

Planificación y diseño de proyectos de urbanización para familias de ingresos catalogados “Media Alta”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

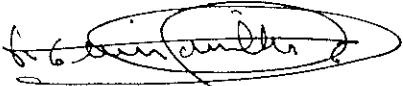
Planificación y diseño de proyectos de urbanización para
familias de ingresos catalogados “Media Alta”

Trabajo de graduación presentado por Julio Cesar
Hernández Cardona para optar al grado académico de
Licenciatura en Ingeniería Civil

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Guatemala
2004

Vo. Bo.

(f) 
Ingeniero Rolando Chinchilla Castañeda
Asesor

Tribunal

(f) 
Ingeniero Rolando Chinchilla Castañeda

(f) 
Ingeniero Luis Pineda

(f) 
Ingeniero Franklin Matzdorf

Guatemala, 28de Mayo de 2004.

DEDICATORIA

A Dios por brindarme los medios necesarios para realizar mis estudios,

A mi madre quien luchó incansablemente para que yo pudiera lograr este éxito,

A mi hermano, a quien siempre le he tenido mucho respeto y admiración,

A mi futura esposa Andrea que fue uno de los motivos importantes para terminar con esta carrera,

A la memoria de mi padre quien seguramente estaría orgulloso por este triunfo alcanzado.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por todo el esfuerzo realizado para que yo pudiera realizar mis estudios universitarios,

A mi hermano por el apoyo que me dio durante los años que estuvimos solos,

A mi futura esposa, Andrea, por el apoyo que me dio para conseguir esta meta,

A mi futura suegra, por ayudarme con el recurso necesario para terminar mi último curso,

Al Ingeniero Rolando Chinchilla Castañeda por haberme asesorado, en la elaboración de este trabajo,

A los hermanos Montenegro Castañeda (Flavio y Manuel) por sus sabios consejos al hacerme ver la relevancia y la responsabilidad que conlleva ser un profesional,

Al Ingeniero Franklin Matzdorf por apoyarme y estar siempre pendiente de mi progreso académico,

A los ingenieros Juan Calderón y Luis García por asesorarme en el área de hidráulica relacionada con este trabajo,

Al Ingeniero Manuel González porque me brindó su apoyo cuando lo necesité,

A todos mis amigos por haberme animado para terminar este proyecto (Raúl Morales, Marilyn Reyes, Otto Ordóñez, Juan Luís Rivera, Carlos Ramírez, Ernesto Chávez).

PREFACIO

Después de varios años en la construcción de proyectos de urbanización, las experiencias tanto en el ámbito de la planificación, diseño y ejecución crearon la inquietud de elaborar un documento en el cual se pudieran transmitir esos conocimientos, con la finalidad de ofrecer una herramienta útil tanto para los ingenieros diseñadores como para los desarrolladores de proyectos.

Con esa idea surge la oportunidad de elaborar este trabajo de graduación que en un principio se pensó elaborar desde un punto de vista muy práctico. Después de madurar la idea se decidió incluir la base teórica desde el punto de vista técnica, aplicada a los intereses del tema, apoyándose en el aprendizaje adquirido como fruto de la participación en la construcción de varias urbanizaciones.

La elaboración de este documento se tiene como limitante que todas las urbanizaciones son diseñadas con características diferentes, por esa razón se decidió tratar el tema de una manera muy general haciendo lo posible por incluir todos los factores que pueden estar involucrados en el desarrollo de las actividades tanto de diseño como de planificación, llegando a obtener como resultado este documento.

Agradezco al Ingeniero Rolando Chinchilla por su apoyo para la revisión y conformación de este trabajo; también al Ing. Manuel Eliseo González quien me brindó la oportunidad y la confianza dentro de su empresa para poner en práctica los conocimientos adquiridos en la Universidad y de quien aprendí de su experiencia de más de 30 años como Ingeniero.

CONTENIDO

| | |
|-----------------------|------|
| DEDICATORIA..... | vi |
| AGRADECIMIENTOS..... | vii |
| PREFACIO..... | viii |
| LISTA DE TABLAS..... | x |
| LISTA DE FIGURAS..... | xii |
| RESUMEN..... | xv |

| Capítulos | Página |
|--|--------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS..... | 3 |
| III. DEFINICION DE URBANIZACIÓN Y SUS COMPONENTES..... | 4 |
| IV. PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO DE URBANIZACIÓN..... | 7 |
| V. DISEÑO DE UN PROYECTO DE URBANIZACIÓN..... | 20 |
| VI. ELABORACIÓN DE PLANOS FINALES..... | 147 |
| VII. TRÁMITE DE LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN..... | 151 |
| VIII. TIEMPOS BÁSICOS DE EJECUCIÓN | 153 |
| IX. PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO | 154 |
| X. DIAGRAMA DE LFUJO DE LOS PASOS A SEGUIR PARA CONTROL DE ACTIVIDADES DE PLANIFICACIÓN Y DISEÑO..... | 156 |
| XI. RESÚMEN DE RECOMENDACINES DE DISEÑO..... | 157 |
| XII. CONCLUSIONES..... | 167 |
| XIII. BIBLIOGRAFÍA..... | 168 |

LISTA DE TABLAS

| | Página |
|--|--------|
| Tabla 1. Requisitos de Áreas en porcentaje según las Municipalidades | 14 |
| Tabla 2. Máximas distancias de tangentes verticales en base al porcentaje de pendiente. | 23 |
| Tabla 3. Porcentaje en peso seco de cal para estabilización de sub-rasante. | 36 |
| Tabla 4. Relación de la expansividad del suelo con su índice de plasticidad. | 37 |
| Tabla 5. Factores de seguridad por carga. | 58 |
| Tabla 6. Repeticiones permisibles de un eje particular, que llevaría a que la losa fallara según la relación de esfuerzos (esfuerzo/MR) | 61 |
| Tabla 7. Pesos de los ejes de vehículos y camiones. | 63 |
| Tabla 8. Cálculo de repeticiones en la vida útil considerando movimiento de tierras en plataformas antes de la construcción del pavimento. | 64 |
| Tabla 9. Cálculo de repeticiones en la vida útil considerando movimiento de tierras en plataformas después de la construcción del pavimento. | 65 |
| Tabla 10. Características de Barras de Anclaje para juntas. | 71 |
| Tabla 11. Requisitos para barras pasa-juntas para pavimentos de concreto. | 72 |
| Tabla 12. Clasificación de suelo de subrasante para diseño de pavimentos de adoquín. 74 | |
| Tabla 13. Clasificación según el tipo de uso del pavimento de adoquín. | 75 |
| Tabla 14. Espesores recomendados para las capas de pavimento de adoquín en base al tipo de uso y tipo de sub-rasante. | 76 |
| Tabla 15. Consumo de agua por habitante por día | 80 |
| Tabla 16. Valores guía para la calidad del agua | 86 |
| Tabla 17. Constante para cálculo de dimensiones de tanque según el volumen requerido. | 92 |
| Tabla 18. Cálculo de tanque de distribución por medio de las curvas de consumo-suministro. | 94 |
| Tabla 19. Coeficiente experimental "C" para cálculo de presiones sobre tuberías en zanjas | 96 |
| Tabla 20. Diámetro de pozo de visita en función del la tubería de salida. | 101 |
| Tabla 21. Diámetro de tubería de la cámara de caída en función del diámetro de la tubería de salida. | 103 |
| Tabla 22. Profundidad hidráulica en función de la relación de caudales. | 112 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 23. Relaciones hidráulicas para conductos circulares. | 113 |
| Tabla 24. Aporte de infiltración por longitud de tubería. | 115 |
| Tabla 25. Aporte de aguas residuales según Municipalidad de Guatemala. | 116 |
| Tabla 26. Relaciones máximas de Q/Q_0 para selección de diámetro | 117 |
| Tabla 27. Cálculo de diámetro de tubería para conexión domiciliar en drenaje de aguas negras. | 118 |
| Tabla 28. Composición típica del agua residual doméstica | 121 |
| Tabla 29. Valores de contaminantes presentes en las aguas negras antes de ser tratadas. | 121 |
| Tabla 30. Límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de las aguas servidas | 122 |
| Tabla 31. Porcentajes de eliminación de contaminantes por medio de los diferentes métodos de tratamiento | 124 |
| Tabla 32. Tiempos de concentración para tramos iniciales en función de la impermeabilidad y la pendiente. | 127 |
| Tabla 33. Coeficientes de escorrentía. | 130 |
| Tabla 34. Velocidades máximas permisibles para drenajes | 131 |
| Tabla 35. Cálculo de diámetro de tubería para conexión domiciliar en drenaje pluvial. | 134 |



LISTADO DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| Figura 1. Gabarito típico. | 25 |
| Figura 2. Distribución de tuberías subterráneas. | 26 |
| Figura 3. Muro combinado con talud engramado en lindero lateral de lotes. | 30 |
| Figura 4. Efecto de la humedad de compactación en el hinchamiento de los suelos expansivos. | 39 |
| Figura 5. Efecto de la humedad y energía de compactación en el hinchamiento, absorción de humedad y CBR de los suelos expansivos. | 40 |
| Figura 6. Efecto de la adición de cemento sobre las arcillas expansivas. | 41 |
| Figura 7. Relación aproximada entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K | 43 |
| Figura 8. Banda Granulométrica de trabajo para material de sub-base. | 46 |
| Figura 9. Influencia de sub-bases no estabilizadas en el valor k de la sub-rastane. | 48 |
| Figura 10. Requisitos granulométricos para la estabilización más económica de suelos con cemento. | 50 |
| Figura 11. Influencia del espesor de la sub-base de suelo-cemento sobre el valor de k. | 50 |
| Figura 12. Curvas de Abrams para encontrar la relación agua-cemento (a/c) para alcanzar una resistencia determinada. | 53 |
| Figura 13. Nomograma para reconocer la relación de grava-arena que cumple con las especificaciones granulométricas. | 54 |
| Figura 14. Nomograma para calcular el agua necesaria para fabricar un metro cúbico de concreto hidráulico a partir de la relación grava-arena y el tamaño máximo del agregado. | 55 |
| Figura 15. Nomograma para conocer el contenido de cemento en base a la relación A/C y grava-arena. | 56 |
| Figura 16. Nomograma para encontrar los esfuerzos que los ejes sencillos causan en una losa de concreto hidráulico en función de la carga aumentada por impacto, el modulo de reacción corregido y el espesor supuesto de los PCA. | 59 |
| Figura 17. Nomograma para encontrar los esfuerzos que los ejes tandem causan en una losa de concreto hidráulico en función de la carga aumentada por impacto, el modulo de reacción corregido y el espesor supuesto de los PCA. | 60 |



| | | |
|------------|--|-------|
| Figura 18. | Formato para cálculo de espesores de pavimento de concreto. | 62 |
| Figura 19. | Nomograma de cálculo simplificado de la PCA para calles y avenidas. | 68 |
| Figura 20. | Ejemplo de trazo de juntas en los pavimentos de concreto. | 69 |
| Figura 21. | Mecanismos de transmisión de carga en las juntas. | 70 |
| Figura 22. | Junta de expansión | 72 |
| Figura 23. | Juntas de construcción alrededor de estructuras. | 73 |
| Figura 24. | Forma de colocación de adoquines para pavimentos. | 76,77 |
| Figura 25. | Formas de colocación de bordillos de confinamiento. | 78 |
| Figura 26. | Diagrama pozo de agua | 82 |
| Figura 27. | Diagrama pozo con bombeo desde la superficie y con bomba sumergible. | 83 |
| Figura 28. | Diagrama de cisterna de dos depósitos. | 88 |
| Figura 29. | Curva de distribución horaria | 90 |
| Figura 30. | Curvas integrales de consumo y suministro | 91 |
| Figura 31. | Diagrama de colocación de tubería y dimensiones de zanja. | 96 |
| Figura 32. | Diagrama de acometida domiciliar agua potable | 96 |
| Figura 33. | Detalle típico de pozo de visita de sección circular | 100 |
| Figura 34. | Detalle típico de pozo de visita con cámara de caída. Entre 0,25 y 2.0 mts. | 102 |
| Figura 35. | Detalle típico de pozo de visita con cámara de caída. | 103 |
| Figura 36. | Detalle típico de aliviadero | 104 |
| Figura 37. | Detalle típico de tragante | 105 |
| Figura 38. | Detalle típico de rejilla | 106 |
| Figura 39. | Detalle típico de tragante-pozo de visita | 106 |
| Figura 40. | Detalle rejilla | 107 |
| Figura 41. | Detalle típico de canal | 108 |
| Figura 42. | Detalle típico de conexión domiciliar de drenaje. | 109 |
| Figura 43. | Diagrama típico del proceso de lodos activados. | 124 |
| Figura 44. | Curvas de intensidad frecuencia estación Insivumeh para frecuencia de intensidades máximas | 129 |

| | |
|---|-----|
| Figura 45. Curva intensidad frecuencia análisis tradicional. | 129 |
| Figura 46. Profundidad mínima para tuberías de electricidad subterráneas. | 140 |
| Figura 47. Detalle de cajas tipo H | 141 |
| Figura 48. Detalle de instalación de transformadores tipo Pad Mounted | 142 |
| Figura 49. Factores a tomar en consideración para iluminación exterior. | 144 |
| Figura 50. Detalle de cajas tipo VII para canalización telefónica. | 146 |



RESUMEN

Este documento contiene los pasos necesarios a seguir para la planificación de un proyecto de urbanización para familias de ingresos catalogados “media alta”, así como también el diseño técnico de todos los sistemas de servicios básicos.

Para empezar se trata la definición de lo que es una urbanización para luego presentar las actividades que se tienen que realizar como parte del proceso de planificación. El diseño en si entra también en lo que es la planificación. Su papel es muy importante porque es el encargado de transformar la concepción del proyecto en datos y especificaciones graficas para le ejecución y supervisión del mismo.

En la primera parte del trabajo se describen las actividades necesarias para la elaboración de un anteproyecto hasta llegar a su aprobación. Estas actividades básicamente se componen de un estudio de mercadeo y análisis financiero, investigación de requisitos municipales y la investigación de la situación legal y tributaria del terreno que se desea desarrollar.

Posteriormente se trata la elaboración y revisión del diseño arquitectónico final que permite entrar de lleno en el diseño técnico de cada uno de los sistemas que componen la urbanización.

Para el diseño de los sistemas de la urbanización se explican las bases teóricas y los distintos aspectos a tomar en cuenta debido a las condiciones específicas de una urbanización. El conocimiento del procedimiento de de diseño te los distintos sistemas nos permite establecer tiempos de ejecución de los mismos y poder elaborar un programa de trabajo y un diagrama de flujo para el control de estas actividades.

Por último se elabora un listado de recomendaciones para cada una de las actividades de planificación y de diseño. Estas recomendaciones tratan tanto especificaciones técnicas como algunas sugerencias de acuerdo a las experiencias adquiridas en la ejecución de proyectos de urbanización.



I. INTRODUCCION

La construcción de proyectos de urbanización de vivienda ha ocupado siempre un lugar importante dentro del desarrollo económico y social de cualquier país. El nuestro no es la excepción ya que basta con visitar algunas zonas del departamento de Guatemala para observar la cantidad de proyectos de vivienda tanto popular como a niveles económicos más altos. Una de las zonas, en las que se ha incrementado considerablemente el desarrollo de urbanizaciones y que sirve como base para el desarrollo del presente trabajo, es la que comprenden los municipios de Fraijanes y Santa Catarina Pinula; área mejor conocida como Carretera a El Salvador debido a que la Ruta Interamericana CA1, que conduce al vecino país, atraviesa dichos municipios.

Se escogió tomar como referencia esta zona, ya que la mayoría de proyectos de urbanización que se desarrollan en ella están orientados a un mercado de ingresos "media alta" y además por la experiencia de cinco años trabajando en el área, en la construcción y diseño de urbanizaciones. Así pues, los requisitos que se presentarán en cuando a licencias de construcción, normativas y otros aspectos serán expuestos tomando como referencia dichos municipios.

Tanto la planificación como el diseño de cualquier proyecto de construcción dependen mucho de su ubicación geográfica, características topográficas, propiedades físicas y mecánicas de los suelos que componen el terreno donde se construirá, características climáticas, rentabilidad económica, etc. ES decir, que cada proyecto tiene sus propias características que a la postre definen su planificación y diseño. Es por eso que este trabajo no pretende enfocarse en un conjunto de características específicas de un proyecto sino mas bien servir como una guía general de referencia para los desarrolladores y constructores de proyectos de urbanización y proveer de algunas herramientas básicas para una buena planificación y diseño,

exponiendo a la vez algunos aspectos prácticos que deben ser tomados en cuenta para obtener un producto de buena calidad y prever la solución a los posibles problemas que se puedan encontrar durante la ejecución de los proyectos.

La importancia de la planificación y el diseño de los proyectos de urbanización recae no sólo en la rentabilidad económica que el proyecto represente para el desarrollador y el constructor, sino también en la responsabilidad implícita de ofrecer un producto de buena calidad, tanto en el aspecto técnico como constructivo, acorde a los requerimientos del mercado al que está dirigida la obra, guardando siempre los principios éticos que deben caracterizar a los profesionales de la construcción.

II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La importancia de la urbanización como herramienta para proveer de los servicios básicos y complementarios respondiendo a las exigencias del usuario de manera segura y eficiente; el desconocimiento del tema de profesionales ajenos a la rama de la ingeniería civil, involucrados en la inversión y desarrollo de proyectos urbanísticos; y la necesidad de establecer términos de referencia que nos permitan enfocar de una manera práctica los procedimientos de planificación, diseño y control de la ejecución de proyectos de urbanización.

A. Objetivos generales:

- Proveer una herramienta para el diseño y planificación de proyectos urbanísticos a los ingenieros, constructores y arquitectos.
- Brindar una guía de consulta para desarrollar proyectos de urbanización.
- Presentar estándares de diseño que puedan ser utilizados como referencia para cualquier tipo de proyecto de urbanización de vivienda para clase media alta.

B. Objetivos específicos:

- Crear un diagrama de flujo que sirva como apoyo para el proceso de diseño y planificación de urbanizaciones.
- Crear un listado de recomendaciones básicas a ser tomadas en cuenta para la planificación y el diseño de una urbanización desde un punto de vista práctico.
- Establecer los aspectos legales básicos relacionados con la planificación de los proyectos de urbanización.

III. DEFINICIÓN DE URBANIZACIÓN Y SUS COMPONENTES

A. Definición

Si nos situamos en un proyecto de vivienda al cual visitamos con la intención de adquirir una casa siempre nos surgen una serie de preguntas básicas, las cuales son importantes para que se nos describa el tipo de proyecto que visitamos. Generalmente surgen estas dudas:

¿Tienen pozo de agua propio?

¿Existen drenajes sanitarios independientes de los pluviales?

¿Tienen planta de tratamiento de aguas negras?

¿Existe canalización telefónica y de cable? ¿Es subterránea o aérea?

¿Qué área tienen los lotes?

¿Existen áreas verdes y de recreación?

Etc.

Las respuestas a todas estas preguntas a la postre definen lo que es una urbanización. Sin embargo el término no se limita únicamente a los proyectos de vivienda. Existe también urbanización en un complejo industrial, en una Universidad, en un centro comercial, etc. Se puede definir entonces como el conjunto de servicios básicos necesario para el funcionamiento de cualquier tipo de obra civil.

El término urbanización se puede definir de manera general como el conjunto de estructuras hidráulicas, sanitarias, eléctricas y de vías terrestres cuya función es proveer de los servicios básicos a un determinado grupo de habitantes en una extensión de tierra específica con una distribución superficial determinada.

En este caso por tratarse de vivienda lo definiremos de la siguiente manera: Urbanización es el conjunto de instalaciones eléctricas, sanitarias, hidráulicas, de recreación, comunicación y de vías terrestres comunes de un proyecto de vivienda cuyo principal objetivo es proveer de estos servicios básicos a los habitantes de un área específica de una manera segura, eficiente y saludable.

B. Componentes Básicos de la Urbanización en proyectos de vivienda para Familias de Ingresos Catalogados media alta (FIMA)

1. Sistema de suministro de agua potable. Es el encargado de proveer el agua potable a cada una de las casas que componen el proyecto así como también el agua necesaria para el riego de las áreas verdes y limpieza. SE compone básicamente de:

- Pozo de agua mecánico.
- Tanque de almacenamiento y distribución.
- Red de suministro de agua potable.
- Red de suministro de agua para áreas verdes.
- Acometidas de agua domiciliar
- Acometidas de agua sistemas de la urbanización.

2. Sistema de drenaje sanitario. Es el sistema que sirve para desalojar las aguas servidas que provienen de los sanitarios, lavaderos etc. Sus componentes básicos son:

- Red colectora central
- Acometidas domiciliarias
- Planta de tratamiento

3. Sistema de drenaje pluvial. Es el sistema que sirve para desalojar las aguas de lluvia. Sus componentes básicos son:

- Red colectora central
- Acometidas domiciliarias
- Desfogues de agua pluvial

4. Sistema de suministro de energía eléctrica. Es el encargado de suministrar la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de algunos sistemas de la urbanización como el pozo de agua y la planta de tratamiento así como también para el uso domiciliar. Sus componentes básicos son:

- Acometida de energía eléctrica primaria.
- Red de distribución de energía domiciliar.
- Red de distribución de iluminación exterior.

- Acometidas secundarias para sistemas de la urbanización.
- Acometidas secundarias domiciliarias.

5. Sistema de comunicaciones y seguridad. Es el sistema que provee los servicios de comunicación con la garita de acceso, comunicación telefónica, cable TV, alarma e Internet. En este sistema se incluyen los muros perimetrales del condominio o lotificación y la garita de ingreso. Sus componentes básicos son:

- Acometidas principales
- Red de distribución domiciliar
- Acometidas domiciliarias.
- Garita de acceso.
- Muros perimetrales.

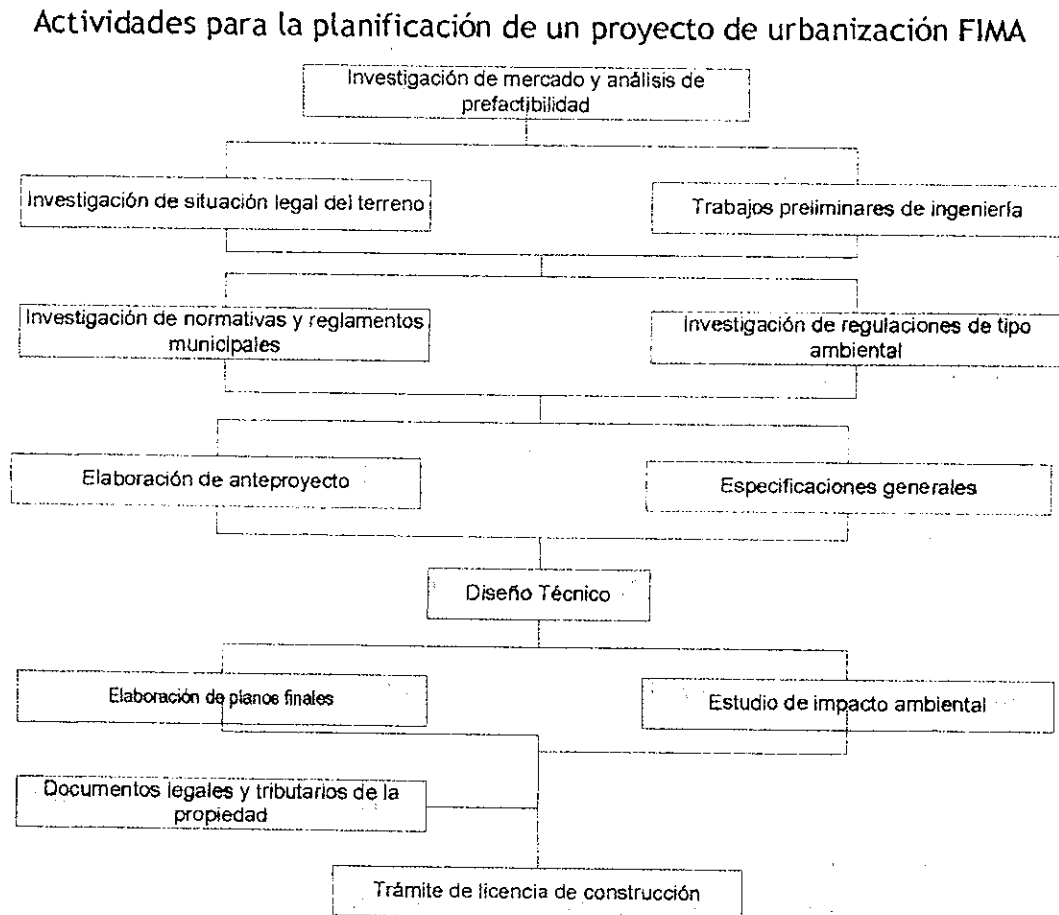
6. Sistema de vías terrestres de acceso y circulación y áreas verdes. A través del cual se ingresa a la lotificación o proyecto y permite la circulación y estacionamiento interna de vehículos hacia los distintos lotes o casas. En este sistema se incluyen las banquetas y pasos peatonales. Éste se compone de:

- Calle de acceso principal
- Calles de circulación secundarias.
- Pasos peatonales
- Parqueos vehiculares.
- Jardines domiciliarios frontales
- Jardines y áreas Comunes.

IV. PLANIFICACIÓN DE UN PROYECTO DE URBANIZACIÓN

El proceso de planificación de una urbanización FIMA involucra una serie de actividades que siguen un orden lógico y que poseen tiempos de ejecución específicos. Estas actividades deben ser calendarizadas de acuerdo a sus tiempos de ejecución y controladas en base al orden en que se deben realizar.

En la siguiente figura se muestran las actividades que conforman la planificación de un proyecto de urbanización.



Como se puede observar el diseño técnico es la cintura del proceso. En otras palabras es el encargado de transformar la concepción e identidad propia del proyecto en información gráfica que servirá tanto para adquirir la

autorización de construcción como para la ejecución y supervisión del proyecto.

En este documento se tratará primero todo lo concerniente con la ejecución de cada una de las actividades involucradas en la planificación del proyecto ya que es necesario informarse de que se trata cada una de ellas para luego poder elaborar un orden lógico así como una programación de tiempos para la ejecución de las mismas.

A. Investigación de mercado y análisis financiero

Al pensar en un proyecto los primeros cuestionamientos que surgen son dos:

- ¿Cuál será la inversión?
- ¿Cuál será la utilidad de dicha inversión?

Para determinar esto el desarrollador debe investigar acerca de los siguientes aspectos:

- Tipo de proyectos vecinos al terreno que se quiere desarrollar
- Servicios ofrecidos en proyectos que se construyeron o están en etapa de construcción cercanos al terreno donde se quiere hacer la urbanización.
- Precios ofrecidos al público en proyectos vecinos.
- Investigación de reglamentos municipales.
- Tamaño de los lotes ofrecidos en los proyectos vecinos.

Con la información anterior el desarrollador estará en disponibilidad de hacer un estudio de prefactibilidad económica del proyecto. Para esto deberá hacer un listado de costos de las distintas actividades que conformaran el proyecto. Este listado puede ser el siguiente:

Costo de:

- Tierra
- Legales

- Formación de sociedades
- Asesoría jurídica
- Asesoría fiscal
- Honorarios legales (Promesas y escrituras de Compra-Venta)
- Planificación y Diseño
 - Levantamiento topográfico
 - Estudio de suelos
 - Diseño de distribución de lotes
 - Diseño de servicios de agua potable y drenajes
 - Diseño de electrificación y pagos a la EEGSA
- Licencia de construcción de urbanización
- EIA (Estudio de Impacto Ambiental)
- Construcción de la urbanización
- Supervisión
- Perforación de pozo de agua, equipo de bombeo y tratamiento de purificación del agua.
- Construcción de planta de tratamiento.
- Jardinización y casa club (si se contempla en el diseño)
- Administración del condominio
- Mantenimiento
- Publicidad
- Comisiones de ventas
- Impuestos (ISR, IUSI, IEMA)
- Imprevistos

B. Trabajos de Ingeniería preliminares

1. Topográficos. Como se dijo en la sección anterior cuando se definió el término “urbanización” se necesita una extensión de tierra específica para

desarrollar un proyecto. Es decir que la tierra se constituye en la materia prima para el desarrollo.

Antes de proyectar cualquier obra de urbanización para vivienda es necesario asegurarse de la planimetría del terreno en donde se construirá. Hay que tomar en cuenta que en muchos casos los planos del terreno en donde se va a desarrollar un proyecto han sido levantados topográficamente muchos años atrás incluso 50 o hasta 100 años, cuando la tecnología aún no permitía hacer levantamientos bastante precisos. Es por esta razón y para seguridad del inversionista, que se debe realizar un levantamiento de replanteo con una cuadrilla de topografía. Para iniciar el trazo del replanteo se debe adquirir el plano de registro que se encuentra inscrito en el registro de la propiedad de Guatemala o la escritura correspondiente. Si es posible se deben conseguir los mismos datos de las propiedades vecinas para tener darle un mejor respaldo a los datos propios del terreno en cuestión. Posteriormente se estudian detenidamente los datos contenidos en estos documentos y se calcula mediante coordenadas "X" y "Y" la precisión que se obtuvo en el levantamiento que aparece en los registros antiguos del terreno.

Posteriormente se procede a una inspección de campo en donde se tratan de ubicar los mojones o basas que definen los linderos del terreno ; es aconsejable solicitar la ayuda de personas que han vivido cerca o dentro del terreno (guardianes, campesinos, etc.) quienes pueden dar una buena orientación de los linderos reales.

Si se localizan físicamente todos los mojones que definen el área del terreno basta con hacer un levantamiento topográfico de los mismos para dibujarlos en gabinete y comparar los resultados con los planos del registro de la propiedad. Si se localizaran dos mojones contiguos habría que identificarlos en el plano original del registro y se tendría que hacer un trazo de replanteo tomando como base los dos puntos conocidos y midiendo las distancias con sus respectivas orientaciones a fin de determinar la exactitud de los datos que se encuentra en el registro de la propiedad.

Si la medición no coincide con los datos del plano de registro es necesario elaborar un reporte lo más claro posible, documentado con planos, para informar a las partes interesadas (al propietario del terreno, al desarrollador del proyecto y a los inversionistas) para que de esta manera se tomen las decisiones pertinentes.

Siempre es aconsejable si se logra hacer que los vecinos de la propiedad donde se construirá el proyecto estén enterados de los linderos de la misma y si es posible que se firme un documento ante un abogado aceptando los mismos para evitar problemas posteriores.

Al tener los linderos claramente definidos en planos y en el registro de la propiedad se procede a mojonar el mismo y si es posible cercarlo provisionalmente para delimitarlo. Es importante también localizar todas las estructuras existentes como: pozos, postes de tendido eléctrico, postes de cableado telefónico, cunetas, tuberías de drenaje, árboles de diámetros mayores a 40 cm, etc.

En este momento se puede hacer ya un levantamiento de curvas de nivel que será de gran utilidad en el diseño arquitectónico del proyecto. Este plano de curvas de nivel deberá ser lo más preciso posible aunque esto depende de la magnitud de la extensión de tierra en la que se realizara el proyecto y de la diferencia total de niveles del mismo. Para terrenos con inclinaciones promedio $30\% > p > 10\%$ se pueden dibujar las curvas a cada 1 metro. Para inclinaciones menores es recomendable dibujar curvas con mayor precisión que podrían ser a cada 0.75, 0.50, o 0.25 dependiendo del criterio del ingeniero. Esto dependerá también de la extensión en área del terreno; para terrenos con una extensión $A > 15$ Manzanas se recomienda curvas de nivel a cada 5 metros para obtener un plano en un formato A-1. Para terrenos con una extensión $10 \text{ Manzanas} < A < 15 \text{ Manzanas}$ se pueden dibujar las curvas de nivel a cada 2.50 metros para obtener un plano en el mismo formato. Para terrenos con una extensión $5 \text{ Manzanas} < A < 10 \text{ Manzanas}$ se pueden dibujar curvas de nivel a cada 1 metro. Para terrenos una extensión $A < 5 \text{ manzanas}$ se pueden dibujar curvas de nivel a cada 0.50 metros.

Una precisión menor es recomendable únicamente para las curvas de nivel de cada lote cuando se necesite diseñar la construcción de la vivienda.

2. Investigación de características del suelo. Es uno de los dos trabajos básicos que debe realizarse antes de empezar con el diseño de cualquier obra de urbanización. Para esto se contrata una empresa calificada o un profesional especializado en el área de suelos. Su objetivo es el siguiente:

- Conocer la capacidad soporte del suelo para ser tomada en cuenta en el diseño estructural para la construcción de futuras viviendas.
- Determinar el valor del CBR (California Bearing Ratio) del terreno natural el cual servirá para el diseño estructural del pavimento.
- Determinar las posibles fuentes de agua superficial que pueden afectar la construcción de cimentaciones y pavimentos y prever posibles soluciones.

C. Situación legal de la propiedad.

Es importante tomar en cuenta que las Municipalidades solicitan siempre que la propiedad en la que se construirá tenga sus aspectos legales y tributarios en orden. En muchas ocasiones el área de tierra a desarrollar esta conformada por varias fincas individuales que a la vez pasaran a ser propiedad unificada de una persona individual o de una sociedad dueña del proyecto. Estos trámites pueden requerir uno, dos meses o más dependiendo de las situación individual de cada una de las fincas o de la constitución de sociedades, inscripciones en el registro, épocas de asueto, etc. Por esta razón es importante hacerlos con la debida anticipación.

D. Investigación de normativas y reglamentos municipales.

Cada municipalidad posee su propio reglamento, pero en general guardan la misma finalidad que es regir las actividades de construcción, ampliación, modificación, reparación y demolición de edificaciones que se lleven a cabo en

su jurisdicción. Los reglamentos establecen las normas Municipales mínimas que deberán de ser observadas en toda clase de edificaciones, tanto de uso privado como de uso publico, y es aplicable a las edificaciones en ejecución como a la que se ejecuten en un futuro.

Se identifican dos tipos se edificaciones:

- De uso privado: Viviendas unifamiliares, urbanas, villas campestres unifamiliares suburbanas y viviendas rurales.
- De uso público: Las que alberguen o sirvan de lugar de reunión a conglomerados de personas, como edificios multifamiliares, condominios, fábricas, cinematógrafos, teatros, auditorios, hoteles, restaurantes, clubes, escuelas, hospitales, asilos, oficinas, etc.

Es necesario estudiar el reglamento municipal para que el diseño arquitectónico y técnico de la urbanización cumpla con los requisitos mínimos.

1. Alineación municipal. Se comprende sobre el plano horizontal como, el límite entre la propiedad privada y la propiedad o posesión municipal destinada para calles, avenidas, parques, plazas y, en general, áreas de uso publico. La alineación se considera en un plano vertical que se extienda indefinidamente hacia arriba y hacia abajo, a partir de su intersección con la superficie del terreno. El dato de la alineación es fijada por el consejo municipal. Cuando el terreno en donde se construirá se encuentra a la orilla de una carretera principal es recomendable investigar en la Dirección General de Caminos el derecho de vía para dicha carretera. Este último punto es muy importante ya que puede reducir considerablemente el área útil del terreno en el que se tiene planeado construir.

2. Dimensiones mínimas para anchos de calle y aceras. La dimensión mínima de ancho de calle para circulación de vehículos que establece la municipalidad de Sta. Catarina Pinula es de 5.40 metros y las de circulación peatonal con un ancho mínimo de 1.20 metros. En nuestro caso por estarnos

refiriendo a urbanizaciones para familias de ingresos “media alta” las dimensiones del ancho de calle no deben ser menores a los 7.50 metros. Esto para permitir la circulación de vehículos en dos direcciones y eventualmente el aparcamiento de un tercer vehículo; y también para darle amplitud al espacio de circulación lo que también ayuda en el aspecto promocional del proyecto.

3. Distribución de áreas. Las municipalidades establecen ciertos porcentajes de distribución de las áreas dentro de una urbanización. En la municipalidad de Sta. Catarina Pinula estos porcentajes son los siguientes:

| | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Áreas Susceptibles a propiedad | 60% mínimo 68% máximo |
| Área Verde comunal | 10% mínimo |
| Área de circulación | 22% mínimo |

Tabla 1. Requisitos de Áreas en porcentaje según las Municipalidades

Estos porcentajes se establecen por los siguientes motivos:

- Restringir el área susceptible a venta o propiedad para reservar espacio para las áreas verdes y de circulación.
- Asegurar que el futuro vecino cuente con un área de circulación suficiente tanto vehicular como peatonal
- Asegurar la presencia de áreas verdes en pro de la conservación del medio ambiente. Además de servir como áreas de recreación para los vecinos.

En el caso específico del Municipio de Santa Catarina Pinula los porcentajes anteriormente descritos aplican para propiedades de 10,000 m² o menos. Cuando el bien inmueble excede los 10,000 m² debe regirse a la ley de Parcelamientos Urbano, en la que se establece que los propietarios de las notificaciones, urbanizaciones o fraccionamientos urbanos, suburbanos o

rurales deberán transferir la propiedad a título gratuito a favor del estado, un área equivalente al cinco por ciento (5%), como mínimo para área escolar y cinco por ciento (5%) como mínimo para área deportiva del área total de lotes. Pero como se planteo con anterioridad todas las Municipalidades tienen sus propios reglamentos y es importante investigarlos de manera específica. Por ejemplo la municipalidad de Fraijanes además se exigir los porcentajes de área verde, área de calles, áreas susceptibles a propiedad, área escolar y área deportiva, solicita un 20% del área total como área de reforestación.

E. Regulaciones de tipo ambiental.

Debido al mal uso de los recursos naturales de los últimos años a nivel mundial y en este caso a nivel nacional, las entidades que regulan al sector constructivo del país han tenido que incluir en sus reglamentos medidas para reducir el deterioro irreparable de los recursos naturales. Por este motivo se ha establecido ya en varios Municipios la obligatoriedad de utilizar plantas de tratamiento para aguas servidas o residuales en un proyecto para familias de ingresos catalogados “media alta”. Esta obligatoriedad se convierte en una necesidad ya que se debe proveer al futuro propietario un ambiente saludable en el cual puedan vivir el y su familia.

No es recomendable la utilización de fosas sépticas y pozos de absorción ya que el tratamiento que reciben las aguas servidas en fosas sépticas es únicamente primario por lo que el agua filtrada en el pozo de absorción puede contaminar el mano freático. Recordemos que estudios de profesionales en cuanto a la disponibilidad de agua para consumo humano no son muy alentadores para los próximos años por lo que es necesario cuidar el recurso al máximo. Además de esto, la fosa séptica y el pozo de absorción pueden convertirse en una incomoda inversión de mantenimiento para el futuro vecino.

Así también las municipalidades solicitan un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) aprobado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Este Ministerio fue creado hace poco tiempo en nuestro país por lo que se ha ido fortaleciendo paulatinamente pero aun no ha logrado

concientizar en gran parte sobre la importancia de la protección de nuestros recursos, ya que muchos desarrolladores y constructores ven el EIA como un requisito mas a llenar para la obtención de la Licencia de construcción y no como una oportunidad de contribuir con la conservación de nuestro ambiente que al final de cuentas además de ser nuestro hábitat, es también parte importante para el ejercicio de nuestro trabajo. Es por eso que los profesionales dedicados al desarrollo de proyectos urbanísticos de vivienda deben desarrollar una conciencia en pro de la conservación de nuestro medio. Las universidades también tienen un papel importante en este asunto.

Por otro lado hay un aspecto muy importante que en la actualidad aun no ha sido abordado con la conciencia debida por las Municipalidades para su reglamentación, se trata de los desastres naturales. Puede ser que dentro del proyecto a construir no haya ningún peligro en cuanto a la ocurrencia de un desastre natural pero podría ser que la nueva construcción aumente la vulnerabilidad a desastres en las áreas vecinas. Es por esto que debería existir también un estudio para la prevención de desastres naturales. Ya que esto es un proceso que se fortalecerá con el paso del tiempo y las experiencias, es necesario que los ingenieros, arquitectos y desarrolladores tomen conciencia de su importancia

F. Especificaciones generales

Es el conjunto de requisitos arquitectónicos y de servicios que el desarrollador del proyecto solicita formen parte del proyecto. Este aspecto va cercanamente relacionado con la concepción del proyecto desde el punto de vista económico y de mercadeo.

En otras palabras, se necesita ofrecer al mercado un producto con características específicas, que a criterio del desarrollador del proyecto, resulten atractivas y le den una identidad propia a la urbanización. A simple vista se podría decir que este trabajo es exclusivo de un profesional de la arquitectura pero en realidad es un trabajo en grupo en el que deben tener participación tres partes:

- **Desarrollador del proyecto.** Quien dictará los requisitos básicos arquitectónicos y de servicios que necesita que tenga la urbanización.
- **Arquitecto.** Quien se encarga del diseño de distribución general de los espacios y ornamento de calles, áreas verdes etc.
- **Ingeniero civil.** Quien en esta etapa colabora con su experiencia para detectar los posibles inconvenientes o ventajas constructivas y técnicas que se podrían obtener en base al diseño propuesto por el arquitecto.

Es importante enfatizar que el Arquitecto y el Ingeniero deben trabajar conjuntamente en esta etapa.

Es muy común el caso en el que el desarrollador contrata primero un Arquitecto para hacer el diseño arquitectónico de la urbanización y cuando lo tiene definido, contrata al Ingeniero civil para hacer el diseño técnico y la elaboración de presupuestos. Esto no es recomendable ya que generalmente resulta en cambios al diseño arquitectónico que pueden hacer perder la concepción propia del proyecto por motivos técnicos y económicos que pudieron haberse previsto si se hubiera realizado un trabajo conjunto Arquitecto-Ingeniero.

Se puede elaborar una lista de preguntas o inquietudes que el ingeniero debe tener en esta etapa con el fin de evitar problemas posteriores en el proceso de construcción y diseño. Por ejemplo:

- Se necesitará un área para ubicar los servicios subterráneos.(Teléfono, Electricidad, Cable, Agua, etc.) Estos generalmente se ubican debajo de las banquetas. Aunque recientemente se ha hecho común ubicarlos en una franja de terreno de tres metros de ancho en la parte frontal de los lotes como una servidumbre de paso de instalaciones.

- Evaluar de una manera preliminar el movimiento de tierras que será necesario realizar.
- Seleccionar el lugar más apropiado para la ubicación del tanque de distribución de agua potable si es posible que funcione por gravedad o por bombeo. Se necesitarán dimensiones aproximadas para esta área.
- Seleccionar la ubicación de la planta de tratamiento tomando en cuenta que las mismas siempre producen un poco de mal olor al principio de su funcionamiento. Es posible también que se puedan hacer trabajar por gravedad o por bombeo.
- Ubicar los posibles desfuegos de agua pluvial.
- Determinar la ubicación del pozo de agua.

G. Planteamiento del anteproyecto

Con toda la información recabada en cuanto a especificaciones generales, datos topográficos, estudio de suelos y reglamentos municipales, se procede a elaborar el primer diseño arquitectónico buscando cumplir con todos los requisitos.

El anteproyecto debe consistir de:

- Planos de:
 - Localización
 - Ubicación
 - Registro de la propiedad
 - Distribución general (Incluyendo la posible ubicación de planta de tratamiento, desfuegos, pozo de agua.)
- Breve resumen descriptivo de los componentes de la urbanización. Incluyendo en el:
 - Cuadro descriptivo de porcentajes de áreas verdes, circulación, propiedad, etc.
 - Breve descripción de los sistemas de servicios básicos proyectados.

- Breve descripción de la estructura del pavimento.
- Documentos legales.
 - Comprobantes de solvencia tributaria.
 - Inscripciones del terreno en el registro de la propiedad.
 - Identificación catastral del terreno.

Con esta documentación se solicita una reunión con el departamento de planificación, jurídico y técnico de la Municipalidad correspondiente para presentar el anteproyecto y recibir su aprobación.

Con la aprobación del anteproyecto se puede trabajar entonces en definir el diseño arquitectónico final y en el diseño técnico de cada uno de los sistemas de la urbanización.

V. DISEÑO TÉCNICO DE UN PROYECTO DE URBANIZACIÓN

El diseño técnico de una urbanización se puede dividir en dos partes:

- Revisión del diseño arquitectónico final y Diseño Geométrico de la Urbanización
- Diseño de la estructura del pavimento y diseño de los sistemas de servicios básicos.

A. Revisión del diseño arquitectónico final y diseño geométrico de la urbanización

1. **Revisión del diseño arquitectónico final.** El diseño arquitectónico de la urbanización es un trabajo que corresponde a una oficina de arquitectura. Sin embargo es importante que antes de entrar de lleno en el diseño técnico o de ingeniería de la urbanización, se realice una revisión de la arquitectura que nos permitirá detectar si en el diseño existen detalles que puedan incidir de alguna manera en el diseño técnico en el aspecto económico y constructivo. La finalidad de este trabajo es la de encontrar un equilibrio entre economía - facilidad de construcción - belleza arquitectónica.

Los puntos importantes a revisar en ese aspecto son los siguientes:

a. **Distribución general de áreas.** Las áreas a distribuir geográficamente dentro de un terreno son las siguientes:

- Áreas de circulación vehicular internas y de acceso (calles)
- Áreas para construcción de vivienda (lotes)
- Áreas verdes y de recreación.

