

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y SOLUCIONES AL PROBLEMA DE INUNDACIONES
EN EL SECTOR IV, DEL PROYECTO JARDINES DE MINERVA II.**

TESIS

Presentada a la junta directiva de la facultad de Ingeniería

Por

WILFREDO AMILCAR MIRÓN CORADO

Al conferírsele el título de

INGENIERO CIVIL

Guatemala, agosto de 1,999.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR



Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**ANÁLISIS Y SOLUCIONES AL PROBLEMA DE INUNDACIONES
EN EL SECTOR IV, DEL PROYECTO JARDINES DE MINERVA II.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 30 de octubre de 1,998.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Wilfredo Amilcar Mirón Corado".

Wilfredo Amilcar Mirón Corado

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

MIEMBROS DE JUNTA DIRECTIVA

Decano	Ing. Herbert René Miranda Barrios
Vocal 1º.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
Vocal 2º.	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Vocal 3º.	Ing. Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
Vocal 4º.	Br. Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
Vocal 5º.	Br. Mauricio Grajeda Mariscal
Secretaria	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Herbert René Miranda Barrios
Examinador	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
Examinador	Ing. Lionel Alfonso Barillas Romillo
Examinador	Ing. Arturo Rodrigo Samayoa Dardón
Secretaria	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

Guatemala 1 de julio de 1999.

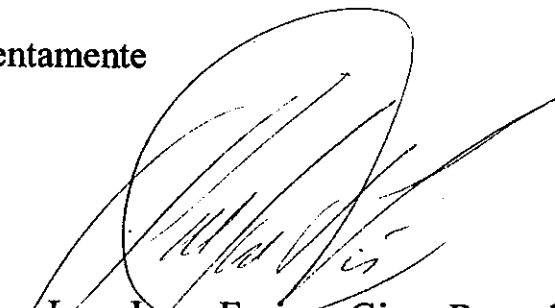
Ingeniero
Augusto Rene Pérez Méndez
Jefe del departamento de transportes
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Ingeniero Pérez.

Por este medio le informo que he revisado el trabajo de tesis titulado **ANÁLISIS Y SOLUCIONES AL PROBLEMA DE INUNDACIONES EN EL SECTOR IV, DEL PROYECTO JARDINES DE MINERVA II**, del estudiante de ingeniería civil, **Wilfredo Amilcar Mirón Corado**, el cual constituye un buen aporte para solucionar el problema que aqueja nuestro proyecto.

Considero que el contenido llena los objetivos propuestos, así como da opciones de solución al problema planteado, por lo que, recomiendo su aprobación y autorización.

Atentamente



Ing. Jorge Enrique Giron Benard
Gerente Proyecto Jardines de Minerva.
Asesor



Guatemala, 14 de Julio de 1999.

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
DIRECTOR ESCUELA INGENIERÍA CIVIL
Facultad de ingeniería
Universidad de San Carlos

Señor Director:

Por este medio me dirijo a usted para informarle, que he revisado el trabajo de tesis titulado **“ANÁLISIS Y SOLUCIONES AL PROBLEMA DE INUNDACIONES EN EL SECTOR IV, DEL PROYECTO JARDINES DE MINERVA II”** desarrollado por el estudiante **Wilfredo Amilcar Mirón Corado**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Jorge Enrique Giron Benard.

Considerando que el trabajo en mención fue realizado de acuerdo a los requisitos exigidos y es de utilidad para el ejercicio profesional, me permito recomendar la aprobación correspondiente.

Atentamente,

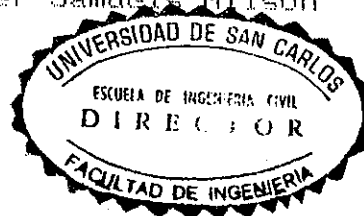
Ingeniero Augusto René Pérez Méndez
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
Escuela de Ingeniería Civil



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Jorge Enrique Girón Benard y del Jefe del Departamento de Transporte Ing. Augusto René Pérez Méndez, del trabajo de tesis del estudiante Wilfredo Amilcar Mirón Corado, titulado ANALISIS Y SOLUCIONES AL PROBLEMA DE INUNDACIONES EN EL SECTOR IV, DEL PROYECTO JARDINES DE MINERVA II, da por este medio su aprobación a dicha tesis.

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, agosto de 1,999

/bbdeb.



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Sydney Alexander Samuels Milson, al trabajo de tesis ANALISIS Y SOLUCIONES AL PROBLEMA DE INUNDACIONES EN EL SECTOR IV, DEL PROYECTO JARDINES DE MINERVA II, del estudiante Wilfredo Amilcar Mirón Corado, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Herbert René Miranda Barrios

DECANO



Guatemala, agosto de 1,999

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

**FRANCISCO MIRÓN
HILDA ESPERANZA CORADO DE MIRÓN**

Mi abuela

FRANCISCA BARRIENTOS Vda. DE CORADO

Mis hermanos

**MAYRA LISSETTE
OTTO FRANCISCO
ERWIN OMAR**

Mi novia

EVELYN MARLENNE CEDILLO GAMEZ

RECONOCIMIENTO

Deseo expresar mi agradecimiento al
Ingeniero **JORGE ENRIQUE GIRON BENARD**,
asesor del presente trabajo, quien en todo momento
me brindo su apoyo y colaboración.

ÍNDICE GENERAL

	PÁGINA
GLOSARIO.....	I
INTRODUCCIÓN	VI
OBJETIVOS.....	VII
1. INFORMACIÓN PRELIMINAR.....	1
1.1 Información general del sector IV.....	1
1.2 Vías de comunicación y acceso.....	2
1.3 Población	3
2. ANÁLISIS DEL SECTOR.....	7
2.1 Condiciones geológicas.....	7
2.2 Condiciones topográficas.....	10
2.3 Condiciones hidrológicas.....	12
3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	14
3.1 Generalidades acerca de los deslizamientos.....	14
3.2 Causas que provocaron las inundaciones.....	17
3.3 Factores que influyeron.....	17
4. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.....	19
4.1 Obras mayores.....	19
4.1.1 Protección de taludes.....	19
4.1.2 Reconstrucción de talud.....	20

4.1.2.1	Diseño de un muro con gaviones.....	21
4.1.3	Propuesta de un nuevo túnel.....	33
4.1.3.1	Análisis de los sistemas de alcantarillado existentes.....	33
4.1.4	Desarenador.....	43
4.1.4.1	Diseño de un desarenador.....	44
4.2	Obras menores.....	51
4.2.1	Rediseño de tragantes.....	51
4.2.2	Mantenimiento de cunetas.....	52
CONCLUSIONES.....		VIII
RECOMENDACIONES.....		X
BIBLIOGRAFÍA.....		XII
ANEXO 1. Informe de ensayo de compresión triaxial.		
ANEXO 2. Curvas para determinar el Empuje Activo.		

GLOSARIO

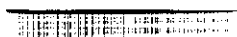
- Aflorar** Asomar a la superficie del terreno una roca que ordinariamente está cubierta. El efecto de aflorar se denomina afloramiento.
- Agua de escorrentía** Es el agua que corre por la superficie del suelo hacia las vaguadas sin cauce fijo.
- Agua de filtración** Término que puede emplearse para distinguir las aguas que penetran en el subsuelo, impregnando las capas superiores del terreno y filtrándose con movimiento vertical. El límite inferior de esta agua está constituido por el nivel freático.
- Agua meteórica** Agua que cae o se deposita en la tierra por efecto de los meteoros acuosos (lluvia, nieve, granizo, niebla, rocío o escarcha).
- Agua pluvial** Es el agua de lluvia y aun de los otros meteoros acuosos, considerada en el momento de caer.
- Agua subterránea** Se denomina así a la que discurre bajo la superficie del terreno, circulando por los intersticios de las rocas, con movimiento cuya dirección no es forzosamente vertical, y que por consiguiente, quedan por debajo de la zona de las aguas de filtración.

Arcilla	Corrientemente suele designarse con este nombre a toda mezcla posible de sílice, alúmina y agua con cualquier otra sustancia (arena margosa, arena caliza, óxido de hierro, etc.), con tal de formar una masa plástica y que pierda dicha plasticidad, pero reteniendo su forma, cuando se seca o calienta.
Arena	Material suelto procedente de la denudación de las rocas y cuyos granos suelen tener de 0.05 a 2.00 mm de diámetro. El límite entre la arena fina y gruesa suele fijarse en los 0.40 mm.
Caliza	Roca exogénica que se compone principalmente de carbonato cálcico.
Cárcava	Erosión proveniente de pequeños canales llamados surcos, formándose zanjas de gran tamaño, con anchos considerables.
Canto rodado	Piedra suelta que se alisa a fuerza de rodar por el cauce de un río o riachuelo y que es arrollada por las aguas.
Deslizamiento	Acción y efecto de deslizarse un trozo de terreno (hoja o manto de arrastre, cobijadura, corrimiento o despegadura) por efecto de empuje orogénico horizontal o por la acción de la gravedad.
En gradones	Que tiene escalones o gradas. Escalonado.

Erosión	Se define como el desprendimiento o arrastre del suelo y/o fragmentos de roca por acción del agua, el hielo, el viento, la nieve y la gravedad.
Estratigrafía	Parte de la Geología que trata sobre las formaciones, secuencias y correlaciones de la estratificación.
Estrato	Masa mineral en forma de capa, de espesor aproximadamente uniforme, que constituye los terrenos sedimentarios.
Falla	Ruptura de una superficie de dos o más bloques dislocados por movimientos diferenciales de desplazamientos mas o menos verticales.
Fisura	Hendidura en una roca o masa mineral.
Formación	Término que se aplica en estratigrafía al conjunto de capas o caracteres determinados, litológicos o paleontológicos.
Grado de saturación	Es la relación del volumen de agua al volumen total de espacios vacíos.
Gavión	Cestas o canastas de alambre que se llenan de piedras y sirven de defensa.
Hidrogeología	Parte de la Geología que estudia las aguas de las capas internas de la tierra.

Historia cronológica	Registro de los procesos destructivos en la formación de un suelo a partir de las rocas, este proceso puede ser físico o químico.
Infiltración	La penetración del agua meteórica o superficial por las grietas y espacios vacíos de las rocas del suelo, convirtiéndose así en agua subterránea.
Litología	Estudio de la roca basado en la observación megascópica. Puede considerarse sinónimo de petrografía o petrología.
Meteorización	Alteración y destrucción de las rocas por proceso exogénico, que actúa en la superficie y profundiza hasta donde alcanza el efecto oxidante de la atmósfera.
Nivel freático	Zona de las aguas subterráneas próxima a la superficie terrestre, excepto cuando está constituida por una capa impermeable.
Paramento	Cualquiera de las dos caras de una pared o muro.
Peso específico	El de un cuerpo en comparación con otro de igual volumen, tomado como unidad. Comúnmente se toma como unidad el peso de un volumen de agua a determinada temperatura.
Permeabilidad	Propiedad que presentan en mayor o menor grado casi todas las rocas y que consiste en dejar paso entre sus poros u oquedades al agua y también a otros líquidos.

- Pómez** En rigor es espuma de vidrio que debe su aspecto y su estructura celular o cavernosa a la gran cantidad de burbujas de gas que escaparon cuando se solidificó. Su peso específico es menor que el del agua.
- Sedimentación** Separación de los componentes de una suspensión por acción de la gravedad.
- Terraplén** Macizo de tierra con que se rellena un hueco o que se levanta para hacer una defensa, un camino, etc.



INTRODUCCIÓN

El sector IV del proyecto Jardines de Minerva II, ubicado en la zona 11 de Mixco, ha sido afectado por varias inundaciones provocadas por deslizamientos y corrientes de lodo, provenientes de las laderas que lo rodean, los cuales han provocado el azolvamiento de los sistemas de evacuación de las aguas, desbordamiento de las cunetas y taponamiento de tragantes.

En especial el día 25 de octubre del año 1,997, donde debido a las torrenciales lluvias que se presentaron en la ciudad capital, dicho sector se vio gravemente afectado por una fuerte inundación.

En dichas ocasiones se han producido grandes pérdidas económicas, las cuales no solo incluyen los costos directos de reconstrucción y reparación de los daños, sino, también los costos indirectos ocasionados por la pérdida de la productividad y la interrupción de los servicios, por lo que se hace inminente la necesidad de solucionar el problema de una manera definitiva.

Por lo cual, en el presente trabajo de tesis se presentan un conjunto de soluciones para este problema, con las cuales se buscará evitar, prevenir o mitigar los riesgos y daños, para este sector en particular, así como para otros lugares que pudieran tener problemas similares.

OBJETIVOS

- **Determinar las causas y factores que influyeron y propiciaron las inundaciones.**
- **Analizar las condiciones geológicas, topográficas e hidrológicas del sector en estudio, para determinar la influencia que éstas puedan tener en la ocurrencia de las inundaciones.**
- **Analizar las obras de ingeniería existentes y determinar su capacidad así como su funcionalidad en el sector en estudio.**
- **Proponer y diseñar obras de ingeniería que minimicen los riesgos de inundaciones.**

CAPÍTULO I

INFORMACIÓN PRELIMINAR

1.1 Información general del sector IV

El sector IV, nombrado también “El Valle”, se encuentra integrado al proyecto urbanístico “Jardines de Minerva II”, el cual está localizado en la zona 11 de Mixco, y es un complejo habitacional, que está diseñado de acuerdo a las regulaciones y exigencias urbanísticas de la municipalidad de Mixco, tales como: calles pavimentadas, bordillos, áreas deportivas, escolar, verde y para reserva forestal; servicios públicos como: energía eléctrica (alumbrado público); servicio de agua potable, mediante pozo propio, equipo de bombeo, tanques de almacenamiento y red de distribución.

Sus colindancias son: al norte con el área de reserva de la urbanización denominada “La isla”, al este con la lotificación Planes de Minerva, al sur con el sector V denominado “La Loma” y el sector VI denominado “La Montaña” y al oeste con el sector VII denominado “La Ladrillera”.

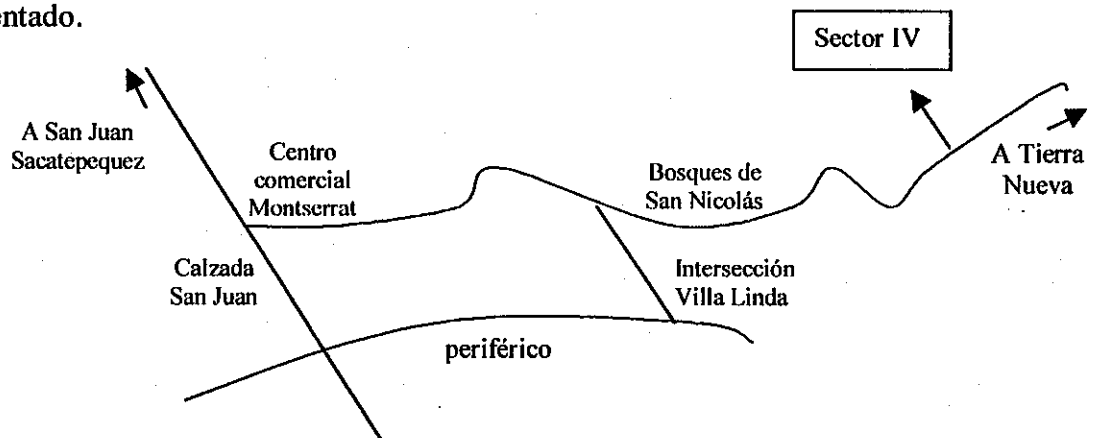
Tabla I. Datos generales del sector.

