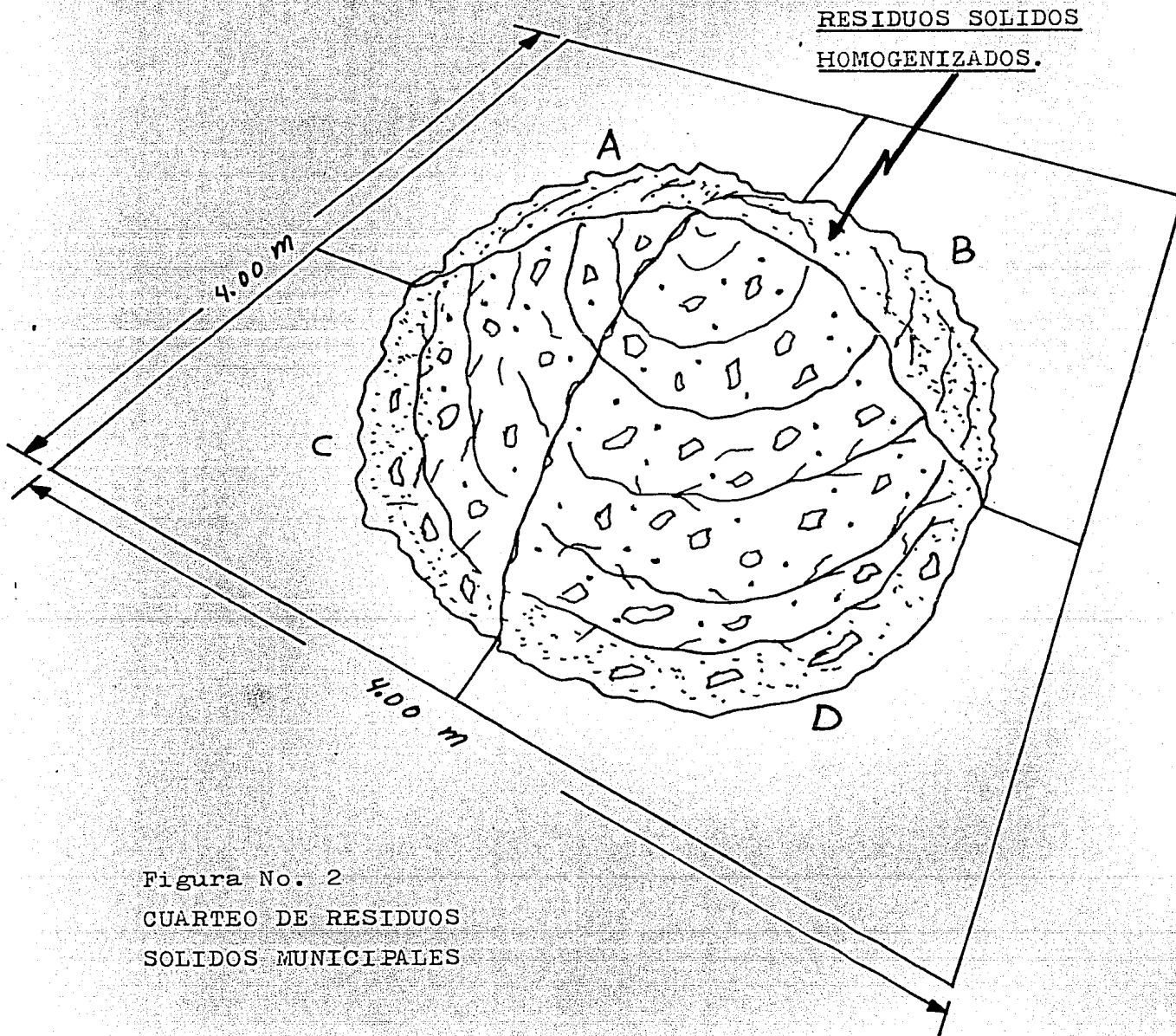


Figura No. 2  
CUARTEO DE RESIDUOS  
SOLIDOS MUNICIPALES

CEDULA DE CAMPO PARA LA DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO  
"IN-SITU" DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES

Localidad \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_

Fecha y Hora de la Determinación : \_\_\_\_\_

Estrato Socioeconómico muestreado: \_\_\_\_\_

Capacidad del recipiente \_\_\_\_\_ M<sup>3</sup>

Tara del recipiente \_\_\_\_\_ Kg

Capacidad del recipiente, tomada para la determinación \_\_\_\_\_ M<sup>3</sup>

Peso bruto ( peso del recipiente con residuos sólidos) \_\_\_\_\_ Kg

Peso neto de los residuos sólidos (peso bruto-Tara) \_\_\_\_\_

Peso volumétrico "in-situ", de los residuos sólidos \_\_\_\_\_ Kg/M<sup>3</sup>

Responsable de la determinación \_\_\_\_\_

Nombre : \_\_\_\_\_ Cargo \_\_\_\_\_

Dependencia ó Institución \_\_\_\_\_

Observaciones : \_\_\_\_\_

CEDULA DE CAMPO PARA LA SELECCION Y  
CUANTIFICACION DE LOS SUBPRODUCTOS CON-  
TENIDOS EN LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICI-  
PALES.

Localidad \_\_\_\_\_ Municipio \_\_\_\_\_ Estado \_\_\_\_\_  
 Fecha y hora de análisis \_\_\_\_\_ Peso de la muestra \_\_\_\_\_  
 Estrato socioeconómico \_\_\_\_\_ Tara de la bolsa \_\_\_\_\_  
 Responsable del análisis \_\_\_\_\_ Dependencia ó institución \_\_\_\_\_

No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	ALGODON			
2	CARTON			
3	CUERO			
4	RESIDUO FINO			
5	ENVASES DE CARTON ENCERADO			
6	FIBRA DURA VEGETAL			
7	FIBRAS SINTETICAS			
8	HUESO			
9	HULE			
10	LATA			
11	LOZA Y CERAMICA			
12	MADERA			
13	MATERIAL DE CONSTRUCCION			
14	MATERIAL FERROSO			
15	MATERIAL NO FERROSO			
16	PAPEL			
17	PAÑAL DESECHABLE			
18	PLASTICO DE PELICULA			
19	PLASTICO RIGIDO			
20	POLIURETANO			
21	POLIESTIRENO EXPANDIDO			
22	RESIDUOS DE JARDINERIA			
23	RESIDUOS ALIMENTICIOS			
24	TRAPO			
25	VIDRIO DE COLOR			
26	VIDRIO TRANSPARENTE			
27	OTROS			

## CAPITULO 3

### EVALUACION DE PARAMETROS

Con la información obtenida en campo se desarrollará el siguiente capítulo, la finalidad es obtener los parámetros de diseño, que no son otra cosa que los datos necesarios para realizar el proyecto del sistema de manejo de los residuos municipales, para la localidad en cuestión. Este trabajo deberá arrojar la siguiente información anexada con sus correspondientes cálculos de análisis estadístico:

#### 3.1.- GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS.

Haciendo uso de la NTRS-2-GENERACION obtendremos: la generación per-cápita diaria de residuos sólidos de todo el período de muestreo, por estrato socioeconómico y la generación per-cápita diaria, para cada uno de los días en que se realizó el estudio. Ambos deberán contener sus estadísticos, tales como: desviación estandar, varianza, tamaño de la muestra, etc.

3.1.1.- Con los datos obtenidos en campo se calcula el promedio de la generación de basura per-cápita, para cada una de las casas-habitación incluidas en la premuestra, empleando los siete valores diarios obtenidos del muestreo.

3.1.2.- A continuación se ordena la información obtenida, en base al promedio por casa-habitación, de los siete valores diarios de la generación per-cápita, obtenidos durante el período de muestreo. El orden de los datos se hará del menor al mayor.



3.1.3.- Haciendo uso del criterio de Dixon para observaciones distantes, se procede a aplicar las pruebas de rechazo de o los datos sospechosos. Para lo anterior se trabaja de la siguiente manera:

Se calculará el valor del estadístico (r), para las siguientes situaciones:

$$r = \frac{(X_n - X_i)}{(X_n - X_j)}$$

Cuando se sospecha del elemento máximo de la muestra.

$$r = \frac{(X_j - X_1)}{(X_i - X_1)}$$

Cuando se sospecha del elemento mínimo de la muestra.

Donde:

j es el elemento del muestreo que define el límite superior del intervalo de sospecha en la cola inferior.

i = n - j - 1.

A continuación se calcula el valor del estadístico permisible correspondiente al percentil definido por el nivel de confianza establecido por el número de observaciones correspondientes al caso que se trate. Para ello se utiliza la Tabla No. 2 anexa a este capítulo.

Se deberá comparar el valor del estadístico (r), con el definido por el nivel de confianza establecido para el muestreo  $r(1 - \alpha/2)$ ; con el fin de rechazar o aceptar las observaciones sospechosas de acuerdo al siguiente criterio:

Si  $r > r(1 - \alpha/2)$

Se rechaza la observación sospechosa.

- Si  $r < r ( 1 - \alpha/2 )$

Se acepta la observación sospechosa.

3.1.4.- El siguiente paso es realizar un análisis estadístico de los "n" valores promedio, con el fin de obtener la siguiente información:

La generación per-cápita de los valores promedio por casa-habitación, así como la desviación estandar de ellos como conjunto de valores, con respecto a la media.

3.1.5.- Posteriormente se verifica el tamaño de la premuestra calculando el tamaño real de la muestra, con base en la desviación estandar muestral y empleando la distribución "t" de Student, Tabla No. 3, anexa a este capítulo.

La determinación del tamaño real de la muestra, se realiza con la siguiente expresión:

$$n_1 = \left( \frac{t s}{E} \right)^2$$

Donde:

$n_1$  : Tamaño real de la muestra.

t : Percentil de la distribución "t" de Student, correspondiente al nivel de confianza definido por el riesgo empleado en el muestreo.

s : Desviación estándar muestral obtenida del análisis estadístico realizado en el punto anterior.

E : Error muestral en Kg/Hab-Día, recomendándose emplear un valor comprendido en el siguiente intervalo:

$$0.04 \leq E \leq 0.07$$

Conociendo que (n) es el valor de la premuestra, se pueden encontrar las siguientes situaciones:



- Si  $n_1 > n$ , entonces  $n_2 = n_1 - n$  por lo tanto  $n_2 > 0$

El tamaño de la muestra ( $n_1$ ), es mayor que el tamaño de la premuestra ( $n$ ); por lo que se deberá obtener en campo las ( $n_2$ ) observaciones faltantes de la misma zona de estudio de donde se obtuvieron las ( $n_1$ ) observaciones de la premuestra, para cumplir con la confiabilidad deseada por el muestreo.

para el caso se realizará un nuevo análisis con los ( $n_1$ ) elementos de la premuestra, con los ( $n_2$ ) elementos faltantes para la muestra.

Si  $n = n_1$ , entonces  $n_2 = 0$

, Como el tamaño de la muestra es igual al de la premuestra, no se requieren más elementos ( $n_2$ ); por lo tanto se acepta el análisis estadístico.

Si  $n_1 < n$ , entonces  $n_2 < 0$

El tamaño de la premuestra es mayor que el de la muestra, tomándose ( $n_1$ ) como el tamaño real de la muestra; para el caso no se eliminan los elementos sobrantes, pues con ellos se puede ampliar el nivel de confianza del muestreo. Con los estadísticos obtenidos para la premuestra, se podrá diseñar la muestra, por lo que no será necesario un nuevo análisis estadístico.

3.1-6.- La etapa final del tratamiento, será la de elaborar un análisis de confiabilidad, con el fin de aceptar o rechazar de la muestra como parámetros del universo de trabajo, para un cierto nivel de confianza, pero no para el establecido al inicio del muestreo. El análisis de confiabilidad, consiste en realizar una prueba de hipótesis en la cola derecha, con base en el siguiente planteamiento:

Ho :  $X = \mu$  Hipótesis nula.

H1 :  $X \neq \mu$  Hipótesis alternativa.

La decisión de aceptar la hipótesis nula y de rechazar la hipótesis alternativa o visceresa, depende de la comparación del percentil correspondiente al muestreo, con el percentil crítico para ciertas características, ambos para la distribución "t" de Student.

$$\text{Percentil del muestreo (t)} = \frac{\mu - X}{s/\sqrt{n_1}}$$

El percentil crítico  $t (1 - \alpha/2)$ , para la distribución "t" de Student, se determina a partir de la tabla 3 conforme a lo indicado en el punto anterior.

Si  $t > t (1 - \alpha/2)$ : Se rechaza la hipótesis nula.

Si  $t < t (1 - \alpha/2)$ : Se acepta la hipótesis nula.

Anexo a este capítulo se presenta el listado de un programa de computadora para realizar todo el tratamiento estadístico expuesto en este trabajo. Dicho programa fué elaborado por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.

### 3.2.- PESO VOLUMETRICO "IN-SITU".

De la prueba realizada en el capítulo anterior, obtendremos el peso volumétrico de los residuos sólidos por estrato socio--económico, obteniendo en cada uno de los días del período del--muestreo, así como su promedio incluyendo sus estadísticos. Esta información se presentará en una gráfica de barras dentro de un anexo de la memoria del proyecto, el cual deberá incluir tam--bien los registros de campo obtenidos durante el estudio.

El peso volumétrico de residuos sólidos se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Pv = \frac{P}{V}$$

Donde:

Pv : Peso volumétrico de los residuos sólidos en Kg/m<sup>3</sup>

P : Peso de los residuos sólidos (peso bruto menos tara), dado en Kg.

V : Volumen del recipiente, dado en m<sup>3</sup>.

### 3.3.- COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

De acuerdo a la NTRS-5-SELECCION Y CUANTIFICACION DE SUB--PRODUCTOS, se deberá obtener posterior al estudio de campo, la composición diaria de los residuos sólidos, por estrato socio--económico, obtenida en cada uno de los días del período de mues--treo; así como el promedio de las composiciones diarias y en---por ciento de los residuos sólidos, también por estrato socio--económico. La información se presentará en gráficas de barras, dentro de un anexo de la memoria del proyecto, incluyendo tam--bien los registros de campo obtenidos durante el estudio.

Ademas es importante incluir la información referente a la--composición promedio de los residuos sólidos, en un plano, por

estrato socioeconómico.

Para realizar la cuantificación de los subproductos ya clasificados, sólo deberán ser pesados por separado en la balanza granataria, anotándose el resultado en la hoja de registro.

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

$$PS = \frac{G_1}{G} \times 100$$

Donde:

PS : Por ciento de subproducto considerado.

$G_1$  : Peso del subproducto considerado en Kg; descontando el peso de la bolsa empleada.

G : Peso total de la muestra.

Al realizar la suma de los diferentes por cientos, esta debe ser como mínimo el 95% del peso total. En caso contrario, se repetirá la determinación.

Algunas consideraciones que son importantes en esta prueba, las cuales deberán de tomarse en cuenta para permitir un mejor desarrollo del estudio, así como la obtención de resultados más reales, son las siguientes:

- Los cambios en peso durante la determinación, se deben principalmente a la liberación o admisión de humedad, así como a la pérdida de residuo fino.
- Es recomendable efectuar la determinación en un lugar cerrado y bajo techo.
- Dentro de los residuos sólidos alimenticios se deben incluir todos aquellos de fácil degradación, tales como: víseras, cádáveres de animales o apéndices.



### 3.4.- CANTIDAD TOTAL DE RESIDUOS SOLIDOS RECOLECTADOS POR DIA.

Para conocer la cantidad de residuos sólidos municipales recolectados por el servicio de limpia pública, se puede usar la siguiente fórmula:

$$S = (P G + B) \frac{7}{f}$$

Donde:

S : Producción de residuos sólidos por día.

P : Población.

G : Generación (Kg/Hab-Día).

B : Residuos recolectados en comercios, jardines, barrido manual y otros.

f : Frecuencia de recolección.

Otra manera de obtener este dato, sería mediante un pesaje directo de los vehículos durante un tiempo mínimo de tres días, esto se haría al final de cada recorrido. Se toman los pesos diarios de los vehículos, marcandose los días del estudio, posteriormente se saca una media de dichos pesajes.

### 3.5.- ESTUDIOS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.

Como parte fundamental en el sistema de recolección se tienen los tiempos empleados por la tripulación y los vehículos en realizar las actividades correspondientes, el número de viajes por jornada, las velocidades de operación tanto en ruta como fuera de ella. etc. Esta información se obtiene a partir de un estudio de tiempos y movimientos, el cual se define como el procedimiento empleado para encontrar el tiempo en que un operador con habilidad normal, trabajando con un esfuerzo normal y bajo condiciones normales de trabajo, puede desarrollar una tarea de acuerdo a un método especificado.



