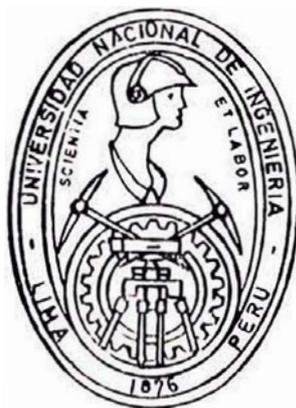


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA SANITARIA



PROYECTO DE RELLENO SANITARIO E INSTALACIONES SANITARIAS PARA LA NUEVA PLANTA DE DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS DEL CONO NORTE DE LA CIUDAD DE LIMA - EL ZAPALLAL

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

Ingeniero Sanitario

VICTOR DANILO VERGARA SERRANO

PROMOCION 1982 - 1

**Lima - Perú
1983**

I N D I C E

Introducción

CAPITULO I

1.00 GENERALIDADES

- 1.01 Ubicación, acceso y topografía
- 1.02 Aspectos Geotécnicos del terreno
- 1.03 Hidrogeología
- 1.04 Posibilidad de arenamiento eólico.
- 1.05 Aspectos arquitectónicos
- 1.06 Aspectos Sanitarios relacionados con el uso de terrenos para disposición de Residuos Sólidos.

CAPITULO II

2.00 RELLENO SANITARIO

- 2.01 Introducción
- 2.02 Producción de Residuos Sólidos
- 2.03 Proyección de la Producción de Residuos Sólidos
- 2.04 Zonas del Terreno utilizables
- 2.05 Métodos Constructivos aplicables
- 2.06 Construcción por Zonas
- 2.07 Dimencionamiento y construcción de Celdas
- 2.08 Determinación de la Vida Útil
- 2.09 Utilización futura
- 2.10 Procesos biológicos comprendidos
- 2.11 Recuperación de biogas
- 2.12 Equipos
- 2.13 Observaciones conclusiones y recomendaciones
- 2.14 Bibliografía

CAPITULO III

3.00 INTALACIONES SANITARIAS

3.01 Introducción

3.02 Dotaciones y consumos

3.03 Redes interiores para agua potable y aguas residuales.

3.04 Redes exteriores para agua potable y aguas residuales.

3.05 Abastecimiento, presurización y almacenamiento de agua potable.

3.06 Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales

3.07 Especificaciones Técnicas.

3.08 Metrado - Presupuesto

3.09 Observaciones conclusiones y recomendaciones

3.10 Bibliografía

CAPITULO IV

4.00 CONTROL, ORGANIZACION Y COSTOS

4.01 Introducción

4.02 Control

4.03 Organización

4.04 Costos

ANEXO

PLANOS

RS-IS - 1: Ubicación - Caseta de bombeo - Línea de impulsión - Tanque elevado

RS - 2 : Delimitación de Zonas - Métodos constructivos

RS - 3 : Topografía - Relleno Sanitario concluido

RS - 4 : Geológico - Geotécnico

IS - 2 : Redes exteriores de Agua y Desague

IS - 3 : Redes interiores de Agua y Desague

IS - 4 : Tanque séptico - Pozo percolador - Cajas de distribución

I N T R O D U C C I O N

En las últimas décadas, ha sido motivo de especial atención la contaminación del ambiente, habiendo sido ampliamente examinada la contaminación del agua y aire dando origen a significativas recomendaciones y un elevado número de legislaciones tendientes a la prevención y control de este problema, mientras que la contaminación del suelo, que ha sido llamada por algunos como la tercera polución, que consiste esencialmente en la disposición de lo que denominamos residuos sólidos, ha estado relegada a un plano secundario y sólo en la década del sesenta se ha iniciado un movimiento dirigido hacia el control y prevención de la contaminación del suelo, siendo actualmente, grandes, los esfuerzos canalizados hacia el manejo de los residuos sólidos.

El público en general ya no es tan apático al proceso de recolección y disposición de los desechos sólidos, por que no podría ser de otra manera, teniendo presente que nuestro planeta tiene solamente tres elementos receptores de desechos, que son igualmente los reservorios de todas las fuentes esenciales para la vida que no son otros que el aire, el agua y el suelo.

Subsiste aún en nuestro medio el desconocimiento de lo que son los "Rellenos Sanitarios", confundiéndo los con vertederos abiertos donde se producen humos, olores, vectores y gases, e irregularmente trabajan algunas máquinas, por lo que es esencial como primer paso, vender la idea de lo que realmente son los Rellenos Sanitarios y luego por medio de Proyectos de Ingeniería y una correcta operación y mantenimiento, podrán recuperarse zonas depreciadas para usos comunitarios,

cambiando de ésta manera la errónea imagen que se tiene de los verdaderos Rellenos Sanitarios, que ha llevado a que un alto porcentaje de lugares propuestos para Rellenos Sanitarios, hayan tenido que abandonarse debido a la oposición de los vecinos.

Cuando se tienen terrenos disponibles, el Relleno Sanitario es usualmente el método más económico y simple para la disposición final de desechos sólidos, pudiendo admitir casi todos los tipos de desechos, a diferencia de los otros sistemas que tienen mayores limitaciones, y que en su mayoría requieren de un Relleno Sanitario para sus propios residuos.

Debido a que el Relleno Sanitario de Puente Piedra ubicado a la altura del Km 22 de la Carretera Panamericana Norte, venía siendo operado en malas condiciones por su sobresaturación, creando serios problemas a las áreas vecinas, principalmente a la Escuela Interna de Cadetes de la Guardia Republicana; el Concejo Provincial de Lima nombró una Comisión Técnica para que estudiara la ubicación de un terreno para la disposición final de los residuos sólidos producidos en el cono norte de la ciudad de Lima, habiendo esta Comisión, recomendado el terreno de la quebrada Campana, ubicada en la zona de Zapallal, distrito de Carabayllo (Ver ítem 1.01) .

La presente Tesis comprende el diseño del Relleno Sanitario y las Instalaciones Sanitarias de la Nueva Planta de Disposición Final de Residuos Sólidos para el Cono Norte de la ciudad de Lima, que se habilitará en el terreno designado.

El Proyecto de Habilitación de la Planta, comprende los siguientes Estudios y Diseños :

- Levantamiento Topográfico de la carretera de acceso y área del terreno.
- Estudio Geotécnico del área del terreno.
- Diseño Arquitectónico (edificaciones y cercos).
- Diseño de Instalaciones Sanitarias
- Diseño de Instalaciones Eléctricas
- Diseño de estructuras, carreteras de acceso y vías internas.
- Diseño del Relleno Sanitario
- Equipamiento.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.00 GENERALIDADES

1.01 UBICACION, ACCESO Y TOPOGRAFIA

El terreno destinado para la nueva Planta de Disposición Final de Residuos Sólidos del Cono Norte de la Ciudad de Lima, está ubicado en la margen derecha del río Chillón en la zona del Zapallal.

El acceso al terreno desde Lima, es a través de la carretera Panamericana Norte; llegando al Kilómetro 34.2 (altura del Cementerio el Zapallal) se encontrará un desvío (Ver plano RS-IS-1 , escala 1/5,000) al lado derecho de la carretera, que consiste en una trocha carrosable por la que hay que recorrer la distancia de 3.2 km hasta llegar al terreno en mención.

Para el desarrollo del presente proyecto, han servido de base los planos de levantamiento topográfico de la superficie del terreno (en escala 1/2000) de 1,100 x 2,000 m. de extensión que fuera adjudicado al Concejo Provincial de Lima, como parte de cinco terrenos eriazos, (tres en el Cono Norte, y dos en el cono sur) destinados para Rellenos Sanitarios de Lima Metropolitana; así como los planos del proyecto de la carretera de acceso (a la Planta) de 3.2 Km. de longitud (escala 1/1000) de donde se ha obtenido por composición un plano a escala 1/5000, que muestra la ubicación del terreno y su carretera de acceso desde la Panamericana Norte (Km 34.2)

En el plano topográfico del terreno (Plano RS - 2) se puede apreciar que éste abarca la quebrada "Campana" (zona central del plano) y parte de la quebrada "Carabayllo" (zona superior izquierda

* Por el Ministerio de Vivienda y Construcción - R.S.
N° 0121-79-VC-5600

Fuente: DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS COMUNALES
- CONCEJO PROVINCIAL DE LIMA

...del plano) que se desarrolla paralelamente y al lado Oeste de la quebrada campana.

1.02 ASPECTOS GEOTECNICOS DEL TERRENO

En éste acápite se presentan algunos aspectos de la Geotécnica del terreno, que han servido como base para el desarrollo del presente Proyecto de Relleno Sanitario e Instalaciones Sanitarias.

En el plano RS-4, se delimitan los depósitos detríticos existentes, agrupados bajo las siguientes denominaciones:

- Cuaternario eólico (Q-e): arenas.
- Cuaternario aluvial (Q-al): gravillas, gravas, piedras y bolones en matriz areno-limosa.
- Cuaternario eólico-aluvial (Q-e + Q - al) : Arenas, gravillas, gravas, piedras y bolones.
- Cuaternario coluvial (Q - col): limos y grava gruesa.

Estos depósitos constituyen el suelo y subsuelo de las quebradas, susceptibles de ser utilizados como materiales de cobertura y construcción, aprovechando su gran volumen y sus características físico-mecánicas favorables para estos usos.

- Material para Cobertura

Se han considerado para este fin a los materiales clasificados como: limos, arenas, gravillas y gravas; éstos dos últimos corresponden a lo que en terminología corriente se denominan: grava fina y grava gruesa.

Su existencia dentro del área estudiada: distribución, potencia y características físico-mecánicas, se han investigado mediante la excavación de 17 Calica -

catas distribuídas convenientemente en todo el terreno, cuyas profundidades ~~varían~~ entre los 2 y los 4 metros.

Las arenas se distribuyen en el tercio inferior del área entre las cotas 340 y 250 n.s.n.m., con espesores entre 20 y 150 cms., estimándose un volumen de 443,000 m³. Su distribución se muestra en el plano RS-4.

La gravilla (grava fina) que con la matriz arena sa constituyen el hormigón, se encuentra también en el tercio inferior del área de la quebrada campana y en el sector superior izquierdo del área en la quebrada Carabayllo, entre las cotas 320 y 382 metros. (Plano RS-4).

Los volúmenes estimados para ambos sectores, considerando una potencia de 60 cm., hacen un total de 323,457 m³, distribuídos de la siguiente manera:

Quebrada Carabayllo : 162,660 m³.

Quebrada Campana : 160,797 m³.

La gravilla y grava (mezcladas) que constituyen igualmente el hormigón, se distribuyen ampliamente en la quebrada Campana entre las cotas 250 y 370 m. El volumen total del conjunto, calculado con espesores de 60 a 300 cms., es de 1'335,535 m³. Este volumen está constituido por:

Gravilla : 995,868 m³. (hormigón fino)

Grava : 355,667 m³. (hormigón grueso)

El material coluvial, constituido por limos, se encuentra en los flancos de las quebradas Carabayllo y Campana (Plano RS-4). Su volumen, considerando espesores entre 30 y 60 cms., es de 105,050 m³.

En resumen, el Material de Cobertura existente, tiene los siguientes volúmenes:

Arenas:	443,000	m3.
Limos :	105,050	m3.
Gravillas:	1'319,325	m3.
Gravas:	355,667	m3.
TOTAL :	2'223,042	m3.

Dentro de este material de cobertura se encuentran piedras y bolones no utilizables en el Relleno Sanitario, cuyos volúmenes estimados son los siguientes:

Piedra :	476,976	m3.
Bolones:	95,395	m3.

- Materiales para Construcción

El perfil estratigráfico del suelo en ambas quebradas es muy irregular y ha sido investigado hasta una profundidad de 4 metros, consignándose el perfil "A" (Ver corte AA en el plano RS-4), con los espesores mínimos y máximos de los materiales.

PERFIL A (Espesores mínimos)

<u>Material</u>	<u>Profundidad (m)</u>	<u>Espesor (m)</u>
Arenas eólicas	0.00 - 0.30	0.30
Limos	0.30 - 0.60	0.30
Gravillas en matriz arenosa	0.60 - 1.10	0.50
Gravillas y gravas en matriz arenosa	1.10 - 1.70	0.60
Piedras y bolones con intercalaciones de lentes de gravilla y grava en matriz areno-limosa	1.70 - 30.00	28.30

En el acápite sobre Materiales de Cobertura, se ha calculado el material detrítico superficial (limos, arenas y gravas) destinadas a cobertura.

El volumen total es de 2'223,042 m³, de los cuales y de acuerdo a la tecnología a adoptarse para la construcción del Relleno Sanitario, podría aprovecharse el material hasta el nivel granulométrico de gravilla, es decir: 1'851,375 m³., quedando 355,667 m³. para material de construcción.

Si consideramos un promedio de potencia de 31 metros del material existentes hacia abajo, de los cuales solamente se estimase económicamente explotable 15 metros, se tendría un volumen de material de : 1'442,000 m³.

De esta suma se puede estimar:

25% de gravilla más arena (hormigón fino):	3'110,500m ³
25% de grava más arena (hormigón grueso):	3'110,500m ³
30% de piedra :	3'732,600m ³
20% de bolones :	2'488,400m ³

Para la clasificación del material se ha considerado el siguiente patrón granulométrico.

gravilla (grava fina)	: 4.7 mm. a 3/4"
- grava (grava gruesa)	: 3/4" a 3"
- piedra	: 3" a 12"
- bolones	: más de 12"

1.03 HIDROGEOLOGIA

Ante la posibilidad de utilización del agua subterránea, se incluye en el presente Estudio el aspecto Hidrogeológico del área, considerando como punto de partida: que en el terreno no existe agua en el subsuelo; se basa esta afirmación en la escasa ampli-

tud de las cuencas de las quebradas, el aspecto climático de la zona, y las condiciones litológicas y morfo-estructurales existentes.

Napa Freática del Cono Deyectivo del río Chillón

Las filtraciones que tienen lugar en el lecho del río Chillón, así como en las áreas de cultivo del cono deyectivo, dan origen a una extensa y potente napa freática que cubre las necesidades de los asentamientos poblacionales, industrias y riego de cultivos. Su explotación es particularmente intensa en la época en que desciende el caudal del río.

Características de la Napa Freática

En el área que se desarrolla frente al terreno y que corresponde al valle del Chillón, el acuífero está constituido por potentes depósitos fluviales. En estos materiales se desplaza una napa de agua libre, cuyo mayor frente se registra entre los kilómetros 20 y 29 de la Carretera Panamericana Norte. La gradiente hidráulica media que registra la napa es igual a cuatro por mil (4:1,000)

Fuentes de Alimentación de la Napa Freática

Las investigaciones efectuadas en el valle han determinado que el agua subterránea tiene dos fuentes de alimentación:

- a) Aguas provenientes de las filtraciones que ocurren en el río Chillón y que registran temperaturas de 22° a 23°.
- b) Aguas tibias con temperaturas de 26° a 27° que afloran en Zapallal, confinadas a una área de 6 km. de diámetro.

El origen de estas aguas se desconoce, sin embargo se estima estén relacionadas con aguas subterráneas provenientes de la Cordillera de los Andes.

No es de descartar la presencia de rocas calcáreas, cuya disolución podría causar aumentos en la temperatura del agua.

Como fuentes secundarias de alimentación de la napa, se consideran las filtraciones que ocurren en los canales de riego y de los terrenos de cultivo.

Potencia de la Napa Freática

La potencia de la napa se encuentra en relación con el espesor del depósito fluvial. Las perforaciones efectuadas en diferentes puntos del cono deyectivo indican un espesor mayor de 45 metros. El pozo Copacabana, relativamente cercano al área de Estudio, registra una potencia de material acuífero mayor de 40 metros.

Otros pozos ubicados lejos del área, registran los siguientes espesores mayores a:

- 44.00 m. en el Fundo Paramonga (Hacienda Chuquitanta)
- 48.00 m. en el Fundo Josefina
- 53.00 m. en el Fundo La Muralla
- 45.00 m. en el Fundo Tambo Inga
- 45.00 m. en el Pozo Ventanilla (Zapallal)

Coefficiente de Almacenamiento

Este coeficiente indica el porcentaje de agua recuperable de un acuífero, es decir, el volumen de agua que un acuífero puede liberar bajo la influencia de la gravedad y se expresa en porcentaje. Los diferentes valores obtenidos en el cono del río varían entre 1 a 6%.

La variación de las características del acuífero se encuentran en función de la ubicación de las perforaciones y la variación del espesor de los horizontes permeables. Por ejemplo, en el área de Zapallal, la columna litológica reciente, es mucho más delgada que en Carabayllo, y presenta alternancia de material aluviónico, lo que le resta permeabilidad.

En términos generales, las características hidrodinámicas del acuífero son buenas y se han obtenido rendimientos superiores a 100 litros por segundo en los Pozos de Ventanilla, Santa Rosa (área de Zapallal y Fundo Piamonte (área de Carabayllo)).

Niveles Freáticos

Los niveles freáticos registrados en los pozos a fines de 1977 estaban entre los 6 y 11 metros debajo de la superficie del suelo. Este nivel refleja de manera general a través de los años el balance que existe entre la recarga y la explotación del acuífero.

Los estudios realizados sobre la explotación de la Napa Freática del Río Chillón entre los años 1962 y Diciembre de 1977 (15 años), revelaron que en el área de Zapallal el nivel freático había descendido 11 metros, o sea 0.70 m. por año, lo que nos está indicando una sobre-explotación del acuífero.

Además existen pozos a cielo abierto, donde el nivel estático de la napa de agua se encuentra entre 8 y 15 metros; estos pozos son usados para el riego de frutales mediante bombeo (cuando el agua superficial es escasa en invierno); el nivel dinámico cuando bombean no es mayor de 10 a 16 metros.

Ubicación del Pozo cerca del terreno.-

Los antecedentes expuestos indican que en el área existe una gran napa de agua subterránea, pero lo recomendable, para las necesidades del Relleno Sanitario, es contar con una fuente de este recurso, lo más cercana posible al área.

Dado que las necesidades de agua no han de superar los tres litros por segundo el sector aproximado en donde se podría ubicar el Pozo está entre los 400 y 500 metros de distancia del límite del terreno.

Estimamos que el nivel freático en el sector indicado debe estar entre los 10 y 15 metros, con rendimientos superiores a los 20 litros por segundo.

La alternativa es buscar una ubicación más cercana al terreno versus mayor profundidad; sin embargo, la actual situación de sobre explotación de la napa ha de causar el descenso del nivel freático año a año siendo, peligroso pegarse mucho al borde de la cuenca fluvial, donde los depósitos acuíferos, por lógica son más delgados.

1.04 POSIBILIDAD DE ARENAMIENTO EOLICO

El arenamiento eólico actual se produce fundamentalmente en la parte baja de la quebrada Carabayllo en esta quebrada y en las que están ubicadas más al Oeste, la potencia de arenas eólicas finas de baja densidad es mayor; ello se debe a que en su transporte por el viento desde el litoral de Sur a Norte, encuentra primero a algunos obstáculos entre ellas, estribores de Cordillera (cerros), testigos de erosión, etc.

En resumen, recorriendo de Oeste a Este en dirección general, nos encontramos con una serie de quebradas aluviales que drenan al Chillón en la margen derecha y donde el arenamiento de ellas va disminuyendo a medida que remontamos el Chillón.

El arenamiento es potente en la parte baja de la quebrada Carabayllo, mientras que es pequeño en la quebrada Campana (flanco derecho) y esto se debe a que dentro de la macro-región hacia el Oeste hay obstáculos que retienen el viento que transporta las arenas de Sur a Norte, los hace perder velocidad y por lo tanto sedimentar las arenas. Más al Este de la quebrada Campana en las quebradas de poca profundidad y en las pampas se observa arenamiento eólico pero muy poco potente, hasta que al llegar a la Pampa de Huarangal * prácticamente no existe arenamiento eólico, ni en esta pampa ni en las quebradas San Juan y Santa Ana que a ella drenan .

Se concluye: que no será problema el escaso arenamiento eólico actual en la zona del estudio y que el excedente que pase y produzca arenamiento será fuente de abastecimiento de materiales finos para usarse en el relleno sanitario, siempre y cuando se ejecute el Relleno Sanitario por sectores desde aguas arriba hacia aguas abajo.

* La pampa de Huarangal se encuentra al Este de la quebrada Campana.

1.05 ASPECTOS ARQUITECTONICOS

En el Proyecto Arquitectónico, ha sido considerado el diseño de las Instalaciones de Administración Control, Servicios Generales y de Mantenimiento, requeridos para el funcionamiento de la Planta de Disposición Final de Residuos Sólidos del Zapallal, así como el diseño del cerco exterior y vías internas.

Instalaciones de Administración y Control

Las instalaciones de Administración y Control se han ubicado en la zona de acceso y a lo largo de la vía interna de tal forma que permitan un adecuado control del personal, y de la entrada y salida de vehículos.

Está constituida por la caseta de control de entrada y salida, caseta de control de pesaje de camiones y balanza, guardianía, oficina de administración y estadística, vestuarios y servicios higiénicos para el personal de trabajadores, área techada para refrigerio del personal de trabajadores y el tópicó de primeros auxilios (Ver plano (IS-2), cuyas áreas son las siguientes:

- Caseta control ingreso	3.00 m2.
- Caseta control pesaje de vehículos	10.00 m2.
- Guardianía y caseta de tablero eléctrico	35.00 m2.
- Pabellón de servicios y Administración:	
- Oficina de Administración	24.00 m2.
- Tópicó	24.00 m2.
- Servicios higiénicos y vestuarios	96.00 m2.
- Zona techada para comedor	<u>48.00 m2.</u>
	240.00 m2.

Instalaciones de servicios generales y mantenimiento

Está integrada por la zona de lavado de vehículos, depósitos de materiales, repuestos, lubricantes y otros zona techada para talleres de mantenimiento y parqueo nocturno de maquinarias y equipos, y patio de maniobras cerrado para facilitar el control, y mantenimiento de equipos, siendo sus áreas las siguientes:

- Lavado de camiones	90.00 m2.
- Depósito y almacén	60.00 m2.
- Talleres y parqueo maquinaria y equipo	280.00 m2.
- Patio maniobras	<u>360.00 m2.</u>
	2,140.00 m2.

Vías Interiores

En el diseño de las vías interiores se ha evitado la presencia de pendientes pronunciadas a fin de facilitar el tránsito de vehículos pesados,* consiguiéndose además de ésta manera, ahorro en el consumo de combustible.

Cerco exterior

El cerco perimetral servirá como barrera para evitar molestias, tales como el ingreso de personas ajenas, vuelo de papeles, polvo, ruido, visual, etc. a fin de evitar los efectos negativos de la operación, la rotura del paisaje y conseguir una buena imagen, de la Planta de Disposición Final de Residuos Sólidos " El Zapallal ".

* Unidades Madrina, Compactadores y otros .-

1.06 Aspectos Sanitarios relacionados con el uso de Terrenos para Disposición de Residuos Sólidos

La mayor parte de los problemas ambientales causados por la disposición de Residuos Sólidos, son consecuencia de su interposición con el Ciclo del agua. Otros problemas son emanaciones de gases, riesgos de incendios y explosiones, y estéticos.

Nota.- Es de esperar que en el área (quebrada Campana) destinada para la Planta de Disposición de Residuos Sólidos, no se presentará ningún tipo de problemas de contaminación de aguas subterráneas porque éstos no están presentes en el subsuelo del terreno (pero sí, aguas abajo de la quebrada Campana estimadamente a unos 200 m. del lindero sur del terreno)

El segundo tipo de problemas (emanación de gases y otros) no tendrán ninguna incidencia por la ubicación del terreno (alejada del área urbana), y además la presencia de vientos predominantes del SUROESTE ; alejarán los gases en dirección opuesta al área urbana.