Bloques	12 unidades
Viviendas	313 unidades
Áreas verdes	3,306.26 m ²
Áreas deportivas	1,795.28 m ²
Área de calles	10,570.00 m ²
Área de banquetas	2,493.00 m ²

Su sistema de evacuación de aguas negras y pluviales se realiza por medio de un sistema combinado, con una tubería de concreto que oscila entre diámetros de 16" hasta diámetros de 30", el cual cuenta con dos desfogues, el primero hacia un túnel colector (de sección 1.00m * 1.40m), el cual está localizado al norte del sector en mención, y el cual desemboca a otro colector de la lotificación Colinas de Minerva de sección similar, esta línea capta las aguas de la Montaña, La Loma y el 50% de El Valle. El segundo desfogue se localiza al este del sector IV, el cual inicia con una tubería de 24" de diámetro y se conecta a una línea municipal en la aldea Lo de Fuentes, con un diámetro de 30" y capta las aguas del 50% restante del sector IV. Las ubicaciones de los desfogues y líneas de tubería se muestran en el plano de la hoja No. 6 y el plano general del sector IV se muestra en la página No. 4.

1.2 Vías de comunicación y acceso

Sobre la calzada San Juan, a la altura del kilómetro 13.50, entre el centro comercial El Tecolote y el centro Comercial Montserrat, enseguida 4.00 kilómetros por el boulevard que da acceso a los proyectos habitacionales: Bosques de San Nicolás, Minerva Sur, Colinas de Minerva, Planes de Minerva y Tierra Nueva, sobre un acceso pavimentado.



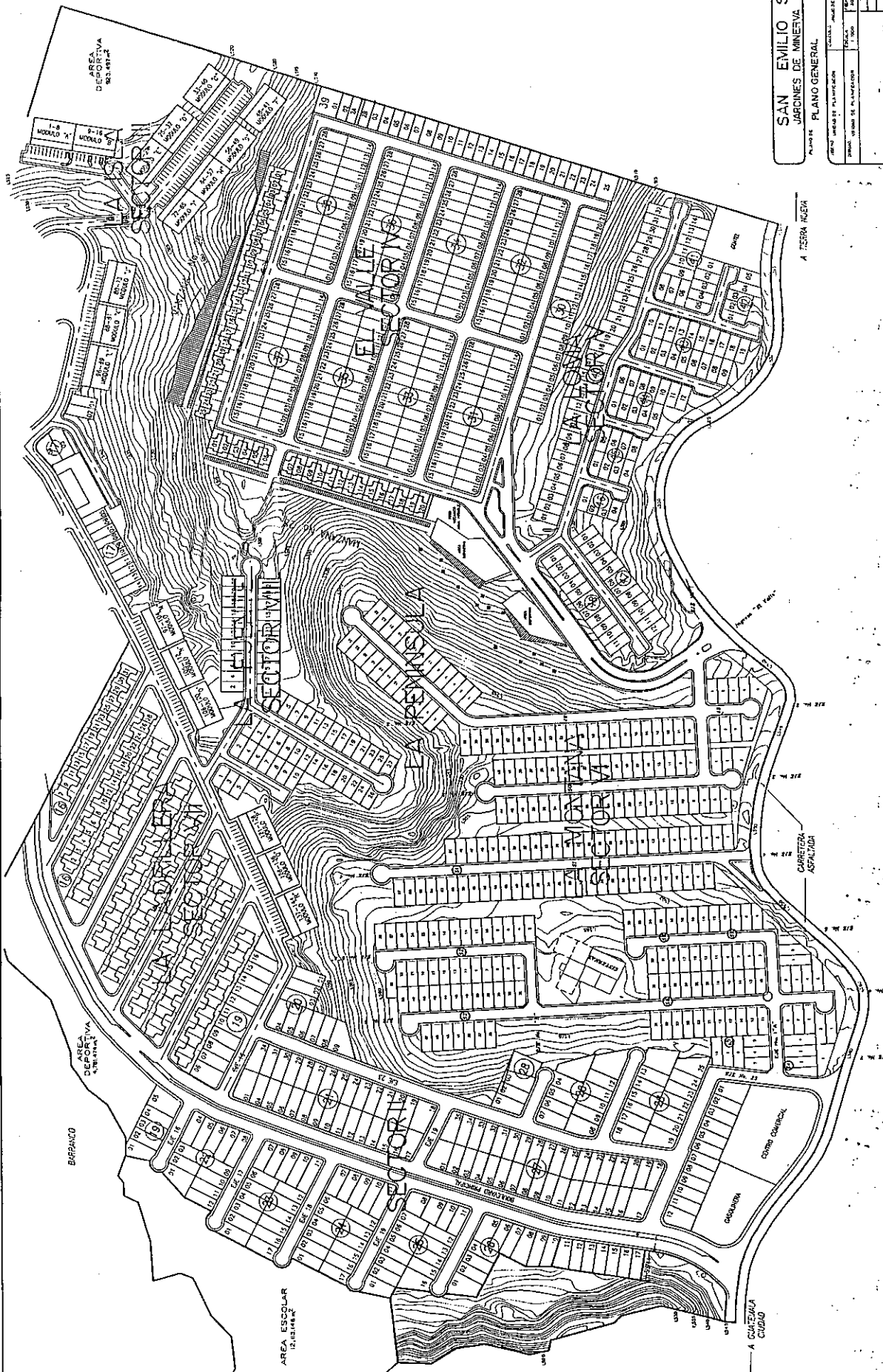
Esquema de localización del sector IV.

Figura No. 1 Vista panorámica del sector IV.



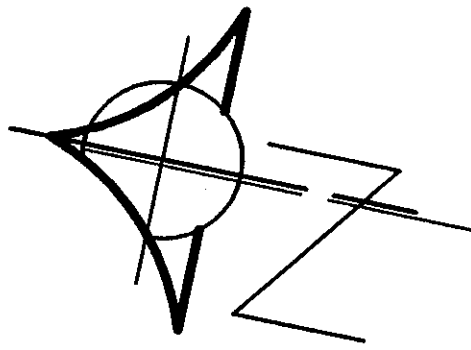
1.3 Población

El sector IV cuenta con aproximadamente 1,878 habitantes, de los cuales la gran mayoría pertenecen a un nivel de clase social media. Las ocupaciones de los habitantes se encuentran concentradas principalmente en la industria y el comercio.



SAN EMILIO S.A.
JARDINES DE MINERVA II
 PLANO GENERAL

PROYECTO	PROYECTO DE PLANEACION	FECHA	1980
PROYECTANTE	ING. JUAN J. HERNANDEZ	PROYECTADO POR	ING. JUAN J. HERNANDEZ
PROYECTO DE PLANEACION	PROYECTO DE PLANEACION	PROYECTADO POR	ING. JUAN J. HERNANDEZ
PROYECTO DE PLANEACION	PROYECTO DE PLANEACION	PROYECTADO POR	ING. JUAN J. HERNANDEZ

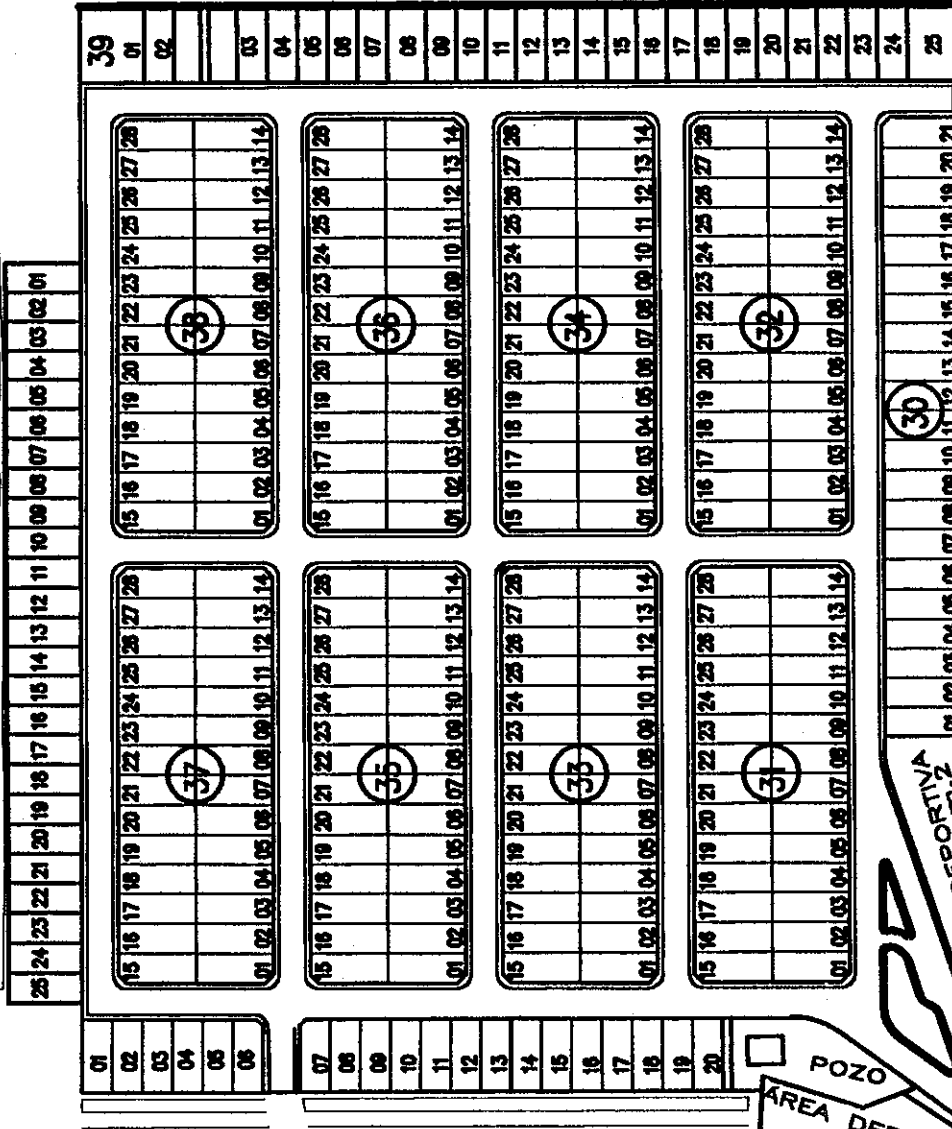


LOTIFICACION PLANES DE MINERVA

ÁREA DE RESERVA 'LA ISLA'

TALUD

29

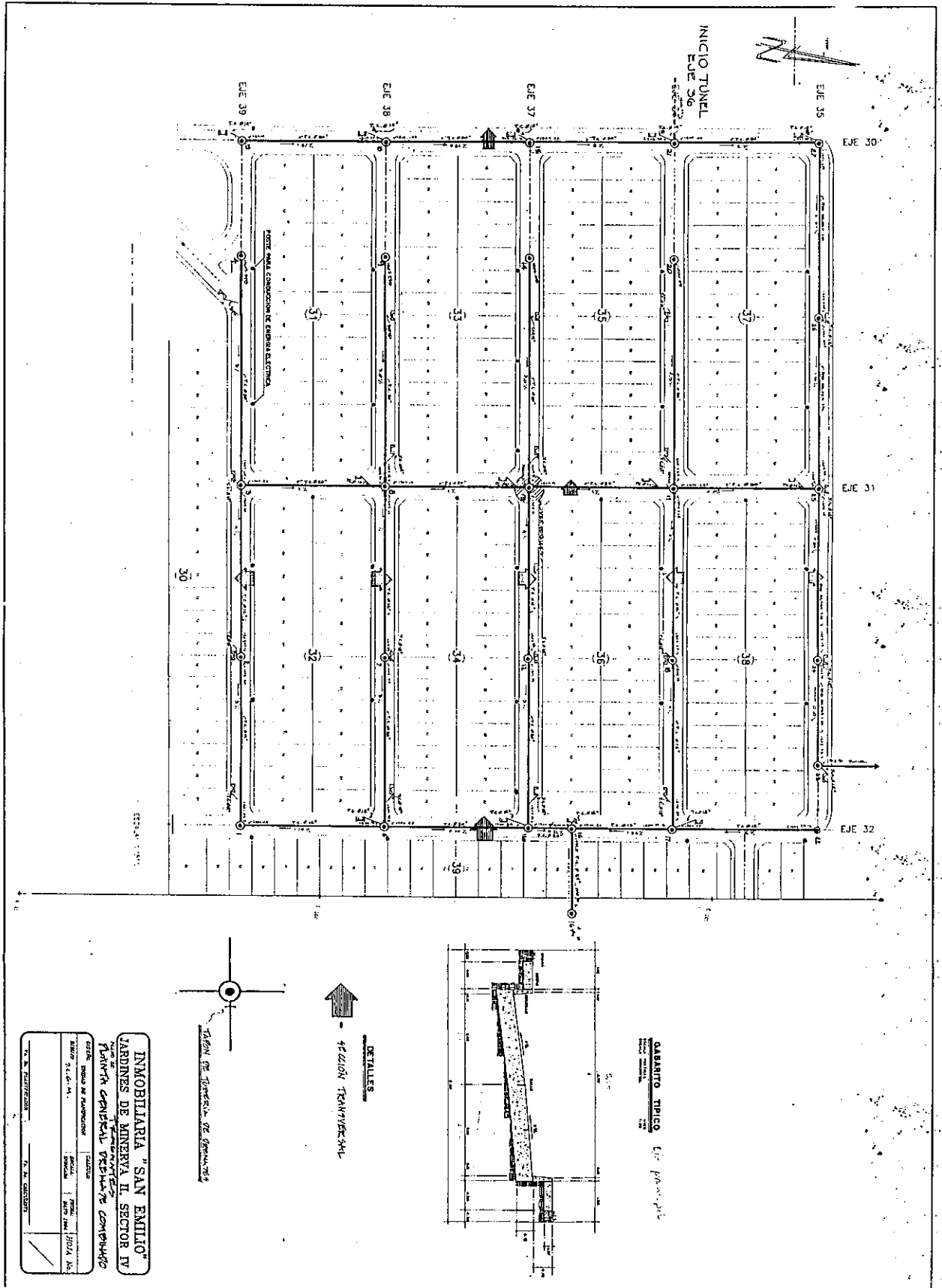


SECTOR V ' LA LOMA '
ÁREA VERDE 3,306.26 m.2

ÁREA DEPORTIVA
923.50 m.2

INGRESO AL SECTOR IV

Plano de ubicación del sector IV



INMOBILIARIA "SAN EMILIO"
JARDINES DE MINERVA II SECTOR IV
 PLAN DE DISTRIBUCION DE UNIDADES
 PLAN DE DISTRIBUCION DE UNIDADES

ESTR. INGEN. DE AUTOMOCION	ESTR. INGEN. DE AUTOMOCION	ESTR. INGEN. DE AUTOMOCION	ESTR. INGEN. DE AUTOMOCION
ESTR. INGEN. DE AUTOMOCION	ESTR. INGEN. DE AUTOMOCION	ESTR. INGEN. DE AUTOMOCION	ESTR. INGEN. DE AUTOMOCION

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DEL SECTOR

Para conocer el área en mención, fue necesario hacer recorridos, para clasificar las características propias de cada lugar, siendo así que se observó desde el pie hasta la parte superior de los taludes, la altura, la inclinación, la litología y la granulometría, así como los efectos provocados por el escurrimiento de aguas superficiales, los efectos de la erosión, la existencia de cobertura vegetal y las obras existentes de Ingeniería.

2.1 Condiciones geológicas

La influencia de las condiciones geológicas, como factor condicionante de los deslizamientos de taludes, se puede analizar desde dos puntos de vista. El primero se relaciona con el comportamiento mecánico de los distintos tipos de roca o litología que forma el talud. El segundo se relaciona con las condicionantes estructurales del talud (fallas, fracturas, fisuras, etc.).

La erosión es un proceso lento e imperceptible, es el desgaste natural de la superficie terrestre sin la intervención directa del hombre; este tipo de erosión contribuye a los procesos de meteorización de las rocas y a la deformación de los suelos.