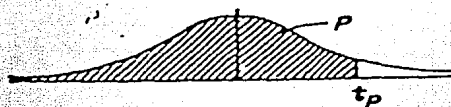
- Los resultados que se deberán obtener del estudio de tiempos y movimientos para la ruta seleccionada son los siguientes:
- Número de paradas.
  - Tiempo estándar entre paradas.
  - Tiempo estándar en parada.
  - Tiempo de encierro a gasolinera.
  - Tiempo de estancia en gasolinera.
  - Tiempo total en paradas.
  - Tiempo total en tránsito.
  - Factor de nivelación.
  - Tiempo fin de ruta a básculs.
  - Tiempo en báscula.
  - Peso de basura.

TABLA No. 2.

CRITERIA FOR REJECTION OF OUTLYING OBSERVATIONS

Statistic	Number of Observations, $n$	Upper Percentiles						
		.70	.80	.90	.95	.98	.99	.995
$r_{10}$	3	.684	.781	.886	.941	.976	.988	.994
	4	.471	.560	.679	.765	.846	.889	.926
	5	.373	.451	.557	.642	.729	.780	.821
	6	.318	.386	.482	.560	.644	.698	.740
	7	.281	.344	.434	.507	.586	.637	.680
$r_{11}$	8	.318	.385	.479	.554	.631	.683	.725
	9	.288	.352	.441	.512	.587	.635	.677
	10	.265	.325	.409	.477	.551	.597	.639
$r_{12}$	11	.391	.442	.517	.576	.638	.679	.713
	12	.370	.419	.490	.546	.605	.642	.675
	13	.351	.399	.467	.521	.578	.615	.649
$r_{22}$	14	.370	.421	.492	.546	.602	.641	.674
	15	.353	.402	.472	.525	.579	.616	.647
	16	.338	.386	.454	.507	.559	.595	.624
	17	.325	.373	.438	.490	.542	.577	.605
	18	.314	.361	.424	.475	.527	.561	.589
	19	.304	.350	.412	.462	.514	.547	.575
	20	.295	.340	.401	.450	.502	.535	.562
	21	.287	.331	.391	.440	.491	.524	.551
	22	.280	.323	.382	.430	.481	.514	.541
	23	.274	.316	.374	.421	.472	.505	.532
	24	.268	.310	.367	.413	.464	.497	.524
	25	.262	.304	.360	.406	.457	.489	.516

TABLE A-4. PERCENTILES OF THE  $t$  DISTRIBUTION



$df$	$t_{.90}$	$t_{.75}$	$t_{.50}$	$t_{.25}$	$t_{.10}$	$t_{.05}$	$t_{.01}$	$t_{.001}$
1	.325	.727	1.376	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	.289	.617	1.061	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	.277	.584	.978	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	.271	.569	.941	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	.267	.559	.920	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	.265	.553	.906	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	.263	.549	.896	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	.262	.546	.889	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	.261	.543	.883	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	.260	.542	.879	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	.260	.540	.876	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	.259	.539	.873	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	.259	.538	.870	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	.258	.537	.868	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	.258	.536	.866	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	.253	.535	.865	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	.257	.534	.863	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	.257	.534	.862	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	.257	.533	.861	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	.257	.533	.860	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	.257	.532	.859	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	.256	.532	.858	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	.256	.532	.858	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	.256	.531	.857	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	.256	.531	.856	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	.256	.531	.856	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	.256	.531	.855	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	.256	.530	.855	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	.256	.530	.854	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	.256	.530	.854	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	.255	.529	.851	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	.254	.527	.848	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	.254	.526	.845	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
$\infty$	.253	.524	.842	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

## CAPITULO 4

### DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCION

#### 4.1.- ALMACENAMIENTO DOMICILIARIO.

Con los datos obtenidos en el capítulo anterior, se pueden-- diseñar los recipientes adecuados para el almacenamiento de los residuos sólidos, generados en cada una de las fuentes de tipo municipal detectados dentro de la localidad en cuestión.

La capacidad de los recipientes para el almacenamiento de re-  
siduos sólidos se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$V = \frac{1000nG}{P.V} \frac{1}{f} F.S$$

Donde:

V: Volumen del recipiente en litros.

n: Número de habitantes promedio por casa-habitación.

G: Generación per-cápita de residuos sólidos en Kg/hab/día.

P.V: Peso volumétrico in-situ de los residuos sólidos domicilia-  
rios en Kg/m<sup>3</sup>.

f: Frecuencia de recolección expresada en séptimos.

F.S: Factor de seguridad que depende principalmente de la fre--  
cuencia de recolección y de la confiabilidad del sistema.

La expresión anterior es alimentada de la siguiente manera:

- El número de habitantes promedio por casa-habitación se obtie-  
ne del cálculo de la media de los habitantes por casa del es-  
tudio de generación, para cada estrato socioeconómico.
- La generación per-cápita de residuos sólidos es la obtenida--  
en los estudios de campo.

- La frecuencia de recolección es el número de veces por semana en que el servicio de recolección atiende a la población.
- El factor de seguridad, es la relación entre la frecuencia de recolección en caso de presentarse una falla en el sistema.-- En la tabla 4 se presentan unos parámetros con los que se podrá determinar el valor de dicho factor.

Un recipiente para residuos sólidos deberá cumplir con las-- siguientes características:

- Tapa para evitar el acceso a insectos y roedores.
- Resistente a cambios climatológicos.
- No inflamable.
- Sin aristas afiladas.
- De material durable.
- De forma cilíndrica.
- Con asas.
- Resistente a la corrosión.
- De facil manejo y limpieza.
- Impermeable.

Los recipientes que reúnen la mayor parte de estas caracte-- rísticas son los fabricados con láminas o plástico; sería reco-- mendable que se colocará una bolsa plástica en su interior para que los residuos sólidos queden dentro de ella al ser entrega-- dos al servicio de recolección. (Fig 3).

Es de vital importancia realizar un correcto almacenamiento, tanto para la salud pública como para la operación del sistema de recolección, además de facilitar la descarga de los residuos sólidos al vehículo recolector.

Para el caso del almacenamiento de los residuos sólidos en-- unidades habitacionales, en edificios de oficinas, hospitales, etc, se deberán diseñar ductos y fosas de almacenamiento o bien cuartos de contenedores, para dar pie a un manejo adecuado de--



dichos residuos en tales establecimientos.

#### 4.2.- BARRIDO MANUAL.

Los residuos en la vía pública provienen de fuentes generados naturales o producidas por la actividad del hombre. Entre ellas se encuentran el polvo que acarrea el aire, los residuos vegetales, peatonales, arrojados por vehículos, etc. Estos residuos se conforman básicamente de papel, catón, trapo, vidrio, madera, materia orgánica, plásticos, piedra, tierra, material fecal y hojas.

Por tal razón, es necesario realizar un estudio de los residuos existentes en las calles, empleando para ello el método de barrido manual. Este método se puede efectuar de manera individual o en cuadrillas; la persona encargada del barrido dejará su carrito cerca de la esquina de la cuadra, barre un tramo y forma montones de residuos, los cuales recogerá posteriormente.

El barrido se deberá diseñar, de acuerdo con el área por servir ( De preferencia las principales calles o avenidas y el centro de la localidad, o bien, todas las calles pavimentadas ). Para tal diseño se deberán delimitar todas las zonas por barrer.

El diseño del barrido manual consistirá de los siguientes puntos:

- Rutas de barrido.
- Frecuencia de barrido.
- Puntos de concentración del barrido.
- Equipo y personal necesario para el barrido.

Este trabajo se complementa con un plano en donde se muestran a una escala conveniente, el trazo de las rutas de acuerdo con la simbología y la nomenclatura correspondiente. Estas rutas se pueden diseñar por métodos heurísticos o determinísticos, dependiendo del número de habitantes con que cuente la locali--

--dad; siendo heurísticos para localidades con menos de 100 000-- habitantes y determinísticos en poblaciones arriba de 100,000 habitantes, utilizando para tal fin, cualquier algoritmo que se pueda aplicar a los requerimientos del problema.

#### 4.3.- RECOLECCION Y TRANSPORTE.

Se deberá diseñar tanto la recolección como el transporte de los residuos sólidos municipales con los siguientes lineamientos:

##### a) Selección del método de recolección.

Se deberá seleccionar el más adecuado a utilizar, tanto para residuos sólidos domésticos, como para los provenientes de-- otras fuentes de tipo municipal. La selección del método por emplear, deberá hacerse, tomando en cuenta los siguientes--- factores:

- Economía del sistema.
- El método o métodos que prevalecen en la localidad.
- Resistencia al cambio por los usuarios del sistema y/o por-- los prestadores de servicio.
- Topografía de la localidad.
- Trazo y vialidad establecidas en la localidad.

Los posibles métodos de recolección a seleccionar, serán los que a continuación se enlistan.

- De esquina
- De acera
- De llevar y traer
- De contenedores.

Una vez seleccionado el método por emplear, se deberá dar -- una descripción detallada del mismo, estableciendo las obligaciones del conductor del vehículo, de los recolectores y--

- de los usuarios del sistema. Incluso el método se deberá presentar en forma gráfica con el fin de ilustrarlo, tal como-- se muestra en la Figura 4.

b) Frecuencia de recolección.

La frecuencia de recolección se puede definir como el número de veces en que se prestará el servicio por semana.

c) Selección del equipo de recolección.

Se seleccionará el tipo de equipo para cumplir con el servicio de recolección, con base en los siguientes puntos:

- Método de recolección elegido.
- Economía del sistema.
- Traza de la localidad.
- Vialidad de la localidad.
- Topografía de la localidad.
- Superficie de rodamiento de las calles de la población.
- Versatilidad del equipo por emplear.

Habiéndose seleccionado el tipo de vehículo por emplear en-- la recolección, se deberá seleccionar el chasis y la carrocería (caja) más adecuados para la situación particular que se presente en la localidad.

d) Tamaño de la flotilla.

Con el objeto de optimizar los recursos de la localidad, se determinará el tamaño óptimo de la flotilla de recolección-- de los residuos sólidos de acuerdo con los siguientes criterios:

- Heurísticamente.

Para poblaciones menores de 100,000 habitantes; tal detrminación se deberá realizar mediante este método. Solo en caso-- de que el personal designado por la SEDUE para supervisar el proyecto lo considere conveniente, se aplicará otro tipo de métodos para dicha determinación.

- Determinísticamente.

Para poblaciones mayores de 100,000 habitantes, excepto que el personal de la SEDUE designado para la supervisión del proyecto considere oportuno y pertinente la aplicación de otros métodos, la determinación del número de vehículos será óptimo y se hará estableciendo y resolviendo un problema de programación entera, compuesto por la función económica y cada una de sus restricciones, donde el objetivo es minimizar costos y maximizar el equipo. El problema antes descrito, puede ser planteado en otros términos para ser resuelto mediante otros métodos de optimización.

e) Diseño de macroruteo.

El diseño de macrorutas consiste en lograr la asignación óptima de los vehículos recolectores, cuyo número ya ha sido determinado, a las diferentes áreas generadoras de residuos sólidos.

Para tal diseño se deberán delimitar las zonas de servicio, despreciando el problema del ruteo individual y tomando en cuenta las siguientes características:

- Las fronteras naturales, como vías férreas, carreteras, ríos, barrancas y calles muy transitadas que crucen la población.
- Las diferentes densidades de población y el tipo de residuos sólidos.
- Las diferentes fuentes municipales generadoras de residuos, además de las casas-habitación.
- Los estratos socioeconómicos en que se haya subdividido la localidad.
- Los métodos de recolección que hayan sido propuestos, para cumplir dicho servicio en la localidad.
- El tiempo y la distancia empleados para un viaje redondo hasta el sitio de disposición final.



Cuando se haya delimitado la zona de servicio, se deberán de distribuir las unidades de la flotilla de recolección a dicha zona de servicio; tomando en cuenta los tiempos estandar a partir de los estudios de tiempos y movimientos que se realizaron. Dicha distribución podrá hacerse en forma heurística o con métodos determinísticos (Modelo de transporte). Los resultados de este diseño, deben complementarse con un plano que muestre la asignación de vehículos a las áreas de servicio, indicando número de área, número y tipo de vehículo, cantidad de residuos por recolectar, frecuencia de recolección, tiempos estimados de recolección, etc.

f) Diseño de microruteo.

Se llama microruteo al diseño de los recorridos específicos que deberá efectuar cada vehículo dentro del área generadora a la que ha sido previamente asignado (macroruteo).

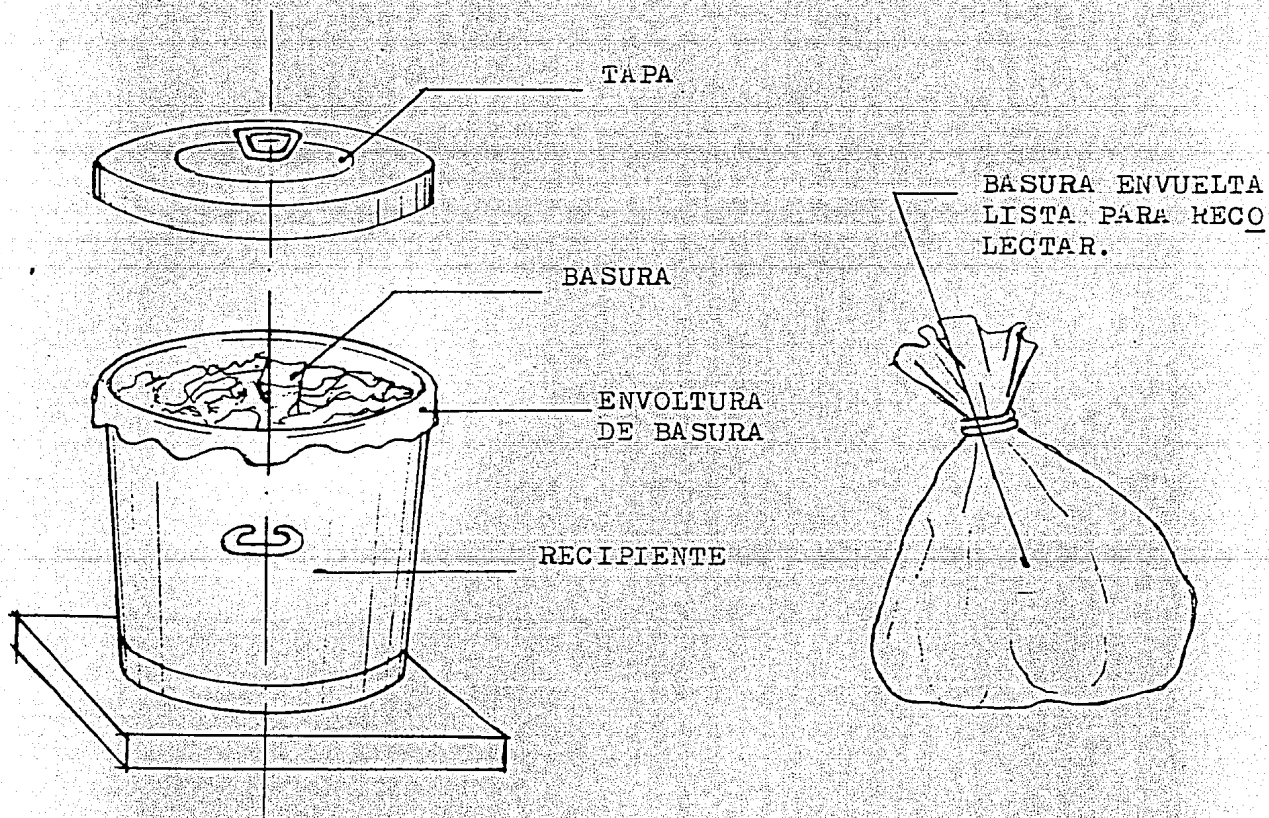
El diseño del microruteo, podrá realizarse mediante el empleo del método heurístico o métodos determinísticos, según sea el número de habitantes por atender. El empleo del método heurístico para el diseño, se hará con base en el siguiente criterio:

Para una cantidad menor a los 100,000 habitantes en la localidad, mientras que para cuando se rebase este número se empleará el método determinístico.

El empleo de los métodos determinísticos se deberá de hacer acorde con los siguientes lineamientos:

METODO DE RECOLECCION	MODELO DETERMINISTICO A EMPLEAR
De llevar y traer	Algoritmo del "cartero Chino"
De parada fija	Algoritmo del agente viajero
De contenedores	Algoritmo para resolver el problema del agente viajero.