Se presenta a continuación tres fases o etapas comprendidas:

a) Residuos sólidos sobre el suelo

Físicamente la basura está constituida de agua en un 40 a 50%, restos vegetales y animales, papeles, plásticos, latas, vidrios, tierra, tejidos, metales, maderas y otros materiales. (Ver cuadro adjunto)

Químicamente se compone de sustancias orgánicas naturales, transformadas y sintéticas; compuestos y aleaciones minerales y raras sustancias simples. En productos industrializados de uso corriente, en residuos de la industria química y de hospitales se encuentran pequeñas cantidades de compuestos orgánicos y minerales peligrosos (organoclorados, metales pesados y otros).

CONSTITUYENTES DE LOS RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Proporciones antes y en el 1084avo. Día de disposición
en R.S.*

CONSTITUYENTES	% EN PESO	
	Basura en el Día inicial de la investigación	Basura en el 1,084avo. Día final de la in- vestigación.
Papel y cartón	33,7	18,0
Plástico	3,1	13,1
Vidrio	2,7	2,7
Jebe y cuero	0,3	0,8
Madera	1,1	3,5
Tela y trapo	3,3	4,5
Losa y cerámica	1,6	-
Metal ferroso	3,0	4,8
Metal no ferroso	0,2	-
Hoja, matorral	3,8	1,0
Materia orgánica (restos de comida)	15,7	0,6
Agregado grueso (material rete- nido en tamiz de malla de 1")	16,9	-
Agregado fino (Polvos, tierra, etc. material que atravieza di- cho tamiz)	14,6	48,0
Piedras	-	3,0

Fuente: COMLURB. Aterro experimental de lixo- documento fi-
nal. Río de Janeiro, COMLURB, 1978.

* Relleno Sanitario.

**CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DE LA BASURA URBANA
Y EVOLUCION DE LOS DEPOSITOS EN RS**

PARAMETRO	BASURA INICIAL (1 ^{ra} SEMANA)	58 DIAS DESPUES (9 ^{na} SEMANA)	330 DIAS DESPUES (48 ^{va} SEMANA)	555 DIAS DESPUES (80 ^{va} SEMANA)	BASURA FINAL 1,084 DIAS (155 ^{ta} SEMANA)
Humedad (%)	49.50	36.40	46.50	60.10	65.40
Poder calorífico superior (cal/g)	-----	1,118.00	2,460.00	2,467.00	2,696.00
Residuo mineral (%)	37.60	74.80	44.60	44.40	39.30
pH (en KCl)	-----	6.90	8.10	8.30	8.50
Silica (%)	20.20	59.00	32.50	31.80	25.30
Calcio (%)	3.10	2.60	4.30	2.60	2.20
Fósforo total (% P ₂ O ₅)	1.06	0.83	-----	0.86	1.09
Fósforo (% P)	0.44	0.36	-----	0.37	0.47
Potasio (% K)	-----	0.41	-----	0.07	0.47
Carbono total (%)	-----	11.80	26.00	26.10	28.50
Nitrógeno total (%)	1.37	0.52	1.53	0.59	0.39
Relación C/N	-----	22.70	17.00	44.20	73.20
Proteínas (%)	-----	3.20	9.60	3.70	2.40
Materia orgánica (%)	-----	19.30	42.60	42.70	46.60

Fuente: COMLURB. Aterro experimental de lixo - documento final. Rfo de Janeiro, COMLURB, 1978.

CONTENIDO BIOLÓGICO DE BASURA URBANA Y EVOLUCION
DE LOS DEPOSITOS EN RS.

MES	COLIFORMES TOTALES/100ml	COLIFORMES FECALES/100ml
01	3'500,000	2'400,000
02	220,000	70,000
04	33,000	33,000
05	7,000	330
08	9,530	1,118
09	29,500	83
10	5,150	270
11	128,000	420
12	24,000	9,200
14	11,400	984
15	13,000	2,615
16	5,030	1,440
17	1,165	127
18	28,750	510
19	112,825	47,282
20	40,665	646
21	10,932	143
22	8,877	8,043
23	6,350	64
24	8,650	410
25	2,300	49
35	24,000	230

Fuente: COMLURB. Aterro experimental de lixo-documento final. Río de Janeiro, COMLURB, 1978.

LIQUIDO PERCOLADO

Los valores obtenidos a través del análisis - del líquido percolado recogido en más de veinte rellenos sanitarios en los E.U.A., varían dentro de los rangos relacionados abajo:

<u>CONSTITUYENTES O CARACTERISTICAS</u>	<u>RANGO DE VALORES</u>
Demanda química de oxígeno (DQO)	40 - 89,520
Demanda biológica de oxígeno (DBO)	81 - 33,360
pH	3.7 - 8.5
Conductancia específica	2,810 - 16,800
Residuos sólidos - total	0 - 59,200
Alcanilidad (Ca CO ₃)	0 - 20,850
Dureza (Ca CO ₃)	0 - 22,800
Fósforo - total (P)	0 - 130
Nitrógeno amoniacal (NH ₄ -N)	0 - 1,106
Nitratos y nitritos (NO ₃ +NO ₂ -N)	0.2 - 10.29
Sulfatos (SO ₄)	1 - 1,558
Calcio (Ca)	50 - 7,200
Clorato (CL)	4.7 - 2,467
Sodio (Na)	0 - 7,700
Potasio (K)	28 - 3,770
Magnesio (Mg)	17 - 15,600
Hierro (Fe)	0 - 2,820
Zinc (Zn)	0 - 370
Cobre (Cu)	0 - 9.9
Cadmio (Cd)	0.03- 17
Plomo (Pb)	0.10- 2.0

Fuente: EPA. Summary report: municipal solid waste generate gas and leachate. E.U.A., EPA, 1974.

EFLUENTE LIQUIDO DE RS - EVOLUCION DE LAS CARACTERISTICAS

Unidad: mg/l

PARAMÉTROS	1	2	3	12	18	24	35
pH	6.7	6.4	7.1	8.0	8.4	7.8	7.7
DBO	-----	-----	5,600	303	453	366	390
DQO	2,806	15,925	17,184	1,416	1,994	1,820	1,505
residuo { total fijo volátil}	8,303	14,240	16,248	8,653	8,897	6,497	6,213
	-----	7,914	9,275	6,525	6,058	4,830	4,717
	-----	6,326	6,973	2,125	2,839	1,667	1,496
dureza total	2,670	4,863	4,500	1,280	512	900	900
alcalinidad	-----	4,000	-----	6,017	7,483	5,500	3,015
calcio	484	979	1,225	145	101	109	170
magnesio	357	597	345	98	121	32	116
sulfato	294	565	114	131	29	65	-----
nitrógeno total	124.7	-----	-----	10.5	16.1	16.9	4.5
fósforo	1.7	6.4	8.2	15.2	18.3	13.1	4.5
clorato	2,269	2,469	2,588	2,359	2,186	1,588	2,300
hierro	28.6	56.4	63.5	9.1	9.2	9.3	1.2
manganeso	-----	-----	-----	0.38	0.87	0.40	0.03
zinc	-----	-----	-----	0.72	1.49	1.29	0.35
cromo	-----	-----	-----	0.00	0.07	0.05	0.00
níquel	-----	-----	-----	0.64	0.23	-----	-----
cadmio	-----	-----	-----	0.20	0.24	0.21	0.00
cobre	-----	-----	-----	0.23	0.28	0.10	0.00

Fuente: COMLURB. Aterro experimental de lixo - documento final. Río de Janeiro,

El substrato y las condiciones ambientales son favorables a la descomposición bioquímica de los residuos sólidos mediante la acción de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos de la cual resulta un caldo con alta capacidad de contaminación (ver cuadro adjunto).

Es expresiva la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de ese caldo: de 10,000 a 30,000 mg/l en rellenos sanitarios recientes, 50 a 100 veces la DBO del desagüe sanitario. Este índice representa la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para digerir la materia orgánica contenida en un litro de líquido, o sea la reducción que su vertimiento provocaría en la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y que haría falta, por lo tanto, a su ecosistema.

Paralelamente a la acción biológica, en el medio acuoso ocurren reacciones químicas entre sustancias preexistentes o recién formadas.

Sustancias gaseosas no disueltas, generalmente menos densas que el aire, o por fuerza de la presión interna tienden a salir a la atmósfera. Dentro de los gases, podemos nombrar el sulfídrico (olor repugnante) y el metano (inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5 a 15%).

Conclusión: Los residuos sólidos depositados se comparan a un reactor que elimina líquidos, gases y partículas de elevado poder contaminante y relativa peligrosidad.

b) Suelo (Corteza superficial con sus aguas)

El suelo está constituido de materia sólida, agua y aire. A partir de determinada profundidad, su nivel freático se encuentra saturado de agua libre que forma la napa freática. Esta se mueve a bajísima velocidad en el sentido de la presión inferior, acompañando en general a la inclinación del terreno; aflora en depresiones y pozos y encuentra ríos y lagos, cediéndoles agua y eventualmente recibéndola de ellos.

Además de moverse horizontalmente, el agua se mueve en dirección vertical por efecto de la gravedad, por ascensión capilar entre los granos del suelo, retirada por raíces vegetales o por la recarga del suelo debido a las lluvias. Por tales razones, el nivel freático no es constante pero presenta una variación estacional relativamente bien definida.

Como consecuencia de esos movimientos del agua freática, una sustancia contaminante que percola a través del suelo encuentra un vehículo y adquiere gran movilidad al alcanzar el nivel freático.

En determinados sitios se encuentran reservorios de agua formados por roca y suelo impermeables, que también se comunican con aguas superiores a través de fisuras y otras fallas.

El agua potable es tomada de manantiales, del acuífero del suelo o de aguas superficiales. El uso de aguas superficiales tiende a ser sustituido por el de aguas subterráneas, menos vulnerables a la contaminación.

El acuífero es naturalmente protegido por la capa de suelo superior.

La percolación del contaminante depende de la permeabilidad del suelo y ésta depende del tamaño de los granos que lo constituyen (textura), de la disposición de estos granos estructurando el suelo y del grado de saturación por agua absorbida o capilar.

De modo general, un suelo de arena es permeable y uno de arcilla es impermeable. La permeabilidad se caracteriza por un coeficiente (k) que en las arenas es del orden de 10^{-1} a 10^{-3} cm/s, y en los suelos arcillosos es de 10^{-5} a 10^{-8} cm/s. Tales valores significan, por ejemplo, que la resistencia a la percolación en un suelo de $k = 10^{-8}$ cm/s es 1 millonésimo de aquella ofre

cida por un suelo de $k = 10^{-2}$ cm/s y, por lo tanto, la distancia de 1 mm al primer suelo es recorrida en el mismo tiempo que 1 km en el segundo.

El lento pasaje del líquido por el suelo atenúa su poder contaminante. Además de esto, las partículas sólidas tienden a colmatar el suelo, disminuyendo su permeabilidad salvo efectos químicos adversos.

La capacidad que tienen los suelos arcillosos de retener agua en sus intersticios, tornándose impermeables, es aliada a un fenómeno iónico, el cual puede ser afectado por un intercambio de iones de la arcilla (en solución coloidal) con iones contenidos en el líquido que percola. La impermeabilidad puede romperse en este caso.

Conclusiones:

- a) Un contaminante puede atravesar el suelo y alcanzar el acuífero, contaminándolo y haciéndolo su vehículo.
- b) El tiempo para atravesar el suelo depende de su permeabilidad, la cual, entre tanto, puede ser reducida o aumentada por el propio percolado.
- c) El terreno ideal para un RS sería impermeable ($K = 10^{-7}$ cm/s) y tendría la napa freática bastante profunda (nivel máximo a más de tres metros).

c) Microclima (condiciones atmosféricas en la región)

La lluvia influye en los fenómenos biológicos y químicos que suceden en los residuos sólidos activando la fermentación y las reacciones.

Además de esto, el agua puede transportar contaminantes disueltos o no, escurriéndose superficialmente o infiltrándose en el suelo.

Por estas razones, el RS debe ser drenado superficialmente en toda la periferia y también en el fondo del relleno, a fin de que "agua de afuera no entre y agua de adentro no salga sin control", nos lo dice el profesor Raúl Zaltzman.

El ambiente en que se realiza la descomposición de residuos sólidos es afectado por la temperatura, estado higrométrico y agitación del aire. Estos factores también condicionan la evaporación y, consecuentemente, los flujos verticales del agua contenida en el suelo.

En particular, el viento causa molestias, difundiendo malos olores por las cercanías y polvo en la plaza de operaciones del RS.

Las lluvias perjudican las condiciones de tráfico de los accesos y de la plaza de operaciones del RS, obligando a que se reserve un local especial para rellenar en días de lluvia.

Conclusión: El microclima influye en las condiciones sanitarias y constructivas del RS; como no puede ser cambiado, exige artificios en el proyecto y en la operación del RS.

CAPITULO II

RELLENO SANITARIO

2.00 RELLENO SANITARIO

2.01 INTRODUCCION

El presente Proyecto de Relleno Sanitario para la Planta de Disposición Final de Residuos Sólidos, "El Zapallal", comprende el diseño de la metodología de Construcción del Relleno, la selección de equipos y maquinarias y la recuperación de biogas, como utilización futura del Relleno Sanitario.

La concepción y diseño de la metodología de construcción del Relleno Sanitario, se ha basado en el conocimiento del tipo de materiales y su distribución en la superficie y subsuelo del terreno (dado por el Estudio Geotécnico), la topografía del terreno, las vías internas de acceso proyectadas y la proyección del volumen de Residuos Sólidos que se producirán en el área de influencia de la planta (Cono Norte de la Ciudad de Lima)

En el estudio geotécnico se planteó la alternativa de utilización mixta del terreno, es decir, con el doble propósito, de explotación (como cantera) de materiales de construcción (previo estudio de Factibilidad Técnico - Económico), y utilización simultánea ó posterior (del lugar), para fines de Relleno Sanitario.

El Proyecto se ha desarrollado con la consideración de utilización del terreno con fines de Relleno Sanitario exclusivamente (principalmente), por razones obvias.

La esencia o metodología básica para la ejecución del Relleno Sanitario, puede resumirse en la definición presentada por la "AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS" (ASCE), que es la siguiente:

" Relleno Sanitario ", es una técnica para la disposición de la basura en el suelo, sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias ó peligros para la salud y seguridad pública, método éste que utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área menor posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable, y para cubrir la basura así depositada con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos a fin de cada jornada

2.02 PRODUCCION DE RESIDUOS SOLIDOS -CONO NORTE- AÑO 1981

En el cuadro N° 1, se muestra la relación de los posibles distritos que utilizarán el relleno sanitario de Zapallal, habiéndose seleccionado por su proximidad a la estación de transferencia para el cono Norte ó por estar próximos al área del relleno, totalizando 15 distritos con una población de 2'308,265 habitantes, según el censo del año 1981.

La producción per-cápita promedio para los 15 distritos considerados, se ha obtenido del promedio ponderado de la producción per-cápita de cada uno de ellos * con la cual se ha proyectado el Cuadro N°2 " Proyección de la producción de residuos sólidos, Cono Norte - Ciudad de Lima.

2.03 PROYECCION DE LA PRODUCCION DE RESIDUOS SOLIDOS

En base a la producción per-cápita obtenida en el Cuadro N°1, y la población total para el año base (1981), se ha proyectado la población futura, con la tasa de crecimiento medio anual de 3.7% para la Ciudad de Lima, obtenida del Instituto Nacional de Estadística (INE).

Con la población obtenida para los sucesivos años se ha calculado la producción diaria de residuos sólidos expresado en Tm/día y m³/día, así como los volúmenes acumulados, que a partir del año 1982 ingresarían al relleno sanitario, para su disposición final.

* De la publicación " Análisis y Necesidades del Servicio de Aseo Urbano de Lima Metropolitana - Municipalidad de Lima -Dic 1981.

CUADRO N° 1

PRODUCCION DIARIA DE RESIDUOS SOLIDOS-CONO NORTE
CIUDAD DE LIMA - AÑO 1981

DISTRITOS	POBLACION	PRODUCCION PER-CAPITA Kg/hab/día	PRODUCCION TOTAL Kg/día
LIMA	375,957	0.685	257,530
BREÑA	112,798	0.669	75,461
JESUS MARIA	81,843	0.703	57,535
ANCON	8,610	0.965	8,308
CARABAYLLO	49,849	0.884	44,066
PUENTE PIEDRA	29,954	1.061	31,781
SANTA ROSA	222	0.780	173
COMAS	286,640	1.208	346,261
INDEPENDENCIA	138,987	0.997	138,570
RIMAC	188,164	0.696	130,962
S. JUAN DE LURIGANCHO	261,876	0.688	180,170
S. MARTIN DE PORRES	401,585	0.965	387,529
ATE VITARTE	146,916	0.592	86,974
EL AGUSTINO	170,003	1.127	191,593
LURIGANCHO	54,861	0.688	37,744
	2'308,265	0.85547	1'974,657

C U A D R O N ° " 2 "

PROYECCION DE LA PRODUCCION DE RESIDUOS SOLIDOS
CONO NORTE - CIUDAD DE LIMA

AÑO	POBLACION	PRODUCCION TN/DIA	V.C. M3/día	V.C. m3/año	V.C.A. m3
1983	2'482,237	2,123.5	3,539.1	1'291,787	1'291,787
1984	2'574,079	2,202.1	3,670.1	1'339,583	2'631,369
1985	2'669,320	2283.5	3,805.9	1'389,147	4'020,547
1986	2'768,085	2,368.0	3,946.7	1'449,546	5'461,063
1987	2'870,504	2,455.6	4,092.7	1'493,846	6'954,909
1988	2'976,713	2,546.5	4,244.2	1'549,118	8'504,027
1989	3'086,851	2,640.7	4,401.2	1'606,436	10'110,462
1990	3'201,065	2,738.4	4,564.0	1'665,874	11'776,336
1991	3'319,504	2,839.7	4,732.9	1'727,511	13'503,847
1992	3'442,326	2,944.8	4,908.0	1'791,429	15'295,276
1993	3'569,692	3,053.8	5,089.6	1'857,712	17'152,988
1994	3'701,771	3,166.8	5,277.9	1'926,227	19'079,435
1995	3'838,736	3,283.9	5,473.2	1'997,729	21'077,161
1996	3'980,769	3,405.4	5,675.7	2'071,642	23'148,803
1997	4'128,058	3,531.4	5,885.7	2'148,292	25'297,095
1998	4'280,796	3,662.1	6,103.5	2'227,779	27'524,874
1999	4'439,185	3,797.6	6,329.3	2'310,207	29'835,081
2000	4'603,435	3,938.1	6,563.5	2'395,685	32'230,766

V.C. = Volumen compactado, considerando una densidad de:
0.600 tn/m³ (en el Relleno).

V.C.A = Volumen compactado acumulado

2.04 ZONAS DEL TERRENO UTILIZABLES

Las zonas ó áreas elegidas, así como los métodos constructivos recomendados, han sido determinados en base a la topografía del terreno y a la delimitación de zonas con los depósitos de materiales aprovechables para cobertura del relleno sanitario evaluadas en los Estudios Geotécnicos.

Entre las zonas antes mencionadas, figuran en el plano RS-2, las áreas (1), (2), (3), (4), y (5) que han quedado separadas entre sí, principalmente por la forma del desarrollo de la carretera interna que permite el acceso a los niveles superiores de la quebrada "campana"; con las pendientes máximas permisibles para el tránsito de vehículos pesados, como son las unidades madrina, y también, porque éstas áreas permiten la extracción de material de cobertura que están conformadas principalmente por depósitos del Cuaternario aluvial (gravillas, gravas, piedras y valones en matriz areno-limosa). Estas áreas serán utilizadas para el relleno sanitario por el método de Trinchera Progresiva.

Las áreas exteriores a las mencionadas anteriormente, y que figuran en el Plano RS-2 como 1A, 2A y 5A, representan depósitos del cuaternario aluvial de muy poca profundidad, con predominio de bolones y rocas a poca profundidad, por lo que sólo son aptas para ser utilizadas por el método de "Rampas Progresivas, debiendo transportarse el material de cobertura de las zonas colindantes respectivas: (1), (2), y (5).

Igualmente las zonas (3 A)y (4 A), presentan de pósitos del cuaternario eólico (arenas) principalmente, con una potencia ó espesor menor que 1 m. de bajo del cual no se puede excavar por ser material rocoso, por lo que en éstas zonas se empleará el método de relleno sanitario de " Rampas Progresivas " retirando previamente el material eolico, que se utilizará como material de cobertura.

2 .05 METODOS CONSTRUCTIVOS APLICABLES

2 05.1 Método de "Trinchera Progresiva" - Fig. N°1
Este método se ha elegido para las zonas (1) (2),(3)(4)y (5)(Plano - RS-2) donde - el terreno tiene material de cobertura, aprovechable mediante excavación; y siendo que el terreno tiene una pendiente del orden del 10%, la excavación se hará progresivamente, desde los niveles inferiores a los superiores: ésta excavación se ha podido realizar con una razante aproximadamente paralela a la superficie original del terreno, pero se ha optado por el sistema de cortes horizontales por tramos (con una altura media de 4 5 Om.), con el objeto de asegurar la estabilidad de la construcción y por que de ésta manera se podrán formar celdas completas, de altura estandard, desde los niveles de contacto con la razante del corte, hasta los últimos niveles, optimizándose el uso del material de cobertura.

RELLENO SANITARIO CONO NORTE ZAPALLAL

METODO DE TRINCHERA PROGRESIVA

ESQUEMA - CORTE TIPO TP

LEYENDA

----- Perfil del terreno natural

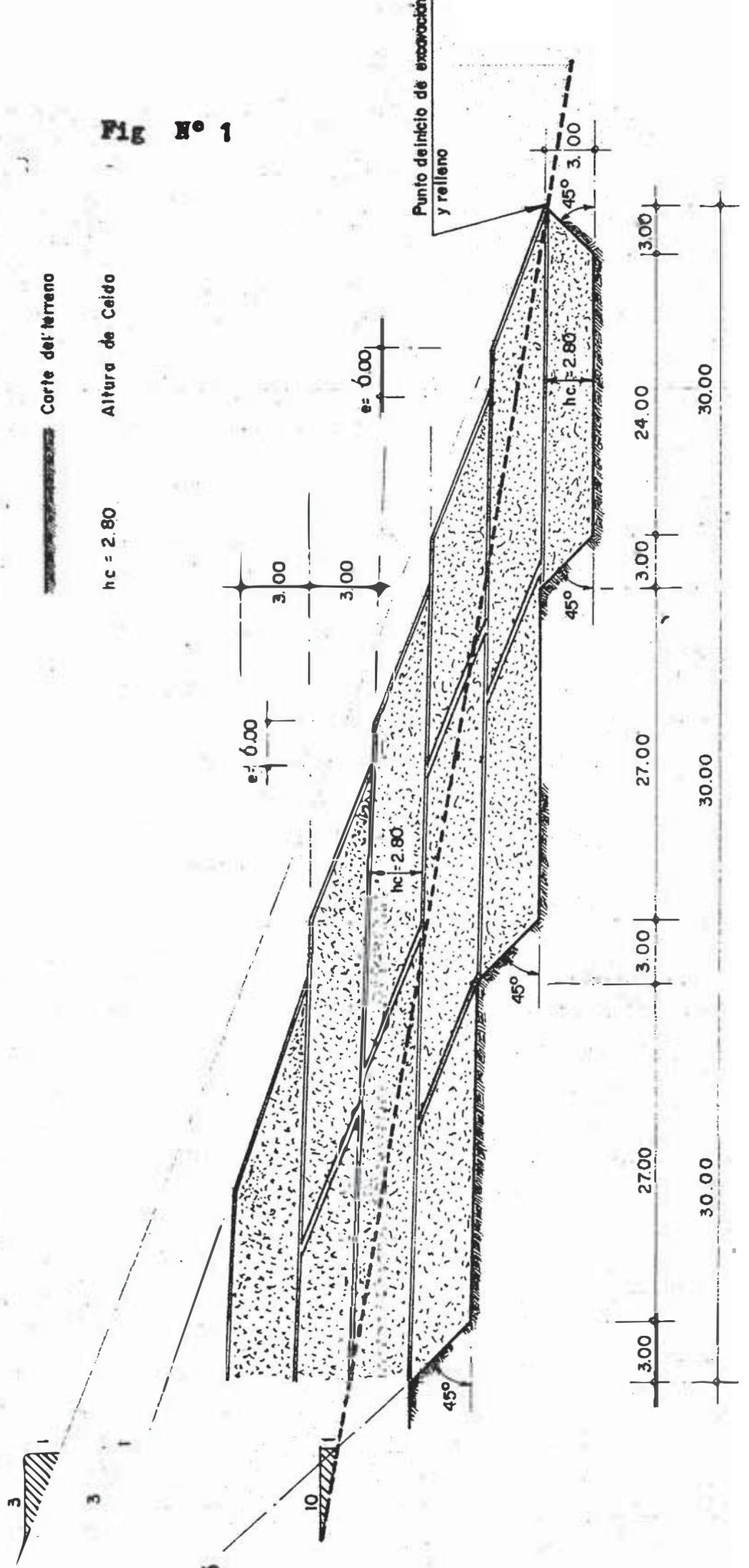
==== Material de Recubrimiento 0.20 mf.