La erosión acelerada es la inducida por la acción directa del hombre que interfiere y rompe el equilibrio existente entre los suelos, la vegetación, el agua y el viento, lo cual da lugar a formaciones terrestres erosivas y otras condiciones anormales, como lo son las cárcavas o zanjas y los subsuelos descubiertos por la erosión laminar.

En el presente caso se encontró que la granulometría del sector está constituida por grava, limo y arcilla, la cual debido a la erosión laminar es arrastrada y progresivamente desprendida y dispersada por la lluvia. Este tipo de erosión se puede apreciar por las raíces de las plantas que quedan al descubierto y por la exposición de las capas subyacentes del perfil del suelo. Esta acción genera pequeños canales, los cuales progresivamente, aumentan su capacidad de desprendimiento y transporte, dando lugar a surcos mayores que penetran más profundamente y pueden llegar a transformarse en cárcavas.

La erosión en cárcavas ocurre cuando hay una mayor concentración del escurrimiento y la topografía permite la unión de surcos, formándose zanjas de gran tamaño. Estas cárcavas pueden provenir de pequeños canales, hasta alcanzar anchos considerables.

Asumiendo que los factores tales como edad e hidrología son constantes, es posible predecir las características probables de las cárcavas que estarán asociadas con los varios tipos de material.

Tabla II. Cárcavas desarrolladas en materiales no coherentes, con texturas relativamente gruesas y apreciable porosidad.

Longitud	Corta
Profundidad	Variable, pero tendiendo a ser poco profunda
Ancho	Variable, tendiendo a ser angosta.
Sección transversal	Angosta o media en forma de V, ocasionalmente con lados verticales en la parte superior.
Planta	Simple y directo sin o pocos ramales.
Perfil	Empinado, gradiente uniforme con cambio brusco en la cabeza.

Tabla III. Cárcavas desarrolladas en material coherente con una textura fina sin resistencia friccional y baja porosidad.

Longitud	Largas
Profundidad	Variable, rara vez profundas.
Ancho	Variable, tendiendo a ser anchas.
Sección transversal	Variable, con tendencia a tener pendientes suaves.
Plan	Curvado suave.
Perfil	Gradiente suave y uniforme a todo lo largo.

Tabla IV. Cárcavas desarrolladas en suelos intermedios que tienen coherencia y resistencia friccional con textura variable y porosidad.

Longitud	Variable, tendiendo a ser mas larga.
Profundidad	Extremadamente variable.
Ancho	Variable, tendiendo a ser moderada
Sección transversal	Variable en forma de U o V.
Plan	Intrincado con muchas ramas similares.
Perfil	Gradiente uniforme con cambio brusco en la cabeza.

Las características hidrogeológicas que se presentan en el área son, principalmente, relacionadas a dos tipos de estructura: granular con porosidad de intersticios y un medio fracturado con porosidad de fisuras.

En el medio granular el flujo es lento y laminar, mientras que en el medio fracturado, el flujo es rápido y turbulento, dando esto lugar a zonas preferenciales de circulación del agua debido a que no existe continuidad hidráulica y, por lo tanto, no es completa dentro de las formaciones geológicas del sector.

2.2 Condiciones topográficas

El factor topográfico consiste en la presencia de fuertes pendientes, las que no son uniformes desde la cima hasta el valle, y donde esta variación es pronunciada y se alternan pendientes empinadas y suaves, las cuales tienen un efecto considerable en la escorrentía y en la erosión.

Esta depresión topográfica forma un valle de fondo semi-plano, el cual topográficamente es más elevado en la parte sur-oeste, sobre la manzana No. 31 y su parte más baja se encuentra en la parte este en la manzana No. 39, y en sus alrededores muestra los siguientes aspectos:

- En la parte Sur, entre la manzana No. 30 y el sector V La Loma, están separados por un talud de aproximadamente 10 metros y el cual cuenta con buena vegetación.

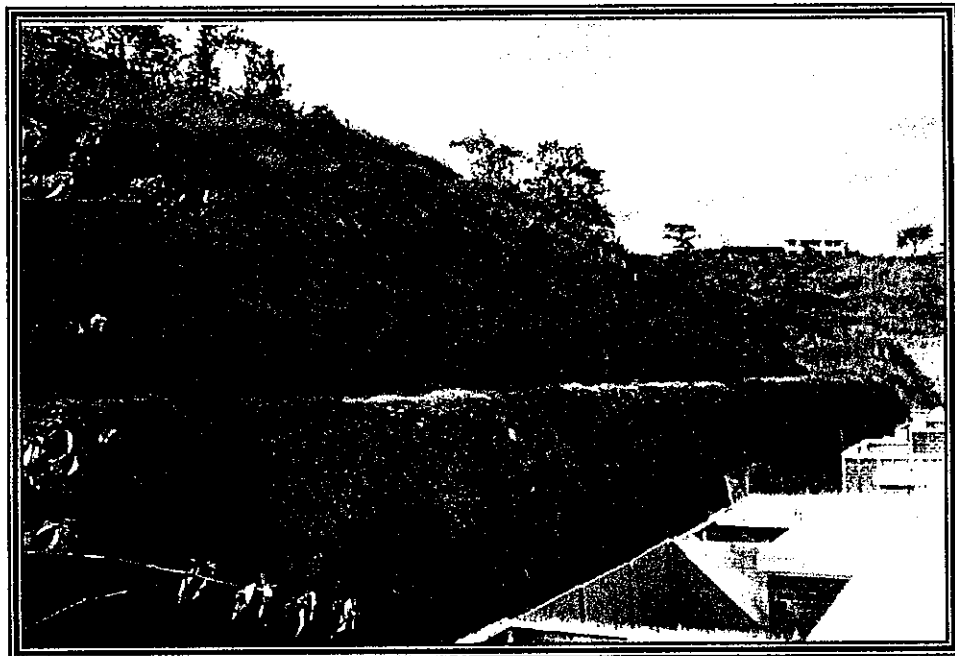
Figura No. 2 vista del talud entre la manzana No. 30 y el sector V.



- Al Sur-Oeste colinda con el sector VI, denominado La Montaña y con el sector La península, el cual se encuentra en proceso de urbanización, los cuales están localizados aproximadamente a 42 m sobre el nivel del sector IV, y cuentan con poca vegetación.

- Al Oeste se encuentra localizada la manzana No. 28, la cual tiene a su costado un talud con aproximadamente 12 metros de altura y presenta un corte en grada, también colinda con el sector VII, La Ladrillera y con el sector La Isla, el primero de éstos se encuentra en proceso de urbanización y el segundo en planeación, estos sectores se encuentran aproximadamente a una altura de 35 metros sobre el nivel del sector IV.

Figura No, 3 Talud con contracuneta detrás de la manzana No. 28.



- En la parte Norte, detrás de la manzana No. 29, se encuentra un talud cortado en grada, con una elevación de aproximadamente 15 metros sobre el sector IV. Este talud se encuentra totalmente desprovisto de cobertura vegetal.

Figura No. 4 Vista del Talud Localizado en la Parte Norte del sector IV detrás de la manzana No. 29.



2.3 Condiciones hidrológicas

Dentro de los factores hidrológicos se pueden mencionar los efectos que produce una precipitación, sobre un mismo suelo en forma torrencial corta e intensa, ya que puede tener efectos totalmente distintos que si cae de forma regular, poco intensa y durante un período de tiempo más largo.

Es decir, en forma general y siempre que el suelo lo permita, en el primer caso se favorece a la escorrentía superficial, debido al grado de permeabilidad del suelo, mientras que en el segundo caso se favorece la infiltración.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DEL PROBLEMA

3.1 Generalidades acerca de los deslizamientos

La seguridad de una masa de tierra contra una falla o movimiento es lo que se llama estabilidad. Cuando existe la posibilidad de deslizamientos o hundimientos, es necesario hacer estudios de estabilidad para determinar la posible causa de la falla y poder indicar su corrección y el mejor método para prevenir dificultades en el futuro.

Las fallas de las masas de tierra tienen una característica común en la mayoría de los casos, la masa de tierra permanece intacta durante las primeras etapas del movimiento, pero, finalmente, se deforma y se rompe en pedazos a medida que el movimiento progresa. Algunas fallas ocurren bruscamente con un ligero aviso o ninguno, mientras que otras se producen pausadamente después de anunciar su intención por un asentamiento lento o por la formación de grietas.

El movimiento ocurre cuando la resistencia al esfuerzo cortante del suelo es excedida por los esfuerzos que se producen en una superficie relativamente continua.

Según D.J. Varnes (1978), las corrientes de lodo denotan un flujo mojado (que contiene suficiente agua para comportarse como un líquido), desde muy lento hasta muy rápido, de material cohesivo o no cohesivo, compuesto al menos de un 50% de granos más pequeños que 2mm.

Las corrientes de lodo describen una condición, en la cual existe un río, flujo o inundación hacia abajo de una ladera, comúnmente como resultado de la condición dual de pérdida de cobertura vegetal, y la subsiguiente acumulación de agua sobre o bajo el terreno, precedida por un período de lluvias fuertes y sostenidas. Una corriente de lodo puede ocurrir como un fenómeno distinto, mientras se desarrolla un deslizamiento de tierra, y será reconocida como tal, solamente si la corriente de lodo, y no el deslizamiento, es la causa inmediata del daño que ocurre.

La palabra “inundación” está usada como un sinónimo de “flujo o río”, más que como un criterio sobre la clase de daño causado; pero es importante notar que la inundación es solo uno de los varios efectos dañinos que pueden infringirse a una estructura por una corriente de lodo; además, la inundación no es por lo común, un resultado directo de un deslizamiento de lodo.

Varnes incluye flujos húmedos de tierra que se mueven rápidamente dentro de las corrientes de lodo, sin tomar en cuenta la cohesividad. Sin embargo, los flujos plásticos lentos, de material cohesivo, teniendo el 50% o menos de granos más pequeños que 2mm, son comúnmente llamados “flujos de tierra” o “deslizamientos de lodo”.

La falla de los terrenos comúnmente depende de eventos climatéricos o sísmicos más que de las características geológicas inherentes de una ladera. Aunque esto corresponde con uno de los mecanismos de equilibrio de la geodinámica externa, se ha visto fuertemente impulsado por la actividad humana, que se encarga de alterar el ambiente, y por consecuencia, el resultado es la aceleración de los fenómenos.

Tomando en cuenta lo anterior, se puede establecer que en la generación de deslizamientos intervienen tanto factores naturales como artificiales, entre los cuales destacan por su importancia los siguientes:

1. Tipo de suelo (cohesión, permeabilidad)
2. Pendiente, altura y relieve del terreno.
3. Fallas y fracturas geológicas.
4. Intensidad y duración de las lluvias.
5. Cobertura vegetal.
6. Actividad sísmica
7. Amplificación del movimiento sísmico de tierra por topografía.
8. Obras de ingeniería.

Es importante notar que los factores anteriores no funcionan aisladamente, sino que se adecúan en conjunto, como en el caso de una fuerte tormenta, por ejemplo, podría generar un deslizamiento de detritos, o, hasta una corriente de lodo. El tipo de suelo, presencia o ausencia de cobertura vegetal, la pendiente de la ladera, etc., serán factores que contribuyan a detener el movimiento o bien a impulsarlo. Por esta razón, en un determinado deslizamiento puede ser difícil establecer exactamente la causa o causas que le dieron origen.

Uno de los factores básicos en la generación y aceleración de los fenómenos de deslizamiento lo constituye el clima, cuyos mayores parámetros son la humedad, la precipitación, la escorrentía y la temperatura. En cuanto a la precipitación y la escorrentía superficial, es conocido que son los mecanismos erosivos de mayor importancia en las áreas intertropicales. El agua presente en el suelo actúa como lubricante, además ejerce peso y presión en el terreno. Si se encuentra en exceso, da a la masa una condición hidrodinámica que aumenta parcialmente la presión.

El deslizamiento de materiales no consolidados ocurre porque el equilibrio existente ha sido roto por una disminución de la resistencia a la rotura o falla, por eliminación del sostén del material, por un cambio en la carga soportada, o por alguna combinación de estos tres factores. El agua al penetrar en una masa de suelo, no solo

reduce la resistencia al disminuir el coeficiente de fricción interna ($\tan \phi$ = coeficiente de fricción interna del material) sino que además incrementa el peso total de la masa.

3.2 Causas que provocaron las inundaciones

No se puede afirmar con certeza la causa de las inundaciones, debido a que éstas no son provocadas por un solo factor sino que son el resultado de un gran número de situaciones, las que al fusionarse dieron origen a esta inundación. Aunque si se pueden mencionar las siguientes causas:

La ausencia de una cobertura vegetal adecuada pudo acelerar y generar el proceso de erosión de los suelos. Especialmente en las regiones que fueron desprovistas de su cobertura original; especialmente por la actividad del hombre que fue el encargado de alterar el ambiente.

En la fecha en que se produjo la inundación se encontraba en proceso de urbanización el sector VI de dicho proyecto, durante el cual se estaban moviendo grandes cantidades de tierra, las cuales junto con la tierra erosionada fluyeron a causa de las fuertes lluvias, depositándose en las partes más bajas o sea en el sector IV, provocando el azolvamiento de los sistemas de captación de aguas de lluvia, tapando los tragantes y por consiguiente el estancamiento de las aguas.

3.3 Factores que influyeron

Cualquier factor que produzca una disminución de la resistencia del suelo o un aumento de los esfuerzos en el suelo contribuyen a la inestabilidad y deben tomarse en consideración.

Causas que influyeron en el aumento de esfuerzos y disminución de la resistencia del suelo:

- Aumento del peso de la tierra por exceso de humedad.
- Socavaciones producidas por erosión.
- Expansión de las arcillas por absorción de agua.
- Presión de agua intersticial.
- Destrucción de la estructura del suelo por la actividad humana.
- Deformación y falla progresiva en suelos sensibles.
- Pérdida de la tensión capilar por secamiento.

Figura No.5 Erosión provocada en los taludes.



CAPÍTULO IV

PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

4.1 Obras mayores

4.1.1 Protección de taludes

La cobertura vegetal no existe o existe poco en los taludes con pendientes inclinadas, por lo que se considera necesario reforestar el área para evitar el proceso de erosión. Esto debido a la importancia de la cubierta vegetal al actuar como defensor de la corteza superficial terrestre.

Además, la vegetación actúa como receptora de las gotas de lluvia, parte de esa agua nunca alcanza el suelo, siendo evaporada directamente de la cubierta vegetal donde se acumula (hojas, ramas, etc.). Por otra parte, el agua que alcanza el suelo llega a éste sin causarle daños ya que la masa vegetal absorbe el impacto de las gotas, reduciendo así su efecto destructivo.

Una capa de vegetación densa, tal como la formada por el césped, es capaz de resistir la acción cortante del agua, lo cual es evidenciado por el hecho de que las zanjas de desagües de las terrazas estabilizadas con la plantación de gramíneas han dado excelentes resultados.

Existen diferentes métodos para protección de los taludes, sin embargo, recomendar uno específico estará en función de la disponibilidad económica, adoptando el que más satisfaga las condiciones y necesidades del caso.

Las especies vegetales que se usan más frecuentemente, en el método de cobertura son:

- ❑ Gamelote (Panicum Máximum)
- ❑ Pará (Panicum purpuracens)
- ❑ Zacate Estrella (Cynodon Dactilon)
- ❑ Grama corriente (Pasmalun Notatum).

4.1.2 Reconstrucción de talud

Durante el proceso de urbanización de El Valle, así como de los otros sectores aledaños, fue construido un acceso provisional al oeste del sector, sobre la manzana No. 28, destruyéndose así un talud de aproximadamente 10 metros de altura y con una longitud de 30 metros. Dicho acceso representa un riesgo potencial para el área ya que de él bajan considerables cantidades de agua y lodo, lo cual contribuyó a las inundaciones. Debido a esto se hace necesaria la reconstrucción del talud para así evitar y disminuir los riesgos para el sector IV.