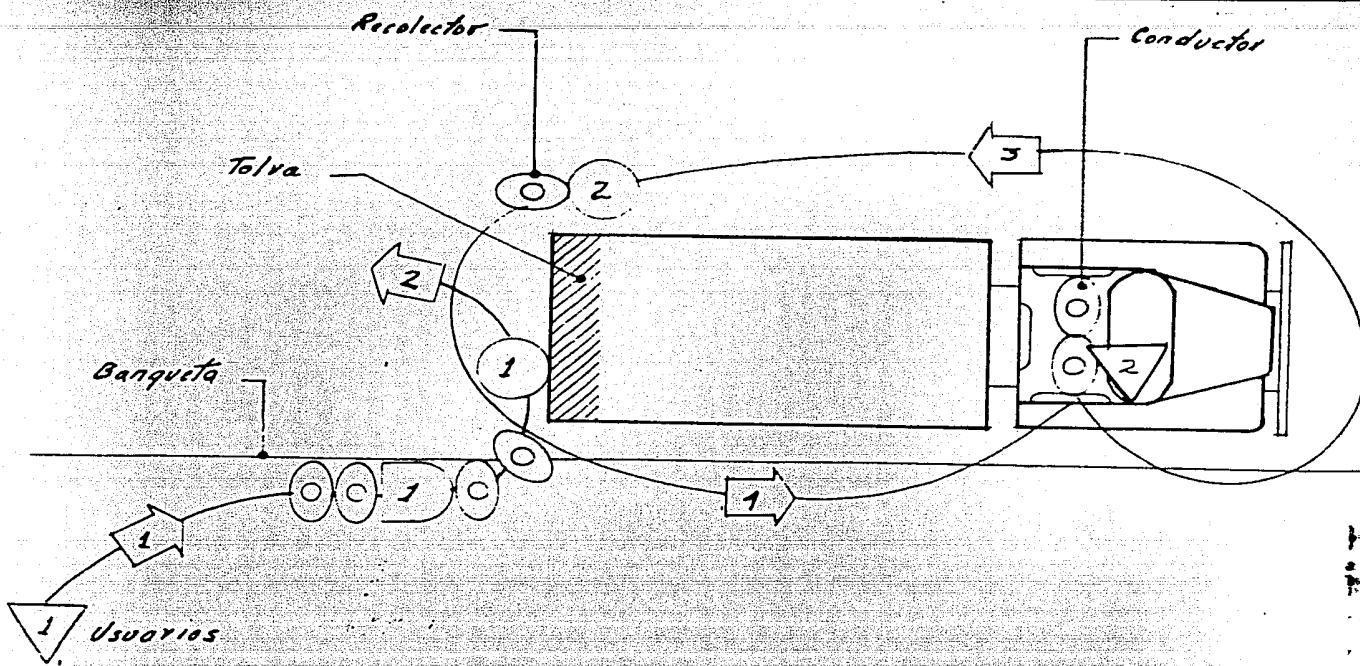


EL RECIPIENTE RECOMENDADO PARA EL ALMACENAMIENTO  
DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DE ORIGEN  
DOMESTICO






FIG. 3

FACTORES DE SEGURIDAD PARA EL CALCULO DEL VOLUMEN DEL RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO

Fallas del Servicio Frecuencia de Recolección	Una vez a la Semana	Dos Veces a la Semana	Tres Veces a la Semana	Cuatro Veces a la Semana	Cinco Veces a la Semana	Seis Veces a la Semana
Diariamente Incluso el Domingo	1.5	1.5	1.75	2.34	4.5	7.0
Diariamente de Lunes a Sábado	1.5	1.5	2.0	3.0	6.0	-
Tres Veces a la Semana de Lunes a Sábado	1.5	3.0	-	-	-	-
Dos veces a la Semana de Lunes a Sábado	3.5	-	-	-	-	-
Una vez a la Semana	7.0	-	-	-	-	-



#### USUARIOS

-  En almacenamiento de casa habitación.
-  En tránsito de casa-Habitación a línea de espera
-  En demora esperando el servicio
-  El usuario voltea el recipiente en el camión.
-  En tránsito de línea de espera a casa-hab.

#### RECOLECTOR





-  En descanso durante el viaje.
-  Desmonto y tránsito de cabina al trabajo.
-  Opera los controles del compactador.
-  En tránsito después del último recipiente y monta a cabina.

Fig. 4

METODO DE RECOLECCION DE ESQUINA CON CARROCERIA DE CARGA TRASERA.

## CAPITULO 5

### EJEMPLO DE APLICACION

La ciudad de Tehuacán se encuentra localizada en el valle--- del mismo nombre, entre los  $18^{\circ}26'$  de latitud norte y los  $97^{\circ}25'$  de longitud oeste del meridiano de Greenwich, cuenta con una al titud aproximada de 1565 metros sobre el nivel del mar.

Limita al noroeste con la sierra Zongólica, al suroriente--- con la localidad de San Diego Chalma, al sur con una linea ima- ginaria paralela al canal de riego que va de Santa María Coapan a San Diego Chalma, al oeste y al suroeste con la sierra de Za- potitlan o de Tehuacán.

La población en 1980 era de 79,547 habitantes, y la proyecta da al año de 1986 es de 108,392 habitantes.

El crecimiento poblacional de la ciudad se ha mantenido con una tasa constante de 4.7%, mayor a la media nacional que es de 3.4%. La densidad de población media es de 120 habitantes por-- hectarea.

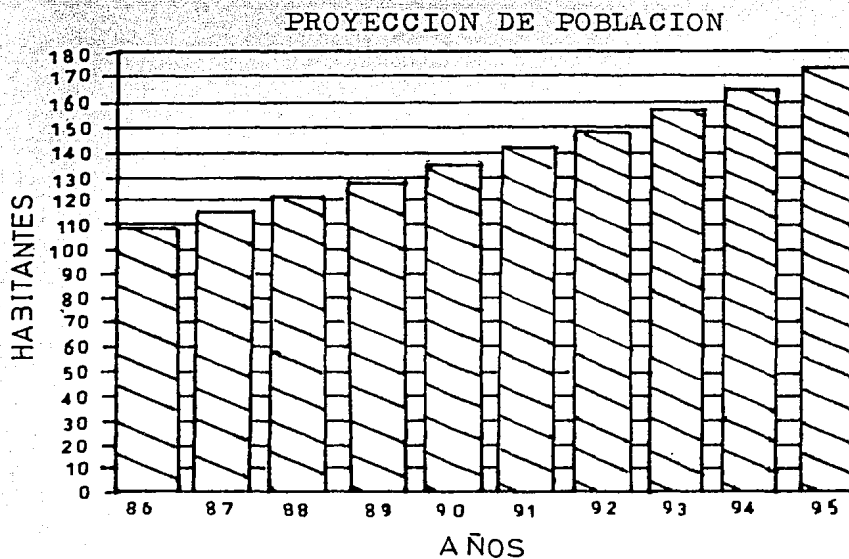
La ciudad de Tehuacán cuenta con dos avenidas principales: Reforma, que se extiende de norte a sur, e Independencia, encon trandose perpendicular a la anterior. Tehuacán cuenta actualmente con cerca de 160,000 metros de vías de circulación, entre-- carreteras, caminos y calles, de las cuales aproximadamente el 40% se encuentra pavimentado.

## 5.1.- DATOS PREVIOS.

### 5.1.1.- DEMOGRAFIA.

Tomando como base los censos de población para 1970 y 1980, se realizó una proyección de población mediante el método geométrico, la cual dió los siguientes resultados:

AÑO	POBLACION
1986	108,392
1987	114,128
1988	120,168
1989	126,527
1990	133,224
1991	140,274
1992	147,698
1993	155,514
1994	163,743
1995	172,408



1970: 47,497

1980: 79,547



### 5.1.2.- DISTRIBUCION DEMOGRAFICA.

En relación al número actual de habitantes y a la superficie ocupada en las manchas urbanas de las localidades que integran esta área de estudio, se puede considerar una densidad de población de 47.6 habitantes por hectarea; tomando en cuenta una superficie de 2,650 has.

El crecimiento social de la población ha sido más dinámico-- que el crecimiento natural debido a la creación de colonias ejidales en el entorno inmediato del centro de población de Tehuacán y la inmigración de grupos considerables de población de diferentes localidades de la región.

Este crecimiento físico irregular ha traído como consecuencia una desigual densidad de población ocasionando, por una parte grandes concentraciones que demandan servicios, y por otra, pequeños núcleos que presentan dificultades para satisfacer sus demandas, provocando al final un desequilibrio social.

La edad de la población, la que mayor porcentaje representa, para 1980, es la comprendida entre los 5 y 9 años, abarcando ésta el 15.7% de la población.

Se tiene que la población económicamente inactiva está comprendida entre los 0 y 11 años, representando el 36.37% del total de la población, en tanto que la comprendida entre los 12-- años y más, declarada población económicamente activa, alcanza el 63.63% del total.

### 5.1.3.- DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL.

#### 5.1.3.1.- TIPOS DE ALMACENAMIENTO EN LAS DIFERENTES FUENTES GENERADORAS.

El objetivo principal del almacenamiento, es evitar la proliferación de insectos y roedores, así como de evitar los olores

proprios de la descomposición de la materia orgánica; y la estética que puede verse deteriorada por la insalubridad del recipiente. Otro objetivo es el de hacer que la tripulación y la recolección en si sea más uniforme y más rápida, mejorando de esta manera la economía del sistema de limpia pública.

En la ciudad de Tehuacán, el almacenamiento domiciliario de los residuos sólidos generados se lleva a cabo utilizando una gran variedad de recipientes en cuanto a su forma y capacidad. Estos recipientes no son en su mayoría los adecuados, pues dan lugar a problemas de insalubridad, así como de provocar accidentes leves a los operadores del servicio y retardos en el servicio.

Los tipos de recipientes de almacenamiento utilizados en la ciudad de Tehuacán se resume a continuación:

Estrato socioeconómico.	Tipo de recipiente utilizado.	%
ALTO	Bolsa impermeable	17
	Plástico rígido	78
	Metálico	3
	Otros	2
MEDIO	Bolsa impermeable	54
	Plástico rígido	25
	Metálico	18
	Otros	3

Incluye recipientes de madera, papel y cartón.

De acuerdo a la tabla anterior, se establece lo siguiente:

- a) Predominan los recipientes de plástico rígido y bolsas impermeables.
- b) Los diferentes tamaños y tipos de almacenamiento varían de acuerdo a los recursos familiares.
- c) Es de hacer notar que el almacenamiento de los residuos sólidos

dos es una responsabilidad individual de los habitantes de las--  
casas-habitación.

El sector comercial utiliza en su mayoría, el recipiente me-  
tálico de 200 lts, el cual, debido a su forma y peso, dificulta  
considerablemente la recolección de los residuos.

#### 5.1.3.2.- METODO EMPLEADO EN LA RECOLECCION.

La recolección de residuos sólidos municipales se lleva acabo  
por medio del método de parada fija. Este método consiste en---  
que el vehículo recolector realiza su recorrido, parando en un  
lugar previamente definido, por lo general en las esquinas, y--  
anunciando su llegada al punto de recolección con una campana.  
Los usuarios entregan diréctamente sus residuos a los operado--  
res del servicio, quienes a su vez los depositan dentro del ve-  
hículo recolector.

#### 5.1.3.3.- SUBSISTEMAS GENERADORES.

En la ciudad de Tehuacán existen principalmente tres subsis-  
temas generadores, los cuales son:

- Habitacional.
- Institucional- comercial.
- Mercados.

#### 5.1.3.4.- SECTORES Y RUTAS DE RECOLECCION.

Para la prestación del servicio de recolección domiciliaria,  
la ciudad se encuentra dividida en cuatro sectores con once ru-  
tas de recolección en total, con una frecuencia de recolección  
de tres veces por semana y con un horario de 7 de la mañana a 3  
de la tarde.

A continuación se muestra el cuadro que concentra las rutas  
antes mencionadas:

Vehículo	Ruta	Sector				Frecuencia de recolección.
		I	II	III	IV	
1	1	x				l,m,v
1	2	x				m,j,s
2	3		x			l,m,v
2	4		x			m,j,s
3	5		x			l,m,v
4	6			x		l,m,v
4	7			x		m,j,s
3	8			x		m,j,s
5	9				x	l,m,v
5	10				x	m,j,s
7	11				x	l,m,v

Como se puede apreciar, el sistema de recolección cuenta con seis vehículos. El vehículo No 8. realiza los días martes, jueves y sábados servicios especiales entre ellos la recolección de los residuos generados en el mercado municipal "La Purisima".

La cuadrilla de recolección está compuesta por dos peones y un chofer.

Actualmente existe un servicio para el sector comercial, el cual atiende aproximadamente 27 locales comerciales. La frecuencia de recolección proporcionada es de 6 días a la semana.

El mercado "16 de Marzo" genera aproximadamente 10 toneladas por día de residuos, y para esta recolección se utiliza el servicio vespertino. Este se proporciona diariamente con un horario que abarca de las 17 a las 23 horas.

Diariamente se realiza un control de los recorridos que realizan los diferentes vehículos.

#### 5.1.3.5.- PERSONAL.

El personal asignado al sistema de recolección, transporte y barrido es el siguiente:



Puesto	Cantidad
Director	1
Chofer	6
Peón	12
Barrendero	15
Velador	2
Mecánico	1

### 5.1.3.6.- RECOLECCION Y TRANSPORTE.

Para llevar a cabo la recolección y el transporte de los residuos sólidos, el servicio de limpia cuenta con el siguiente-- equipo:

No de vehículo	Tipo	Marca	Modelo	Capacidad
1	Redilas con sistema hidráulico de volteo	Chevrolet	1983	16m <sup>3</sup>
2	Redilas con sistema hidráulico de volteo	Chevrolet	1981	16m <sup>3</sup>
3	Redilas con sistema hidráulico de volteo	Chevrolet	1981	16m <sup>3</sup>
4	Caja compactadora	Chevrolet	1972	16m <sup>3</sup>
5	Cilíndrico con compactación	Ford	1967	12m <sup>3</sup>
* 6	Cilíndrico con compactación	Dodge	1969	12m <sup>3</sup>
7	Redilas con sistema hidráulico de volteo	Chevrolet	1984	16m <sup>3</sup>
8	Redilas con sistema hidráulico de volteo	Chevrolet	1984	16m <sup>3</sup>

\* Vehículo descompuesto, encontrándose actualmente en el garage de los servicios municipales.



- De la tabla anterior, podemos concluir que del total de la--  
flotilla de recolección de los residuos sólidos municipales dentro  
de la ciudad de Tehuacán, el 62.5% se encuentra dentro de--  
su vida útil, mientras que el 37.5% rebasó ya su vida operacio--  
nal.

#### 5.1.3.7.- BARRIDO

El barrido se lleva a cabo en forma manual, realizandose dentro  
del área que comprende el centro de la población, contando--  
se para ello con un equipo de 15 barrenderos, quienes cuentan--  
con sus áreas de trabajo bien definidas. La frecuencia del ba--  
rrido es diaria.

El equipo con que se les dota a cada operador del servicio,  
es de una escoba, carretilla y recogedor. Las longitudes a ba--  
rrer por cada trabajador varían de acuerdo al sector y oscilan  
entre 1.3 y 1.7 kms.

## 5.2.- ESTUDIOS DE CAMPO.

### 5.2.1.- GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS.

Se realizó el estudio para conocer la generación per-cápita de los residuos sólidos domiciliarios, de acuerdo con lo especificado en la técnica de SEDUE NTRS-2-GENERACION.

El procedimiento seguido de manera general fué el siguiente:

- a) Se ubicó en la ciudad de Tehuacán el universo de trabajo para los estratos socioeconómicos medio y alto, por considerarse los representativos de la población.
- b) Se hizo el marcaje de las casa-habitación elegidas aleatoriamente para participar en el muestreo con un riesgo  $\alpha=20$ , y 50--elementos de tamaño de la premuestra, marcandose 70 casas-habitación para tomar en cuenta las que no participarán en el estudio.
- c) Se realizó la encuesta en cada una de las casas-habitación y se explicó el objetivo del estudio, al tiempo que se entregaba la primera bolsa para los residuos sólidos.
- d) Al día siguiente se hizo la recolección de los elementos participantes del estudio, los cuales no fueron evaluados por considerarse muestreo de limpieza. A partir del segundo día, los--residuos recolectados fueron resultado de un solo día de generación.
- e) Un día después se repitió la recolección de elementos de la muestra y se dejó la bolsa para el siguiente.
- f) Posteriormente se transportaron los elementos muestrales al--sitio de pesaje para evaluar las cantidades generadas en cada--casa-habitación.
- g) El procedimiento se repitió hasta complementar una semana de muestreo.

El análisis estadístico y los resultados se presentan en el

### Inciso 5.3.1 GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS.

#### 5.2.2.- PESO VOLUMETRICO "IN-SITU".

Para obtener el peso volumétrico "in-situ" de los residuos sólidos domiciliarios generados en la ciudad de Tehuacán, se aplicaron las normas técnicas SEDUE NTRS-3-MUESTREO-METODO DE CUARTEO y NTRS-4-PESO VOLUMETRICO "IN-SITU".