La primera revisión que debe hacerse es que la suma de las áreas descritas anteriormente coincida con la extensión total del terreno escriturada e inscrita en el Registro general de la propiedad.

b. **Requerimientos geométricos municipales y ubicación de las estructuras necesarias para los sistemas de servicios básicos.** Posteriormente se revisa que el diseño arquitectónico cumpla con los requisitos establecidos por los reglamentos municipales o por los convenios realizados con la

Municipalidad en el proceso del anteproyecto. Los puntos a revisar en este aspecto son:

- Cumplir con los porcentajes establecidos en el anteproyecto para áreas verdes, vehiculares y susceptibles a venta.
- Cumplir con los anchos de calle
- Cumplir con los radios de giro de la esquinas de las calles
- Cumplir con áreas de parqueo de visitas
- Tener un acceso adecuado y seguro sin causar molestias en la avenida, calle o carretera municipal por medio de la cuál se llega al proyecto.

Generalmente se aprovechan las áreas verdes para ubicar en ellas la cisterna, pozo de agua, planta de tratamiento; por este motivo se debe revisar si las dimensiones de las áreas verdes permiten la ubicación de las instalaciones previstas en ellas.

2. Diseño geométrico de la urbanización

El diseño geométrico de las calles de una urbanización se puede dividir en dos partes:

a. Alineamiento horizontal. Es la proyección del centro de la línea de una obra vial sobre un plano horizontal. Sus elementos son tangentes y curvas horizontales. Las tangentes del alineamiento tienen longitud y dirección. La longitud es la distancia existente entre el fin de la curva horizontal anterior y el principio de la curva siguiente; la dirección puede estar dada en rumbos o azimut. Por simplicidad en el trabajo de topografía es preferible trabajar con azimut. Dos tangentes consecutivas del alineamiento se cruzan en un punto de inflexión (PI), formando entre si un ángulo de deflexión (Delta) que está constituido por la continuación de la tangente de entrada hacia delante del PI y la tangente de salida. A diferencia de los alineamientos horizontales para carreteras, en el caso de urbanizaciones no es necesario utilizar las curvas espirales si partimos del concepto que en una urbanización no debe de transitarse a más de 40 km por hora.

Para empezar con este chequeo es necesario identificar las calles dándoles un nombre que puede ser un número o una letra o la combinación de ambos. No existe una convención para esta nomenclatura por lo que queda a criterio de la persona encargada tomando en cuenta que debe ser de fácil memorización e identificación.

Posteriormente se debe revisar que los anchos de calle sean los especificados en el anteproyecto aprobado por la municipalidad del lugar.

Para el trazo de la calle se toman los datos de la línea central por lo que se debe revisar que esté compuesto por líneas rectas y curvas tangentes a ellas con el fin de facilitar el trabajo de topografía en campo. Hay casos en los que por razones de belleza arquitectónica las orillas de calle no son paralelas a la línea central por lo que se debe revisar también que las orillas estén compuestas perfectamente por líneas tangentes y curvas. Si esto no es así se observan discontinuidades desagradables a la vista en el trazo final. Para realizar esto se puede revisar en primer lugar los deltas de curvas horizontales en base al azimut de la tangente de entrada y de salida. Si resulta satisfactorio se procede a revisar el cálculo de cada curva con las fórmulas correspondientes. Por último se debe revisar el estacionamiento de la línea central de cada calle para estar seguro de sus longitudes finales tomando para el efecto las distancias de las tangentes y las distancias de los largos de curvas que correspondan.

Se deben revisar los radios de giro en las esquinas de las calles para que los vehículos puedan virar con facilidad. Así mismo se deben revisar los radios de giro del acceso principal.

b. Alineamiento vertical. Es la proyección del desarrollo del centro de línea de una vía terrestre sobre un plano vertical; sus elementos son las tangentes verticales y las curvas verticales.

Las tangentes verticales están definidas por su longitud y pendiente. La prolongación hacia delante de una tangente y la prolongación hacia atrás de la tangente siguiente se cruzan en un punto de inflexión vertical (PIV), cuyos elementos son el estacionamiento y la elevación. Para la alineación vertical se

pueden definir dos tipos de pendientes: la **mínima** que se requiere para asegurar el drenaje de la corona de la calle y se especifica de 0.5 %; y la **máxima** que se establece en base a la capacidad de los vehículos para transitar en ellas. Se puede establecer como patrón las pendientes que se muestran en la tabla 1.

| Pendiente de la tangente vertical | Máxima longitud |
|-----------------------------------|----------------------------------|
| 0.5 % - 10 % | 350 ml |
| 10 % - 15 % | 200 ml - 80 ml |
| 15 % - 20 % | 80 ml - 30 ml |
| 20 % - 22 % | 30 ml |
| P > 22 % | No es recordable su utilización. |

Tabla 2. Máximas distancias de tangentes verticales en base al porcentaje de pendiente.

El paso de una tangente vertical a otra se realiza por medio de una curva vertical cuya característica principal es que la componente horizontal de la velocidad de los vehículos es constante a través de ella. La curva que cumple con esta peculiaridad es la parábola; hay dos tipos de curvas en cresta y en columpio.

El proyecto de alineamiento vertical se realiza sobre el perfil obtenido del terreno natural. Y se trabaja a nivel de sub-rasante. Para esto es importante tener en cuenta dos aspectos determinantes:

- El espesor total del pavimento
- El nivel del terreno a cada lado de la calle en estudio.

El espesor total del pavimento en esta etapa de la planificación aún no es conocido, pero puede estimarse de acuerdo a experiencias anteriores o según la investigación de proyectos vecinos asumiendo que las propiedades del suelo no varían considerablemente en el área.

En cuanto al nivel del terreno adyacente a la calle es importante definir lo siguiente: Debido a la naturaleza de los proyectos de urbanización para vivienda las alineaciones tanto verticales como horizontales pueden prescindir

de algunas normas establecidas para el diseño de carreteras tomando como base que el tipo de obras viales en urbanización por definición no debe admitir velocidades de tránsito mayores de 40 km/hora y debe tomar en consideración la seguridad del tránsito peatonal que es propio por ser una área residencial.

De acuerdo a esta definición se puede diseñar el alineamiento vertical de las calles aproximándose al perfil natural del terreno. Con esta disposición se consigue aminorar la cantidad de movimiento de tierras necesario y establecer un drenaje allegado a la realidad topográfica del terreno proveyendo con excavaciones estructurales de profundidad constante una pendiente natural para las tuberías de drenaje. Sin embargo, el diseño del alineamiento vertical esta íntimamente relacionado con el diseño de los niveles de plataformas para los lotes. Por esta razón es importante tener conciencia que no se está diseñando una obra vial únicamente para el paso de vehículos como lo es una carretera sino también hay que tomar en cuenta que esta obra vial servirá de acceso directo a las viviendas que se construyan en el proyecto.

c. Sección transversal de las calles o gabarito típico. La sección transversal de las calles se debe diseñar tomando en cuenta hacia donde deseamos que escurra el agua de lluvia. Esto define la ubicación de tragantes y tiene por lo tanto incidencia directa en el sistema de drenaje pluvial. La sección transversal puede tener tres formas básicas:

- Lomo de tortuga. En este diseño la línea central en la sección transversal es el punto más alto y las orillas los puntos bajos. Es decir que el agua escurre hacia los lados de la calle. En este diseño se necesitará la construcción de bordillos para encausar el agua hacia los tragantes.
- Lomo de tortuga invertido. En este diseño la línea central de la sección transversal es el punto mas bajo y las orillas los puntos altos. Es decir que el agua escurre hacia el centro de la calle. En este diseño se eliminan los bordillos y se pueden aprovechar los pozos de visitas como tragantes.

- Pendiente hacia un lado. En este diseño el escurrimiento es completamente hacia uno de los lados.

En la siguiente figura se muestra un detalle típico de gabarito en lomo de tortuga:

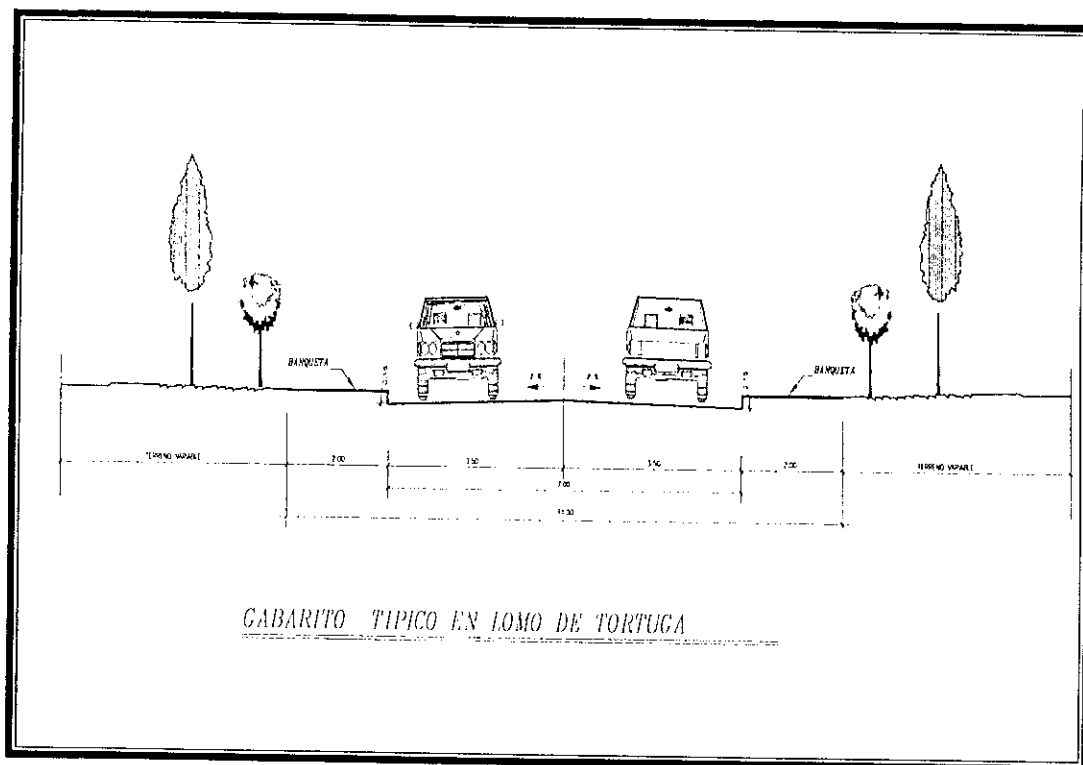


Figura 1. Gabarito típico.

Al hacer el diseño de la sección transversal de la calle se debe hacer también el diseño de colocación de las tuberías subterráneas. Para este diseño se debe tomar en cuenta que las tuberías de instalaciones especiales deben estar lo mas retirado posible de las tuberías del sistema de electrificación para evitar interferencia producida por inducción magnética. Una forma para la disposición de estas tuberías puede ser la que se muestra en la siguiente figura.

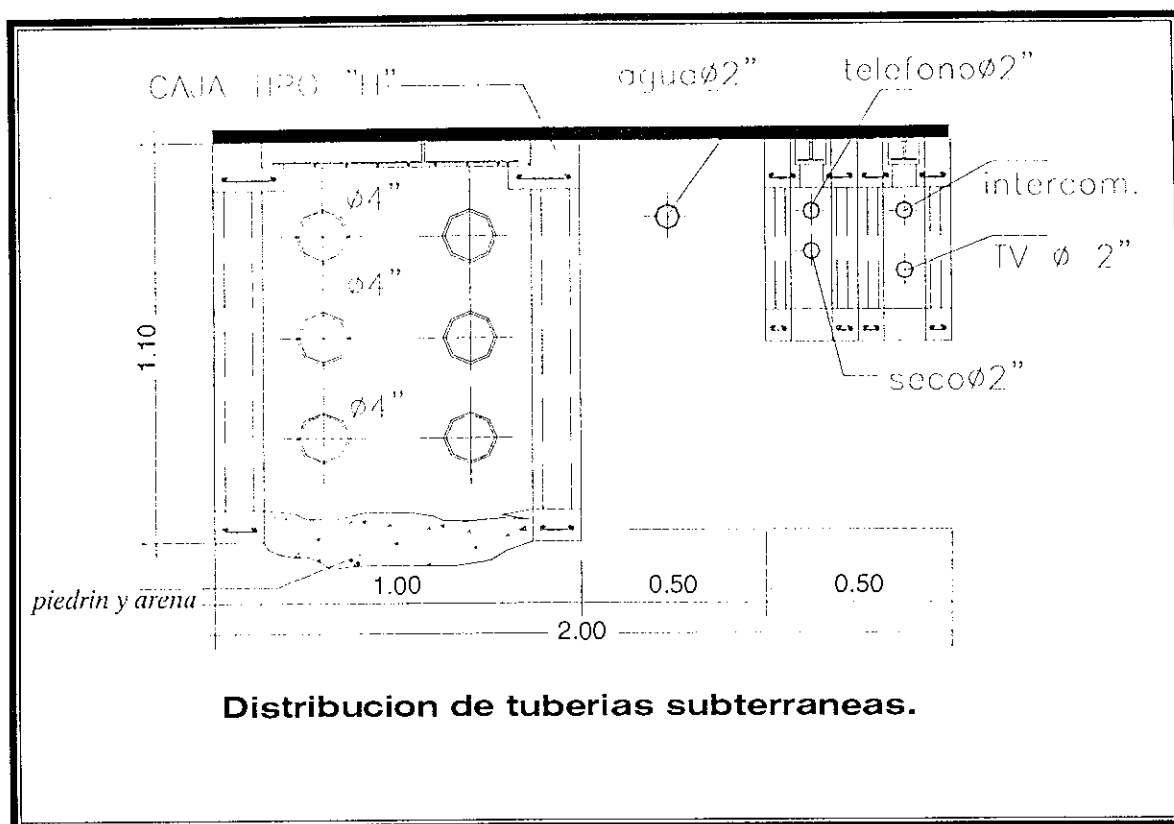


Figura 2. Distribución de tuberías subterráneas.

d. **Presentación del diseño final de rasantes y alineamientos horizontales.** Después de realizado el cálculo de los alineamientos horizontales y de rasantes o verticales, se elaboran los planos de planta-perfil de cada uno de los ejes definidos.

La hoja de planta perfil es un plano en formato A-1 con una división horizontal a la mitad de la longitud más angosta del formato quedando el mismo dividido en una parte superior y una inferior.

La parte superior se utiliza para indicar el alineamiento horizontal (PLANTA). En ella se debe especificar:

- El estacionamiento de cada eje medido a cada 20 mts. Cuando el alineamiento contiene una curva, el estacionamiento deberá ser medido sobre la línea que define la longitud de la curva y no sobre las tangentes.

- La dirección de cada segmento de línea por medio su respectivo azimut o rumbo. (Para simplificar el trabajo de campo se recomienda trabajar con azimut)
- En la curvas se debe indicar el estacionamiento del PC, el estacionamiento del PT, el delta de la curva y el radio de la misma.
- Cuando existe intersección con otro eje se debe colocar el estacionamiento de intersección de cada uno de los ejes en cuestión debidamente identificados.
- Colocar los radios de curva de las esquinas
- Colocar el estacionamiento final de cada eje.
- Colocar el ancho de todas las calles y radios de rotondas cuando estas existan.
- Ubicar la dirección del NORTE

La parte inferior se utiliza para indicar el alineamiento vertical (PERFIL). En ella se debe hacer una cuadrícula con una escala vertical 10 veces mayor a la escala horizontal. Y Los datos que debe presentar son:

- el estacionamiento horizontal de cada uno de los ejes para poder correlacionarlo con su respectivo alineamiento horizontal o planta.
- Las pendientes de cada una de las tangentes verticales.
- Los datos de curvas verticales: Estacionamiento y nivel del PIV (Punto de Intersección de Curva Vertical), estacionamiento y nivel del PCV (Punto de Inicio de curva vertical), estacionamiento y nivel del PTV (Punto de fin de curva vertical), longitud de curva vertical.

Para simplificar el trabajo de campo es recomendable hacer el cálculo final de los niveles de rasante a cada 20 metros en las tangentes verticales y a cada 5 metros en curvas verticales con longitudes de curva menores a 40 metros y a cada 10 metros en curvas verticales con longitudes de curva de mas de 40 metros.

e. **Diseño de niveles de plataformas.** El diseño de plataformas para la construcción de las viviendas esta íntimamente relacionado con los niveles de la rasante final de las calles y con los niveles de los servicios de drenaje. Sin el diseño de plataformas debe hacerse antes del diseño de drenajes por los siguientes motivos:

- Debe establecerse un punto de referencia para el nivel de desfogue de aguas pluviales y sanitarias de cada una de las viviendas.
- El nivel de las plataformas debe diseñarse de manera conjunta con las rasantes de las calles para lograr una distribución uniforme y agradable a la vista. No se debe diseñar el nivel de plataforma en base de los niveles de los drenajes; esto provoca sobrecostos, mala coordinación de trabajo y el paisaje arquitectónico puede verse seriamente dañado. Recordemos que tenemos que tomar en cuenta no solo el aspecto técnico de ingeniería sino también que el éxito del proyecto depende de las ventas y éstas a su vez se apoyan en un mayor porcentaje en el conjunto arquitectónico que al final es el que atrae al mercado.

En cuanto a la relación de los niveles de plataformas con las rasantes de las calles se pueden resaltar lo siguiente:

1) Diferencia del nivel de la plataforma con el nivel de la calle y con plataformas adyacentes. La diferencia del nivel de la plataforma con respecto a la calle define la pendiente de acceso hacia el garaje o car-port de la vivienda. Esta pendiente no debe exceder el 12%.

Con respecto a la diferencia de nivel entre plataformas es importante que esta no exceda 1.60 metros de alto. Si se excede esa altura se puede distorsionar rigurosamente la vista frontal del conjunto de viviendas además de la necesidad de construir muros de contención con un costo demasiado alto.

Esta diferencia de niveles se relaciona íntimamente con la pendiente longitudinal de las calles. Para evaluar esto definiremos tres tipos de calle:

- Las calles cuya línea central es perpendicular a las curvas de nivel las cuales denominaremos (CT).

- Las calles cuya línea central es paralela a las curvas de nivel las cuales denominaremos (CP).
- Las calles cuya línea central posee un ángulo de de intersección $0 < d < 90$ con las curvas de nivel las cuales denominaremos (CM).

Generalmente se prefiere que la mayor longitud de calles en una urbanización sea del tipo CT debido a que eso permitirá un drenaje similar al drenaje natural del terreno virgen; pero este depende mucho de la combinación de la altimetría y la planimetría del terreno. En general, es recomendable que en la cuando existen lotes a los lados de una calle CT cuya pendiente longitudinal esta entre 0.5% y 10% el ancho máximo del lote debería ser 16.00 metros. Para lotes ubicados a los lados de calles CT cuya pendiente longitudinal esta entre 10% y 15% el ancho máximo de lote debería ser 10 metros (este puede ser el caso de los Town-Houses). Las pendientes de calle CT mayores al 15 % deberán utilizarse únicamente para el transito de vehículos en urbanizaciones con lotes de extensiones menores a las 1500 vrs². En las urbanizaciones con lotes de más de 1500 vrs² se puede evaluar la presencia de calles con pendientes mayores al 15% que permitan el acceso a las viviendas.

Cuando hablamos de calles del tipo CP ubicadas en laderas uniformes es importante revisar que dicha ladera no exceda el 20% de pendiente para anchos de calle de 8 metros ni exceda del 15 % para anchos de calle de 10 metros; esto provocaría una grada entre la rasante final de la calle y el nivel del lote de mas de 1.60 metros de alto y, por lo tanto, incrementaría de manera susceptible el movimiento de tierras necesario para la construcción de la plataforma así como también incrementaría el costo de los muros de contención necesarios en los linderos laterales de los lotes. El ancho de los lotes en este caso no es determinante.

Es importante recordar que lo expuesto en este documento son criterios básicos que se pueden tomar como referencia para el diseño de urbanizaciones por lo que en ningún momento deben ser interpretados como normas o reglamentos.

Como se expuso anteriormente, determinar estos desniveles define también los lugares donde se necesitará construir muros de contención. En ocasiones es posible diseñar taludes engramados y jardinizados que son más económicos y le dan un mejor paisaje al proyecto. También se pueden hacer combinaciones de muros con taludes jardinizados, esto dependerá de la astucia y el ingenio tanto del arquitecto como del ingeniero y donde el espacio disponible lo permita. (Ver Figura 3)

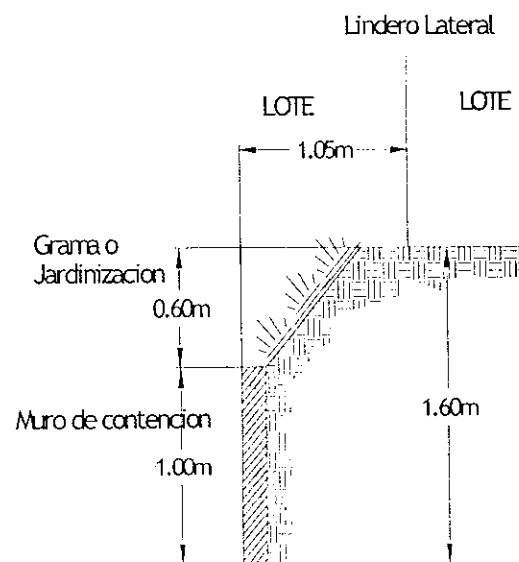


Figura 3. Muro combinado con talud engramado en lindero lateral de lotes.

2) Del movimiento de tierras. Cuando los lotes se encuentran a los costados de una calle tipo CT (definida anteriormente) la diferencia de nivel entre el lindero derecho y el lindero izquierdo se deberá distribuir en partes iguales en cada uno de los linderos. Por ejemplo:

Este diseño permite utilizar el material de corte del terreno en el extremo alto para el relleno en el extremo bajo minimizando así el costo del movimiento de tierras.

Si toda la diferencia se traslada hacia la parte alta para hacer únicamente corte, los lotes quedarían muy por debajo del nivel de la calle o habría que hacer un rediseño de la rasante final de calle bajando los niveles de

la misma e incrementándose de esta manera la excavación de cajuela en la calle lo que sería una solución costosa.

Si toda la diferencia se traslada hacia la parte baja del terreno para hacer únicamente relleno habría que importar material adecuado para realizar dicho trabajo lo que incrementaría sustancialmente el costo del movimiento de tierras. Si se hiciera de esa manera se deberá hacer de una manera controlada revisando que las compactaciones de campo sean las adecuadas para garantizar una buena capacidad soporte del suelo.

Para realizar estos diseños se debe trabajar con el plano de curvas de nivel y el plano de planta perfil de la rasante final de calles. Con esta información estaremos seguros de los niveles finales de las plataformas con respecto a las calles y se podrán ubicar gráficamente los lugares donde se necesitara la construcción de muros de contención.

e. Ubicación de garita de acceso. Para el tipo de proyectos que trata este documento se hace indispensable la construcción de una garita de seguridad que tendrá como objetivo principal controlar el acceso de los vehículos y peatones hacia el interior del proyecto. Se debe considerar en la ubicación de la garita un espacio suficiente para la acumulación de vehículos en espera para ser atendidos por el agente encargado de la garita. Además se debe prever que durante la construcción de las casas se necesitará el ingreso de camiones para el abastecimiento de materiales. Por lo que si se tiene previsto un techo con voladizos para la garita se debe asegurar que exista el espacio horizontal y vertical suficiente entre el nivel de la calle y el nivel del voladizo para la libre circulación de camiones de volteo y de mudanzas. La distancia mínima libre para el paso de un camión deberá ser de 3.50 metros de ancho y 4.50 metros de alto.

La cantidad de carriles de ingreso y de salida se deberán calcular según la cantidad de lotes que se tengan dentro de la urbanización. Se puede estimar un ingreso y una salida para propietarios por cada 80 lotes y un ingreso y una salida para visitas por cada 120 lotes estimando que cada lote aportara

un vehículo en cada hora pico. Es decir uno en la mañana cuando las personas salen hacia su trabajo, otro en la tarde cuando los niños regresan del colegio y otro por la noche cuando las personas regresan a sus casas. Así, si asumimos la duración de la hora pico en exactamente una hora tendríamos un flujo vehicular de 1 vehículos cada 45 segundos. Visto de otra manera, si tomamos en cuenta que el tiempo en el que la talanquera deja libre el paso, deja pasar un vehículo y vuelve a bajar es de aproximadamente 18 segundos entonces si se diera el caso en el que los 80 vehículos salgan al mismo tiempo, los mismos se estarían desalojando en un tiempo de 24 minutos.

f. Diseño arquitectónico del pavimento. Se identifican dos tipos de carpetas de rodadura que son los más utilizados en obras viales: el concreto asfáltico y el concreto hidráulico. La escogencia del tipo de carpeta a colocar estiva comúnmente en la disponibilidad de la inversión inicial, pero en el caso del tipo de urbanizaciones que trata este documento es muy importante la apariencia visual del pavimento como parte del paisaje arquitectónico. Por eso se ha generalizado el uso de formas caprichosas, aplicación y combinación de colores y texturas. Esto depende en realidad del ingenio arquitectónico con que se elabore. El tipo de carpeta que mejor se adapta a estos requerimientos decorativos es el concreto hidráulico y el adoquín. En este documento se pondrá mayor énfasis en el diseño de pavimentos de concreto hidráulico y adoquín por dos razones:

- Partiendo de la premisa que la pavimentación con asfalto resulta poco atractiva a la vista
- Se debe proveer un producto duradero que no ocasione problemas futuros a los vecinos en materia de mantenimiento

Al concreto se le pueden dar otros colores y texturas utilizando la tecnología del concreto estampado. Que consiste en aplicar pintura en polvo cuando el concreto ha perdido ya algo de su humedad en el fraguado inicial alisándolo con una plancha hasta lograr un color uniforme, posteriormente se aplica un desencofrante y se le da la textura por medio de moldes que son

golpeados con una técnica especial para obtener una superficie con la apariencia deseada. Después de algunos días de fraguado se aplica un sellador final para proteger de la intemperie. El adoquín se puede conseguir en varios diseños y colores que se pueden combinar para obtener una vista deseada siempre y cuando se coloquen con la técnica correcta de lo cual se hablara posteriormente.

B. Diseño estructural del pavimento y diseño de los sistemas de servicios básicos.

1. Diseño estructural del pavimento. Como se expuso en la sección anterior existen dos tipos de pavimentos: flexibles y rígidos. Los pavimentos de adoquín pueden ser catalogados como pavimentos semi- rígidos. Se trabajará solo los pavimentos rígidos por las razones expresadas anteriormente.

a. Pavimentos Rígidos. La superficie de rodadura es proporcionada por losas de concreto hidráulico las cuales distribuyen la carga de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y las adyacentes que trabajan en conjunto. Este pavimento no puede sufrir deformaciones sin que se presente falla estructural. Esta formado por tres capas:

- Sub-rasante
- Sub-base
- Losa de concreto hidráulico.

Descripción de las partes del pavimento:

1) Capa Sub-rasante. Sus principales funciones son:

- Recibir y resistir las cargas de tránsito que le son transmitidas por el pavimento.

- Evitar que las imperfecciones de la cama de los cortes se reflejen en la superficie de rodamiento
- Uniformar los espesores de pavimento, sobre todo cuando varían mucho los materiales de terracería a lo largo del camino.

Las propiedades de los suelos de subrasante es una de las variables de entrada más importantes en el diseño de un pavimento. Para conocerlas es necesario un muestreo y someterlo a pruebas de laboratorio. Las propiedades de los suelos se pueden dividir en dos grupos:

Físicas: que son usadas para la selección de materiales, especificaciones constructivas y control de calidad. Estas son:

- Granulometría
- Humedad
- Límites de Atterberg
- Contenido de humedad óptimo
- Peso Unitario Seco Máximo
- Clasificación

Ingenieriles: que son las que nos dan una estimación de la calidad de los materiales y que pueden obtenerse mediante las siguientes pruebas:

- Relación de valor soporte California (CBR)
- Valor de resistencia de Hveem (Valor R)
- Ensayo de plato de carga (Valor K) o módulo de reacción de la subrasante
- Módulo resiliente

La clasificación de suelos es un indicador de las propiedades físicas de los suelos. La clasificación que mejor se adapta para reflejar las propiedades de un suelo como subrasante es la de AASTHO. Sus variables de entrada son la granulometría y plasticidad. En general un suelo, de acuerdo a su granulometría, se divide en:

- Grava: tamaño < 76.2 mm (3") hasta tamiz No.10 (2, mm)
- Arena gruesa: tamaño < 2mm hasta tamiz No.40 (0.425mm)
- Arena fina: tamaño < 0.425 mm hasta tamiz No.200 (0.075 mm)
- Limos y arcillas: tamaños menores de 0.075 mm.

Según la AASHTO, un suelo fino tiene más del 35% que pasa el tamiz No. 200 y se denominan A-4, A-5, A-6 o A-7. Dos suelos finos con granulometría similar pueden tener propiedades muy diferentes según su plasticidad. Esta propiedad se analiza con los límites de Atterberg que son:

- Límite líquido w_L o LL : porcentaje de humedad máximo que puede tener un suelo para poder ser amasado.
- Límite plástico w_p o LP: porcentaje de humedad mínimo que puede tener un suelo para ser amasado.
- Límite de contracción w_s o LS: porcentaje de humedad por debajo del cual el suelo no pierde más volumen.

En los proyectos de urbanización generalmente se busca hacer la menor cantidad de movimiento de tierra. Esto se logra ajustando el diseño geométrico lo más que se pueda al perfil natural del terreno. Por esta razón la capa de subrasante se trabaja generalmente con suelos naturales que entran en la clasificación de la AASTHO como del tipo A-4, A-5, A-6 y A-7. Para el caso de subrasantes en urbanizaciones solo interesan el LL y LP, cuya diferencia es el índice plástico, que nos indica la plasticidad del material o sea el rango de humedades dentro del cual el suelo puede ser amasado.

En la mayoría de ocasiones el suelo en el que se trabajará la capa de subrasante presenta cierto grado de humedad que la hace difícil de trabajar y que puede estar por arriba del porcentaje de humedad óptimo. En estos casos se utiliza la adición de cal en un porcentaje determinado para hacer el material mas trabajable y fácil de compactar.

La cal tiene poco efecto en suelos orgánicos o en suelos sin arcilla. Tiene su máximo efecto en las gravas-arcillosas, en las que puede producir mezclas inclusive más resistentes que las que se obtendrían con cemento. En urbanizaciones su uso más frecuente es el de modificar la plasticidad del suelo para hacerlo más trabajable y fácil de compactar. Como es sabido la cal es un mortero aéreo, esto es, necesita la presencia de oxígeno para reaccionar por lo que su influencia en la resistencia de subrasantes para urbanizaciones no es importante a corto plazo, ya que por razones de tiempo y costo cuando una subrasante se termina de compactar y es aprobada por el supervisor de suelos en cuanto a su densidad seca máxima, se procede inmediatamente a cubrirla con la siguiente capa del pavimento. Esto se hace por tres razones:

- Especialmente en época de invierno se protege la subrasante ya que una lluvia podría modificar el contenido de humedad de la capa ya compactada y consecuentemente modificar su humedad óptima y su plasticidad.
- Evita el mantenimiento contra la resequedad de la capa de subrasante
- Se inicia inmediatamente el trabajo de la capa superior ya que para el constructor las horas de maquinaria varada significan costo.

Para la estabilización con cal se puede utilizar tanto la cal hidratada como la cal viva. Su escogencia depende del factor económico y los porcentajes en que se utilizan según la siguiente tabla:

| | Cal viva | Cal hidratada |
|-------------------|----------|---------------|
| Gravas arcillosas | 2 - 3 % | 2 - 3 % |
| Arcillas limosas | 3 - 8 % | 4 - 10% |
| Arcillas | 3 - 6% | 3 - 8% |

Tabla 3. Porcentaje en peso seco de cal para estabilización de subrasante.

La escogencia del porcentaje de cal a ser aplicado dependerá del efecto deseado en el suelo. Para la modificación de propiedades físicas del suelo sin cambios químicos apreciables, se logra mediante la adición de pequeños porcentajes no mayores al 4%. Si se requieren cambios químicos debido a la acción cementante de la cal se aplicaran en porcentajes no menores de 4%.

El procedimiento a seguir es el de realizar ensayos en el laboratorio para determinar el porcentaje de cal necesario para modificar las propiedades del suelo. Sin embargo este procedimiento muchas veces puede ser obviado si se tiene la experiencia necesaria para determinar los valores por medio de una inspección visual ya sea por práctica de trabajo con materiales similares al material en cuestión o por ensayos empíricos de campo.

Cuando el material de las subrasante está compuesto por suelos expansivos pueden ocurrir cambios volumétricos por variaciones en su contenido de humedad. Estos cambios se pueden manifestar en elevación de juntas de los bordes de las losas de concreto cuando la subrasante pierde humedad en estos sitios y ondulación del pavimento cuando las condiciones de humedad son distintas a lo largo y ancho de las losas. Obviamente esto implica un grave deterioro en la calidad de la superficie de rodadura y en la pérdida de uniformidad en el soporte que a la larga acarrea la falla estructural del pavimento. Los suelos susceptibles a cambios volumétricos son los que pertenecen a los grupos A-6y A-7 de la clasificación AASHO. La expansividad medida como la relación porcentual de incremento de altura de la muestra a su altura inicial en el ensayo de CBR (AASHO T-193-63) puede correlacionarse aproximadamente con la plasticidad del suelo de acuerdo con la tabla siguiente.

| Grado de expansión | Hinchamiento (%) | Índice de Plasticidad |
|---------------------|------------------|-----------------------|
| No expansiva | ≤ 2 | 0a 10 |
| Moderada | 2 a 4 | 10 a 20 |
| Altamente expansiva | > 4 | > 20 |

Tabla 4. Relación de la expansividad del suelo con su índice de plasticidad.

Un sistema rápido de campo es el ensayo denominado “Equivalente de arena” (SE) que corresponde a las Normas AASHO T 176-70. Es un proceso de sedimentación, que separa la arena de la arcilla; el espesor de las capas sedimentadas se lee mediante una varilla especialmente calibrada, y se definen el “Equivalente de Arena” como:

$$SE = \frac{\text{lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100$$

Las arenas para concreto y los agregados triturados tienen un valor de SE = 80: suelos con Se entre 0 y 5 se consideran altamente expansivos.

Experiencias de campo y laboratorio adelantadas por la Portland Cement Association, Highway Research Board y Colorado School of Mines, confirman que la compactación de suelos arcillosos con humedades entre 1 y 3 puntos por encima de la óptima del ensayo Proctor Normal (AASHO T-99) disminuye drásticamente los cambios de volumen del suelo y minimiza los cambios de humedad de la subrasante después de la construcción del pavimento. La figura cuatro presenta los resultados obtenidos para un suelo arcilloso, del grupo A-6.

No es recomendable tomar como referencia el ensayo Proctor Modificado (AASHO T-180) ya que su mayor energía de compactación con relación al Proctor Normal conduce a menor humedad óptima, con el consiguiente incremento en la capacidad expansiva de la subrasante.

La figura cinco muestra una comparación entre el hinchamiento de un suelo A-6 cuando se compacta con humedades ligeramente menores que la óptima Proctor Modificado o ligeramente mayores que la óptima Proctor Normal. Permite también apreciar el efecto de la humedad de compactación sobre el incremento de humedad después de inmersión y sobre la resistencia final (CBR) también después de inmersión.

Es posible también controlar el potencial expansivo de los suelos arcillosos mediante la adición de cemento o cal. Para determinar el contenido de cal deben realizarse ensayos de laboratorio. Los porcentajes de

cemento varían entre 4% al 10%. La figura seis muestra el efecto que tiene la adición de cemento a suelos con características expansivas.

EFFECTO DE LA HUMEDAD Y ENERGIA DE COMPACTACION EN EL HINCHAMIENTO, ABSORCION DE HUMEDAD Y CBR DE SUELOS EXPANSIVOS

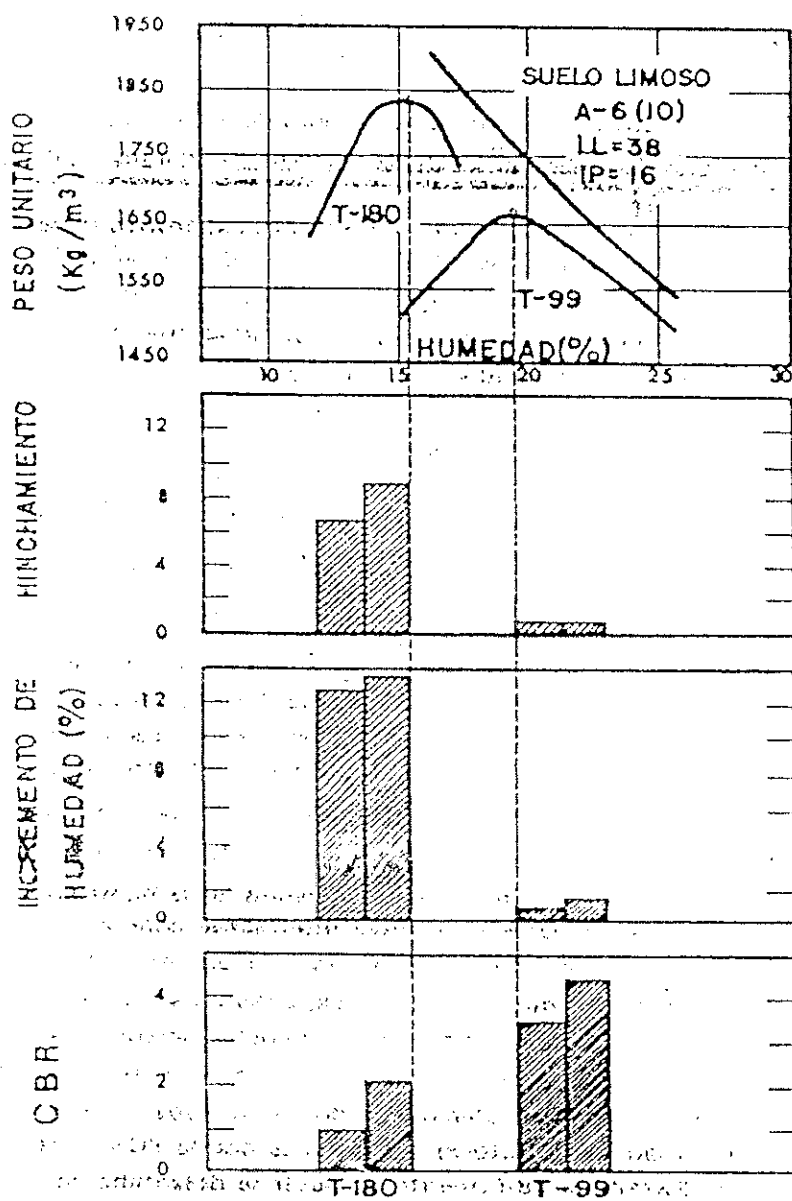


Figura 4 . Efecto de la humedad de compactación en el hinchamiento de los suelos expansivos.

EFFECTO DE LA HUMEDAD DE COMPACTACION EN EL HINCHAMIENTO DE LOS SUELOS EXPANSIVOS

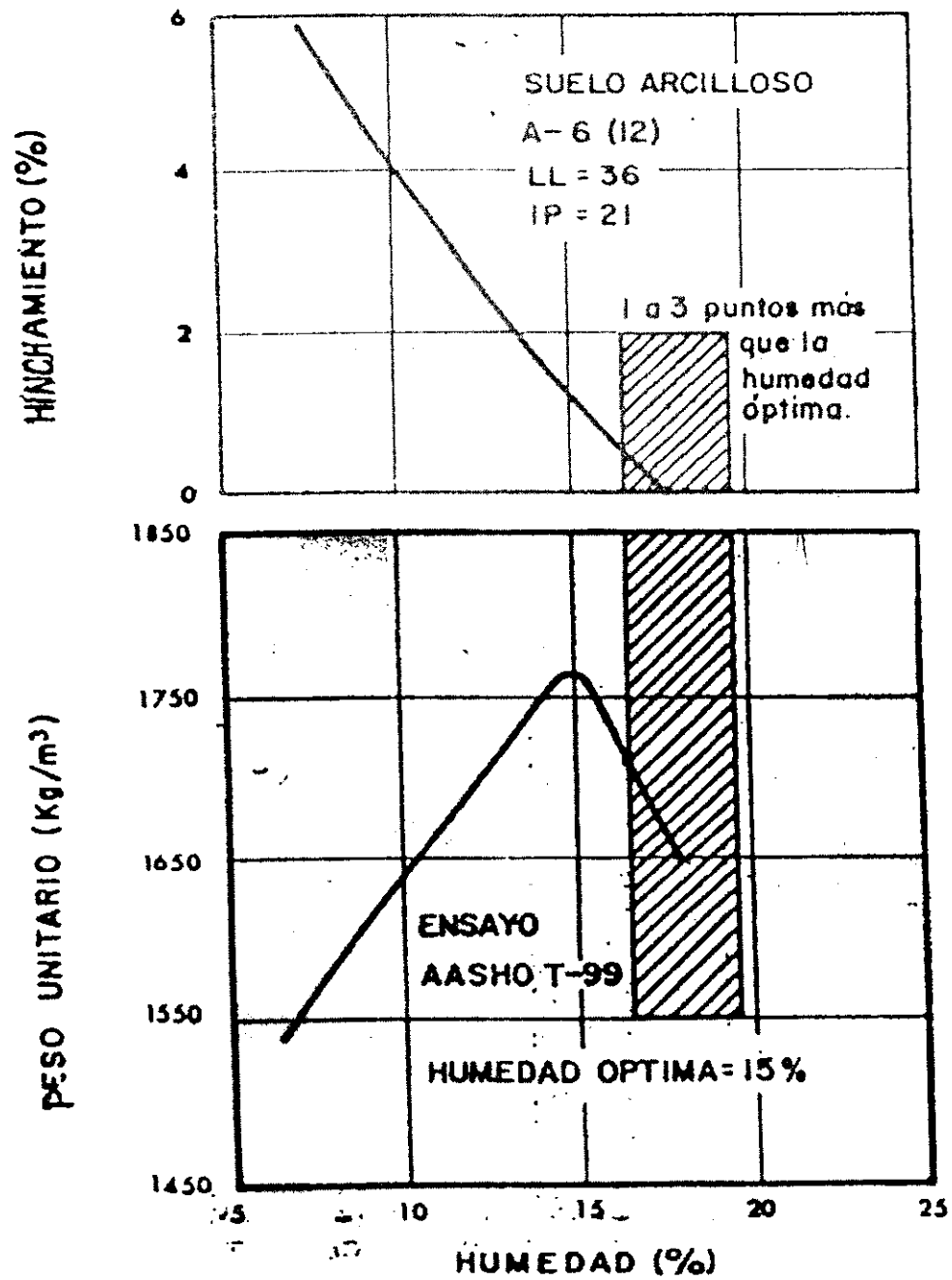


Figura 5. Efecto de la humedad y energía de compactación en el hinchamiento, absorción de humedad y CBR de los suelos expansivos.

EFFECTO DE LA ADICION DE CEMENTO SOBRE LAS ARCILLAS EXPANSIVAS

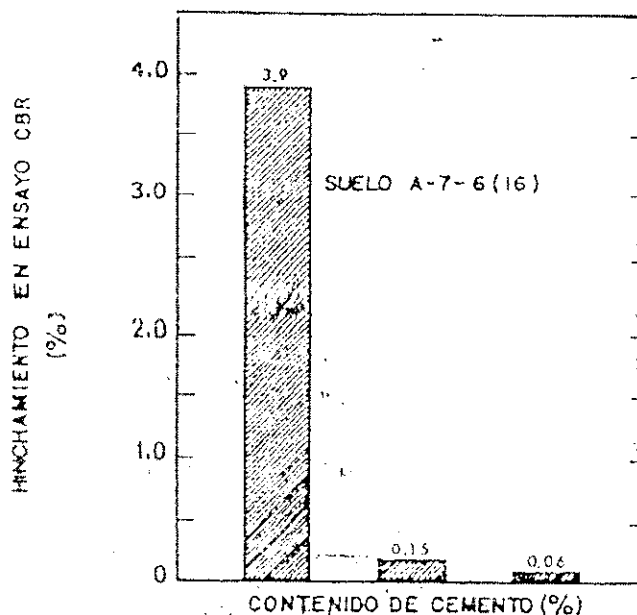


Figura 6. Efecto de la adición de cemento sobre las arcillas expansivas.

Es importante verificar el control de calidad de construcción de la capa de subrasante tanto en el procedimiento utilizado como la utilización del equipo apropiado. Esto porque como ya se dijo por razones de costo se prefiere utilizar el material natural del lugar para la capa de subrasante; por lo que, por no tener la disponibilidad de realizar un vaciado e importar material clasificado con características deseadas, existe mayor probabilidad de cometer errores en la etapa de construcción. Además de esto la subrasante es la capa más baja del pavimento si existiera algún bache o deficiencia en la compactación esto se reflejara en las capas superiores y su reparación afectara tanto el costo como el tiempo de construcción.