Figura No.6 Calle de tierra y Talud destruido



4.1.2.1 Diseño de un muro con gaviones

Los gaviones representan una solución extremadamente valiosa desde el punto de vista técnico para construir muros de contención en cualquier ambiente, clima y estación.

Tales estructuras son inmediatamente eficientes, no necesitan mano de obra especializada o medios mecánicos particulares. Por lo cual se puede implementar este sistema como una solución económica.

Las principales ventajas de los muros de gaviones son:

01. Elevada permeabilidad que facilita el saneamiento del terreno, pues, actúan como drenes, permitiendo el escurrimiento de las aguas de filtración, eliminando los efectos de la presión hidrostática.
02. Extrema flexibilidad que permite a la estructura adaptarse a los contornos o topografía del terreno sin comprometer la estabilidad y la eficiencia.
03. Alta resistencia al empuje del terreno estando calculados como una estructura monolítica por gravedad.
04. Bajo costo y facilidad de construcción.

En las tablas VI, VII Y VIII se muestran secciones típicas para muros en gaviones, en función del ángulo de fricción interna del terreno (ϕ) y de la inclinación del terraplén con el monte (ϵ), muros que tienen de 5 a 6 m de altura y junto a los cuales se presentan las dimensiones correspondientes de cada caso.

- Para aumentar la estabilidad de los muros se sugiere inclinarlos con un ángulo $\alpha = 6^\circ$ ($i = 1:10$).
- Se ha tomado como peso específico medio del terreno el valor $\gamma_s = 1,600 \text{ Kg/m}^3$.
- El peso unitario de la estructura en gaviones se puede obtener en función del tipo de roca que se utilice, para los cuales existe un valor de n , luego se aplicará la fórmula:
$$\gamma_g = \gamma_s (1-n).$$

Tabla No. V Peso específico de los tipos de roca más recomendados para la construcción de gaviones

TIPO DE ROCA	PESO ESPECÍFICO	
	Ton/m ³	Kg/m ³
Basalto	2.90	2,900
Granito	2.6	2,600
Caliza compacta (dura)	2.6	2,600
Traquita	2.5	2,500
Guijarro de río	2.3	2,300
Arenisca	2.3	2,300
Caliza tierna (porosa)	2.2	2,200
Toba	1.7	1,700

- Para el cálculo de las secciones típicas se ha adoptado como peso específico medio de los gaviones, el valor $\gamma_g = 1,700 \text{ Kg/m}^3$, obtenido considerando un porcentaje de huecos del 30 – 35% por uso de roca de mediana consistencia.
- La carga de resistencia máxima admisible sobre el suelo se aproxima en los casos considerados, a valores de K_s entre 1.0 y 2.0 Kg/cm^2 .

$\gamma_0 = 1700 \text{ Kg/m}^3$		$\varphi = 31^\circ - 34^\circ$		$K_s = 1.5 - 2 \text{ Kg/cm}^2$		$\gamma_s = 1600 \text{ Kg/m}^3$		
h	B					$c = 30^\circ$	h	B
1	1					h	B	
2	1.5							
3	1.5							
4	2							
5	2.5							
6	3							
7	3.5							
8	4							
9	4.5							
10	5							
h	B					$c = 0^\circ$	h	B
1	1					h	B	
2	1.5							
3	1.5							
4	2							
5	2							
6	2.5							
7	3							
8	3							
9	3.5							
10	4							

Tabla No. VI secciones típicas de muros en gaviones en función de.

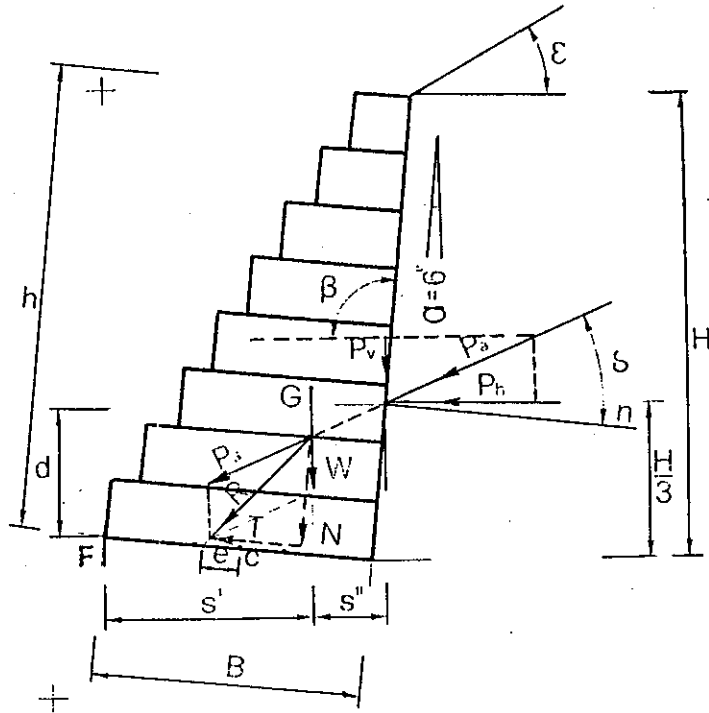
$\gamma_0 = 1700 \text{ Kg/m}^3$		$\varphi = 25^\circ - 28^\circ$		$K_s = 1.5 - 2 \text{ Kg/cm}^2$		$\gamma_s = 1600 \text{ Kg/m}^3$			
h	B	$\epsilon = 24^\circ$				$\epsilon = 24^\circ$			
1	1								
2	1.5								
3	2								
4	2.5								
5	3.5								
6	4								
7	4.5								
8	5								
		$\epsilon = 0^\circ$				$\epsilon = 0^\circ$			
h	B								
1	1								
2	1.5								
3	1.5								
4	2								
5	2.5								
6	3								
7	3								
8	3.5								

Tabla No. VII Secciones típicas para muros en gaviones en función de.

$\gamma_g = 1700 \text{ Kg/m}^3$						$K_s = 1 - 1,5 \text{ Kg/cm}^2$						$\gamma_s = 1600 \text{ Kg/m}^3$					
$\phi = 19^\circ - 22^\circ$						$\epsilon = 18^\circ$						$\epsilon = 18^\circ$					
$\epsilon = 18^\circ$						$\epsilon = 0^\circ$						$\epsilon = 0^\circ$					
h	B	h	B	h	B	h	B	h	B	h	B	h	B	h	B		
1	2	1	2	1	2	1	1	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5		
2	2,5	2	2,5	2	2,5	2	1,5	2	1,5	2	1,5	2	1,5	2	1,5		
3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2		
4	3,5	4	3,5	4	3,5	4	2,5	4	2,5	4	2,5	4	2,5	4	2,5		
5	4,5	5	4,5	5	4,5	5	3,5	5	3,5	5	3,5	5	3,5	5	3,5		

Tabla No. VIII Secciones típicas para muros en gaviones en función de.

Figura No. 7 Diagrama de cuerpo libre del muro.



PROCESO DE DISEÑO

a) características del muro

- ✓ Altura del muro $H = 3.00$ m
- ✓ Base del muro $B = 2.00$ m
- ✓ Área de la sección del muro de longitud unitaria $A = 3.00$ m²
- ✓ Punto alrededor del cual tiende a rotar la estructura $F =$ fulcro.
- ✓ Altura sobre la cual se realiza el empuje del terreno $H/3$.
- ✓ Peso específico de la estructura en gaviones $\gamma_g = 1,520$ Kg/m³

b) características del terreno

- ✓ Ángulo de fricción interna que depende de las características del terreno $\phi = 23.2^\circ$ (Obtenido de ensayo de compresión Triaxial, ver informe en anexo No. 1).
- ✓ Ángulo del talud con el monte $\varepsilon = 0$
- ✓ Inclinación del muro $\alpha = 6^\circ$. (i=1:10)
- ✓ Ángulo sobre el paramento interior y la horizontal $\beta = 96^\circ$
- ✓ Ángulo de fricción entre el terreno y el muro $\delta = 20.88$ ($0.9 * \phi$)
- ✓ Peso específico del terreno $\gamma_s = 1,600 \text{ Kg/m}^3$ (arcilla suave)
- ✓ Carga de resistencia admisible sobre el terreno (capacidad de soporte) $K_s = 2 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Coeficiente de empuje activo (obtenido de la gráfica en el anexo No.2) $K_a = 0.36$

Análisis de cargas

Datos obtenidos:

$H = 3.00 \text{ m}$	$\phi = 23.2^\circ$	$\beta = 96^\circ$
$B = 2.00 \text{ m}$	$\varepsilon = 0$	$\delta = 20.88^\circ$
$A = 3.00 \text{ m}^2$	$\alpha = 6^\circ$	$\gamma_s = 1,600 \text{ Kg/m}^3$
$K_a = 0.36$	$K_s = 2 \text{ kg/cm}^2$	

Empuje del terreno

$$P_a = \frac{1}{2} * 1,600 \text{ kg/m}^3 * 3^2 \text{ m}^2 * 0.36$$

$$P_a = 2,592 \text{ kg/m} \text{ (a una distancia de } H/3 \text{ sobre el nivel del terreno)}$$

Componentes horizontal y vertical de Pa.

$$P_h = P_a * \cos(\delta - \alpha) = 2,592 \text{ kg/m} * \cos(20.88^\circ - 6^\circ)$$

$$P_h = 2,505.08 \text{ kg/m}$$

$$P_v = P_a * \sin(\delta - \alpha) = 2,592 \text{ kg/m} * \sin(20.88^\circ - 6^\circ)$$

$$P_v = 665.61 \text{ kg/m}$$

Peso propio de la estructura

$$W = \gamma_g * A = 1,520 \text{ kg/m}^3 * 3.00 \text{ m}^2$$

$$W = 4560 \text{ kg/m}$$

Chequeo de volteo

Momento de volteo M_o y momento estabilizante M_r

$$M_o = P_h * H/3 = 2,505.08 \text{ kg/m} * 1 = 2,505.08 \text{ kg/m}$$

$$M_r = W * s' + P_v * s = 4,560 \text{ kg/m} * 1.33 + 665.67 \text{ kg/m}$$

$$V = M_r/M_o > 1.5$$

$$V = 2.94 > 1.5 \text{ por lo tanto es correcto.}$$

Chequeo de estabilidad a deslizamiento

$$N = (W + P_v) * \cos \alpha + P_h * \sin \alpha$$

$$N = (4,560 \text{ kg/m} + 665.61 \text{ kg/m}) * \cos 6^\circ + 2,505.08 \text{ kg/m} * \sin 6^\circ$$

$$N = 5,458.83 \text{ kg/m}$$

$$T = Ph * \cos \alpha - (W + Pv) \text{ sen } \alpha$$

$$T = 2,505.08 \text{ kg/m} * \cos 6^\circ - (4,560 \text{ kg/m} + 665.61 \text{ kg/m}) * \text{sen } 6^\circ$$

$$T = 1,945.13 \text{ kg/m}$$

Chequeo a deslizamiento

$$D = N * f / T > 1.5$$

$$D = 2.80 > 1.5 \text{ por lo tanto es correcto}$$

Chequeo de la compresión sobre el suelo

$$E = (B/2) - (Mr - Mo) / N$$

$$E = (2/2) - (7,382.71 - 2,505.08) / 5,458.83$$

$$E = 0.106$$

Valores extremos de las presiones actuantes sobre el terreno.

$$C.S.1 \text{ Y } C.S.2 = N/B * (1 \pm 6E/B)$$

$$C.S.1 = 0.36 \text{ kg/cm}^2 < 2 \text{ kg/cm}^2$$

$$C.S.2 = 0.18 \text{ kg/cm}^2 < 2 \text{ kg/cm}^2$$

Como puede verse tales valores son inferiores a la capacidad de soporte del terreno sobre el cual se asentará el muro.

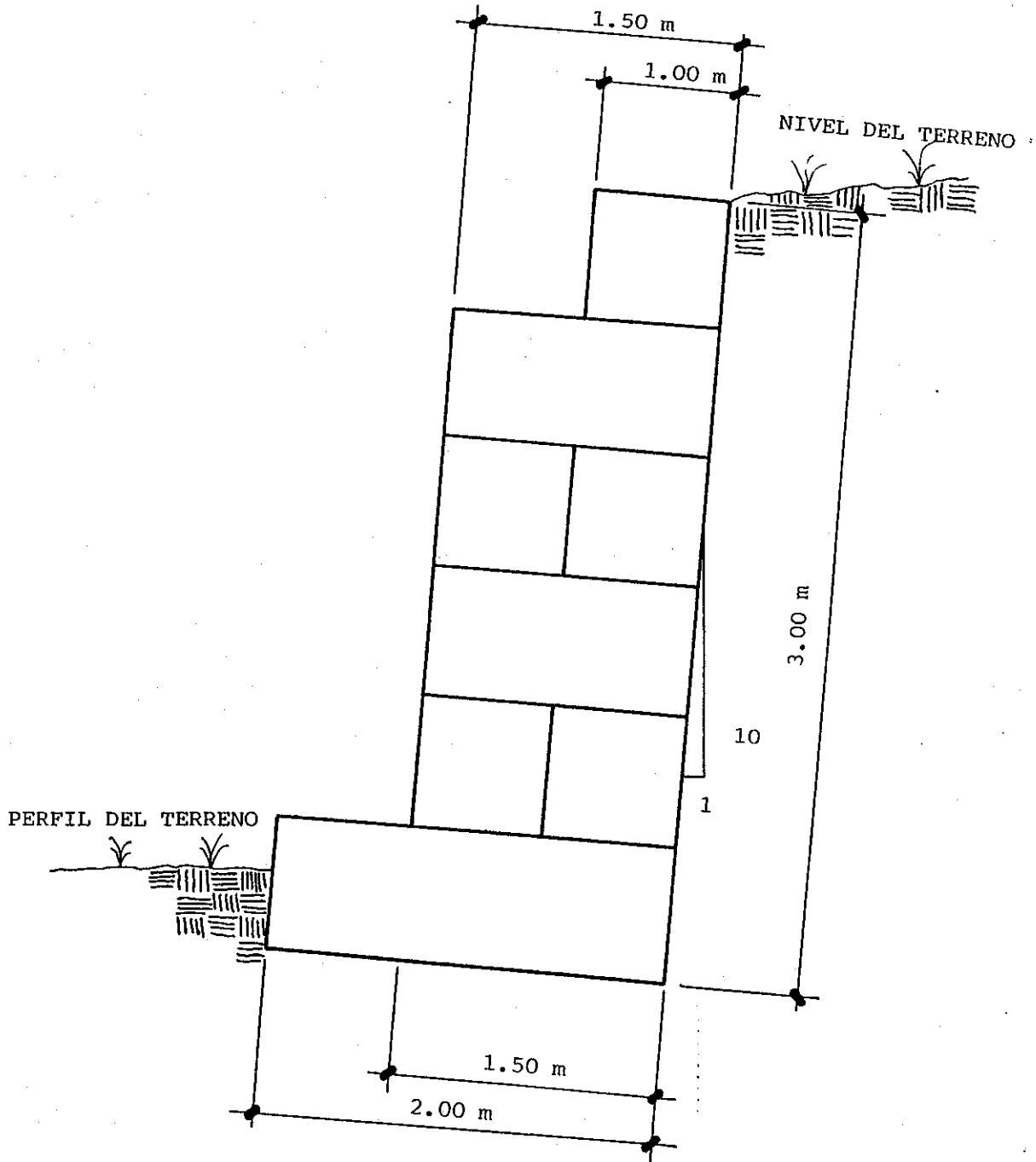
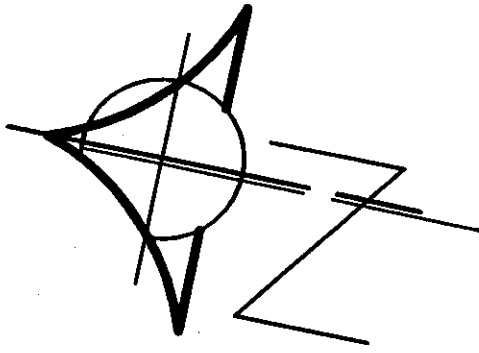