El procedimiento seguido fué, a grandes rasgos:

- a) El contenido de las bolsas del estudio de generación se depositó en el suelo, formando una pila.
- b) Se homogenizó dicha pila, trapaleandola varias veces.
- c) Se dividió en cuatro partes, aproximadamente de igual tamaño eliminándose dos de los cuartos opuestos.
- d) En un tambo de 200 lts. previamente pesado, se colocaron los residuos sólidos hasta llenarlo. Después se golpeó el tambo en tres ocasiones, desde una altura aproximada de 10 cms; y se agregaron residuos sólidos para llenarlo nuevamente. De acuerdo con lo establecido por las NTRS, se obtuvo el peso volumétrico "in-situ" de los residuos generados por cada estrato socioeconómico de la ciudad de Tehuacán.

Los resultados obtenidos se presentan en el inciso 5.3.2 PESO VOLUMETRICO "IN-SITU".

#### 5.2.3.- COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

Para la obtención de este parámetro se aplican las normas de SEDUE NTRS-3-MUESTREO-METODO DE CUARTEO y NTRS-5-SELECCION Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS. La metodología seguida por dichas normas es la siguiente:

- a) De la continuación de los cuarteos se obtiene una muestra de aproximadamente 50 Kg.
- b) Se efectúa el pesaje de dicha muestra para obtener la canti-

dad total de los residuos sólidos a seleccionar y cuantificar.

c) Después de esparcir la muestra, se procede a la separación-- de todos los subproductos establecidos por las NTRS.

d) Se pesa por separado cada uno de los subproductos para poste-- riormente obtener su porcentaje en peso.

Los resultados obtenidos se presentan en el inciso 5.3.3 COM-- POSISION FISICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

#### 5.2.4.- CANTIDAD TOTAL DE RESIDUOS SOLIDOS RECOLECTADOS POR DIA.

Del pesaje descrito en el inciso anterior se calcula el to-- tal de residuos sólidos recolectados. Con esto se conocerá el-- porcentaje de cobertura del servicio, así como las cantidades-- de residuos sólidos recolectados en cada una de las rutas actua-- les de recolección, con el objeto de establecer los criterios-- de diseño de las macro y microrutas de recolección.

Los análisis y resultados se presentan en el inciso 5.3.4 -- CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS RECOLECTADOS POR DIA .

#### 5.2.5.- ESTUDIOS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.

Los estudios de tiempos y movimientos estan encaminados a es-- tablecer los tiempos utilizados por las cuadrillas y vehículos para desarrollar las actividades de recoleccion de residuos só-- lidos.

Los análisis y resultados de estos estudios se pueden ver en el inciso 5.3.5 ESTUDIOS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.



### 5.3.- EVALUACION DE PARAMETROS.

#### 5.3.1.- GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS.

Para conocer la generación per-cápita de los residuos sólidos domiciliarios, partiendo de los estudios de campo, se sigue el procedimiento de análisis establecido por la NTRS-2-GENERACION. Este procedimiento es, de manera general, el siguiente:

- 1.- Se obtiene la media de generación per-cápita de residuos sólidos para cada una de las casas-habitación, participantes en la premuestra, descartando de antemano aquellas que solo participarán en el muestreo durante tres días o menos, por considerarse poco representativas.
- 2.- Se ordenan dichas medias de la menor a la mayor.
- 3.- Se aplican pruebas de rechazo para las observaciones distantes, con el criterio de Dixon.
- 4.- Se procede a la realización del análisis estadístico y se obtiene principalmente la media y la desviación estandar.
- 5.- Se calcula el tamaño real de la muestra para la confiabilidad del estudio, empleando la distribución estadística "t" de Student.
- 6.- Se realiza el análisis de confiabilidad para verificar si la media muestral difiere o no de la media poblacional.

A continuación se desarrolla cada uno de los pasos mencionados, debe tomarse en cuenta que se tienen para el estudio solo dos estratos socioeconómicos; por lo tanto se realizará el análisis de rechazo y ordenación de medias por separado.



ESTRATO MEDIO

No.	No. ALEAT.	HAB/CASA.	GENERACION KG/HAB-DIA.
1	81	4	.123
2	114	8	.148
3	74	7	.182
4	4	8	.210
5	15	8	.234
6	43	7	.245
7	85	7	.255
8	29	6	.274
9	55	5	.289
10	42	5	.297
11	61	7	.303
12	9	8	.313
13	80	8	.317
14	39	5	.322
15	89	8	.331
16	16	4	.336
17	10	7	.358
18	79	4	.359
19	119	4	.369
20	77	4	.382
21	101	7	.383
22	37	5	.385
23	8	3	.411
24	445	2	.415
25	94	4	.433
26	86	8	.434
27	75	7	.440
28	108	6	.445
29	117	4	.446
30	83	12	.449
31	87	3	.476
32	6	6	.481
33	65	5	.496
34	110	3	.521
35	5	6	.529
36	14	3	.533
37	34	7	.536
38	93	7	.555
39	91	5	.584
40	103	6	.622
41	18	6	.644
42	24	3	.655
43	69	4	.664

No.	No. ALEAT.	HAB/CASA.	GENERACION KG/HAB-DIA.
44	67	5	.669
45	121	6	.714
46	112	3	.722
47	25	5	.739
48	98	2	.739
49	38	3	.771
50	19	2	.810
51	72	5	.829
52	73	5	.858
53	44	5	.877
54	120	5	.908
55	66	2	.917
56	100	3	1.060
57	27	5	1.071
58	50	4	1.273
59	35	3	1.216

Aplicando pruebas de rechazo para observaciones distantes em  
pleando el criterio de Dixon, tenemos:

$F = 0.360$  para 90% de confiabilidad.

$J = 5$  (Intervalo de sospecha)

$i = n - (J - 1)$

$i = 59 - (5 - 1) = 55$

Dudando de los elementos mayores:

$$r = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_J} = \frac{X_{59} - X_{55}}{X_{59} - X_5} = \frac{1.316 - .917}{1.316 - .234} = .368$$

$r > 0.360$ , por lo tanto se rechaza  $X_{59}$ .

$$r = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_J} = \frac{X_{58} - X_{55}}{X_{58} - X_5} = \frac{1.273 - .917}{1.273 - .234} = .343$$

$r < 0.360$ , por lo tanto se acepta  $X_{58}$ .

Dudando de los elementos menores:

$$r = \frac{X_j - X_1}{X_i - X_1} = \frac{X_5 - X_1}{X_{55} - X_1} = \frac{.234 - .123}{.917 - .123} = .139$$

$r < 0.360$ , por lo tanto se acepta  $X_1$ .

El elemento 59 queda eliminado; por lo tanto no se emplea el análisis estadístico.

$$\text{MEDIA} = \bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^N X_j}{N} = 0.519$$

$$\text{DESVIACION ESTANDAR MUESTRAL} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (X - \bar{x})^2}{N - 1}} = 0.247$$

Verificación del tamaño de la muestra, con base en la desviación estandar muestral y empleando la distribución "t" de Student.

$$n = \left( \frac{ts}{E} \right)^2$$

$E = 0.06 \text{ Kg/Hab-Día.}$

$s = 0.247 \text{ Kg/hab-Día.}$

$t = 1.296.$

Para obtener el valor de "t", se emplea la tabla 3. entrando a ella con las siguientes características:

Grados de libertad :  $n_1 - 1 = 58 - 1 = 57$

Percentil máximo:  $t(1 - \alpha/2) = t(1 - .20/2) = t(0.90) = 1.296$

$$n = \left( \frac{1.296 \times 0.247}{0.06} \right)^2 = 28.4 \doteq 28 \text{ elementos.}$$

Del resultado anterior se concluye que el tamaño de la pre-muestra inicial se acepta, ya que:

$$n_1 \text{ (premuestra)} > n \text{ (muestra)}$$

Análisis de confiabilidad:

Primeramente obtenemos el percentil de muestreo:

$$(t) = \frac{\mu - X}{s/\sqrt{n_1}} = \frac{0.042}{0.032} = 1.31$$

$$\mu = 0.561 \text{ Kg/hab-día}$$

$$X = 0.519 \text{ Kg/hab-día}$$

$$s = 0.247 \text{ Kg/hab-día}$$

$$n_1 = 58 \text{ elementos}$$

De la tabla 3. tenemos que:

$$t(0.99) = 2.39. \text{ para el } 98\% \text{ de confiabilidad.}$$

Comparando ambos percentiles, se tiene:

$$t(0.99) > t$$

Por lo tanto se acepta la hipótesis nula para una confiabilidad del 98%.

La media muestral es confiablemente igual a un 98%, a la media poblacional.

El valor de la generación per-cápita de basura para el estrato socioeconómico medio es de 0.519 Kg/hab-día.



ESTRATO ALTO

No.	No. ALEAT.	HAB/CASA	GENERACION KG/HAB-DIA.
1	141	8	.209
2	162	11	.252
3	195	7	.261
4	231	5	.264
5	230	8	.276
6	148	6	.286
7	161	8	.287
8	214	10	.288
9	187	6	.301
10	223	5	.301
11	174	10	.302
12	133	6	.312
13	155	11	.320
14	181	4	.323
15	176	7	.331
16	132	5	.337
17	198	4	.337
18	125	7	.339
19	160	10	.340
20	134	4	.343
21	192	5	.343
22	143	6	.350
23	169	5	.350
24	183	4	.351
25	236	4	.354
26	202	8	.356
27	130	8	.361
28	186	8	.361
29	191	6	.361
30	157	4	.364
31	184	4	.366
32	153	5	.368
33	199	3	.370
34	175	8	.378
35	196	5	.385
36	210	7	.388
37	189	5	.390
38	219	2	.390
39	147	5	.394
40	165	6	.394
41	213	7	.399
42	235	4	.401
43	197	5	.405



No.	NO. ALEAT.	HAB/CASA	GENERACION KG/HAB-DIA.
44	154	5	.416
45	126	5	.425
46	164	5	.427
47	204	4	.439
48	140	4	.444
49	159	6	.458
50	144	5	.468
51	228	4	.477
52	167	6	.480
53	240	6	.487
54	145	4	.496
55	222	3	.514
56	234	4	.520
57	185	5	.533
58	138	5	.560
59	220	4	.569
60	225	2	.579
61	124	2	.610
62	212	5	.634
63	137	2	.679
64	152	5	.690
65	208	2	.716

Aplicando pruebas de rechazo para observaciones distantes--  
empleando el criterio de Dixon, tenemos:

$F = 0.360$  para 90% de confiabilidad.

$J = 5$  (Intervalo de sospecha)

$i = n - (J - 1)$

$i = 65 - (5 - 1) = 61$

Dudando de los elementos mayores:

$$r = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_J} = \frac{X_{65} - X_{61}}{X_{65} - X_5} = \frac{.716 - .610}{.716 - .276} = .241$$

$r < 0.360$ , por lo tanto se acepta  $X_{65}$ .

.. Dudando de los elementos menores:

$$r = \frac{X_j - X_1}{X_i - X_1} = \frac{X_5 - X_1}{X_{61} - X_1} = \frac{.276 - .209}{.610 - .209} = .167$$

$r < 0.360$ , por lo tanto se acepta  $X_1$ .

$$\text{MEDIA} = \bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^N X_j}{N} = 0.403$$

$$\text{DESVIACION ESTANDAR MUESTRAL} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (X_j - \bar{X})^2}{N - 1}} = 0.109$$

Verificación del tamaño de la muestra, con base en la desviación estandar muestral y empleando la distribución "t" de Student.

$$n = \left( \frac{ts}{E} \right)^2$$

$$E = 0.06 \text{ Kg/Hab-Día}$$

$$s = 0.109 \text{ Kg/Hab-Día}$$

$$t = 1.295$$

Para obtener el valor de "t", se emplea la tabla 3. entrando a ella con las siguientes características:

$$\text{Grados de libertad : } n_1 - 1 = 65 - 1 = 64$$

$$\text{Percentil máximo: } t(1 - \alpha/2) = t(1 - .20/2) = t(.90) = 1.295$$

$$n = \left( \frac{1.295 \times 0.109}{0.06} \right)^2 = 5.53 \doteq 5 \text{ elementos}$$

Del resultado anterior se concluye que el tamaño de la pre--  
muestra inicial se acepta, ya que:

$$n_1 \text{ (premuestra)} > n \text{ (muestra)}$$

Análisis de confiabilidad:

Primeramente obtenemos el percentil del muestreo:

$$t = \frac{M - X}{s/\sqrt{n_1}} = \frac{0.058}{0.014} = 4.14$$

$$M = 0.561 \text{ Kg /hab-día}$$

$$X = 0.403 \text{ Kg/hab-día}$$

$$s = 0.109 \text{ Kg/hab-día}$$

$$n_1 = 65 \text{ elementos}$$

De la tabla 3. tenemos que:

$$t(0.99) = 2.389 \text{ para el 99\% de confiabilidad.}$$

Comparando ambos percentiles, se tiene:

$$t(0.99) < t$$

Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula para una confiabilidad del 98%, al mismo tiempo que la media muestral no es confiablemente igual a la media poblacional, no pudiendo utilizarse como parámetros los estadísticos de la muestra.

NOTA: Para el caso de Tehuacán, se aceptaron los estadísticos--  
dado que la SEDUE. determinó que el procedimiento era el adecua  
do en cuanto al tratamiento estadístico que se le dió a esta in  
formación.

### 5.3.1.1.- GENERACION PER-CAPITA DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS.

#### a) Estrato socioeconómico alto:

- Generación per-cápita: 0.520 Kg/Hab-Día.
- Desviación estandar: 0.248 Kg/Hab-Día.
- Tamaño de la muestra real:  
58 elementos para el 99% de confiabilidad.

#### b) Estrato socioeconómico medio:

- Generación per-cápita: 0.403 Kg/Hab-Día.
- Desviación estandar: 0.109 Kg/Hab-Día.
- Tamaño de la muestra real:  
12 elementos para el 99% de confiabilidad.

#### c) Generación media para toda la población:

Dado el resultado del análisis de razón de varianza, se concluye que la generación media per-cápita es:  $G = 0.462$  Kg/Hab-Día.

Esta generación es similar a la obtenida por SEDUE en el estudio del "Proyecto ejecutivo sobre manejo de los residuos sólidos municipales", en 1985 ( $G = 0.461$  Kg/Hab-Día). Esto corrobora la confiabilidad del estudio.

### 5.3.1.2.- GENERACION DIARIA DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS.

Se ha calculado la generación diaria de los residuos sólidos para cada uno de los días del periodo muestral en cada estrato socioeconómico, con el objeto de conocer el comportamiento de dicha generación a través de una semana como se muestra en las siguientes gráficas:



### 5.3.2.- PESO VOLUMETRICO "IN-SITU".

A partir de los estudios de campo, se obtiene el peso volumétrico de los residuos sólidos durante los siete días del periodo de muestreo para cada estrato socioeconómico de la ciudad de Tehuacán, Puebla.

Para la determinación de este parámetro fué empleado un recipiente, con una capacidad de 0.200 m<sup>3</sup> y una tara de 19.000 Kg.

Los pesos netos de los residuos sólidos (peso bruto - tara), obtenidos, fueron los siguientes:

DIA	ESTRATO MEDIO	ESTRATO ALTO.
1	49.300	55.000
2	44.400	47.150
3	39.700	50.500
4	50.800	51.300
5	44.400	57.300
6	34.400	58.850
7	36.000	46.300

NOTA: Estos pesos están dados en Kg.

Haciendo uso de la fórmula para obtener el peso volumétrico, tenemos los siguientes resultados, en Kg/m<sup>3</sup>:

DIA	ESTRATO MEDIO	ESTRATO ALTO.
1	246.500	275.000
2	222.000	235.750
3	198.500	252.500
4	254.000	256.500
5	222.000	286.500
6	172.000	294.250
7	180.000	231.500



Resumiendo, tenemos los siguientes resultados:

a) Estrato socioeconómico medio:

- Peso volumétrico "in-situ" promedio:  $X = 213.60 \text{ Kg/m}^3$ .
- Desviación estandar en por ciento:  $S = 31.47 \text{ Kg/m}^3$ .

b) Estrato socioeconómico alto:

- Peso volumétrico "in-situ" promedio:  $X = 261.71 \text{ Kg/m}^3$ .
- Desviación estandar en por ciento:  $S = 24.32 \text{ Kg/m}^3$ .