Otro factor importante es la de la condiciones climáticas. Por un lado cuando se trabajan subrasantes en tiempo de verano (Noviembre - Abril en Guatemala) los materiales de subrasante requieren de una gran provisión de agua debido a su alto porcentaje de humedad óptima, que en ocasiones

alcanza incluso el límite líquido del material. Por otro lado, cuando se trabaja en época de invierno (Mayo-Octubre) debe tomarse en cuenta que únicamente se tiene un intervalo de 4 a 6 horas diarias sin lluvia por lo que no se deben de trabajar tramos muy largos de subrasante. Es preferible trabajar tramos cortos y dejarlos terminados y cubiertos para evitar que la lluvia los dañe. Si se tiene planificada la construcción del pavimento para esta época tampoco es recomendable hacer la excavación en cajuela de todas las calles sino únicamente el tramo que se trabajara al siguiente día. Esto porque el material suelto de la superficie del corte absorbe mucha agua y al momento de trabajarla se necesita remover esta capa, bajando el nivel de subrasante lo que influirá en un incremento del espesor de la capa superior y esto a su vez provoca un sobre costo del pavimento.

El espesor de la capa de subrasante para proyectos de urbanización varía entre 15 y 30 cm.

La capacidad de soporte de la subrasante se cuantifica por medio un parámetro llamado “modulo de reacción”, conocido también como “coeficiente de balasto” o “modulo de Westergaard”, y convencionalmente se representa con la letra k ; es igual a la relación entre la presión aplicada sobre el terreno y el asentamiento correspondiente. El ensayo está normalizado AASHTO T222-66. Sus unidades son $\text{kg/cm}^2/\text{cm} = \text{kg/cm}^3$. Los factores que inciden en k son:

- Tipo de suelo: el mayor valor de k se presenta en suelos de grava arenosa bien gradada y no plástica; puede llegar a ser 15 kg/cm^3 ; el menor valor de k ocurre en arcillas plásticas, y puede ser del orden de 1.5 Kg/cm^3 .
- Contenido de humedad del suelo: en materiales granulares este parámetro tiene poca influencia; las arcillas plásticas en estado seco tienen mucha mas resistencia que en estado húmedo; para materiales arcillosos plásticos, se recomienda que el ensayo para determinar k se ejecute con un contenido de humedad aproximadamente igual al valor limite plástico del suelo, que es la

humedad que normalmente conserva la subrasante después de la construcción del pavimento.

- Compactación del suelo: el valor de k aumenta al aumentar el peso unitario del suelo.

Existen correlaciones aproximadas entre “ k ” y otros parámetros del suelo, las cuales son utilizables para el diseño cuando no se dispone de mediciones directas del módulo de reacción.

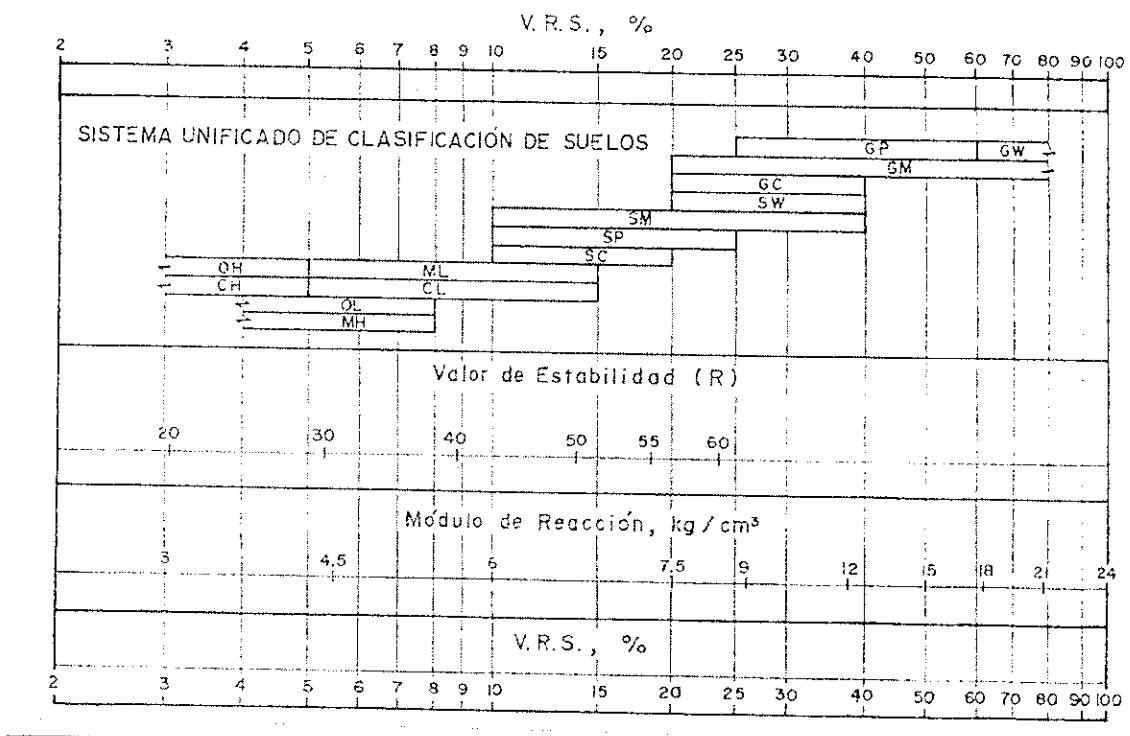


Figura 7. Relación Aproximada entre la clasificación del suelo y los valores de CBR y K

2) Especificaciones de capa de Sub-base. En los primeros pavimentos rígidos que se construyeron se colocaba la losa de concreto directamente sobre la subrasante, pues se consideraba que, independientemente del suelo que la conformara, era adecuado para soportar las cargas impuestas por el tráfico. Sin embargo, el rápido incremento en la magnitud y frecuencia de vehículos pesados puso en evidencia que la vida útil

del pavimento estaba estrechamente condicionada a la estabilidad de la subrasante, uno de cuyos principales problemas es el bombeo, que se define como la expulsión de agua y suelo de la subrasante a través de las juntas y grietas y a lo largo de los bordes de las placas de concreto, causada por la deflexiones de dichas placas al paso de los vehículos pesados en presencia de agua libre en la subrasante. Para que se presente el fenómeno de bombeo deben concurrir tres condiciones básicas:

- Suelos fino-granulares bajo la losa de concreto, que pueden entrar en suspensión en el agua
- Agua libre bajo el pavimento o subrasante saturada y
- Alta frecuencia de vehículos pesados

La consecuencia del bombeo es la aparición de cavernas debajo de la losa en los bordes donde sucede el problema. Esto hace que la subrasante pierda uniformidad de soporte, se incrementan los esfuerzos de flexión y finalmente la rotura de la losa. Este es el motivo principal para incluir una capa de sub-base. La función de dicha capa es entonces, prevenir el bombeo de la subrasante. Una vez colocada cumple además con otras funciones:

- Ayudar a controlar los cambios de volumen en subrasantes altamente expansivas
- Mejorar la capacidad soporte del suelo de la subrasante
- Proporcionar una superficie limpia y estable para los trabajos de pavimentación

Vale la pena mencionar los resultados de investigaciones conjuntas llevadas a cabo por la PCA, el HRB y varios departamentos de carreteras de EEUU:

- Los pavimentos con un tráfico diario no mayor de 200 vehículos pesados no necesitan sub-base para prevenir el bombeo.
- Las subrasantes que contengan menos del 45% de fracción menor que el tamiz No.200 e índice de plasticidad no mayor de

6, no son bombeables bajo la acción de un tráfico moderado de vehículos pesados.

- Si la subrasante satisface la especificación AASHO M-155 no requiere sub-base.

En las urbanizaciones, sin embargo, por trabajar en capas muy superficiales del suelo natural es indispensable la colocación de una capa de sub-base para eliminar el efecto del bombeo. Si bien es cierto el destino final del pavimento del proyecto es para uso de vehículos livianos hay que tener en consideración el paso de los camiones que llevarán los materiales para la construcción de las viviendas, los camiones mezcladores que se utilizan en las fundiciones, camiones de mudanza, etc. Las sub-bases se construyen comúnmente de dos tipos: sub-base granular y sub-base de suelo cemento.

(a) Sub Base Granular. Para que sean efectivas contra el fenómeno de bombeo, deben satisfacer la Especificación AASHO M155-56 que señala:

- Gradación cerrada (bien gradados)
- Tamaño máximo de agregados : $1/3$ del espesor de la sub-base
- Porcentaje que pasa tamiz No. 200 15% máximo
- Índice de plasticidad 6% máximo
- Límite líquido 25% máximo

En la figura ocho se presenta la banda granulométrica de trabajo para sub-bases granulares.

Los materiales granulares son susceptibles de sufrir asentamientos permanentes (por densificación) bajo las cargas del tráfico, a menos que se compacten a densidades muy altas. Para evitar este efecto se recomienda una compactación del 100% de la densidad Proctor Normal.

Los asentamientos ocasionados en la sub-base granular por el tráfico dependen también muy estrechamente del espesor de ella. En general, el empleo de sub-bases de espesores mayores de 10cm no ofrece protección

adicional contra el bombeo y en cambio, además de elevar el costo del proyecto, conduce a asentamientos indeseables bajo el tráfico. Por estas razones, la práctica racional es utilizar espesores de 10 a 15 cm para las sub-bases granulares.

EJEMPLO DE BANDA GRANULOMETRICA DE TRABAJO

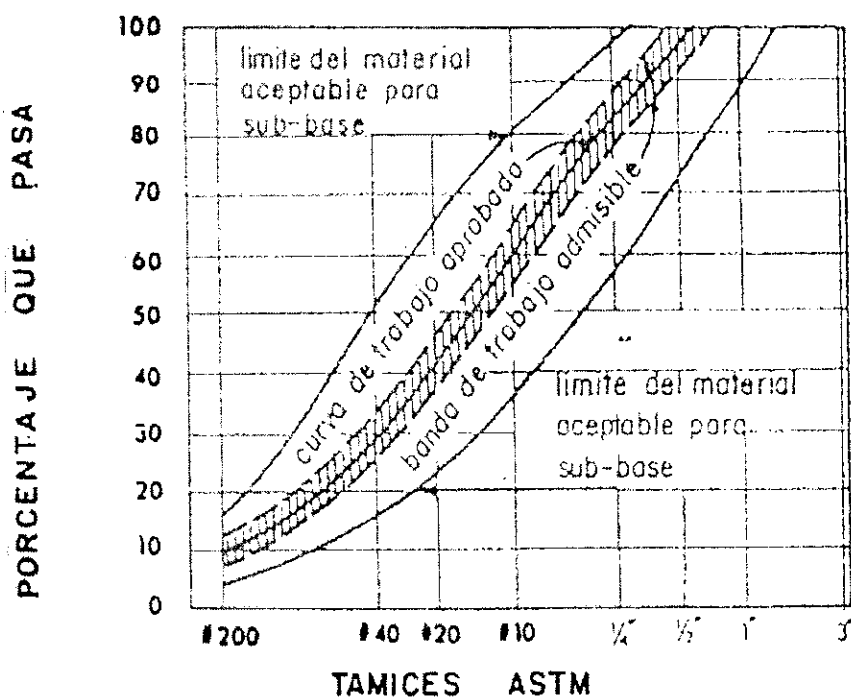


Figura 8. Banda Granulométrica de trabajo para material de sub-base.

En urbanizaciones es frecuente el uso de mezclas de pedrín con "selecto" en porcentajes que varían entre 25%-30% y 75%-70% respectivamente. Estas sub-bases granulares han dado buenos resultados en la prevención del bombeo de la subrasante además de estar compuesta por materiales que son fáciles de conseguir en el medio.

Los materiales se mezclan en la obra. Al mezclar dos materiales, la cantidad no aumenta en proporción a su volúmenes individuales sino que, como algunas partículas de uno de los materiales ocupan los huecos del otro, entonces el volumen casi siempre es menor que el de la suma individual de los materiales. A fin de conocer la cantidad de material necesario para obtener un volumen compacto formado por los materiales 1 y 2 en una longitud de 20 m se procede de la siguiente forma:

Datos:

- Ancho del carril = C en metros
- Espesor compacto de la capa = “d” en metros
- Distancia de tiro = 20 metros (1 estación)
- Porcentaje en peso del material 1 = A(%)
- Porcentaje en peso del material 2 = B(%)
- Peso volumétrico seco máximo de la mezcla = PVSM kg/m^3
- Grado de compactación de la mezcla G_c (porcentaje)
- Peso volumétrico seco suelto del material 1 = PVSS₍₁₎ kg/m^3
- Peso volumétrico seco suelto del material 2 = PVSS₍₂₎ kg/m^3
- Volumen compacto necesario e la mezcla en la obra = $V_a = C \times d \times 20$ (m^3)
- Peso del volumen necesario = $W_a = V_a \times \text{PVSM} \times G_c$ (kg)
- Peso del material (1) = $W_1 = W_a \times A$ (Kg)
- Peso del material (2) = $W_2 = W_a \times B$ (Kg)
- Volumen suelto del material 1 = $V_1 = W_1 / \text{PVSS}(1)$
- Volumen suelto del material 2 = $V_2 = W_2 / \text{PVSS}(2)$
- Porcentaje en Volumen de los materiales 1 y 2:
- Porcentaje $V_1 = V_1 \times 100 / (V_1 + V_2)$
- Porcentaje $V_2 = V_2 \times 100 / (V_1 + V_2)$

Cuando se coloca una sub-base granular, el valor de “k” para el diseño del espesor de la losa se ve incrementando por la función estructural secundaria de la sub-base.

La siguiente figura muestra esta influencia en subbases no estabilizadas:

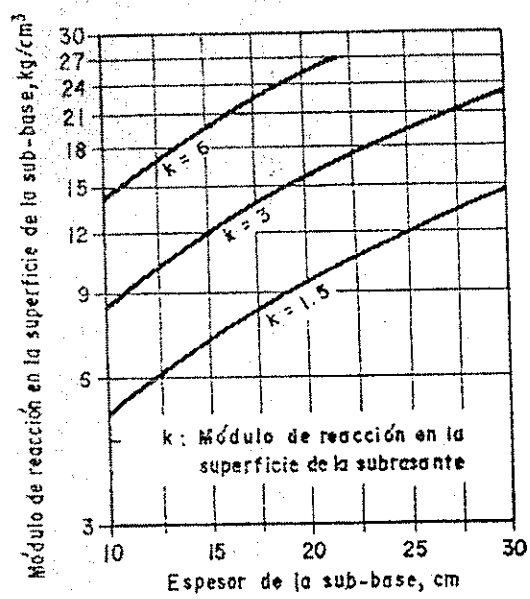


Figura 9. Influencia de sub-bases no estabilizadas en el valor k de la subbase.

(b) Sub-Base de suelo cemento. Las condiciones ideales para el suelo utilizable en la mezcla son:

- Tamaño máximo del agregado: 2.5 cm
- Porcentaje que pasa el tamiz No. 200 35 (Máximo)
- Índice plástico 10 (Máximo)
- Clasificación AASHO: A-1, A-2, A-3

El material más utilizado para las sub-bases de suelo cemento en Guatemala es el comúnmente llamado "selecto". Cuya granulometría y disponibilidad lo hace ideal para este trabajo. Se consigue en el medio, dos tipos de selecto que se pueden diferenciar por su color. El selecto gris y el selecto café. El selecto gris resulta ser más pesado y con una humedad óptima entre 5 y 6 puntos arriba que el selecto café. Está compuesto por arena pómez y su mayor peso se debe posiblemente a la presencia de andesita gris. Su peso seco máximo puede estar entre 1520 Kg/m^3 - 1600 Kg/m^3 . Uno de sus inconvenientes es que se necesita demasiada agua para su homogenización y cuando se estabiliza con cemento aun mas para la reacción del mismo.

El selecto café contiene además de la piedra pómez una cantidad pequeña de barro que le da una mejor cohesión y una mejor trabajabilidad que la del selecto gris además de necesitar menos agua ya que su humedad optima esta entre el 16% -18%. Su inconveniente es que se debe trabajar con personal altamente calificado y con experiencia ya que es muy susceptible a producir laminaciones en la superficie final debido a deficiencias de la mano de obra. Su peso seco máximo se encuentra en el rango 1300 Kg/m³ a 1450 Kg/m³ por lo que es un material menos pesado.

Los dos tipos de selecto dan excelentes resultados al ser estabilizados con cemento. Su utilización depende de la cercanía de los bancos de material específicamente. Lo importante es tener un control de calidad del material cuando ingresa a la obra para verificar que no este contaminado con material orgánico o basura.

La determinación del contenido de cemento debe realizarse por medio de los ensayos normales de dosificación. En la figura 10 se muestran las características granulométricas de los suelos que normalmente requieren el mínimo contenido de cemento y por ende más económico para su estabilización.

Las sub-bases de suelo cemento deben compactarse al 95% de su máxima densidad obtenida en el ensayo de Proctor Normal. A diferencia de las sub-bases granulares, son prácticamente insensibles a los efectos de densificación ocasionados por el tráfico, es decir, no sufren asentamientos permanentes una vez colocadas y compactadas debidamente.

El valor "k" de la subrasante sufre un aumento sustancial debido a la presencia de una sub-base de suelo-cemento. Esto se traduce en reducciones sensibles en el espesor de las losas de concreto. Esto se muestra en el figura 11.

Las sub-bases de suelo-cemento resultan eficientes también para el control de sub-rasantes expansivas. Debido a su impermeabilidad se minimizan las variaciones de humedad del suelo y por tanto, sus cambios de volumen.

REQUISITOS GRANULOMETRICOS PARA LA ESTABILIZACION MAS ECONOMICA DE SUELOS CON CEMENTO

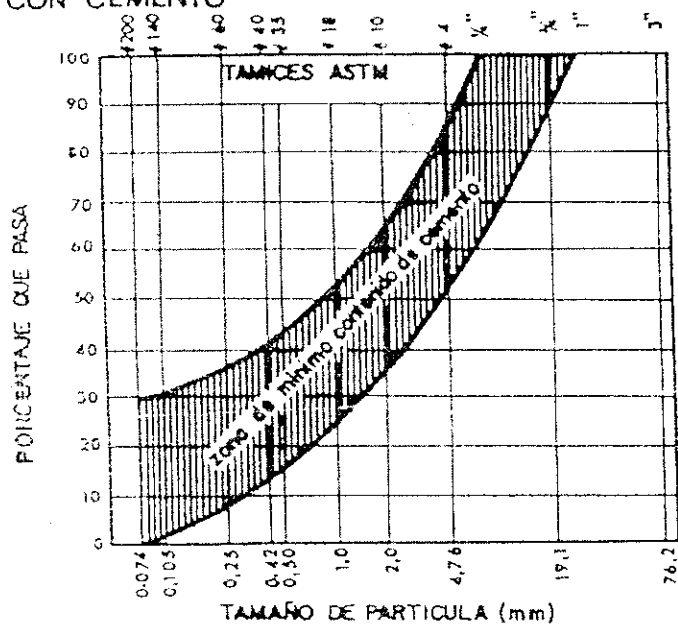


Figura 10. Requisitos granulométricos para la estabilización más económica de suelos con cemento.

INFLUENCIA DEL ESPESOR DE LA SUB-BASE DE SUELO-CEMENTO SOBRE EL VALOR DE K

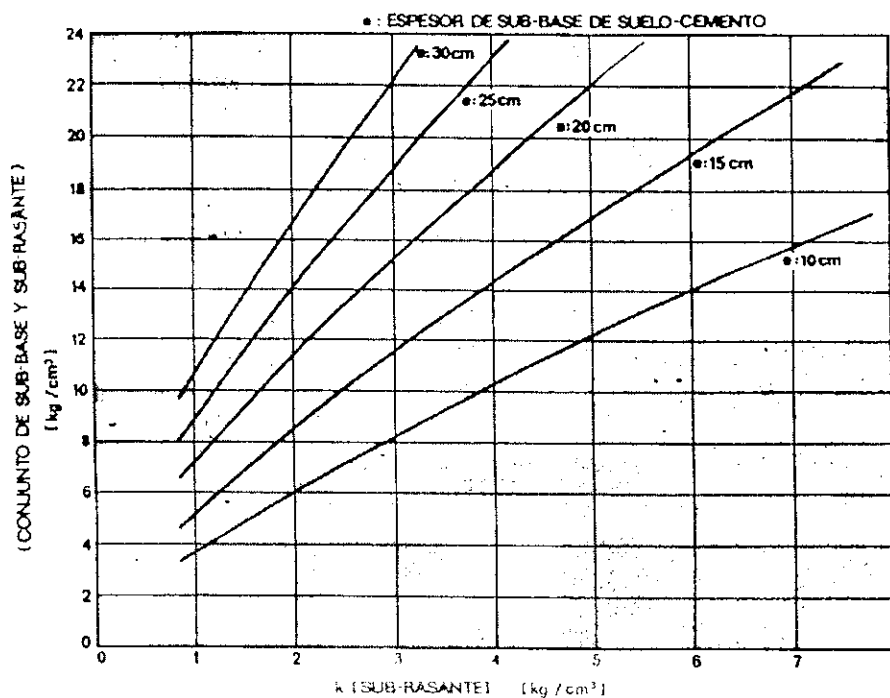


Figura 11. Influencia del espesor de la sub-base de suelo-cemento sobre el valor de k.

En el caso de urbanizaciones, el espesor de la sub-base de los pavimentos rígidos no es objeto de cálculo, sino de receta establecida por la costumbre. Nunca se construyen de menos de 10 cm y probablemente 15 cm es una buena dimensión mínima pues si se proyectan espesores menores, las inevitables irregularidades en la construcción podrían hacer que en algún lugar el espesor de la sub-base resultara excesivamente pequeño. No es común utilizar espesores superiores a 20 cm, pero si hay susceptibilidad a la expansión de los materiales de la subrasante pudiera ser necesario utilizar espesores mayores.

3) Diseño de la carpeta de rodadura. La carpeta de rodadura de un pavimento rígido esta formada por una capa de concreto hidráulico. Su diseño se puede dividir en dos partes: diseño de la mezcla de concreto y diseño del espesor del concreto.

(a) Diseño de la mezcla de concreto. El concreto a utilizar en la construcción de pavimentos rígidos para urbanización debe tener las siguientes características:

- Modulo de rotura a flexión (MR) no menor que 40 KG/cm² a los 28 días. Concretos con resistencia menor, normalmente, son de alta absorción y presenten problemas de durabilidad
- Revenimiento de 5 cm (2") a 9 cm (3 ½ "). La trabajabilidad del concreto es muy importante. Hay que tomar en cuenta que en las urbanizaciones generalmente no se tiene un equipo muy sofisticado para la colocación del concreto. Cuando el concreto tiene una consistencia muy dura requiere más tiempo su colocación o requiere de una mayor cantidad de personal.
- Agregados totalmente inertes, limpios y con formas rugosas para alcanzar una buena adherencia con la pasta agua-cemento. Cuando los agregados en especial la arena, contiene algún tipo de materia orgánica la calidad del concreto es menor. En pavimentos esto puede reflejarse en agrietamientos superficiales que si bien es cierto

podieran no ser estructurales, No son agradables a la vista. También puede reducir considerablemente la resistencia final del concreto.

La relación agua-cemento A/C es primordial para alcanzar las características de resistencia de cualquier concreto. El proporcionamiento mas adecuado del concreto se encuentra en función de los siguientes elementos:

- Resistencia deseada (Depende de la relación Agua/Cemento A/C)
- Densidad Óptima (Depende de la granulometría de la arena y grava para obtener un relación de grava-arena optima)
- Manejabilidad del concreto fresco (Depende del slump o revenimiento del concreto.)

A continuación se presenta un método sencillo para la dosificación del concreto para pavimento de una urbanización.

- Escoger la relación A/C en la figura 12 de acuerdo a la resistencia a la compresión deseada a los 28 días.
- Elegir el revenimiento conveniente de acuerdo con el tamaño máximo, el tipo de armado y las características del elemento a fundir
- Encontrar la relación ideal de grava-arena en peso por medio de la figura 13 en función del modulo de finura de la arena y del tamaño máximo del agregado.
- Encontrar la cantidad de agua necesaria para un metro cúbico de concreto en la grafica 14. Esta grafica muestra la cantidad necesaria para obtener un revenimiento de 10 cm. Corregir en mas o menos 3% por cada 2.5 cm de revenimiento mayor o menor que 10cm.
- El contenido de cemento por metro cúbico de concreto fresco se encuentra al usar el nomograma de la figura 15 en función de la relación agua-cemento y la cantidad de agua requerida por metro cúbico.
- Con el mismo nomograma y utilizando la densidad relativa media de los agregados en condición de saturados y superficialmente secos y el punto

del eje auxiliar se encuentra la relación de agregados-cemento en peso.

LOSAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

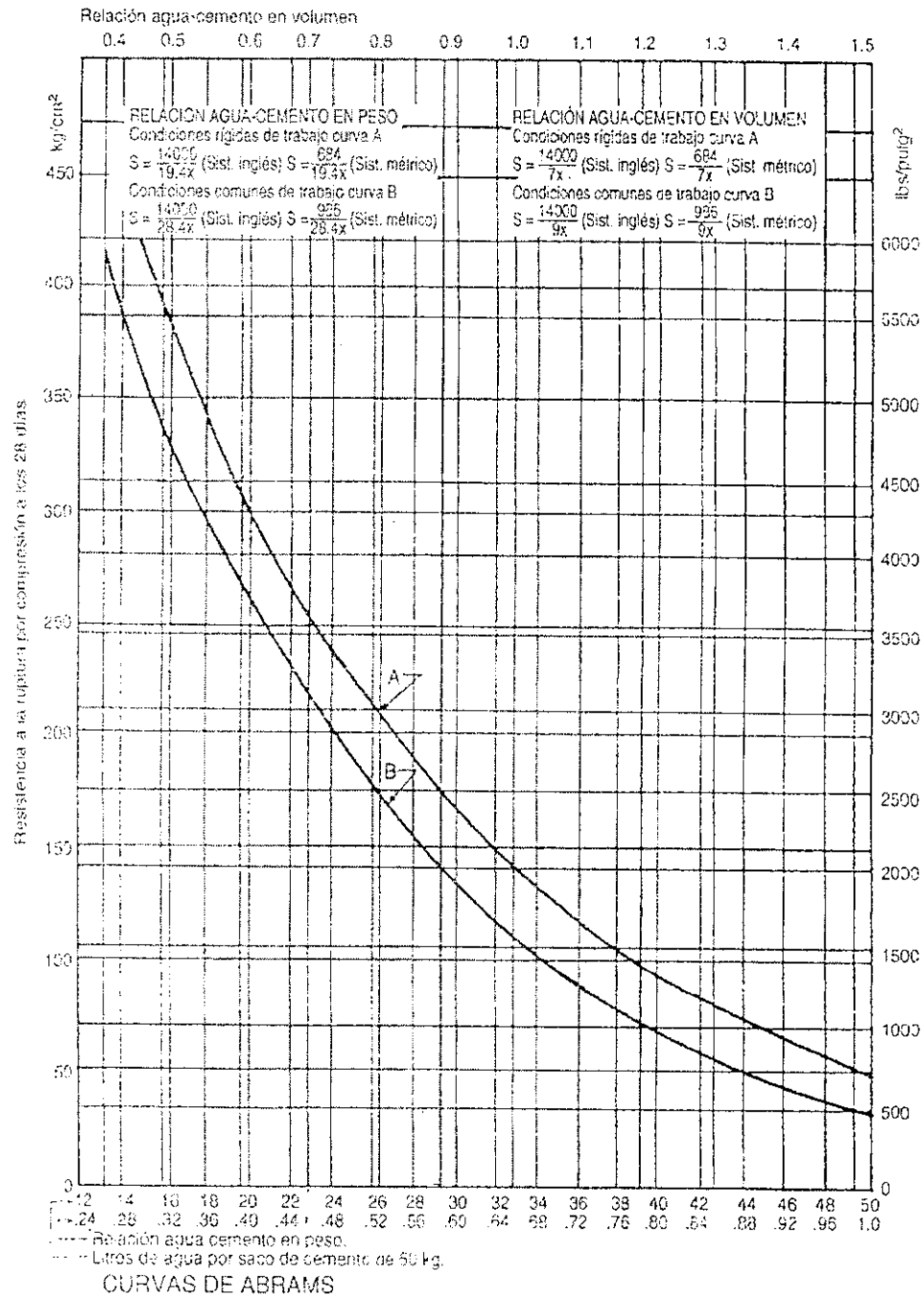


Figura 12. Curvas de Abrams para encontrar la relación agua-cemento (a/c) para alcanzar una resistencia determinada.

ESTRUCTURACIÓN DE VÍAS TERR

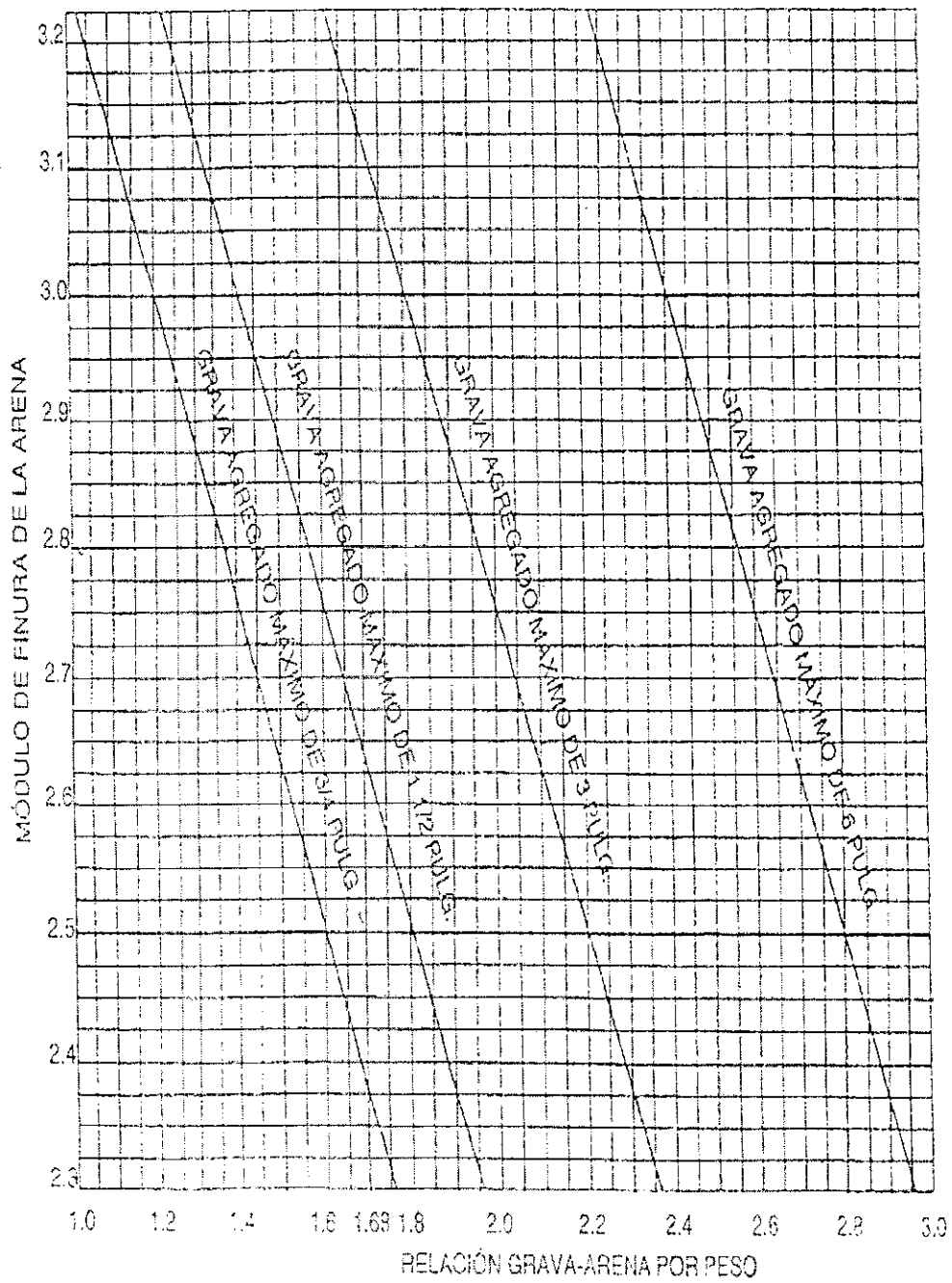


Figura 13. Nomograma para reconocer la relación de grava-arena que cumple con las especificaciones granulométricas.

ESTRUCTURACIÓN DE VÍAS TERRESTRES

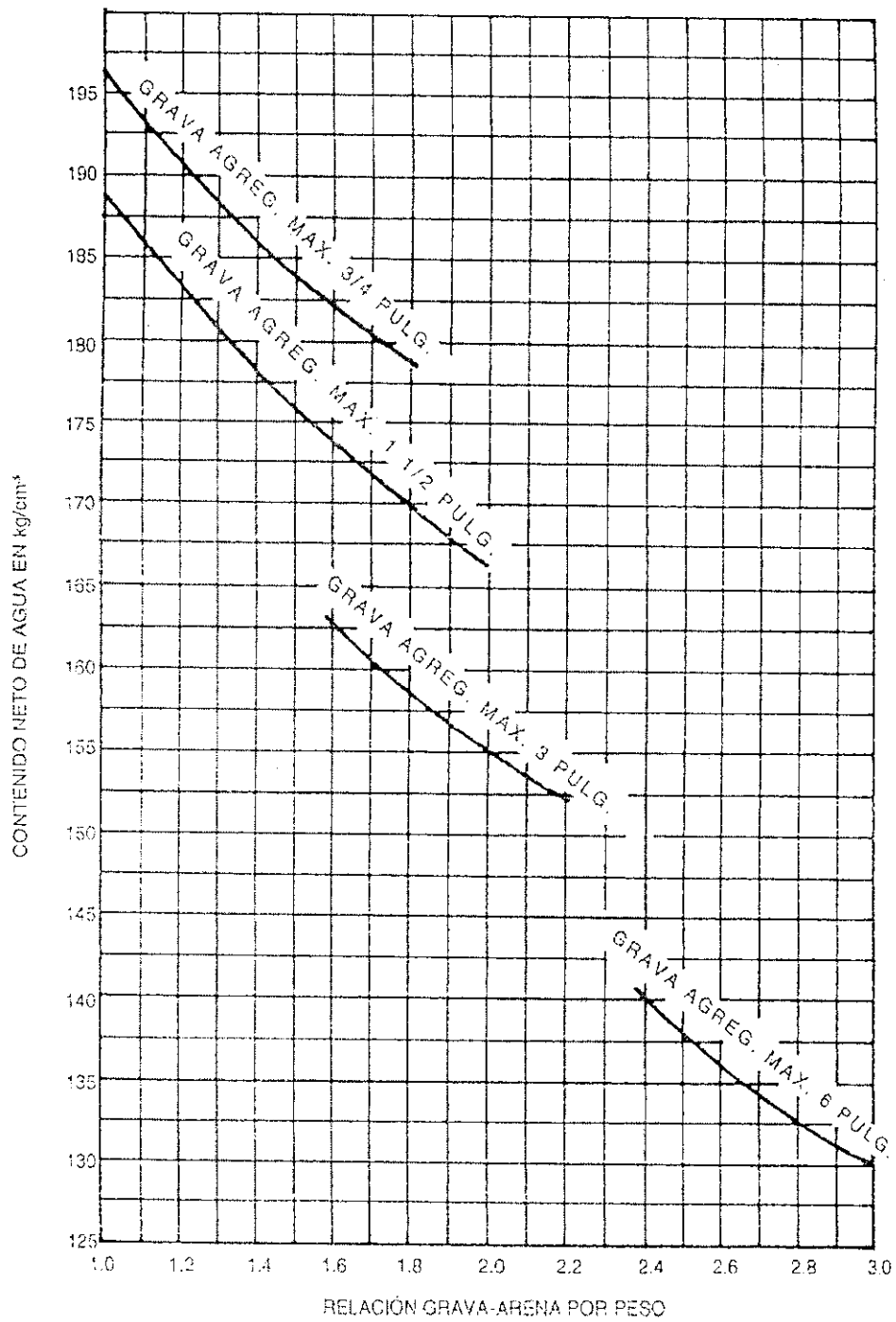


Figura 14. Nomograma para calcular el agua necesaria para fabricar un metro cúbico de concreto hidráulico a partir de la relación grava-arena y el tamaño máximo del agregado.

LOSAS DE CONCRETO HIDRÁULICO

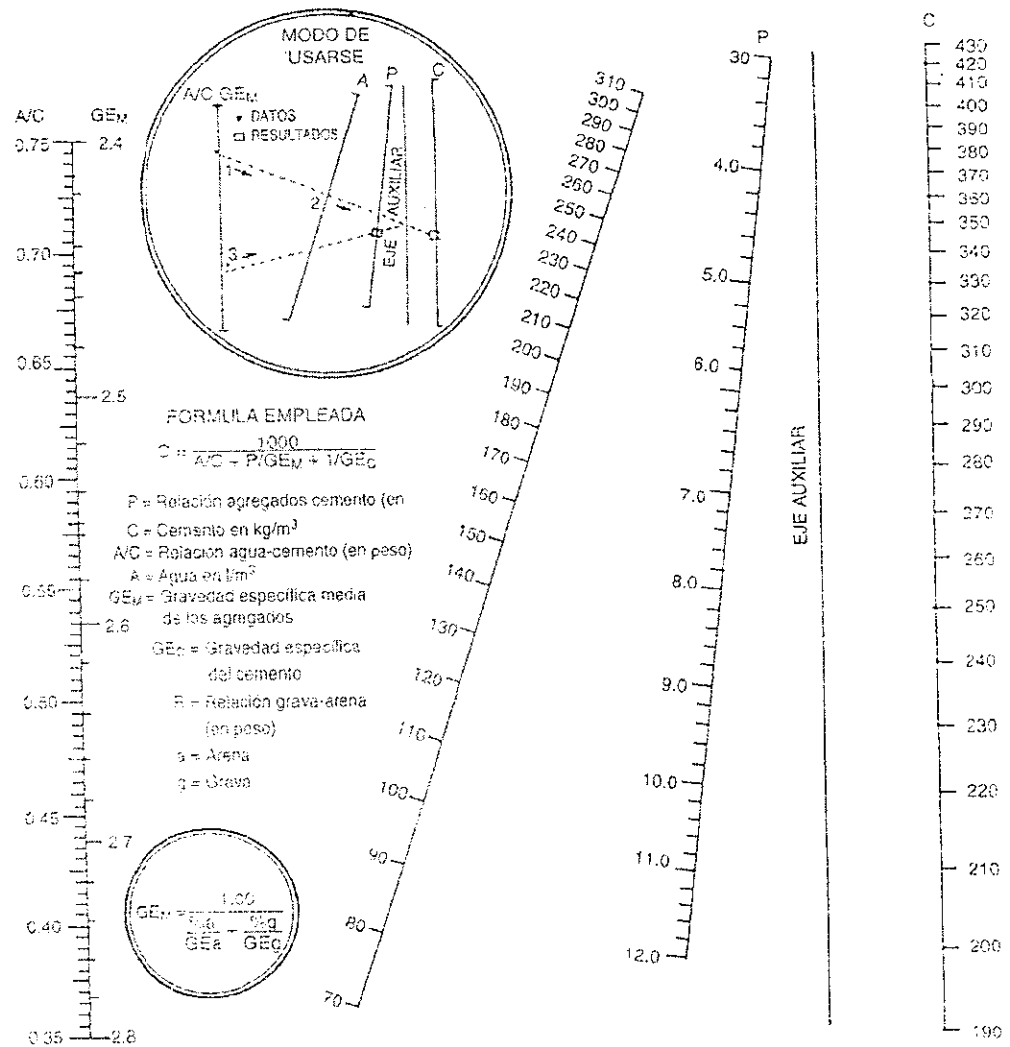


Figura 15. Nomograma para conocer el contenido de cemento en base a la relación A/C y grava-arena.

➤ Las proporciones de los diferentes materiales para una unidad de cemento son :

R = relación grava arena en peso

a = Arena

g = Grava

P = Relación agregados-cemento en peso

C = Cemento en kg/m^3

A = litros/ m^3

$$a = P / (R+1)$$

$$g = R \times a$$

$$A = (A/C) \times C$$

$$C = 1$$

En el caso de las urbanizaciones las especificaciones de entrada para el diseño de la mezcla de concreto para pavimento pueden ser utilizadas las siguientes:

- Resistencia del concreto a la compresión = 3500 psi. (250 Kg/cm²)
- Revenimiento (S) : 2" < S < 3.5"
- Tamaño máximo del agregado: $\frac{3}{4}$ " < TMA < 1 $\frac{1}{2}$ "
- Módulo de finura de la arena = 2.8
- Gravedad específica arena = 2.60
- Gravedad específica grava = 2.60

Al aplicar el procedimiento anterior con estos datos obtenemos las siguientes resultados:

Relación A/C = 0.42

Revenimiento 3"

Relación grava-arena por Peso = 1.575

Porcentaje arena en peso = 38

Porcentaje grava en peso = 60

Cantidad de agua necesaria = 170 Kg/ m^3

Relación agregados/cemento = 5.30

Proporciones finales en peso

| Cemento | Agua | Arena | Grava |
|---------|------|-------|-------|
| 1 | 0.42 | 2.06 | 3.24 |

(b) **Diseño del espesor del pavimento.** Depende de cinco factores:

- Módulo de ruptura del concreto (MR)
- Módulo de reacción de la subrasante k
- Módulo de reacción mejorado de la subrasante por presencia de sub-base (kc)
- Pesos, frecuencias y tipos de cargas de camiones
- Período de diseño

El procedimiento más utilizado en nuestro medio para el diseño de espesores de concreto es el método de la fatiga desarrollado por la Asociación de Cemento Pórtland (PCA). Este método se sustancia en la energía potencial de la losa que consume cada uno de los tipos de ejes de los vehículos y en el número total de ejes que se espera transitaran durante la vida útil de la obra.

Para tomar en cuenta el impacto de los vehículos, se usa el factor de seguridad por carga (FSC), que se elige de acuerdo con la obra por construir y al considerar el siguiente criterio:

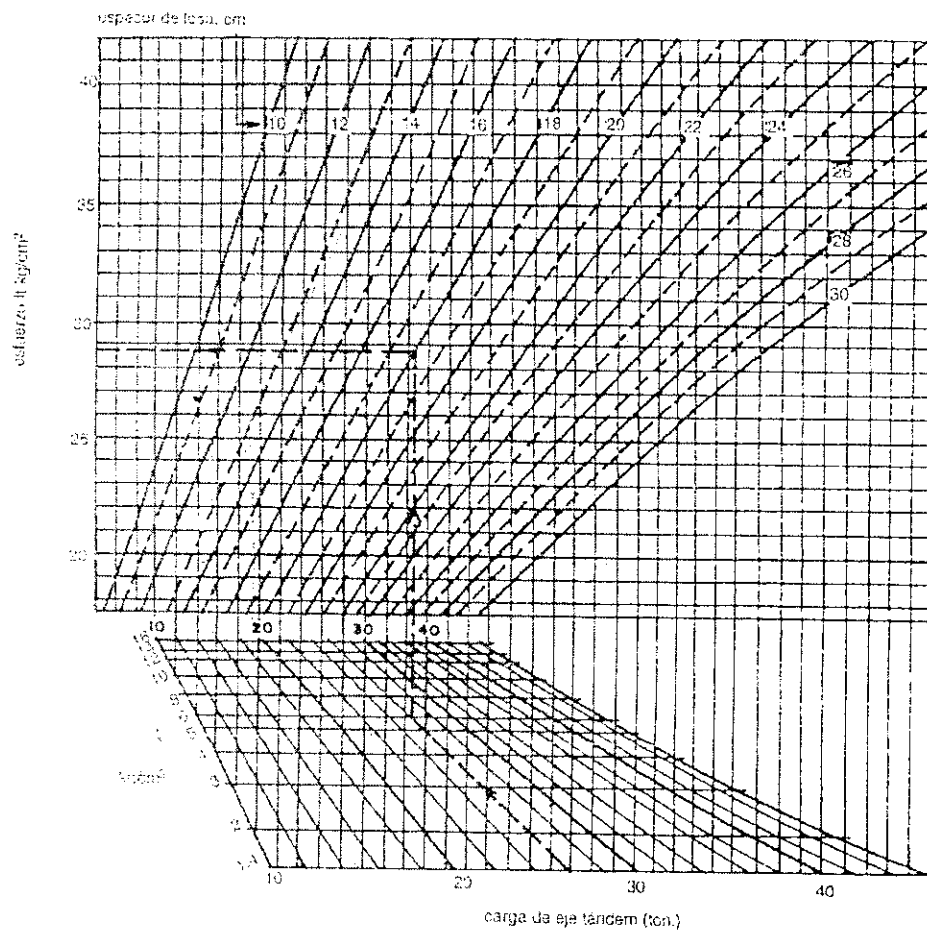
| Tipo de obra | Factor de Seguridad por Carga |
|---|-------------------------------|
| Carreteras de primer orden, autopistas y otras vías con flujo interrumpido de tránsito y gran volumen de vehículos pesados. | 1.2 |
| Carreteras y avenidas con volúmenes moderados de vehículos pesados | 1.1 |
| Carreteras y calles residenciales y otras con volúmenes pequeños de vehículos pesados | 1 |

Tabla 5. Factores de seguridad por carga.