Figura No. 7 Sección del muro a construir

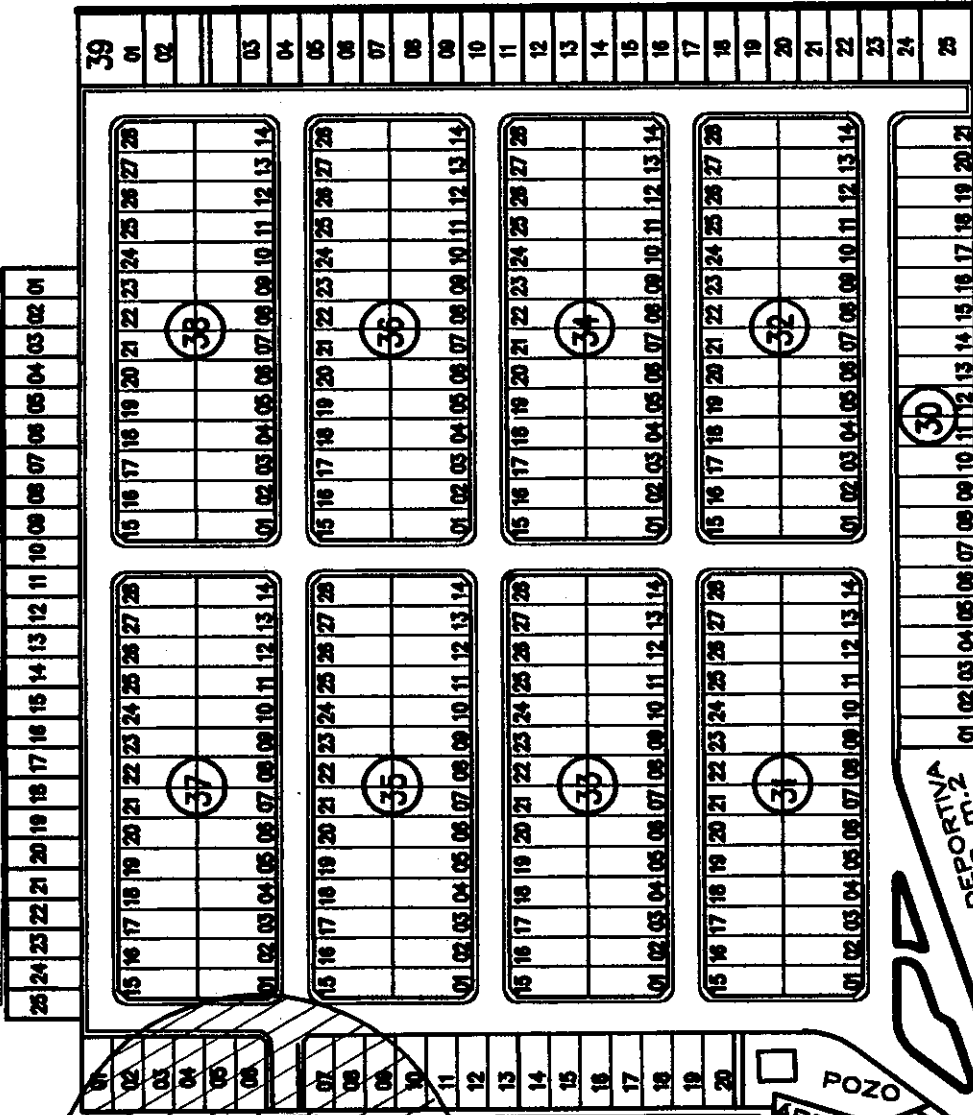


LOTIFICACION PLANES DE MINERVA

ÁREA DE RESERVA 'LA ISLA'

TALUD

29



ÁREA VERDE 5.306.26 m.2

SECTOR V ' LA LOMA '

TALUD

INGRESO AL SECTOR IV

Figura No. 8 Localización del muro en el sector IV.

4.1.3 Propuesta de un nuevo túnel

4.1.3.1 Análisis de los sistemas de alcantarillado existentes

El desfogue número 1 es un túnel de sección ovalada de 1.40m por 1.00m, está constituido por las aguas provenientes del sector VI (La Montaña), el sector V (La Loma) y el 50% del sector IV (El Valle), y el desfogue número 2 es una tubería de cemento de 30" de diámetro, que capta el 50% restante del sector IV, siendo éstos un sistema combinado de aguas negras y pluviales, tomando en cuenta las precipitaciones que caen en forma torrencial y previendo el crecimiento de estos sectores, se plantea la necesidad de construir un nuevo túnel con el fin de disminuir el caudal de las aguas que se acumulan en la tubería y el desfogue de El Valle (ver plano en página No. 6).

Con el objeto de conocer los caudales de escorrentía esperados para una precipitación pluvial de 150 mm por hora, acorde a las características del Valle de la Ciudad de Guatemala, se estudió el área y su topografía de acuerdo a las curvas de nivel disponibles, habiéndose dividido en 6 sectores, que tienen características diferentes, ya sea por pendiente, tipo de suelo o grado de desarrollo urbanístico.

El cálculo del caudal total esperado de escorrentía fue evaluado por tres ecuaciones de las más conocidas y aceptadas para las condiciones locales, las cuales son: RACIONAL, BÜRKLI-ZIEGLER Y McMATH, estas dos últimas toman en cuenta la pendiente del terreno.

$$\text{Racional : } Q = K * C * I * A$$

$$\text{B-Z: } Q = K' * C * I * \sqrt[4]{S * A^3}$$

$$\text{McM: } Q = K'' * C * I * \sqrt[5]{S * A^4}$$

SECTOR	ÁREA Ha	PEND. %	C	B-Z L/seg.	R L/seg.	McM L/seg.	PROM. L/seg.
1	5.05	13	0.40	1201.4	917.5	1072.3	1063.8
2	2.70	2	0.75	1102.4	963.3	1042.7	1036.1
3	4.165	20	0.40	1086.1	694.8	935.7	905.5
4	1.618	25	0.40	564.7	269.7	458.9	431.1
5	1.438	25	0.40	516.9	239.7	417.6	391.4
6	2.359	2	0.40	996.3	842.6	935.9	924.9
TOTAL	17.785		0.499	5467.8	3927.6	4863.1	4752.8

Tal como puede observarse, el caudal máximo promedio esperado es de 4.75 m³/seg, los cuales deben ser evacuados por el túnel existente y por el colector de El Valle, ya que éstos son la única ruta posible de evacuación.

Evaluación de la capacidad del colector del túnel:

Con el objetivo de determinar si el caudal máximo esperado, con una intensidad de 150 mm/hora, en el área de influencia es posible evacuarlo por el colector construido en túnel, se efectuó el cálculo hidráulico con los datos existentes.

El colector tiene las siguientes características:

- Construcción en concreto armado, n de Manning = 0.013
- Pendiente del colector S= 1%
- Altura máxima del agua h= 1.37 m
- Área máxima de conducción: 1.1785 m²
- Perímetro mojado P= 3.593 m.
- Radio hidráulico R= 0.32797 m.

$$\text{Ecuación de Manning } Q \cdot n = A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

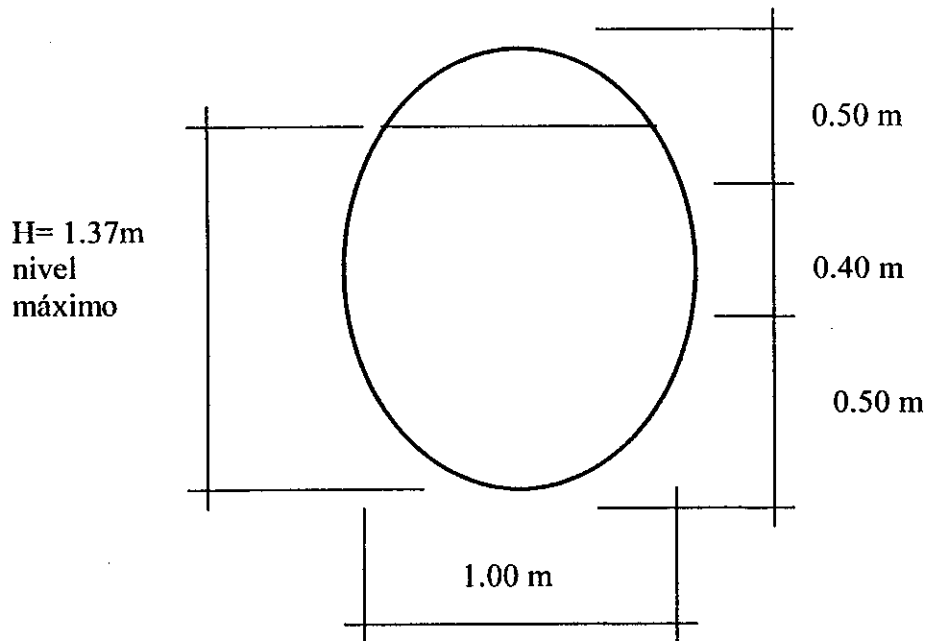


Figura No. 9 Sección del colector existente.

De acuerdo al cálculo por la ecuación de Manning, el colector del túnel tiene una capacidad de conducción de $4.31 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Evaluación de la capacidad del colector de El Valle:

El colector de El Valle está constituido por una tubería de 30", con una pendiente del 1%, saliendo hacia el este del sector IV y el cual tiene una capacidad de conducción de $1.1 \text{ m}^3/\text{seg}$, lo que permite evacuar las aguas pluviales de un área de 3.2 Ha, lo que corresponde prácticamente a la segunda parte del bloque urbanizado, situado al este del sector donde ocurrió la inundación.

Conclusiones:

El total de $4.75 \text{ m}^3/\text{seg}$, es posible evacuarlo en las actuales condiciones teniendo en consideración la existencia de ambos colectores.

Sin embargo, el colector oval tiene aguas abajo varias entradas, siendo éstas una tubería de 24" y dos ramales de 16", por lo que es preferible asumir una capacidad menor, por lo cual se reduciría su caudal en $0.90 \text{ m}^3/\text{seg}$ ($0.35 \text{ m}^3/\text{seg}$ de ramales de 16" y $0.55 \text{ m}^3/\text{seg}$ del ramal de 24"), por lo que la capacidad de este túnel queda reducida a $3.41 \text{ m}^3/\text{seg}$ ($4.31-0.90$).

Siendo que el caudal probable a evacuar es de $4.75 \text{ m}^3/\text{seg}$, teóricamente resultan insuficientes las capacidades de evacuación de ambos colectores.

De acuerdo a los cálculos efectuados, el único sector en cambiar su coeficiente de escorrentía es el sector La Ladrillera, cuando éste haya sido totalmente urbanizado, por lo que el afluente total llegará a $5.68 \text{ m}^3/\text{seg}$, incrementándose en $0.93 \text{ m}^3/\text{seg}$. ($4.75+0.93 = 5.68 \text{ m}^3/\text{seg}$)

Por lo tanto si se tiene un caudal total esperado de $5.68 \text{ m}^3/\text{seg}$ y los colectores actuales están en la capacidad de evacuar $4.51 \text{ m}^3/\text{seg}$ ($1.1 + 3.41$), es necesario construir un nuevo sistema independiente para poder evacuar los $1.17 \text{ m}^3/\text{seg}$ ($5.68-4.51$) que no logran ingerir los sistemas actuales.

Propuesta de un nuevo desfogue

Como ya se vio anteriormente, los colectores existentes no están en capacidad de ingerir el total de los caudales esperados, por lo cual la construcción de un nuevo sistema tendría la tarea de evacuar $1.17 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Debido a la topografía no es posible ni económicamente factible la instalación de tubería ordinaria, por lo tanto la opción viable es la construcción de un desfogue en túnel, ubicándolo hacia el lado oeste del sector IV (La Ladrillera), debido a que este sector no se encuentra aun urbanizado. Para dicho túnel se tomará una sección circular de 1.40 m de diámetro, esto debido a su mayor facilidad de trabajo y es previsión de un mayor crecimiento de los sectores aledaños que se podrán conectar a éste.

Las obras que formaran parte del túnel son las siguientes:

Pozos de construcción o registros proyectados

Consiste en la excavación, transporte en las galerías del túnel, extracción a la superficie y disposición del material sobrante en un botadero destinado para tal efecto, del material no clasificado que ha sido excavado en los pozos de construcción o en los registros proyectados. En este renglón se considera también la colocación de los marcos respectivos, el apoyo del torno, el levantado del brocal de ladrillo que sirve de protección en la boca del pozo, así como también la tapadera de protección. El diámetro de los pozos de construcción será de 1.50 m y en el caso de ser de registro se ampliará hasta un diámetro final de excavación de 2.90 m.

Excavación de túnel

Excavación de brecha

Consiste en la excavación del material no clasificado en una galería de sección rectangular, que varía en su ancho de 0.90 m a 1.20 m y una altura de 1.00m a 1.25 m. Dicho material será transportado por la galería del túnel hasta los pozos de construcción para posteriormente ser extraído hasta la superficie del terreno, donde se dispondrá finalmente del mismo.

Excavación de ampliación

Consiste en la excavación del material no clasificado de la parte no excavada en el renglón excavación de brecha, hasta completar la totalidad de la sección del túnel o tallado del mismo. El acarreo del material sobrante hasta los pozos de construcción para posteriormente ser extraído a la superficie del terreno. La sección excavada y terminada tendrá un diámetro de 1.68 m.

Fundición de túnel

En el presente renglón se considera el suministro de piedrín, arena de río, cemento, agua, acero de refuerzo y la elaboración del concreto, transportado hasta el frente de trabajo donde será colocado y se le dará el acabado final del mismo. Las dimensiones de la sección circular del túnel es un diámetro interior de 1.40 m y un espesor de concreto igual a 14 cm, con una resistencia específica de 3,000 psi. El agregado grueso tendrá un diámetro no mayor de $\frac{3}{4}$ ". El refuerzo a colocar en el túnel será No. 3 a cada 20 cm en ambos sentidos.

Fundición de registros

Para desarrollar este renglón es necesario considerar las siguientes operaciones:

Armaduría de registros:

Refuerzo del piso del registro

Los registros cuya altura sea mayor de 5.00 m serán reforzados en el piso con acero de refuerzo No. 5 en ambos sentidos.

Refuerzo de las paredes de registro

Los registros cuya altura sea mayor de 5.00 m serán reforzados en las paredes de la siguiente forma:

Refuerzo horizontal (aros) No. 4 a cada 25 cm al centro de la pared.

Refuerzo vertical (rieles) No. 3 a cada 16 cm, amarrado al aro en el lado interior.

Refuerzo de las losas de los disipadores:

Las losas de los disipadores estarán localizadas a una altura no mayor de 6.00 m y estarán reforzadas con acero de refuerzo No. 5 a cada 25 cm, en ambos sentidos, en la parte inferior de la losa.

Espesores de concreto:

Los espesores del concreto, resistencia específica de 3,000 psi, serán los siguientes:

Espesor de la losa de piso de los registros	25 cm reforzado.
Espesor de las paredes del túnel	18 cm reforzado.
Espesor de las paredes de los registros	15 cm reforzado.
Espesor de los disipadores	20 cm reforzado.