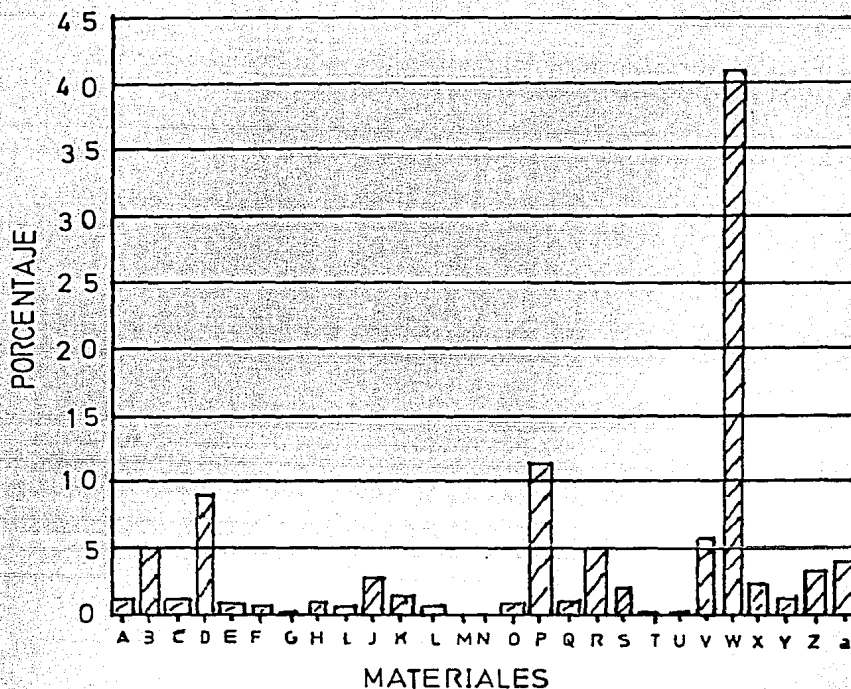
### 5.3.3.- COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS.

Como se mostró en el inciso 5.2.3 de los estudios de campo, se han obtenido los porcentajes en peso de los subproductos con tenidos en los residuos sólidos domiciliarios de cada estrato-- socioeconómico.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación, con--- sus gráficas correspondientes:

#### ESTRATO MEDIO

SUBPRODUCTO	VIERNES		SABADO		DOMINGO		LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		MEDIA (en %)	D. EST. (en %)
	PESO	%	PESO	%	PESO	%	PESO	%	PESO	%	PESO	%	PESO	%		
ALGODON	0.35	0.70	1.35	2.66	0.70	1.37	0.20	0.38	0.00	0.00	1.00	1.94	0.00	0.00	1.01	0.95
CARTON	3.10	6.20	2.75	5.41	3.90	7.75	2.65	5.05	2.75	5.44	2.10	4.11	1.15	2.22	5.17	1.59
CUERO	0.00	0.00	0.50	0.98	0.00	0.00	0.50	0.95	0.10	0.20	0.80	1.57	0.70	1.35	0.72	0.60
RESIDUO FINO	3.70	7.40	3.50	6.87	4.20	8.35	2.00	3.81	5.60	11.08	5.00	9.79	8.10	15.65	9.00	3.46
ENV. CARTON ENC.	1.30	2.60	0.20	0.37	0.50	0.97	0.60	0.60	0.10	0.20	0.00	0.00	0.20	0.39	0.65	0.85
FIBRA DURA VEGETAL	0.20	0.40	0.23	0.45	0.04	0.08	1.10	2.10	0.10	0.20	0.00	0.00	0.25	0.48	0.53	0.66
FIBRAS SINTETICAS	0.00	0.00	0.30	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.21
HUESO	0.00	0.00	0.30	0.57	0.12	0.24	0.20	0.38	0.80	1.58	0.70	1.37	0.60	1.55	0.82	0.62
HULE	0.05	0.10	0.30	0.57	0.00	0.00	0.50	0.95	0.10	0.20	0.00	0.00	0.70	1.35	0.46	0.49
LATA	0.47	0.94	1.55	3.05	1.80	3.58	0.60	1.14	2.05	4.06	0.90	1.76	2.30	4.44	2.71	1.32
LOZA Y CERAMICA	0.10	0.20	0.25	0.47	0.12	0.24	3.05	5.81	0.20	0.40	0.50	0.98	0.15	0.29	1.20	1.90
MADERA	0.23	0.45	0.00	0.00	0.24	0.48	0.00	0.00	0.50	0.99	0.30	0.59	0.10	0.19	0.39	0.33
MAT. CONSTRUCCION	0.00	0.00	0.14	0.28	0.06	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.10
METAL FERROSO	0.63	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.44
METAL NO FERROSO	0.00	0.00	1.20	2.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.40	0.15	0.29	0.50	0.97	0.60	0.86
PAPEL	7.80	15.60	6.50	12.60	4.35	8.65	5.20	9.90	5.60	11.47	4.70	9.21	5.70	11.01	11.23	2.21
PAPAL RESECHABLE	0.15	0.30	0.60	1.18	0.70	1.39	0.50	0.95	0.35	0.69	0.00	0.00	0.30	0.58	0.73	0.45
PLASTICO PELICULA	3.30	6.60	3.00	5.91	2.60	5.17	4.30	8.19	1.60	3.17	1.45	3.42	1.56	2.70	5.03	1.82
PLASTICO RIGIDO	1.20	2.40	0.80	1.57	1.05	2.09	0.80	1.52	1.50	2.97	0.70	1.37	0.80	1.55	1.92	0.54
POLIURETANO	0.05	0.10	0.05	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.04
POLIESTIRENO EXP.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.19	0.03	0.07
RES. JARDINERIA	0.80	1.60	1.30	2.56	1.80	3.58	6.75	12.86	4.00	7.91	2.30	4.51	3.60	6.96	5.71	3.59
RES. ALIMENTICIOS	20.00	40.00	18.60	36.61	23.10	45.92	20.15	38.38	20.00	39.56	23.45	45.94	18.60	35.94	40.34	3.78
TRAPO	0.35	0.70	1.50	2.95	0.75	1.49	1.80	3.43	1.05	2.08	0.80	1.57	2.20	4.25	2.35	1.15
VIERRO DE COLOR	1.00	2.16	0.55	1.08	0.50	0.99	0.50	0.95	0.15	0.30	1.95	3.82	0.30	0.58	1.41	1.12
VIERRO TRANSPARENTE	2.04	4.08	1.20	2.36	1.60	3.18	1.60	3.05	1.50	2.97	2.25	4.41	1.40	2.71	3.25	0.68
OTROS	2.80	5.60	3.80	7.48	1.80	3.58	0.00	0.00	2.10	4.15	1.30	2.55	2.10	4.06	3.92	2.17
PERDIDAS	0.31	0.61	0.23	0.45	0.37	0.74	0.10	0.19	0.00	0.00	0.30	0.59	0.20	0.39	0.42	0.24
TOTALES	50.00	100.0	50.80	100.0	50.30	100.0	52.50	100.0	50.55	100.0	51.05	100.0	51.75	100.0		

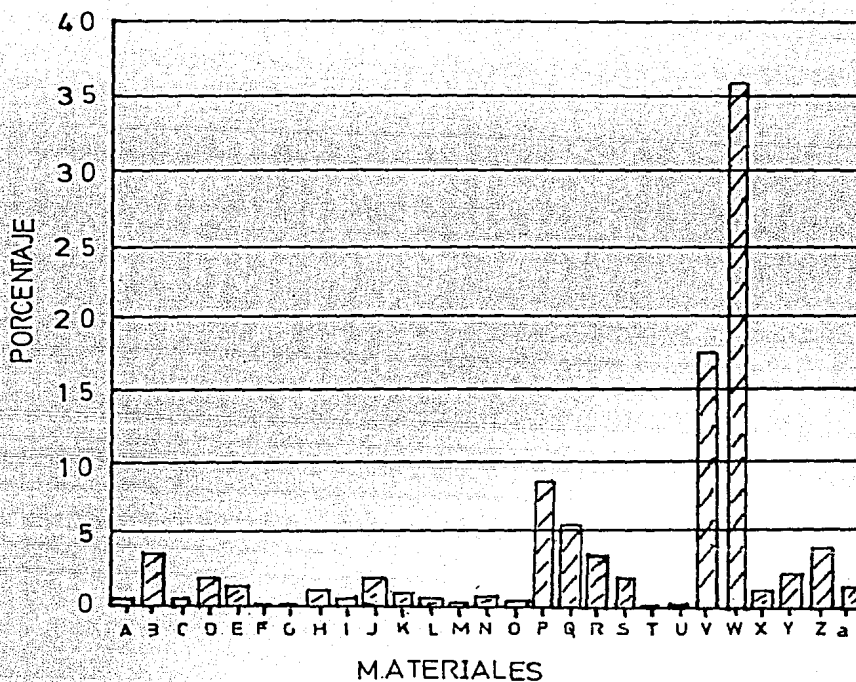


#### NOMENCLATURA

A: ALGODON	O: METALES NO FERROSOS
B: CARTON	P: PAPEL
C: CUERO	Q: PAÑAL DESECHABLE
D: RESIDUO FINO	R: PLASTICO DE PELICULA
E: ENVASE DE CARTON ENCERADO	S: PLASTICO RIGIDO
F: FIBRA DURA VEGETAL	T: POLIURETANO
G: FIBRAS SINTETICAS	U: POLIESTIRENO EXPANDIDO
H: HUESO	V: RESIDUOS DE JARDINERIA
I: HULE	W: RESIDUOS ALIMENTICIOS
J: LATA	X: TRAPO
K: LOZA Y CERAMICA	Y: VIDRIO DE COLOR
L: MADERA	Z: VIDRIO TRANSPARENTE
M: MATERIAL DE CONSTRUCCION	a: OTROS
N: METALES FERROSOS	

ESTRATO ALTO

SUBPRODUCTO	VIERNES		SABADO		DOMINGO		LUNES		MARTES		MIERCOLES		JUEVES		MEDIA	B. EST.
	PESO	%	PESO	%	PESO	%	PESO	%	PESO	%	PESO	%	PESO	%	(en %)	(en %)
ALGODON	0.45	0.49	0.20	0.40	0.70	1.20	0.35	0.60	0.30	0.40	0.70	1.02	0.00	0.00	0.59	0.37
CARTON	2.10	2.29	4.50	8.93	0.85	1.45	2.70	4.63	2.60	3.51	3.05	4.44	2.15	3.01	4.04	2.25
CUERO	1.00	1.09	0.17	0.34	0.30	0.51	0.20	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.37
RESIDUO FINO	0.50	0.54	1.30	2.58	1.10	1.89	0.80	1.37	3.05	4.11	1.50	2.18	1.00	1.40	2.01	1.05
ENV. CARTON ENC.	0.10	0.11	1.80	3.57	0.25	0.43	1.30	2.23	0.00	0.00	1.05	1.53	1.80	2.52	1.48	1.26
FABRADURA VEGETAL	0.20	0.22	0.11	0.22	0.00	0.00	0.15	0.24	0.20	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.12
FIBRAS SINTETICAS	0.05	0.05	0.00	0.00	0.15	0.26	0.10	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.14	0.09	0.09
HUESO	1.10	1.20	0.80	1.59	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	1.82	1.00	1.46	1.95	2.73	1.26	0.91
HULE	0.60	0.65	0.25	0.50	0.10	0.17	0.05	0.09	0.00	0.00	0.20	0.29	0.75	1.05	0.39	0.34
LATA	1.30	1.42	0.90	1.79	0.50	0.85	2.20	3.77	1.20	1.62	1.65	2.40	1.75	1.75	1.94	0.86
LOZA Y CERAMICA	0.20	0.22	1.30	2.58	0.60	1.03	0.00	0.00	0.60	0.81	0.00	0.00	1.25	1.75	0.91	0.90
MADERA	0.05	0.05	0.00	0.00	1.10	1.88	0.30	0.51	1.00	1.35	0.80	1.17	0.05	0.07	0.72	0.69
MAT. CONSTRUCCION	0.35	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.16
METAL FERROSO	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	3.93	1.20	2.06	0.00	0.00	0.05	0.07	0.00	0.00	0.87	1.44
METAL NO FERROSO	0.30	0.33	0.12	0.24	0.00	0.00	1.10	1.99	0.00	0.00	0.15	0.22	0.15	0.21	0.41	0.61
PAPEL	10.00	10.90	4.40	8.73	3.95	6.75	5.60	9.61	5.50	7.42	6.30	9.18	6.40	8.95	3.79	1.27
PAYAL BESECHABLE	5.40	5.69	2.65	5.65	3.40	5.81	2.80	4.80	3.30	4.45	4.25	6.19	3.80	5.31	5.44	0.58
PLASTICO PELICULA	3.00	3.27	1.70	3.37	1.60	2.74	3.05	5.23	2.15	2.90	3.00	4.37	2.55	3.57	3.64	0.81
PLASTICO RIGIDO	1.30	1.42	1.20	2.37	2.55	4.36	1.80	2.09	1.05	1.42	0.90	1.31	0.80	1.12	2.30	1.19
POLIURETANO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.43	0.05	0.09	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.14
POLIESTIRENO EXP.	0.30	0.33	0.20	0.40	0.30	0.51	0.00	0.00	0.25	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.20
RES. JARBINERIA	27.10	29.54	13.50	26.79	12.80	21.88	3.50	6.00	8.70	11.73	8.90	12.96	10.40	14.55	17.64	7.97
RES. ALIMENTICIOS	28.90	31.50	10.80	21.43	19.30	32.99	22.40	38.42	33.00	44.50	25.85	37.65	32.05	44.83	35.90	7.56
TRAPO	1.80	1.96	0.50	0.99	0.25	0.43	2.30	3.95	0.80	1.03	0.35	0.51	0.70	0.93	1.41	1.13
VIZRIO DE COLOR	1.40	1.53	0.60	1.19	1.75	2.99	2.80	4.60	1.90	2.56	1.65	2.40	0.80	1.12	2.37	1.20
VIZRIO TRANSPARENTE	4.00	4.36	1.20	2.38	2.40	4.10	3.10	5.32	1.75	2.36	6.15	8.96	1.80	2.52	4.29	2.18
OTROS	0.00	0.00	1.00	1.98	1.15	1.97	0.00	0.00	4.80	6.47	0.50	0.73	0.70	0.98	1.73	2.08
PERDIDAS	0.25	0.27	0.50	0.99	0.85	1.45	0.27	0.46	0.60	0.81	0.65	0.95	1.05	1.47	0.92	0.42
TOTALES	91.75	100.0	50.40	100.0	58.50	100.0	52.30	100.0	74.15	100.0	68.65	100.0	71.50	100.0		



#### NOMENCLATURA

A: ALGODON	O: MATERIALES NO FERROSOS
B: CARTON	P: PAPEL
C: CUERO	Q: PAÑAL DESECHABLE
D: RESIDUO FINO	R: PLASTICO DE PELICULA
E: ENVASE DE CARTON ENCERADO	S: PLASTICO RIGIDO
F: FIBRA DURA VEGETAL	T: POLIURETANO
G: FIBRAS SINTETICAS	U: POLIESTIRENO EXPANDIDO
H: HUESO	V: RESIDUOS DE JARDINERIA
I: HULE	W: RESIDUOS ALIMENTICIOS
J: LATA	X: TRAPO
K: LOZA Y CERAMICA	Y: VIDRIO DE COLOR
L: MADERA	Z: VIDRIO TRANSPARENTE
M: MATERIAL DE CONSTRUCCION	a: OTROS
N: MATERIALES FERROSOS	



5.3.4.- CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS RECOLECTADOS POR DIA.

Para conocer la cantidad de residuos sólidos recolectados en un día por el servicio de limpia pública, se llevó a cabo un pe saje directo de los vehículos durante tres días, lo cual propor cionó los siguientes resultados:

DIA	PESO DE RESIDUOS (Ton/Día)
9 - X11 - 85	42.050
10 - X11 - 85	33.430
11 - X11 - 85	36.450
TOTAL	111.930

X = 37.310 Ton/Día.

### 5.3.5.- ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.

Como parte fundamental en el sistema de recolección se tienen los tiempos empleados por la tripulación y los vehículos en realizar las actividades correspondientes, el número de viajes por jornada, las velocidades de operación tanto en ruta como--- fuera de ella, etc. Esta información se obtiene a partir de un estudio de tiempos y movimientos, el cual se define como el procedimiento empleado para encontrar el tiempo en que un operador con habilidad normal, trabajando con un esfuerzo normal y bajo condiciones normales de trabajo, puede desarrollar una tarea de acuerdo a un método específico.

Para el caso de Tehuacán, Pue. los resultados del estudio de tiempos y movimientos servirán para:

- a) Determinar la eficiencia de trabajo de un vehículo recolec-- tor y su tripulación.
- b) Dar lineamiento para establecer salarios e incentivos justos para los trabajadores del municipio.
- c) Contar con la información necesaria para programar las acti- vidades del departamento de limpia del municipio.
- d) Aprovechar al máximo el tiempo de los vehículos de recolec-- ci ción.
- e) Saber que cantidad de trabajo debe exigírsele a cada tripula ción.
- f) Determinar rendimientos de máquinas y personas.

A continuación se presentan los resultados del estudio de--- tiempos y movimientos para la ruta seleccionada, además se ane- xa la cédula de campo correspondiente a dicho estudio.