Para efectuar los cálculos se usa la siguiente forma que se muestra en la figura 16. En la columna 1 se anotan las cargas de los ejes que usaran la obra separándolos en ejes sencillos y tandem. En la columna 2 se anota el resultado de multiplicar las cargas de los ejes de la columna 1 por el factor de seguridad FSC. En los datos de entrada se coloca un espesor supuesto de losa en cm.

Con los nomogramas de las figuras 14 y 15 se encuentran los esfuerzos que cada eje provoca en la losa y se anotan en la columna 3.

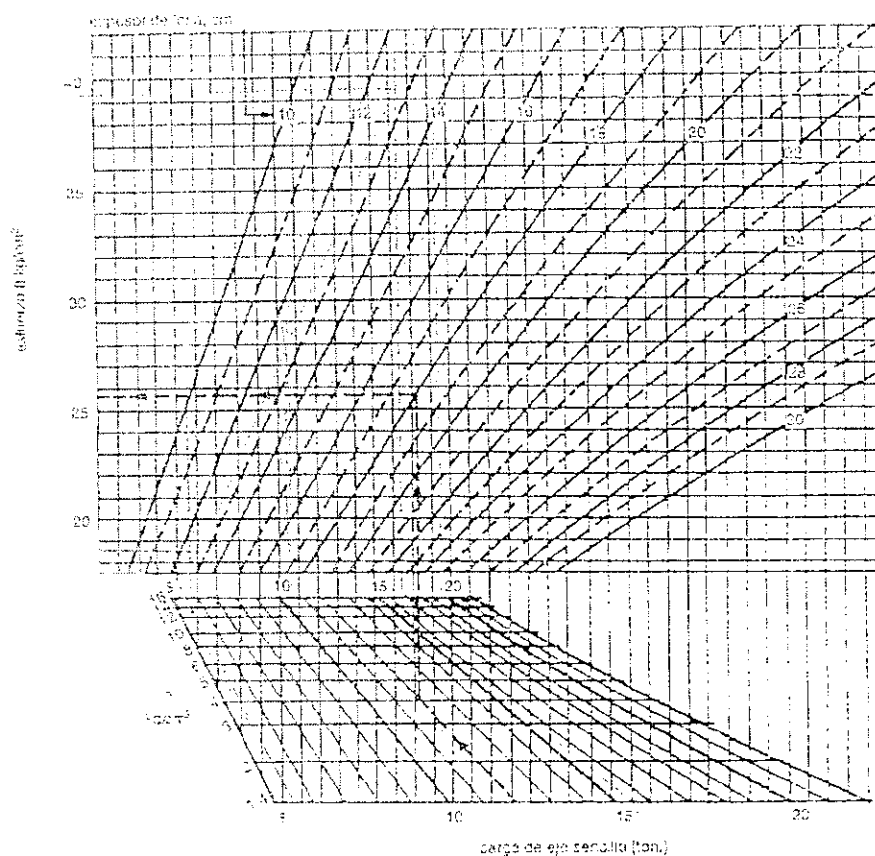
ESTRUCTURACIÓN DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS



Nomogramas para encontrar los esfuerzos que los ejes tándem causan en una losa de concreto hidráulico, en función de la carga aumentada por impacto, el módulo de reacción corregido y el espesor supuesto de la losa (PCA).

Figura 16 Nomograma para encontrar los esfuerzos que los ejes sencillos causan en una losa de concreto hidráulico en función de la carga aumentada por impacto, el modulo de reacción corregido y el espesor supuesto de los PCA.

ESTRUCTURACIÓN DE VIAS TERRESTRES



para encontrar los esfuerzos que los ejes sencillos causan en una losa de concreto
carga aumentada por impacto, el módulo de reacción corregido y el espesor

Figura 17 Nomograma para encontrar los esfuerzos que los ejes tandem causan en una losa de concreto hidráulico en función de la carga aumentada por impacto, el módulo de reacción corregido y el espesor supuesto de los PCA.

Los datos de la columna 4 se obtienen de dividir los resultados de la columna 3 entre el módulo de ruptura del concreto (MR). Con estas cifras se utiliza la tabla No. 6 que proporciona el número de pasadas que provocaría la falla de la losa para cada eje si nada más se utilizara uno de estos ejes en la obra; es decir la cantidad de repeticiones permisibles. Si la cantidad que aparece en la columna 4 es igual o menor que 0.5 en la columna 5 se anota "infinito".

| Relación de esfuerzos ft/MR | Número de repeticiones admisibles | Relacion de esfuerzos ft/MR | Número de repeticiones admisibles |
|--------------------------------|---|-----------------------------------|---|
| 0.50 | infinitas | 0.68 | 3,500 |
| 0.51 | 400,000 | 0.69 | 2,500 |
| 0.52 | 300,000 | 0.70 | 2,000 |
| 0.53 | 240,000 | 0.71 | 1,500 |
| 0.54 | 180,000 | 0.72 | 1,100 |
| 0.55 | 130,000 | 0.73 | 850 |
| 0.56 | 100,000 | 0.74 | 650 |
| 0.57 | 75,000 | 0.75 | 490 |
| 0.58 | 57,000 | 0.76 | 360 |
| 0.59 | 42,000 | 0.77 | 270 |
| 0.60 | 32,000 | 0.78 | 210 |
| 0.61 | 24,000 | 0.79 | 160 |
| 0.62 | 18,000 | 0.80 | 120 |
| 0.63 | 14,000 | 0.81 | 90 |
| 0.64 | 11,000 | 0.82 | 70 |
| 0.65 | 87,000 | 0.83 | 50 |
| 0.66 | 6,000 | 0.84 | 40 |
| 0.67 | 4,500 | 0.85 | 30 |

Tabla 6. Repeticiones permisibles de un eje particular, que llevaría a que la losa fallara según la relación de esfuerzos (esfuerzo/MR)

En la columna 6 se anota la posible cantidad de ejes que usarán la obra en la vida útil. En la columna 7 se coloca el resultado de dividir la cantidad de repeticiones esperadas (columna 6) entre la cantidad de repeticiones permisibles (columna 5); se suman los resultados de esta columna, si esta cercana al 100% el espesor de la losa considerado es correcto; pero si es bastante menor, estará sobre diseñado y habrá que recalcularlo hasta que el resultado final se encuentre entre el 80% y el 100%.

Cálculo de espesor de pavimentos de concreto

Obra : _____

k de la subrasante : _____ kg/cm² sub-base: _____

k combinado : _____ kg/cm² Factor de seguridad por carga _____

Espesor propuesto : _____ cm Modulo de ruptura propuesto _____ kg/cm²

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Cargas por eje (Kips) ton | Cargas por eje X FSC (Kips) Ton | Esfuerzos (pci) Kg/cm ² | Relaciones de esfuerzos | Repeticiones permisibles | Repeticiones esperadas | Resistencia a la fatiga consumida |

| Ejes sencillos | | | | | | |
|----------------|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| Ejes tandem | | | | | | |
|-------------|--|--|--|--|-------|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | Total | 0 |

Figura .18 Formato para cálculo de espesores de pavimento de concreto.

El cálculo del tráfico para pavimentos en urbanizaciones es sencillo de calcular. Empezaremos clasificando el tipo de vehículos que utilizarán la obra y estimando la cantidad de repeticiones por eje durante la vida útil del proyecto. El efecto que tiene los vehículos livianos sobre la estructura del pavimento generalmente es despreciable. El verdadero impacto lo provocan los camiones que se encargan de abastecer los materiales para la construcción de la obra. El cálculo del tráfico para una urbanización se puede hacer de la siguiente manera la siguiente forma:

CLASIFICACIÓN DE LOS VEHÍCULOS

| Tipo Vehículo | Peso (Toneladas) | |
|----------------------------------|--------------------|------------|
| | Eje Sencillo | Eje Tandem |
| Automóvil | 2.00 | |
| Buses de colegio | 5.50 | 14.50 |
| Camión volteo | 5.50 | 18.00 |
| Trailer de cemento | 5.50 10.00 | 18.00 |
| Camión mudanzas | 5.50 | 14.50 |
| Camiones de materiales varios | 5.50 | 14.50 |
| Camiones mezcladores de concreto | 5.50 | 18.00 |

Tabla 7. Pesos de los ejes de vehículos y camiones.

Cuando se calcula la cantidad de repeticiones de carga de camión hay que tomar en cuanto un aspecto importante: si se proyecta hacer el movimiento de tierras de todas las plataformas antes de la construcción del pavimento esto influirá considerablemente en el número de repeticiones que serán obviamente menores y por lo tanto permitirá un espesor de losa menor. Si no es así el número de repeticiones se incrementara y con esto el costo final del pavimento.

**CÁLCULO DE REPETICIONES DE CARGA DURANTE LA VIDA UTIL DEL
PAVIMENTO**

| | |
|--------------------------|--------------|
| Obra | Urbanización |
| Cantidad de lotes | 50 Lotes |
| Periodo de diseño | 20 Años |

| | | | Repeticiones diarias | Repeticiones totales |
|---------------|---|------------|-------------------------|-------------------------|
| Automóviles | 3 | autos/casa | 4 | 87600 |
| Buses colegio | 6 | buses/dia | 2 | 87600 |

| | | | Repeticiones por viaje | Repeticiones Totales |
|--------------------------|----|---------------|---------------------------|-------------------------|
| Camión volteo* | 5 | camiones/casa | 2 | 500 |
| Trailer cemento | 1 | trailer/casa | 2 | 100 |
| Camión mudanzas | 3 | camiones/casa | 2 | 300 |
| Camión materiales varios | 4 | camiones/casa | 2 | 400 |
| Camiones mixto | 10 | Camion Mixto | 2 | 1000 |

*Calculo considerando movimiento de tierras en plataformas antes de la construcción del pavimento.

Tabla 8. Cálculo de repeticiones en la vida útil considerando movimiento de tierras en plataformas antes de la construcción del pavimento.

**CÁLCULO DE REPETICIONES DE CARGA DURANTE LA VIDA UTIL DEL
PAVIMENTO**

| | |
|-------------------|--------------|
| Obra | Urbanización |
| Cantidad de Lotes | 30 Lotes |
| Periodo de Diseño | 20 Años |

| | | Rpeticiones diarias | Repeticiones totales |
|---------------|--------------|------------------------|-------------------------|
| Automóviles | 3 autos/casa | 4 | 2628000 |
| Buses colegio | 4 buses/dia | 2 | 58400 |

| | | Repeticiones por viaje | Repeticiones Totales |
|---------------------|------------------|---------------------------|-------------------------|
| Camión volteo* | 30 camiones/casa | 2 | 1800 |
| Trailer cemento | 1 trailer/casa | 2 | 60 |
| Camión mudanzas | 4 camiones/casa | 2 | 240 |
| Camión mteriales va | 4 camiones/casa | 2 | 240 |
| Camiones mixto | 10 Camion Mixto | 2 | 600 |

*Cálculo considerando movimiento de tierras en plataformas después de la construcción del pavimento.

Tabla 9 Cálculo de repeticiones en la vida útil considerando movimiento de tierras en plataformas después de la construcción del pavimento.

A continuación se calculan los espesores para las dos condiciones antes descritas. El número de camiones de volteo puede variar considerablemente dependiendo de la topografía del terreno que al final es la que va a regir el movimiento de tierras necesario.

El primer cuadro muestra el cálculo para la situación en la que no hay paso de camiones de volteo debido a movimientos de tierra en las plataformas. Como se puede observar el porcentaje de fatiga es bastante bajo 46%. El segundo caso muestra la variación que se puede sufrir al contemplar el

paso de camiones de volteo cuando el pavimento ya está construido. Se observa que el porcentaje de fatiga se incrementa llegando casi al 100%.

| Calculo de espesor de pavimentos de concreto | | | | | | |
|---|--|--------------|-------------------------------|--|---------------------|--|
| Obra : | | Urbanizaicon | | | | |
| k de la subrasante : | | 2 kg/cm2 | subbase: | | Suelo cemento 15 cm | |
| k combinado : | | 8.6 kg/cm2 | Factor de seguridad por carga | | 1 | |
| Espesor propuesto : | | 15 cm | Modulo de ruptura propuesto | | 40 kg/cm2 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Cargas por eje (Kips) ton | Cargas por eje XFSC (Kips) Ton | Esfuerzos (pci) Kg/cm2 | Relaciones de Esfuerzos | Repeticiones Permisibles | Repeticiones esperadas | Resistencia a la Fatiga consumida |
| Ejes Sencillos | | | | | | |
| 10 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 300 | - |
| 5.5 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 1500 | - |
| 5.5 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 1200 | - |
| 5.5 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 1200 | - |
| 5.5 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 3000 | - |
| 5.5 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 300 | - |
| 5.5 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 87600 | - |
| 2 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 58400 | - |
| Ejes Tandem | | | | | | |
| 18 | 0 | 25 | 0.63 | 16000 | 3000 | 0.188 |
| 18 | 0 | 25 | 0.63 | 16000 | 300 | 0.019 |
| 18 | 0 | 25 | 0.63 | 16000 | 1500 | 0.094 |
| 14.5 | 0 | 20.5 | 0.51 | 375000 | 1200 | 0.003 |
| 14.5 | 0 | 20.5 | 0.51 | 375000 | 1200 | 0.003 |
| 14.5 | 0 | 20.5 | 0.51 | 375000 | 58400 | 0.156 |
| | | | | | Total | 0.46 |

En general, para urbanizaciones con menos de 150 lotes es recomendable la utilización de un pavimento rígido con una sub-base de suelo cemento de 15 cm. y una carpeta de rodadura de 15 cm. para las condiciones de sub-rasante propuestas.

Calculo de espesor de pavimentos de concreto

Obra : Urbanizaicon

k de la subrasante : 2 kg/cm² subbase: Suelo cemento 15 cm

k combinado : 8.6 kg/cm² Factor de seguridad por carga 1

Espesor propuesto : 15 cm Modulo de ruptura propuesto 40 kg/cm²

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Cargas por eje (Kips) ton | Cargas por eje XFSC (Kips) Ton | Esfuerzos (pci) Kg/cm ² | Relaciones de Esfuerzos | Repeticiones Permisibles | Repeticiones esperadas | Resistencia a la Fatiga consumida |

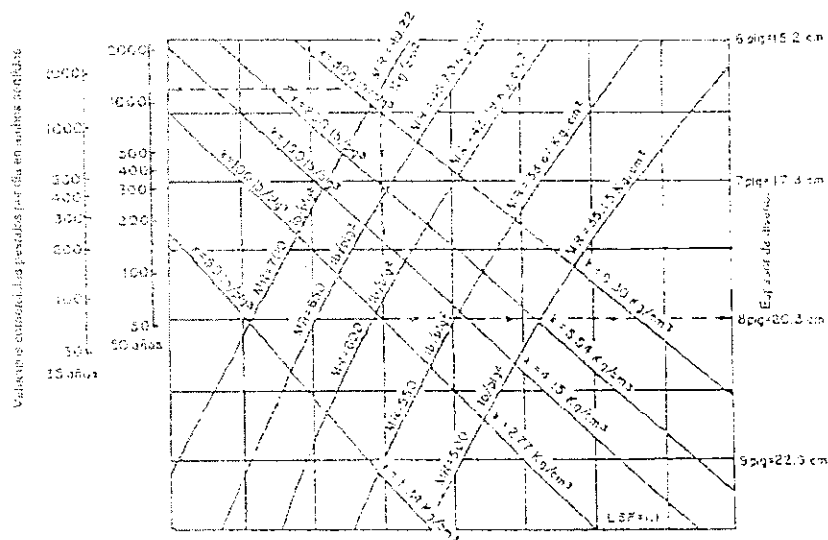
| Ejes Sencillos | | | | | | |
|----------------|---|------|------|-----------|-------|---|
| 10 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 300 | 0 |
| 5.5 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 12000 | 0 |
| 5.5 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 1200 | 0 |
| 5.5 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 1200 | 0 |
| 5.5 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 3000 | 0 |
| 5.5 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 300 | 0 |
| 5.5 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 58400 | 0 |
| 2 | 0 | 17.5 | 0.44 | infinitas | 87600 | 0 |

| Ejes Tandem | | | | | | |
|-------------|---|------|------|--------|-------|------|
| 18 | 0 | 25 | 0.63 | 16000 | 3000 | 0.19 |
| 18 | 0 | 25 | 0.63 | 16000 | 300 | 0.02 |
| 18 | 0 | 25 | 0.63 | 16000 | 9000 | 0.56 |
| 14.5 | 0 | 20.5 | 0.51 | 375000 | 1200 | 0.00 |
| 14.5 | 0 | 20.5 | 0.51 | 375000 | 1200 | 0.00 |
| 14.5 | 0 | 20.5 | 0.51 | 375000 | 58400 | 0.16 |
| Total | | | | | | 0.93 |

Se puede demostrar utilizando el mismo procedimiento anterior que cuando la cantidad de lotes se reduce el diseño pasa a ser controlado por la cantidad de camiones mezcladores necesarios para las fundiciones. Resumiendo lo anterior se puede establecer que el diseño del pavimento lo controla el tráfico pesado durante la construcción de las casas.

Existen otros métodos simplificados para el diseño de espesores de concreto para calles y avenidas de las ciudades y sectores residenciales. Tal es el caso del método simplificado por la PCA en el que solo se toman los

vehículos comerciales que circularán sobre el pavimento al iniciarse el servicio. A continuación se presenta el nomograma utilizado para ese método:



Método simplificado (PCA) para diseñar pavimentos rígidos en arterias y calles comerciales, para periodos de diseño de 25 a 50 años.

Figura 19. Nomograma de cálculo simplificado de la PCA para calles y avenidas.

El pavimento ideal de concreto no debería tener juntas, sino ser una cinta continua que resistiera cargas impuestas por el tráfico. Sin embargo, existen problemas tanto en las propiedades de los materiales como en los sistemas de construcción de pavimentos que exigen la presencia de juntas, las cuales se convierten en las zonas más débiles de toda la estructura.

Las principales condiciones que debe cumplir una junta son:

- Localización adecuada de tal manera que controle eficazmente el agrietamiento potencial causado por cambios de temperatura y la interacción con la subbase.
- Transmisión adecuada de las cargas de la losa adyacente con el fin de evitar fallas por deformaciones excesivas o pérdidas en la calidad del rodamiento.

espesor de concreto sobre la ranura de la junta machi-hembrada es muy pequeño y se puede producir una grieta longitudinal paralela a la junta de construcción. Las características de las barras para juntas se muestran en la tabla 10.

MECANISMOS DE TRANSMISION DE CARGA Y SELLADO DE LAS JUNTAS.

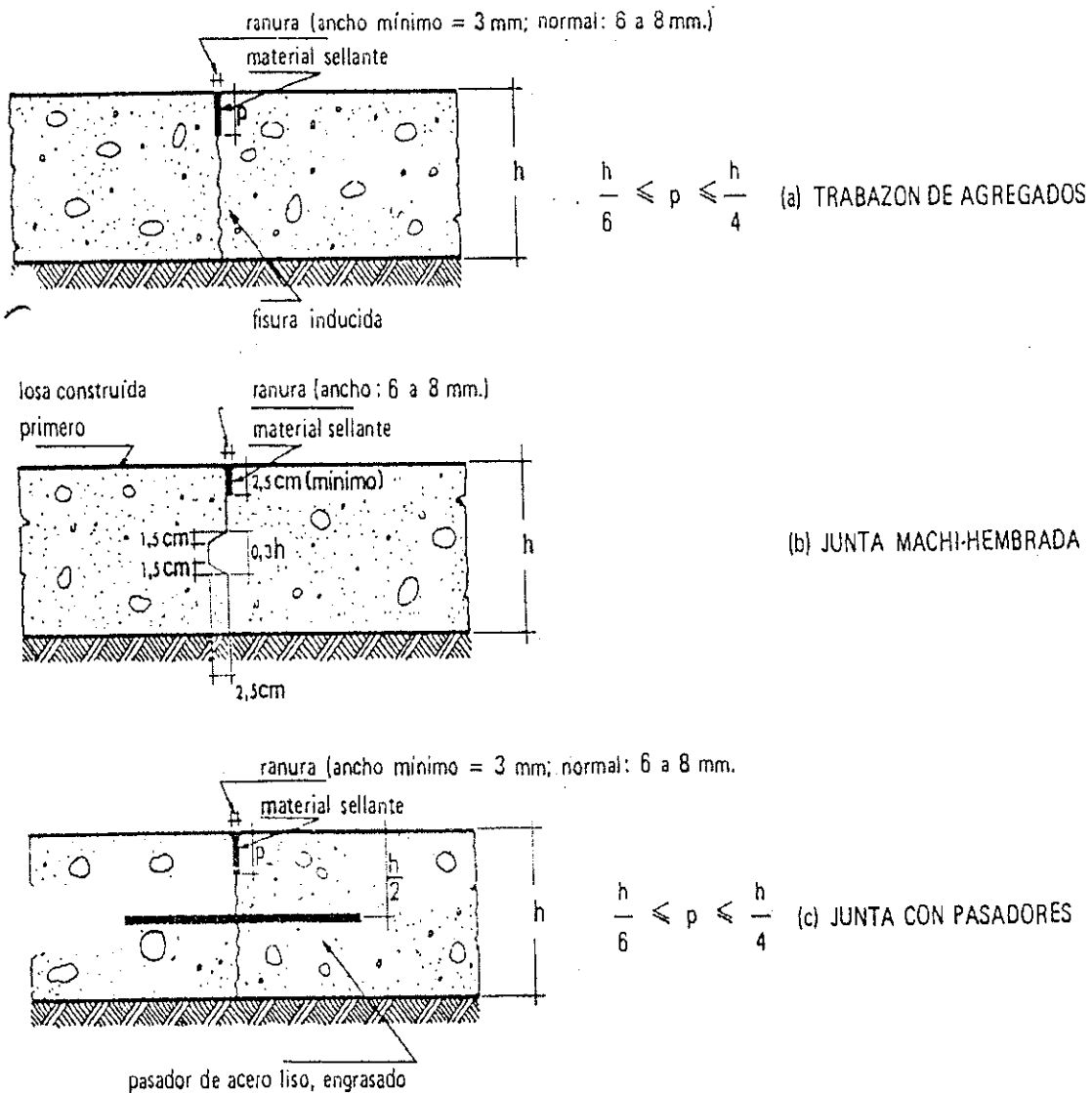


Figura 21. Mecanismos de transmisión de carga en las juntas.

| ESPESOR DE LOSA (cm.) | BARRAS DE Ø 9,5 mm. (3/8") | | | BARRAS DE Ø 12,7 mm. (1/2") | | | BARRAS DE Ø 15,9 mm. (5/8") | | | | | |
|--|----------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Longitud (cm.) | BARRAS (cm.) | | | Longitud (cm.) | BARRAS (cm.) | | | Longitud (cm.) | BARRAS (cm.) | | |
| | | Carril de 3,05 m. | Carril de 3,35 m. | Carril de 3,65 m. | | Carril de 3,05 m. | Carril de 3,35 m. | Carril de 3,65 m. | | Carril de 3,05 m. | Carril de 3,35 m. | Carril de 3,65 m. |
| Acero de $f_y = 1.875 \text{ kg/cm}^2$ (40.000psi) | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 45 | 80 | 75 | 65 | 60 | 120 | 120 | 120 | 70 | 120 | 120 | 120 |
| 17,5 | | 70 | 60 | 55 | | 120 | 110 | 100 | | 120 | 120 | 120 |
| 20 | | 60 | 55 | 50 | | 105 | 100 | 90 | | 120 | 120 | 120 |
| 22,5 | | 55 | 50 | 45 | | 95 | 85 | 80 | | 120 | 120 | 120 |
| 25 | | 45 | 45 | 40 | | 85 | 80 | 70 | | 120 | 120 | 110 |
| Acero de $f_y = 2.800 \text{ kg/cm}^2$ (60.000psi) | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 65 | 120 | 110 | 100 | 85 | 120 | 120 | 120 | 100 | 120 | 120 | 120 |
| 17,5 | | 105 | 95 | 85 | | 120 | 120 | 120 | | 120 | 120 | 120 |
| 20 | | 90 | 80 | 75 | | 120 | 120 | 120 | | 120 | 120 | 120 |
| 22,5 | | 80 | 75 | 65 | | 120 | 120 | 120 | | 120 | 120 | 120 |
| 25 | | 70 | 65 | 60 | | 120 | 115 | 110 | | 120 | 120 | 120 |

- NOTAS:
1. Cuando se empleen barras de acero liso, las longitudes dadas en la tabla se multiplicarán por 1,5
 2. Los valores de la tabla se han calculado con base en un valor de "a" de 24,5 kg/cm²

Tabla 10 Características de Barras de Anclaje para juntas.

La trabazón de agregados también funciona eficazmente para juntas longitudinales pero entonces tendríamos que asegurarnos de que el ancho total de calle completo sea fundido para luego cortar sobre la línea central de la calle e inducir la junta longitudinal.

Las juntas transversales pueden ser por contracción, expansión, alabeo o construcción. Normalmente, las de contracción funcionan como juntas de alabeo y de expansión, en tanto que las de construcción se programan para que coincidan con alguna de las anteriores. En las juntas de construcción se recomienda utilizar barras para juntas para asegurar la transferencia de carga. En la tabla 11 se muestran los requisitos para las barras para juntas.

En las juntas transversales de contracción la transferencia de carga resulta eficaz con la trabazón de agregados induciendo esto a través de un corte transversal en el concreto. La separación entre juntas transversales de contracción no debe ser mayor de 24 veces el espesor de la losa.

Cuando el pavimento empalma con otras estructuras viales previamente existentes, en condiciones en las cuales no es posible construir mecanismos

adecuados para la transferencia de cargas, se construya una junta como la de la figura 22 en la cual se aumenta el espesor de la losa para absorber los esfuerzos de borde ocasionados por el tráfico.

| Espesor del pavimento | Diámetro del pasador | | Longitud total (cm) | Separacion entre centros |
|-----------------------|----------------------|--------|---------------------|--------------------------|
| | (cm) | (pulg) | | |
| 10 | 1.27 | 1/2 | 25 | 30 |
| 11 - 13 | 1.29 | 5/8 | 30 | 30 |
| 14 - 15 | 1.91 | 3/4 | 35 | 30 |
| 16 - 18 | 2.22 | 7/8 | 35 | 30 |
| 19 - 20 | 2.54 | 1 | 35 | 30 |
| 21 - 23 | 2.86 | 1 1/8 | 40 | 30 |
| 24 - 25 | 3.18 | 1 1/4 | 45 | 30 |
| 26 - 28 | 3.49 | 1 3/8 | 45 | 30 |
| 29 - 30 | 3.81 | 1 1/2 | 50 | 30 |

Tabla 11. Requisitos para barras pasajuntas

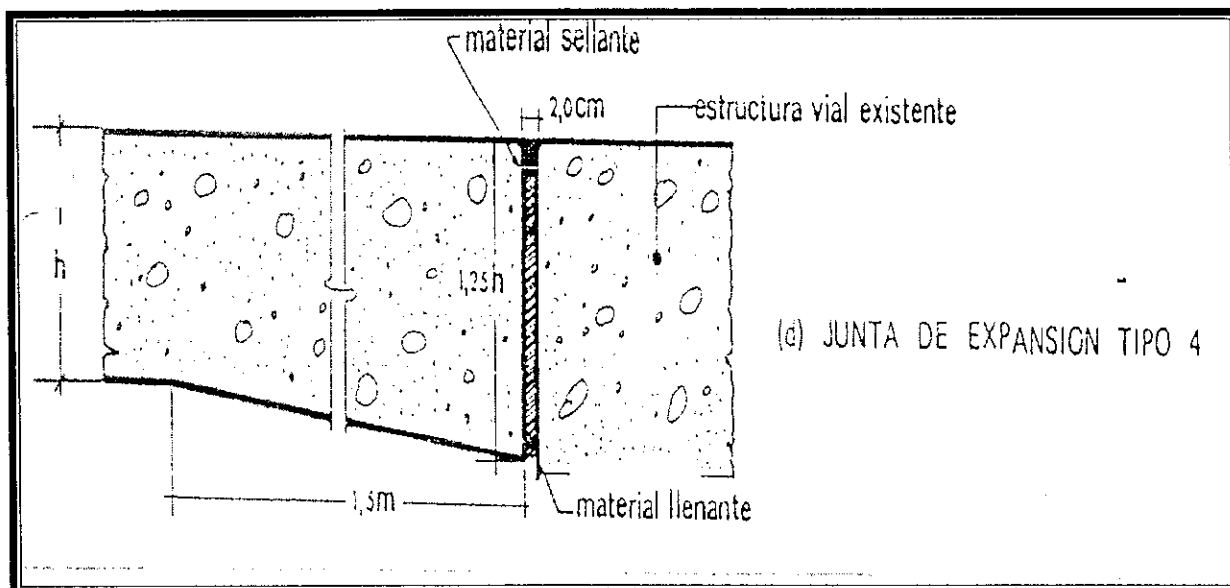


Figura 22. Junta de expansión

Alrededor de las tapas de pozos de visita y de los tragantes de los drenajes, se coloca una junta sin pasadores de 0.5 a 0.6 cm de ancho, dispuestas como aparece a continuación:

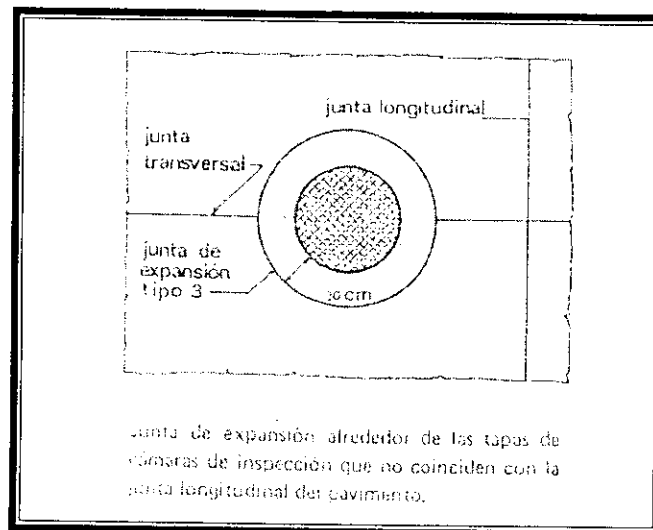
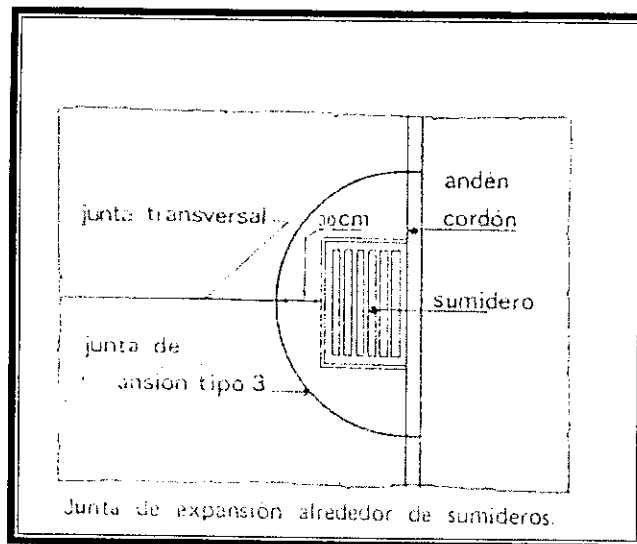
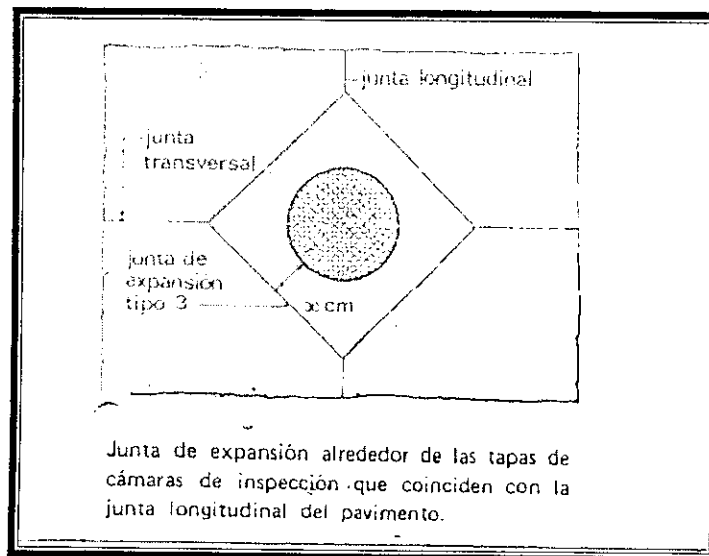


Figura 23. Juntas de construcción alrededor de estructuras.

b. **Pavimentos de adoquín.** Este tipo de pavimento transmite la carga a las capas inferiores por medio de la fricción que existe entre las piezas de adoquín debido a las partículas de arena que llenan los espacios entre ellos. Esto asegura que la carga vertical soportada por un adoquín sea transmitida por él y por los adoquines adyacentes y, en menor grado, por lo que están más distantes. Por lo que, la aplicación de una carga al pavimento, provoca que este tenga un comportamiento “flexible”. Si existiera desplazamiento de los adoquines por algún motivo y las juntas entre ellos queda vacías, el pavimento pierde su capacidad de distribuir la carga.

Existen diseños de pavimentos de adoquín para tránsito liviano que generalmente se usa en zonas residenciales y para tránsito pesado en áreas comerciales, de almacenamiento e industriales. En este caso hablaremos únicamente de los pavimentos de adoquín para tránsito liviano y las partes que lo forman son:

- Sub-Base
- Plantilla - una capa de arena 5 cm de arena fina
- Adoquinado - los propios adoquines
- Bordillos - un borde firme, para evitar que los bloques se desplacen y que confina la plantilla

Se puede utilizar para su diseño un método desarrollado en Europa que toma en cuenta la calidad de la subrasante y el tipo de tráfico al que estará sometido el pavimento.

En primer lugar debemos conocer el tipo de subrasante sobre la que se colocara el resto del pavimento. Se definen tres tipos:

| | |
|----|------------------------|
| E1 | $5 < \text{CBR} < 10$ |
| E2 | $10 < \text{CBR} < 20$ |
| E3 | $20 < \text{CBR}$ |

Tabla 12. Clasificación de suelo de subrasante.

En segundo lugar debemos conocer el uso de la vía que de acuerdo con la tabla siguiente pertenecerá a una determinada clase: C0, C1, C2, C3, C4.

| | | DESCRIPCIÓN DE USO |
|-----------------------|----|--|
| CATEGORIAS DE TRAFICO | C4 | Áreas peatonales, calles residenciales, parqueos de vehículos ligeros. |
| | C3 | Calles comerciales de poca actividad (15 v.p.d). |
| | C2 | Calles comerciales de gran actividad (15 a 24 v.p.d) |
| | C1 | Arterias principales (25 a 49 v.p.d.) |
| | C0 | Arterias principales de gran afluencia de trafico, paradas de autobuses, estaciones de servicio, (50 a 149 v.p.d.) |

Tabla 13. Clasificación según el tipo de uso del pavimento.

Para el caso de urbanizaciones podemos escoger para el uso de la vía los tipos C3 y C4. De acuerdo a los dos parámetros mostrados se procede a escoger el tipo de pavimento según la tabla 14.

En cuanto a la construcción de los pavimentos de adoquín se recomienda que se efectúen al terminar de construir las viviendas para evitar el paso del tráfico pesado sobre el pavimento. Si es necesario su colocación se debe prever que se necesitaran reparaciones en algunos puntos del pavimento posteriormente. Además de esto no se debe permitir el paso de vehículos antes de terminar el sellado con arena de las juntas de los adoquines, esto puede provocar desplazamientos horizontales y deformaciones en el pavimento.

En cuanto a su colocación es importante confinar totalmente las áreas donde se instalaran los adoquines. Se recomienda que se confinen en áreas de 5 mts de ancho por 10 metros de largo. Así también es importante el diseño de colocación y forma de los adoquines. Se deben colocar en formas machihembradas multi-direccionales y no en formas machihembradas unidireccionales. LA forma mas eficaz de colocación es la llamada espina de

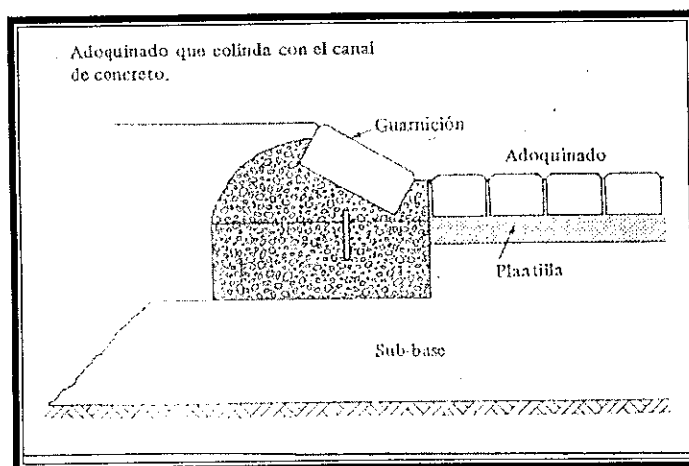
pez o petatillo. Las formas machihembradas unidireccionales funcionan en la orillas de la calle como un remate de adorno.

| Tipo Sub-rasante | Adoquín | | | Capa de arena | | | Base granular | | |
|------------------|---------|------|------|---------------|------|------|---------------|------|------|
| | E1 | E2 | E3 | E1 | E2 | E3 | E1 | E2 | E3 |
| Uso de la vía | | | | | | | | | |
| C3 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.30 | 0.15 | 0.15 |
| C4 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.20 | 0.15 | 0.15 |

| Tipo Sub-rasante | Adoquín | | | Capa de arena | | | Sub-Base Suelo Cemento | | |
|------------------|---------|-----|-----|---------------|------|------|------------------------|------|------|
| | E1 | E2 | E3 | E1 | E2 | E3 | E1 | E2 | E3 |
| C3 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.18 | 0.15 | 0.12 |
| C4 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.15 | 0.1 | 0.1 |

Tabla 14. Espesores recomendados para las capas de pavimento de adoquín según el tipo de uso y tipo de sub-rasante.

Los pavimentos de adoquín son muy decorativos y en ocasiones se pueden introducir variaciones en cuando al sistema de confinamiento con el fin de darle una mejor apariencia como se muestra en la figura 24 y 25.



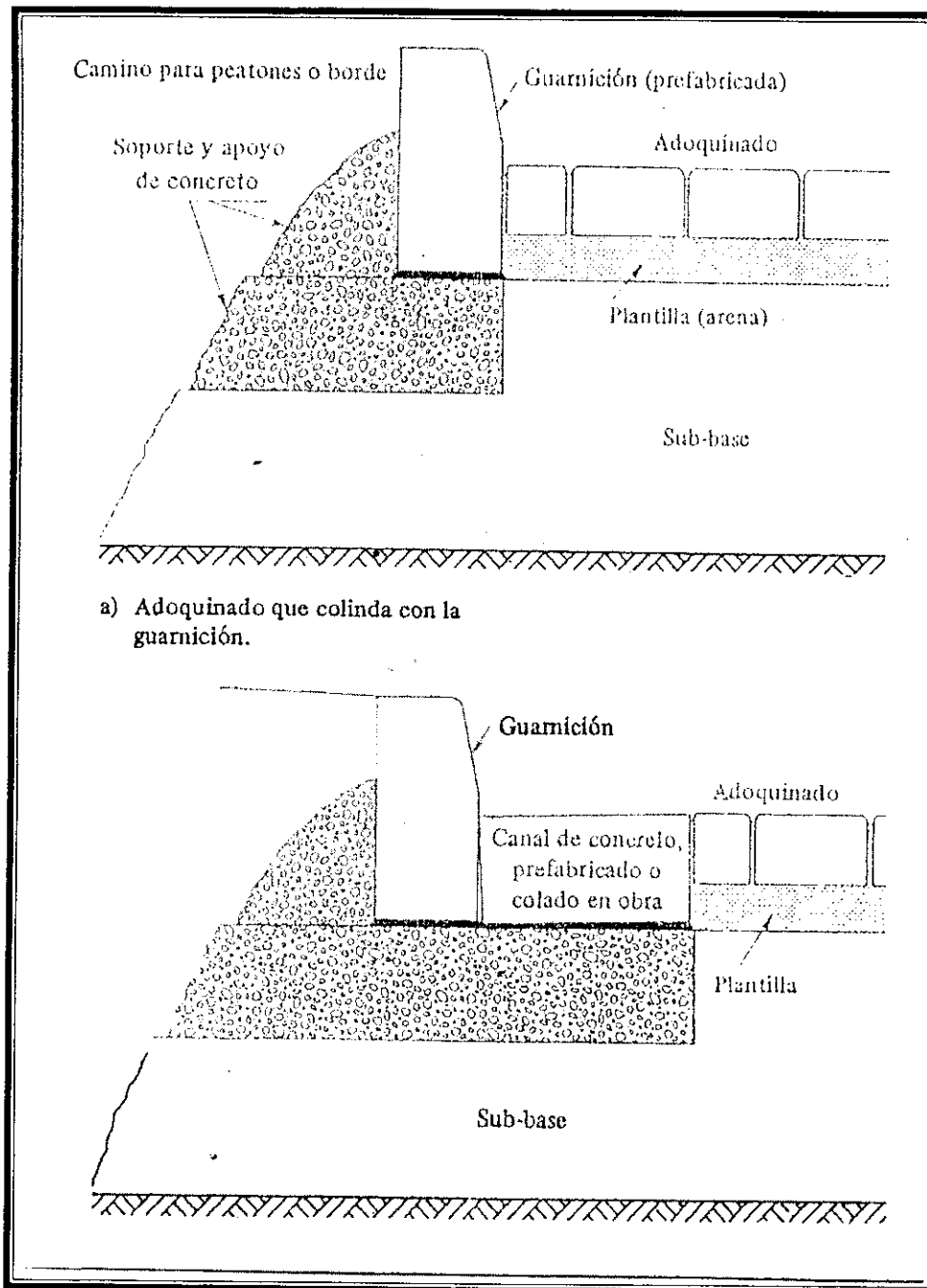
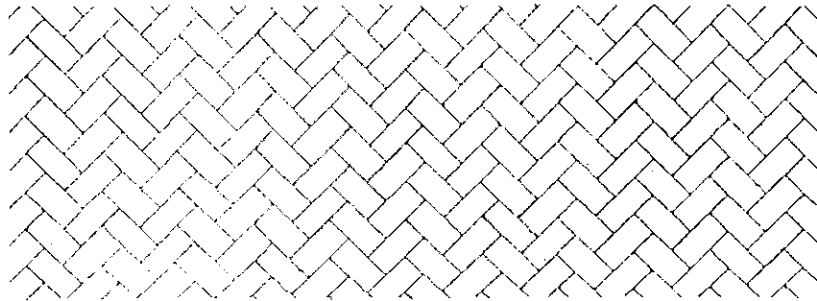
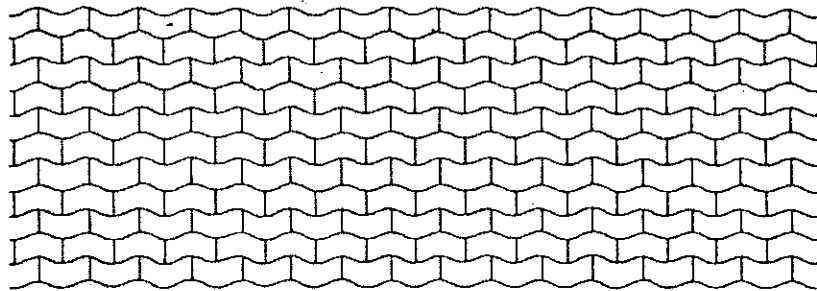


Figura 24. Forma de colocación de adoquines para pavimentos.

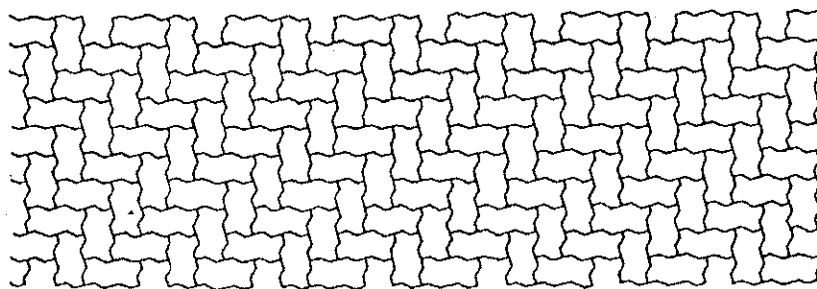
Figura 8. Modelos para la colocación de adoquines, para obtener una unión horizontal entre ellos.



- a) Adoquines rectangulares colocados en forma de petatillo (estos adoquines nunca deben estar colocados en cuatrapeo en la pavimentación de caminos, ya que la unión no sería adecuada).



- b) Adoquines con forma patentada, colocados en cuatrapeo.



- c) Adoquines con forma patentada, colocados en petatillo.

Figura 25. Formas de colocación de bordillos de confinamiento.