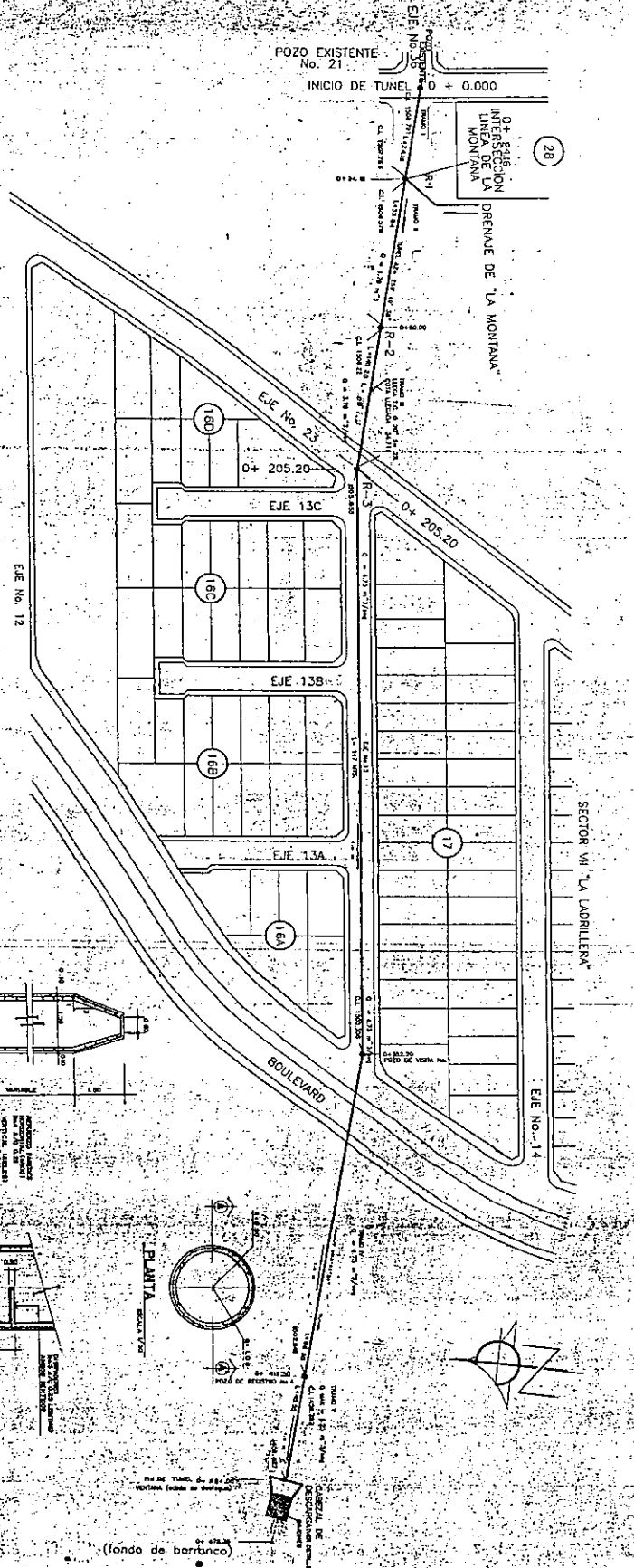
Por ser un ambiente húmedo el recubrimiento mínimo del refuerzo será de 7 cm.

En el plano de la página No. 41 se muestra la planta del túnel de drenaje "El Valle" a "La Ladrillera" y detalles como lo son sección y planta de los pozos de registro, detalle de disipadores, sección del túnel y detalle del cabezal de descarga y en el plano de la página No.42 se muestra el perfil de la línea del túnel, el cual inicia en el pozo existente No. 21, sobre el eje 36 del sector IV.

Presupuesto de construcción del túnel El Valle a La Ladrillera

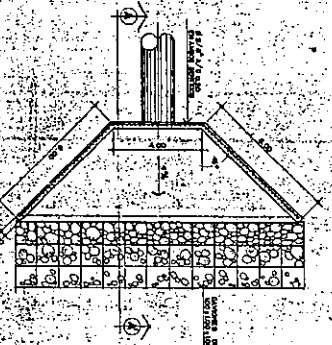
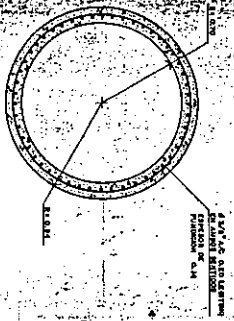
RENGLÓN	DESCRIPCIÓN DEL RENGLÓN	CANTIDAD ML.	PRECIO UNITARIO Q.	COSTO TOTAL Q.
1	Excavación de pozos de construcción	53.50	190.00	10,165.00
2	Excavación túnel			
2.	Excavación brecha	479.00	425.00	203,575.00
1	Excavación ampliación	479.00	330.00	158,070.00
2.2	diámetro 1.68 m			
3	Fundición de túnel			
3.1	Sección circular 1.40 m diámetro interior	479.00	660.00	316,140.00
5	Cabezal de descarga	1	7,500.00	7,500.00
	TOTAL			940,835.00

PLANTA DE UBICACION TUNEL DRENAJE "EL VALLE" A "LA LADRILLERA"



ESCALA HOR. 1/500

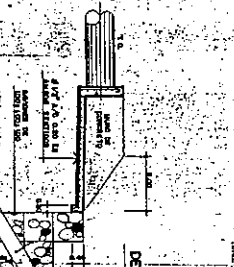
SECCION TIPICA DE TUNEL



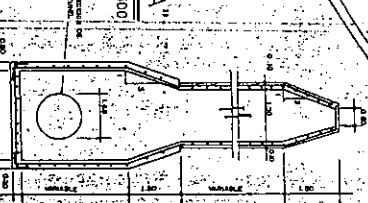
- 41 -

PLANTA
DETALLE DE CUBREAJE DE DESCARGA

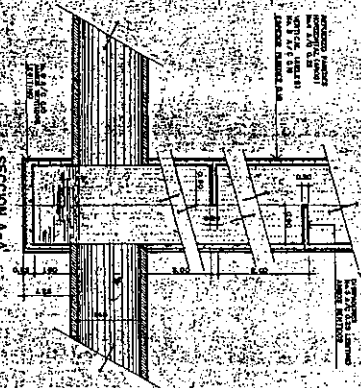
SECCION A-A



DETALLE TIPICO DE POZO



SECCION A-A



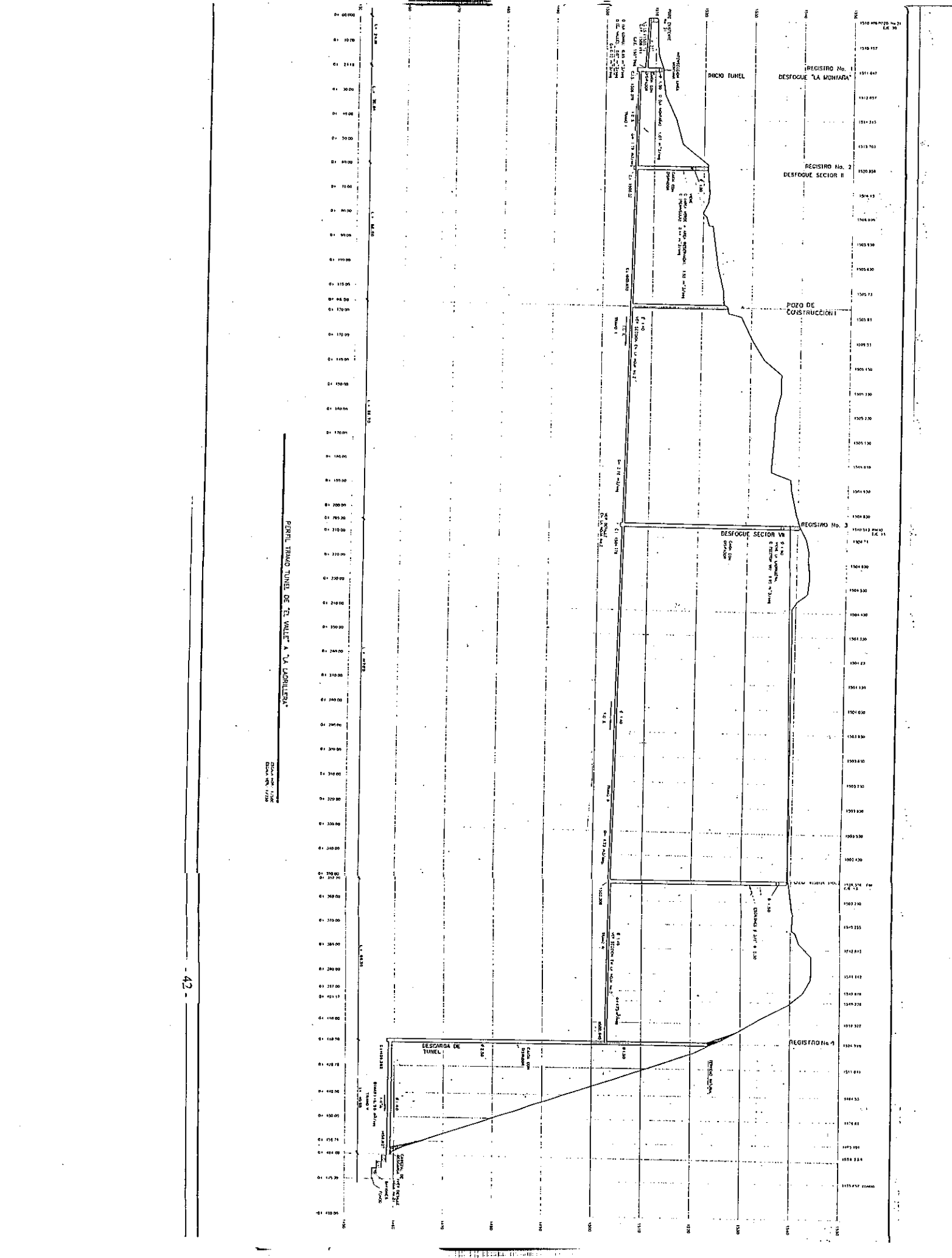
SAN EMILIO S.A.
SAJONES DE MINERVA S.R.L.

NO. PROYECTO	NO. PLAN	NO. HOJA	NO. TOTAL
1	1	1	1

PLANTA



(fondo de barranco)



PERFIL TRAMO TUNEL DE "LA VALLE" A "LA LOBILLENZA"

ESCALA: 1:100
 EDICION: 1/78

4.1.4 Desarenadores

Durante las emergencias en las inundaciones ocurridas en El Valle, fue necesaria la excavación de una fosa de 3 x 5 metros, por 2 metros de profundidad, con la finalidad de captar las corrientes de lodo y eliminar la arena y grava que éstas acarrearán, todo esto debido a que peligraba el azolvamiento de las cunetas y las tuberías, este desarenador emergente fue construido en el camino provisional que comunica a La Ladrillera con El Valle, dando excelentes resultados, ya que se captaron cantidades considerables de arena, las cuales hubiesen provocado grandes problemas a las tuberías y cunetas, por lo que se recomienda la construcción de un desarenador formal de diseño sencillo.

La misión de los desarenadores es sedimentar los materiales sólidos, término que engloba a las arenas propiamente dichas y a la grava, cenizas y cualquier otro material pesado que tenga velocidad de sedimentación o peso específico superiores a los de los sólidos orgánicos putrescibles del agua residual. Los desarenadores protegerán el alcantarillado combinado para evitar su azolvamiento.

Por lo general, los desarenadores se diseñan en forma de grandes canales. En estos canales la velocidad disminuye lo suficiente para que se depositen los sólidos pesados en su fondo. Los desarenadores de canal deben diseñarse de manera que la velocidad se pueda controlar para que se acerque lo más posible a 30 cm por segundo. El tiempo de retención debe basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse y generalmente es de 20 segundos a un minuto. Esto último se logra instalando varios desarenadores para que el flujo se ajuste en ellos mediante vertedores proporcionales colocados al final de cada canal o mediante otros dispositivos que permitan regular la velocidad del flujo.

En el presente caso el desarenador captará las aguas pluviales provenientes de las laderas adyacentes, por lo que es difícil mantener constantes las velocidades, así como los caudales, ya que la relación entre la arena sedimentada en un desarenador y la cantidad de arena que el agua acarrea no es constante.

La sección de los desarenadores es función de la velocidad elegida y resulta de la división del caudal por la velocidad. La longitud debe ser suficiente para el asiento de los materiales pesados, la profundidad depende del volumen de arena que se desea acumular hasta el instante de la limpieza periódica.

4.1.4.1 Diseño de un desarenador

Área de los desarenadores: éstos pueden ser dimensionados por la teoría de Hazen (Teoría de sedimentación)

$$t = \frac{A * v}{Q}$$

$$t_o = \frac{Q}{v}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{v}{t/t_o}$$

t/t_o = tasa de escurrimiento

Q = Caudal

v = velocidad de sedimentación

A = área del desarenador

Como la experiencia indica que las partículas de arena nocivas son las de tamaño igual o superior a 0.2 mm, cuyo peso específico es 2.65 g/ml y velocidad de sedimentación igual a 2.0 cm/s, se tiene:

- $t/t_0 = 1.5$ valor para un buen sedimentador, con 75% de remoción.
- $t/t_0 = 3.0$ valor para un sedimentador pobre, con turbulencia, con 75% de remoción.

$$V = Q/A = 2.0 / 1.5 = 1.33 \text{ cm/s } \text{ ó } 1150 \text{ m/día.}$$

$$V = Q/A = 2.0 / 3.0 = 0.67 \text{ cm/s } \text{ ó } 0.0067 \text{ m/s } \text{ ó } 580 \text{ m/día.}$$

Esos valores permiten determinar el área necesaria para los desarenadores. En la práctica, generalmente, se adoptan valores de velocidad horizontal comprendidos entre 500 y 1,200 m/día.

Para el cálculo de caudales de agua de lluvia se recomienda el uso de la fórmula del método racional.

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Q = Caudal de diseño m^3/seg .

A = Área de la cuenca 2.61 Hectáreas

I = intensidad de lluvia en mm / hora.

C = Coeficiente de escorrentía 0.80

Tabla No. IX *Coefficientes de escorrentía*. Su valor depende de las características de la superficie, las cuales rigen la cantidad y velocidad del escurrimiento en la cuenca. Los valores usados comúnmente son los siguientes:

Coefficiente escorrentía	Características del terreno
C = 1.00	Terreno montañoso y escarpado
C = 0.80	Terreno con mucha loma.
C = 0.60	Terreno con poca loma
C = 0.50	Terreno muy ondulado
C = 0.40	Terreno poco ondulado
C = 0.30	Terreno casi plano
C = 0.20	Terreno plano

La intensidad de lluvia (I) es función del tiempo de concentración y de la frecuencia del aguacero que se adopte como probable. Se expresa como la cantidad de lluvia, medida en milímetros, que cae en una hora. La frecuencia del aguacero se recomienda que sea para 20 años como promedio. Las fórmulas de intensidades de lluvia para la zona en estudio fueron obtenidas del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, (INSIVUMEH) y son las siguientes:

$$I_{20 \text{ años}} = \frac{4604}{t + 24}$$

$$I_{10 \text{ años}} = \frac{4,204}{t + 23}$$

$$I_{5 \text{ años}} = \frac{3,706}{t + 22}$$

$$t + 22$$

t = tiempo de concentración de la cuenca en minutos

$$t = \{(0.886 * L^3) / H\}^{0.385} * 60 \quad \text{Formula de Kirpich}$$

L = Longitud del cauce 0.290 Km.

H = Diferencia de elevación entre el punto más lejano y el analizado en metros.