ESTUDIO  
DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

No. de paradas	62	
Tiempo estándar entre paradas		0'55''
Tiempo estándar en parada		2'37''
Tiempo de encierro a gasolinera		5'00''
Tiempo de estancia en gasolinera		2'11''
Tiempo total en paradas	3 hrs	24'15''
Tiempo total de tránsito		56'17''
Factor de nivelación		1.09
Tiempo fin de ruta a báscula		5'56''
Tiempo en báscula		2'45''
Peso de basura	4,200 Kg	

#### 5.4.- DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN.

##### 5.4.1.-ALMACENAMIENTO DOMICILIARIO.

El cálculo del almacenamiento domiciliario de los residuos--sólidos se desarrolla de acuerdo con la siguiente expresión:

$$V = \frac{1000 n G}{P.V} \frac{1}{f} \text{ F.S}$$

Donde:

V = Volumen del recipiente, en litros.

n = Número de habitantes promedio por casa-habitación.

P.V = Peso volumétrico "in-situ" de los residuos sólidos domici--liarios, en Kg/m<sup>3</sup>.

f = Frecuencia de recolección, expresada en séptimos.

F.S = Factor de seguridad. Depende principalmente de la frecuen--cia de recolección y de la confiabilidad del sistema.

Para el caso de la ciudad de Tehuacán, Pue. se consideró una frecuencia de recolección  $f = 3/7$ .

En lo que respecta al factor de seguridad, que es la rela--ción entre la frecuencia de recolección establecida y la fre--cuencia de recolección en caso de presentarse una falla en el--sistema, tenemos lo siguiente:

$$\text{F.S} = \frac{3/7}{2/7} = 1.5$$

En la siguiente tabla se presentan los valores correspondien--tes a cada estrato socioeconómico, que alimentarán la fórmula--empleada en el cálculo del almacenamiento domiciliario:



ESTRATO SOCIAL	ALTO	MEDIO
Número de Hab/casa	5.28	5.52
Generación Kg/hab-día	0.520	0.403
Peso volumétrico Kg/m <sup>3</sup>	261.71	213.60
Frec. de recolección	3/7	3/7
Factor de seguridad	1.5	1.5
Volumen de almacenamiento (litros)	36.72	39.78

El volumen medio necesario para el almacenamiento domiciliario es de 38 litros, por lo que se recomienda la adquisición, -- por parte de los habitantes de Tehuacán, del volumen comercial inmediato superior.



#### 5.4.2.- BARRIDO MANUAL.

El barrido manual se puede efectuar de manera individual así como en cuadrillas. Para el caso de Tehuacán, se propone el método de barrido individual, es decir, que la persona encargada deja su carrito cerca de la esquina de la cuadra, barre un tramo y forma montones de residuos, los cuales recogerá posteriormente. El barrido se debe llevar a cabo solo en cunetas, es decir, donde se unen las guarniciones y el pavimento, debiendo evitarse ante todo que los residuos pasen sobre las alcantari---llas.

El barrido individual se llevará a cabo en aquellas calles--cuyo tránsito no sea muy intenso, que esten pavimentadas y de--preferencia, en las que no haya vehículos estacionados.

##### 5.4.2.1.- FRECUENCIA DE BARRIDO.

La frecuencia de barrido propuesta para este caso es de dos veces por día en la zona del centro de la ciudad.

##### 5.4.2.2.- EQUIPO DE BARRIDO.

Cada barrendero deberá estar equipado con overol, guantes,--casco y botas; un carrito manual, escoba de vara y recogedor.

##### 5.4.2.3.- RUTAS DE BARRIDO.

Para el diseño de estas rutas se considera un rendimiento---promedio, en condiciones normales para cada barrendero, para el caso que nos ocupa tenemos 2Kms por turno.

### 5.4.3.- RECOLECCION Y TRANSPORTE.

#### 5.4.3.1.- METODO DE RECOLECCION.

El método propuesto para la recolección es el de parada fija, en el cual el vehículo realizará el recorrido por una ruta pre-establecida, efectuando paradas en las esquinas a las cuales---acuden los usuarios a depositar sus residuos sólidos en el vehí- culo, despues de ser anunciada la llegada del mismo por medio-- de una campana o bocina.

#### 5.4.3.2.- FRECUENCIA DE RECOLECCION.

La frecuencia de recolección para el caso de Tehuacán, Pue. se propone de 3/7, es decir, una parte de la ciudad será atendi- da los lunes, miercoles y viernes, la otra, los martes, jueves y sabado.

#### 5.4.3.3.- TAMAÑO DE LA FLOTILLA DE RECOLECCION.

Con el objeto de optimizar los recursos con que cuenta el mu- nicipio, se determinó el tamaño óptimo de la flotilla de reco- lección de los residuos sólidos municipales.

Lo anterior se puede lograr por medio del uso de la programa- ción lineal, a través del método Simplex, el cual proporciona-- una buena solución, aunque no entera, del número de vehiculos-- óptimo para realizar el servicio de recolección.

Así se aplicará la programación entera para la solución del problema de optimización. Este método determinístico parte de-- la solución lineal obtenida a través del método Simplex, y apli- cando el algoritmo de Land-Doig, se alcanza la solución óptima entera.

Esto se hace mediante un programa, el cual es alimentado con una función objetivo y varias restricciones que para su elabora-

ción requiere de los siguientes datos:

1.- Generación total de residuos sólidos domiciliarios:

01.35 Ton/día

2.- Vehículos actuales con que cuenta el municipio:

X1 = 5 Son los vehículos de volteo con capacidad de 16 m<sup>3</sup>

X2 = 1 Vehículo compactador cilíndrico con una capacidad de 12 m<sup>3</sup>

X3 = 1 Vehículo compactador rectangular con una capacidad de 14 m<sup>3</sup>

X4 = ? Es el tipo de vehículo propuesto, en caso de ser necesario. Chasis Chevrolet con carrocería IMMSA y de 14 m<sup>3</sup> de capacidad.

3.- La cantidad de los residuos que puede recolectar cada tipo de vehículo: Para ello se considera un peso volumétrico de los residuos sólidos de 0.400 Ton/m<sup>3</sup> para los vehículos de volteo, y de 0.500 Ton/m<sup>3</sup> para los vehículos con sistema de compactación.

$$X1 = 16.0 \text{ m}^3 \times 0.4 \text{ Ton/m}^3 = 6.4 \text{ Ton/viaje}$$

$$X2 = 12.0 \text{ m}^3 \times 0.5 \text{ Ton/m}^3 = 6.0 \text{ Ton/viaje}$$

$$X3 = 14.0 \text{ m}^3 \times 0.5 \text{ Ton/m}^3 = 7.0 \text{ Ton/viaje}$$

$$X4 = 14.0 \text{ m}^3 \times 0.5 \text{ Ton/m}^3 = 7.0 \text{ Ton/viaje}$$

4.- Costos horarios de cada tipo de vehículo:

$$C1 = \$ 3,586.32/\text{hora}$$

$$C2 = \$ 4,639.48/\text{hora}$$

$$C3 = \$ 4,791.06/\text{hora}$$

$$C4 = \$ 4,791.06/\text{hora}$$

En la aplicación de la programación entera al problema de la determinación del tamaño óptimo de la flotilla de recolección-- de residuos sólidos municipales de Tehuacán, Pue; es necesario minimizar la siguiente función objetivo:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n C_i X_i$$

Donde:

Z = función objetivo

C<sub>i</sub> = Costo horario de cada tipo de vehículo recolector

X<sub>i</sub> = Número de vehículos recolectores de cada tipo

n = Número total de tipos de vehículos recolectores

con la condición de integralidad:

$$X_i \geq 0 \text{ para toda } i$$

Se construye la función objetivo para el caso de Tehuacán:

$$\text{Min } Z = 3,586.32 X_1 + 4,639.48 X_2 + 4,791.06 X_3 + 4,791.06 X_4$$

Reduciendo:

$$\text{Min } Z = X_1 + 1.29 X_2 + 1.34 X_3 + 1.34 X_4$$

La primera restricción esta dada por:

$$\sum_{i=1}^n \frac{W_i X_i N_i}{F_i} = S/2$$

para una frecuencia de recolección de 3/7, donde:

W<sub>i</sub> = Cantidad de residuos sólidos que puede recolectar cada tipo de vehículo, en Ton.

N<sub>i</sub> = Número de viajes que puede realizar cada vehículo por día.

F<sub>i</sub> = Factor de eficiencia de llenado, 0.9.

S = Generación diaria de residuos sólidos, en Ton.



$$S = (PG)7/d$$

en la que:

P = población, en habitantes.

G = Generación, en Kg/hab-día.

d = Días de recolección por semana.

Para la ciudad de Tehuacán:

P = 108,392 hab. (1986)

G = 0.566 Kg/hab-día

d = 3 días

Sustituyendo tenemos que:

$$S = (108,392 \times 0.566) 7/3 = 143.15 \text{ Ton/día}$$

La primera restricción es:

$$\frac{6.40(2)}{0.9} X_1 + \frac{6.00(2)}{0.9} X_2 + \frac{7.00(2)}{0.9} X_3 + \frac{7.00(2)}{0.9} X_4 \geq \frac{143.15}{2}$$

$$14.22 X_1 + 13.33 X_2 + 15.56 X_3 + 15.56 X_4 \geq 71.58$$

Reduciendo:

$$1.07 X_1 + X_2 + 1.17 X_3 + 1.17 X_4 \geq 5.37$$

La segunda restricción es:

$$\sum_{i=1}^n K_i X_i \leq E$$

Donde:

$K_i$  = Costo diario por mano de obra y operación de cada tipo de vehículo.

E = Costo diario de operación que actualmente eroga el municipio.



Para Tehuacán, la cuadrilla de operación esta compuesta por 1 operador y dos ayudantes por vehículo. Así:

Salario de un operador por día \$ 1,105.00

Salario de dos ayudantes por día \$ 2,030.00

Costo de operación por vehículo por día \$ 3,135.00

Entonces si el municipio tiene actualmente 6 operadores y 12 ayudantes, la erogación diaria por concepto de operación es de:

$$E = \$ 18,810.00/\text{día}$$

La segunda restricción es:

$$3,135 X_1 + 3,135 X_2 + 3,135 X_3 + 3,135 X_4 \leq 18,810$$

Reduciendo:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 6.00$$

Ahora, la tercera restricción:

$$X_1 \leq a$$

$$X_2 \leq b$$

.

.

.

$$X_{(n-1)} \leq p$$

en la que a, b, ..... (n-1), es el número de vehículos actuales de cada tipo empleados. Por lo tanto:

$$X_1 \leq 5$$

$$X_2 \leq 1$$

$$X_3 \leq 1$$

La cuarta restricción se integra a partir de la siguiente expresión:

$$PaX_j \leq L$$

Donde:

Pa = Precio de adquisición de un chasis con carrocería de recolección, nuevo.

X<sub>j</sub> = Número de vehículos de recolección, nuevos

L = Presupuesto del que dispondría el municipio para adquirir equipo nuevo para la recolección.

El equipo nuevo propuesto para la recolección es un chasis-- Chevrolet con carrocería IMMISA de 14 m<sup>3</sup> de capacidad, el cual-- tiene un costo de \$ 12'540,019.00

$$Pa = \$ 12'540,019.00$$

Se considera que el municipio podrá adquirir al menos un --- vehículo como el propuesto.

Se construye la cuarta restricción:

$$12'540.019.00 X_4 \leq 12'540,019.00$$

Reduciendo:

$$X_4 \leq 1$$

La quinta restricción asegura que la solución sea positiva y -- entera:

$$X_i \geq 0 \text{ para toda } i$$

$$X_i, X_j, \text{ enteros}$$

Entonces, el problema a resolver es el siguiente:

Función objetivo:

$$\text{Min } Z = X_1 + 1.29 X_2 + 1.34 X_3 + 1.34 X_4$$

Sujeta a las siguientes restricciones:

$$1.07 X_1 + X_2 + 1.17 X_3 + 1.17 X_4 \geq 5.37$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 6.00$$

$$X_1 \leq 5.00$$

$$X_2 \leq 1.00$$

$$X_3 \leq 1.00$$

$$X_i \geq 0 \text{ para toda } i$$

$X_i, X_j$ , enteros

Para resolver la matriz tenemos:

$$-1.07 X_1 - X_2 - 1.17 X_3 - 1.17 X_4 \leq -5.37$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 6.00$$

$$X_1 \leq 5.00$$

$$X_2 \leq 1.00$$

$$X_3 \leq 1.00$$

Resolviendo, obtenemos los siguientes resultados:

Valores de las variables:

$$X_1 = 4$$

$$X_2 = 0$$

$$X_3 = 0$$

$$X_4 = 1$$

Sustituyendo en la función objetivo tenemos que:

$$Z = 4.0(1.0) + 0.0(1.29) + 0.0(1.34)$$

$$Z = 5.34$$

Los resultados obtenidos indican que los vehículos necesarios para realizar la recolección de los residuos sólidos municipales en la ciudad de Tehuacán, Pue. son:

4 vehículos de volteo de  $16 \text{ m}^3$  de capacidad.

1 vehículo compactador de carga lateral de  $14 \text{ m}^3$  de cap.

#### 5.4.3.4.- DISEÑO DE MACRORUTAS.

El diseño de macrorutas consiste en lograr la asignación óptima de los vehículos recolectores, cuyo número óptimo ya ha sido determinado, a las diferentes áreas generadoras de residuos--sólidos de Tehuacán, Pue. PLANO 2.

El procedimiento seguido para realizar este diseño es el siguiente:

- Se dividió la ciudad en áreas, en función de las fronteras naturales, colonias, avenidas, vías férreas, etc; y estratos socioeconómicos.
- Con la distribución demográfica, se calculó la población existente en cada área, y con esta, la producción diaria de residuos sólidos, así como la cantidad de estos últimos a recolectar en función de la frecuencia propuesta.
- Además, se han medido las distancias máximas a recorrer en cada área. Con estas medidas y las velocidades estandar, obtenidas de los estudios de tiempos y movimientos, se conocerá el tiempo de cada vehículo en cada área.
- En función de la frecuencia de recolección, 3/7, se dividió-- la ciudad en dos zonas, A y B. La zona A será servida los lunes, miércoles y viernes, la zona B, los martes, jueves y sábado. La zona A cuenta con 13 áreas generadoras, y la B, tiene un total de 9.
- Se empleó el método determinístico para realizar la asignación de los vehículos a las áreas. El modelo de transporte--- aplicado por medio de un programa escrito en pascal para una microcomputadora Columbia-PC, se logró la solución óptima al problema.

A continuación, se presentan las tablas de cálculo para cada una de las zonas A y B, seguidas por el resultado del programa.

Area	No. Viviendas	No. Habitantes	Producción diaria (Ton/día)	Residuos a recolectar (Ton/día-r)	Distancia a recorrer (Km)
A- 1	625	4,572	2.588	6.038	13.800
A- 2	213	1,545	0.874	2.040	2.650
A- 3	143	1,031	0.584	1.362	1.500
A- 4	420	3,066	1.735	4.049	7.700
A- 5	673	4,925	2,788	6.504	9.800
A- 6	723	5,292	2.995	6.989	4.550
A- 7	476	3,457	1,957	4.566	7.500
A- 8	703	5,106	2.840	6.743	7.850
A- 9	432	3,154	1.785	4.165	6.400
A-10	563	4,116	2.330	5.436	4.500
A-11	924	6,748	3.820	8.912	12.800
A-12	1069	7,834	4.434	10.346	6.600
A-13	454	3,316	1.877	4.379	4.700
TOTAL	7418	54,162	30.657	71.529	90.350

V1 - 4,165 - A9  
 3,762 - A10  
 4,498 - A12  
 1,795 - A13

V2 - 243 - A4  
 6,504 - A5  
 6,473 - A8  
 730 - A11

V3 - 6,038 - A1  
 8,182 - A11

V4 - 3,806 - A4  
 4,566 - A7  
 5,848 - A12

V5 - 2,040 - A2  
 1,362 - A3  
 6,989 - A6  
 1,674 - A10  
 2,584 - A13



Area	No. Viviendas	No. Habitantes	Producción diaria (Ton/día)	Residuos a recolectar (Ton/día-r)	Distancia a recorrer (Km)
B- 1	561	4,102	2.322	5.417	14.200
B- 2	800	5,858	3.316	7.736	13.800
B- 3	860	6,269	3.548	8.279	7.250
B- 4	244	1,773	1.004	2.342	4.100
B- 5	1352	9,893	5.600	13.065	5.900
B- 6	935	6,829	3.865	9.019	6.200
B- 7	1027	7,470	4.229	9.867	7.750
B- 8	1314	9,549	5.430	12.670	4.000
B- 9	331	2,422	1.371	3.179	6.600
TOTAL	7424	54,210	30.685	71.574	69.800

V1 - 318 - B4  
12,747 - B5  
1,155 - B6

V2 - 4,353 - B3  
9,867 - B7

V3 - 5,417 - B1  
7,736 - B2  
1,067 - B3

V4 - 2,859 - B3  
318 - B5  
7,864 - B6  
3,179 - B9

V5 - 2,024 - B4  
12,670 - B8

Interpretación de resultados:

El algoritmo de transporte asignó los vehículos a las áreas de la siguiente manera:

ZONA A ( Lunes, Miercoles y Viernes )

	AREA	CANTIDAD (Ton)
Vehículo 1 (volteo)	A- 9	4.165
	A-10	3.762
	A-12	4.493
	A-13	1.795
Vehículo 2 (volteo)	A- 4	0.243
	A- 5	6.504
	A- 8	6.473
	A-11	0.730
Vehículo 3 (volteo)	A- 1	6.038
	A-11	8.182
Vehículo 4 (Volteo)	A- 4	3.806
	A- 7	4.566
	A-12	5.848
Vehículo 5 (compactador)	A- 2	2.040
	A- 3	1.362
	A- 6	6.987
	A-10	1.674
	A-13	2.548

ZONA B ( Martes, Jueves y Sabado )

	AREA	CANTIDAD (Ton)
Vehículo 1 (volteo)	B- 4	0.318
	B- 5	12.747
	B- 6	1.155
Vehículo 2 (volteo)	B- 3	4.353
	B- 7	9.867
Vehículo 3 (volteo)	B- 1	5.417
	B- 2	7.736
	B- 3	1.067
Vehículo 4 (volteo)	B- 3	2.859
	B- 5	0.318
	B- 6	7.864
	B- 9	3.179
Vehículo 5 (volteo)	B- 4	2.024
	B- 8	12.670

De los resultados obtenidos, es necesario realizar unas pequeñas modificaciones para la asignación de vehículos; quedando de la siguiente manera:

En la zona A:

- Se modifica el área A-5 para que las 0.243 Ton. que habría de recolectar el vehículo 2 en A-4, sean parte de la primera, recolectándose entonces 6.747 Ton. en A-5.
- Las 0.730 Ton. que recolectaría el vehículo 2 en A-11, pasan a formar parte de la recolección en A-8, totalizando finalmente 7.203 Ton.