==== Corte del terreno

hc = 2.80 Altura de Cejido

hc = 2.80

Fig N° 1



Los trabajos se iniciarán desde la cota inferior de cada zona (1) (2) (3) (4) y (5), con la excavación de la trinchera de 3m. de profundidad y 24 m. de ancho en la base, con taludes de 45° *, siguiendo aproximadamente las curvas de nivel (horizontal) entre los límites de las zonas indicadas, en el plano RS-2 ó pegándose más hacia los cerros si el terreno permite continuar con la excavación.

Luego se procederá con el trabajo de formación de las celdas, mediante la compactación de la basura en camadas de 15 cm., en rampas de inclinación 1:3, es decir, 2.80 m. de altura por 8.40 m. de avance.

La superficie de la celda así formada se cubrirá con el material excavado, retirando previamente las piedras y bolones mayores de 3"), en un espesor de 0.20 m., que deberá también ser compactada.

Para el segundo nivel, se continuará el trabajo de excavación (corte) del terreno, siguiendo el nivel del plano anteriormente formado, con una longitud promedio de 27 m. en la base, talud de 45° y toda la amplitud de la zona, siguiendo las curvas de nivel, con ésta excavación se dispondrá de una nueva plataforma en la que podrá formarse nuevas celdas, recomendándose la construcción de éstas, unas al lado de las otras, pegándose al talud, para posteriormente, formar nuevas celdas sobre las construídas en el primer nivel.

Para el tercer nivel y los sucesivos niveles superiores, el procedimiento a seguirse, es el mismo que el indicado para el segundo nivel.

* Talud recomendado en los estudios geotécnicos del terreno.

La construcción de las celdas en las plataformas de los niveles superiores se harán siguiendo las curvas a nivel mostradas en el plano del Relleno Sanitario concluido (Plano RS-3).

Parte del material removido en las excavaciones de las Trincheras de los niveles inferiores será utilizado para cobertura ó en capsulamiento de las celdas, debiendo transportarse el material restante (aprovechable para fines de cobertura), a los niveles superiores de cada zona, para su posterior utilización, esto es así, por que las excavaciones en los niveles inferiores superan las necesidades de material de cobertura, mientras que, en los niveles superiores se tienen plataformas cada vez más grandes con capacidad para la formación de cada vez mayor número de celdas, siendo superior la demanda de material de cobertura al obtenido por las excavaciones en dichos niveles.

Para el presente método de relleno sanitario, se ha considerado que el material de cobertura disponible en la quebrada Campana y Carabayllo se encuentra distribuída en las capas superficiales presentándose el inconveniente que a mayores profundidades de excavación, se encuentran piedras y bolones en una mayor proporción, especialmente en las áreas de los niveles superiores de la quebrada.

En la fig. N°1, se observa que la longitud de corte LC = 27.0 m. debido a que la pendiente del terreno considerada es del 10%, pero como la pendiente real del terreno es variable, aproximadamente entre.

.....el 8.5% y el 11 %, a continuación se presenta un cuadro como guía para las longitudes de corte que deberán tomarse en el terreno en función de las pendientes locales:

S %	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0
Lp (m)	35.3	33.3	31.6	30.0	28.6	27.3
Lc (m)	32.3	30.3	28.6	27.0	25.6	24.3

Donde:

Lp = Longitud Proyectada (horizontal) en metros.

Lc = Longitud de corte (horizontal), en metros.

H = Altura total de celda igual a 3.00 m.

S = Pendiente de la superficie del terreno

$$Lp = H/S$$

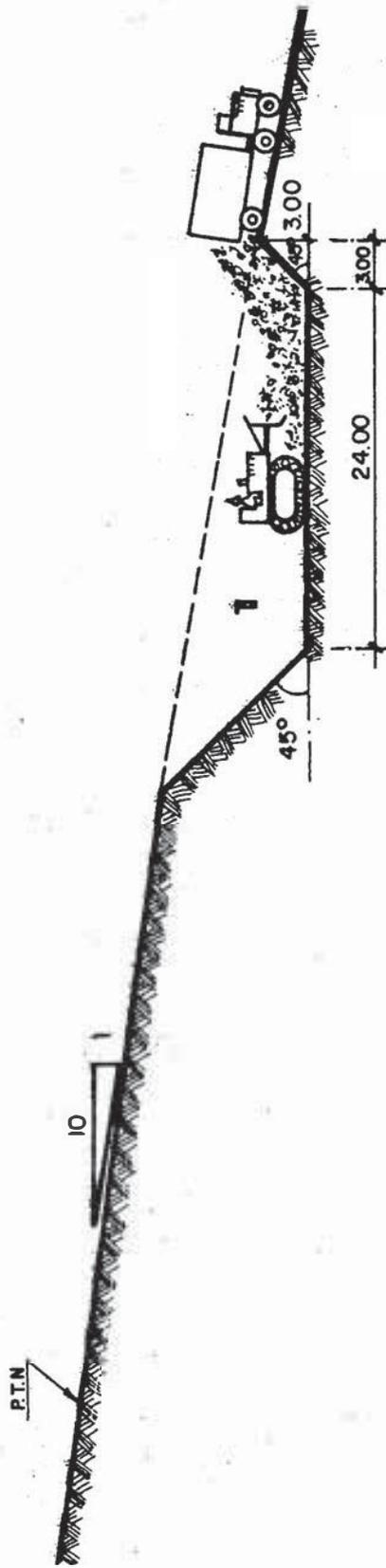
$$Lc = Lp - H$$

Ejemplo: para S = 10%

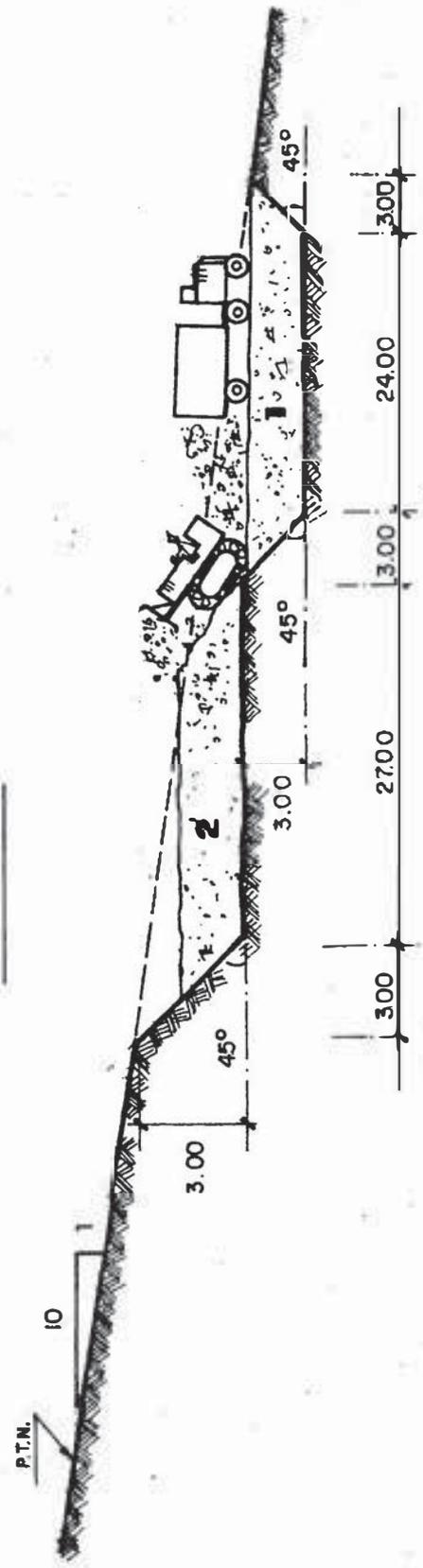
$$Lp = \frac{3m}{0.10} = 30.0$$

$$Lc = 30.0 - 3.0 = 27.0 \text{ m.}$$

**PASOS PARA LA EJECUCION DEL RELLENO SANITARIO CON
FORMACION DE PLATAFORMAS - HORIZONTALES
ESQUEMA DE CORTE TRANSVERSAL**



NIVEL 1



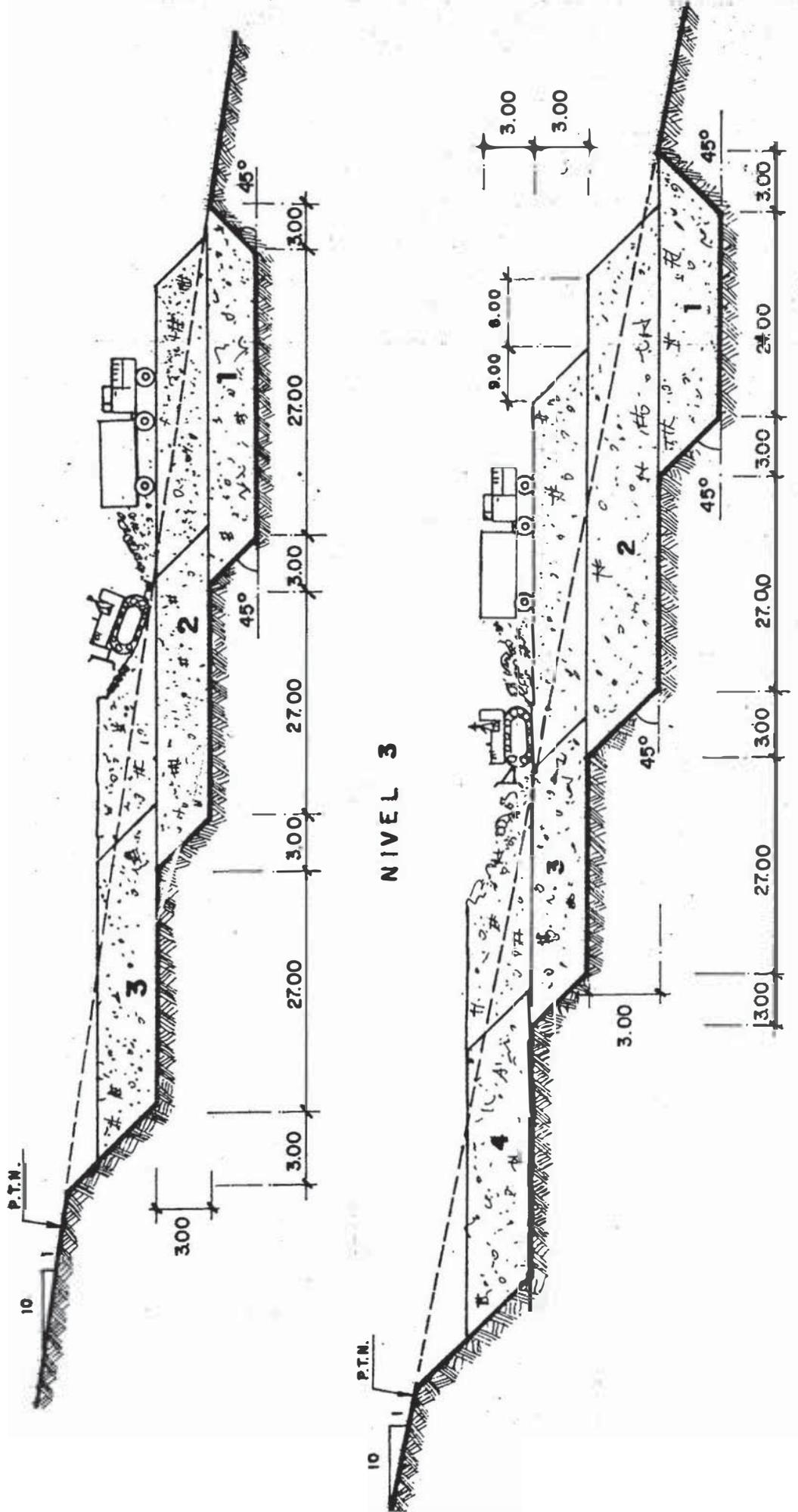
NIVEL 2

Fig N° 1A

PASOS PARA LA EJECUCION DEL RELLENO SANITARIO CON FORMACION DE PLATAFORMAS - HORIZONTALES

ESQUEMA DE CORTE TRANSVERSAL

Fig No 1B



2.05.2 Método " Rampa Progresiva" - Fig N° 2

Este método es similar al anteriormente descrito, en cuanto a la construcción de las celdas y formación de plataformas sucesivas, desde los niveles inferiores hasta los últimos de cada zona.

Con la diferencia de que no podrá realizarse la excavación como en el método de Trincheras Progresivas por que las zonas (1A), (2A), (3A), (4A), y (5A) no permiten la excavación y, a lo sumo presentan una ligera capa superficial de material eólico (arenas) como en el caso de la zona (3 A), que se retirará para su utilización como material de cobertura.

Las zonas (1A), (2A), (3A), (4A) y (5A), son coincidentes a las zonas (1), (2), (3), (4), y (5), respectivamente, por lo que el relleno sanitario en las primeras, se hará paralelamente al de las zonas (1) al (5), conforme se incremente lateralmente, en los sucesivos niveles, el relleno sanitario del tipo " Trinchera Progresiva".

RELLENO SANITARIO
CONO NORTE
ZAPALLAL

METODO DE RAMPA PROGRESIVA
ESQUEMA - CORTE TIPICO RP

LEYENDA

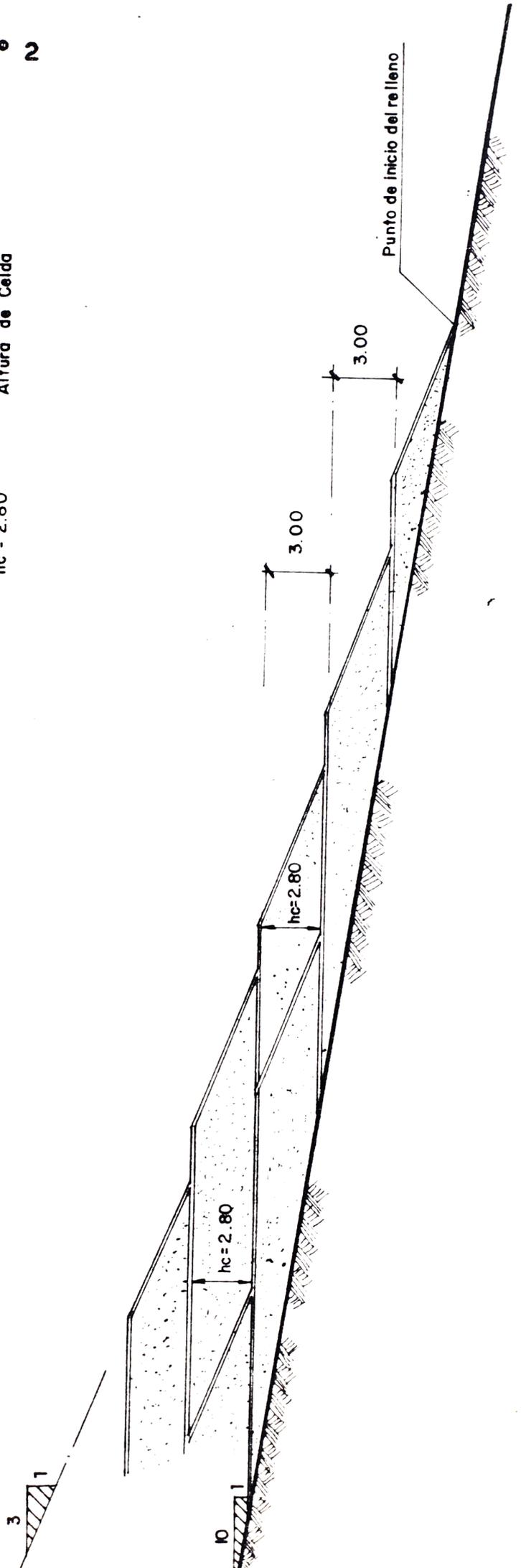
==== Material de Recubrimiento 0.20m.

/// Corte del terreno

hc = 2.80

Altura de Celda

Fig No 2



2.06 CONSTRUCCION POR ZONAS

Como se ha mencionado anteriormente (acápite 2.04) el terreno del relleno sanitario ha quedado dividido en zonas, en función de la carretera de acceso y de los depósitos de materiales distribuidos en la quebrada, las que están numeradas del (1) al (5) en orden de prioridad de ejecución (como se puede ver en el plano RS-2).

La zona (1), ubicada en la parte superior de la quebrada " Carabayllo", entre las costas 320 y 380, será utilizado para el relleno sanitario por el método de " Trinchera Progresiva", y al mismo tiempo la zona (1A), ubicada hacia el Este, deberá aprovecharse para el relleno sanitario por el método de " Rampa Progresiva ".

Sería conveniente iniciar el trabajo de relleno sanitario en la zona (2) y (2A) de la quebrada " Campana", antes de que las plataformas formadas con el relleno sanitario en la zona (1) y (1A) superen la cota 360 con el fin de poder formar plataformas mucho más amplias e integrar estas dos zonas, por encima de la cota 360 (Plano RS-3).

Luego de utilizadas las zonas (1) y (2) para el relleno sanitario, hasta los niveles superiores, donde el material de cobertura empieza a ser insuficiente, se pasará a la zona (3), donde se ejecutará el relleno sanitario por el método de Trinchera Progresiva; en el lado Oeste se encuentra la zona (3A)....

..... que será utilizada al mismo tiempo que la zona (3) pero por el método de "Ranpa Progresiva". El excedente de material de cobertura, excavado en la zona (3), puede ser transportado a las zonas (1) y (2) para continuar el relleno sanitario en éstas, las zonas (4) y (4A) serán utilizadas para relleno sanitario por los métodos de Trinchera Progresiva y Rampa Progresiva respectivamente, tomándose las mismas consideraciones que para las zonas (3) y (3A).

Las zonas (5) y (5A), serán las últimas en ser utilizadas para el relleno sanitario, con el fin de poder aprovechar un volúmen considerable, al bloquear la carretera de bajada ubicada lateralmente al Este de la zona (Plano RS-3) bloqueo de esta ruta que no convendría mientras tenga que transitarse a las zonas superiores. Las zonas (5) y (5A) se utilizarán por los métodos de Trinchera Progresiva y Rampa Progresiva respectivamente.

2.07 DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCION DE CELDAS

2.07.1 Dimensionamiento

Se denomina celda, al volúmen de residuos sólidos, que habiendo sido debidamente compactado queda encapsulado entre material de cobertura, por todos sus lados ó flancos. El volumen de las celdas irá incrementándose de acuerdo a la variación de volúmenes de producción diarias (Cuadro N° 2), por lo que las áreas que ocupen serán incrementadas, ya que la altura estandar de las celdas es de 2.80 m.

Para minimisar el volumen de material de cobertura, las celdas tendrán el volúmen de la producción de un día --- con longitudes de ancho y avance iguales, es decir tendrá como base una cuadrado de lado "e":

$$e = \left(\frac{V.C.}{hc} \right)^{1/2}$$

V.C = Volumen compactado (m³/ día), del cuadro N° 2.

hc = Altura de celda = 2.80

Para los años 1983 y 1995 se tendrán celdas de lado:

$$e_{1983} = \left(\frac{3539.1 \text{ m}^3}{2.80 \text{ m.}} \right)^{1/2} = 35 \text{ m.}$$

$$e_{1995} = \left(\frac{5473.2 \text{ m}^3}{2.80 \text{ m.}} \right)^{1/2} = 44 \text{ m.}$$

En el primer nivel del relleno sanitario las longitudes de ancho y avance de las celdas necesariamente estará en función de la sección de la excavación ó trinchera, recomendándose que esta sección sea trapezoidal con cortes del terreno a 45°, para asegurar su estabilidad, por lo que la longitud de avance "e_o" será:

$$e_o = \frac{V.C}{\text{Area de la Sección}}$$

Para el año 1983, se tendrán celdas en el 1er. nivel de longitud:

$$e_o \text{ 1983} = \frac{2 \times 3539.1}{(24 + 30) \times 2.80} = 47 \text{ m.}$$

Las celdas del segundo nivel y las de los niveles superiores serán aproximadamente de igual volumen y forma, siendo éstas prismáticas teniendo como base un cuadrado de lado "e" (calculado anteriormente).

Las celdas que se construyan en los extremos de las plataformas, se alejarán una distancia de 6 m. del borde de la plataforma que sirve como base, pudiendo en estos casos resultar celdas de base rectangular; y en los extremos de contacto con las laderas, las celdas se acomodarán a la superficie de estas.

2.07.2 Construcción Fig N° 3

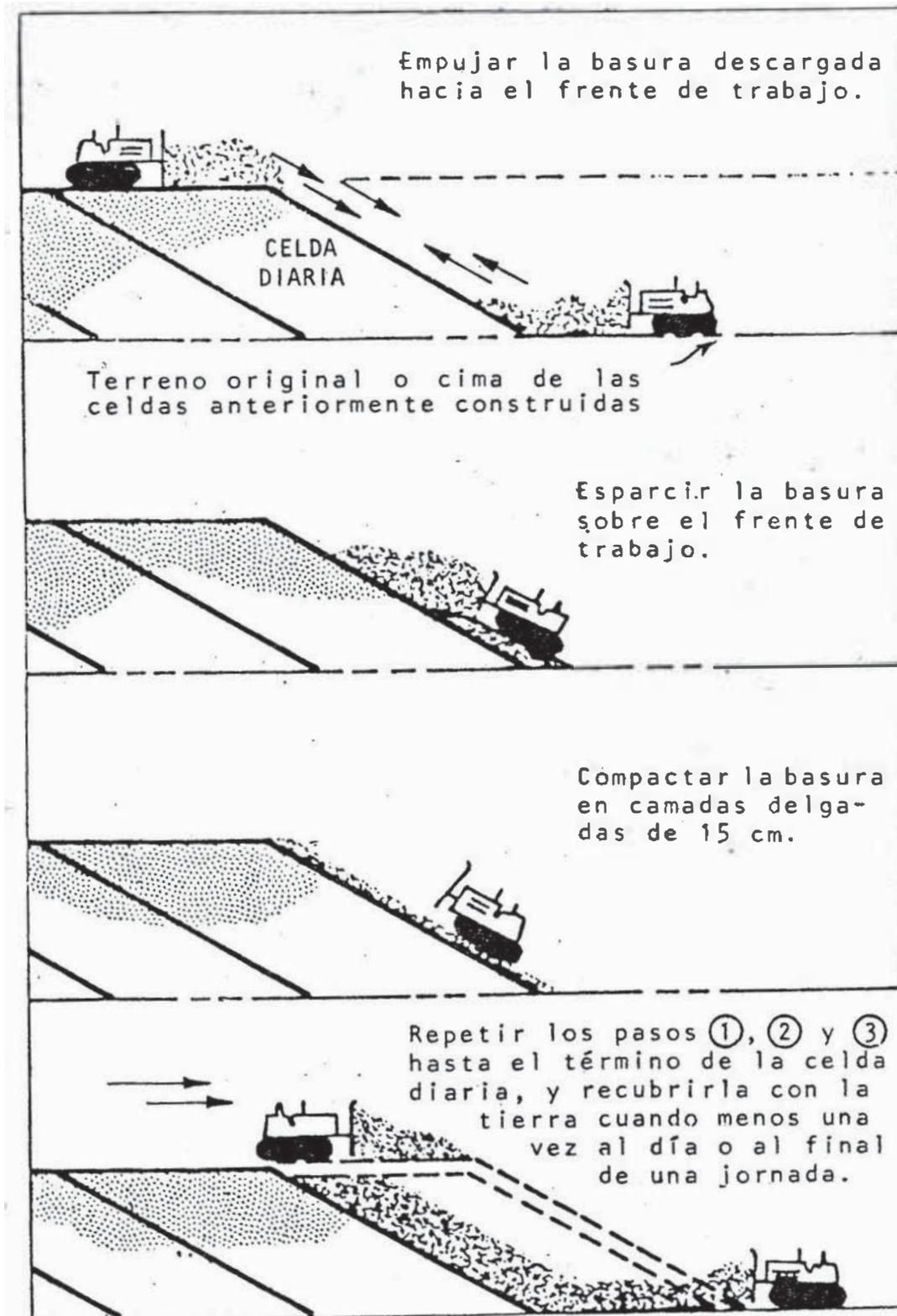
La construcción de las celdas, se hará siguiendo los pasos de la fig N° 3 y las aclaraciones siguientes:

- Se esparcirá la basura en capas sucesivamente superpuestas de 20 a 30 cm. con un " Bulldozer " ó compactador especial, de manera que sea despedazada y compactada con relativa uniformidad, hasta alcanzar la altura prevista para la celda que es de 2.80 m. Sobre cada camada el tractor debe pasar de 4 a 6 veces para obtener una buena compactación.