C. Diseño del sistema de distribución de agua potable.

Para el diseño de este sistema la primera pregunta que surge es ¿cuál es el consumo de agua que se necesita abastecer? Sin este dato no se puede iniciar ningún cálculo de diseño.

1. Consumo de Agua. El consumo es el volumen de agua utilizado por una persona en un día y se expresa por lo general en litros por habitante y por día (L/hab.d). Los factores incidentes en el consumo de una población son los siguientes:

- Temperatura. Entre mayor sea la temperatura, mayor será el consumo de agua.
- Calidad del agua. Por lógica el consumo de agua sea mayor si las personas tienen la seguridad de una buena calidad del agua.
- Características socioeconómicas. El consumo de agua depende también en buena parte del nivel de educación y del nivel de ingresos de la población.
- Presiones en la red de distribución de agua. Si se tienen altas presiones de red, se presentan mayores desperdicios en el consumo doméstico al abrir las llaves de los lavamanos, regaderas y otros elementos.

El consumo de agua tradicionalmente se ha clasificado como: (1) doméstico, (2) industrial y comercial, (3) público y (4) pérdidas y desperdicios. En nuestro caso interesa únicamente el consumo doméstico y de pérdidas y desperdicios. Se puede utilizar la tabla 15 para el cálculo de consumo por habitante por día para una urbanización.

Obtenido el consumo por habitante por día se procede a calcular el caudal medio, el caudal máximo diario y el caudal máximo horario de la siguiente manera:

$$Q_{\text{promedio}} = \frac{\text{Consumo (L/hab.d) x Población (hab)}}{86400}$$

86400

$$Q_{\text{maximo diario}} = 1.2 \times Q_{\text{promedio}}$$

$$Q_{\text{máximo horario}} = 1.8 \times Q_{\text{promedio}}$$

$$Q_{\text{maximo horario}} = 1.5 \times Q_{\text{maximo diario}}$$

| Consumo | Item | Consumo (L/hab.d) |
|---|--------------------------|----------------------|
| Doméstico | Aseo personal | 70 |
| | Descarga de sanitarios | 50 |
| | Lavado de ropa | 40 |
| | Cocina | 35 |
| | Riego de jardines | 40 |
| | Lavado de pisos | 15 |
| | Lavado de calles | 10 |
| | Riego de parques | 20 |
| | Lavado de alcantarillado | 6 |
| | | 286 |
| Perdidas y desperdicios 8% | | 12.4 |
| Consumo total para al caudal de diseño | | 298.4 |

Tabla 15. Consumo de agua por habitante por día

Como se menciona con anterioridad el sistema de agua potable esta compuesto por las siguientes partes

2. Pozo de agua mecánico. Para el tipo de urbanización que estamos tratando es indispensable. El tener un pozo de agua propio le da la seguridad al cliente que tendrá un abastecimiento continuo.

Un pozo es una estructura utilizada para captar el agua subterránea de un acuífero. Existen algunas normas generales para la localización y protección de cualquier pozo. Estas son:

- No se deben ubicar en terrenos inundables. En el caso de terrenos planos se debe hacer un relleno a manera de plataforma alrededor del pozo.
- El pozo debe estar localizado lejos de cualquier fuente de contaminación como pozos sépticos, letrinas, tuberías de aguas negras, rellenos sanitarios. Se recomienda ubicar el pozo a una distancia mínima de 25 metros de cualquier fuente de contaminación
- Se debe evitar el acceso de toda clase de animales en los alrededores del pozo incluyendo insectos y roedores.
- Se debe prever un acceso para eventuales mantenimientos y reparaciones.

Existen varios tipos de pozos según su construcción en nuestro caso interesan los Pozos Perforados. Este tipo es el más adecuado para el suministro de agua. Por la naturaleza de su construcción son pozos profundos y por lo tanto los de mejor calidad de agua; pueden atravesar cualquier tipo de formación geológica.

Hay tres métodos de perforación de pozos:

- **Perforación por percusión.** Se hace dejando caer un barreno pesado dentro del hueco, el cual al llegar al fondo rompe el material de la formación. Por medio de un motor se levanta el barreno y se le echa agua al pozo para extraer el material disgregado por medio de una bomba o de una cuchara cilíndrica.
- **Perforación hidráulica rotatoria.** Con este método se utiliza agua presión para ir extrayendo el material triturado por el elemento rotatorio. El agua es reutilizada previa sedimentación de la misma.
- **Perforación por percusión y rotación.**

Para este trabajo se contrata a una empresa dedicada a la perforación de pozos. El pozo se perfora generalmente de un diámetro de 8". La profundidad del mismo se determina de acuerdo a la experiencia propia, antecedentes de pozos cercanos y asesoramiento de la empresa contratada.

Al perforar el pozo es necesario ubicar un lugar al cual serán enviados los lodos que se producen como resultado de la perforación. Es importante en el diseño arquitectónico prever un espacio suficiente para la instalación del equipo de perforación y para futuros mantenimientos. Cuando se termina la perforación se realiza una prueba de aforo de una duración de 24 horas para determinar el caudal máximo que se puede obtener del mismo. Los datos que resultan del aforo son los siguientes:

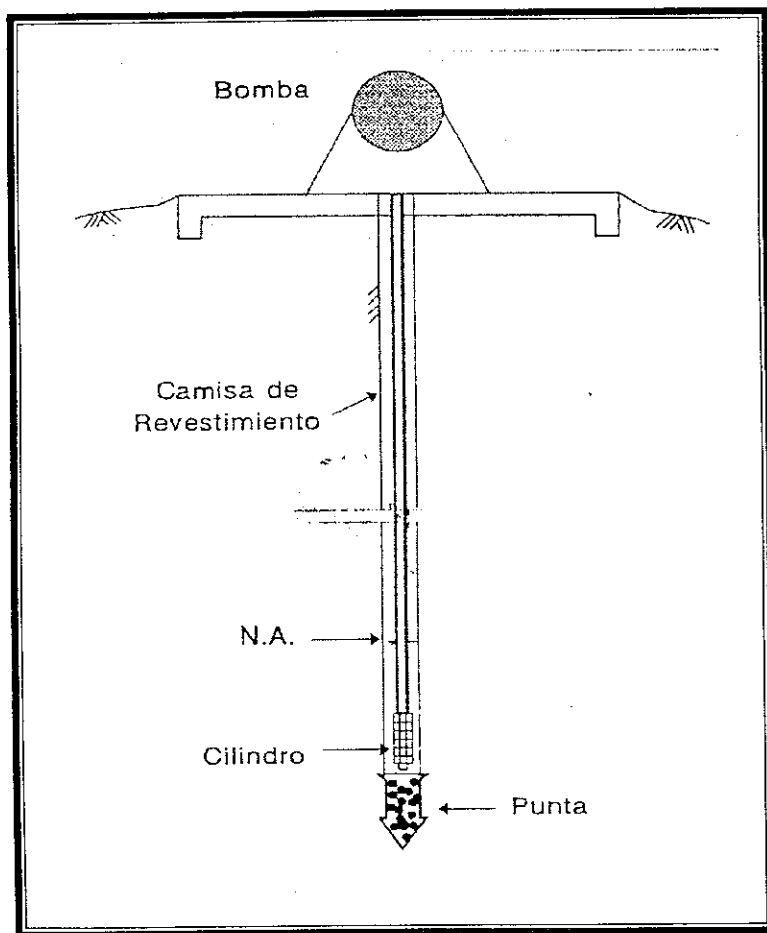


Figura 26. Diagrama pozo de agua

- Nivel estático: es el nivel superior al cual se encuentra el agua en estado de reposo.

- Nivel dinámico: es el nivel inferior que coincide con la profundidad de perforación. (La diferencia entre el Nivel estático y el Nivel dinámico indica la altura de la columna de agua que contiene el pozo.
- Caudal en gls/min.

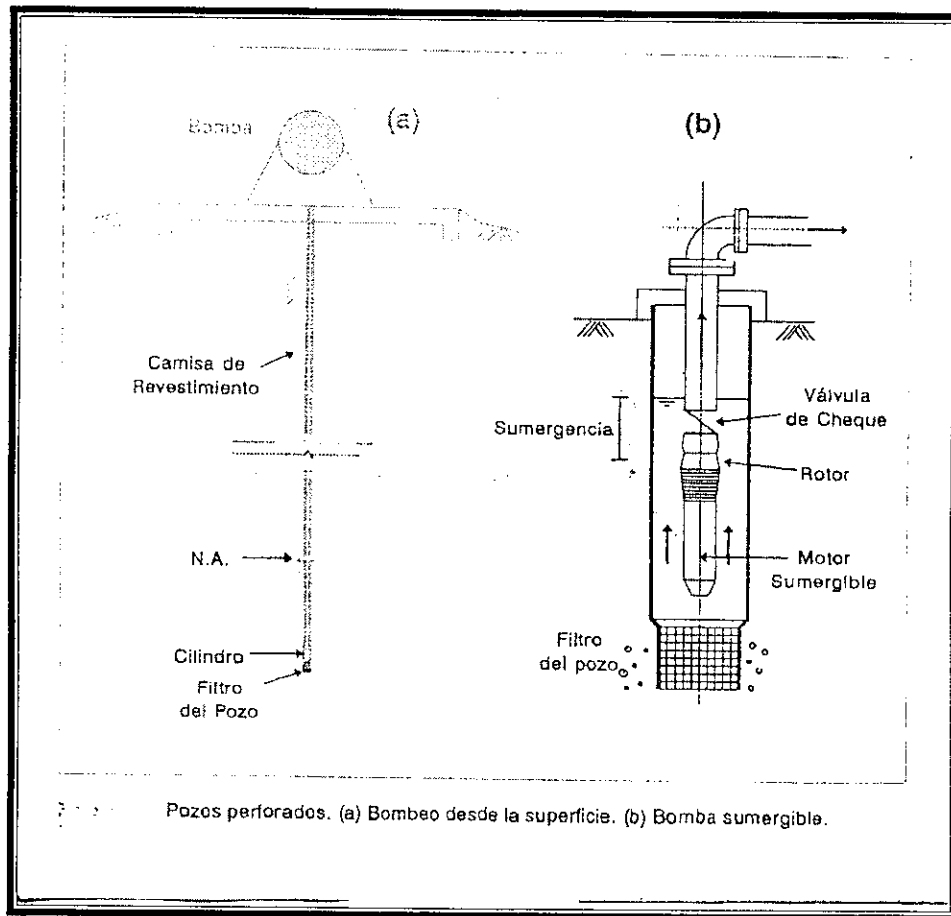


Figura 27. Diagrama pozo con bombeo desde la superficie y con bomba sumergible.

Posterior al aforo se procede a la elección de la bomba a instalar. Generalmente las empresas encargadas de la perforación proveen también el equipo de bombeo. Para la elección del equipo de bombeo es necesario obtener los datos de nivel del tanque de almacenamiento y/o suministro. El equipo básico del que consisten los sistemas de bombeo para pozos es el siguiente:

- Bomba sumergible
- Motor sumergible

- Flip On de seguridad
- Cable sumergible
- Electródos
- Guardaniveles
- Pararrayos
- Switch manual-auto
- Panel de arranque
- Selector

Es importante también determinar el tipo de servicio de electrificación del proyecto para determinar si la bomba a instalar deberá ser monofásica o trifásica.

Posterior a la instalación del equipo de bombeo se colocan los accesorios de plomería que servirán para la conexión a la tubería que conducirá el agua hacia el tanque. El elemento más importante en esta conexión es la válvula de cheque que se debe colocar para evitar que el agua de la tubería de salida regrese hacia el pozo, especialmente cuando la misma se bombea hacia lugares más altos.

3. Calidad del Agua. Es importante hacer exámenes bacteriológicos y químicos al agua para determinar su calidad y la posible necesidad de un tratamiento antes de ser distribuida para el consumo de la población.

Los métodos que se emplean para tratar el agua dependen en gran parte del fin a que se destina el abastecimiento. Para uso doméstico que es el que nos interesa, es deseable eliminar las impurezas, ya sea suspendidas o disueltas, que sean perjudiciales a la apariencia y aspecto estético del agua. Es absolutamente necesario eliminar o volver inactivas cualesquiera impurezas, como las bacterias, que pueden ser perjudiciales para la seguridad y bienestar de la población.

El tratamiento del agua procedente de aguas obtenidas de la captación subterránea mediante pozos mecánicos comprende, por lo general, las siguientes fases: 2) coagulación, floculación y sedimentación (o flotación), 3) filtración y 4) desinfección.

La coagulación consiste en agregar al agua compuestos químicos (por ejemplo, sulfato de aluminio, sulfato ferroso o férrico y cloruro férrico) para neutralizar las cargas de las partículas y facilitar su aglomeración durante el lento proceso de mezcla que tiene lugar en la fase de floculación. Las masas flocosas resultantes forman coprecipitados con las partículas clorantes y minerales de origen natural, las absorben y las retienen, reduciendo considerablemente la turbiedad y el número de protozoarios, bacterias y virus. La finalidad de la sedimentación es permitir que las masas flocosas se depositen, reduciendo así los sólidos en suspensión que deben eliminarse mediante filtros. Algunos de los factores que influyen en ella son el tamaño, la forma y el peso de la masa flocosa.

Existen dos tipos de filtración: lenta y rápida. La filtración lenta con arena es más fácil de realizar que la rápida, ya que no se necesitan lavados frecuentes por corrientes de agua limpia.

La desinfección final del agua distribuida por tuberías tiene una importancia fundamental y es casi universal, ya que constituye la última barrera contra la transmisión de enfermedades bacterianas y víricas por el agua. Los productos que más se utilizan con este fin son el cloro, y el hipoclorito, también se pueden emplear cloraminas, dióxido de cloro, ozono y radiaciones ultravioletas. La eficacia del proceso de desinfección depende de que se haya conseguido agua un alto grado de pureza mediante el tratamiento previo, ya que la presencia de materia orgánica y de compuestos fácilmente oxidables en el agua neutraliza en mayor o menor medida los desinfectantes. La cloración en condiciones normales (es decir, cloro residual en estado libre > 0.5 mg/litros, 30 minutos de contacto por lo menos, PH inferior a 8.0 y turbiedad del agua inferior a 1 UNT) puede reducir en más del 99% el número de E.coli y de ciertos virus pero no el de quistes o ooquistes de protozoarios y parásitos.

En la tabla 16 se exponen algunos valores guía para la calidad del agua recomendados por la OMS (Organización Mundial de la Salud).

| Sustancias y parámetros del agua potable que pueden provocar quejas de los consumidores | | |
|---|-----------|--|
| Parámetros físicos | | |
| Color | 15 UCV | Apariencia |
| Sabor y olor | - | Deben ser aceptables |
| Temperatura | - | Debe ser aceptable |
| Turbiedad | 5 UNT | Apariencia; para que la desinfección sea eficaz, median de la turbiedad ≤ 1 UNT, muestra única ≤ 5 UNT |
| Componentes inorgánicos | | |
| Aluminio | 0.2 mg/l | Depósitos, coloración |
| Amoniaco | 1.5 mg/l | Olor y sabor |
| Cloruro | 250 mg/l | Sabor y corrosión |
| Cobre | 1 mg/l | Manchas en la ropa lavada y las instalaciones de fontanería |
| Dureza | - | Gran dureza: incrustaciones, formación de espuma. Baja dureza: posible corrosión. |
| Hierro | 0.3 mg/l | Manchas en la ropa lavada y las instalaciones de fontanería |
| Manganeso | 0.1 mg/l | Manchas en la ropa lavada y las instalaciones de fontanería |
| Oxígeno disuelto | - | Efectos indirectos |
| PH | - | PH bajo: corrosión. PH alto: sabor, sensación jabonosa. Preferiblemente < 8.0 para que la desinfección de cloro sea eficaz |
| Sodio | 200 mg/l | Sabor |
| Sulfato | 250 mg/l | Sabor, corrosión olor y sabor |
| Sulfuro de hidrogeno | 0.05 mg/l | Sabor, corrosión olor y sabor |
| Total de solidos disueltos | 1000 mg/l | Sabor |
| Zinc | 3 mg/l | Apariencia, sabor |
| Las concentraciones indicadas no son cifras exactas. Según las circunstancias locales, pueden haber problemas con concentraciones más bajas o más elevadas. | | |
| UCV, unidad de color verdadero. | | |
| UNT, unidad nefelométrica de turbiedad | | |

Tabla 16. Valores guía para la calidad del agua

4. Tanque de almacenamiento y/o distribución. Debido a que el consumo de agua no es constante sino que, por el contrario, varía según la hora del día, y dado que el suministro es un caudal teóricamente constante, es necesaria la construcción de un tanque regulador que amortigüe las demandas horarias. La función básica del tanque es almacenar agua en los periodos en los cuales la demanda es menor que el suministro de tal forma que en los periodos que la demanda sea mayor que el suministro se complete el déficit con el agua almacenada inicialmente. En general las dimensiones de un tanque se determinan para cumplir las siguientes funciones:

- Compensar las variaciones en el consumo de agua durante el día.
- Tener una reserva de agua para casos de emergencia, accidentes, reparaciones o cortes de energía eléctrica.
- Dar una presión adecuada a la red de distribución de la población.

Los tanques se pueden construir sobre los terrenos (superficiales, semi-enterrados, enterrados) si se dispone del desnivel topográfico adecuado que permita el funcionamiento de la red de distribución bajo las normas adecuadas de presión. Si no es así la alternativa es construir un tanque elevado o proveer un sistema de bombeo hidroneumático. En las urbanizaciones para familias de ingresos catalogados media alta no se puede pensar en hacer un tanque elevado por razones de estética, esto restaría plusvalía al proyecto. Es preferible la instalación de un equipo hidroneumático que regula la demanda de agua. La mejor ubicación para un tanque de distribución es el centro de gravedad del área a abastecer, pero esto casi siempre es imposible lograr por razones de espacio, estética y seguridad.

Los tanques pueden construirse de uno o dos compartimientos. Es preferible utilizarlos de dos compartimientos para efectos de limpieza. Así cuando se limpia uno de los compartimientos el otro puede estar habilitado abasteciendo a la población y viceversa. En la figura 28 se muestra el esquema de colocación de accesorios para el tanque de dos depósitos.

El volumen de almacenamiento del tanque se puede calcular de dos maneras:

- Basándose en la dotación diaria a por persona
- En base de los datos de consumo de la población y su distribución horaria.

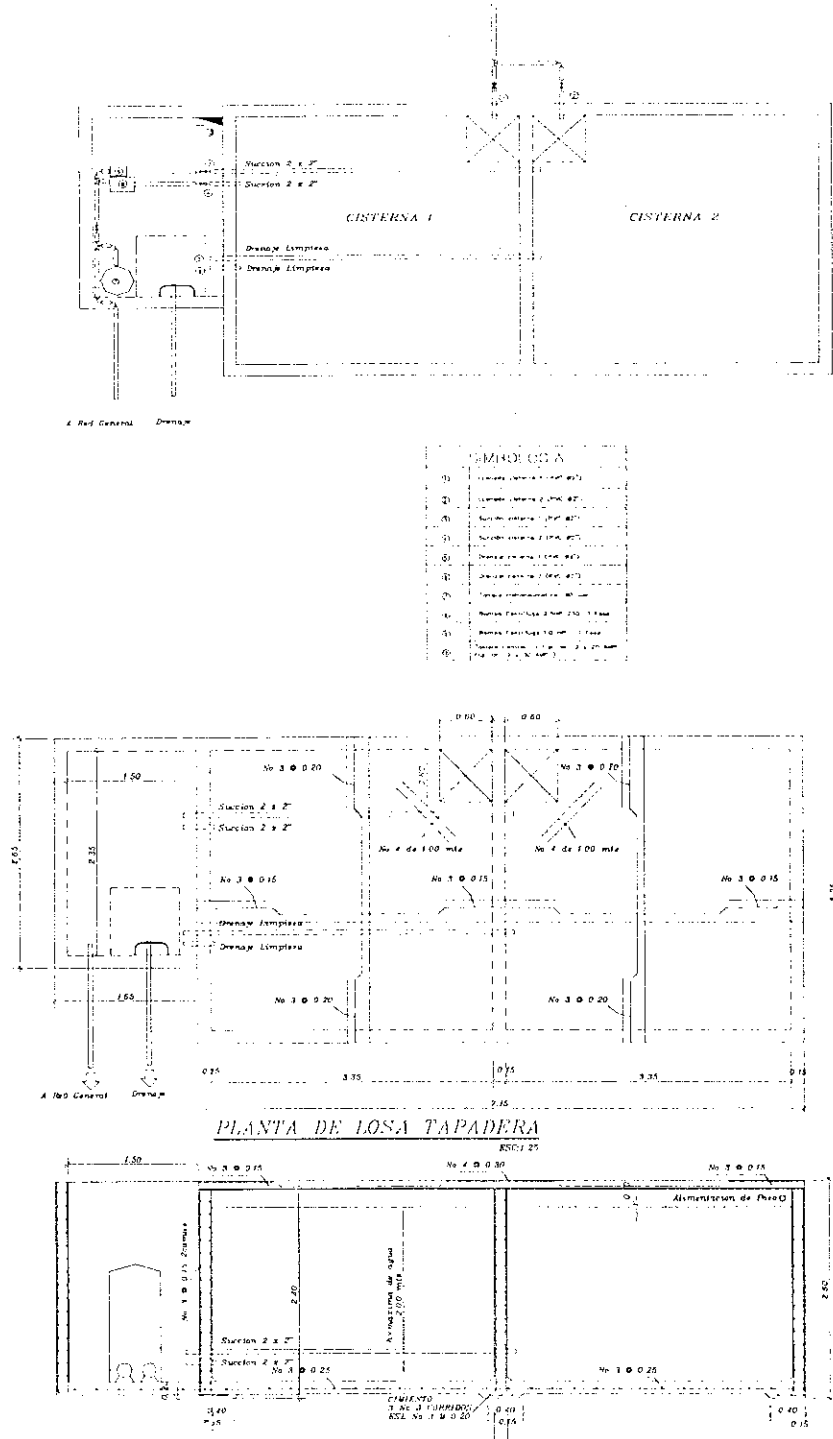


Figura 28. Diagrama de Cisterna de dos depósitos.

En el primer método basta con establecer el consumo diario por habitante, que según el reglamento para autorización de construcción de viviendas y edificios en general, artículo 22, Código de Salud es de 115 L/hab/día. Se establece el número de habitantes por casa de la lotificación y se multiplica el número total de habitantes por la dotación diaria por persona obteniendo el total de litros por día por habitante. Ejemplo:

Para una urbanización de 50 casas se estima un índice de habitación de 5 personas por casa. Calcular el volúmen del tanque de distribución

$$50 \text{ casas} \times 5 \text{ per/casa} \times 115 \text{ L/per/día} = 28750 \text{ L/día}$$

$$28,750 \text{ L/día} = 7,605 \text{ Galones/día}$$

Si se construye un tanque de 7600 galones se estaría cubriendo la demanda pero es importante tener en cuenta la elección de la bomba de alimentación del tanque de distribución. Recordemos que la forma de operación por bombeo tiene implicaciones económicas, ya que entre mayor sea el número de horas de bombeo menor será la capacidad del tanque, pero mayores serán los costos de operación del sistema de bombeo.

En el segundo método se necesitarán los datos de consumo y su distribución horaria. Estos datos generalmente no se conocen por lo que habrá necesidad de estimarlos a partir de datos conocidos en poblaciones semejantes. La distribución horaria de consumo depende en gran parte de las costumbres de sus habitantes, pero se puede establecer que siempre se presentarán unas horas de máxima demanda que coinciden con las horas de comidas. Estos valores máximos son más extremados en poblaciones pequeñas donde las costumbres son mas uniformes como en el caso de las urbanizaciones. La curva de distribución horaria tendrá la forma que se muestra en la figura 29.

A partir de la curva de distribución horaria se define la “curva integral” teniendo en cuenta los valores del consumo acumulado en un periodo de 24 horas. La curva integral (figura 30) tiene las siguientes características:

- Siempre es ascendente

- La ordenada en cualquier punto representa el consumo total hasta ese momento
- La pendiente en cualquier punto representa el consumo instantáneo

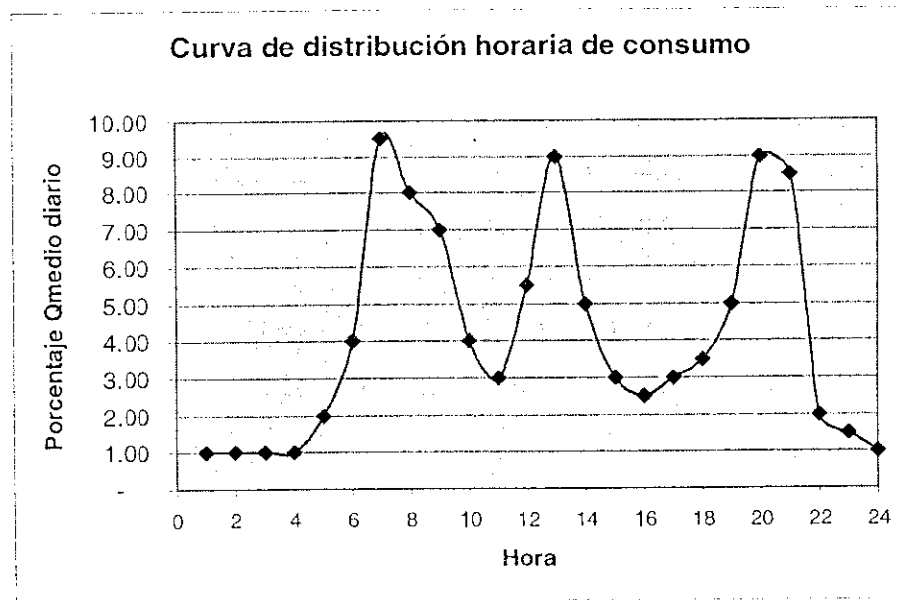


Figura 29. Curva de distribución horaria

Una vez determinada la curva integral del consumo se debe establecer la curva del suministro, la cual depende del tipo de tanque que se tenga si es un tanque alimentado por gravedad o por bombeo. En nuestro caso será un tanque alimentado por bombeo.

Al superponer la curva integral de consumo y la curva integral de suministro se obtiene:

- Cuando la pendiente de la curva de suministro es menor que la pendiente de la curva de consumo se presenta un déficit de agua en ese período.
- Cuando la pendiente la curva de suministro es mayor que la pendiente de la curva de consumo se obtiene un sobrante de agua en ese período.

El volumen del máximo déficit más el volumen del máximo sobrante será el volumen total del tanque. Se puede establecer por regla general que el volumen del tanque será la suma de las máximas diferencias por encima y por debajo del suministro respecto del consumo.

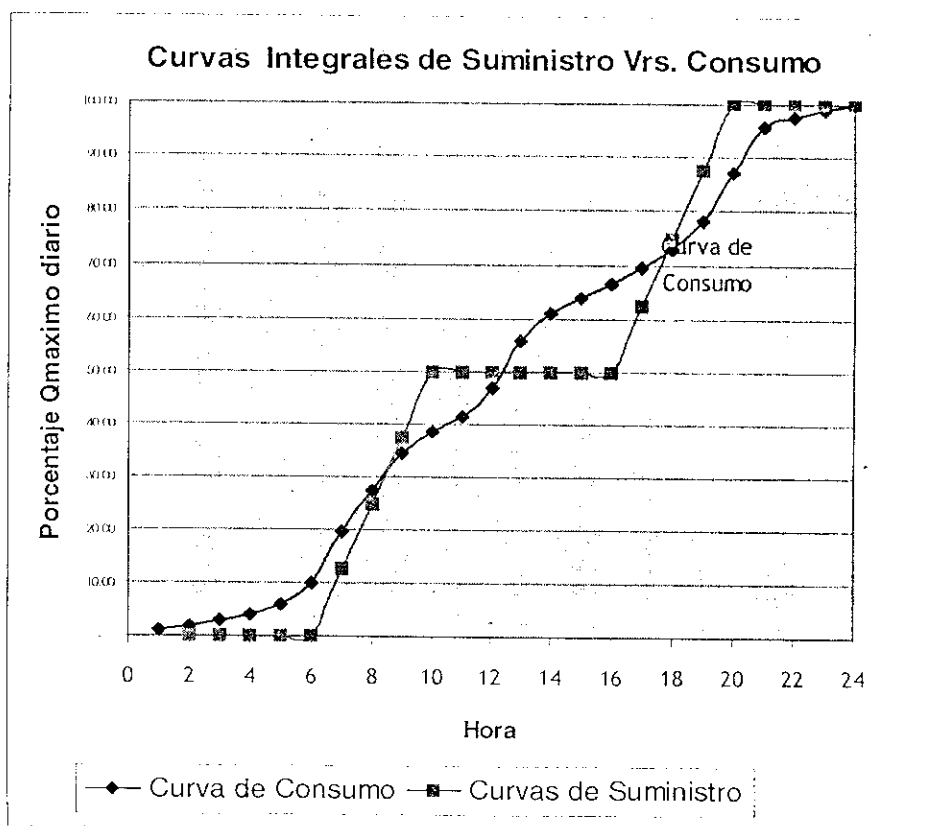


Figura 30. Curvas Integrales de consumo y suministro

Otro método para determinar el tamaño del tanque de distribución cuando no se tienen datos de consumo horario es en base a porcentajes empíricos dados por diferentes normas. Por ejemplo:

- 40% del consumo medio diario
- 25% del consumo medio diario mas el volumen necesario para atender un incendio de 2 horas.

El volumen adicional para incendios se calcula en base de que un hidrante debe descargar como mínimo 5L/s. Para el caso de una urbanización se puede considerar un hidrante por cada 1000 habitantes.

Se debe considerar también un volumen adicional para emergencias dependiendo del criterio del diseñador. Se puede estimar como un 25% o 30% del volumen total del tanque obtenido en anteriormente.

Al haber obtenido el volumen total del tanque se debe hacer un pre-dimensionamiento, el cual depende de consideraciones de tipo económico:

- A mayor profundidad, mayor será el costo de los muros perimetrales y menor será el costo de las placas de fondo y cubierta.
- A menor profundidad, mayor será el costo de las placas de cubierta y fondo y menor será el costo de los muros perimetrales.

Como guía para el pre-dimensionamiento, se puede emplear la siguiente relación empírica:

$$h = V/3 + k$$

Donde:

h = Profundidad

V = Capacidad (cientos de m³)

K = constante en función de la capacidad según la siguiente tabla.

| V(Cientos de m ³) | K |
|-------------------------------|-----|
| < 3 | 2.0 |
| 4 - 6 | 1.8 |
| 7 - 9 | 1.5 |
| 10 - 13 | 1.3 |
| 14 -16 | 1.0 |
| > 17 | 0.7 |

Tabla 17. Constante para cálculo de dimensiones de tanque en base a el volumen requerido.

Se deduce que la profundidad mínima de un tanque debe ser de 2 metros.

En la tabla 18 se presenta un ejemplo para el diseño de un tanque de almacenamiento.

En el ejemplo de la tabla 18 se considera que el tanque será abastecido por la bomba del pozo durante ocho horas al día en dos periodos de cuatro horas. Por lo que es importante hacer notar que la bomba debe ser capaz de proporcionar por lo menos un caudal igual al volumen máximo diario en ocho horas. Para este ejemplo específico se necesitaría un bomba que proporcione un caudal de 59 galones por minuto.

Hay que tomar en cuenta que durante la construcción de las casas el consumo de agua es mucho mayor por lo que posiblemente se necesitará que la bomba trabaje más de ocho horas al día en esta época.

5. Red de distribución de agua potable. Es el conjunto de tuberías cuya función es la de suministrar el agua potable a los consumidores de la urbanización.

El trazado de la red se hace conforme a la conformación física de la distribución de lotes. Hidráulicamente se pueden establecer redes abiertas, redes cerradas o redes mixtas.

Los trazados típicos de redes para una urbanización pueden ser los siguientes:

- Abiertas de mayor a menor diámetro. Este esquema se utiliza generalmente en sistemas por gravedad. Puede ser usado en urbanizaciones pequeñas en donde por lo general no existe más de una calle principal. Tiene forma alargada e irregular. El diseño hidráulico se hace como una red abierta.
- En mallas: Es la forma más usual de trazado de redes. Se conforman varias cuadrículas o mallas. Una malla estará compuesta entonces por cuatro tramos principales. Este esquema se utiliza generalmente en sistemas con bombeo.

La red de distribución de agua potable se puede calcular tanto con el método de Hardy-Cross como con el método de longitudes equivalentes

Las especificaciones para el diseño de la red de distribución son las siguientes:

- El caudal de diseño para la red deberá ser el consumo máximo horario. Las presiones de servicio deberán mantenerse en lo posible entre 35psi y 55 psi.
- El diámetro mínimo de tubería recomendado es de 1 1/2".

EJEMPLO CÁLCULO DE CAPACIDAD Y DIMENSIONAMIENTO TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

| | |
|-----------------------|------------------|
| Cantidad Lotes | 140 |
| Habitantes por casa | 5.5 Personas |
| Total Habitantes | 770 Personas |
| Consumo por Habitante | 300.00 L/hab.día |
| $Q_{promedio}$ | 2.67 L/s |
| $Q_{maximo\ diario}$ | 3.21 L/s |
| $Q_{maximo\ horario}$ | 4.81 L/s |

Distribución horaria del consumo (expresada como un porcentaje del caudal maximo diario):

| Hora | Consumo horario (%) | Consumo horario acumulado (%) | Suministro horario (%) | Suministro horario acumulado (%) | (Suministro - Consumo) | (Suministro acu - consumo acu) | V (%) |
|-------|---------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|--------|
| 0 - 1 | 1.00 | 1.00 | - | - | (1.00) | (1.00) | 15.50 |
| 1-2 | 1.00 | 2.00 | - | - | (1.00) | (2.00) | 13.50 |
| 2-3 | 1.00 | 3.00 | - | - | (1.00) | (3.00) | 10.50 |
| 3-4 | 1.00 | 4.00 | - | - | (1.00) | (4.00) | 6.50 |
| 4-5 | 2.00 | 6.00 | - | - | (2.00) | (6.00) | 0.50 |
| 5-6 | 4.00 | 10.00 | - | - | (4.00) | (10.00) | (9.50) |
| 6-7 | 9.50 | 19.50 | 50.00 | 50.00 | 40.50 | 30.50 | 21.00 |
| 7-8 | 8.00 | 27.50 | - | 50.00 | (8.00) | 22.50 | 43.50 |
| 8-9 | 7.00 | 34.50 | - | 50.00 | (7.00) | 15.50 | 59.00 |
| 9-10 | 4.00 | 38.50 | - | 50.00 | (4.00) | 11.50 | 70.50 |
| 10-11 | 3.00 | 41.50 | - | 50.00 | (3.00) | 8.50 | 79.00 |
| 11-12 | 5.50 | 47.00 | - | 50.00 | (5.50) | 3.00 | 82.00 |
| 12-13 | 9.00 | 56.00 | - | 50.00 | (9.00) | (6.00) | 76.00 |
| 13-14 | 5.00 | 61.00 | - | 50.00 | (5.00) | (11.00) | 65.00 |
| 14-15 | 3.00 | 64.00 | - | 50.00 | (3.00) | (14.00) | 51.00 |
| 15-16 | 2.50 | 66.50 | - | 50.00 | (2.50) | (16.50) | - |
| 16-17 | 3.00 | 69.50 | 50.00 | 100.00 | 47.00 | 30.50 | 47.00 |
| 17-18 | 3.50 | 73.00 | - | 100.00 | (3.50) | 27.00 | 43.50 |
| 18-19 | 5.00 | 78.00 | - | 100.00 | (5.00) | 22.00 | 38.50 |
| 19-20 | 9.00 | 87.00 | - | 100.00 | (9.00) | 13.00 | 29.50 |
| 20-21 | 8.50 | 95.50 | - | 100.00 | (8.50) | 4.50 | 21.00 |
| 21-22 | 2.00 | 97.50 | - | 100.00 | (2.00) | 2.50 | 19.00 |
| 22-23 | 1.50 | 99.00 | - | 100.00 | (1.50) | 1.00 | 17.50 |
| 23-24 | 1.00 | 100.00 | - | 100.00 | (1.00) | - | 16.50 |

Cálculo del volumen del tanque

| | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Porcentaje de consumo medio | 47.0% |
| Caudal maximo diario | 277.20 m ³ /día |
| Volumen para Tanque | 130.28 m ³ |
| Volumen emergencia 30% | 39.09 m ³ |
| Volumen total tanque | 169.37 m ³ |

Predimensionamiento del tanque

| | |
|---------|--------------------------------|
| k = | 2 |
| V = | 1.69 cientos de m ³ |
| h = | 2.56 metros |
| Sección | 5.75 X 11.49 |

Tabla 18. Cálculo de tanque de distribución por medio de las curvas de consumo-suministro.

- Se deben colocar válvulas de cortina a lo largo de la red con el fin de aislar sectores en caso de rotura de las tuberías. Estas válvulas son colocadas generalmente en las intersecciones de la red principal. ES importante estudiar detenidamente su ubicación ya que si se trata de un número de válvulas un tamaño relativamente grande puede resultar antieconómico.
- La velocidad de diseño deberá estar comprendida entre 0.9 m/s y 1.5 m/s.
- Se deberán instalar válvulas de purga en todos los sitios bajos de la red.
- La tubería debe ubicarse a un lado de la calle lo más alejada posible de las instalaciones de drenaje, electricidad e instalaciones especiales. Si esto no es posible deberá darse una protección adecuada a las demás instalaciones, como por ejemplo recubrirlas con concreto o rellenar la primera parte con suelo cemento.
- La profundidad mínima de la red de agua debe ser 0.60 mts.
- El ancho de la zanja puede ser tomado como el diámetro del tubo más 30 cm o 50 cm de acuerdo con las especificaciones de diseño o con la carga sobre la tubería.
- El relleno de las tuberías de agua potable puede hacerse con material del lugar estabilizado con cemento al 3% en peso. Cuando se trabaje en época lluviosa lo mejor es extraer totalmente el material de la excavación y hacer el relleno con material selecto estabilizándolo con cemento al 3% en peso para aumentar su resistencia.
- La carga del terreno sobre la tubería puede ser calculada con la siguiente ecuación:
 - $P = CyB^2$
 - $P =$ Carga vertical (Kg/m)
 - $C =$ Coeficiente experimental (Tabla)
 - $Y =$ Peso específico del material de relleno húmedo
 - $B =$ Ancho de la zanja

| Material de relleno | H/B | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|------|------|-------|
| | 1.00 | 2.00 | 4.00 | 6.00 | 8.00 | 10.00 |
| Tierra ordinaria saturada | 0.8 | 1.5 | 2.2 | 2.6 | 2.8 | 2.9 |
| Arena y grava | 0.8 | 1.5 | 2.3 | 2.8 | 3.1 | 3.2 |
| Arcilla saturada | 0.8 | 1.5 | 2.6 | 3.3 | 3.8 | 1.1 |

Tabla 19. Coeficiente experimental C para calculo de presiones sobre tuberías en zanjas

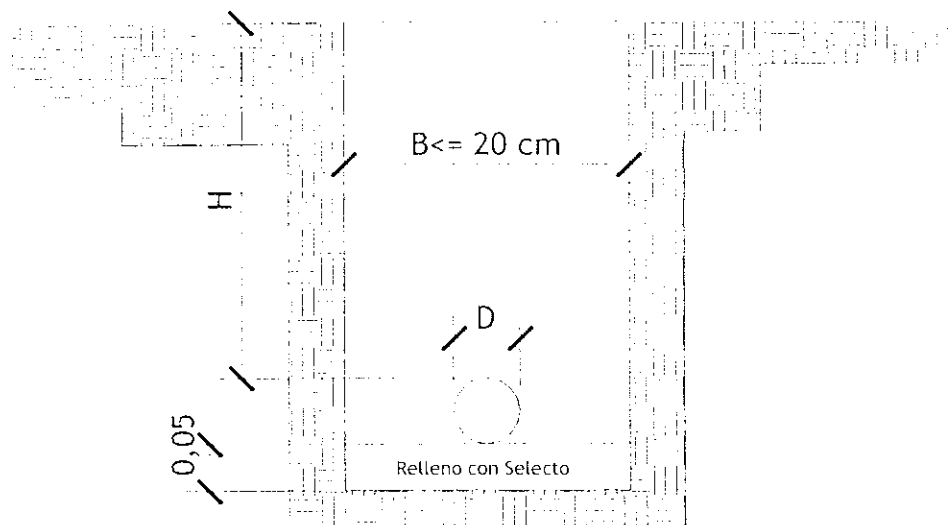


Figura 31. Diagrama de colocación de tubería y dimensiones de zanja.

- Para las acometidas domiciliars:
 - El diámetro mínimo será de ½”.
 - La acometida deberá tener una llave de paso colocada en una caja de registro debidamente identificada.

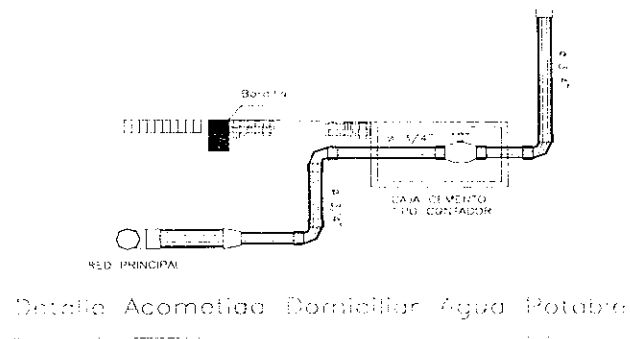


Figura 32 Diagrama de acometida domiciliar

- Es importante verificar los cambios de dirección horizontal o vertical para establecer la necesidad de anclajes debido al empuje del agua.
- Deben tomarse medidas para prevenir el golpe de ariete. Una columna de líquido moviéndose tiene cierta inercia, que es proporcional a su peso y a su velocidad. Cuando el flujo se detiene rápidamente, por ejemplo al cerrar una válvula, la inercia se convierte en un incremento de presión. Cuanto más larga la línea y más alta la velocidad del líquido, mayor será la sobrecarga de presión. Estas sobre presiones pueden llegar a ser lo suficientemente grandes como para reventar cualquier tipo de tubería. Este fenómeno se conoce con el nombre de GOLPE DE ARIETE.

Algunas pueden ser:

- Limitación de las velocidades (0.6 m/s a 3m/s)
- Cierre lento de válvulas
- Empleo de válvulas especiales contra el golpe de ariete
- Construcción de pozos de oscilación o cámaras de aire comprimido.

Es importante en el trazado de la red de distribución considerar las conexiones específicas para los siguientes usos:

- Riego de áreas verdes. En algunas urbanizaciones se hace un circuito especial para riego de áreas verdes. Esto podría resultar costoso por lo que se recomienda que se utilice la misma red de distribución que abastece a las casas.
- No hay que descartar la posibilidad de una red independiente tomando en cuenta que el agua que sale procesada de la planta de tratamiento de aguas negras podría almacenarse en algún tanque y ser utilizada para el riego de jardines comunes de la urbanización o incluso para el riego de jardines de las casas. Esto pensando en hacer más eficiente el uso del agua.

- Acometidas de agua para otros sistemas de la urbanización. La planta de tratamiento necesita del suministro de agua para su mantenimiento por lo que es necesario dejar por lo menos 1 conexión de agua a este respecto. En la misma área del tanque de distribución incluso es una buena practica dejar una conexión que podría servir para mantenimiento de limpieza.

El cálculo de los diámetros de la red se puede hacer por medio de los métodos tradicionales de Hardy-Cross o el método de longitudes equivalentes.

Cuando la alimentación a la red se hace por medio de un sistema de bombeo se contrata el diseño a una empresa dedicada a la distribución de este equipo. Generalmente es un sistema hidroneumático que trabaja en base al consumo de los habitantes de la urbanización. LA forma de funcionamiento es la siguiente:

La bomba llena la bolsa de agua dentro del tanque hidroneumático. Este tanque posee un swich de presión que se calibra generalmente a 40psi. Cuando el tanque alcanza esta presión la bomba se detiene y el caudal de suministro es proveído por el empuje de la cámara de aire sobre la bolsa de agua. Cuando la bolsa se aire dentro del tanque a sido desalojada de una cantidad de agua tal que presión se reduce a 20 psi la bomba empieza a funcionar nuevamente hasta llegar a la presión de parada que es 40 psi. El proceso se repite cíclicamente.

Generalmente surge la duda de la potencia de la bomba a utilizar. Para tener un dato aproximado a este respecto se puede utilizar la siguiente formula:

$$HP = \frac{Q \times CDT}{3960 \times E}$$

Donde HP = Potencia de la bomba

CDT = Carga dinamica total que es la suma de Perdida por Fricción + Carga Estática + Presión Deseada

E = Eficiencia de la bomba que se puede tomar de 60%.

El tamaño del tanque hidroneumático dependerá del caudal a manejar. En algunos casos es necesaria la colocación de tanques hidroneumáticos en serie o en paralelo. Este diseño lo proporciona el proveedor del equipo.

D. Consideraciones generales para el diseño de drenajes.

Los sistemas de drenaje se clasifican según el tipo de agua que conduzcan:

- Drenaje sanitario: Es el sistema diseñado para la recolección de aguas residuales domésticas.
- Drenaje pluvial: Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la lluvia.
- Drenaje combinado: Es cuando se conduce simultáneamente las aguas residuales y las aguas de lluvia.