Entonces se tiene que:

$$t = \{(0.886 * 0.290^3) / (1,550 - 1513)\}^{0.385} * 60 = 3,437 \text{ minutos}$$

Tomado I para 20 años tenemos:

$$I = 4,604 / (3,4137 + 24) = 167.94 \text{ mm/hora}$$

Entonces:

$$Q = (0.80 * 167.94 * 2.61) / 360 = 0.97 \text{ m}^3/\text{seg. Caudal de diseño.}$$

Área del desarenador:

$$\frac{Q}{A} = \frac{v}{t/to} = \frac{0.97 \text{ m}^3/\text{seg}}{A} = \frac{0.020 \text{ m/seg.}}{1.5} \Rightarrow A = 72.75 \text{ m}^2$$

La longitud del desarenador es escogida de tal manera que la cámara pueda almacenar la arena depositada durante varios días hasta el momento de la limpieza periódica. La eficiencia del desarenador aumenta con la longitud del mismo.

$$L = \frac{V * H}{Q/A}$$

$$Q/A$$

Q = caudal

A = área de desarenador

V = velocidad de sedimentación

H = altura del desarenador

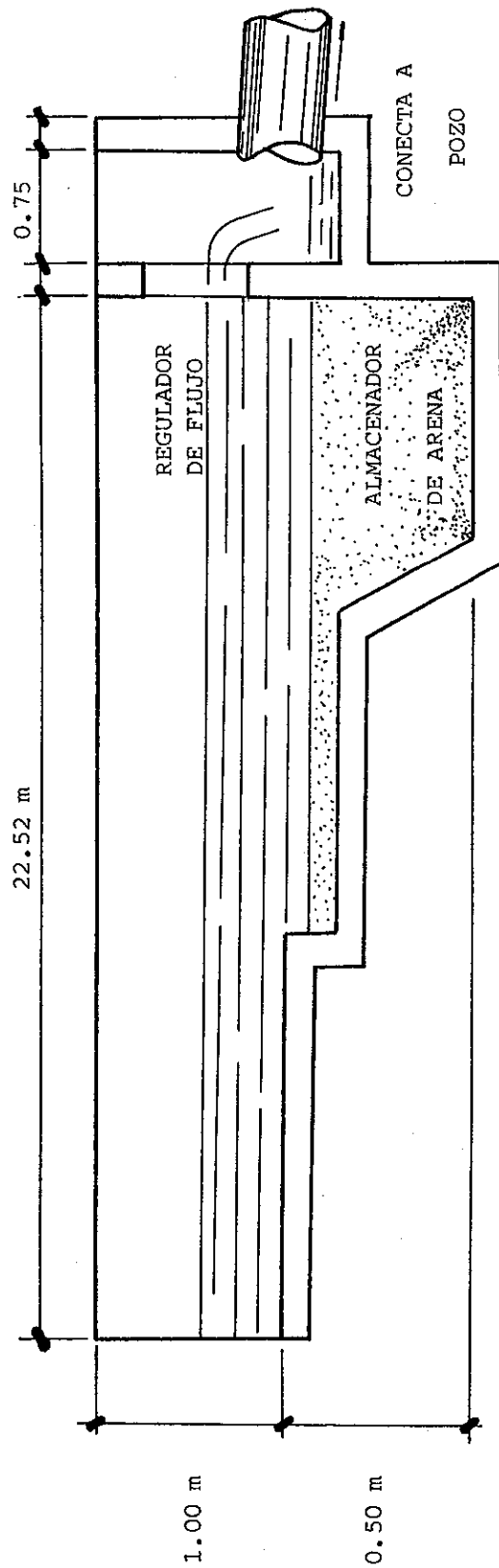
L = longitud del desarenador

$$L = \frac{0.30 * H}{0.0133} \quad \text{entonces} \quad L = 22.5 * H$$

Si se toma una altura de 1.00 m de nivel de agua se tendrá que la longitud del desarenador sería de 22.50 m.

Ancho del desarenador: conocida la profundidad se determina el ancho del canal, de modo que sea mantenida la velocidad deseable de 0.30 m/seg., como la sección será rectangular, entonces:

$$b = Q / (H * V) \quad \Rightarrow \quad b = 0.97 / (1 * 0.30) = 3.23 \text{ m}$$



ANCHO DEL DESARENADOR = 3.23 m

**Figura No. 10 Sección del desarenador a construir
Volumen aproximado de captación de arena 100.00 m³.**

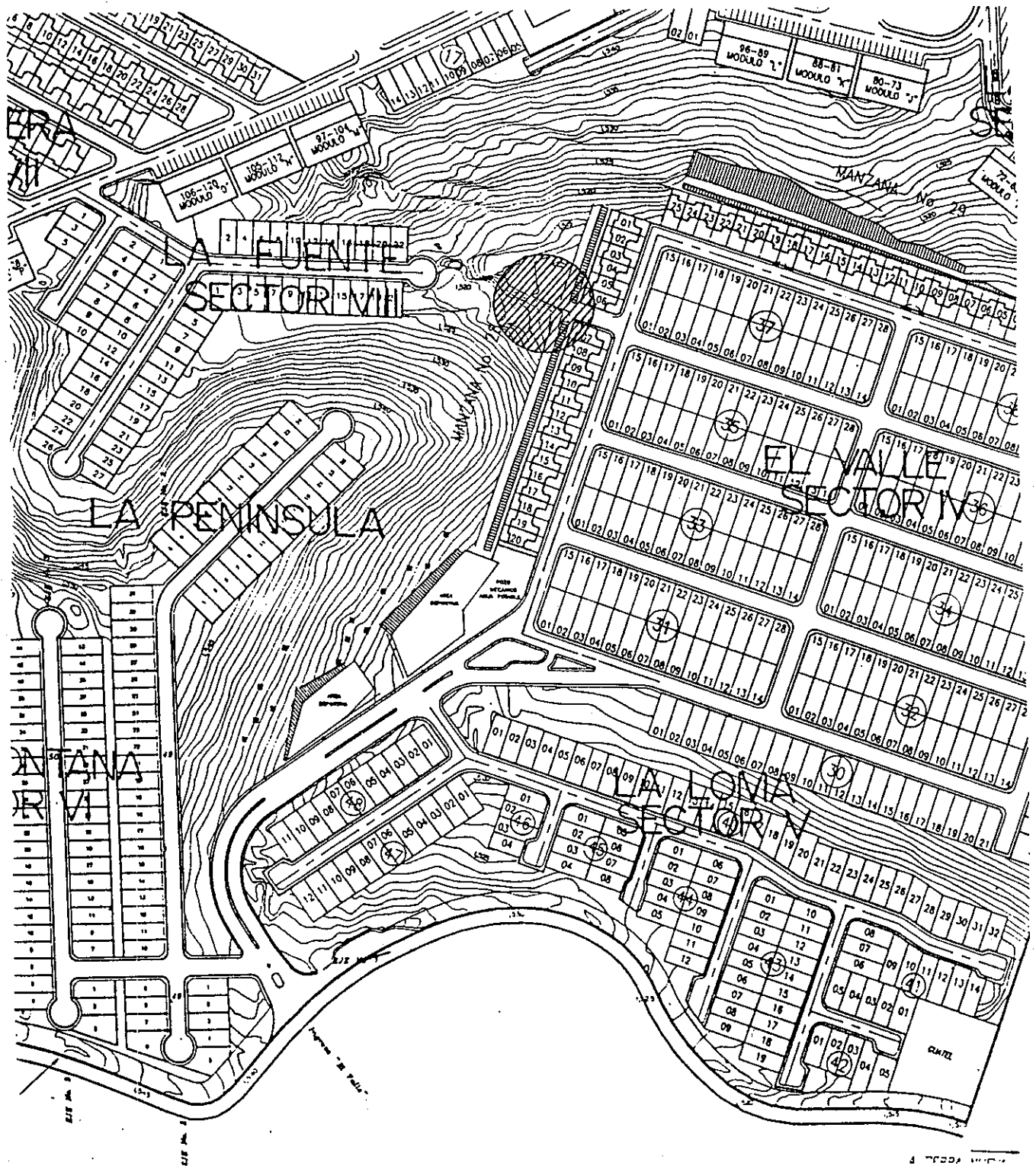


Figura No. 11 Localización del desarenador en el área de concentración de la cuenca, antes de ingresar al sector IV.

4.2 Obras menores

4.2.1 Rediseño de tragantes

Los tragantes son estructuras construidas con el objeto de ingerir las aguas pluviales que corren en la superficie de las calles y darles acceso a la red principal, los cuales deberán construirse únicamente en aquellas calles que cuenten con pavimento o reciban algún otro tipo de tratamiento que establezca su superficie.

Se construirán en las partes más bajas de las calles, al final de cada cuadra a 3.00 ó 4.00 m antes de la esquina o en lugares donde se considere que ocurrirán acumulaciones de aguas pluviales.

Los tragantes pueden ser construidos de concreto o ladrillo de barro cocido. Y podrán ser de tres tipos:

- a) Tipo de entrada vertical en el bordillo.
- b) Tipo de rejilla horizontal sobre el lecho del pavimento.
- c) La combinación de ambos tipos.

El piso será construido de concreto, con una mezcla de proporción 1:2:4 y un espesor mínimo de 10 cm, la luz entre las paredes será como mínimo de 80 cm, y su profundidad dependerá de la tubería principal.

En el esquema de la página No. 53 se muestra la planta general de ubicación de tragantes y cuneta con rejilla en el ingreso al sector IV sobre la carretera a Tierra Nueva.

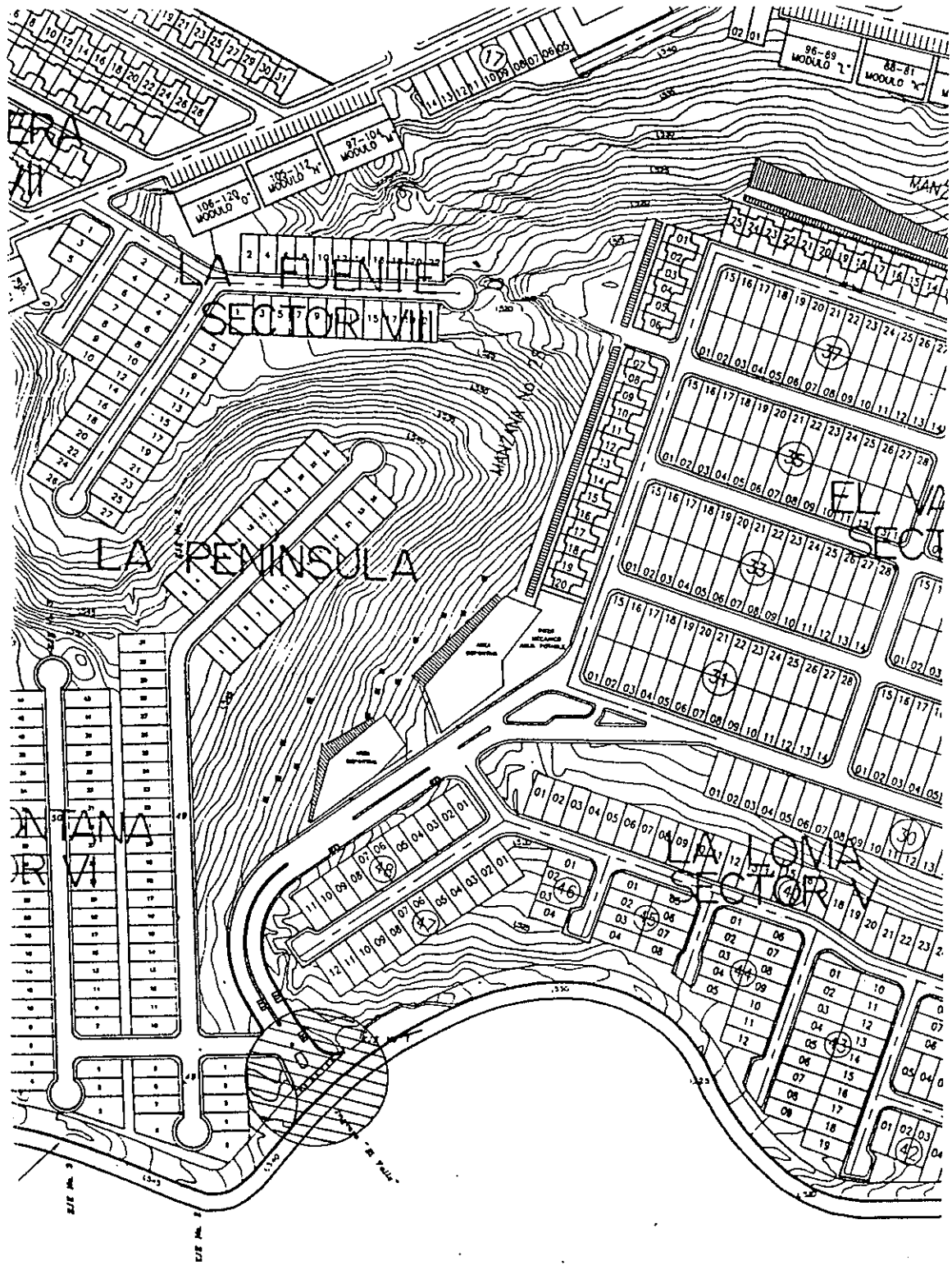
Debido a que el sector IV se encuentra en la parte más baja del proyecto, hacia él tienden a escurrir todas las aguas provenientes de las laderas y de las calles, por lo que se debe procurar que a él llegue la menor cantidad de agua posible, lo cual puede lograrse de la siguiente manera:

- ✓ Construyendo una cuneta con rejilla en la bajada que da ingreso al sector IV, para evitar que el agua proveniente de la carretera que conduce a Tierra Nueva ingrese a la calle y escurra hasta las partes más bajas.
- ✓ Rediseñar los tragantes ubicados en la bajada hacia el sector IV, cambiando su concha por una rejilla y construyéndole una caja que permita captar la mayor cantidad de agua posible y así poder ingresarla al sistema de alcantarillado y al nuevo túnel.
- ✓ Mantener una limpieza constante de estos tragantes para evitar que en ellos se acumule basura, hojas, tierra, etc., que pudieran provocar que no funcionen correctamente o bien ocasionar problemas de azolvamiento.

4.2.2 Mantenimiento de cunetas

Es de vital importancia darle un adecuado y continuo mantenimiento a todas las cunetas y contracunetas que conforman el sistema de drenaje de los taludes, para así evitar el ingreso de basura, arena y cualquier tipo de materiales que puedan afectar el buen funcionamiento de éstas.

Se recomienda realizar una inspección semanal del estado físico de éstas, para así poder programar su limpieza y/o reparar cualquier tramo que necesitara algún tipo de arreglo, todo esto principalmente al final de cada verano y principio del invierno, ya que



Ubicación de tragantes y cuneta con rejilla en el ingreso del sector IV.