- El esparcimiento y compactación de la basura se hará con pendiente 1:3 (altura: avance), consiguiendo de esta manera mayor compactación, menor consumo de material de cobertura, mejor contención y mayor estabilidad del relleno; este resultado se obtiene cuando la máquina empuja la basura de abajo hacia la cima, debido a la suma de los efectos....

Fig N° 3

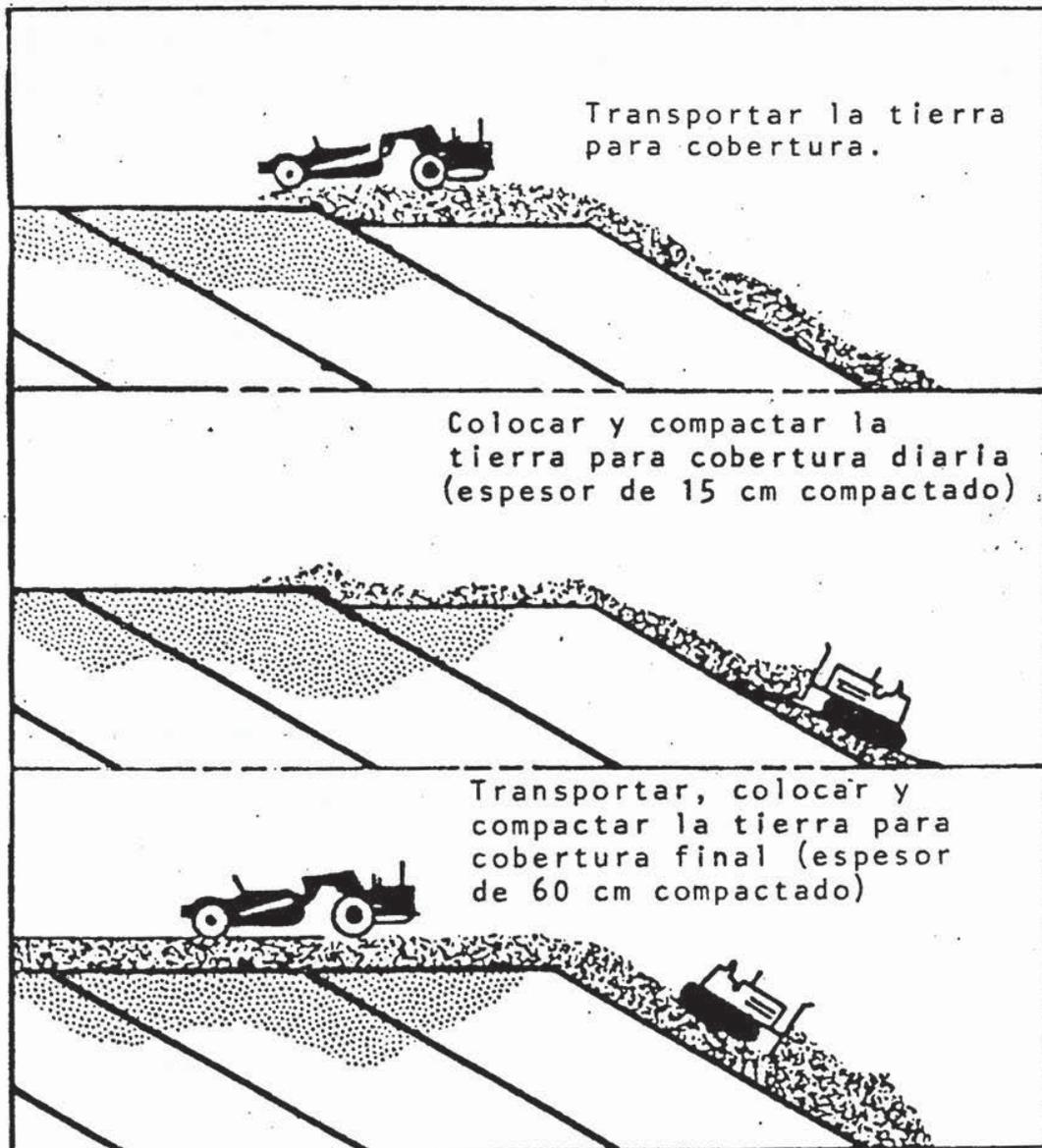
CONSTRUCCION DEL RELLENO SANITARIO



Españar y compactar los residuos.

Fig N° 3A

CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO



Cubrir con tierra.

.....de la tracción y peso de la máquina, concentrados en la parte posterior de la misma, en la rampa. Las celdas que por su posición particular, en el avance del trabajo, presenten 2 o 3 frentes, deberán igualmente ser compactadas.

Para concluir con la construcción de las celdas, se recubren éstas con una capa de tierra (de 0.20 m. de espesor) esparcida y compactada de la misma forma que la basura.

Las superficies de las celdas que no queden como intermedias, recibirán como acabado superficial una capa de tierra (cerca de 0.40 m.), superpuesta a la cobertura normal de las celdas (0.20 m.) debiendo también ser compactada.

2.08 DETERMINACION DE LA VIDA UTIL

Del total de la superficie del terreno (220 ha) para el relleno sanitario, de las cuales 70-ha. serán utilizadas mediante el método de " Trinchera Progresiva " ó excavación progresiva y las restantes 30 por el método de " Rampa Progresiva"

Casi en su totalidad, el material de cobertura será obtenido de las zonas (1) al (5) (Plano RS-2) destinadas al relleno por el método de Trinchera Progresiva, con una superficie total de 70 Ha. y una excavación promedio de 4.50 m. de altura, dando un total de movimiento de tierras de 3.15 millones de metros cúbicos de los cuales..

....aproximadamente el 70% (2'205,000 m³) es aprovechable como material de cobertura (desechando las piedras y bolones - material mayor de 3")

El material que se requiere para cobertura ó encapsulamiento de las celdas (de 2.80 m. de altura) que se formará con la producción diaria de residuos sólidos y que según el Cuadro N°2 oscila entre 3539.1 m³ en 1983 y 6,563.5 m³ en el año 2000, (para un espesor de material de cobertura final de 0.60 m.) es del orden del 13% en volumen * ; por lo que se tendría material de cobertura suficiente para un volumen total acumulado de residuos sólidos del orden de 19 millones de m³, que comparado con la última columna del cuadro N°2, corresponde al V.C.A. (Volumen compactado acumulado) del año 1994 por lo que la vida útil calculada del Relleno Sanitario sería de 12-años.

* **% promedio de material de cobertura calculado en relación al volumen de residuos sólidos de una celda, construída con la producción de un día.**

+ **Resulta de haber considerado un % de esponja - miento remanente del 12 % estimado del material de cobertura, que al ser compactado en la construcción de dos celdas no llegará a recuperar su densidad original.**

$$(2'205,000 \times 1.12) \times \frac{1}{0.13} = 19' \text{ m}^3.$$

2.09 UTILIZACION FUTURA

Los usos posibles del relleno sanitario, serían el aprovechamiento del terreno para forestación (formación de parques) y la explotación del gas metano.

El mayor problema para la forestación de todo el terreno es, la disponibilidad de agua a precios razonablemente económicos, porque habría que instalar un sistema de bombeo para vencer un desnivel de cerca de 200 m., ubicando un reservorio para almacenamiento de agua en la parte superior del terreno; quedando sólo la zona inferior a la ubicación del reservorio proyectado (junto a las edificaciones), como area aprovechable para forestación.

El aprovechamiento del metano, también llamado biogas ó gas bioquímico, sería el que mejores posibilidades de explotación tenga a mediano y largo plazo como utilización futura del Relleno Sanitario.

2.10 PROCESOS BIOLOGICOS COMPRENDIDOS

2.10.1 Proceso Aeróbico

En el proceso de estabilización del Relleno Sanitario, denominado aeróbico, se tienen subproductos como el agua, dióxido de carbono y calor siendo éste suficiente para elevar la temperatura de la masa a nivel fatal para microorganismos patógenos, huevos y gérmenes.

Puesto que la basura presenta muchos espacios llenos de aire y humedad elevada conteniendo oxígeno disuelto, presenta un ambiente favorable a la actividad de bacterias y otros microorganismos aeróbicos y facultativos que oxidan la materia orgánica con producción de los compuestos antes mencionados, y otros compuestos nitrogenados.

2.10.2 Proceso Anaeróbico

El procesamiento anaeróbico, es más lento disipa poco calor y descompone la materia en compuestos orgánicos más simples - además de minerales - teniendo enorme importancia la producción de metano (CH_4) gas de elevado poder energético ($8,900 \text{ kcal/m}^3$ n).

En la masa de basura el oxígeno se va consumiendo en las reacciones aeróbicas, transformándose en un ambiente favorable a los microorganismos anaeróbicos y facultativos, sobre todo bacterias. Determinados grupos metabolizan las proteínas, los hidratos de carbono y lípidos en un ambiente de elevado contenido de humedad, produciendo ácidos grasos, ácido acético y otros de bajo peso molecular, en la fase denominada por esta razón ácida, reconocida por el bajo PH en el ambiente y por la emanación de gases malolientes como el sulfídrico (H_2S) y mercaptanos.

Sobre los ácidos orgánicos formados actúan metano-bacterias que los descomponen en metano y dióxido de carbono. La disminución del contenido ácido se revela en la elevación del PH, indicador de esta fase importante e inestable, en la cual la acidez ambiental, temperatura y presencia de sustancias tóxicas (residuos químicos y oxígeno) afectan mucho la productividad metanogénica.

Los procesos biológicos generan dos productos importantes : el metano (biogas o gas bioquímico) y el compostado para suelo agrícola.

2.11 RECUPERACION DE BIOGAS

El metano resulta del proceso anaeróbico ya descrito. Desarrollándose actualmente la tecnología de construcción y utilización de Biodigestores anaeróbicos que tienen como producto el biogas y por residuo una masa digerida que, reducida en su contenido de humedad a cerca de 40%, es un compostado para uso agrícola. El biodigestor no podría ser alimentado con basura urbana integral, sino sólo con materia orgánica biodegradable.

El relleno sanitario se comporta como un bioreactor donde la producción de metano se torna grande después de la fase aeróbica.

En Rio de Janeiro, Brasil, son extraídos regularmente cerca de 20,000 m³/día de gas, de un relleno donde se acumularon, durante 20 años hasta el año 1970, 15'000,000 m³ de basura en un terreno de 1 km². La captación se realiza a través de 19 pozos

distribuidos en un área de 40,000 m². y el gas es conducido por 4.4. km. de tubería, a una fábrica de gas de nafta, con el cual es mezclado y distribuido a través de la red instalada en la ciudad. Cada pozo tiene una producción de 150 a 300 m³ n/h. de gas con poder calorífico medio de 6,300 kcal/m³ n, gracias a un contenido aproximado de 66% de metano, 33% de bioxido de carbono y 1% de nitrógeno y oxígeno.

Como referencia , el consumo de gas de una familia, en Rio de Janeiro, se estima en 50 m³ n / mes (1.67 m³ n/día), a un costo correspondiente de U.S. \$ 7.00 / mes.

La producción teórica de metano (CH₄), depende de la calidad de basura, pero acostumbra estimarse en alrededor de 0.250 m³n/kg; pudiéndose llegar a captar hasta el 50% de la producción teórica.

La explotación de biogas en el Relleno Sanitario de Zapallal con la construcción de pozos y tuberías colectoras se podría hacer posteriormente previo estudio de factibilidad, siendo por supuesto ideal el que se pudiera hacer la construcción de pozos para drenaje de gases al mismo tiempo que el Relleno Sanitario.

La ubicación recomendable para los pozos es la siguiente:

- En el sentido longitudinal de la quebrada se ubican en los niveles pares: 2,4,6...etc, pegados hacia los cortes (de 45°) del terreno (aproximadamente entre 60 y 70 m).

En el sentido transversal a la quebrada, (en los mismos niveles)se ubicarían dejando una celda (aproximadamente entre 70 y 80 m.)

A medida que el Relleno sanitario se eleva, se incrementará la altura de las chimeneas. Estas se construirán con tubos perforados de PVC (4" a 6") envueltos por un empaque de grava. Los tubos de 6" se utilizarán en la parte central de cada zona, que es donde alcanzará mayor altura el Relleno Sanitario, mientras que los tubos de 4" serán utilizados para la construcción de las chimeneas de poca altura (hasta 12 metros)

2.12 EQUIPOS

2.12.1 Selección de Equipos

El factor más importante en establecer una operación ventajosa de relleno sanitario es la selección de equipo. Ciertos tipos de máquinas funcionan mejor que otras bajo ciertas condiciones específicas. Este hecho ha llevado al desarrollo de una amplia variedad de equipo para uso en terraplenes, de modo que hoy, hay muchos modelos, tamaños y capacidades para escoger.

El tractor de orugas con lámina frontal ("Bulldozer"), es la máquina universal para corte y manipulación de tierra y de residuos sólidos en Rellenos Sanitarios.

Está proyectada para empujar tierra cuya masa específica es de tres a cinco veces superior a la del residuo sólido, pero requiere de algunas adaptaciones para una mayor productividad. La principal es la utilización de una lámina de mayor capacidad como las usadas para empujar carbón. Por medio de barras de acero espaciadas lo suficiente para que la tierra pase entre los vacíos (previniendo una sobre carga al trabajar con tierra) y para no obstruir la visión del operador de la máquina, se puede aumentar la altura de la lámina convencional angulable óptima para cortar y empujar la tierra, en un 50%.

Las zapatas de la oruga deben ser altas para triturar mejor la basura y no deslizarse sobre ella.

La presión ejercida por el tractor sobre el residuo sólido es del orden de 0.5 a 0.6 kg/ cm²., un poco superior a la presión de un hombre sobre un pie. La compactación del residuo sólido depende de esta presión y, sobre todo, de la trituración producida por las zapatas, la cual es satisfactoria sobre una camada delgada de basura.

Las compactadoras para relleno sanitario trituran y actúan sobre la basura con mucha mayor presión puesto que concentran su peso en una pequeña área de contacto con el terreno. Son más rápidas también, sin embargo sufren deslizamientos cuando operan en pendiente y el residuo sólido es húmedo.

2.12.2 Especificaciones

En folletos editados por fabricantes encontramos especificaciones y rendimientos. Se puede observar que el rendimiento operacional en el trabajo con residuos sólidos es superior al indicado en los folletos para tierra, como se puede apreciar a través de los siguientes datos obtenidos en relleno sanitario en Río de Janeiro:

- Máquina: Caterpillar D 6 C (Brasil)
142 CV. en el volante - 14,200 Kg. c/
lámina 6A - Angulable- 3,390 x 910 m.m.
- Producción media en ocho meses: 218.6 m³/h.
(aproximadamente 50 Tn basura/hora productiva).
- Consumo de petróleo Diesel : 17 a 20 l/h.

Para definir el tamaño y la cantidad de máquinas es necesario considerar:

- Volumen de residuo sólido a ser movido por día y cantidad que ingresa a la hora pico.
- Distancia del residuo sólido descargado al frente del trabajo.
- Posibilidad de utilizar las máquinas operadoras para corte de tierra y otros servicios auxiliares en horarios ociosos.

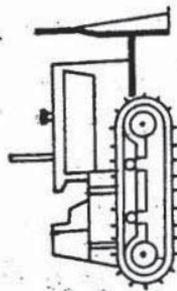
En el cuadro adjunto de TIPOS FUNCIONES Y USOS DE EQUIPOS PARA RELLENOS SANITARIOS, se muestran diferen

Fig N° 4

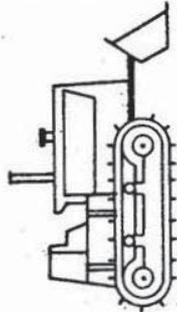
TIPOS, FUNCIONES Y USOS DE EQUIPOS PARA RELLENOS SANITARIOS

BASURAS		MATERIAL DE COBERTURA			
COLOCACION	COMPACTACION	EXCAVACION	COLOCACION	COMPACTACION	TRANSPORTE
E	B	E	E	B	NA
B	B	E	B	B	NA
E	B	L	E	B	NA
B	B	L	B	B	NA
E	E	M	E	E	NA
NA	NA	B	E	NA	E
NA	NA	E	L	NA	NA

E = EXCELENTE B = BUENO L = LIMITADO
M = MALO NA = NO APLICABLE



CRAWLER DOZER



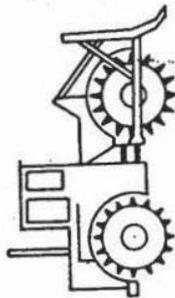
CRAWLER LOADER



RUBBER-TIRED DOZER



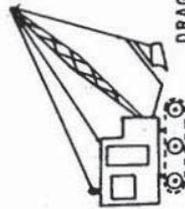
RUBBER TIRED LOADER



COMPACTOR



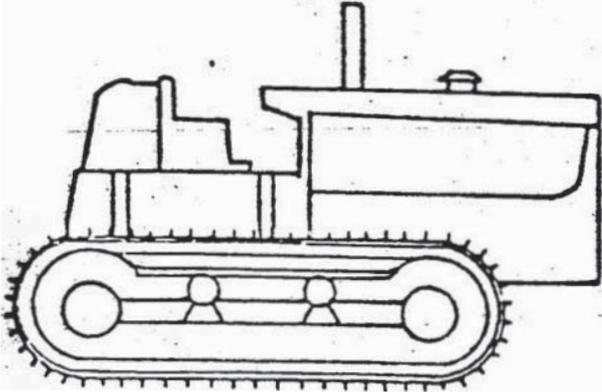
SCRAPER



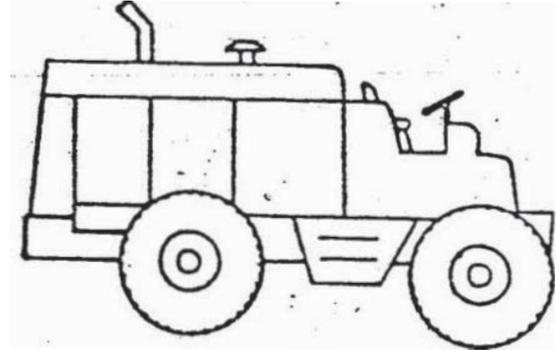
DRAGLINE

EQUIPOS MAS USADOS EN RELLENOS SANITARIOS

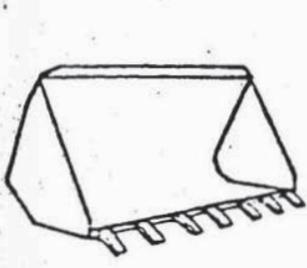
ACCESORIOS DELANTEROS



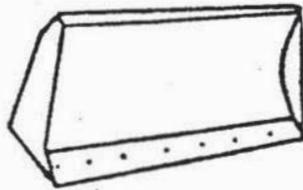
TRACTOR DE ORUGA



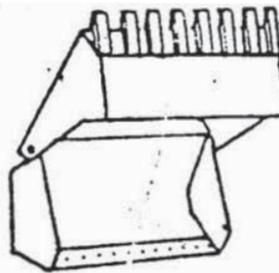
TRACTOR DE RUEDAS



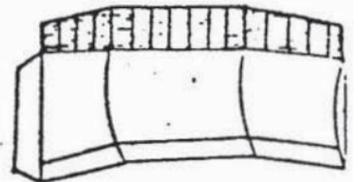
CUBETA



PLACA DE EMPUJE
(standard)



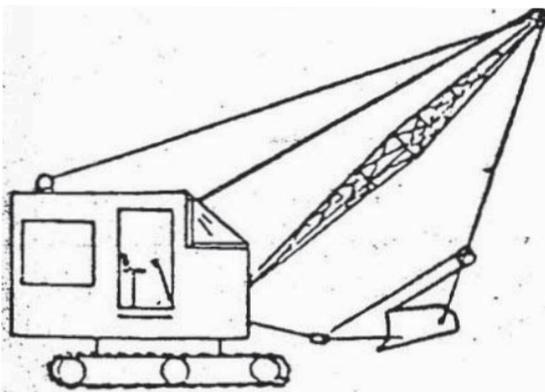
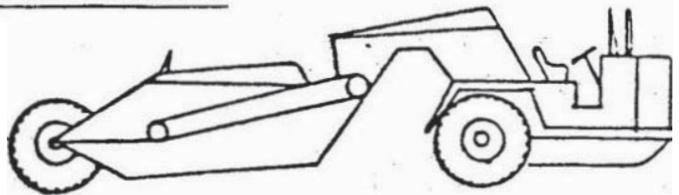
CUBETA DE USO
MULTIPLE



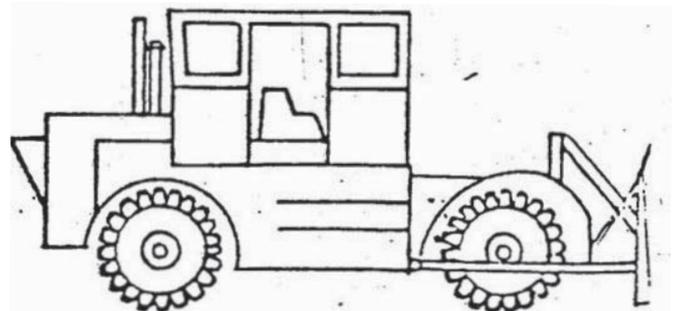
PLACA DE EMPUJE
DE BASURAS

EQUIPO ESPECIALIZADO

RASPADORA CON
TRAILLA



DRAGA
(PALA MECANICA)



TRACTOR CON RUEDAS COMPACTADORAS DE
ACERO Y PLACA DELANTERA PARA BASURAS

tes equipos y su grado de aplicación para la ejecución de trabajos de colocación y compactación de basuras, así como para excavación, colocación, compactación y transporte de material de cobertura.

Con la producción de Residuos Sólidos y el rendimiento especificado de 50 Tn de basura/ hora productiva, para el Tractor D C6 - CATERPILLAR de 142 C.V. se estima el número de horas máquina por día, requerido hasta el año 1994.

AÑO	PRODUCCION (Tn/día)	HORAS MAQUINA (Hr/día)	Nº de MAQUINAS (*)
1983	2,123.5	42.5	3.9
1986	2,368.0	47.4	4.3
1990	2,738.4	54.8	5.0
1994	3,166.4	63.3	5.8

* Considera: Turno y medio (11 horas productivas).