Para el caso de urbanizaciones para familias de clase media alta se utilizan los drenajes separados y nunca los drenajes combinados. Esto por razones de saneamiento ya que el caudal combinado es muy variable en cantidad y calidad lo que genera perjuicios en los procesos de tratamiento.

Para simplificar la red de recolección la podemos dividir en:

- Colectores o tuberías secundarias
- Colectores o tuberías principales

No existe una regla general para la disposición de la red de drenaje, ya que se debe ajustar a las condiciones físicas de cada lugar.

Los sistemas de drenaje, además de las tuberías o colectores, está constituido por otras estructuras hidráulicas diseñadas para permitir el correcto funcionamiento del sistema. Se pueden mencionar las siguientes:

- Pozos de visita o inspección (tanto para drenaje sanitario como pluvial.)
- Aliviaderos o disipadores de energía (generalmente en drenajes pluviales)
- Tragantes, rejillas (para drenajes pluviales)
- Canales o cunetas (para drenajes pluviales)

- Conexiones domiciliarias. (tanto para drenaje sanitario como pluvial.)
- Tuberías

1. Pozos de visita. Tienen dos propósitos:

- Permite el cambio de dirección horizontal y vertical en la conducción
- Permitir trabajos de limpieza

Estos son estructuras cilíndricas cuya unión a la superficie se hace en forma tronco-cónica. El diámetro del cilindro es generalmente de 1.20 m y en la superficie la tapa de diámetro igual a 0.60 mt

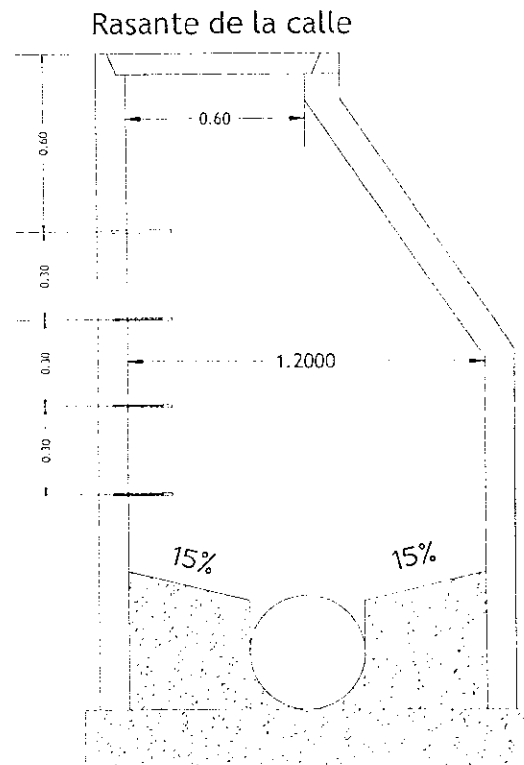


Figura 33. Detalle típico de pozo de visita de sección circular.

Se pueden hacer también pozos de visita de sección cuadrada ya que constructivamente tienen un tiempo de ejecución menor y económicamente son más baratos. Su sección puede ser de 1.10 x 1.10 mt y puede tener esta

sección constante hasta llegar al pavimento. La unión con la superficie se hace fundiendo el pavimento alrededor del pozo de visita dejando una franja de 0.30 mt para poder apoyar una losa reforzada que servirá para sellar el pozo y para sostener su tapadera de inspección.

La distancia máxima entre pozos de inspección es de 100 mt. Los diámetros o secciones de los pozos pueden variar según el diámetro de salida como lo indica la tabla 20.

Las cotas de las tuberías tanto en la entrada del pozo como en la salida se denominan de la siguiente manera:

- Cota invert: es la cota de nivel de la parte baja de la superficie interior de la tubería
- Cota corona: es la cota de nivel de la parte alta de la superficie interior de la tubería.

| Diámetro de la tubería de Salida | Diámetro Pozo |
|----------------------------------|---------------|
| 8" - 24" | 1.20 mt |
| 27" - 30" | 1.50 mt |
| 33" - 36" | 1.60 mt |

Tabla 20. Diámetro de pozo en función del la tubería de salida.

En cuanto a sus construcción se puede hacer de ladrillo de barro cocido, de concreto o block pómez. El fondo de los pozos de visita se construirá siempre de concreto debiendo ser la mezcla de una proporción mínima de 1:2:4 de un espesor mínimo de 0.20 mts.

2. Aliviaderos o Disipadores de Energía. Cuando se da una caída o cambio de pendiente del terreno, se debe proyectar una estructura denominada “cámara de caída” o disipador de energía. Esto se hace para cumplir con los requerimientos de pendiente máxima (según la velocidad máxima) y profundidades mínimas a la cota invert de la tubería. Debe aclararse que debido al aumento de la pendiente es posible que

hidráulicamente se pueda reducir el diámetro del colector, lo cual en la práctica nunca se hace.

Los disipadores de energía se pueden construir de diversas formas. Se puede hacer colocando una tubería vertical antes de la llegada al pozo cuyo diámetro puede ser como lo indica la tabla 21.

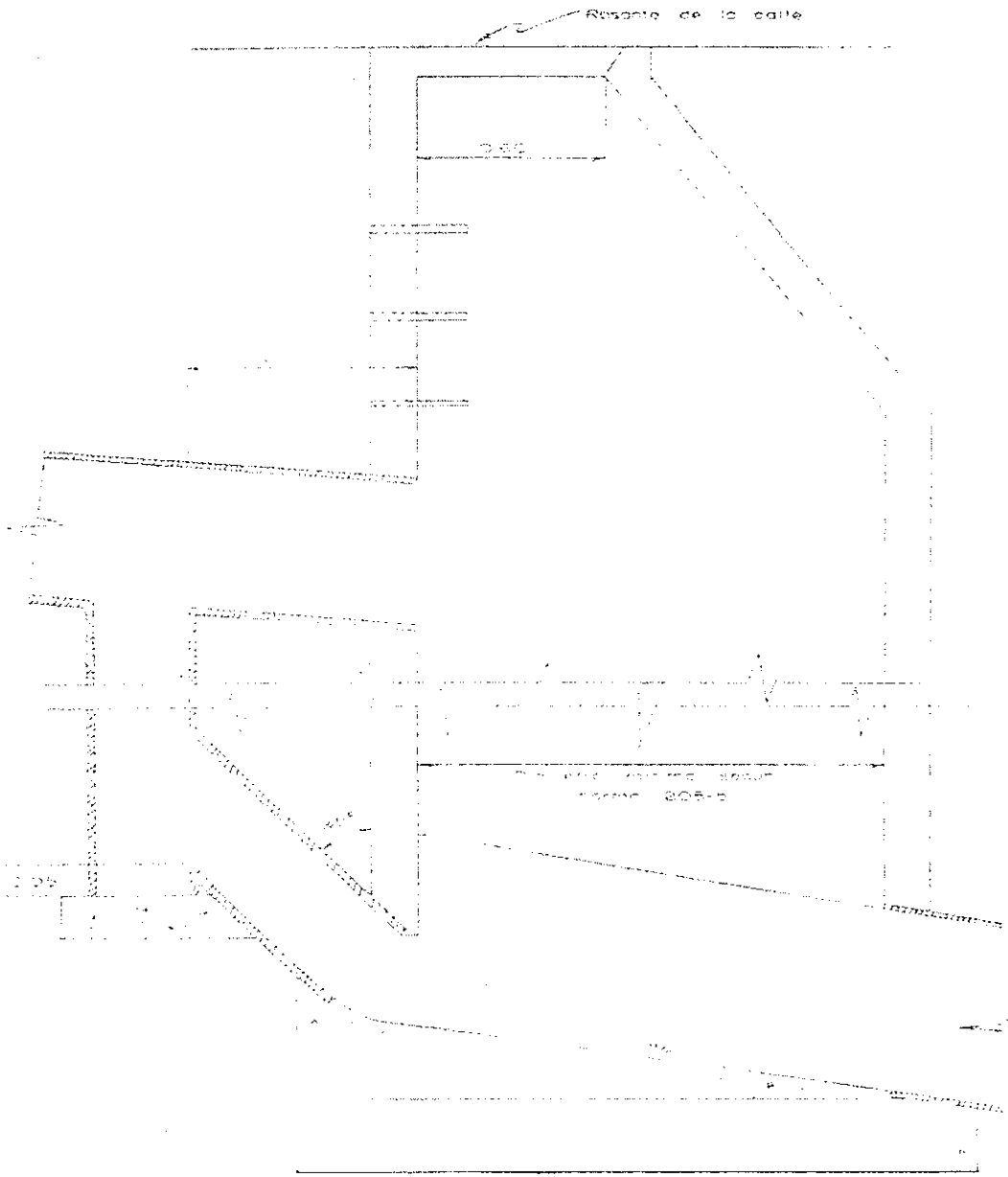


Figura 34. Detalle típico de pozo de visita con cámara de caída. Entre 0.25 y 2.0 mts.

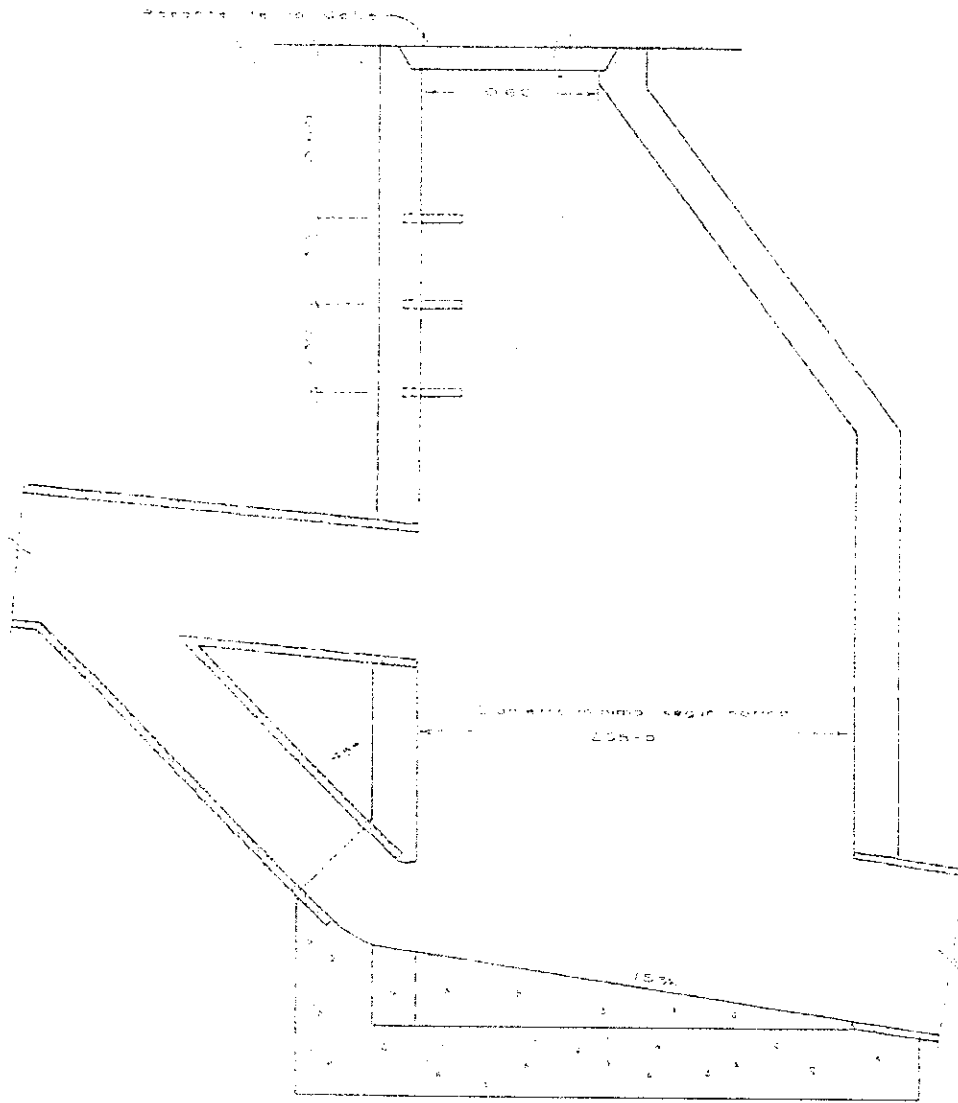


Figura 35. Detalle típico de pozo de visita con cámara de caída.

| Diámetro de la tubería de salida | Diámetro tubería de cámara de caída |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| 8" - 12" | 8" |
| 14" - 18" | 12" |
| 20" - 36" | 16" |
| > 36" | Accesorio especial |

Tabla 21. Diámetro de tubería de la cámara de caída en función del diámetro de la tubería de salida.

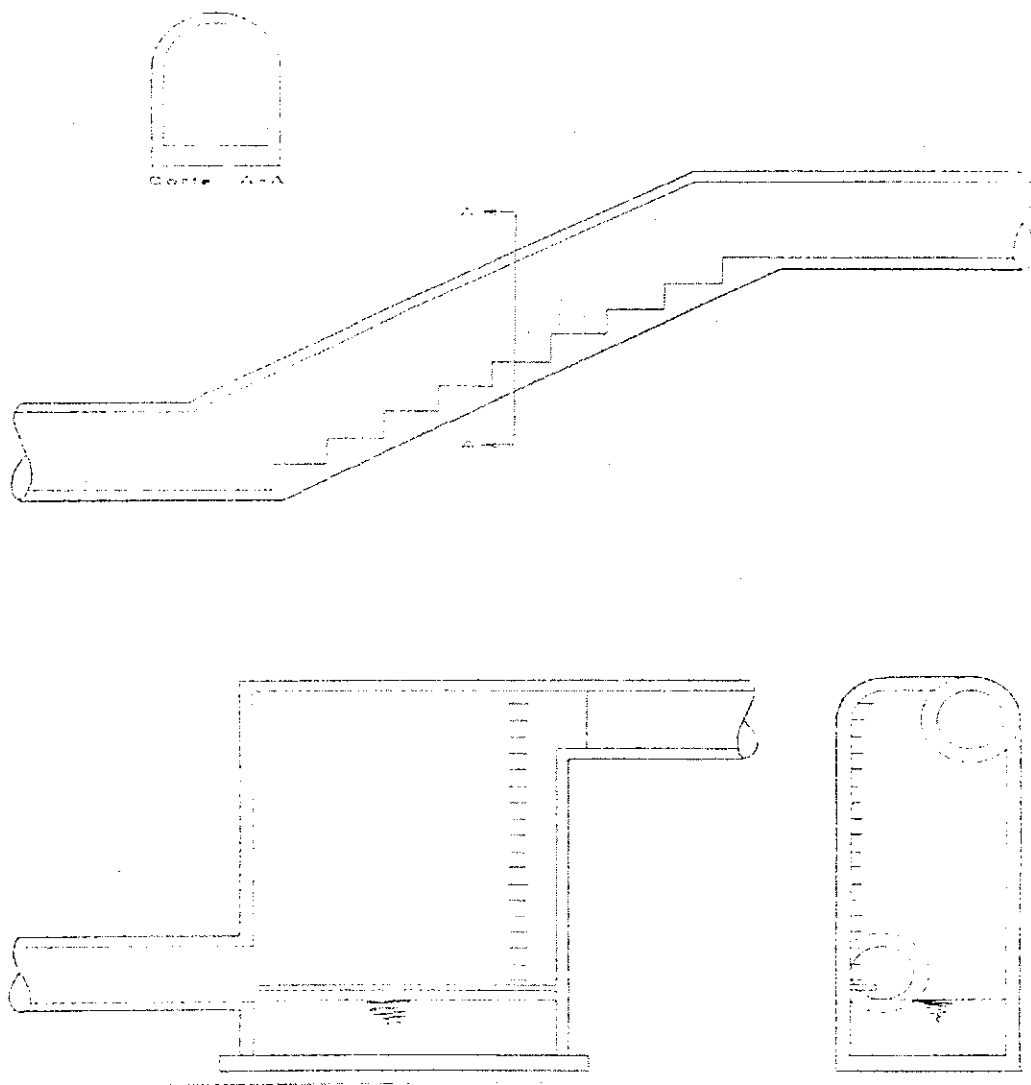
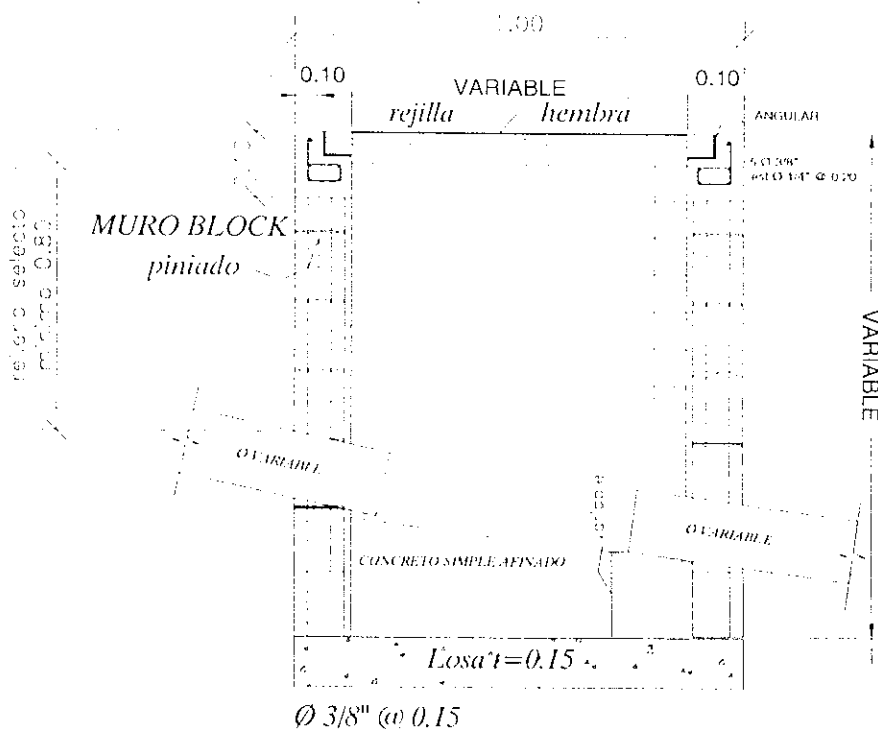


Figura 36. Detalle típico de aliviadero

3. Tragantes y rejillas. Son las aberturas que en las superficies de las calles o en los bordillos, dan acceso a las aguas pluviales.

Los tragantes se colocarán en todos los puntos bajos o simas de las calles, así como en las intersecciones de estas de manera que la avenida no atraviese la bocacalle y además cuando el volumen de la avenida lo requiera. No podrán estar separados entre si por una distancia mayor de 100 mt. El tipo

de tragante a usarse depende de las circunstancias, pero deberá estar de acuerdo con la siguiente figura.



DETALLE TÍPICO DE TRAGANTE

Figura 37. Detalle típico de tragante

Los tragantes pueden ser contruidos de block pómez o concreto siendo más utilizado el primero. El fondo del tragante se construirá siempre de concreto debiendo ser la mezcla de una proporción mínima de 1:2:4 y de un espesor mínimo de 0.20 mts.

Cuando se estima el arrastre de arenas, gravas o tierra debido a la falta de pavimentación o construcción se debe colocar siempre un desarenador en el fondo del tragante.

En ocasiones es necesario colocar rejillas transversales a las calles especialmente en los accesos para evitar que el agua de lluvia que cae en las

vías que dan acceso al proyecto ingrese al mismo. Estas rejillas se pueden construir de concreto reforzado con las dimensiones que se presentan a continuación.

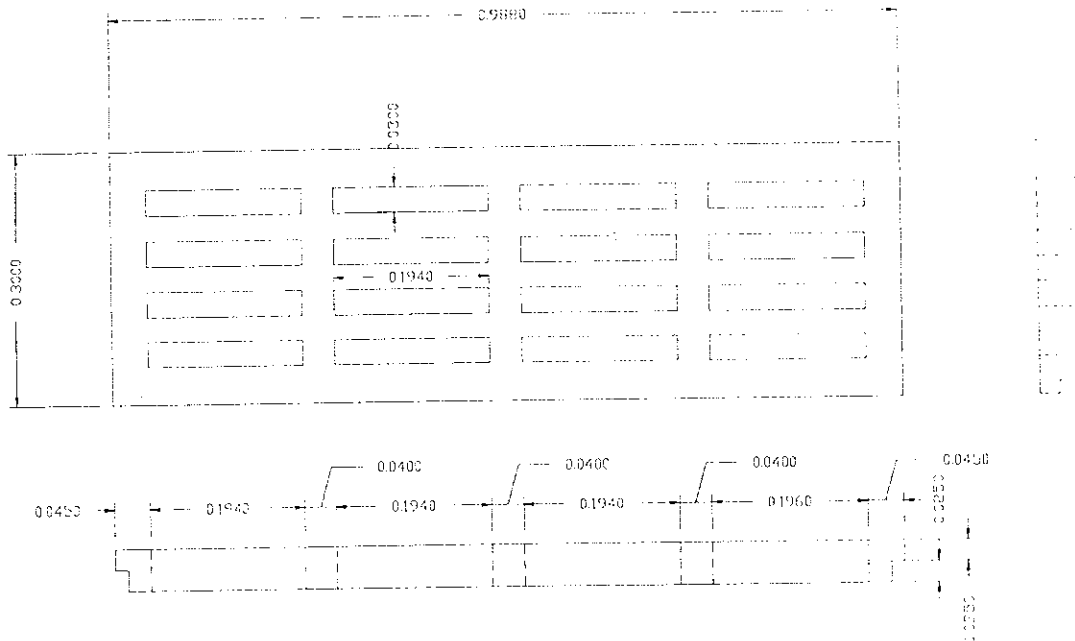


Figura 38. Detalle típico de rejilla

En algunos casos los tragantes se pueden utilizar como pozos de visita. Esto reduce el costo del sistema de drenaje pluvial. Esto sucede cuando se diseña la sección transversal del pavimento en un lomo de tortuga invertido como lo muestra la siguiente figura. En este caso las especificaciones que aplican son las de un pozo de visita con la diferencia que no es sellado sino que en la parte superior posee una rejilla para permitir el ingreso del agua.

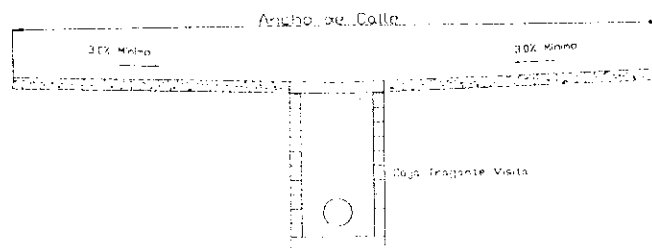


Figura 39. Detalle típico de tragante-pozo de visita

En el diseño de las rejillas de metal se debe tomar en cuenta que se tendrá un tráfico pesado debido al paso de camiones mezcladores de concreto, de mudanzas et. Si esto no se toma en cuenta se corre el riesgo de que las rejillas se deformen y de un mal aspecto a la urbanización. Se recomienda que para rejillas de 0.50 x 1.00 se construyan con marcos de angular de 2 ½ " x ¼" y con hembras de de 2" x ¼" colocadas en el sentido corto y separadas no mas de 0.03 mt de centro a centro. Además de esto se coloca un refuerzo de hierro liso de Ø ½" a la mitad del claro transversal a las hembras de refuerzo. En rejillas de claros mas largos deberá hacerse el diseño respectivo pero se recomienda no usar perfiles con peraltes efectivos menores de 3". Por esta última razón resultan rejillas muy costosas económicamente hablando por lo que no son recomendables.

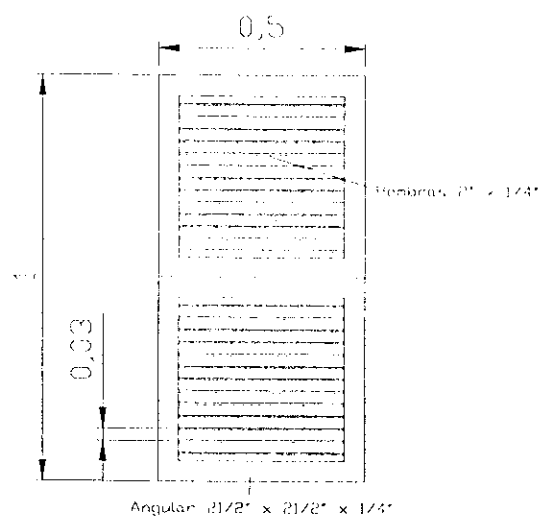
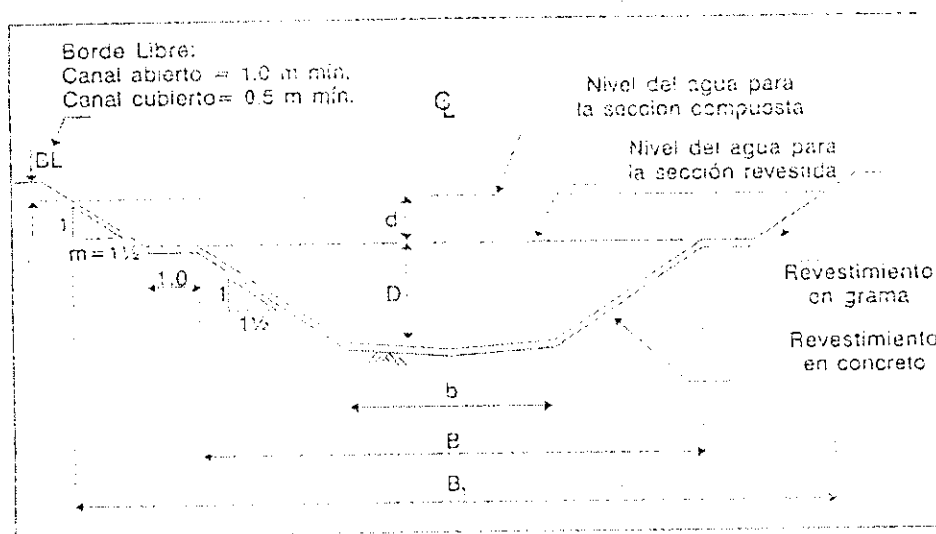


Figura 40. Detalle Rejilla

4. Canales o cunetas. En ocasiones son utilizados en combinación con las tuberías para la evacuación del agua de lluvia. En el caso de urbanizaciones no es común utilizar cunetas ya que éstas se vuelven incómodas para el tránsito de los vehículos y no son agradables a la vista. Generalmente se utilizan en lugares poco visibles o en los desfogues de los sistemas de drenaje pluvial. La sección de las cunetas puede ser rectangular o trapezoidal.

Un canal típico de aguas de lluvia es trapezoidal y abierto. La sección puede estar recubierta de concreto en el fondo y en las paredes para una esorrentía producida por un evento con frecuencia de 10 años. Para una frecuencia de 25 años se puede hacer el fondo revestido de concreto y las paredes de grama.

La sección hidráulica para canales es el semicírculo. Sin embargo por problemas constructivos y costos no se utiliza. En su lugar se puede utilizar la sección trapezoidal de medio hexágono. Ver figura 37.



Canal de aguas lluvias. Sección de diseño para áreas de drenaje menores de 1000 Ha.

Figura 41. Detalle típico de canal

Para obtener la sección hidráulica más eficiente se puede utilizar la siguiente expresión:

$$b = 2 D (1 + m^2 - m)$$

$$A = bD + mD^2$$

$$P = b + 2 D \sqrt{1 + m^2}$$

En donde

b = ancho inferior del canal

A = Área de la sección del canal

P = Perímetro mojado

Las velocidades mínimas en los canales de aguas de lluvias es de 0.1 m/s.

5. Conexiones Domiciliarias. Las conexiones domiciliarias a la red principal recolectora se hace a través de una caja de registro para cada uno de los servicios (sanitario y pluvial) en cada uno de los lotes. Estas cajas reciben la tubería de descarga de cada una de las cajas y las conducen hacia el drenaje principal a través de otra tubería. En la siguiente figura se muestra el esquema básico de esta conexión.

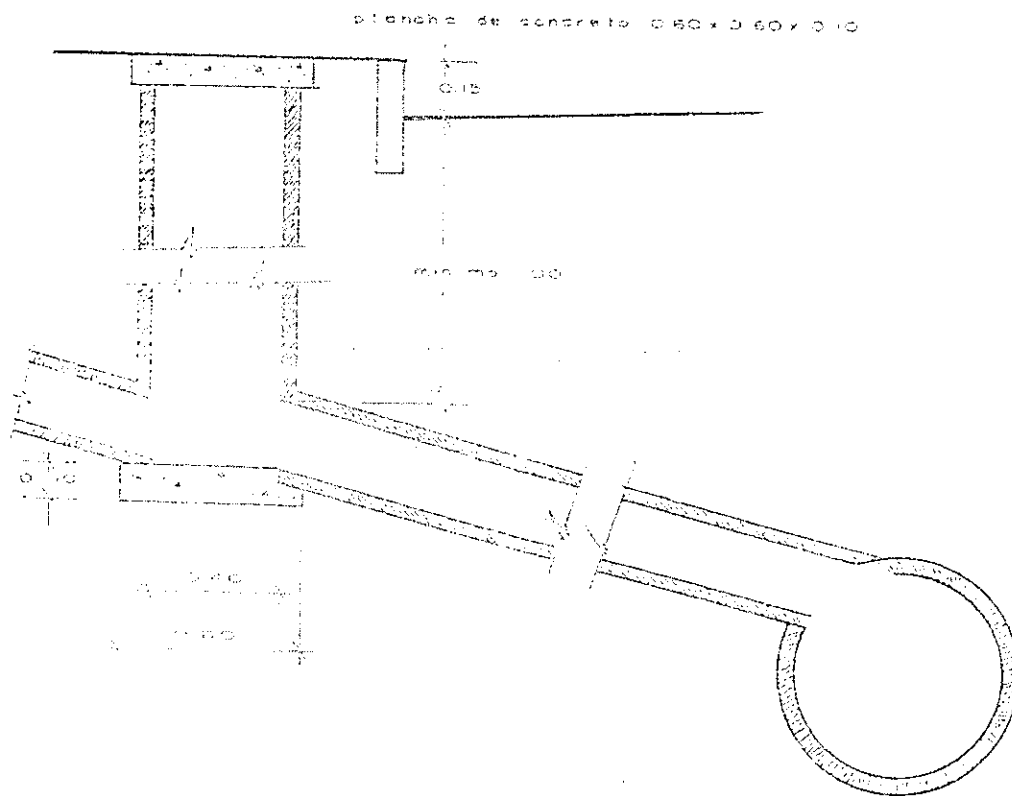


Figura 42. Detalle típico de conexión domiciliar de drenaje.

Las cajas de conexión domiciliar deben tener las siguientes características:

- El fondo de las cajas debe tener el nivel adecuado para que la cota invert de las tuberías que vienen de la casa coincida con la cota corona del tubo de salida.
- Debe tener un desarenador ya que los drenajes pluviales pueden arrastrar tierra de jardines o que se acumule en los techos.
- Pueden ser construidas de block o se pueden hacer con tubos de concreto de 15" de diámetro.
- Para que tengan una buena presentación es recomendable hacer las tapaderas con un sistema de batiente recibidor de hierro. Esto se puede hacer con un batiente de 1 ½" x 1 ½" x ¼" para el batiente recibidor y un angular de 1 ¼" x 1 ¼" * ¼" para la base de la tapadera.
- Las tapaderas de las cajas tendrán que ser diseñadas para resistir el paso eventual de un vehículo cuando se encuentren al mismo nivel de la rasante de la calle. De lo contrario no será necesario.
- Las cajas deben tener un alisado de cemento en la superficie interior para sellar el poro del block. Cuando se hacen de concreto no es necesario el alisado.
- La sección transversal libre de las cajas cuando se construyen cuadradas puede ser de 0.60 mt x 0.60 mt .
- La tubería que sale de la caja domiciliar hacia el colector principal no podrá tener una pendiente menor al 2% ni mayor del 8%. El eje de esta tubería formará con el eje de la principal un ángulo no menor de 30° ni mayor de 75°.

6. Tuberías. El cálculo hidráulico de las tuberías se hace para trabajar a flujo libre por gravedad. Tradicionalmente se diseña bajo condiciones de flujo uniforme, tomando como base la ecuación de Manning.

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Que en términos del caudal es :

$$D = 1.548 (nQ/S^{1/2})^{3/8}$$

En donde:

V = Velocidad media de la sección (m/s)

Q = Caudal de aguas (m³/s)

R = Radio hidráulico (m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

S = Pendiente de la línea de energía (m/m)

El diseño de la red será diferente para flujo sub-crítico que para flujo supercrítico. De todas maneras el flujo deberá ser estable y para ello el número de Fraude debe estar en el rango:

$$0.90 < NF < 1.10$$

El número de Froude se calcula mediante la siguiente expresión:

$$NF = V / (gH)^{0.5}$$

Donde,

H = Profundidad hidráulica = área de flujo dividida por el ancho de la superficie libre obtenida de la tabla 22.

Las condiciones reales de funcionamiento (Velocidad y profundidad de la lámina de agua) se determinan a partir de las relaciones hidráulicas obtenidas de la siguiente tabla 23.

Donde :

- Q = Caudal de diseño
- Q₀ = Caudal a tubo lleno
- V = Velocidad de diseño
- V₀ = Velocidad a tubo lleno
- d = Altura de la lámina de agua de diseño
- D = Diámetro de la tubería
- R = Radio hidráulico del caudal de diseño.
- R₀ = Radio hidráulico a tubo lleno

Como se mencionó, la unión de las tuberías se da en los pozos de visita. Para realizar el empate de los tubos en el pozo existen varios criterios. Pero para nuestro caso utilizaremos el criterio de empate por cota corona ya que

este es más utilizado para diámetros menores a 36" y da buenos resultados para el diseño de drenajes en urbanizaciones.

a. **Empate por Cota Corona.** El empate por cota corona consiste en igual las cotas corona de las tuberías de entrada y salida; entonces la caída en el pozo es la diferencia de los diámetros de los colectores. Para tener en cuenta la pérdida de energía producida en el pozo debido al cambio de sección, se puede dejar una caída en la corona H_c , según el diámetro del colector de salida, así:

$$D_{\text{salida}} < 24": H_c = .50 (D_{\text{salida}} - D_{\text{entrada}})$$

$$24" < D_{\text{salida}} < 36" \quad H_c = .75 (D_{\text{salida}} - D_{\text{entrada}})$$

| Q/Qo | H/D | Q/Qo | H/D | Q/Qo | H/D |
|------|-------|------|-------|------|-------|
| 0.01 | 0.041 | 0.35 | 0.354 | 0.69 | 0.614 |
| 0.02 | 0.067 | 0.36 | 0.361 | 0.70 | 0.623 |
| 0.03 | 0.086 | 0.37 | 0.368 | 0.71 | 0.633 |
| 0.04 | 0.102 | 0.38 | 0.374 | 0.72 | 0.644 |
| 0.05 | 0.116 | 0.39 | 0.381 | 0.73 | 0.654 |
| 0.06 | 0.128 | 0.40 | 0.388 | 0.74 | 0.665 |
| 0.07 | 0.140 | 0.41 | 0.395 | 0.75 | 0.677 |
| 0.08 | 0.151 | 0.42 | 0.402 | 0.76 | 0.688 |
| 0.09 | 0.161 | 0.43 | 0.408 | 0.77 | 0.700 |
| 0.10 | 0.170 | 0.44 | 0.415 | 0.78 | 0.713 |
| 0.11 | 0.179 | 0.45 | 0.422 | 0.79 | 0.725 |
| 0.12 | 0.188 | 0.46 | 0.429 | 0.80 | 0.736 |
| 0.13 | 0.197 | 0.47 | 0.436 | 0.81 | 0.753 |
| 0.14 | 0.205 | 0.48 | 0.443 | 0.82 | 0.767 |
| 0.15 | 0.213 | 0.49 | 0.450 | 0.83 | 0.783 |
| 0.16 | 0.221 | 0.50 | 0.458 | 0.84 | 0.798 |
| 0.17 | 0.229 | 0.51 | 0.465 | 0.85 | 0.815 |
| 0.18 | 0.236 | 0.52 | 0.472 | 0.86 | 0.833 |
| 0.19 | 0.244 | 0.53 | 0.479 | 0.87 | 0.852 |
| 0.20 | 0.251 | 0.54 | 0.487 | 0.88 | 0.871 |
| 0.21 | 0.258 | 0.55 | 0.494 | 0.89 | 0.892 |
| 0.22 | 0.266 | 0.56 | 0.502 | 0.90 | 0.915 |
| 0.23 | 0.273 | 0.57 | 0.510 | 0.91 | 0.940 |
| 0.24 | 0.280 | 0.58 | 0.518 | 0.92 | 0.966 |
| 0.25 | 0.287 | 0.59 | 0.526 | 0.93 | 0.995 |
| 0.26 | 0.294 | 0.60 | 0.534 | 0.94 | 1.027 |
| 0.27 | 0.300 | 0.61 | 0.542 | 0.95 | 1.063 |
| 0.28 | 0.307 | 0.62 | 0.550 | 0.96 | 1.103 |
| 0.29 | 0.314 | 0.63 | 0.559 | 0.97 | 1.149 |
| 0.30 | 0.321 | 0.64 | 0.568 | 0.98 | 1.202 |
| 0.31 | 0.320 | 0.65 | 0.576 | 0.99 | 1.265 |
| 0.32 | 0.334 | 0.66 | 0.585 | 1.00 | 1.344 |
| 0.33 | 0.341 | 0.67 | 0.595 | 1.01 | 1.445 |
| 0.34 | 0.348 | 0.68 | 0.604 | 1.02 | 1.584 |

Tabla 22. Profundidad hidráulica en función de la relación de caudales.

| Q/Q ₀ | Rel | - | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| - | V/V ₀ | - | 0.292 | 0.362 | 0.400 | 0.427 | 0.453 | 0.473 | 0.492 | 0.505 | 0.520 |
| | d/D | - | 0.092 | 0.124 | 0.148 | 0.165 | 0.182 | 0.196 | 0.210 | 0.220 | 0.232 |
| | R/R ₀ | - | 0.239 | 0.315 | 0.370 | 0.410 | 0.449 | 0.481 | 0.510 | 0.530 | 0.554 |
| 0.1 | V/V ₀ | 0.540 | 0.553 | 0.570 | 0.580 | 0.590 | 0.600 | 0.613 | 0.624 | 0.634 | 0.645 |
| | d/D | 0.248 | 0.258 | 0.270 | 0.280 | 0.289 | 0.298 | 0.308 | 0.315 | 0.323 | 0.334 |
| | R/R ₀ | 0.586 | 0.606 | 0.630 | 0.650 | 0.668 | 0.686 | 0.704 | 0.716 | 0.729 | 0.748 |
| 0.2 | V/V ₀ | 0.656 | 0.664 | 0.672 | 0.680 | 0.687 | 0.695 | 0.700 | 0.706 | 0.713 | 0.720 |
| | d/D | 0.346 | 0.353 | 0.362 | 0.370 | 0.379 | 0.386 | 0.393 | 0.400 | 0.409 | 0.417 |
| | R/R ₀ | 0.768 | 0.780 | 0.795 | 0.809 | 0.824 | 0.835 | 0.848 | 0.860 | 0.874 | 0.886 |
| 0.3 | V/V ₀ | 0.729 | 0.732 | 0.740 | 0.750 | 0.755 | 0.760 | 0.768 | 0.776 | 0.781 | 0.787 |
| | d/D | 0.424 | 0.431 | 0.439 | 0.447 | 0.452 | 0.460 | 0.468 | 0.476 | 0.482 | 0.488 |
| | R/R ₀ | 0.896 | 0.907 | 0.919 | 0.931 | 0.938 | 0.950 | 0.962 | 0.974 | 0.983 | 0.992 |
| 0.4 | V/V ₀ | 0.796 | 0.802 | 0.806 | 0.810 | 0.816 | 0.822 | 0.830 | 0.834 | 0.840 | 0.845 |
| | d/D | 0.498 | 0.504 | 0.510 | 0.516 | 0.523 | 0.530 | 0.536 | 0.542 | 0.550 | 0.557 |
| | R/R ₀ | 1.007 | 1.014 | 1.021 | 1.028 | 1.035 | 1.043 | 1.050 | 1.056 | 1.065 | 1.073 |
| 0.5 | V/V ₀ | 0.850 | 0.855 | 0.830 | 0.865 | 0.870 | 0.857 | 0.880 | 0.885 | 0.890 | 0.895 |
| | d/D | 0.563 | 0.570 | 0.576 | 0.582 | 0.588 | 0.594 | 0.601 | 0.608 | 0.615 | 0.620 |
| | R/R ₀ | 1.079 | 1.087 | 1.094 | 1.100 | 1.107 | 1.113 | 1.121 | 1.125 | 1.129 | 1.132 |
| 0.6 | V/V ₀ | 0.900 | 0.903 | 0.908 | 0.913 | 0.918 | 0.922 | 0.927 | 0.931 | 0.936 | 0.941 |
| | d/D | 0.626 | 0.632 | 0.639 | 0.645 | 0.651 | 0.658 | 0.666 | 0.672 | 0.678 | 0.686 |
| | R/R ₀ | 0.136 | 1.139 | 1.143 | 1.147 | 1.151 | 1.155 | 1.160 | 1.163 | 1.167 | 1.172 |
| 0.7 | V/V ₀ | 0.945 | 0.951 | 0.922 | 0.958 | 0.961 | 0.965 | 0.969 | 0.972 | 0.975 | 0.980 |
| | d/D | 0.692 | 0.699 | 0.705 | 0.710 | 0.719 | 0.724 | 0.732 | 0.738 | 0.743 | 0.750 |
| | R/R ₀ | 1.175 | 1.179 | 1.182 | 1.184 | 1.188 | 1.190 | 1.193 | 1.195 | 1.197 | 1.200 |
| 0.8 | V/V ₀ | 0.984 | 0.987 | 0.990 | 0.993 | 0.997 | 1.001 | 1.005 | 1.007 | 1.011 | 1.015 |
| | d/D | 0.756 | 0.763 | 0.770 | 0.778 | 0.785 | 0.791 | 0.798 | 0.804 | 0.813 | 0.820 |
| | R/R ₀ | 1.202 | 1.205 | 1.208 | 1.211 | 1.214 | 1.216 | 1.219 | 1.219 | 1.215 | 1.214 |
| 0.9 | V/V ₀ | 1.018 | 1.021 | 1.024 | 1.027 | 1.030 | 1.033 | 1.036 | 1.038 | 1.039 | 1.040 |
| | d/D | 0.826 | 0.835 | 0.843 | 0.852 | 0.860 | 0.868 | 0.876 | 0.884 | 0.892 | 0.900 |
| | R/R ₀ | 1.212 | 1.210 | 1.207 | 1.204 | 1.202 | 1.200 | 1.197 | 1.195 | 1.192 | 1.190 |
| 1.0 | V/V ₀ | 1.041 | 1.042 | 1.042 | 1.042 | | | | | | |
| | d/D | 0.914 | 0.920 | 0.931 | 0.942 | | | | | | |
| | R/R ₀ | 1.172 | 1.164 | 1.150 | 1.136 | | | | | | |

Tabla 23. Relaciones hidráulicas para conductos circulares.

En esta sección se han dado los criterios hidráulicos y constructivos básicos que sirven de herramienta para el diseño de los drenajes. A continuación entraremos en el diseño específico de la red de drenaje pluvial y sanitario.

E. Diseño del sistema de drenaje sanitario

El sistema de drenajes consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población.

Las aguas residuales en una urbanización Son aquellas provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Esta agua están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos.

El caudal de aguas residuales de una urbanización esta compuesto por los siguientes aportes:

- Aguas residuales domesticas
- Aguas de infiltración
- Conexiones erróneas

Para calcular el caudal de aguas residuales se toma como base el caudal medio diario, el cual se define como la contribución durante un periodo de 24 horas, obtenida como el promedio durante un año. Cuando no se dispone de datos, se debe cuantificar este aporte en base al consumo de agua potable del diseño del acueducto. El resultado final es un caudal en L/Has.

El aporte medio diario se expresa como:

$$Q = \frac{CR \times C \times D \times A}{86400}$$

En donde:

Q = Caudal de aguas residuales domesticas, L/s

CR = Coeficiente de retorno. Este coeficiente tiene en cuenta el hecho de solo un porcentaje del total de agua consumida es devuelta al drenaje. Este porcentaje estadísticamente fluctua entre 65% y 85%.

C = Consumo de agua potable, L/Hab.día. Se obtiene del cálculo del consumo de agua por habitante por día realizado al diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable.

D = Densidad de población de la zona, Hab/Ha. Para una urbanización el cálculo se hace multiplicando el número de lotes por el número de personas estimadas por lote y dividiendo el total dentro del área total del terreno de urbanización expresado en hectáreas.

A = Área de drenaje de la zona, Ha.