En la zona B:

- Las 0.318 Ton. que recolectaría el vehículo 1 en B-4 serán recolectadas por el vehículo 5, el cual en esa misma área recolectará un total de 2.342 Ton.
- Las 0.318 Ton. que en B-5 recolectaría el vehículo 4, se inte

gran en B-3, modificandola y totalizando 3.177 Ton.

Estas correcciones a la realidad no rebasan la capacidad de los vehículos, los cuales, en dos viajes por día, deberán de cubrir el total de la ciudad de Tehuacán.

#### 5.4.3.5.- DISEÑO DE MICRORUTAS.

Se llama microruteo al diseño de los recorridos específicos que deberá efectuar cada vehículo dentro del área generadora a la que ha sido previamente asignada (macroruteo)

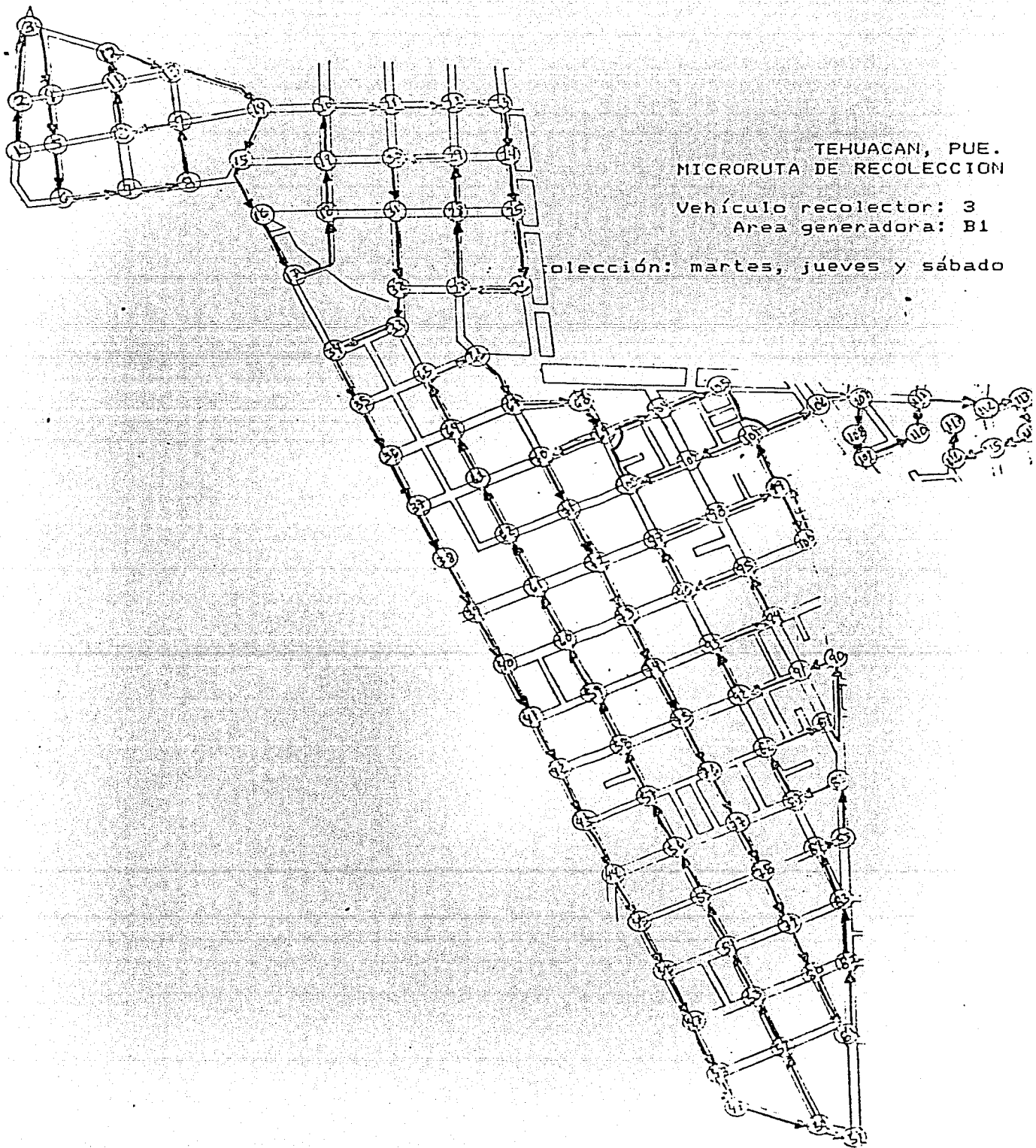
Para la ciudad de Tehuacán, se utilizo el método determinístico, es decir, el algoritmo de Little, para resolver el problema del agente viajero.

Este algoritmo encuentra la ruta óptima que habrá de seguir el vehículo recolector, empleando el método de paradas fijas,-- esto es, cuando la demanda esta concentrada en puntos previamente fijos. Debiendose conocer el sentido de las calls. PLANO 1.

En este capítulo se anexa el resultado obtenido por el programa de computadora, señalando ademas la ruta óptima para el caso del vehículo No. 3 dentro del área Bl.





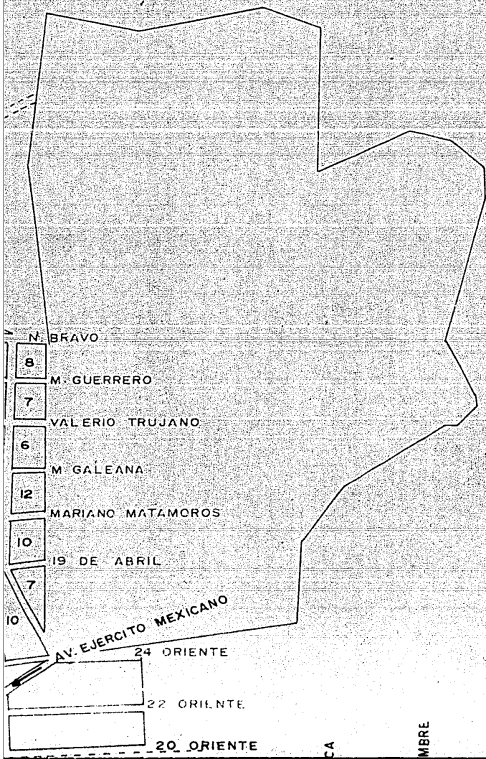


TEHUACAN, PUE.  
MICRORUTA DE RECOLECCION

Vehículo recolector: 3  
Area generadora: B1

Recolección: martes, jueves y sábado





N. BRAVO

5

M. GUERRERO

7

VALERIO TRUJANO

6

M. GALEANA

12

MARIANO MATAMOROS

10

19 DE ABRIL

7

AV. EJERCITO MEXICANO

10

24 ORIENTE

22 ORIENTE

20 ORIENTE

CA

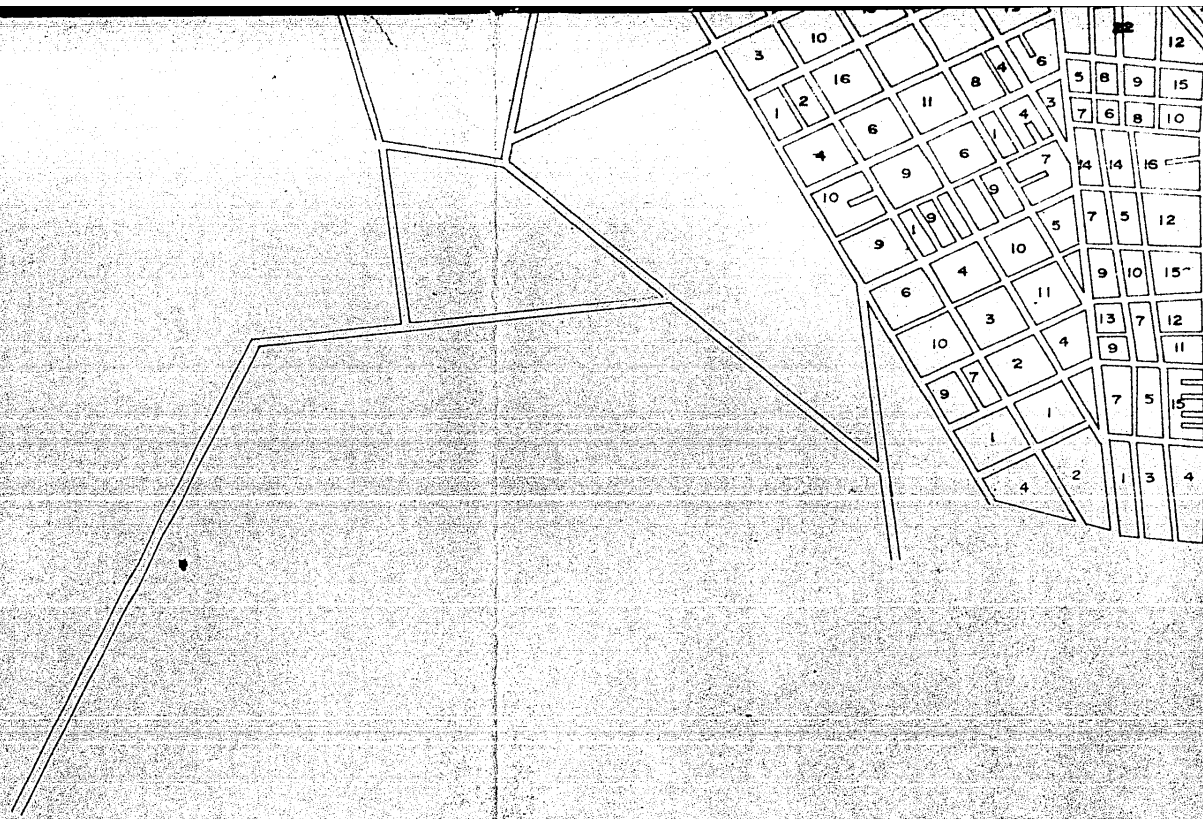
MBRE

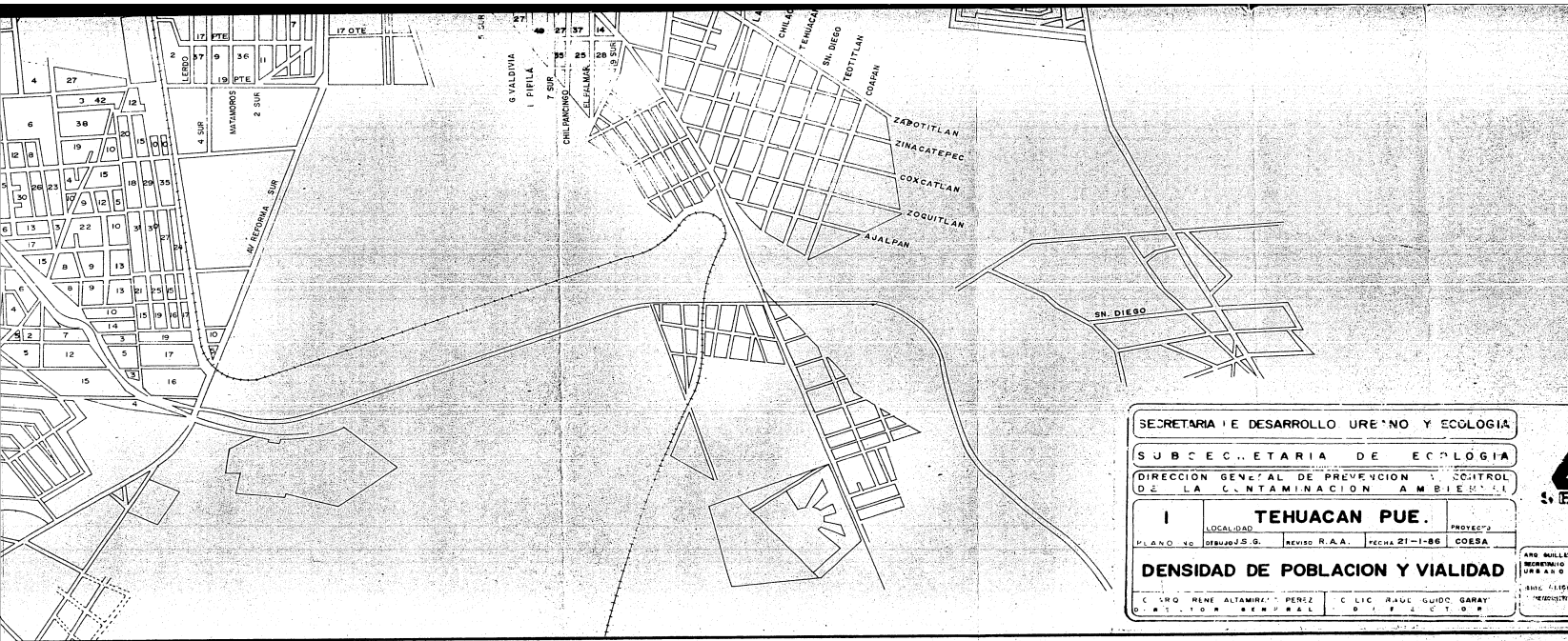
DOMINGUEZ





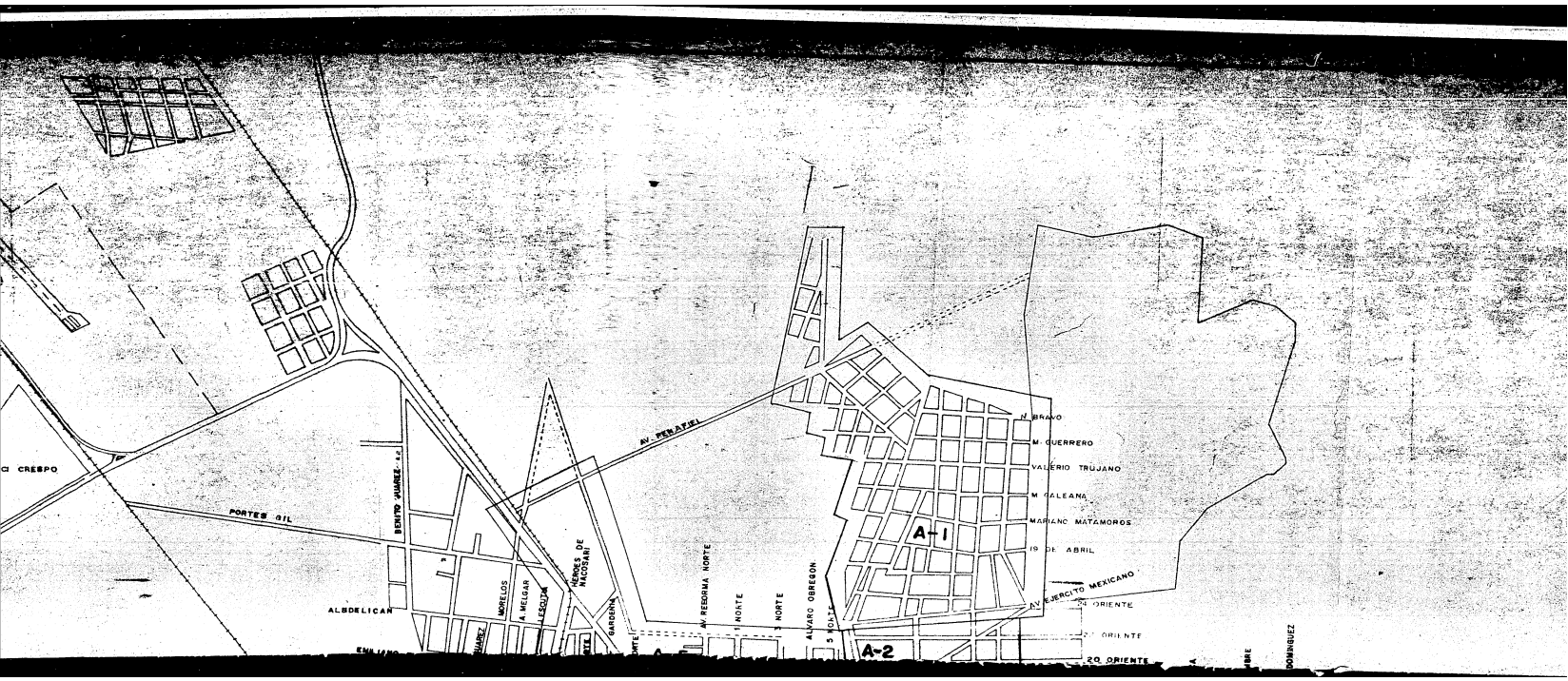






SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA			
SUBSECRETARIA DE ECOLOGIA			
DIRECCION GENERAL DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL			
I		TEHUACAN PUE.	
PLANO NO	LOCALIDAD	PROYECTO	FECHA
070402-S.G.	TEHUACAN PUE.	PROYECTO 2	21-1-86
COESA			
<b>DENSIDAD DE POBLACION Y VIALIDAD</b>			
C	S	M	O
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100

AND BULLER  
SECRETARIO  
DE R.A.A.  
SINCE 1985  
TEHUACAN PUE.