De acuerdo a lo calculado en el cuadro anterior, se tendrá la necesidad de implementar el número de horas-máquina para atender la producción creciente; lo que podría conseguirse con la implementación de tiempo adicional de trabajo (diario) de cada máquina o en su defecto con la adquisición de nuevas unidades.

Por tratarse de un trabajo que tiene que estar muy bien ejecutado dificultándose el control del trabajo nocturno (con poca iluminación) y riesgo de accidentes, es preferible la alternativa de adquirir nuevas unidades.

PERIODO	N° DE TRACTORES
1983 - 1986	4
1987 - 1990	5
1991 - 1994	6

* Los tractores de orugas, realizarán los trabajos de:

- Excavación de material de cobertura y habilitación de trincheras (1 tractor).
- Construcción de celdas (3 tractores)
 - Colocación y compactación de residuos sólidos.
 - Colocación y compactación de material de cobertura.

* Debido a que el material de cobertura, en determinado momento, deberá ser trasladado hasta varios cientos de metros, será necesario adquirir una unidad del tipo SCRAPER (Excavadora - Transportadora). Esta unidad, también puede realizar trabajos de excavación y colocación de material de cobertura con bastante eficiencia.

* Además será necesario un carro-tanque, provisto de manguera y aspersores, destinado para controlar el polvo en las vías de acceso y proporcionar la humedad adecuada para la compactación del residuo sólido y material de cobertura en la construcción de celdas.

2.12.3 Mantenimiento de Equipos

El control de operación, consumo, ocurrencia de defectos y quiebras, sustitución de piezas y otros servicios mecánicos y eléctricos debe estar organizado y provisto de datos valiosos para la evaluación del desempeño y para el mantenimiento de equipos.

El mantenimiento se clasifica en preventivo y correctivo. El primero se planifica mediante instrucciones del fabricante y la historia obtenida en el control de operación y mantenimiento de la máquina. En cuanto al preventivo, se realiza en el propio R.S. El mantenimiento correctivo podrá exigir recursos de taller externo especializado.

Todo mantenimiento depende esencialmente del abastecimiento de materiales, se deberá tener presente, la previsión de piezas, lubricantes, combustibles y otros materiales que deben estar disponibles en el depósito, del relleno sanitario.

El material rodante de las máquinas debe limpiarse diariamente, raspándose los residuos acumulados en las orugas, rodetes y carcasas. Los neumáticos deben limpiarse y su presión regularse conforme lo indique el fabricante.

La limpieza de los radiadores y sus rejillas puede efectuarse diariamente con aire comprimido ó chorro de agua.

Los operadores deben instruirse para evitar curvas cerradas y desplazamientos de la máquina a alta velocidad, sobre todo en retroceso.

Los tractores de oruga alcanzan una vida útil de 25,000 horas en RS con los cuidados arriba recomendados y la sustitución periódica de las zapatas (cada 1,400 horas), pines y tapones (cada 2,800 horas) segmentos de la rueda motriz (cada 3,500) y todo el material rodante cada 10,000 horas. Es usual la sustitución por piezas recuperadas mediante soldadura eléctrica (variando los períodos señalados) y en este caso lo principal es la selección del electrodo.

Las máquinas con neumáticos no son muy recomendables para el movimiento de residuos sólidos, debido a las frecuentes paralizaciones por daños causados por los materiales de la basura, además de tener bajo rendimiento debido a que se deslizan sobre la basura.

Existen protectores especiales de acero, en forma de mallas ó bandas dentadas que se ligan a los neumáticos cubriendo toda la parte expuesta, como también existen ruedas de caucho maciso para máquinas.

Un estudio técnico económico mostrará la conveniencia de tales adaptaciones ó la sustitución de la máquina de neumáticos por una de orugas.

2.13 OBSERVACIONES CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El terreno destinado a la Planta de Disposición Final de Residuos Sólidos - " El Zapallal ", comprende la quebrada Campana, y parte de la quebrada Carabayllo (zona superior) siendo que ésta quebrada tiene buena calidad y cantidad de material de cobertura (utilizable para fines de Relleno Sanitario), y ser un terreno erizzo colindante con la quebrada Campana debería conseguirse su adjudicación al Concejo Provincial de Lima, para implementación de una segunda etapa de la Planta, aprovechándose de éste modo la infraestructura proyectada en la quebrada campana, consiguiéndose en última instancia un mayor tiempo de vida útil de la Planta (estimada en un mínimo de 25 años).
- De concretarse la adjudicación de la quebrada Carabayllo, el acceso a ésta sería a través de la quebrada Campana, ingresándose a la quebrada Carabayllo por su parte superior, por lo que en éstas condiciones debería quedar pendiente la construcción del Relleno Sanitario en la zona (1) (Ver plano RS-2), para su posterior utilización, integrada a la quebrada Carabayllo, donde la Construcción del Relleno Sanitario sería de aguas abajo hacia aguas arriba.
- Sería recomendable la realización de un estudio de Factibilidad técnico-económico, para el aprovechamiento del terreno con el doble propósito de explotación de material de construcción y Disposición de Residuos Sólidos.

- Se ha observado que la separación de materiales, especialmente los desperdicios, es realizado durante la operación de recojo, en los vehículos de recolección de basura *, que tienen un destino (criadero de chanchos) que no es precisamente el Relleno Sanitario, por lo que de continuar con esta modalidad durante la operación del R. S. en la Planta, la producción y recuperación de biogas sería mucho menor que la esperada.

Por lo expuesto anteriormente se puede concluir que será indispensable un estudio de factibilidad técnico económico para la explotación de biogas en la Planta.

* Compactadores, volquetes y camiones.

BIBLIOGRAFIA

- Simposio Regional sobre Desechos Sólidos (Organización Panamericana de la Salud - Organización Mundial de la Salud) - 1978.
- Disposición Final de Residuos Sólidos (Programa Regional OPS/E HP/CEPIS) Manual de Instrucción - por Ing° José Felicio H. Mayo - 1981
- Guía de Prácticas Recomendadas para Rellenos Sanitarios- Traducción del Inglés por el CEPIS - OPS/OMS Oficina Regional para Europa - 1972.
- Eliminación de Basuras y el Control de Insectos y Roedores - OPS/ OMS - Diciembre 1962.
- Manual del Curso sobre Recolección y Disposición Final de Basuras. (Dpto. de Ingeniería Sanitaria - Universidad Central de Venezuela) - 1970.
- Aseo Urbano - Ing° Alejandro Vincés A.
- Análisis y Necesidades del Servicio de Aseo Urbano de Lima Metropolitana - Municipalidad de Lima - Dic 1981.
- Censo de 1981 - Instituto Nacional de Estadística.

- Evaluación y Optimización de los Servicios de Aseo Urbano de la ciudad de Chiclayo.

Estudio realizado por: Ing° A. Navarro Palma.

- Estudio Geotécnico del Terreno para el Relleno Sanitario del Zapallal por: Oscar Maggiolo R. - Hugo Jaen L. - Ingenieros Asociados.

Plano Topográfico Oficial del Terreno Adjudicado a la Municipalidad, en Zapallal.

Preparado para Invermet por: Ing° Juan Lituma Portocarrero - Setiembre de 1981.

- Estudio Integral sobre Recolección y Disposición Final de los Residuos Sólidos del Estado de Nueva Esparta - Por Ing° Jorge Blanco Faour y Colaboradores.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables - Caracas, Venezuela - 1979

CAPITULO III .

INSTALACIONES SANITARIAS

3.00 INSTALACIONES SANITARIAS

3.01 INTRODUCCION

El Proyecto de Instalaciones Sanitarias para la Planta de Disposición de Residuos Sólidos del Cono Norte de la Ciudad de Lima " El Zapallal" comprende el diseño a nivel de ejecución de obras del sistema de abastecimiento de agua, para consumo humano, lavado de vehículos, riego de áreas verdes; y el sistema de disposición de aguas servidas.

La posibilidad de abastecimiento de agua, de la tubería de conducción que pasa delante del terreno, ha quedado descartada, debido a que dicha línea, conduce un caudal deficitario para el balneario de Ancón, y conocidos los problemas asociados a la escases del líquido elemento en el balneario, se ha optado por utilizar el acuífero subterráneo de la zona, como fuente de abastecimiento, mediante la perforación de un pozo tubular garantizándose de este modo las futuras necesidades de agua de la Planta.

La disposición de aguas servidas se hará por medio de un sistema de tanques sépticos y pozos de percolación, ubicados cerca de las zonas de servicio, habiéndose realizado pruebas de percolación del terreno para el dimensionamiento de los pozos.

Las instalaciones sanitarias interiores se han diseñado en base a los ambientes, instalaciones y servicios requeridos para el normal funcionamiento de la Planta, en condiciones sanitarias aceptables.

3.02 DOTACIONES Y CONSUMOS

Básicamente se presentan tres tipos de requerimientos que son los siguientes:

- Consumo Humano:

Comprende el abastecimiento de agua para la casa del guardián, baños de oficinas y los servicios higiénicos para el personal técnico y obrero.

Las instalaciones han sido proyectadas para dar servicio a 60 personas, por lo que se tendría un consumo de:

60 pers x 100 l/per/día 6,000 l/día.

- Lavado de vehículos

La demanda diaria de agua por este concepto estará en función al número de vehículos que ingresen a la Planta diariamente, y a su vez dicho número de vehículos deberán ser los requeridos para el transporte de los residuos sólidos producidos en el área de influencia de la Planta (Cono Norte de la Ciudad de Lima), ya sea por medio de unidades tipo Madrinas desde la Planta de Transferencia ubicada cerca de la plaza de Acho, o por medio de camiones compactadores desde los distritos próximos a la Planta.

El lavado de los vehículos, se hará en forma rápida, sólo con el objeto de limpiar los residuos líquidos que hayan quedado en las cabinas de transporte, evitando de ésta manera su descomposición y producción de mal olor.

El lavado se realizará por medio de un chorro a presión con un gasto aproximado de 0.5 lps y un tiempo de 4 minutos, por lo que se requeriría de 120 litros para unidades tipo Madrinas y un volumen menor para vehículos más pequeños (camiones, compactadores u otros).

Del cuadro N°2 : " Proyección de la Producción de Residuos Sólidos para el Cono Norte de la Ciudad de Lima ", se observa que para el final del período de diseño (1994), se tendrá que transportar un total de 3166.8 tn/día, por lo que un número de vehículos equivalente a 132 Unidades Madrina (U.M.), ingresarían diariamente a la planta; con una demanda de agua de:

$$132 \text{ UM/día} \times 120 \text{ l/UM} = 15,840 \text{ l/día.}$$

- Riego de áreas verdes

Se han ubicado puntos de agua para riego con mangueras de 30 m. de longitud y una pulgada de diámetro para las áreas verdes (jardines) próximos a las edificaciones.

Así mismo se ha previsto dos salidas para el riego de áreas verdes y forestación a lo largo del cerco delantero de la Planta y a ambos lados de la puerta de Ingreso, teniendo dicho punto una cota favorable para la conducción por gravedad hasta los extremos del cerco.

La demanda de agua para este fin, se ha estimado en : 14,000 l/día, con una dotación de 2 l/día/ m².

- La demanda total para: consumo humano, lavado de vehículos, y riego de áreas verdes es del orden de 36 m³/día.

U.M. (Unidad Madrina)= Vehículo con capacidad de 75 yardas cúbicas = 57.3 m³.

Densidad de basura, considerada para la estimación del N° de U.M. = 0.420 T/ m³.

Fuente de información: Servicio de Aseo Urbano de Lima Metropolitana.

3.03 REDES INTERIORES PARA AGUA POTABLE Y AGUAS RESIDUALES

Los aparatos sanitarios elegidos para los servicios higiénicos de la Planta son del tipo normal, es decir con inodoros con tanque, por lo que las salidas (Puntos de agua) de todos los aparatos son de diámetro mínimo (1/2").

Las tuberías de agua que alimentan a la batería de duchas, lavatorios e inodoros han sido dimensionadas con el criterio de "Consumo simultáneo máximo posible", por darse ésta condición al momento de la culminación de labores del personal; mientras que los servicios higiénicos de las oficinas y casa del guardián han sido diseñadas con tuberías de diámetro mínimo para satisfacer el "Consumo simultáneo máximo probable".

Se han ubicado válvulas de compuerta para grupos de aparatos sanitarios, que estarán alojados en cajas metálicas empotradas en pared, para facilitar el servicio de reparación y mantenimiento de los aparatos sanitarios que lo requieran, sin necesidad de cortar el abastecimiento de agua a otros aparatos.

Las redes interiores, en general, se han diseñado distribuidas por el piso (falso piso) evitándose en lo posible su recorrido a través de los muros lo que causaría el debilitamiento de éstos.

Las tuberías colectoras, así como las salidas de desague (Puntos de Desague), han sido dimensionadas de acuerdo al tipo y/o número de aparatos sanitarios siguiendo las disposiciones indicadas en el cap. IV Título X (Instalaciones Sanitarias) del Reglamento Nacional de Construcciones.

3.04 REDES EXTERIORES PARA AGUA POTABLE Y AGUAS RESIDUALES

Para el cálculo de la Máxima Demanda Simultánea, se ha considerado el consumo por aparatos sanitarios; grifos de riego y lavado de vehículos.

Con la tabla N° III.4.2, Título X del R.N.C. y el número total de aparatos sanitarios de cada tipo se obtiene un total de 92 unidades de gasto, y mediante la tabla III.4.3: se obtiene el gasto probable de 1.60 lps.

Para el lavado de vehículos, se requiere un gasto de 0.5 lps; y si además se utilizaran dos grifos de riego simultáneamente con un gasto de 0.5 lps en cada uno; se tendría en total una Demanda simultánea de:

Aparatos sanitarios :	1.60	lps
Riego de areas verdes:	1.00	lps
Lavado de vehículos	<u>0.50</u>	<u>lps</u>
Total	3.10	lps

Tabla N° III-4-2 "Unidades de Gasto para Aparatos Sanitarios de uso público".

Tabla N° III-4-3 "Gastos probables para aplicación del método de HUNTER".

El dimensionamiento de cada tramo de la red exterior para agua potable, se ha realizado teniendo en cuenta: la velocidad mínima de flujo recomendable (mayor de 0.60 m/s.), diámetros adecuados para evitar pérdidas de carga considerables, (que obligarían a construir el reservorio a mayor altura y por consiguiente de mayor costo) y la presión de servicio en el punto más desfavorable de la red.

En el diagrama de presiones se puede observar que en la red se tendrán presiones que bordean los 11 metros en el momento de máxima demanda simultánea, siendo esta presión, suficiente para el funcionamiento...

TABLA N° III-4-2

UNIDADES DE GASTO PARA EL CALCULO DE LAS TUBERIAS DE DISTRIBUCION DE AGUA EN LOS EDIFICIOS (APARATOS DE USO PUBLICO)

PIEZA	TIPO	TOTAL	UNIDADES DE GASTO	
			AGUA FRIA	AGUA CALIENTE
Tina		4	3	3
Lavadero de ropa		8	4.50	4.50
Ducha		4	3	3
Inodoro	Con tanque	5	5	—
Inodoro	Con válvula semi-automática	8	8	—
Lavadero cocina	Hotel restaurante	4	3	3
Lavadero Repostería		3	2	2
Bebedero	Simple	1	1	—
Bebedero	Múltiple	1 (x)	1 (x)	—
Lavatorio	Corriente	2	1.50	1.50
Lavatorio	Múltiple	2 (x)	1.50	1.50
Botadero		3	2	2.00
Urinario	Con tanque	3	3	—
Urinario	Con válvula semi-automática	5	5	—

NOTA.—Para calcular tuberías de distribución que conduzcan agua fría solamente, o agua fría más el gasto de agua a ser calentada, se usarán las cifras indicadas en la primera columna. Para calcular diámetros de tuberías que conduzcan agua fría o agua caliente a un aparato sanitario que requiera de ambas, se usarán las cifras indicadas en la segunda y tercera columna.

(x) Debe asumirse este número de unidades de gasto por cada salida.

TABLA Nº III-4-3

GASTOS PROBABLES PARA APLICACION DEL METODO DE HUNTER

Nº DE UNIDADES	GASTO PROBABLE		Nº DE UNIDADES	GASTO PROBABLE		Nº DE UNIDADES	GASTO PROBABLE
	TANQUE	VALVULA		TANQUE	VALVULA		
3	0.12	—	120	1.83	2.72	1100	8.27
4	0.16	—	130	1.91	2.80	1200	8.70
5	0.23	0.91	140	1.98	2.85	1300	9.15
6	0.25	0.94	150	2.06	2.95	1400	9.56
7	0.28	0.97	160	2.14	3.04	1500	9.90
8	0.29	1.00	170	2.22	3.12	1600	10.42
9	0.32	1.03	180	2.29	3.20	1700	10.85
10	0.34	1.06	190	2.37	3.25	1800	11.25
12	0.38	1.12	200	2.45	3.36	1900	11.71
14	0.42	1.17	210	2.53	3.44	2000	12.14
16	0.46	1.22	220	2.60	3.51	2100	12.57
18	0.50	1.27	230	2.65	3.58	2200	13.00
20	0.54	1.33	240	2.75	3.65	2300	13.42
22	0.58	1.37	250	2.84	3.71	2400	13.86
24	0.61	1.42	260	2.91	3.79	2500	14.29
26	0.67	1.45	270	2.99	3.87	2600	14.71
28	0.71	1.51	280	3.07	3.94	2700	15.12
30	0.75	1.55	290	3.15	4.04	2800	15.53
32	0.79	1.59	300	3.32	4.12	2900	15.97
34	0.82	1.63	320	3.37	4.24	3000	16.20
36	0.85	1.67	340	3.52	4.35	3100	16.51
38	0.88	1.70	380	3.67	4.46	3200	17.23
40	0.91	1.74	390	3.83	4.60	3300	17.85
42	0.95	1.78	400	3.97	4.72	3400	18.07
44	1.00	1.82	420	4.12	4.84	3500	18.40
46	1.03	1.84	440	4.27	4.96	3600	18.91
48	1.09	1.92	460	4.42	5.08	3700	19.23
50	1.13	1.97	480	4.57	5.20	3800	19.75
55	1.19	2.04	500	4.71	5.31	3900	20.17
60	1.25	2.11	550	5.02	5.57	4000	20.50
65	1.31	2.17	600	5.34	5.83		
70	1.36	2.23	650	5.85	6.09		
75	1.41	2.29	700	5.95	6.35		
80	1.45	2.35	750	6.20	6.61		
85	1.50	2.40	800	6.60	6.84		
90	1.56	2.45	850	6.91	7.11		
95	1.62	2.50	900	7.22	7.36		
100	1.67	2.55	950	7.53	7.61		
110	1.75	2.60	1000	7.84	7.85		

Para el número de unidades de esta columna es indiferente que los artefactos sean de tanque o de válvula.

NOTA.—LOS GASTOS ESTAN DADOS EN ITS/SEG Y CORRESPONDEN A UN AJUSTE DE LA TABLA ORIGINAL DEL METODO DE HUNTER.

CALCULOS DE LA RED EXTERIOR PARA AGUA POTABLE

TRAMO	UNIDADES DE GASTO	CAUDAL DE DISEÑO (lps)	DIAMETRO (pulg)	LONGI-TUD (m)	K	hf (m)	VELOCIDAD m/s
1-2	92UG+1.0lps	1.6+1.0=2.6	2.5	30.0	0.063	0.37	0.85
2-3	92UG+1.0lps	1.6+0.5=2.1	2	50.0	0.315	1.24	1.07
3-4	68UG+0.5lps	1.4+0.5=1.9	2	6.0	0.038	0.13	0.97
4-5	28UG+0.5lps	0.7+0.5=1.2	1.5	9.0	0.230	0.32	1.09
5-6	14UG+0.5lps	0.4+0.5=0.9	1.5	10.0	0.256	0.21	0.82

$$Q = 0.000426 C D^{2.63} S^{0.54}$$

$$S = hf/L$$

$$hf = K Q^{1.85}$$

$$K = (L/0.000426 C D^{2.63})^{1.85}$$

$$K = (184.19 L/D^{4.87})$$

Q : Caudal en lps

D : Diámetro en pulgadas

L : Longitud en Km.

C : Coeficiente de Hazen y Williams
igual a 140 para tuberías de PVC

hf : Pérdida de carga en metros

DIAGRAMA DE PRESIONES DE LA RED EXTERIOR
PARA AGUA POTABLE

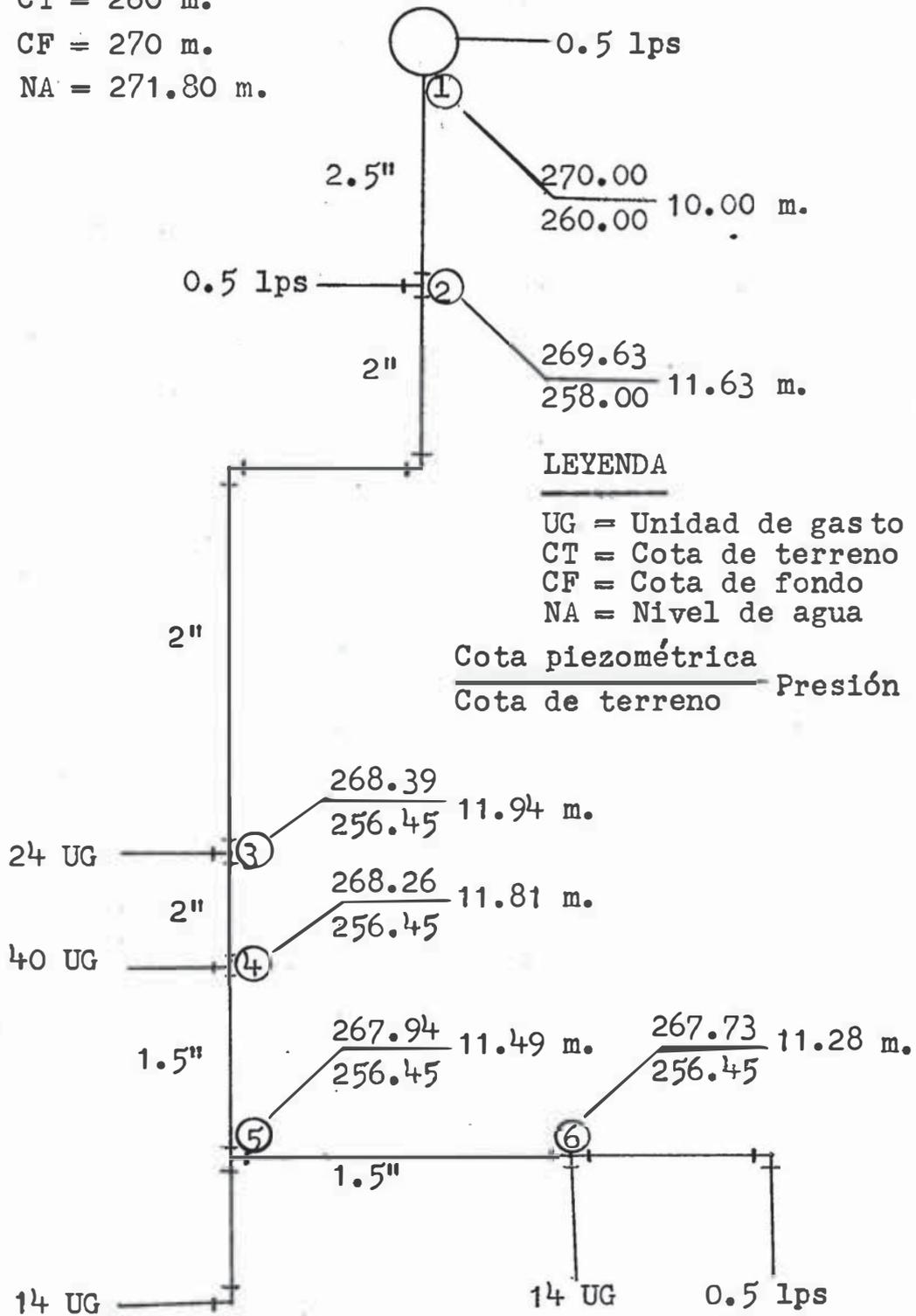
RESERVORIO ELEVADO

VOL = 20 m³.