El caudal de diseño de la red de colectores debe corresponder al caudal máximo horario. Este caudal se determina a partir de factores de mayoración del caudal medio diario. Para poblaciones menores de 1000 habitantes se puede utilizar la expresión de Babbitt:

$$Q_{\text{max horario}} = Q \times 5 / p^{0.2}$$

Para poblaciones mayores de 1000 habitantes se puede utilizar la expresión de HARmon:

$$Q_{\text{max horario}} = Q \times \frac{18 + p^{0.5}}{4 + p^{0.5}}$$

El caudal de infiltración se estima con base en las características de permeabilidad del suelo en el que se ha de construir el drenaje sanitario. Este aporte puede expresarse por longitud de tubería o por su equivalente en hectáreas de área drenada.

Aporte de infiltración por longitud de tubería

| Condiciones | Infiltración (L/s.Km) | | |
|-------------------------------|-----------------------|-------|------|
| | Alta | Media | Baja |
| Tuberías existentes | 4.0 | 3.0 | 2.0 |
| Tuberías nuevas con unión de: | | | |
| Cemento | 3.0 | 2.0 | 1.0 |
| Caucho | 1.5 | 1.0 | 0.5 |

Tabla 24. Aporte de infiltración por longitud de tubería.

El aporte de las conexiones erradas proviene principalmente de las conexiones que equivocadamente se hacen de las aguas de lluvias domiciliarias y de conexiones clandestinas. Se puede estimar que es un 20% del caudal máximo horario. Otro criterio puede ser el de adoptar en caudal entre 1 y 3 L/s.Ha.

Cuando no se tienen los datos para calcular el caudal de la manera que se describió anteriormente, se puede utilizar la siguiente tabla desarrollada por la municipalidad de Guatemala.

| Tipo de zona | Caudal en Lts/hab.día | Densidad hab/Ha |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------|
| Barrios Pobres | 115 a 153 | 220 a 470 |
| Barrios Residenciales de clase media | 170 | 75 a 220 |
| Barrios Residenciales de clase media | 265 | 15 a 75 |

Tabla 25. Aporte de aguas residuales según Municipalidad de Guatemala.

Finalmente el caudal de diseño será la suma del caudal máximo horario, caudal de infiltración y caudal de conexiones erradas.

Otras consideraciones a tomar en cuenta para el drenaje sanitario son:

- Velocidad mínima: deben tener una velocidad mínima de 0.6 m/s a tubo lleno.
- Velocidad máxima: no deberá sobrepasar el límite de 5.0 m/s para evitar abrasión de la tubería.
- Diámetro mínimo: para tubería de concreto deberá ser de 8" en el colector principal y para las conexiones domiciliarias será de 6". Para tubería PVC puede ser 6" para el colector principal y 4" para las conexiones domiciliarias.
- Diámetro de diseño. Bajo la hipótesis de flujo uniforme, para la selección del diámetro se usa la ecuación de Manning. El diámetro se selecciona tomando como máximo la relación entre caudal diseño y caudal a tubo lleno (Q/Q_0) dada en la siguiente tabla.

**Relación de Q/Q_0 máxima para
la selección de Diámetro**

| Q/Q_0 | Diámetro de la tubería |
|---------|------------------------|
| 0.6 | 6" a 21" |
| 0.7 | 24" a 1.20 m |
| 0.9 | >1.25 m |

Tabla 26. Relaciones máximas de Q/Q_0 para selección de diámetro

1. Procedimiento de diseño. A continuación se hará una breve descripción del proceso de cálculo para las redes de drenaje sanitario. Este cálculo generalmente se contrata a un ingeniero especialista en Ingeniería Sanitaria por su mayor experiencia y porque el Ministerio del Medio Ambiente exige entre sus requisitos la aprobación de un Ingeniero Sanitario para los sistemas de drenaje. El cálculo lo puede hacer el ingeniero encargado del diseño en general del proyecto pero siempre necesitara la aprobación del mismo. Sin embargo es importante tener el concepto del procedimiento de cálculo y tener en mente los factores determinantes del mismo lo cual puede servir a la hora de la ejecución y supervisión.

En la tabla 27 se detalla el cálculo para las tuberías de conexión domiciliar del drenaje sanitario. Como se puede observar el tubo de 6" cumple satisfactoriamente con esta función. Se puede demostrar con el mismo procedimiento que este diámetro funciona incluso para viviendas con 8 personas y con la pendiente mínima que es del 2%.

El procedimiento de diseño de la red se puede hacer con el concepto adquirido en el ejemplo anterior. La única diferencia es que el caudal se va incrementando a lo largo de la tubería conforme se van conectando más casas.

A continuación se detalla el proceso de cálculo

- Sobre el plano de distribución de lotes de la población, se hace el trazado de la red de colectores, se seleccionan los colectores iniciales y se numeran los pozos teniendo en cuenta la topografía del terreno. Es una práctica sencilla dividir el sistema de trazo en varios ramales

distintos que desemboquen en la planta de tratamiento. No existe un número determinado de lotes por ramal pero es recomendable que todos los ramales posean más o menos la misma cantidad de aporte para que los diámetros de tuberías sean estandarizados dentro del diseño.

| Calculo diámetro de tuberia conexión domiciliar | | |
|---|--------|-------------------|
| Ancho | 14.00 | ml |
| Fondo | 25.00 | ml |
| Area | 350.00 | m ² |
| Caudal residual | 0.00 | L/hab.s |
| Cantidad de habitanes | 6.00 | personas |
| Total caudal residual | 0.02 | L/hab.s |
| Caudal de diseño | 0.02 | L/hab.s |
| Pendiente de tuberia de acometida | 0.02 | |
| Coefficiente de Manning para PVC | 0.01 | |
| Diámetro según Manning (mt) | 0.12 | mt |
| Diámetro según Manning (plg) | 4.85 | plg |
| Diámetro comercial | 4.00 | plg |
| Diametro mínimo segun norma | 6.00 | plg |
| Caudal a tubo lleno QII | 0.03 | m ³ /s |
| Relación Qdiseño/QII | 0.57 | |
| Velocidad a tubo lleno | 1.10 | m/s |
| Relación V/VII | 0.90 | |
| Velocidad real | 0.99 | m/s |

Tabla 27. Cálculo de diámetro de tubería para conexión domiciliar en drenaje de aguas negras.

- Una vez determinados el trazado de la red y las áreas de drenaje, se calcula el caudal de aguas residuales según los parámetros descritos anteriormente hasta obtener el caudal de diseño que será el $Q_{\text{max.hor}}$.
- A continuación sigue el cálculo hidráulico de la red de colectores con los siguientes parámetros de diseño.
 - Empate por cota corona en los pozos ya que se presumen diámetros menor de 36" y velocidades bajas
 - La profundidad mínima en las tuberías iniciales es de 0.80 metros y de 1.00 metro en todas las demás tuberías.
 - Se elige el coeficiente de Manning para tubería de PVC que es 0.009

- Se calcula el diámetro de la tubería con la ecuación de Manning.
- Se determina el caudal a tubo lleno de diseño con el diámetro calculado en el paso anterior.
- Se determina la velocidad a tubo lleno con el caudal a tubo lleno del paso anterior y el área de la sección transversal del tubo.
- Se determina la relación Caudal de diseño/Caudal a tubo lleno y con este dato se obtiene la relación de Velocidad de diseño/Velocidad a tubo lleno y Profundidad de la lámina de agua/Diámetro de la tabla 23.
- Con los datos anteriores se calcula la velocidad real y la altura de velocidad en metros, así como la lámina de agua en metros y la energía específica en metros.
- Posteriormente se calcula la profundidad hidráulica H en metros.
- Se calcula el Número de Froude para chequear un flujo estable.
- Se determina la cota rasante del pozo inicial, la cota de rasante del pozo final y se calcula las cotas corona del colector inicial.
- Se procede a iniciar el empate de cotas corona con la cota corona de la tubería, las demás dependen del proceso de empate.

Es importante resaltar los siguientes aspectos en cuanto al diseño y construcción de los drenajes sanitarios:

La profundidad mínima debe ser de 0.80 mt debajo del nivel de la rasante terminada.

La ubicación del colector principal se puede hacer a un lado de la tubería de aguas pluviales debajo del pavimento.

La tubería a utilizar se recomienda de PVC y de preferencia que no sea un tubo flexible. Las tuberías de concreto para este tipo de urbanizaciones ya no deben ser utilizadas. Esta tubería es muy rígida y por lo tanto es susceptible a romperse o dañarse por algún evento sísmico provocando filtraciones y en algunos casos la falla del pavimento por el escape del material subyacente al mismo por medio de la tubería rota.

Si se utilizan tuberías de PVC corrugadas o flexibles es necesario un control muy estricto para revisar que las zanjas estén bien conformadas para evitar depresiones en las tuberías que provoquen sedimentación de sólidos y eventualmente el taponamiento de la misma.

El relleno de las tuberías debe ser un relleno controlado exigiendo una compactación de 90% Proctor Modificado. Cuando el material sea bueno se podrá hacer con este tipo de material recomendando aun así estabilizarlo con cal al 3% en peso. Si se construye en época lluviosa el material de relleno deberá ser selecto.

En cuando a la conexiones domiciliarias se recomienda que las cajas de conexión se encuentren totalmente selladas y con su respectiva tapadera para evitar el arrastre de tierra hacia la misma y que se produzcan problemas por taponamiento de tuberías.

2. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. El tratamiento de aguas negras es un proceso por el cual los sólidos que el líquido contiene son separados parcialmente, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos complejos muy putrescibles queden convertidos en dolidos minerales o sólidos orgánicos relativamente estables. Cuando se descargan los sólidos de las aguas negras tienen lugar la degradación y la descomposición debido a las actividades de las bacterias y los microorganismos presentes en las aguas negras y en las aguas receptoras. El oxígeno es necesario para que se verifiquen todas esas reacciones biológicas y bioquímicas. Los organismos aerobios son los que hacen este trabajo si hay oxígeno presente y es la descomposición aerobia de los sólidos la que tiene lugar. Cuando no hay oxígeno, son los organismos anaerobios los que predominan y resulta la putrefacción.

La cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación aerobia biológica de los sólidos orgánicos de las aguas negras o desechos, es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Como esta descomposición requiere un periodo grande de tiempo y depende de la temperatura, los valores de DBO de

las pruebas de laboratorio deben especificar el tiempo y la temperatura usados en la prueba. Los que más generalmente se emplean son 5 días y 20° C.

Las aguas negras domésticas contienen aguas utilizadas para el lavado, descargas de inodoros, fragmentos de comidas, desperdicios originados por el lavado de ropa y las bañeras, jabón y grasas. Todo lo anterior se resume en una contribución diaria de materia orgánica, la cual por persona es aproximadamente 0.17 lb de DBO a 5 días.

La composición de las aguas negras se refiere a las cantidades de constituyentes físicos, químicos, biológicos presentes en las aguas residuales. Se pueden clasificar en débil, media y fuerte según constituyentes físicas, químicos y biológicos más comunes en las aguas residuales se muestran en la siguiente tabla:

| Muestra | Sólidos sedimentables | Demanda Química de Oxígeno (DQO) | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) |
|---------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Muestra tomada al azar | 1.0 ml/l | | |
| Muestra, mezcla de 2 hrs maximo | 1.0 ml/l | 500 mg/l | 250 mg/l |

Tabla 28. Composición típica del agua residual doméstica

Los datos de la tabla también se pueden utilizar como datos empíricos para el diseño de la planta de tratamiento. Según CONADEL, la propuesta de parámetros para aguas residuales de origen doméstico utiliza las siguientes referencias para obtener los valores que ellos adoptan o sugieren para el diseño:

| | Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días | Demanda Química de Oxígeno | Sólidos disueltos totales |
|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Según Metcal & Eddy | 300-400 mg/l | 750-1000mg/l | 270-350 mg/l |
| Según CEPIS | 300 mg/l | 600 mg/l | 350 mg/l |
| Según INFOM | 300 mg/l | 500 mg/l | |
| Propuesta para el diseño | 300 mg/l | 500 mg/l | 500 mg/l |

Tabla 29 Valores de contaminantes presentes en las Aguas Negras antes de ser tratadas.

El resto de datos para el diseño están dados por los valores máximos permisibles de contaminantes presentes en el agua ya tratada. Según el acuerdo gubernativo 60-89, reglamento de requisitos mínimos y límites máximos permisibles de contaminación para la descarga.

| Muestra | Sólidos sedimentables | Demanda Química de Oxígeno (DQO) | Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Muestra tomada al azar | 1.0 ml/l | | |
| Muestra, mezcla de 2 hrs máximo | 1.0 ml/l | 500 mg/l | 250 mg/l |
| Muestra, mezcla de 24 hrs. máximo | 1.0 ml/l | 450 mg/l | 200 mg/l |

Tabla 30. Límites máximos permisibles de contaminación para la descarga de las aguas servidas Municipales Acuerdo Gubernativo 60-89

Estos límites son demasiado altos por lo que no se utilizan para el diseño sino que se adoptan los siguientes valores:

| | |
|---------------------------|----------|
| DBO 5 días | 70 mg/l |
| DQO | 110 mg/l |
| Sólidos disueltos Totales | 60 mg/l |

Estos valores propuestos por CONADEL son mucho más reales y no producen un impacto ambiental severo.

Los objetivos que hay que tomar en consideración en el tratamiento de aguas negras incluyen:

- La conservación de las fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico.
- La prevención de enfermedades
- La prevención de molestias.

Los procesos para el tratamiento de aguas negras se clasifican por su grado de tratamiento en:

Primario: por los que se reducen los sólidos sedimentables y algo de la DBO, los elementos patógenos no se reducen en forma sensible. El tratamiento primario por lo general se lleva a cabo por medio de mallas y sedimentación. Este tratamiento se puede hacer por medio de mallas construidas de barras de hierro en el canal que se conducen las aguas negras. El material retenido en la malla se elimina y después se entierra, quema o muele. Esta malla está formada por barras de hierro planas colocadas de canto en el canal de entrada. Están separadas entre 1" y 1.5" y la proyección del área vertical debe ser por lo menos dos veces el área de la tubería de descarga. Estas mallas se colocan inclinadas en la dirección del flujo a un ángulo entre 30° y 60° con la horizontal.

También forman parte de este tipo de tratamiento los tanques de sedimentación cuyo principio de trabajo es disminuir la velocidad del flujo de agua y así los sólidos más pesados, ya sea orgánicos o inorgánicos se sedimenten en el fondo de los tanques.

Secundario: en los que se obtiene un grado más avanzado de remoción de los sólidos al transformar los orgánicos no sedimentables y parte de los que están en solución en sólidos sedimentables, se reduce notablemente la DBO. En estos procesos hay una reducción notoria en los patógenos, pero no se remueven nutrientes. Los tratamientos secundarios involucran procesos de filtración, oxidación biológica de la materia orgánica y desinfección. Este tipo de tratamiento se puede llevar a cabo por el proceso de lodos activados o por el de filtros percoladores y en ocasiones una combinación de ambos.

El proceso de lodos activados es uno de los más complicados, ya que requiere de gran cantidad de equipo mecánico por lo que utiliza mucha energía y necesita de personal con un alto grado de entrenamiento o de tecnificación para poder operar correctamente la planta. El proceso se basa en proporcionar un contacto íntimo entre los lodos biológicamente activados y las aguas negras. Los lodos se desarrollan inicialmente por una aireación prolongada bajo condiciones que favorecen el crecimiento de organismos que tienen la habilidad especial de oxidar la materia orgánica. Durante todo el

proceso es necesario mantener un control de operación muy elevado para asegurar que se tenga un fuente suficiente de oxígeno, que exista contacto íntimo y un mezclado continuo de las aguas negras y los lodos. A continuación se muestra el diagrama típico del proceso de lodos activados.

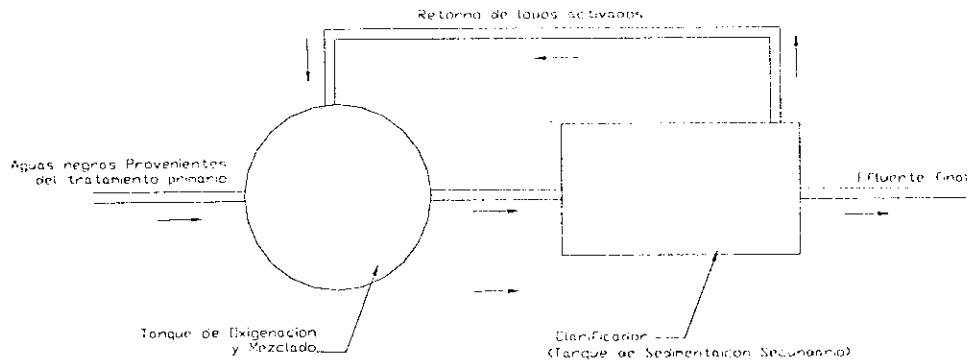


Figura 43. Diagrama típico del proceso de lodos activados.

Terciarios: en los que se remueven los sólidos en solución y nutrientes, en especial nitratos, fosfatos o también los metales pesados. Los tratamientos terciarios involucran procesos de coagulación.

Se han diseñado varios sistemas de tratamientos de aguas negras, entre más avanzados más complejos y requieren de mayor energía para operar. Los tratamientos más conocidos se muestran en la siguiente tabla:

| TRATAMIENTO | Sólidos sedimentables | DBO | Patogenos | Nutrientes |
|--------------------------------------|-----------------------|-----|-----------|------------|
| Fosa Séptica | 40-60% | 50% | | |
| Imhoff | 50-60% | 50% | | |
| Lagunas anaerobias | 50-80% | 60% | | |
| Filtros percoladores + sedimentación | 90-100% | 85% | 20-30% | 5% |
| Lodos activados | 90-100% | 85% | 30-40% | 5% |
| Lodos activados + sedimentación | 90-100% | 85% | 30-40% | 10-30% |

Tabla 31. Porcentajes de eliminación de contaminantes por medio de los diferentes Métodos de tratamientos

Es importante tener en cuenta las limitaciones de tipo tecnológico y económico que se tienen en las comunidades de nuestro país para que funcionen los sistemas de tratamiento. Para el tipo de urbanizaciones que se trata en este documento se recomienda el uso de sistemas de filtros percoladores o lodos activados. Es necesario tomar en cuenta que los filtros percoladores necesitan un área mayor para su construcción que un sistema de lodos activados.

Algo importante a tomar en cuenta es que el sistema de lodos activados produce menos mal olor que el sistema de filtros percoladores por lo que es más recomendable en este tipo de urbanizaciones.

El costo de mantenimiento de la planta debe ser considerado ya que es talvez el factor más importante del tratamiento de aguas residuales. Todas las plantas de tratamiento necesitan un mantenimiento constante para su buen funcionamiento. Si esto no se hace, se deterioran los equipos y el proceso se vuelve ineficiente al punto de poder llegar a perder la inversión inicial que se hace al construir la planta.

F. Diseño del sistema de drenaje pluvial

El drenaje pluvial está conformado por el conjunto de tuberías necesarios para evacua la escorrentía superficial producida por la lluvia. Inicialmente el agua se capta a través de los tragantes de las calles y las conexiones domiciliare y llevada a una red de tuberías que van ampliando su sección a medida que aumenta el área de drenaje.

Para superficies menores de 1300 Ha (130,000 m²) se puede utiliza el método racional. El modelo del método racional establece que el caudal superficial producido por una precipitación es:

$$Q = C \times I \times A$$

Donde: Q = Caudal superficial (L/s)
 C = Coeficiente de escorrentía (adimensional)
 I = Intensidad promedio de la lluvia (L/s.Ha)
 A = Área de drenaje (Ha)

El área de drenaje en una urbanización está compuesto básicamente en dos partes:

- Área de lotes o casas
- Área de Calles

1. Intensidad. La intensidad de lluvia se obtiene a través de un estudio hidrológico de la zona, del cual se obtienen las curvas de intensidad, duración y frecuencia. Para poder obtener un dato entonces de intensidad es necesario conocer la frecuencia y la duración de la lluvia.

Las frecuencias de lluvia utilizadas varían entre tres años como mínimo hasta valores del orden de 100 años. La escogencia de un valor dependerá de varios criterios tales como la importancia relativa de la zona y el área que se está drenando. Para urbanizaciones la frecuencia puede ser tomada entre tres y diez años.

A continuación se presentan dos formas para obtener las intensidades de lluvia para el departamento de Guatemala:

- La primera es el método utilizado por la dirección de aguas y drenajes de la municipalidad de Guatemala.
- La segunda es de acuerdo a curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia del Estudio de Intensidades de precipitación en Guatemala realizado por el INSIVUMEH en agosto del año 2002.

a. Método de la Dirección de aguas y drenajes de la Municipalidad de Guatemala. Por medio de este método se pueden calcular las intensidades de lluvia para la ciudad de Guatemala de la siguiente manera:

$$I = \frac{4604.5}{t_c + 24.2} \quad \text{Para la zona atlántica para tuberías } \varnothing < 1.50.$$

$$I = \frac{4203.7}{t_c + 24.2} \quad \text{Para la zona atlántica para tuberías } \varnothing > 1.50.$$

$$t_c + 23.2$$

$$I = \frac{6889.1}{t_c + 39.5} \quad \text{Para la zona pacifica para tuberías } \varnothing < 1.50.$$

$$I = \frac{5915.7}{t_c + 35.8} \quad \text{Para la zona pacifica para tuberías } \varnothing > 1.50.$$

En donde t_c es el tiempo de concentración en minutos y será determinado de la siguiente forma:

En los tramos iniciales según la siguiente tabla.

| | | Tiempos de entrada en minutos | | | | | | | | | |
|------------|-----|-------------------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|----|
| | | 1< | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 |
| Pendientes | 1% | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | |
| | 2% | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | |
| | 3% | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | |
| | 4% | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | |
| | 5% | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | |
| | 6% | 14.5 | 13.5 | 12.5 | 11.5 | 10.5 | 9.5 | 8.5 | 7.5 | 6.5 | |
| | 7% | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | |
| | 8% | 13.5 | 12.5 | 11.5 | 10.5 | 9.5 | 8.5 | 7.5 | 6.5 | 5.5 | |
| | 9% | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | |
| | 10% | 12.5 | 11.5 | 10.5 | 9.5 | 8.5 | 7.5 | 6.5 | 5.5 | 4.5 | |
| | 10> | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | |
| | | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | |
| | | Impermeabilidad | | | | | | | | | |

Tabla 32. Tiempos de concentración para tramos iniciales en función de la impermeabilidad y la pendiente.

En los tramos consecutivos de acuerdo con la fórmula:

$$t_2 = t_1 + L / (60 V_1)$$

Donde:

t_1 = tiempo de concentración en el tramo anterior en minutos

L = Longitud del tramo anterior en metros

V = Velocidad a sección llena del tramo anterior en metros/s.

b. **Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia** del Estudio de Intensidades de precipitación en Guatemala realizado por el INSIVUMEH en agosto del año 2002. El régimen de lluvias en Guatemala manifiesta una distribución temporal y espacial muy variada. En general se presentan, en la época lluviosa, dos periodos bien marcados de lluvias altas, en junio y septiembre, en estos meses cae, alrededor de 40% de la precipitación anual.

De acuerdo a los observador en este estudio en los análisis estadísticos respectivos para obtener los valores asociados a diferente periodos de retorno en base a series de datos obtenidos de tormentas observados en un periodo, relativamente corto de tiempo, se tiene que los valores para T_r de 25,30,50 y 100 años son poco confiables, debido a los pocos años de registros. Los valores estimados mediante el método tradicional seguido se consideran son muy similares y poco confiable, dando como resultado curvas con muy poca diferencia entre ellas. Tomando en consideración estos resultados, se realizo un ensayo que consiste en realizar un análisis de frecuencia de valores máximos de intensidades con diferente duración.

Los periodos de registro para el estudio que realizo el INSIVUMEH son de 8 y 15 años. Por lo que es conveniente usar con precaución las curvas DIF para periodos de retorno altos como 50 y 100 años.

A pesar de ser sólo la estación ubicada en el INSIVUMEH podemos tomar los datos como referencia para el departamento de Guatemala ya que no hay registros ordenados y con mucho tiempo de operación en los archivos del INSIVUMEH para otras áreas de la capital.

Para la aplicación del método racional se hace de la siguiente manera:

$$Q = CiA/3.6$$

Donde:

Q = Caudal pico (m^3/s)

C = Coeficiente de escorrentía

i= intensidad de precipitación (mm/hr) con una duración t_c

A = Área de la superficie tributaria (Km^2)

t_c = Tiempo de concentración de la superficie (min)

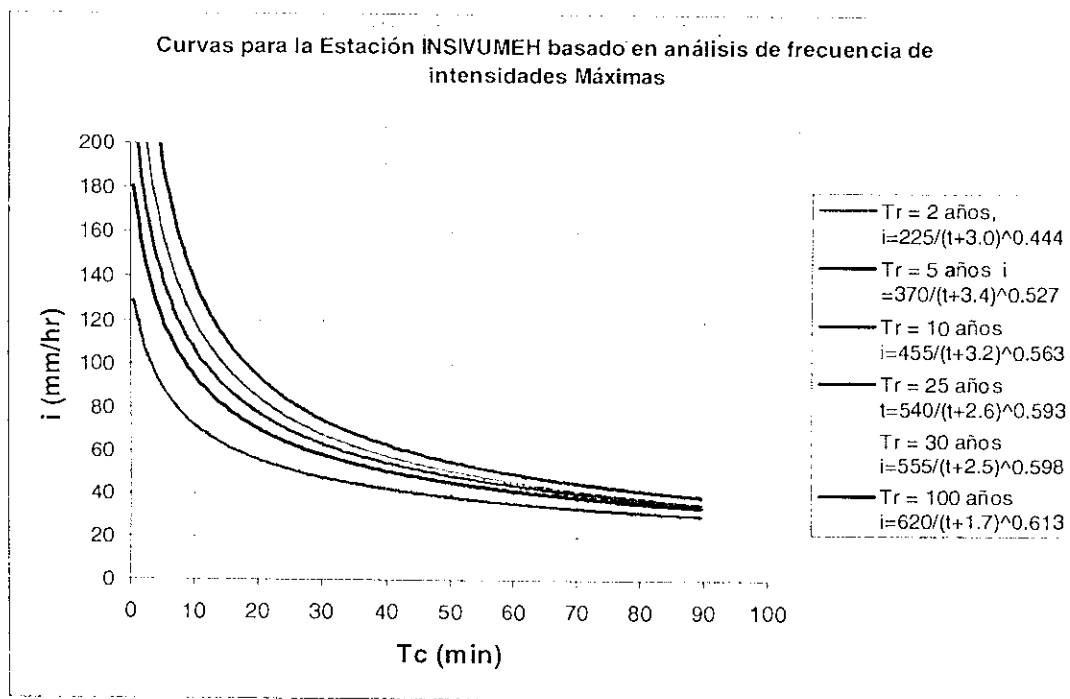


Figura 44. Curvas de Intensidad Frecuencia Estación Insivumeh para frecuencia de intensidades máximas

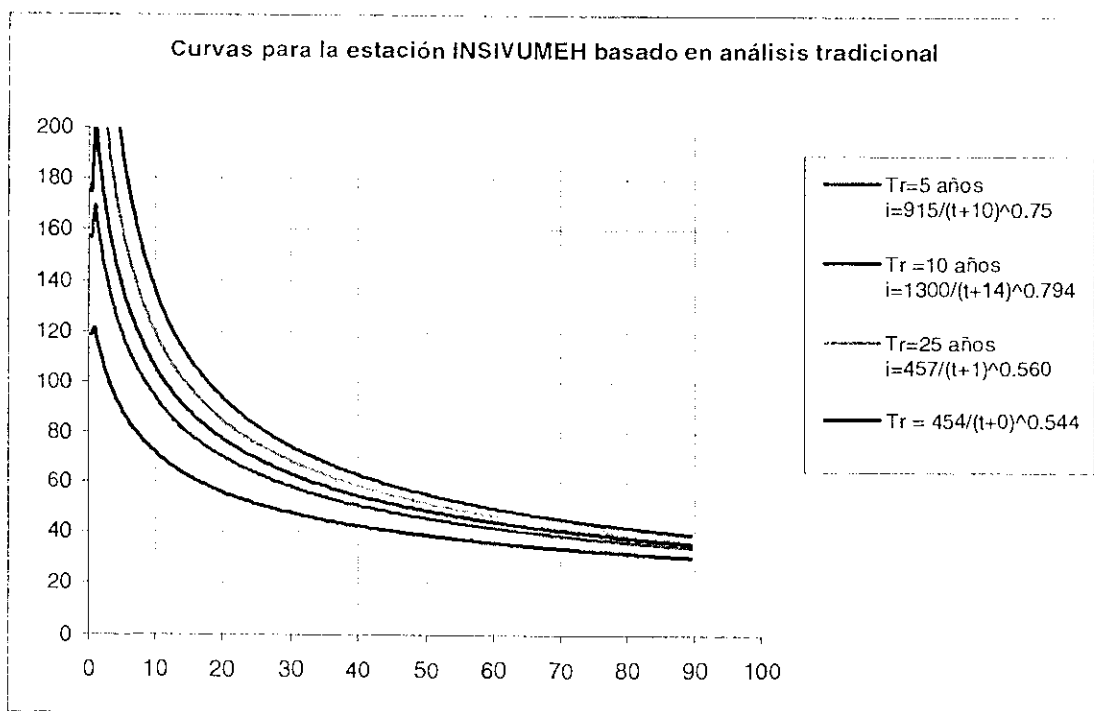


Figura 45. Curva Intensidad Frecuencia análisis tradicional.

El tiempo de concentración del área tributaria puede estimarse median fórmulas que se basan en parámetros morfométricos de las cuencas o en base a aspectos hidráulicos de las corrientes. Uno de las fórmulas utilizadas en nuestro medio es la de Kirpich que usa el desnivel y longitud del cauce:

$$t_c = 3L^{1.15} / 154H^{.38}$$

donde L (m) es la longitud del cauce desde la cabecera del área tributaria y H(m) es el desnivel de dicho cauce.

2. Coeficiente de escorrentía. El coeficiente de escorrentía se puede determinar de acuerdo a la siguiente tabla:

| TIPO DE SUPERFICIE | FACTOR C |
|---|-------------|
| Superficie impermeables de techos | 0.75 a 0.95 |
| Pavimentos de asfalto en buen estado | 0.85 a 0.90 |
| Pavimentos de concreto en buen estado | 0.70 a 0.90 |
| Pavimentos de piedra o ladrillo con buenas juntas | 0.75 a 0.85 |
| Pavimentos de piedra o ladrillo con juntas permeables | 0.40 a 0.70 |
| Parques, conchas, jardines, prados, etc. | 0.05 a 0.25 |
| Suelos impermeables con pendientes del 1% al 2% | 0.40 a 0.65 |
| Suelos impermeables con cespec y pendientes del 1% al 2% | 0.30 a 0.55 |
| Suelos ligeramente permeable con pendientes del 1% al 2% | 0.15 a 0.40 |
| Suelos ligeramente permeable con cesped y pendientes del 1% al 2% | 0.10 a 0.30 |
| Suelos moderadamente permeable con pendientes del 1% al 2% | 0.05 a 0.20 |
| Suelos moderadamente permeable con cesped pendientes del 1% al 2% | 0.01 a 0.10 |
| Bosques y tierras cultivadas | 0.01 a 0.20 |

Tabla 33 Coeficientes de escorrentía.

El porcentaje de impermeabilidad se determinará de acuerdo a la siguiente formula:

$$C = \sum c.a / \sum a$$

Donde: $\sum c.a$ = es la suma de los productos de las áreas parciales multiplicado por su correspondiente valor de impermeabilidad.

$\sum a$ = suma de las áreas parciales.

Esta fórmula se basa en el razonamiento de que si las lluvias se aplicaran con una velocidad o ritmo constante a una superficie impermeable, el

escurrimiento de la superficie eventualmente llevaría a tener un ritmo igual al ritmo de la lluvia. El tiempo necesario para llegar a este equilibrio es el tiempo de concentración t_c y para pequeñas áreas impermeables se puede considerar que si la lluvia persiste con un ritmo uniforme durante un periodo como mínimo de una duración de t_c , el máximo escurrimiento será igual al ritmo de la lluvia.

3. Normas y procedimiento del diseño del sistema de drenaje. En las urbanizaciones el diseño del drenaje debe hacerse tomando en consideración que todas las casas estuvieran ya construidas.

Se deben cumplir las siguientes normas particulares de los drenajes de aguas de lluvia:

- Velocidad mínima. Según las normas de la Municipalidad de Guatemala la a a sección llena será de 0.75m/s.
- Velocidad máxima. La velocidad máxima puede calcularse en función del material de la tubería según la siguiente tabla.

| Material de la tubería | Agua con sedimentos | Agua con fragmentos |
|---|---------------------|---------------------|
| Concreto de: | | |
| 240 kg/cm ² | 3.0 | 2.0 |
| 210 kg/cm ² | 5.0 | 3.3 |
| 250 kg/cm ² | 6.0 | 4.0 |
| 280 kg/cm ² | 6.5 | 4.3 |
| 315 kg/cm ² | 7.5 | 5.0 |
| Concreto reforzado mayor de 280kg/cm ² y curado al vapor | 10.0 | 6.6 |
| Cloruro de pívínilo PVC | 10.0 | 10.0 |

Tabla 34. Velocidad máximas permisibles para drenajes.

- El diámetro mínimo para la tubería principal será de 10". Los domiciliarios se pueden trabajar en 6" como mínimo.
- Las tuberías deben estar en la capacidad de evacuar un caudal a tubo lleno igual o mayor que el caudal de diseño.

- Los tamaños de la tubería no deben disminuir en la dirección de aguas abajo, aunque una mayor pendiente puede proporcionar una capacidad adecuada en la tubería más pequeña. Cualquier basura que entra a un dren debe llevarse a través del sistema hasta la salida, y es muy grande la posibilidad de que se tape con basura una tubería más pequeña que una de mayor diámetro.
- La pendiente de la tubería debe estar de acuerdo con la pendiente del terreno, lo más que se pueda, para hacer mínimas excavaciones. En algunos casos, puede ser posible utilizar una tubería mas pequeña sobrepasando la pendiente del terreno. Si con esto se logra usar tubería más pequeña a cierta distancia aguas abajo, la alternativa puede ser económica, a pesar de que se tenga una mayor excavación.
- Las pendientes de la tubería se marcan en términos de la elevación de la cota invert. O sea la cota del interior del fondo de la tubería.
- El tiempo de concentración para cada casa puede ser tomado como cinco minutos.

Para iniciar el diseño primero calculemos el diámetro de tubería que se necesita para la tubería de conexión al colector principal. El siguiente ejemplo muestra que para lotes con áreas menores a 750 m² asumiendo toda el área totalmente impermeable el diámetro mínimo que establecen las normas que es 6" es suficiente para drenar el agua pluvial de dicho terreno siempre y cuando la pendiente de la tubería de conexión domiciliar hacia el colector principal se encuentre entre el 2% y el 8%. El procedimiento se puede hacer con los siguientes pasos:

- Primero se calcula el área total del lote.
- Se calcula el área techada o pavimentada y el área de jardín. Generalmente el área techada y pavimentada ocupa entre el 60% y el 70% y el área de jardín entre el 40% y el 30%.
- Se calcula el coeficiente de escorrentía combinado. Haciendo la sumatoria de los productos de coeficiente de escorrentía por área

para el área techada y área de jardín y luego se divide dentro del área total del lote.

- El tiempo de concentración se fija en 5 min.
- Con el tiempo de concentración se encuentra la intensidad de lluvia para un periodo de 25 años.
- Se calcula el Caudal de diseño.
- Utilizando la fórmula de Manning y conociendo el caudal, la pendiente y el coeficiente de Manning para PVC se calcula el diámetro de tubería necesario.
- Con el diámetro comercial mas cercano se calcula el caudal a tubo lleno utilizando nuevamente la formula de Manning.
- Se divide el caudal de diseño dentro del caudal a tubo lleno y se encuentra la relación $Q_{\text{diseño}}/Q_{\text{lleno}}$
- Con la relación se utiliza la tabla 23 para calcular la relación $V_{\text{diseño}}/V_{\text{lleno}}$.
- Se calcula la velocidad a tubo lleno dividiendo el caudal a tubo lleno dentro del área del tubo seleccionado.
- Con la relación $V_{\text{diseño}}/V_{\text{lleno}}$ se calcula la velocidad real para determinar si esta dentro del rango permitido.

El procedimiento para el cálculo de la red de drenajes es similar con la diferencia de que las áreas tributarias se van acumulando así como también el tiempo de concentración. El tiempo de concentración en cada pozo o caja de conexión será igual al tiempo de concentración de cada casa más el tiempo de concentración del tramo anterior. Al utilizar este procedimiento podemos obtener resultados bastante buenos. Aún así es recomendable contratar los servicios de un Ingeniero Sanitario para este diseño ya que como se explico con anterioridad esto lo solicita el Ministerio del Medio Ambiente.

En cuanto a la ubicación de las tuberías se acostumbra colocar la tubería de drenaje sanitario al centro de la calle. Esto como ya se dijo puede ser aprovechado para ubicar los tragantes también al centro de la calle y así

aprovechar los pozos de visita. La profundidad mínima de la cota corona de la tubería debe ser de 1.00 mt. Se debe revisar que el fondo de la zanja donde se colocara la tubería este perfectamente conformada y que posea un relleno de material selecto de por lo menos 0.05 mt. Si la zanja no se encuentra bien conformada la tubería puede presentar depresiones que ocasionaran sedimentación de sólidos que en algún momento puede ocasionar el taponamiento de la misma.

| Cálculo de diámetro tubería conexión domiciliar | | |
|---|-----------|-------------------|
| Ancho | 20.000 | ml |
| Fondo | 50.000 | ml |
| Área | 1,000.000 | m ² |
| Área casa+carport+acceso | 1,000.000 | m ² |
| Area jardín | - | m ² |
| Coeficiente escorrentía casa | 1.000 | |
| Coeficiente escorrentía jardín | 0.150 | |
| Coeficiente escorrentía combinado | 1.000 | |
| Tiempo de concentración | 5.000 | min |
| Intensidad de lluvia a 25 años | 167.553 | mm/hr |
| Caudal | 0.047 | m ³ /s |
| Coeficiente de Manning para PVC | 0.009 | |
| Pendiente de tubería de acometida | 0.080 | |
| Diámetro según Manning (mt) | 0.135 | mt |
| Diámetro según Manning (plg) | 5.295 | plg |
| Diámetro comercial | 5.000 | plg |
| Diámetro mínimo según norma | 6.000 | plg |
| Caudal a tubo lleno Q _{ll} | 0.065 | m ³ /s |
| Relación Q _{diseño} /Q _{ll} | 0.72 | |
| Relación V/V _{ll} | 0.95 | |
| Velocidad a Tubo lleno | 2.19 | m/s |
| Velocidad real | 2.09 | m/s |

Tabla 35. Cálculo de diámetro de tubería para conexión domiciliar en drenaje pluvial.

En cuando a las conexiones domiciliars es importante ubicarlas en un lugar donde no interfieran con el acceso a la vivienda. Además de esto al construir la caja de conexión domiciliar se debe dejar con su respectiva tapadera para evitar que la basura, tierra, etc. que se produce a la hora de la construcción de la vivienda, puede introducirse en el sistema y provocar

taponamiento de tuberías. Así también en la época lluviosa, el agua arrastra tierra y si las cajas no se encuentran debidamente tapadas esto dará problemas.

4. Sub-drenajes. En ocasiones cuando se hace la excavación de cajuela para las calles o la excavación para colocación de tuberías o cimientos de las construcciones en una urbanización, nos encontramos con afloramientos de agua subterránea. La presencia de agua altera las condiciones de soporte del suelo y puede ocasionar el arrastre de material y producir socavaciones del terreno natural. En estos casos es necesaria la construcción de sub-drenajes. El concepto general del sub-drenaje es el de crear un medio a través del cual el agua que aflora pueda ser desalojada previniendo el arrastre de partículas del suelo natural. Para eso generalmente se utilizan tuberías perforadas que se envuelven en telas geotextiles no tejidas y se recubren con piedrín. La tela geotextil cumple la función de no dejar pasar las partículas de suelo que arrastra el agua. El piedrín además de servir como primer filtro sirve también para romper la presión de poro del agua. Cuando las áreas de afloramiento son grandes y se ubican debajo de calles es necesario además del sub-drenaje, reforzar el suelo con geomalla del tipo biaxial con el fin de aumentar la capacidad de valor soporte del suelo subyacente. Cuando se hace esto se hace una excavación de aproximadamente 0.80 mt y se coloca la geomalla y sobre ésta, un geotexil tejido para evitar el contacto del material subyacente con el material que se utilizara como relleno. Posterior a la colocación del geotexil tejido se coloca una capa de piedrín que sirve para romper la capilaridad del agua y por consiguiente detener su ascensión hacia la superficie. Sobre esta capa de piedrín se coloca nuevamente el geotextil tejido y se rellenó con material selecto hasta llegar al nivel de subrasante. Es recomendable extender por lo menos 0.50 metros más a cada lado del área dondes se detecte el problema.

G. Diseño del sistema de suministro de energía eléctrica domiciliar e iluminación exterior.

El tema del diseño del suministro de energía se puede dividir en dos partes:

- Diseño eléctrico
- Diseño de la Infraestructura necesaria.

En Guatemala el suministro de energía eléctrica lo provee la Empresa Eléctrica de Guatemala Sociedad Anónima, EEGSA.

El diseño eléctrico de la red lo puede realizar cualquier Ingeniero Eléctrico o Empresa Homologada y se presentado en EEGSA para su aprobación. Para el diseño eléctrico se debe proveer la información de la carga eléctrica requerida ubicada en un plano de la urbanización. Se debe ubicar los puntos exactos donde se solicitar el servicio de medición secundaria. En otras palabras los puntos en los que se solicitará una acometida con contador.

Esta información debe incluir como mínimo:

- Cantidad de lotes y la garita.
- Ubicación y descripción del equipo de bombeo del pozo mecánico.
- Ubicación y descripción del equipo de bombeo de la cisterna.
- Ubicación y descripción del equipo de planta de tratamiento

La carga para casas en urbanizaciones para familias de ingresos catalogados “media alta” puede tomarse entre 5 y 6 Kva. Las demás cargas dependerán de los equipos que se utilizarán dentro de la urbanización.

Los sistemas de suministro también pueden ser monofásicos y trifásicos. Esto depende los requerimientos del cliente. LA EEGSA permite los sistemas monofásicos para cargas menores a 100 KVA. También se establece que para cargas mayores a los 300Kva es necesario construir un banco de transformadores ya que no es permitido para esta carga los transformadores ubicados en postes.

El diseño eléctrico depende mucho de varios factores como, la economía, el espacio disponible para los componentes eléctricos del sistema,

la carga requerida, la existencia de un posteo existente de líneas de conducción de alta tensión cercanas. Debido a esto los diseños pueden variar considerablemente entre una urbanización y otra. Hay dos formas de contratar el suministro de energía eléctrica:

- Comprar la energía a la EEGSA
- Comprar energía en bloque a una comercializadora.

En el primero de los casos la EEGSA adjudica el proyecto a alguna de las empresas “homologadas” (que cumplen con las normativas de EEGSA) en lo que respecta a los trabajos eléctricos. Luego la red de distribución es donada a la EEGSA para que ella se haga cargo del mantenimiento. En este caso se puede trabajar de dos formas:

1. **Tablero múltiple de contadores.** Consiste en colocar un tablero múltiple de contadores en el cual la EEGSA coloca todos los servicios que se van a utilizar dentro de la urbanización. Cuando se trabaja de esta manera la distribución del panel hacia cada uno de los puntos de descarga se contrata con una empresa de servicios eléctricos. Por esta razón se necesita tener una buena asesoría técnica para que el sistema funcione eficientemente. En los sistemas de distribución subterráneos para acometidas de viviendas no se puede trabajar con cable de aluminio. Se debe hacer siempre con cable de cobre y con los calibres que sean necesarios.

En este sistema la concesión a la EEGSA se hace únicamente por la acometida primaria y el panel de contadores. Toda la instalación eléctrica a partir del panel es privada. Esto implica que el mantenimiento de la red tendrá que correr por cuenta de la administración del condominio o lotificación.

2. **Servicio directo a cada usuario.** Consiste en construir una red de distribución en la cual la EEGSA llegue directamente a cada punto en el que se necesita el servicio y no a un panel de contadores. Debido al tipo de urbanización que tratamos y como la red es subterránea, los transformadores que se utilizan son los denominados PAD-MOUNTED para intemperie. La ubicación y capacidad de los mismos es dado por el diseño eléctrico. Estos

transformadores así como el cable y los materiales necesarios para el trabajo eléctrico deben ser autorizados por la EEGSA. La construcción de la obra civil para este sistema debe tener un estricto control de supervisión para no tener problemas en la entrega del mismo a la EEGSA. En este sistema el mantenimiento de esta red corresponde a la EEGSA así como también el trabajo de cableado, colocación de transformadores, postes y el equipo necesario.