TRAGANTE CON REJILLA PARA DRENAJE

COMBINADO

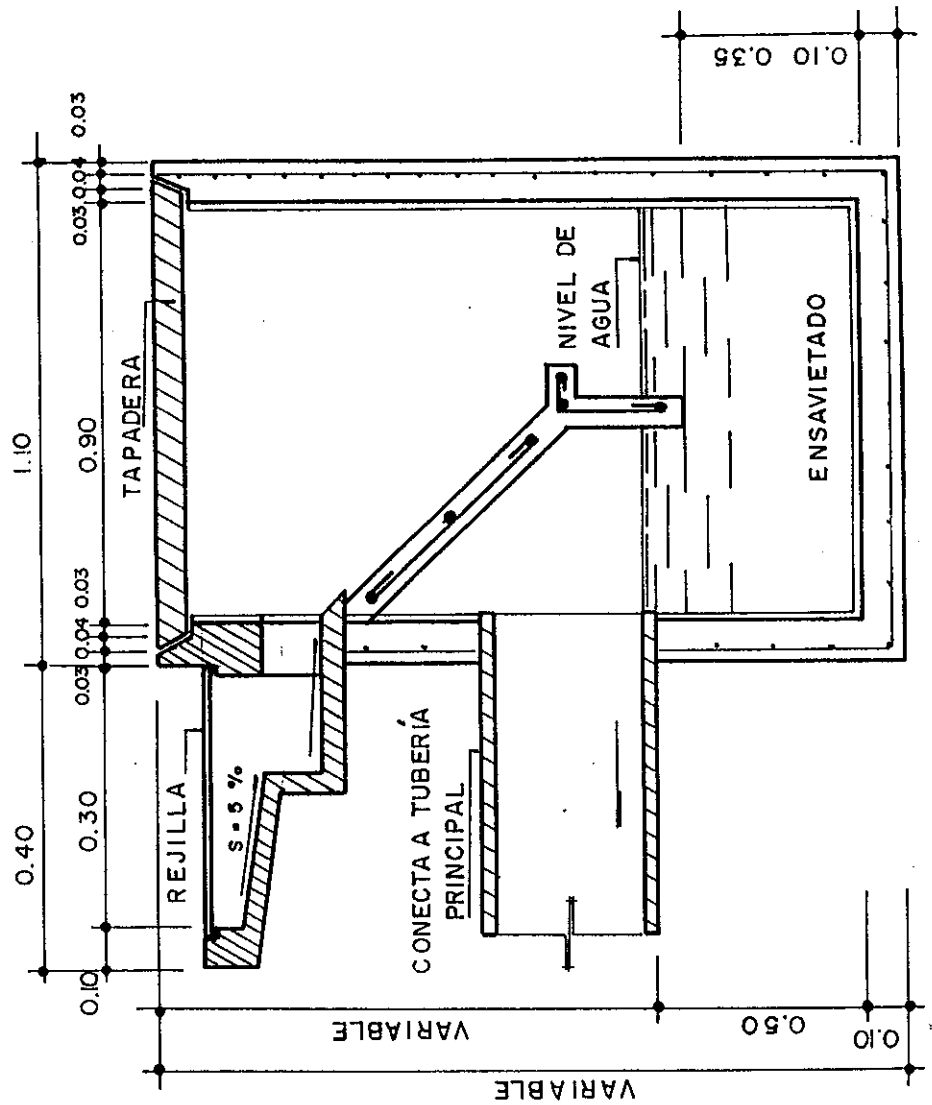
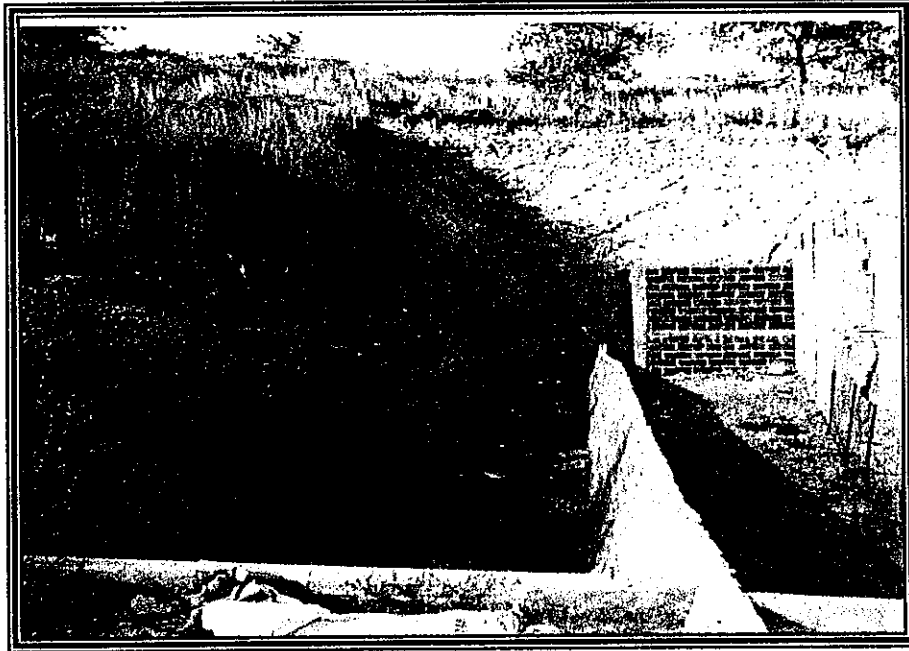


Figura No. 12 Sección tragante tipo rejilla.

es en las temporadas en las que hay ausencia de lluvia, cuando más se descuidan estos aspectos.

Figura No.13 Mantenimiento de cunetas



CONCLUSIONES

1. Es inminente la necesidad de proteger los taludes para así evitar la erosión y los deslizamientos de tierra, debido a que éstos en su mayoría carecen de una cobertura vegetal o alguna otra obra de protección.
2. Debido a que el sector IV se encuentra rodeado de laderas y taludes, se hace ver que se encuentra en un área de riesgo de inundaciones. En especial si sus sistemas de evacuación de agua no funcionan adecuadamente o se encuentran saturados.
3. Los desfogues del sector IV fueron diseñados para evacuar las aguas de este sector en particular y no de sectores que fueron urbanizados posteriormente y se anexaron al mismo.
4. Por el talud que fue destruido al oeste del sector IV, sobre la manzana 28, bajan considerables cantidades de arena y lodo.
5. Es necesaria la construcción de un nuevo desfogue ya que los actuales no son capaces de evacuar la totalidad del caudal esperado durante una tormenta.
6. Los tragantes actuales no están trabajando de manera eficiente, en especial en el ingreso al sector IV, provenientes de la carretera que conduce a Tierra Nueva, debido a que la pendiente es pronunciada, por lo que el agua pasa sobre la concha sin ingresar al tragante.

7. Debido a los cambios meteorológicos de los últimos años, las curvas de intensidad de lluvia con que se diseñan los sistemas de alcantarillado y que son proporcionados por el INSIVUMEH, dejaron de ser confiables ya que son las mismas que hace 20 años.

RECOMENDACIONES

1. Se deben reforestar todos los sectores circundantes al sector IV, en especial las partes más altas, esto para evitar y reducir el escurrimiento de agua y lodo hacia las áreas bajas y también se deben proteger los taludes con una cobertura vegetal adecuada para que ésta actúe como defensora de la corteza terrestre superficial.
2. Los sectores que se encuentran ubicados en hondonadas o valles rodeados de laderas, deben ser diseñados y construidos tomando el máximo de los cuidados para así reducir los riesgos de inundaciones. También es recomendable que al urbanizar se inicie en las partes más altas para luego urbanizar las áreas bajas, ya que con esto se reducirían los riesgos de deslizamientos y corrientes de lodo provenientes de la tierra suelta de los sectores elevados.
3. No se deben conectar tuberías nuevas a sistemas existentes sin antes analizar su capacidad.
4. Se debe reconstruir lo antes posible el talud destruido al oeste del sector IV, sobre la manzana 28 y se debe ubicar por lo menos un desarenador en el área de concentración de la cuenca antes de ingresar al sector IV.
5. No es posible la construcción del nuevo desfogue hacia el este del sector IV, en donde se localizan los desfogues actuales, debido a que no existe un sistema adecuado hacia donde conectar. Por lo que se debe construir hacia el lado oeste, pero, debido a la topografía existente se debe construir el desfogue en un túnel; al cual podrán conectarse los sectores que aun no están urbanizados.

6. Cambiar la concha de los tragantes por una caja con una rejilla horizontal, sobre el lecho del pavimento, la cual permitirá captar la mayor cantidad de agua e ingresarla al tragante, esto en especial en las partes altas y calles con mucha pendiente en donde el agua toma mucha velocidad.
7. Para diseñar sistemas de alcantarillado se deben tomar en cuenta que las curvas de intensidad de lluvia no están actualizadas, por lo que se deberán tomar factores de seguridad elevados.

BIBLIOGRAFIA

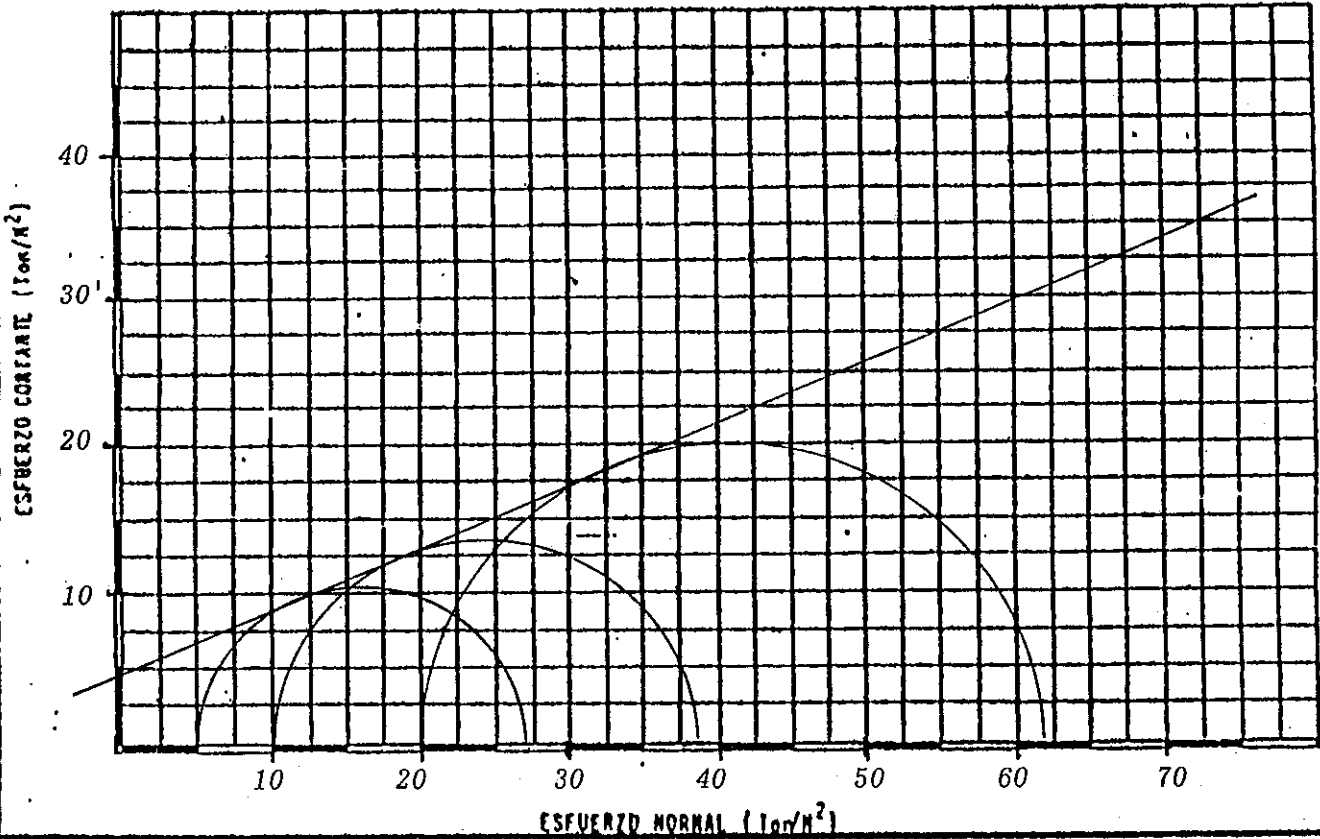
1. **CASTAÑAZA** Ruano, Fernándo Enrique. Muros de retención construidos con gaviones. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, noviembre 1988.
2. **COYOY** López, Erick Giovanni. Desarenadores y dispositivos de control de sedimentos. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, mayo 1991.
3. **ESTRADA** Gómez, Jorge. Inestabilidad de taludes en el valle de Guatemala. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, octubre 1986.
4. **GOYZUETA** Weissbach, Eduardo. Consideraciones sobre el diseño de túneles en el subsuelo de la ciudad de Guatemala. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, julio 1962.
5. **MÉRIDA** Alva, Carmen Marina. Causa de los deslizamientos de tierra y reducción de riesgos. Tesis de graduación de Ingeniera Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, junio 1986.
6. **VÉLIZ** Vega, Hernán. Construcción de túneles, su aplicación y experiencias en el túnel colector 10-13-14. Tesis de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, enero 1975.

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

Interesado: AMILCAR MIRON CORADO
 Proyecto: TESIS
 Ubicación: _____
 Fecha: Guatemala, 02 de marzo de 1999.

PARÁMETROS DE CORTE: $\phi = 23.2$
 $c = 5 \text{ T / M}^2$

Muestra No. Pozo 1, profundidad 0.80 m.



TIPO DE ENSAYO: no consolidado no drenado
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: limo arcillo arenoso color café.
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" x 5"
 OBSERVACIONES: muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1			
PRESION LATERAL σ_3 (Ton/M ²)	5	10	20			
DESVIADOR EN ROTURA $\sigma_1 - \sigma_3$ (Ton/M ²)	22.33	28.52	42.30			
PRESION INTERSTICIAL u (Ton/M ²)	-----	-----	-----			
DEFORMACION EN ROTURA ϵ_r (%)	2.5	6.0	10.0			
DENSIDAD SECA γ_d (Ton/M ³)	1.32	1.32	1.32			
HUMEDAD w (%)	28.3	28.3	28.3			

Vo.Bo.

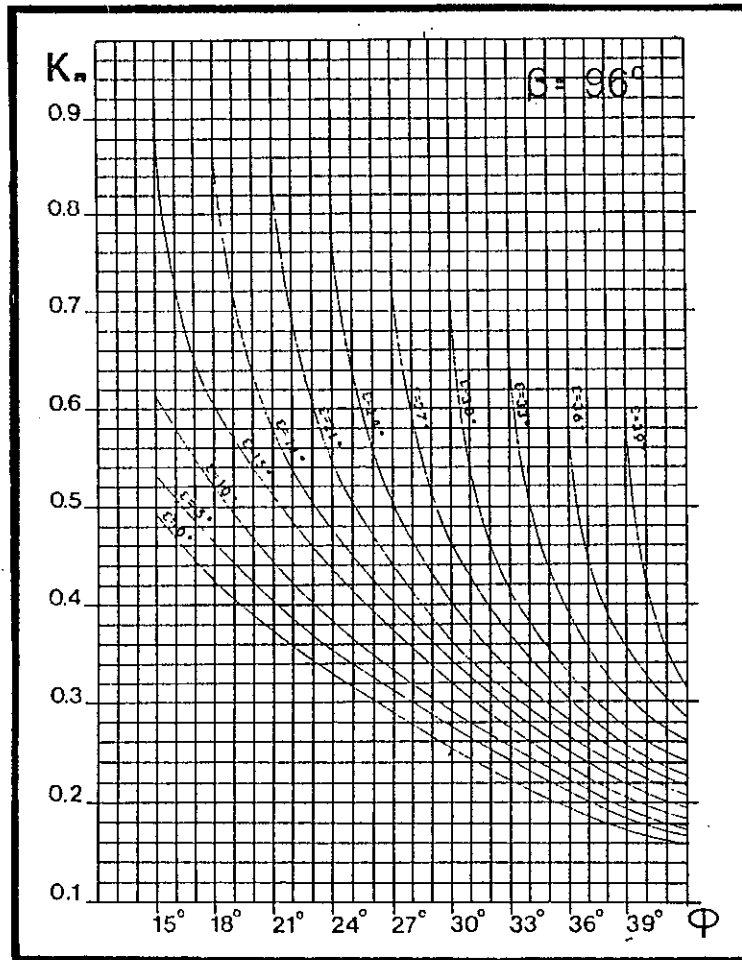
[Signature]
 DIRECTOR CIA

Jefe Sección Mecánica de Suelos

[Signature]
 ING. HUGO BÓSCHE

**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE SUELOS**





Curvas para determinar el Empuje Activo en función del ángulo de fricción interna del terreno, ángulo del talud y ángulo sobre el paramento interior y la horizontal.

ANEXO 2