CT = 260 m.

CF = 270 m.

NA = 271.80 m.



...de los aparatos sanitarios (de tanque), sistemas de riego (con manguera) y lavado de vehículos (con manguera y pitón).

REDES EXTERIORES PARA AGUAS RESIDUALES

Se ha proyectado dos sistemas independientes. El primero consta del tendido de redes colectoras, para los servicios higiénicos de la casa del guardián, vestuarios y oficinas; así como de la construcción de un tanque séptico (TS-1) y dos pozos de percolación (PP -1). (Ver plano IS - 2)

El segundo sistema, servirá exclusivamente, para la colección, tratamiento y disposición de los efluentes de la zona de lavado de vehículos; eventualmente éste sistema recibirá la descarga de rebase o limpieza del reservorio, mediante la tubería de desague del reservorio que se ha conectado al canal de drenaje de la estación de lavado.

Para el segundo sistema, se ha proyectado dos tanques sépticos (TS-2) con dos pozos de percolación (PP-2) respectivamente. (Ver plano IS -2).

La tubería colectora de las aguas residuales de la zona de lavado de vehículos se ha proyectado con un diámetro de 6" (en lugar de 4", que habría sido suficiente desde el punto de vista hidráulico) como medida de seguridad, para evitar posibles obstrucciones debido a las características peculiares de éstos efluentes (alto contenido de materia orgánica, grasas, etc.), y además por que las tuberías de concreto simple de 6" son hechas con mejor acabado que las de 4", en el mercado nacional, y se instalan con uniones flexibles.

Para el sistema de tuberías colectoras de los desagües de los servicios higiénicos, se ha proyectado la instalación de tuberías de 6" de concreto simple normalizado con unión flexible, salvo el caso de tramos pequeños con descargas mínimas, para los que se ha proyectado tuberías de 4" de concreto simple normalizado con uniones rígidas (mortero de cemento y arena).

3.05 ABASTECIMIENTO, PRESURIZACION Y ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE

- Abastecimiento de Agua Potable.

Como posibles fuentes de abastecimiento de agua para la Planta, se cuenta con:

1. Aguas de escorrentía (del río Chillón), por una acequia de riego para los terrenos del valle del sector. Zapallal - San Lorenzo, que pasa a unos 100 m. frente al lindero sur del terreno.
2. Línea de conducción de agua potable que pasa, a unos 40 m. del lindero sur), (cuya fuente corresponde a 2 manantiales de Punchauca, ubicada a una distancia aproximada de 6 Km. del terreno.
3. Agua subterránea, (perforación de un pozo profundo a 400 m. del lindero sur del terreno)

La alternativa (1) corresponde a una fuente que no es segura, por que en la época de invierno llega a tener un caudal nulo, y la alternativa (2) tampoco es viable por que el balneario de Ancón tiene un déficit en su abastecimiento de agua potable; por lo que la alternativa (3) queda como única fuente de abastecimiento de agua potable.

De acuerdo a investigación de la zona, se estima que el nivel freático a 400 m. del lindero sur del terreno debe estar entre 10 y 15 m. de profundidad, por lo que considerando el posible descenso del nivel freático se perforará un pozo de 30 m. de profundidad (Ver plano RS-IS-1).

Línea de impulsión (Pozo - Reservorio)

La línea de impulsión tendrá una longitud de 650 m. entre la caseta de bombeo y el reservorio elevado ubicado en la parte superior a las edificaciones de la Planta (Ver planos RS-IS- 1 e IS-2).

El diámetro económico de la tubería de impulsión se ha calculado para el caudal de diseño del equipo de bombeo del pozo de 3.0 lps, que corresponde al gasto de la Máxima Demanda Simultánea de las instalaciones de la Planta.

El diámetro económico de la línea de impulsión se ha calculado con la fórmula:

$$D = 1.3 (X)^{0.25} (Q)^{0.50}$$

donde:

$$X = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de bombeo}}{24 \text{ horas}}$$

$$Q = \text{Caudal de bombeo (m}^3\text{/seg)}$$

$$D = \text{Diámetro económico (m).}$$

El N° de horas de bombeo, es el que resulta de dividir el volumen de 36 m³ (consumo de un día al final del período de diseño), entre el caudal de bombeo de 3 lps correspondiendo 3.33 horas de bombeo al día.

Reemplazando datos, se obtiene un diámetro económico de:

$$D = 1.3 \left(\frac{3.33}{24} \right)^{0.25} (0.003)^{0.50} = 0.0435 \text{ m.}$$

El diámetro de tubería comercial más cercano es de 2" , que es el que se ha adoptado para la línea de impulsión.

Para calcular las pérdidas de carga (locales por accesorios y por fricción a lo largo de la tubería) en la línea de impulsión se determina si la tubería es relativamente larga o corta, con la relación:*

$\frac{L}{D} > 1,500$: Tubería larga (es despreciable las pérdidas locales).

$\frac{L}{D} < 1,500$: Tubería corta (se consideran todas las pérdidas).

Para el presente caso:

$$\frac{L}{D} = \frac{650}{0.05} = 13,000 \text{ (tubería larga)}$$

luego la pérdida de carga estará dada por:

$hf =$ pérdida de carga por fricción (m) = $S \times L$

$S =$ Gradiente hidráulica (milésimos)

$L =$ Longitud de la línea de impulsión (Km)

La gradiente hidráulica "S" se obtiene de la fórmula de HAZEN Y WILLIAMS :

$$\left(Q = 0.000426 C D^{2.63} S^{0.54} \right)$$

Para : $C = 140$ (Tubería de PVC), $D = 2''$ y

$Q = 3$ lps, se obtiene el valor de:

$$S = 48.4 \text{ ‰}$$

$$\text{luego: } hf = \frac{48.4}{1000} (650 + 26) = 32.7 \text{ m.}$$

*

Hidráulica de Canales y tuberías : A. ROCHA

Nota: Los 26 m. corresponden a la profundidad estimada para la instalación de la bomba en el pozo. Esta profundidad se obtendrá exactamente con las pruebas de bombeo que se realicen al perforar el pozo.

La altura dinámica total (HDT) está expresado por

$$\text{HDT} = H_g + h_f + 26.0 \quad , \text{ donde :}$$

H_g = desnivel entre la cota del nivel de agua en el reservorio elevado (271.80 m) y la cota del terreno en la ubicación del pozo (225.0 m), luego $H_g = 46.8$ m. luego:

$$\text{HDT} = 46.8 + 32.7 + 26.0 = 105.5 \text{ m.}$$

La potencia estimada del equipo de bombeo del pozo, para una eficiencia de 60 %, será de:

$$\text{Pot}_B = \frac{Q \times \text{HDT}}{75 \text{ E}} = \frac{3 \times 104.3}{75 \times 0.60} = 7 \text{ HP}$$

La Potencia del motor deberá ser aproximadamente un 10% mayor, luego:

$$\text{Pot}_M = 1.1 \times \text{Pot}_B = 8 \text{ HP.}$$

Elección de la tubería de impulsión - Influencia del Golpe de ariete.

La tubería que se utilizará en la línea de impulsión deberá ser capaz de soportar la presión estática, y además una sobrepresión denominada golpe de ariete, que se producirá instantes después de la parada del equipo de bombeo.

La sobrepresión puede calcularse con la fórmula:

$$H_a = \frac{C V}{g}, \text{ donde:}$$

H_a = sobrepresión (m)

C = Celeridad ó velocidad de propagación de la onda de presión, que puede ser calculada por la fórmula de Allievi :

$$C = 9900 \left(48.3 + \frac{D}{e} \right)^{-0.50}, \text{ donde:}$$

K = 18.0 para tubos plásticos

D = diámetro de la tubería (m)

e = espesor de la tubería (m)

V = Velocidad media del agua en el momento de la interrupción del flujo (por acción de válvulas - Check, compuerta etc.).

g = Aceleración de la gravedad = 9.8 m/seg².

La sobre presión (o golpe de ariete), se presentará en la línea de impulsión, luego de la paralización del bombeo, cuando el agua empieza a retornar (en sentido contrario), y al ser detenido el flujo por la válvula Check (oó de retención) - colocada para evitar que el flujo del agua haga girar los álaves de la bomba en sentido inverso haciéndola funcionar como una turbina. Precisamente la mayor o menor intensidad del golpe de ariete dependerá del funcionamiento oportuno de la válvula check.

Según AZEVEDO NETTO, se pueden presentar dos situaciones en cuanto al funcionamiento de la válvula check y su relación con el golpe de ariete (en líneas de impulsión) :

- a) " Si la válvula check funciona normalmente, cerrándose en el momento preciso, el golpe de ariete no alcanzará el valor correspondiente a dos veces la altura manométrica.
- b) " Si al contrario, la válvula check no cierra rápidamente la columna líquida retornará, pasando a través de la bomba y con el tiempo, pasará a adquirir velocidades más altas, elevándose considerablemente el golpe de ariete, en el momento en que la válvula funcione (pudiendo alcanzar 300% de la carga estática, dependiendo del tiempo de cierre).

Por lo expresado anteriormente, es difícil precisar la velocidad "V", para el cálculo de la sobrepresión, por lo que se considerará el valor estadístico (normal) de una sobrepresión de dos veces la altura estática (bajo las condiciones expresadas en (a), luego:

$$H_a = 2 \times 46.8 = 93.6 \text{ m.}$$

Con el objeto de limitar el golpe de ariete en las instalaciones de bombeo, pueden ser tomadas las siguientes medidas de protección:

- a) Instalación de válvulas de retención (válvulas check), para cierre, de buena calidad.
- b) Empleo de tuberías capaces de resistir la presión máxima prevista.
- c) Instalación de aparatos que limiten (amortiguen) el golpe, tales como válvulas de alivio, etc.
- d) Instalación de cámaras de aire comprimido.
- e) Construcción de cámaras de compensación ó pozos de oscilación.

Para el presente caso, se ha adoptado la instalación de una válvula check en la caseta de bombeo y se ha seleccionado una tubería con capacidad para resistir la presión máxima que corresponde a :

$$P_{\text{máx}} = H_g + H_a = 46.8 + 93.6 = 140.4 \text{ m.}$$

La tubería comercial que satisface los requerimientos corresponde a la CLASE 15 (15 kg/m² = 150 m. de columna de agua).

Presurización y Almacenamiento de Agua

En el ítem 3.02, se determinó una demanda de 36 m³/día, para el final del período de diseño (1994), habiéndose considerado en el proyecto la construcción de un reservorio de 20 m³ de capacidad, como previsión para una posible ampliación del área actual del terreno destinado para la Planta de Disposición final de Residuos Sólidos, con lo que la vida útil de la Planta también se ampliaría. Normalmente, la capacidad de los tanques elevados se acostumbra dimensionar para un tercio de la demanda diaria (1).

Para la ubicación y tipo de Reservorio (apoyado ó elevado) se ha investigado la zona, llegándose a la conclusión de que los cerros ó elevaciones próximas a las instalaciones, presentan características no recomendables para la ubicación de reservorios, (suelos con alto contenido de sales solubles, que harían peligrar la estabilidad de cimentación ante fugas ó filtraciones de agua); por lo que se ha optado por la construcción de un reservorio elevado circular de 20 m³ de capacidad ubicado en la parte superior y próxima a las edificaciones.

(1) Reglamento de Instalaciones Sanitarias (R.N.C. Título X).

Desde este reservorio se atenderá la demanda de caudales y presiones requeridas en las instalaciones de la Planta.

Al dimensionar las redes exteriores de agua potable, (Ver ítem 3.04) se ha determinado el nivel de fondo del reservorio elevado en la cota, a 270.0 m.

Las dimensiones y detalles de las instalaciones del reservorio elevado se muestran en el plano RS-IS-1.

3.06 TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE AGUAS RESIDUALES

Como se ha mencionado anteriormente se ha proyectado dos sistemas independientes; con sus respectivas redes colectoras, tanques sépticos y pozos de percolación.

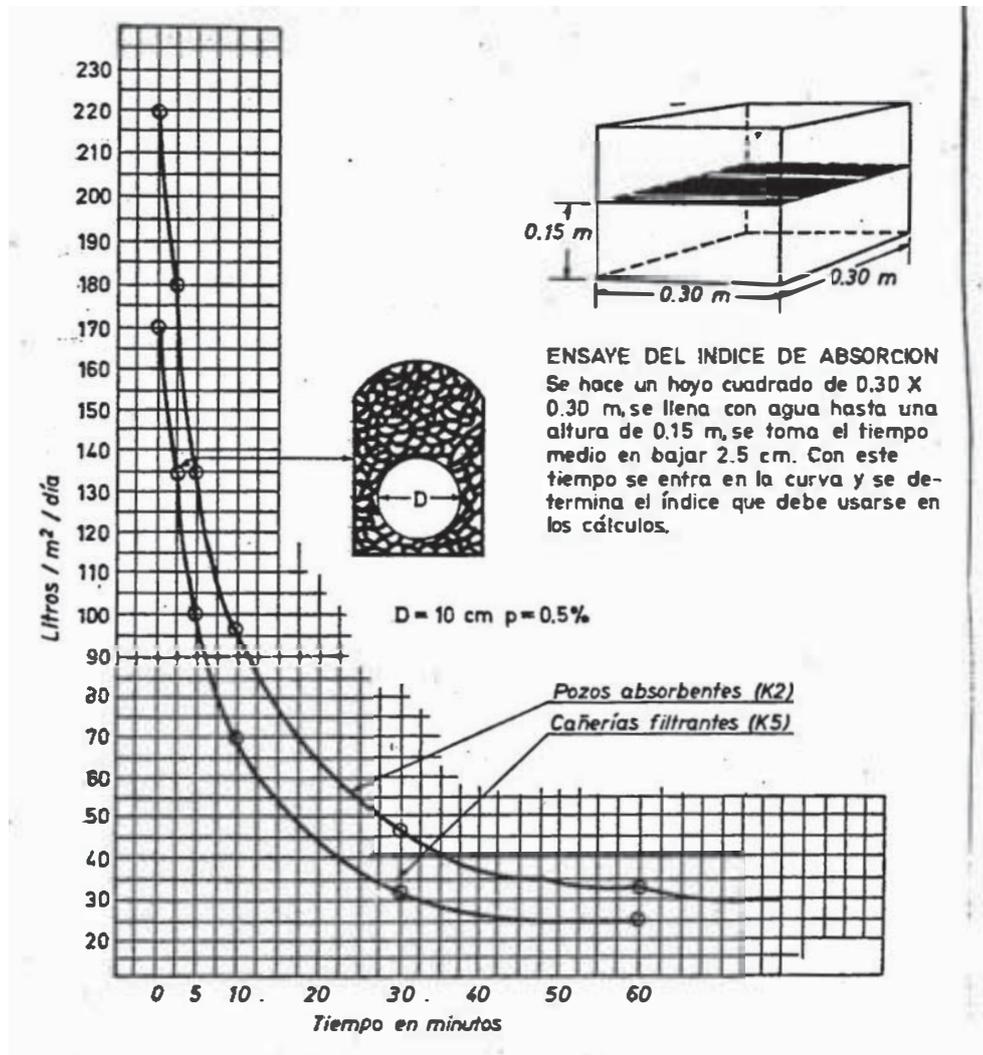
Parte del tratamiento (primario) de las aguas residuales se realiza en los tanques sépticos (que son proyectados normalmente para un período de retención de 12 a 24 hrs). De los sólidos suspendidos que llegan en el afluente (aguas residuales) al tanque séptico; decanta la mayor parte de la materia sedimentable, la cual entra en un proceso de digestión anaeróbico biológico, con disolución, licuación y volatilización de la materia orgánica, previa a su estabilización.

Por ésta razón la cantidad de lodo que se acumula en el tanque es pequeña; sin embargo, constituye una cantidad finita, que con el tiempo hace disminuir el volumen efectivo del tanque séptico, y por consiguiente el período de retención

El efluente del tanque séptico, que sale cargado de materia orgánica en suspensión, finamente dividida en estado coloidal y en solución, recibe un tratamiento posterior (secundario) en los pozos de percolación, donde a la vez se realiza la disposición final.

TASAS DE PERCOLACION PARA

POZOS Y ZANJAS



FUENTE: Ingeniería Sanitaria - F. Unda Opazo.

Para el dimensionamiento de pozos de percolación se requiere conocer el coeficiente promedio de absorción del terreno, que se puede obtener con el procedimiento descrito a continuación.

Método práctico para determinación de tasas de percolación

A medida que se va excavando el pozo y a diferentes profundidades, se hacen excavaciones de 30 x 30 cm. de base y 35 cm. de profundidad.

Después de extraer la tierra desprendida, se coloca en el fondo una capa de 5 cm. de arena gruesa o gravilla, luego se llena con agua y se deja que se filtre totalmente. Después se vuelve a llenar, de modo que el agua permanezca en él por lo menos 4 horas para que el terreno sature. Posteriormente se ajusta la altura de agua hasta una profundidad de 0.15 m. y se determina el tiempo que tarda en bajar 2.5 cm, midiendo el descenso después de 30 minutos para terrenos normales ó de 10 minutos para terrenos arenosos o muy permeables.

Con el tiempo obtenido (en minutos) para un descenso del nivel de agua de 2.5 cm, se obtiene la tasa de percolación ó coeficiente de absorción con el gráfico que se adjunta a continuación.

Dimensionamiento de los tanques sépticos TS-1 y TS-2

Para el dimensionamiento de los tanques sépticos se tendrá presente las siguientes consideraciones:

- * Período de retención = 1 día.
- * Volumen anual de lodos por persona: $V_p = 80 \text{ l/p/año}$
- * Volumen de lodos por vehículos (U.M.) que ingresa a la instalación de lavado : ESTIMADO: $\frac{1}{3} \text{ l/UM.}$
- * $V_t = V_1 + V_2$, donde:

V_t = Volumen útil del tanque séptico (m³).

V_1 = Volumen de aguas residuales de 1 día

V_2 = Volumen de lodos acumulados entre períodos de limpieza (1 año).

Dimensionamiento del tanque séptico TS-1 destinado al tratamiento de los efluentes de los SS.HH.

$V_1 = 6,000 \text{ l/día} = 6 \text{ m}^3/\text{día}$ (60 personas)

$V_2 = (80 \text{ l/p/año}) \times (60 \text{ p}) = 4.8 \text{ m}^3/\text{año}.$

$V_t = 6.0 + 4.8 = 10.8 \text{ m}^3.$

Largo = 4.0 m. ; Ancho = 2.0 m. : Altura = 1.4 m.

Dimensionamiento del Tanque Séptico TS-2: destinada al tratamiento de los efluentes de la estación de lavado de vehículos:

$V_1 = 15,840 \text{ l/día}$ 16 m³/día.

$V_2 = 16.0 \text{ m}^3/\text{año}$

$V_t = 16.0 + 16.0 = 32 \text{ m}^3.$

Se ha adoptado la construcción de 2 unidades de 16 m³ de capacidad, cada una con:

Largo = 5.0 m.

Ancho = 2.3 m.

Altura = 1.4 m.

(Ver plano IS-4)

Dimensionamiento de los pozos de percolación PP-1 y PP-2.

Para el dimensionamiento de los pozos de percolación, se tendrá presente las siguientes consideraciones:

* Tasa de percolación $Ta = 117 \text{ l/m}^2/\text{día}$

Obtenida con un tiempo promedio de 6 minutos, para descensos de 2.5 cm.

* Los pozos de percolación serán circulares, cuya área de filtración ó absorción corresponde únicamente al área lateral.

* Área de filtración = $\frac{\text{Volumen diario}}{\text{tasa de percolación}}$

* Altura del pozo = $\frac{\text{Área de filtración}}{\pi \times \text{diámetro}}$

Dimensionamiento del pozo de percolación PP-1, destinado a la disposición del efluente del tanque séptico TS-1

$$\text{Área} = \frac{6,000 \text{ l/día}}{117 \text{ l/m}^2/\text{día}} = 51.3 \text{ m}^2$$

Se ha adoptado la construcción de dos unidades (PP-1) con un área útil de absorción de 25.6 m², cada una, con dimensiones:

diámetro : 2.00 m. (asumido)

Altura : 4.00 m.

Dimensionamiento del pozo de percolación PP-2, destinado a la disposición efluente del tanque séptico TS-2.

$$\text{Área} = \frac{16,000 \text{ l/día}}{117 \text{ l/m}^2/\text{día}} = 136.8 \text{ m}^2.$$

Se ha adoptado la construcción de cuatro unidades (PP-2), con un área útil de absorción de 34.2 m², cada uno, con dimensiones:

Diámetro : 2.5 m. (asumido)

Altura : 4.4 m.

(Ver plano IS-4.).

3.07 ESPECIFICACIONES TECNICAS

3.07.1 Varios

En su oferta el contratista notificará por escrito de cualquier material, equipo que se indique y que se considere posiblemente inadecuado o inaceptable de acuerdo a las leyes, Reglamentos u ordenanzas de Autoridades competentes.

Los materiales a usarse deben ser nuevos de reconocida calidad y de utilización actual en el mercado nacional o internacional.

Cualquier material que llegue malgrado a la obra o que se malogre durante la ejecución de los trabajos debe ser reemplazado por otro en buen estado.

El inspector de obra, indicará por escrito al contratista el empleo de un material cuya magnitud de daño no impida su uso.

Cualquier cambio durante la ejecución de la obra que obligue a modificar el proyecto original será resultado de consulta y aprobación por el Ing^o Proyectista.

El contratista de instalaciones, deberá chequear este proyecto con los proyectos correspondientes de Arquitectura, Estructuras e Instalaciones Eléctricas.

La ubicación de las redes, así como las salidas sanitarias, son referenciales por exigirlo así la facilidad de lectura, sin embargo el trazo deberá mantenerse, sólo reajustando las medidas, según las tomadas en obra.

3.07.2 Redes de Agua

En las redes interiores y exteriores de agua se utilizará tubería de PVC-SAP clase 10 (Kg/cm²), con excepción de los cruces por las pistas de tránsito pesado, donde se empleará tubería de Fo. gvdo. de 125 lb/pulg².

Para la instalación se procederá de acuerdo con las normas convencionales de trabajo para estas tuberías. Debe destacarse la importancia de una buena ejecución, particularmente, en lo que se refiere a unión de tuberías i instalación de accesorios, muy en especial a la tubería que quedará empotrada en falsos pisos y muros.

Punto de Agua

Se entiende por punto de agua la instalación de cada salida de agua, destinada a abastecer un artefacto sanitario, grifo o salida especial, se considera desde la salida de la pared, hasta el límite establecido por los muros que contienen el ambiente del baño.

Válvulas

Las válvulas de agua fría, compuerta, globo, checks, flotadores etc. serán de bronce con uniones roscadas y para 125 lb/pulg². de presión-serán de primera calidad, similares a la Crane.

Las válvulas con uniones roscadas se instalarán entre dos uniones universales, las mismas que serán igualmente roscadas y con asiento cónico de bronce

Pruebas Hidráulicas

Antes de cubrir las tuberías se realizará la 1ra. prueba la misma que podrá realizarse por tramos; la 2da. prueba se realizará después de cubiertas las tuberías y al final de todo el conjunto para entrega de la obra.

Para realizar éstas se llenarán las tuberías con agua, y mediante una bomba de mano se elevará la presión a 100 lb/pulg², la que deberá mantenerse por 15 minutos sin pérdida alguna. En caso de presentarse pérdida de presión por fuga, ésta se deberá ubicar y corregir para reiniciar la prueba, la misma que no será aprobada en tanto no se alcancen las condiciones establecidas.