CRESPO

PORTES RIL

ALBDELICAN

BENITO JUAREZ

LOPELOS

A. MELGAR

ALCERCA

AV. REFORMA NORTE

AV. PERAZUL

AV. REFORMA NORTE

1 NORTE

2 NORTE

ALVARO OBREGON

3 NORTE

A-2

H. BRANCO

M. GUERRERO

VALERIO TRUJANO

M. GALEANA

MARIANO MATAMOROS

10 DE ABRIL

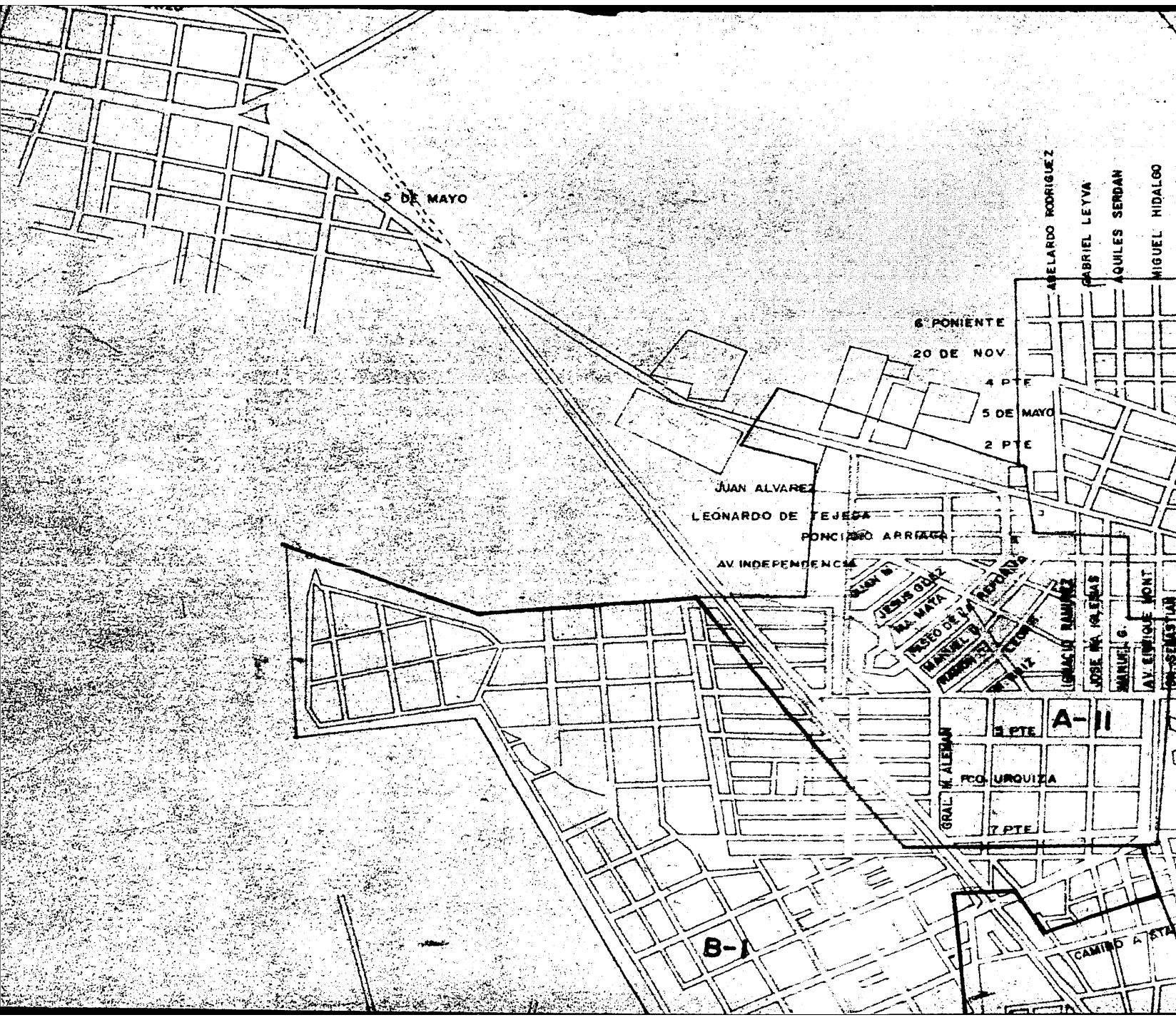
ALBERTO MEXICANO

20 ORIENTE

ORIENTE

20 ORIENTE

DOMINGUEZ



5 DE MAYO

6 PONIENTE

20 DE NOV

4 PTE

5 DE MAYO

2 PTE

JUAN ALVAREZ

LEONARDO DE TEJESA

PONCIBO ARIAGA

AV INDEPENDENCIA

JESUS BLAZ

LA MAYA

INICIO DE LA REPUBLICA

MANUEL B

MANUEL G

LAV. EMILIO MONT

3 PTE

A-II

GRAL. W. ALEMAN

PCO. URQUIZA

7 PTE

B-I

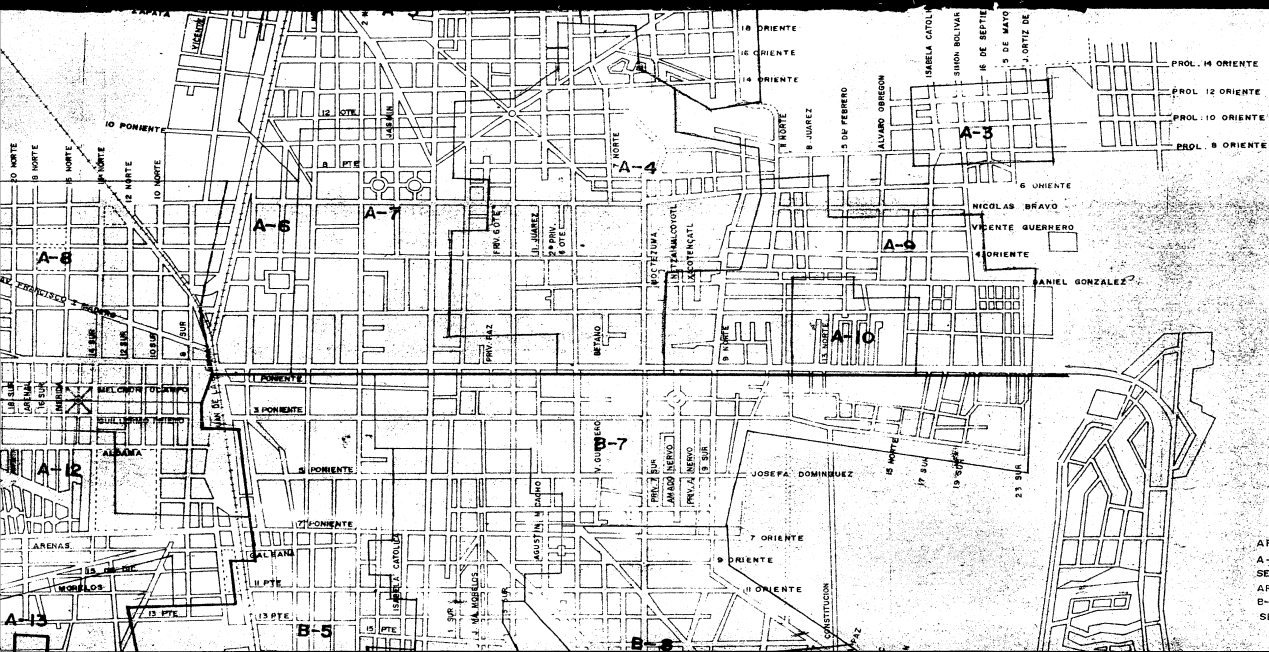
CAMINO A BATA

ABELARDO RODRIGUEZ

GABRIEL LEYVA

AQUILES SERDAN

MIGUEL HIDALGO



**NOTA**

AREAS GENERADORAS  
 A-1, A-2, A-3, ..... A-13  
 SERVICIO LOS LUNES, MIERCOLES Y VIERNES  
 AREAS GENERADORAS  
 B-1, B-2, B-3, ..... B-100  
 SERVICIO LOS MARTES, JUEVES Y SABADOS



3





## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presenta un resumen de los aspectos más importantes de este trabajo. Dicho resumen se desglosa mediante-- unas conclusiones, anexándole sus correspondientes recomendaciones.

#### 6.1.- CONCLUSIONES.

- 1) Los grados de contaminación provocados por un mal manejo de los residuos sólidos, origina serios problemas de contaminación ambiental; así como de salud a la población.
- 2) La generación de residuos sólidos se ve incrementada con el acelerado progreso de la industria y la ciencia.
- 3) El flujo de los materiales dentro de la sociedad, demuestra que una gran cantidad de éstos pueden ser reciclados, utilizados y recuperados, mientras que otra parte regresa al medio ambiente en condiciones físico-químicas totalmente alteradas a -- las que presentaban en su estado original.
- 4) En la búsqueda de nuevas alternativas para su sobrevivencia, la sociedad, no consume materiales, solo hace uso de ellos; en el momento en que estos satisfacen las necesidades requeridas-- son desechados para convertirse en residuos sólidos.
- 5) La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología SEDUE, en Mexi

co, es la institución encargada de evaluar los diferentes proyectos y alternativas para el control y manejo de los residuos sólidos municipales.

6) Es necesario conocer la distribución demográfica de la localidad en estudio y la situación anterior a este, ésto es con el fin de establecer un programa de trabajo, con el que se pueda atacar los problemas de mayor relevancia existentes en dicho estudio.

7) Para la realización de los trabajos de campo, se requiere del material adecuado y el equipo humano capacitado que pueda proporcionar la información sobre la necesidad del estudio a los habitantes de la localidad.

8) En este trabajo se encuentran redactadas las Normas Técnicas de Residuos Sólidos. NTRS, las cuales son la base para la elaboración de un proyecto de residuos sólidos.

9) En la NTRS-2-GENERACIÓN no se da en forma explícita los análisis de confiabilidad, por ello es necesario recurrir a otras fuentes informativas.

10) Después de iniciado el estudio de campo, este no deberá interrumpirse un solo día.

11) En la evaluación de parámetros se realiza un análisis completamente estadístico, desde las pruebas de rechazo de datos sospechosos hasta un análisis de confiabilidad que permite establecer los estadísticos a utilizar en el proyecto.

12) El estudio de tiempos y movimientos es importante para conocer el tiempo normal en que un sistema puede operar en diferentes condiciones de trabajo.

13) En el diseño de la capacidad y el tipo de recipiente a emplear en las casas-habitación, será importante que el resultado este ligado al tipo de contenedores que exista en el mercado.

14) Los residuos sólidos existentes en la vía pública requieren de un análisis, el cual estará encaminado a diseñar la cantidad de personal a emplear, así como las rutas a barrer.

15) El nexo entre la generación y la disposición final de los residuos es la recolección y el transporte.

16) En el diseño del macroruteo se logra la asignación óptima de los vehículos recolectores, a las áreas establecidas en la recolección.

17) El microruteo marca los recorridos a efectuar por cada uno de los vehículos existente, en su zona correspondiente; dentro de este estudio, se hace referencia a que no existe un programa base, con el cual se puedan obtener los resultados pedidos por SEDUE; provocando ello la petición de constantes asesorías por parte del proyectista.

18) Actualmente existe un manual de programas de computo para apoyo de aplicación de las NTRS. editado por la SEDUE. Con dichos programas se obtuvieron los resultados del ejemplo de aplicación.



6.2.- A partir de los resultados obtenidos en este trabajo son presentadas a continuación una serie de recomendaciones; a fin de tratar de contribuir en los programas aquí expuestos.

1) Difundir una educación especial a partir de la enseñanza primaria, pasando por los demás niveles. Este trabajo deberá ser-- planteado en forma organizada por instituciones como la Secretaría de Educación Pública SEP y la misma SEDUE. Los programas-- a elaborar estarán encaminados a lograr la formación de una norma que permita la concientización de la gente, hacia los efec-- tos que produce el arrojar la basura en zonas transitables, así como la necesidad de darle un buen manejo.

2) Utilizar por parte del estado los medios masivos de comunicación, creando programas y anuncios que puedan ser captados por la población y pueda comprender el riesgo potencial que signifi-- ca para su salud el depósito de la basura en las zonas más comdas y no en las más indicadas. Además que el mismo estado finan-- cie el apoyo económico que se deberá prestar a la solución del problema.

3) Organizar los municipios con programas de carácter obligato-- rio; prestandoles ante todo el apoyo político y económico, para contar con servicios de limpia completamente efectivos.

4) Que SEDUE preste un mayor apoyo a la realización de los proyec-- tos ya elaborados, al mismo tiempo evitar que dichos proyec-- tos no se lleven a cabo.

5) Crear un centro de capacitación, sobre los estudios de resi-- duos sólidos, con el fin de ampliar los conocimientos de las em

presas dedicadas a realizar trabajos de este tipo.

- 6) Que SEDUE profundice un poco más sobre el manejo de las NTRS además de que desarrolle en forma explícita el contenido de las misma.
- 7) Establecer bases para que los proyectos de residuos sólidos, sean elaborados por empresas que cuenten con los conocimientos suficientes y fundamentados, sobre un estudio de este tipo.
- 8) Difundir ampliamente en escuelas de nivel superior, la necesidad de crear áreas encaminadas al estudio y al análisis técnico, que requieren los residuos sólidos.
- 9) Entablar una relación mutua entre autoridades municipales y la población, con el fin de obtener mejores resultados en el control y manejo de los residuos sólidos.
- 10) Crear amplios centros de investigación sobre residuos sólidos en México, para lograr profundizar en las características más importantes que presentan estos; buscando con ello el manejo adecuado y evitar depender trabajos realizados en otros lugares del mundo, con condiciones culturales y técnicas muy diferentes a las nuestras.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Normas técnicas de residuos sólidos, México. 1984.
- 2.- Vidales Albarrán H, Sanchez Gómez. J, Lopez Sanchez F. Diseño de macro y microrutas de recolección de basura doméstica. Instituto de Ingeniería. UNAM, 1977.
- 3.- Mary Gibbons Natrella. Experimental Statistics. National Bureau of Standards. Octubre 1966.
- 4.- SEDUE. Dirección general de contaminación ambiental. Manual de programas de cómputo para apoyo de aplicación de normas en materia de residuos sólidos. México 1985.
- 5.- Murray R. Spiegel. Estadística. Serie Schaum. México 1984.
- 6.- Benjamin, J.R. Probabilidad y estadística en Ingeniería Civil. Ed. Mc. Graw Hill, 1981.

## REFERENCIAS

- 1.- P. Alarne Vesilind. Alan E. Rimer. Unit operations in resource recovery engineering. Prentice-Hall. inc; 1981 New Jersey.
- 2.- SEDUE. NTRS-1- TERMINOLOGIA. México 1984.