Desinfección de la Red

Se realizará después de aceptada la última prueba de todo el sistema; se lavará el sistema interiormente con agua limpia y se desaguará totalmente, luego se aplicará una solución de cloro ó hipoclorito de calcio en una proporción de 50 partes por un millón de cloro activo, llenando las tuberías lentamente con el agente desinfectante; tras curridas 24 horas del llenado; se determinará el cloro residual en puntos estratégicos de la red. Deberá alcanzarse un valor de 5 ppm. de cloro residual, en caso contrario deberán evacuarse nuevamente las tuberías y repetir la operación hasta alcanzar el valor establecido. Cuando sea satisfactorio se lavarán las tuberías hasta eliminar el agente desinfectante.

3.07.3 Redes de desagüe y ventilación

Las redes interiores de desagüe y ventilación serán de PVC- SAL; mientras que las redes exteriores de desagüe serán de concreto simple normalizado.

Punto de Desagüe

Se entiende por punto de desagüe la instalación de cada salida de desagüe, destinado a recibir el efluente de aparatos sanitarios, registros, sumideros ó salidas especiales y comprende desde la salida hasta el límite establecido por los muros que contienen el ambiente del baño.

Registros

Será de bronce, del tipo denominado comercialmente " Según plano ". La tapa quedará al ras del piso y se colocará engrasando previamente la rosca para asegurar fácil remoción.

Cajas de 12" x 24" x 24" x 24".

Serán de albañilería, las paredes de ladrillo King-kong de canto, asentados sobre un solado de concreto de 0.10 m. de espesor, vaciado sobre suelo bien compactado.

El interior de la caja irá tarrajado y bien planchado con mezcla 1:3 (cemento-arena) con todas las esquinas boleadas. El fondo llevará una media caña convenientemente formada con el mismo diámetro de la tubería, y bermas inclinadas 1:4.

La tapa será de concreto armado cuando quede ubicado en jardín, con armaduras de $\varnothing 1/4$ cada 0.10 m. en ambos sentidos y mezcla $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$. En las veredas se usará tapas de fo. fdo.

- Pruebas hidráulicas

En las redes interiores, antes de cubrirse se llenarán las tuberías después de haber taponado las salidas bajas, debiendo permanecer llenas sin presentar escapes por lo menos durante 24 horas.

En las redes exteriores se probarán por tramos tapando las salidas bajas en cada tramo y, llenando con agua la caja superior; en este caso no deberá observarse filtraciones o exudaciones notables en 10 horas.

3.07.4 Equipo de bombeo del pozo de agua

La bomba para el pozo profundo se seleccionará, con las siguientes características:

- Caudal de bombeo $Q_B = 3 \text{ lt/seg.}$
- Altura Dinámica total $H_{DT} = 105.5 \text{ m.}$
- Profundidad de Instalación de la bomba = 26.00 m.

El arranque y parada de la bomba será controlado automáticamente con los niveles respectivos en el reservorio elevado.

3.07.5 Aparatos Sanitarios

- Instalación de Aparatos Sanitarios.

Se instalarán en concordancia con los planos de arquitectura, donde se indicará la ubicación de conexiones, anclajes y demás detalles.

Se revisará completamente toda la instalación para que no existan pérdidas de agua por las tuberías ni por las griferías.

Lavatorios

Serán de porcelana vitrificada, blanca, equipada con llave , desagüe, tapón, cadena, trampa, tubo de abasto, nipple, escuadras de 23" x 17".

W.C. (Inodoro)

Tanque bajo, de porcelana vitrificada, blanco, con todos sus accesorios internos (de lra. calidad), tornillos y huachas para fijarlos al piso.

- Duchas

Simples, para agua fría.

3.07.6 Aplicación del Reglamento de Construcciones

Por lo no especificado en el presente capítulo, serán válidos los artículos del Reglamento Nacional de Construcciones que se refiere a las Instalaciones Sanitarias.

3.08

METRADO - PRESUPUESTO

Part.	DESCRIPCION	Un.	Cant.	P.Unit.	PTOTAL
<u>INSTALACIONES SANITARIAS INTERIORES</u>					
1.00	<u>Aparatos Sanitarios y Accesorios</u>				
1.01	Inodoro de loza vitrificada blanca, tanque bajo y accesorios de plástico.	Pz	8	58,000	464,000
1.02	Lavatorio de porcelana vitrificada blanca para una llave	Pz	3	26,800	80,400
1.03	Lavadero de cocina, - de fierro aporcelanado banco, de una llave.	Pz	1	20,500	20,500
1.04	Ducha cromada, cabeza giratoria y brazo.	Pz	7	5,800	40,600
1.05	Papelera, blanca 15x 15.	Pz	8	1,600	12,800
1.06	Lavadero corrido, hecho en obra, según plano.	Pz	1	80,000	80,000
1.07	Urinario corrido, hecho en obra, según plano	Pz	1	35,000	35,000
1.08	Colocación de aparatos	Pz	19	5,400	102,600
1.09	Colocación de accesorios.	Pz	26	2,300	<u>59,800</u>
					895,700

Part.	DESCRIPCION	Un.	Cant.	P.Unit.	TOTAL
<u>2.00 Desagüe y Ventilación</u>					
2.01	Salidas de desagüe y ventilación con tuberías de PVC-SAL	Pto.	39	12,200	475,800
2.02	Sumidero de bronce				
	- Ø 2"	Pz	7	6,900	48,300
	- Ø 3"	Pz	2	9,800	19,600
2.03	Registro de bronce				
	- Ø 2"	Pz	1	6,100	6,100
	- Ø 4"	Pz	3	8,500	25,500
2.04	Sombrero de Ventilación Ø 2"	Pz	6	2,000	12,000
2.05	Canaleta con rejilla (Zona de lavado de vehículos)	Pz	1	60,000	<u>60,000</u>
					647,300
<u>3.00 Agua Fría</u>					
3.01	Salidas de agua con tubería de PVC-SAP	Pto.	26	6,200	161,200
3.02	Válvulas de interrupción incluye suministro e instalación de válvula de compuerta, dos uniones universales, codos, niples y caja metálica, de:				
	-Ø 1/2"	Pz	4	12,000	48,000
	-Ø 3/4"	Pz	4	15,000	60,000
	-Ø 1"	Pz	1	17,000	17,000
	-Ø 1 1/2"	Pz	1	20,000	<u>20,000</u>
					306,000

Part.	DESCRIPCION	Un.	Cant.	P.Unit	TOTAL
-------	-------------	-----	-------	--------	-------

INSTALACIONES SANITARIAS EXTERIORES

4.00 Sistema de Disposición de Desagues

4.01 Excavación, relleno y compactación de zanjas; tendido, resane y prueba hidráulica, con tuberías de:

- Ø 4" PVC-SAL	ml	8	6,080	48,640
- Ø 4" CSN	ml	58	4,900	284,200
- Ø 6" CSN	ml	61	7,160	436,760

4.02 Cajas de registro, - hechas en obra, de:

- 0.30 x 0.60	Pz	4	4,030	16,120
- 0.60 x 0.60	Pz	4	10,300	41,200

4.03 Cajas repartidoras - de gasto, tipo CD-1 y CD-2; hechas en obra según plano

Pz	4	12,400	49,600
----	---	--------	--------

4.04 Tanque Séptico tipo-TS-1, construido según plano

Pz	1	1'036,800	1'036,800
----	---	-----------	-----------

4.05 Tanque Séptico Tipo-TS-2 construido según plano.

Pz	2	1'393,200	2'786,400
----	---	-----------	-----------

4.06 Pozo percolador tipo PP-1 construido según plano

Pz	2	462,440	924,880
----	---	---------	---------

4.07 Pozo percolador tipo PP-2, construido según plano

Pz	4	848,230	<u>3'392,920</u>
----	---	---------	------------------

9'017,520

Part.	DESCRIPCION	Un.	Cant.	P.Unit.	TOTAL
5.00	<u>Sistema de abasteci-</u> <u>miento de agua</u>				
5.01	Excavación, relleno y compactación de zanjás; tendido, re sane, prueba hidráulica y desinfección con tuberías de:				
	-Ø 1" PVC-SAP	ml	30	4,950	148,500
	-Ø 1 1/2" PVC-SAP	ml	18	5,700	102,600
	-Ø 2" PVC-SAP	ml	60	6,900	414,000
	-Ø 2" PVC - Clase 15	ml	650	7,700	5'005,000
	-Ø 1" F° Gdo.	ml	11	7,950	87,450
	-Ø 1 1/2" F° Gdo.	ml	13	9,400	122,200
	-Ø 2 1/2" F° Gdo.	ml	45	13,300	598,500
5.02	Grifos de riego, - construidos según- plano.	Pz	4	28,000	112,000
5.03	Perforación de un pozo tubular de - 30 m. de profundi- dad a todo costo- incluye pruebas	ml	30	600,000	18'000,000
5.04	Suministro e instala- ción de una bomba su- mergible, para pozo profundo; para : Q= 31ps y HDT= 105.5 m. incluye el suminis- tro e instalación de tuberías, válvulas y accesorios en la ca- seta de bombeo:	Pz	1	2'950,000	2'950,000
5.05	Suministro e instala- ción de tuberías, vál- vulas y accesorios en el tanque elevado.	Pz	1	523,000	523,000
					<u>28'063,250</u>

Part.	DESCRIPCION	un.	Parcial	TOTAL
<u>RESUMEN - INSTALACIONES SANITARIAS</u>				
<u>INSTALACIONES SANITARIAS INTERIORES</u>				
1.00	Aparatos Sanitarios	u	895,700	
2.00	Desague y Ventilación	u	647,300	
3.00	Agua Fría	u	306,000	
<u>INSTALACIONES SANITARIAS EXTERIORES</u>				
4.00	Sistema de Disposición de Desagues	u	9'017,520	
5.00	Sistema de Abastecimiento de Agua	u	28'063,250	38'929,770
	Gastos Generales y Utilidades (20%)			7'785,950
	TOTAL GENERAL	§		46'715,720

3.09 OBSERVACIONES CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Siendo que, como única fuente de abastecimiento de agua, para la planta se ha optado por la perforación de un pozo profundo, éste se ha ubicado en un terreno de propiedad particular, por lo que el área afectada se expropiaría por tratarse de una obra de Necesidad y Utilidad Pública.

- Dada la extensión y topografía del terreno (de 1.1 x 2.0 km de superficie), con una pendiente promedio de 10%, alcanzándose desniveles de más de 200 m., se ha decidido por el abastecimiento de agua sólo a la parte baja del terreno, con lo que se podrá crear una barrera de árboles a lo largo del cerco frontal del terreno (sirviendo tanto estética como funcionalmente).

- Para el diseño de los tanques sépticos se ha considerado un período de retención de 24 horas, y acumulación de lodos para la operación de un año, debiendo procederse a su revisión al final de dicho período y de requerirse, se procederá a la remoción del lodo depositado, consiguiéndose únicamente de esta manera el correcto funcionamiento y tiempo de vida útil prolongado de los pozos de percolación.

- Como medida de seguridad para combatir posibles incendios, todos los locales de la Planta deberán contar con un equipo portátil (extinguidores de polvo químico). Igualmente las máquinas (tractores y otros vehículos) que operen en la Planta deberán estar provistos de sus respectivos extinguidores de polvo químico.

- El tanque elevado se ha diseñado, con mayor capacidad de la estrictamente requerida , como previsión para una posible ampliación de la vida útil de la Planta (de concretarse la adjudicación de la quebrada Carabayllo al Consejo Provincial de Lima , para su utilización con fines de Relleno Sanitario)

3.10 BIBLIOGRAFIA

- Reglamento Nacional de Construcciones, Título X
Instalaciones Sanitarias.
- Instalaciones Sanitarias Interiores
 - Apuntes de Clase - E. Jimeno B.
- Manual de Hidráulica - Azevedo-Netto
- Instalaciones Sanitarias - A. Gallizio
- Reglamento para el diseño de Tanques Sépticos
 - CIP-Documentos Normativos
- Evacuación de Excretas en las zonas rurales
 - Wagner - Lanoix
- Fontanería e Instalaciones Sanitarias -Brigaus
 - Garrigou
- Ingeniería Sanitaria - F. Unda Opazo
- Hidráulica de Canales y Tuberías - Arturo Rocha

CAPITULO IV

**CONTROL, ORGANIZACION
Y COSTOS**

4.02 CONTROL

Sin una constante inspección y un efectivo control de las operaciones es posible que el Relleno Sanitario derive a un común vertedero controlado.

El control que se deberá llevar a cabo en la Planta comprende, el de construcción, operación, medio ambiente y costos.

4.02.1 Control de Construcción del Relleno

Este control se hará de acuerdo a las especificaciones y recomendaciones dadas en los acápite 2.04 al 2.07 (Capítulo II), siguiendo en lo posible el desarrollo de las curvas a nivel indicadas en el plano RS-3.

Periódicamente (por ejemplo, cada 6 meses) se levantarán puntos de la superficie rellenada para poder trazar perfiles y confrontarlos con el proyecto.

Los desvíos serán interpretados evaluándose la construcción y el proyecto para una toma de decisión.

4.02.2 Control Operacional

Horario de atención

A la entrada de la Planta se deberá colocar un cartel informando sobre el horario de atención, tipos de residuos que no son aceptados, costo de la disposición y los datos completos de la entidad encargada de la operación. El acceso debe estar limitado entre las horas de atención y sólo para las personas autorizadas a disponer desechos en el Relleno. El horario de atención se fijará en concordancia con el sistema de recolección y especialmente con la Estación de Transferencia.

Manejo de los desechos

La mayoría de los desechos (municipales, industriales, institucionales, agrícolas, de construcción etc) pueden ser manejados sin problemas y en conjunto pero otros requieren de un manejo especializado y cuidadoso, como el caso de materiales voluminosos que deberán disponerse separadamente para evitar una compactación desigual y los desechos de Procesos Industriales que deberán contar con el permiso o licencias expedidas por las autoridades de salud pública y la autorización de recibo e instrucciones del Ingeniero responsable del relleno

Fuegos e Incendios

Regularmente los incendios son provocados por los recogedores de materiales y por los desechos que llegan al Relleno a altas temperaturas. El incendio debe controlarse cubriendo la zona con tierra; si el incendio continuara hay que crear un cordón de material inerte o tierra para evitar que el incendio se propague superficialmente. Las capas intermedias de material de cobertura podrán impedir que el incendio se propague al interior.

Si el incendio ha penetrado dentro del relleno, no debe tratarse de apagarse utilizando agua, pues esto hará que el incendio se propague o intensifique. Cuando el agua penetra en las zonas del Relleno las temperaturas elevadas vaporizan el agua, la presión se eleva y el vapor escapa a la superficie; cuando el vapor escapa, la presión dentro del relleno baja súbitamente creando un efecto de succión que provoca la entrada forzada de aire (oxígeno) el que a su vez produce un nuevo ciclo de combustión más intenso.

Además, todas las máquinas que operen en el área de la Planta deberán estar provistas de extinguidores portátiles de emergencia (de preferencia extinguidores de polvo químico).

Control del Polvo

El polvo levantado por el tráfico vehicular es un peligro para la salud de los trabajadores, malestar para los vecinos e inconveniente para la maquinaria. Se puede controlar con un riego periódico con agua o con la adición de cloruro de calcio en la proporción de 0.25 kg/m².

El rociamiento de aceites usados sobre la superficie de los caminos en la proporción de 2 lts/m² da resultados muy positivos en suelos permeables; cuando los suelos sean arcillosos el terreno podrá ser escarificado y mezclado con el aceite y luego compactado.

Voladura de Papeles y Plásticos

Se puede controlar manteniendo el frente de trabajo al mínimo posible. El uso de cercos portátiles cerca al frente de trabajo ayudará al control de voladuras; estos cercos deberán ser resistentes para poder ser halados por el equipo. Al inicio o final de cada día de operaciones el campo deberá ser limpiado de todos los papeles y plásticos que se encuentren regados para presentar una imagen de orden y efectividad ante el público.

Vectores y Aves

La única forma de controlar efectivamente la acción de roedores, aves y moscas es con la cobertura diaria de los desechos. La aplicación de pesticidas o insecticidas no tiene al final ningún resultado positivo.

Extracción de Materiales

La extracción de materiales en un Relleno Sanitario debe estar estrictamente prohibida; la experiencia alcanzada en varios Rellenos indica que se sufren atrasos hasta de un 25% debido a la lentitud con que tienen que desplazarse las máquinas para evitar accidentes lo que consecuentemente se refleja en mayores costos. Regularmente los recogedores son explotados por otras personas que compran los materiales recogidos a precios bajos; el ingreso de los recogedores no llega al jornal de un obrero de limpieza pública.

Equipo

El éxito en un Relleno Sanitario depende de la operabilidad del equipo, es decir, que el equipo debe estar en condiciones de trabajar permanentemente y con el mínimo de paralizaciones. Para lograrlo es necesario establecer un rígido programa de mantenimiento preventivo para cada unidad de acuerdo al trabajo que desempeñe cada máquina y a las recomendaciones de los fabricantes.

Se dispondrá de un taller de mantenimiento y reparaciones que básicamente debe tener lo siguiente:

- Equipo de aire comprimido
- Equipo de soldadura autógena y eléctrica
- Equipo de engrase a presión
- Tanque de combustible
- Almacén de lubricantes y grasas
- Tecle de cadena
- Juego completo de herramientas y extractores
- Stock de piezas de repuesto.

Registros de Operaciones

Se recolectan los siguientes datos para la evaluación del desempeño, de costos, mantenimiento e historia:

- Ingreso de materiales (basura y tierra): transportador, origen, calidad (clasificación estandarizada), cantidad (peso medido o volumen estimado) y horario. En el caso de recibir residuos industriales, la calificación debe estar a cargo de empleados especialmente entrenados.
- Flujo de vehículos y de visitantes, en la portería
- Registro de presencia del personal empleado.
- Período de trabajo y de ociosidad de las máquinas.
- Servicios de mantenimiento efectuados en cada máquina discriminando servicios, materiales y mano de obra. Siendo pocas las máquinas, puede hacerse un solo boletín.
- Ocurrencias extraordinarias.

Se adjuntan modelos informativos para la labor de recopilación de datos que servirán para la evaluación de costos, o como fuente de información para propósitos administrativos o de planificación y como referencia para futuros proyectos de Rellenos Sanitarios.

4.02.3 Control del Medio Ambiente

El control del Medio Ambiente en las Plantas de Disposición de Residuos Sólidos se refiere principalmente al control del agua superficial y freática, mediante la realización de análisis físico-químicos y

REGISTRO DIARIO DEL PESO DE LOS VEHICULOS

Lugar _____ Fecha: ____/____/____

Firma _____

N° del vehículo	Hora	Residuos		Peso al entrar	Peso al salir	Cantidad entregada	
		Origen	Tipo			Residuos sólidos	Material de cobertura
Total							

Instrucciones: A ser completado para cada vehículo en cada entrega. Si no se dispone de una balanza-puente, deberá hacerse un estimado en metros cúbicos.

* R = residencial, I = industrial, C = comercial, A = agrícola, etc.

** β = basura doméstica, D = residuos de demolición/construcción,
L1 = llantas, V = desechos voluminosos - muebles, refrigeradoras, etc.

RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DIARIAS

Lugar _____ Fecha: _____

Pirsa _____

Fecha	Residuos sólidos		Material de cobertura			Horas-hombre	Horas-máquina		Jornada de trabajo
	Carga	Toneladas	Existen- cias	Recibido	Usado		Saldo	En uso	
Total									

Instrucciones: A ser llenado por el supervisor del relleno sanitario al fin de cada jornada.
 Registrar el material de cobertura en toneladas o metros cúbicos.
 En la columna correspondiente a "Existencias" de material de cobertura, anótase el "Saldo" del día anterior.

INFORME MENSUAL DE MANTENIMIENTO DE EQUIPO

LUGAR _____

PERIODO de _____ a _____

IDENTIFICACION DEL EQUIPO _____

DIA	HORAS DE OPERACION	COSTO DE COMBUSTIBLE	MANTENIMIENTO					
			TIPO DE REPARACION	HORAS FUERA DE SERV.	HORAS MANO DE OBRERA	COSTO DE MANO DE OBRERA	COSTO DE REPUESTOS	COSTO EXTERNO
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								

INSTRUCCIONES: Para ser llenado por el supervisor del relleno al final de cada día. Entradas en la parte de mantenimiento deben hacerse solo según ocurran. Este hojic es solo por una pieza de equipo.

Lista de Evaluación para Rellenos Sanitarios

Requerimientos

- | | | |
|--|---|---|
| a. Prohibición para quemar | — | — |
| b. Acceso limitado | — | — |
| c. Esparcido y compactado conjunto | — | — |
| d. Aplicación de cobertura diaria | — | — |
| e. Aplicación de cobertura final | — | — |
| f. Control de voladura de papeles | — | — |
| g. Prohibición de extracción de materiales | — | — |
| h. Previsiones para trabajo en mal tiempo y de reemplazo inmediato del equipo averiado | — | — |
| i. Previsiones para el manejo de desechos especiales | — | — |

Facilidades

- | | | |
|--|---|---|
| 1. Instrucciones de operación para los usuarios. | — | — |
| 2. Control de peso | — | — |
| 3. Comunicaciones | — | — |
| 4. Instalaciones para los empleados | — | — |
| 5. Instalaciones para el mantenimiento del equipo. | — | — |
| 6. Area de descarga y frente de trabajo bajo control | — | — |
| 7. Protección contra incendio | — | — |
| 8. Previsión para el manejo de materiales voluminosos | — | — |
| 9. Control de vectores | — | — |
| 10. Control de Polvo | — | — |
| 11. Entrenamiento para seguridad y prevención de accidentes | — | — |
| 12. Drenaje y gradientes | — | — |
| 13. Planeamiento, desarrollo y ejecución del plan de trabajo previsto en el diseño | — | — |

bacteriológicos para verificar su posible contaminación con el líquido percolado del Relleno Sanitario - Ver ítem 1.06 .

En el Estudio Geotécnico del terreno (quebrada Campana y Carabayllo) se ha determinado la ausencia de agua freática en el área destinada al Relleno Sanitario y, por otro lado por la casi nula precipitación pluvial en la zona , tampoco hay escorrentía de agua superficial, por lo que no será necesario llevar a cabo un control de contaminación en el área del Relleno Sanitario.

A manera de ilustración se presenta en esta sección dos cuadros con los resultados de análisis físico-químico y bacteriológicos realizados como medida de control en dos Rellenos Sanitarios del Brasil, donde sí se tenía agua freática en el terreno. De requerirse un control de contaminación se procederá del siguiente modo:

-Deberán recolectarse muestras (para sus respectivos análisis físico-químicos y bacteriológicos) en los puntos más altos y más bajos del área del Relleno Sanitario, siguiendo la dirección del flujo de la napa freática, a distancias diversas, hasta 200 m. aguas abajo del lindero del terreno.

El control deberá hacerse antes, durante y después de la construcción del Relleno.

Los parámetros a analizar son aquellos exigidos por el Reglamento Nac. de los Req. Ofic . ó su similar de las Normas Internacionales para el Agua Potable de la OMS , que se adjunta .

4.02.4 Control de costos

Este acápite se describe en el ítem 4.04 .

AGUA FREÁTICA - ANTES Y DESPUES DEL RELLENO
RELLENO SANITARIO DEL PARQUE BENOPOLIS - PORTO ALEGRE, BRASIL

PARAMETROS	PB-2		PB-3		PB-7	
	ANTES	17 MESES	ANTES	15 MESES	ANTES	15 MESES
pH	4.6	6.8	4.8	6.7	4.6	7
DBO (mg/l)	63	62	15	26	40	30
DQO (mg/l)	140	171	160	144	220	40
Nitratos (mg/l)	0.0		0.0		0.0	
RTC (colonias/ml)	153,000	100,000	30,400	39,000	28,800	1,080

Notas: 1. Napa freática a 1.50m; muestras recolectadas a 0.5 m del nivel freático.
2. Las muestras fueron recolectadas antes y después de ser depositada basura en los respectivos sitios.

Antes: Los pozos PB-2, PB-3 y PB-7 estaban a las distancias de 70, 150 y 100 m (rumbo opuesto) del lote inicial del otro.

Después: El sitio de recolección estaba relleno desde 17, 15 y 15 meses.

Fuente: DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - Nº 17. Controle de contaminação nos aterros sanitários de Porto Alegre. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública, 1980.

AGUA FREÁTICA EN EL LOCAL PRÓXIMO AL VACIADERO
DE RESIDUOS SOLIDOS SIN COBERTURA EN LA ISLA DEL PAVO - PORTO ALEGRE, BRASIL

PARAMETRO	IP-4		IP-5		IP-7	
	31 MESES	71 MESES	23 MESES	63 MESES	ABRIL 76	AGOSTO 79
PH	6.7	7.6	7.4	7.0	6.6	6.4
DBO (mg/l)	136	290	450	500	11	12
DQO (mg/l)	536	7,600	3,200	1,520	88	48
Nitrógeno (mg/l)	49.2		94.5		2.7	2.3
Cloratos (mg/l)	308	105	1,184	95.6	6.7	
Sulfatos (mg/l)	7.4	7.7	29.8	68	7	96
Sulfato total (mg/l)	1.16	150	15.2	72	0.4	5.4
Conductividad (umho/cm)		5,000		3,000		
RTC * (colonias/ml)	270,000	1'920,000	168,000	228,000	84,000	185,000

Notas: 1. IP-4 e IP-5: sitios rellenados; análisis después del tiempo de relleno referido.
2. IP-7: pozo distante 200 m del relleno.

Fuente: DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - Nº 17. Controle de contaminação nos aterros sanitários de Porto Alegre. Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública. 1980.

Recuento total de colonias (RTC).

CALIDAD DEL AGUA POTABLE
Normas de la OMS (Internacional), 1963

SUSTANCIAS PRESENTES	LIMITES (*) (mg/l)		
	RECOMENDADO	ACEPTABLE	TOLERANCIA
ABS (sulfonato de alcohol-benceno)	0.5	1.0	--
Arsénico (As)	---	---	0.05
Bario (Ba)	---	---	1.0
Cadmio (Cd)	---	---	0.01
Calcio (Ca)	75	200	--
Extracto de carbono en cloroformo (CCE)	0.2	0.5 (**)	--
Cloratos (Cl)	200	600	--
Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	---	---	0.05
Cobre (Cu)	1.0	1.5	--
Cianatos (CN)	---	---	0.2
Fluoratos (F)	---	1.0/1.5	--
pH (concent. iones H ⁺)	7.0/8.5	6.5/9.2	--
Fierro (Fe)	0.3	1.5	--
Plomo (Pb)	---	---	0.05
Magnesio (Mg)	50	150	--
Sulfatos de Mg y Na	500	1,000	--
Manganeso (Mn)	0.1	0.5	--
Nitratos (NO ₃)	---	45	--
Compuestos fenólicos (en forma de fenol)	0.001	0.002	--
Selenio (Se)	---	---	0.01
Sulfatos (SO ₄)	200	400	--
Zinc (Zn)	5	15	--

Notas:

- (*) **Recomendados:** concentraciones satisfactorias para el consumo.
Aceptables: concentraciones arriba de las cuales la potabilidad del agua se perjudicaría "notablemente".
Tolerancia: concentraciones arriba de las cuales puede existir un riesgo real para la salud.

(**) Concentraciones superiores a 0.2 mg/l exigen análisis adicional para determinar el agente causante.

Fuente: PORRAS MARTIN, J. & THAUVIN, J.P. Aguas subterráneas. Cuadernos del CIFCA. Madrid, 1978.

4.03 ORGANIZACION

Como toda obra de ingeniería el manejo de una Planta de Disposición Final de Residuos Sólidos requiere de la implementación de un sistema administrativo que controle y apoye las operaciones.

La administración y operación de la Planta estaría a cargo de la Empresa Municipal de Aseo Urbano del Concejo Provincial de Lima, que actualmente tiene a su cargo el sistema de Recolección, Transporte y Disposición Final de los Residuos Sólidos producidos en la ciudad de Lima.

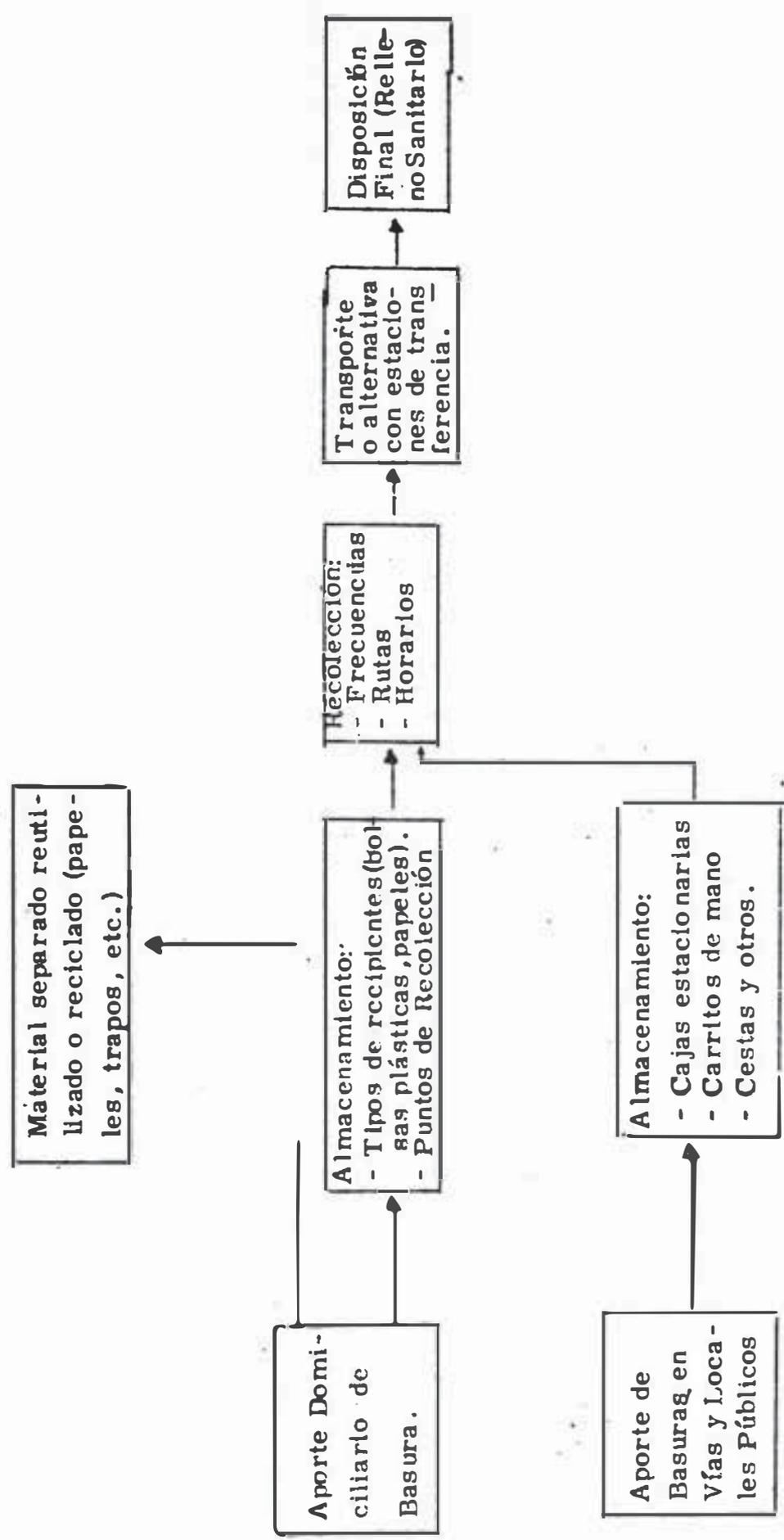
El mantenimiento de un stock de repuestos, combustibles, lubricantes y grasas, así como el efectivo control de los costos de operación es parte integral del buen funcionamiento del Relleno; se debe llevar por lo menos un control de lo siguiente:

- Volúmenes de desechos ingresados
- Volumen de material de cobertura
- Costos de mano de obra
- Costos del equipo por propiedad, operación y mantenimiento.
- Costos de inversiones e infraestructura.
- Costos administrativos.

La información adquirida y su continua evaluación servirá para la creación de una base confiable para el diseño de futuros Rellenos y el establecimiento de tarifas adecuadas.

Con el auspicio de la Agencia para la Protección del Ambiente de los EE.UU (E.P.A.) Eric Z. Zausner ha desarrollado un Sistema de Contabilidad para las Operaciones de Rellenos Sanitarios que cubre todos los aspectos ne-

ESQUEMA BASICO DEL PROCESO DE ASEO URBANO



cesarios para un buen control. La implementación de un sistema como el que describe tiene las siguientes ventajas:

- Facilitar la recopilación y flujo de información relevante en forma eficiente y utilizable.
- Mantener un sistema de informes que presenten en forma concisa aquella información que pueda ser utilizada efectivamente por todo el personal.

Como estos informes pueden ser completados por el mismo personal del servicio el flujo de información será permanente.

- Dar a todas y cada una de las entidades encargadas de las funciones específicas del Relleno la oportunidad de autoevaluación y medida de efectividad. Los avances y grados de efectividad obtenidos pueden ser medidos por los mismos trabajadores, el jefe de operaciones y el ingeniero responsable del diseño.
- Proveer una metodología y dirección que permita mantener un desglose confiable y continuo de todos los costos relevantes.
- Crear una fuente de información que pueda ser usada en cualquier momento para propósitos administrativos o de planificación.
- Mantener un sistema que automáticamente obligue al operador a tomar medidas adecuadas para remediar desviaciones del presupuesto.
- Tener un sistema de control contable que sea compatible con sistemas similares para otras fases del servicio de limpieza pública.

4.03.1 Personal requerido en la Planta

La labor de operación y mantenimiento del Relleno Sanitario deberá ser realizado por personas adiestradas, de manera tal que se garantice el cumplimiento de los procedimientos ingenieriles y los requisitos de salud pública.

- Supervisor de campo:

Este empleado debe tener los conocimientos y entrenamiento necesarios para dirigir la obra en progreso. Esta posición requiere la presencia de este empleado durante todo el tiempo que el Relleno Sanitario se encuentre en operación.

- Operadores de máquina.

Los operadores de máquinas deberán estar capacitados para manejar y mantener en buen estado de operación el equipo. Además el operador deberá poseer el entrenamiento necesario para poder seguir planos que indiquen elevaciones y contornos, seguir especificaciones de acabado y entender el propósito y los problemas relacionados con la operación de un Relleno Sanitario.

- Recibidor - Despachador

Este empleado estaría encargado de la caseta de entrada y de pesar todos los vehículos que ingresen a la Planta. Puede asignarsele la función de cobrar las cuotas de disposición una vez que los vehículos han sido pesados (con i sin carga). Esta posición requiere que el empleado este a la mano , todo el tiempo que la Planta permanezca abierta.

- Chofer de Camión-cisterna

Que tendrá como misión el control del polvo en las vías internas, así como proporcionar la humedad necesaria para la operación de compactación del Relleno.

- Ayudantes

Tendrán la misión de auxiliar al resto del personal en la obra, en tareas menores de limpieza ó para dirigir el tráfico a las horas de mayor movimiento de vehículos.

- Mecánico

Para una eficiente operación y mantenimiento del equipo es preferible contratar mecánicos y luego entrenarlos para que operen las máquinas, con ello cualquier desperfecto será detectado rápidamente evitando daños mayores; el mayor salario queda ampliamente compensado frente al alto costo de las reparaciones y paralizaciones.

En resumen el personal mínimo requerido al inicio de la operación de la Planta incluye:

- 1 Ingeniero Sanitario *
- 1 Supervisor de Campo
- 7 Operadores de Máquinas
- 1 Chofer de camión
- 2 Romaneros-Recibidores
- 1 Mecánico
- 1 Ayudante - mecánico
- 1 Lavador
- 2 Vigilantes
- 1 Guardián (que vive en la Planta)
- 3 Ayudantes (tareas menores - Limpieza)
- 1 Empleado (oficina - estadística)

* a tiempo parcial (30%)

4.04 COSTOS

Aunque el relleno sanitario está considerado como el método más económico de disposición, los gastos en que se incurren pueden ser substanciales. De allí la importancia de compilar y analizar los datos sobre costos como sustentación para una operación eficiente y económica de la obra.

La estimación de costos de un relleno sanitario se basa en la capacidad instalada para manejar la basura que llega al sitio, ya que el equipo de maquinaria pesada no es fraccionable y es necesario tenerlo completo, desde el comienzo mismo de la operación, al igual que las obras civiles y demás facilidades (básculas, casetas, accesos, cercas etc), indispensables para el cabal funcionamiento del relleno. En este sentido el precio unitario por tonelada de basura dispuesta dependerá del tamaño de la operación, el método de relleno que se aplique y el valor en el mercado local de los equipos, materiales y mano de obra que se requieren para la operación.

De lo anterior se desprende que una estimación de costos sincera y apropiada de inversión de capital y operación, solo podrá obtenerse una vez diseñado (completamente) el relleno sanitario. En todo caso, el análisis de costos debe realizarse cuidadosamente, sin omisión de detalles.

Una adecuada clasificación de costos comprendería:

a. Costos no operacionales que incluyen:

a.1 Inversión inicial de capital:

- Terreno
- Mejoras
- Edificaciones
- Equipos

a.2 Costos no operacionales anuales

- Depreciación (equipo y mejoras)
- Pago de intereses y otros gastos de financiamiento.

b. Costos operacionales que incluyen:

b.1 Trabajo directo (conductores, operadores, vigilantes etc)

- Jornales, horas extras, beneficios marginales

b.2 Operación de equipos

- Arrendamiento
- Combustibles y lubricantes.
- Reparaciones y mantenimiento preventivo (mano de obra, piezas y accesorios, cargos de otras fuentes).

b.3 Material para recubrimiento (se obtiene de otra procedencia.

b.4 Desembolsos generales

- Administración
- Servicios
- Cargos de otros departamentos
- Mantenimiento en general de edificaciones y alrededores.

c. Costo total que incluye:

c.1 Costo de instalación (operacional más la depreciación)

c.2 Costos comunales (operacional más depreciación más financiamiento menos rentas públicas).

c.3 Costos unitarios.

La liquidación de cuentas y el análisis de costos se efectuarían en la oficina central (Empresa Municipal de Aseo Urbano) a partir de las informaciones de la Planta.

En las páginas siguientes se adjuntan tablas-guías para análisis de costos.

La disposición de residuos sólidos en Rellenos Sanitarios comúnmente cuesta del 5 al 10% del total del sistema de limpieza. Como referencia se presentan los costos en Río de Janeiro:

Relleno Metropolitano 4,000 T/día US \$ 1.00 /T

Relleno Jacarepaguá 700 T/día US \$ 2.50 / T

En Sao Paulo, Brasil, la operación del RS (que recibe por lo menos 1,000 T/día de basura y dispone de tierra a menos de 100 m.) fue contratada con una empresa privada a US \$ 0.50 por tonelada en 1972 y a US \$ 0.61 en 1978.

En Porto Alegre, Brasil, la Prefectura ejecuta un RS proyectado para elevar el nivel de un área inundable de 140 Ha con el objeto de urbanizar y construir casas y edificios de apartamentos sobre el terreno recuperado. La empresa es privada, por lo que la Prefectura recibe un pago que cubre enteramente el costo de disposición.

En Santiago, Chile, la operación está contratada a los siguientes precios:

- Dos rellenos de 1,800 y 900 T/día: US \$ 2.30 /T
- Un relleno de 120 T/día : US \$ 6.00 /T

4.04.1 Resumen de costos de Inversión

1.0 <u>Instalaciones Sanitarias</u> +	\$ 63,015
2.0 <u>Relleno Sanitario (Equipos)</u>	
2.1 Tractor de Orugas (4) - 140 HP	\$ 720,000
2.2 Scraper (Trailla) (1)	200,000
2.3 Carro Tanque (1)	30,000
2.4 Balanza (1) - 50 T.	30,000
2.5 Otros Equipos *	50,000
	<hr/>
TOTAL	\$ 1'093,015
	<hr/>

+ Cambio del Dolar US \$ 735.0 - Agosto - 1982

* Para el taller de mantenimiento y reparaciones
(Ver item:equipos - 4.02.2)

INFORME DEL COSTO DE OPERACION DEL RELLENO

LUGAR _____

PERIODO DEL INFORME de _____ o _____

	D A T O S	REAL PARA ESTE PERIODO	% VARIACION DEL PRESUPUESTO	% DE VARIACION DEL ULTIMO PERIODO	% VARIAC. DEL MISMO PERIODO EL ANTER.
TOTALES	TOTAL DE TONELADAS RECIBIDAS				
	TOTAL DEL COSTO DE OPERACION				
	TOTAL DEL COSTO DE OPERACION POR TONELADA				
COSTO UNITARIO *	MANO DE OBRA POR TONELADA				
	MATERIAL COBERTURA / TONELADA				
	COSTO DE OPERACION DEL EQUIPO POR TONELADA				
	SOBRECOSTO POR TONELADA				
FACTOR EFICIENCIA *	UTILIZACION DEL MATERIAL DE COBERTURA				
	HORAS DE SOBRETUempo POR TOTAL DE HORAS TRABAJADAS				
	RENDIMIENTO MANO DE OBRA				
	% FUERA DE SERVICIO (EQUIPO)				
	UTILIZACION DEL EQUIPO				
	RENDIMIENTO DEL EQUIPO				

PARA SER COMPLETADO POR EL DEPTO. DE CONTABILIDAD .
BERA IR AL SUPERVISOR DEL RELLENO.

UNA COPIA DE -

*** CALCULOS :**

$$\text{COSTO UNITARIO} = \text{COSTO TOTAL} \div \text{TONELADAS DE BASURAS RECIBIDAS}$$

$$\text{COSTO UNITARIO DE MATERIAL DE COBERTURA} = \text{COSTO MAT. DE COB.} \div \text{TON. DE BAS. RECIBIDAS}$$

$$\text{UTILIZAC. MAT. DE COB.} = \text{MAT DE COB USADO} \div \text{N}^{\circ} \text{ DE HORAS TRABAJADAS}$$

$$\text{EFICIENCIA DE LA M. DE OBRA} = \text{TON DE BAS RECIBIDAS} \div \text{N}^{\circ} \text{ DE HORAS UTILIZADAS}$$

$$\text{UTILIZ. DEL EQUIPO} = \text{COSTO DEL EQUIPO} \div \text{N}^{\circ} \text{ DE HORAS UTILIZADAS}$$

$$\% \text{ DEL EQUIPO FUERA DE SERVICIO} = \frac{\text{TOT. HORAS F. DE SERV.}}{\text{N}^{\circ} \text{ TOT. DE HRS UTILIZADAS}}$$

RESUMEN DEL COSTO TOTAL DEL RELLENO

LUGAR: _____

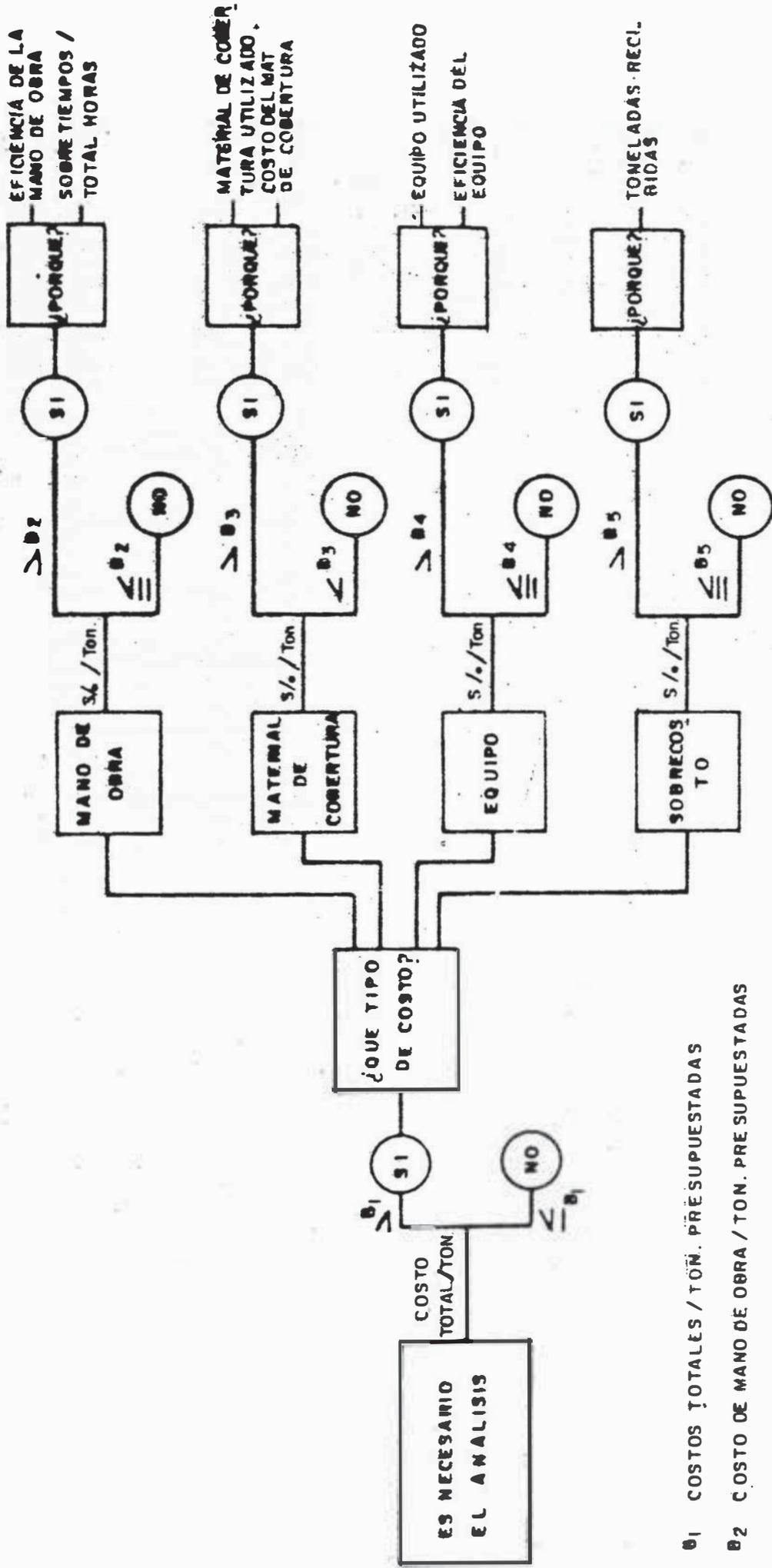
PERIODO DEL INFORME de _____ a _____

INFORMACION	PARA EL PRESENTE PERIODO	PRESUPUESTO PARA EL PERIODO	DATOS DE COMPARACION	PRESUPUESTO PARA EL AÑO DE COMPARACION
TONELADAS DE BASURA RECIBIDAS				
COSTO TOTAL DE OPERACION				
COSTO TOTAL DE DEPRECIACION				
COSTO TOTAL				
COSTO DE OPERACION POR TONELADA				
COSTO DE DEPRECIACION POR TONELADA				
COSTO TOTAL POR TONELADA				

INSTRUCCIONES: PARA SER LLENADO POR EL DEPARTAMENTO DE CONTABILIDAD.

DIAGRAMA DE DECISIONES PARA EL RELLENO SANITARIO

ANALISIS DE VARIACIONES DE COSTOS



- B1 COSTOS TOTALES / TON. PRESUPUESTADAS
- B2 COSTO DE MANO DE OBRA / TON. PRESUPUESTADAS
- B3 COSTO DEL MATERIAL DE COBERTURA / TON PRESUPUESTADAS
- B4 COSTO DEL EQUIPO / TON PRESUPUESTADAS
- B5 SOBRECOSTOS / TON. PRESUPUESTADAS