En cuanto al diseño eléctrico hay que tener claro que el costo de los materiales es muy importante, sobre todo el de los transformadores. Por esta razón es necesario tener un poco de conocimiento al respecto. Hay un número óptimo de casas a ser servidas por cada transformador dependiendo de la carga por casa, tamaño de los lotes. Para una carga dada por casa el costo por Kva de los transformadores es inversamente proporcional al número de casas servidas. Es decir entre más casas se puedan abastecer con dicho transformador menor será el costo de Kva del transformador. Así también, si el número de casas por transformador se incrementa, el costo de la distribución secundaria y el servicio se incrementa debido a la mayor cantidad de cable necesario para el secundario. Como el costo total es la suma de estos costos, debe existir un número óptimo de casas por transformador. Al momento de hacer un estudio económico, es necesario examinar las pérdidas de voltaje en el sistema de servicio secundario para asegurarse que no se están excediendo los límites de caída de voltaje permitido para condiciones normales y caídas de voltaje permitido para que no se produzca la sensación de luz oscilante.

En el segundo caso la energía se compra a una comercializadora en bloque ubicando únicamente una medición primaria para el cobro de la misma. En este caso la comercializadora que se contrate es la encargada de solicitar la autorización correspondiente a la Comisión Nacional de Electrificación. Este caso es permitido únicamente cuando dentro del proyecto no existen calles municipales. La red distribución se construye bajo la responsabilidad del propietario así como también el mantenimiento de la

misma.

Para que todo esto se pueda hacer se necesita de una infraestructura. Esta infraestructura es la red de distribución eléctrica que esta compuesta básicamente por:

- Ductos o tuberías PVC
- Cajas de registro tipo H
- Bases para transformadores.

Cuando se tiene construida toda la infraestructura necesaria, se procede a hacer la entrega de esta a la EEGSA. En otras palabras se hace la concesión de la red de distribución a la EEGSA que será la encargada del mantenimiento de la misma por lo que será necesario dejar todas las estructuras que involucren conexiones eléctricas con acceso fácil y sin perturbar la tranquilidad de los vecinos. Esta concesión se hace a través de un trámite legal en el que se establece que la EEGSA tiene el ingreso libre a cualquier estructura que conforme la red para realizar trabajos de mantenimiento y/o reparación y lectura de contadores.

Por la razón anterior, la EEGSA posee un manual en el cual establece las normas necesarias que se deben cumplir como mínimo para la aceptación de la red de distribución. En general esas normas en cuanto a las urbanizaciones se pueden definir de la siguiente manera:

En cuanto a las tuberías:

- Las tuberías deben tener una profundidad mínima de 0.75 metros según la norma ND-1914 para pendiente de ductos.
- Las tuberías deberán ser las que se indiquen en el diseño. En los atravesones de calle se deberá colocar tubería HG aunque no lo especifique el diseño.
- Cuando se utilice PVC tendrá que utilizarse tubo de 80psi. No se permite el uso de tuberías polietileno.
- Se deberá revisar antes del relleno de las zanjas que los tubos se encuentren perfectamente pegados uno a otro .

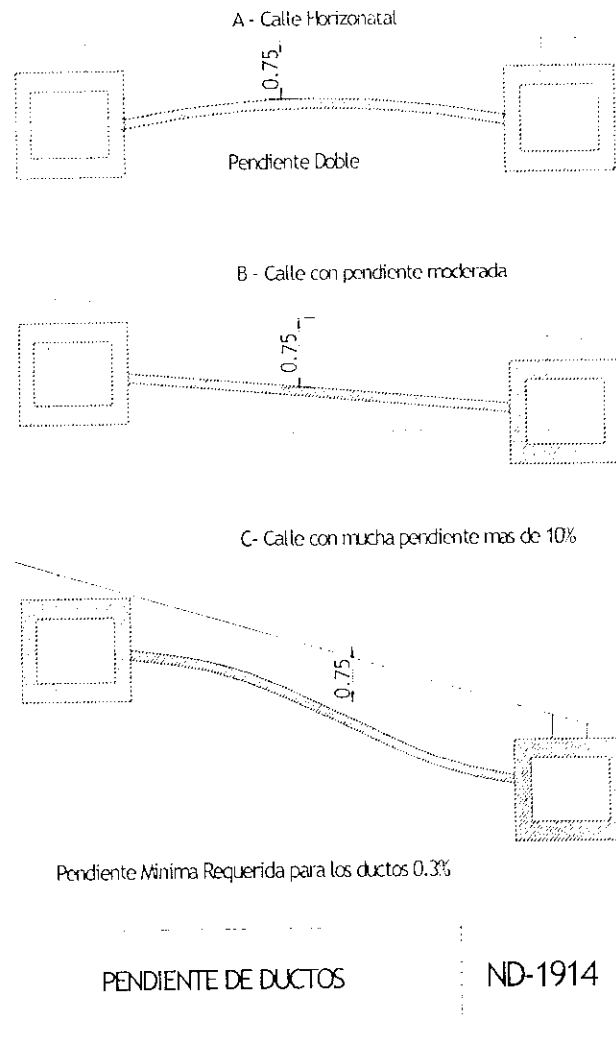
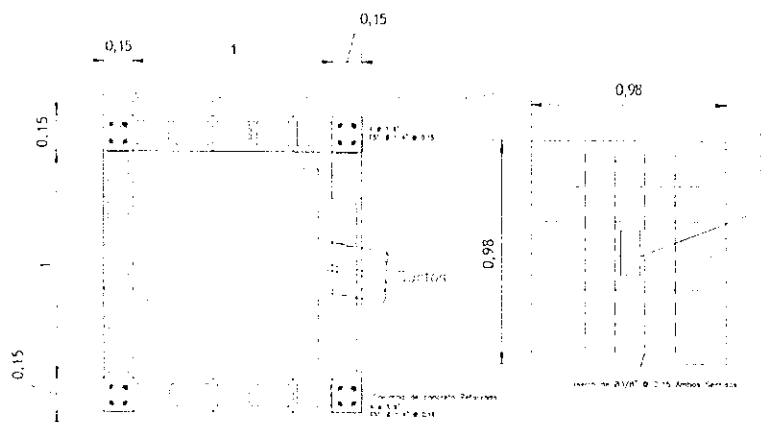


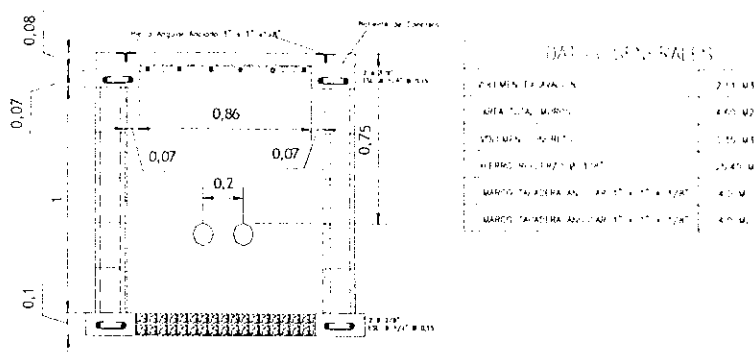
Figura 46. Profundidad mínima para tuberías de electricidad subterráneas.

En cuanto a las cajas tipo H se construirán de acuerdo a la figura 47. Hay que tomar en cuenta que si se ubican cerca de afloramientos de agua será necesario colocar un sub-drenaje que tendrá que ser conectado al sistema de drenajes de la lotificación.

Cuando se utilizan transformadores tipo PAD MOUNTED se deben construir bases para su montaje. Estas bases se construyen de concreto y sus dimensiones dependen de las dimensiones del transformador. La forma de conexión de este tipo de transformadores se muestra en la figura 48.



PLANTA



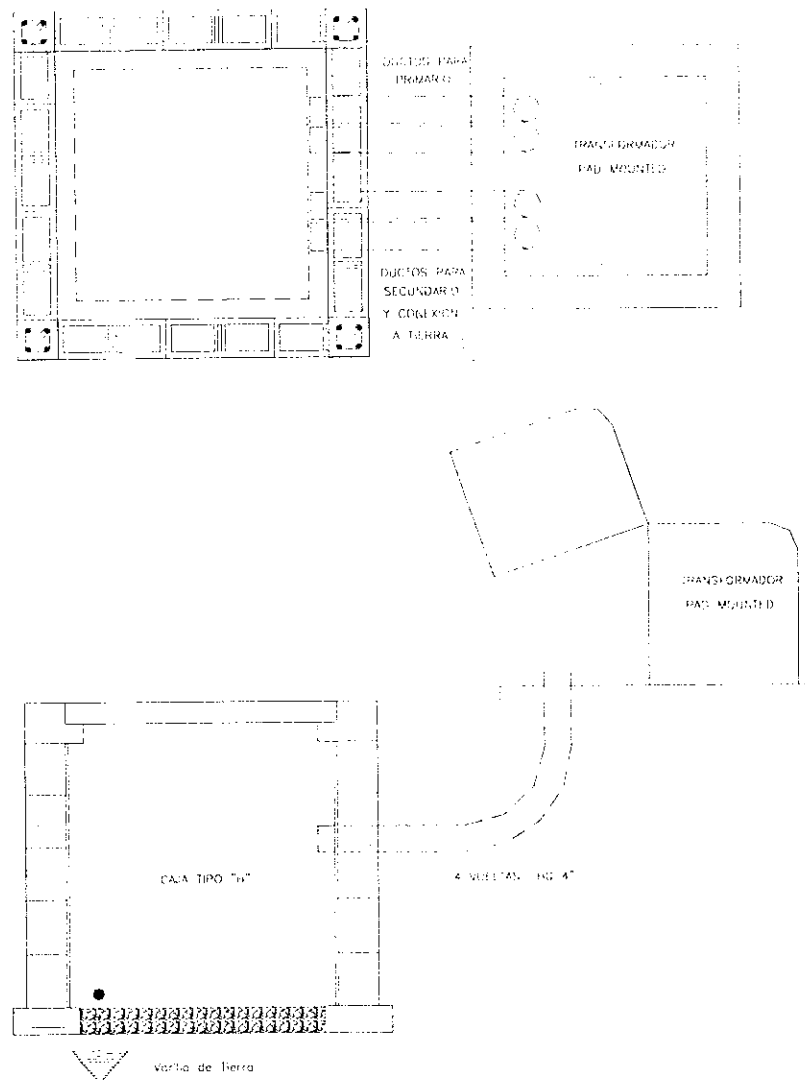
ELEVACION

REGISTRO TIPO "H"

ND-1903

Figura 47. Detalle de cajas tipo H

En cuanto a la construcción de la caseta para banco de transformadores si es necesaria se debe construir con mampostería reforzada y con losa de concreto fundido por razones de seguridad. Siempre deben llevar ventilación según los requerimientos de las normas de la EEGSA. Se debe considerar también un drenaje al piso para evitar cualquier inundación dentro de la caseta.



ELEVACION

Figura 48. Detalle de instalación de transformadores tipo Pad Mounted

3. Iluminación exterior. La iluminación exterior se puede trabajar de dos formas:

- Donar la Iluminación publica a la EEGSA

- Hacer circuitos internos privados para la iluminación pública con contadores de medición secundaria.

En el primero de los casos la empresa eléctrica se encarga de proveer e instalar los postes y lámparas para el alumbrado público. La energía para estas lámparas la obtiene de la red de distribución eléctrica por lo que no será necesario contemplar esto en el diseño original para incluir los ductos necesarios. En este caso la empresa eléctrica cobra el servicio de iluminación pública incluido en el recibo de pago de cada usuario. El mantenimiento de esta red es responsabilidad de la EEGSA.

En el otro caso se hace una red de iluminación independiente de la red de electrificación general. Se contrata el diseño a una empresa de servicios eléctricos. Generalmente se distribuye la cantidad de luminarias en sectores y se solicita a la EEGSA un servicio de acometidas por cada sector. En este caso la EEGSA cobrará el servicio según la lectura realizada en cada contador pero el mantenimiento de la red estará a cargo del propietario de la urbanización o de la administración del condominio o lotificación.

En las urbanizaciones se busca que la armonía arquitectónica del proyecto no se vea afectada por ningún aspecto. Por esta razón se prefiere la colocación de postes decorativos para iluminación exterior. Cuando la EEGSA se hace cargo de la iluminación pública no permite la colocación de otro tipo de poste que no sea el que ellos colocan. Por esta razón, generalmente se prefiere utilizar el segundo caso descrito anteriormente. Cuando son urbanizaciones muy grandes se puede utilizar el primer caso debido a cuestiones puramente de costo.

Cuando se utiliza el circuito independiente de iluminación exterior será suficiente colocar un tubo de 3" de diámetro alrededor de todas las calles de la urbanización y proveer de una cantidad de cruces en las calles para evitar tramos muy largos de cable. Estos cruces se pueden proyectar a cada 75 metros tomando como referencia la línea central de la calle para la medición de estas distancias.

La cantidad y distribución de lámparas debe hacerse en base a un estudio de luminotecnia realizado por un especialista ya que esto depende de los siguientes factores que varían según el diseño arquitectónico y de espacio:

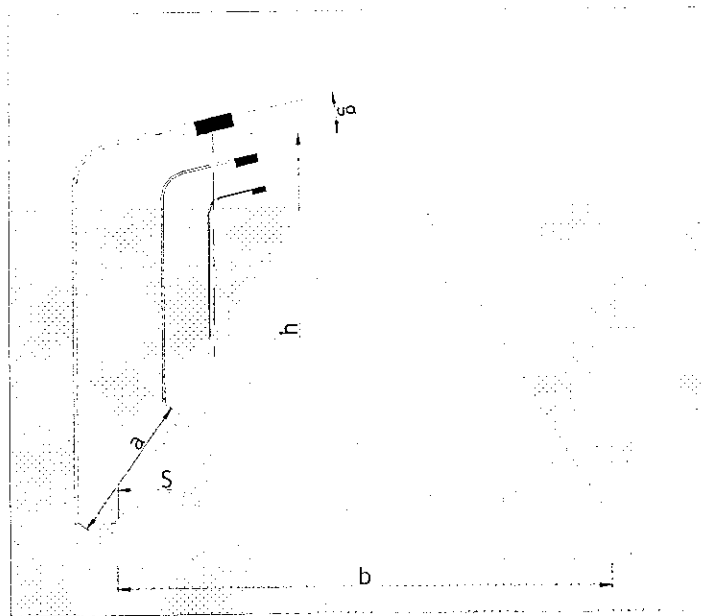


Figura 48. Factores a tomar en consideración para iluminación exterior.

Donde

h = Altura del foco luminoso

a = distancia entre aparatos de alumbrado

b = anchura de la calle

s = distancia de la proyección vertical del foco al borde de la calle

g = Ángulo de inclinación del aparato de alumbrado

G. Diseño del sistema de comunicaciones. (Teléfono, cable, intercomunicador, Internet.

La red de sistema de comunicaciones para urbanizaciones del tipo que se trata en este documento esta compuesta por:

- Servicio telefónico
- Intercomunicador con garita
- Servicio de televisión por cable
- Servicio de Internet

Debido al avance tecnológico en cuanto a las comunicaciones ahora las empresas de teléfono proveen dentro del mismo cableado el servicio de Internet. El servicio de cable si debe ir en un ducto diferente.

Lo recomendable es tener desde el inicio un diseño de la red de comunicaciones que nos indique la cantidad y diámetro de los tubos a colocar así como la disposición de los mismos.

Cuando esto no se tiene desde el inicio se recomienda dejar dispuestos dos tubos de Ø3" para las instalaciones de teléfono, Internet e intercomunicador, una tubería de Ø2" para el servicio de cable por televisión y un tubo seco de Ø2" para emergencias o cambios futuros en la red. Esto cuando se utiliza cable multipar en el cableado. La disposición de las tuberías se puede dejar formando mallas del ancho de la calle y largos de 75 metros.

Cuando se utiliza fibra óptica se pueden dejar dispuesto un tubo de 3" para las instalaciones de teléfono, Internet e intercomunicador, una tubería de Ø2" para servicio de televisión por cable y un tubo seco de Ø2" para emergencias o cambios futuros en la red.

Las instalaciones de teléfono no ocupan mucho espacio pero es importante conocer todos los componentes y su ubicación para dejar colocadas todas las tuberías que serán utilizadas. Cuando esto no se hace desde el principio, después se pueden tener problemas al tener que colocar tuberías en áreas donde ya está pavimentado, o en áreas ya jardinizadas.

Las cajas de registro para teléfono se denominan como cajas tipo V o tipo VII. Estas deben quedar bien identificadas para evitar confusiones. Es recomendable, por razones de orden, dejar la caja de registro de teléfono, intercomunicador e Internet separada de la caja de registro de servicio de cable. Aunque a veces por consideraciones de tipo económico todos los servicios quedan en el mismo registro.

A continuación se presenta el detalle de las cajas tipo VII,

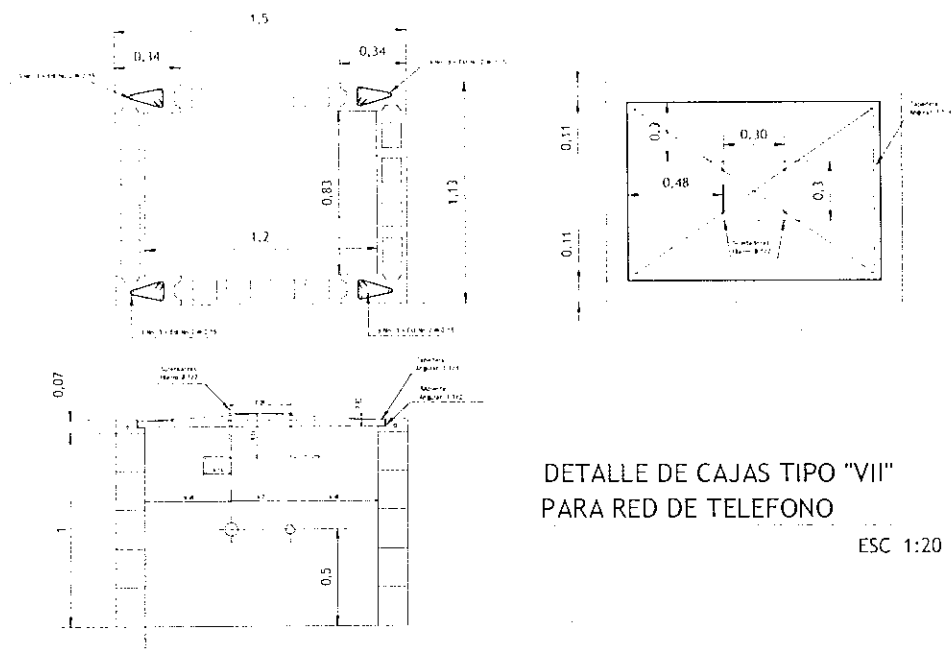


Figura 50. Detalle de cajas tipo VII para canalización telefónica.

Es importante dejar bien identificadas las tuberías de cada servicio. Esto se puede hacer pintando el tubo que llega a la caja con un color específico. Se puede utilizar el rojo para teléfono, azul para cable y verde para ducto seco de emergencia. Estos colores pueden cambiar aunque sería una buena práctica normalizarlos con el fin de ordenar el trabajo de campo y no tener confusiones.

VI. ELABORACIÓN DE PLANOS FINALES

Cuando se ha completado el proceso de diseño se deben plasmar los resultados en forma gráfica. Esto se hace por medio de la elaboración de planos finales que servirán para:

- Presentar el proyecto ante la Municipalidad para el trámite de licencia
- Presentarlos como parte del estudio de impacto ambiental
- Licitación de la construcción del proyecto
- Supervisar la ejecución del mismo.

La cantidad de planos depende del tamaño del proyecto y de la calidad de detalle con la que se quiera trabajar. Es importante detallar bien todas las estructuras no importando pequeñas o grandes con sus respectivas medidas para evitar confusiones o errores en la ejecución.

Los planos que deben resultar después del diseño técnico son los siguientes:

- **Plano de localización del terreno**
- **Plano de ubicación del proyecto**
- **Plano de distribución general.** En éste deberán ir los lotes debidamente numerados, ubicación de la garita, ubicación de áreas verdes, ubicación del área forestal. En este plano se deberá colocar un cuadro explicativo con los valores correspondientes a cada una de las áreas y sus respectivos porcentajes. También se deberá colocar el nombre de cada una de las calles para identificarlas fácilmente.
- **Plano de geometría de lotes.** En este deberán ir todas las dimensiones de los lotes con sus respectivas longitudes en metros y direcciones en azimut. Se especifica el ancho de calle, los radios de giro de las esquinas. Ubicación de la garita respecto de la calle de acceso. Si el plano se ve muy cargado con las dimensiones de curvas se debe colocar una tabla en la que se indiquen estos datos pero por ningún motivo se deben dejar de colocar.

- **Plano de niveles de plataformas.** Este deberá contener los niveles del terreno natural y los niveles finales de las plataformas tanto de los lotes como de las áreas verdes y de recreación. Si no se colocan los niveles del terreno original bastara con colocar el plano de curvas de nivel y los niveles finales de cada plataforma.
- **Plano de geometría de calles.** En este plano se colocaran los distintos ejes con sus respectivos estacionamientos y azimut. Donde existan curvas se debe colocar el radio, el delta de la curva, la longitud de curva, la estación de inicio de la curva PC y la estación final de la curva PT. No se debe olvidar colocar las estaciones de intersección con otros ejes si estas existen.
- **Planos de rasantes de cada una de las calles.** Este es un plano de planta perfil. Se divide el formato en dos partes a lo largo de la dimensión mas ancha del mismo. En la parte de arriba se coloca el alineamiento horizontal de la calle con su respectivo estacionamiento y azimut, así como anchos de calle. Si la calle en cuestión interfecta con otros ejes estos se deben indicar incluyendo los valores numéricos de las estaciones donde ocurre la intersección. En la parte de abajo se coloca el perfil de la calle en el que se dibuja el perfil de terreno natural y el perfil de la rasante final de la calle al nivel del concreto. Se deben identificar todas las curvas verticales con los siguientes datos: Estación de inicio de la curva vertical PCV, estación final de la curva vertical PTV, pendiente de la tangente de entrada, pendiente de la tangente de la curva, longitud de curva vertical y la elevación del PIV intersección de tangentes verticales. Si es posible se deben colocar los niveles de rasante en cada una de las estaciones del alineamiento. Esto facilita el trabajo de campo. En cuanto al perfil debe guardar una relación entre la escala vertical y la horizontal de 10:1 respectivamente. En este plano se coloca el gabarito de la calle con sus anchos, y la ubicación de las tuberías en un corte transversal de la misma.
- **Plano de red general de drenajes.** En este plano se deberán ubicar todos los pozos de visita debidamente identificados. Debe aparecer un listado

con la identificación de pozos y sus respectivas alturas. Se colocan también todas las tuberías y sus respectivos diámetros, pendientes y longitudes, incluyendo las acometidas domiciliarias. Se deberá colocar un cuadro con la simbología respectiva. En el caso del drenaje pluvial se deberá identificar claramente los desfogues previstos y se colocara un cuadro con los datos básicos de diseño. En el caso del drenaje sanitario se deberá colocar la ubicación de la planta de tratamiento y un cuadro con los datos básicos de diseño.

- **Plano de drenajes de calles.** Este plano es similar al plano de rasante de calles ya que el formato también es Planta-Perfil. Lo que cambia es la información contenida. En este plano en la parte de arriba se colocan los pozos y la estación del alineamiento horizontal en la que se ubican y las tuberías con sus respectivos datos en planta. En la parte de abajo se colocan los pozos con sus respectivas profundidades y las cotas invert de llegada y salida de cada uno de ellos. Se dibujan a escala las tuberías entre cada pozo y se coloca su pendiente. Los planos del drenaje pluvial son similares a los de drenaje sanitario.
- **Planos e detalles de drenajes.** En estos planos se deberá colocar todos los detalles estructurales y dimensiones de las estructuras complementarias como:
 - **Pozos de visita.** (Detalles de dimensiones, refuerzos de acero, tapadera, especificaciones de materiales, etc.)
 - **Tragantes** (Detalle de dimensiones, refuerzos de acero, tapadera, desarenador, piso, especificaciones de materiales, etc.)
 - **Conexiones domiciliarias.** (Detalle de dimensiones, refuerzos de acero, tapadera, piso, especificaciones de materiales, etc.)
 - **Planta de tratamiento.** Para el caso del drenaje sanitario. Con una ampliación de su ubicación exacta. Y todos sus componentes así como un cuadro con los datos para su diseño.

- **Desfogues.** Se deberá indicar el detalle de cunetas si se hará por medio de estas. Cajas de paso y un cuadro con las longitudes de cada desfogue.
- **Planos de red general de agua potable.** Se deberán colocar todas las tuberías de la red con sus respectivos diámetros y longitudes. La ubicación de las llaves de control, la ubicación del tanque de distribución, la ubicación del pozo de agua y las ubicaciones de las acometidas domiciliarias.
- **Planos de detalles de agua potable.** Se deberán colocar los detalles de las cajas donde se ubicaran las llaves de control. Los detalles de acometidas domiciliarias. El detalle estructural y dimensiones de la cisterna. Se deberá hacer un diagrama del sistema de bombeo si se va a utilizar.
- **Planos de Canalización Telefónica / cable / Internet / intercomunicador.**
- Se deberán colocar las tuberías con sus respectivos diámetros. No olvidar los atravezones en las calles. La ubicación de las cajas de registro y si ya se tiene el diseño del cableado los tipos de cable que se usaran y la estación principal de distribución.
- **Planos de detalles de instalaciones especiales.** Detalles de las cajas de registro y las estructuras complementarias de la red si ya se tienen las especificaciones.
- **Plano de canalización eléctrica.** En este plano se ubicaran las tuberías con sus respectivos diámetros y cantidades. La ubicación de los transformadores y la ubicación de las cajas tipo H. Si ya se tiene el diseño del cableado se deberá colocar esta información en el plano.
- **Plano de detalles de la red eléctrica.** En este plano se colocan los detalles para la construcción de las cajas tipo “H”, las bases de los transformadores, si se va a colocar un panel de contadores también se ponen estos detalles.

Todos estos planos son necesarios para realizar el trámite de la licencia y para presentar también en el Ministerio del Medio Ambiente para el estudio de impacto ambiental.

VII. TRÁMITE DE LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN

Para el trámite de la licencia de construcción se necesita contar con la siguiente papelería:

- Solicitud por medio de un memorial dirigido al Señor Alcalde Municipal con los datos de identificación del propietario y/o representante legal.
- Si es una persona jurídica se deberá presentar fotocopia legalizada del acta notarial del Nombramiento como Representante Legal debidamente registrado.
- Testimonio de la escritura pública otorgada por el propietario del proyecto donde se compromete ante la municipalidad a cumplir con todos los requisitos que el reglamento establece en lo que se refiera a áreas comunales (verde y circulación) y las correspondientes a servidumbre.
- Estudio de evaluación de Impacto Ambiental debidamente aprobado.
- Estudio de cambio de uso de suelo autorizado por el INAB.
- Certificación reciente de la primera y última inscripción del dominio de la finca o fincas en las que se realizara el proyecto expedida por el registro general de la propiedad con todas sus anotaciones.
- Tres juegos completos de planos debidamente firmados por Ingeniero colegiado activo, timbrados y sellados.(Todos los planos descritos en el inciso anterior)
- Proyectos de reglamentación internos del condominio.
- Certificación de solvencia municipal extendida por la tesorería municipal.
- Memoria técnica del proyecto.
- Boleto de ornato del propietario del proyecto .
- Boleto de ornato del ejecutor.
- Presentar constancias de colegiado activo del Ingeniero que firma los planos y del Ingeniero que realizo el EIA.

Estos datos son indispensables para el tramite de licencia por esto hay que poner énfasis en cada uno de ellos para no tener problemas al momento de

ingresar la papelería. Todos los trámites legales deben ser realizados al mismo tiempo que se realiza el diseño técnico del proyecto para evitar atrasos.

Los encargados de hacer el trámite serán tanto el Ingeniero administrador del proyecto o el propietario como el licenciado encargado de los trámites en el registro y de la elaboración del reglamento del condominio.

En general, en cualquier proyecto se pueden tener atrasos por el trámite de licencia. Estos atrasos generalmente se dan por la falta de uno o de varios de los requisitos que la Municipalidad solicita. Por este motivo es muy importante estudiar bien todos y cada uno de estos requisitos para cumplirlos y no tener problemas por ese tipo de situaciones. El trámite de licencia dentro de las municipalidades en Guatemala generalmente consta del siguiente procedimiento:

- Recepción de expedientes que cumplan con todos los requisitos.
- Revisión del diseño técnico por medio del Depto. De Construcciones de la Municipalidad.
- Revisión del diseño por medio del Depto. De Ingeniería de la Municipalidad
- Dictamen final del Consejo Municipal.

Al obtener el dictamen final el Consejo define cuál será el monto a pagar por la licencia. Este monto generalmente es un porcentaje del valor total del proyecto. Estos porcentajes varían dependiendo del reglamento Municipal pero pueden estar en el rango de 5% al 10%.

El trámite de licencia dentro de la Municipalidad puede durar alrededor de un mes por lo que será necesario hacer una buena programación de trabajo y tomar en cuenta este tiempo para no ocasionar atrasos en los compromisos adquiridos con los clientes o con los socios del proyecto. Si se empieza a trabajar sin la licencia respectiva se tendrán que pagar las multas que la Municipalidad establezca y que en ocasiones ascienden al 100% del monto del valor de la licencia.

VIII. TIEMPOS BÁSICOS DE EJECUCIÓN

Los tiempos de ejecución para las actividades de planificación y diseño depende en una parte del tamaño del proyecto. A continuación se presentan unos parámetros que pueden servir para el cálculo del tiempo necesario para la elaboración de la planificación y diseño. Estos tiempos fueron estimados en base a la experiencia propia de proyectos anteriores y de acuerdo a consultas realizadas de otros proyectos.

Tiempos básicos de ejecución en días para las actividades de planificación y diseño de urbanizaciones de acuerdo a la cantidad de lotes.

| Trabajos preliminares | 30 - 50 | 50 - 100 | 100 - 150 | 150< |
|--|----------------|-----------------|------------------|----------------|
| Estudio de suelos | 21 | 21 | 30 | 30 |
| Levantamiento topográfico (planimetría y altimetría) | 14 | 14 | 21 | 21 |
| Investigación de reglamentos municipales | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Elaboración del anteproyecto | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Trabajos Finales | | | | |
| Elaboración del diseño arquitectónico final | 14 | 14 | 21 | 21 |
| Revisión del diseño arquitectónico final | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Diseño de alienamiento horizontal y vertical de calles | 5 | 7 | 10 | 14 |
| Diseño de plataformas | 2 | 4 | 6 | 8 |
| Diseño de la estructura del pavimento | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Diseño de red de agua potable | 4 | 6 | 8 | 8 |
| Diseño de red de drenaje pluvial | 4 | 6 | 8 | 8 |
| Diseño de red de drenaje sanitario | 4 | 6 | 8 | 8 |
| Diseño de red de electrificación y alumbrado | 21 | 21 | 21 | 12 |
| Diseño de red de instalaciones especiales | 7 | 7 | 7 | 7 |
| Elaboración de planos finales | 7 | 10 | 14 | 20 |
| Estudio de Impacto Ambiental | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Trámite licencia | 30 | 30 | 30 | 30 |

Tabla 36 Tiempos básicos de ejecución para actividades de planificación y diseño.

Estos tiempos pueden variar dependiendo algunos factores como la habilidad del diseñador, la rapidez con que la Municipalidad de su dictamen, etc. Pero, en general, se pueden adoptar para tener una idea de la duración de planificación y diseño.

IX. PROGRAMA GENERAL DE TRABAJO

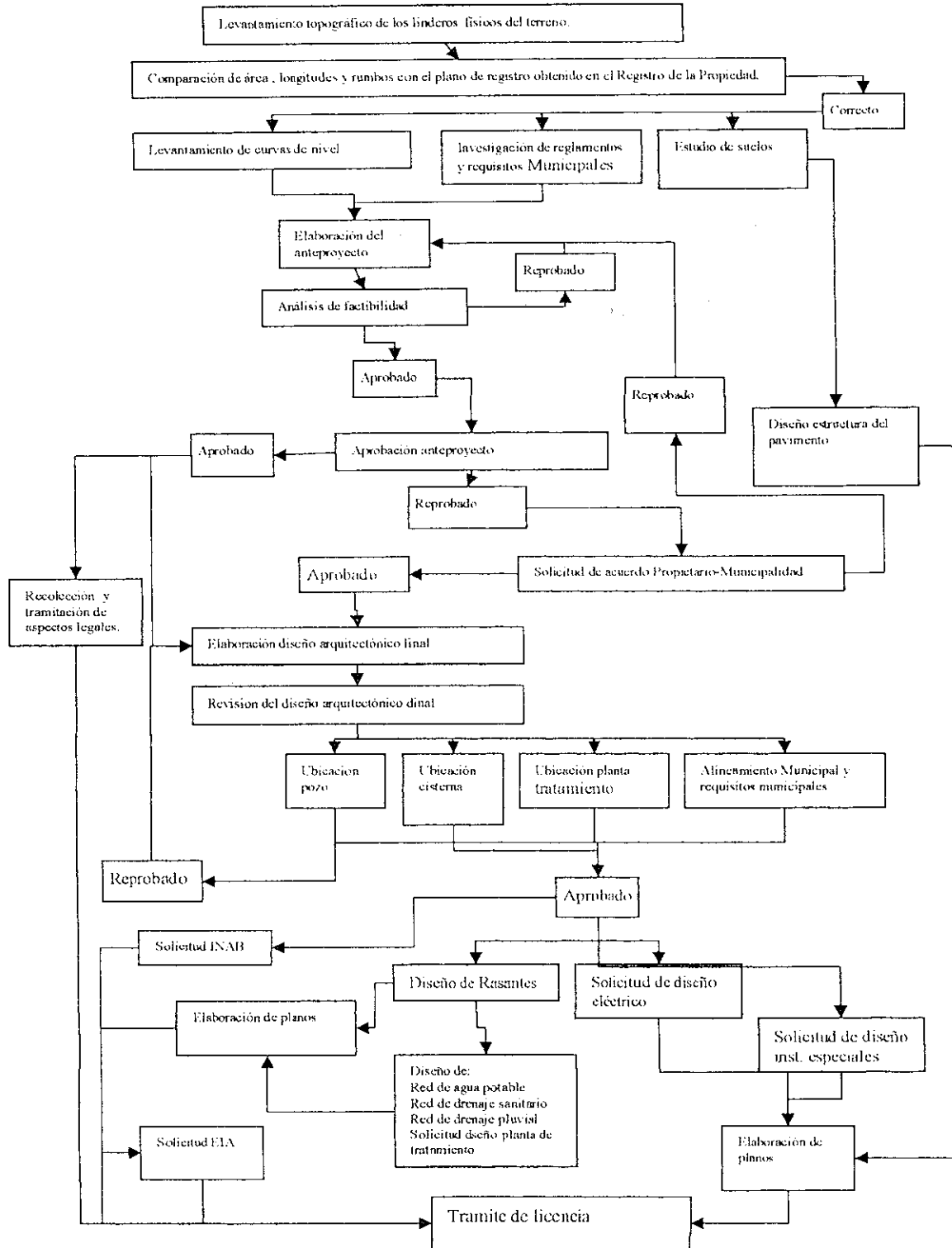
El programa general de trabajo para la planificación y diseño se puede hacer como se muestra en la tabla 37.

El ejemplo muestra la programación para una urbanización que posea entre 30 - 50 lotes. Los tiempos para los otros rangos de lotes presentados en el capítulo anterior se pueden hacer siguiendo el mismo criterio que se presenta a continuación.

- El estudio de suelos, el levantamiento topográfico y la investigación de reglamentos municipales y requisitos generales puede iniciar el mismo día.
- La elaboración del anteproyecto se hace después de que tengamos los datos topográficos y de que se hayan realizado las investigaciones necesarias. Por lo que empieza inmediatamente después de estas actividades.
- La elaboración del diseño arquitectónico final y la revisión del mismo se pueden hacer al mismo tiempo y empiezan inmediatamente después de finalizado el anteproyecto.
- Para el diseño del alineamiento horizontal y vertical de las calles tiene que estar definida la planta de distribución general final. Por lo que se inicia después de finalizado el diseño arquitectónico final.
- El diseño de plataformas va de la mano con el diseño de la alineación de las calles. Por eso comienza inmediatamente después de este.
- El diseño de la estructura del pavimento se puede iniciar después de concluido el estudio de suelos.
- El diseño de la red de agua y drenajes se puede iniciar al terminar también el diseño de la alineación de las calles.
- El diseño de la red de electrificación e instalaciones especiales se puede hacer al terminar el diseño arquitectónico final.
- La elaboración de planos finales se puede iniciar desde que se termina el diseño arquitectónico final. Pero debe terminar dos días después de la finalización del diseño eléctrico.

- El trámite de la licencia se debe iniciar después de terminadas todas las actividades

X. DIAGRAMA DE LFUJO DE LOS PASOS A SEGUIR PARA CONTROL DE ACTIVIDADES DE PLANIFICACIÓN Y DISEÑO

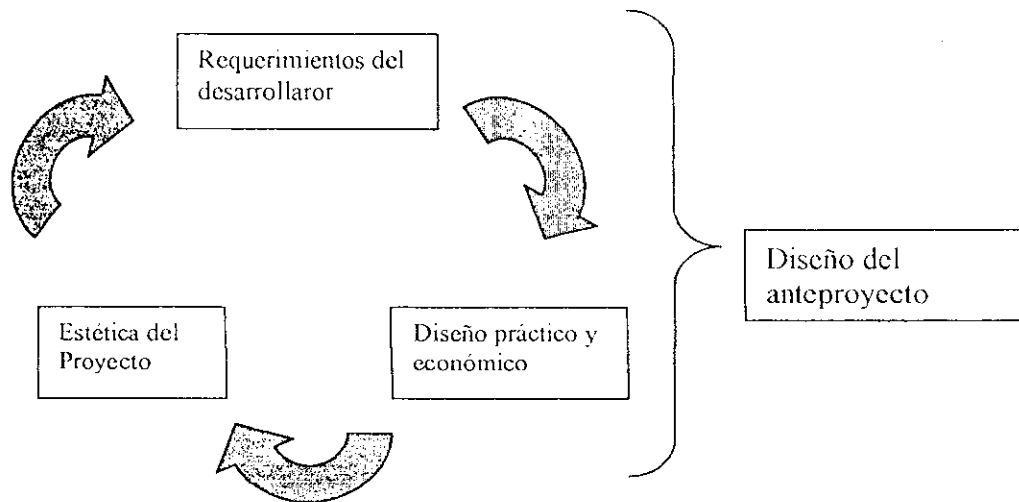


XI. RESUMEN DE RECOMENDACIONES DE DISEÑO Y PLANIFICACION

En general, se pueden dar las siguientes recomendaciones para la planificación y el diseño de proyectos de urbanización para familias de ingresos catalogados “media alta”.

Para el proceso de planificación.

- Se debe tener la total seguridad de que el terreno en donde se construirá tiene sus linderos bien definidos tanto en campo como en el plano que aparece en el Registro de la Propiedad. Si no se tiene total seguridad de esto no se puede empezar el diseño de distribución de lotes, calles, etc.
- Es muy importante la comunicación Arquitecto-Ingeniero-Desarrollador en la fase de elaboración del anteproyecto. Hay que recordar que en esta fase es en la que se concibe la idea del proyecto y se da la identidad al mismo. Para esto es necesario conjuntar los tres aspectos siguientes aspectos:



- Se deben investigar los costos aproximados de las actividades que componen el proyecto. Esto se hace consultando a empresas que se dediquen a cada una de las actividades o por experiencias recientes en

otros proyectos. Si esto no se hace se pueden tener errores de cálculo en el estudio de factibilidad.

- Se debe tener claro cuáles son los requisitos municipales que se deben cumplir para la solicitud de la licencia de construcción. Esta es posiblemente la actividad que mas tiempo lleva. Por lo que desde la aprobación del proyecto es necesario dar un seguimiento continuo a los trámites que sirven para poner en orden la situación legal y tributaria del terreno, así como también la conformación de sociedades, etc.
- Cuando se aprueba el anteproyecto, se debe dar énfasis al diseño de rasantes de calle. Este diseño es indispensable para el diseño de la red de drenajes. Y el diseño de la red de drenajes es requisito para solicitar el Estudio de Impacto Ambiental (EIA). El “EIA” también es un trámite tardado por lo que hay que tratar la manera de tener estos diseños lo antes posible.
- El diseño eléctrico se debe solicitar también al tener aprobado el anteproyecto. Este diseño también puede durar algunos días por lo que importante solicitarlo a tiempo para evitar problemas posteriores.
- Se debe tener definido cuáles serán los desfogues para las aguas de lluvia. Hay terrenos que son muy planos y no tienen un lugar en el cual poder desfogar su sistema de drenajes pluviales. Este puede ser un factor decisivo en la elección del terreno a desarrollar ya que el costo de la construcción de una estructura para desfogar las aguas pluviales puede ser muy alta.

Para el diseño geométrico de la urbanización

- Es importante obtener siempre por escrito una resolución de la Municipalidad acerca del alineamiento del terreno con respecto de la calle municipal que le da acceso al mismo.
- Es importante definir el nivel de plataformas juntamente con el diseño de rasantes para estar seguro de las pendientes de acceso a las viviendas y asegurar el desnivel necesario para el desfogue de los drenajes de las casas.

- Se deben diseñar las plataformas pensando siempre en minimizar los desniveles entre lotes para no tener que construir muros de contención con costos muy altos.
- Se debe especificar en los planos los detalles correspondientes a las estructuras que servirán para los muros perimetrales de la urbanización así como también las estructuras que delimitarán el espacio de las estructuras de cisterna, plantas de tratamiento, banco de transformadores si se diera el caso.
- Se debe definir la sección transversal de las calles ya que esto incide directamente en el sistema de drenajes pluviales y en la necesidad de construir bordillos o prescindir de ellos.
- Se debe estudiar con detenimiento el diseño de la ubicación de los servicios subterráneos. Esto para evitar lo mas posible el cruce de tuberías en un mismo nivel de zanja y para determinar la ubicación exacta de las cajas de registro de los distintos servicios.

Para la estructura del pavimento

- Se recomienda siempre la estabilización con cal de la subrasante para eliminar problemas producidos por la expansividad de los suelos y para lograr una mejor trabajabilidad del material.
- Para suelos arcillosos de subrasante se recomienda la compactación a humedades entre 1 y 3 puntos por encima de la optima del ensayo Proctor Normal (AASHO T-99) para disminuir los cambios de volumen del suelo y minimizar los cambios de humedad de la subrasante después de la construcción del pavimento.
- Cuando se utilice una sub-base granular se recomienda que el espesor sea mayor de 10 cm ya que espesores menores no ofrecen protección contra el bombeo y en cambio, además de elevar el costo del proyecto, conduce a asentamientos indeseables bajo el trafico. Por eso la practica racional es utilizar espesores de 10 a 15 cm para la subbases

granulares. Se recomienda compactarla a un 100% del ensayo Proctor Normal.

- Se recomienda el uso de bases de suelo cemento ya que estas son prácticamente insensibles a los efectos de densificación ocasionados por el tráfico. Además de esto el valor de “k” de la subrasante sufre un aumento sustancial provocando reducciones sensibles en el espesor de la losa y por lo tanto menor costo. Se recomienda compactarla a un 95% del ensayo Proctor Normal. El espesor recomendado puede estar entre 10 cm y 15 cm. Espesores mayores se traducen en subbases de costos altos.
- La mezcla de concreto para la losa de la carpeta debe tener como mínimo un modulo de ruptura de 40 kg/cm² y un revenimiento máximo de 9 cm (3 ½”).
- Se recomienda una proporción en peso para la mezcla de concreto de :

| Cemento | Agua | Arena | Grava |
|---------|------|-------|-------|
| 1 | 0.42 | 2.06 | 3.24 |

- Se recomienda que el espesor de la losa de concreto no sea menor de 15 cm. Espesores menores podrían presentar fallos estructurales ante las repeticiones de carga de camiones mezcladores y de mudanzas.
- No se recomienda el uso de juntas machihembradas a menos que el espesor de la losa del pavimento sea mayor a 20 cm. En espesores menores se puede producir un fallo en la estructura de la losa por un espesor muy pequeño en la pestaña de la junta machihembrada.
- Para espesores de losa menores a 20 cm se recomienda el uso de juntas con barras de transferencia de carga diseñadas en base a las tablas presentadas en la sección del diseño del espesor del pavimento de este documento.
- Cuando se construye la carpeta de rodadura con adoquín se recomienda hacer el diseño de los bordillos o llaves de confinamiento de tal

- manera que no permitan el escape de la plantilla de arena que va directamente debajo del adoquín.
- La colocación de la carpeta de adoquín se debe hacer tomando como referencia la figura No. 23 de este documento con el fin de evitar desplazamientos relativos horizontales entre los bloques de adoquín.
 - Es muy importante especificar en el diseño de pavimentos de adoquín que no se debe permitir el tráfico de vehículos antes de terminar el llenado con arena de las sisas entre adoquines. No respetar esta condición puede provocar asentamientos ya que se pierde la capacidad de transmisión de carga del conjunto de adoquín.
 - Siempre se debe supervisar la construcción de todas las capas del pavimento con un laboratorista de suelos que deberá llevar un control de todas las calles de la urbanización.
 - Es recomendable realizar el movimiento de tierras de las plataformas de los lotes antes de fundir la carpeta de rodadura. Esto minimizará las cargas de ejes pesados en la vida del pavimento alargando su vida útil.

Para el sistema de distribución de agua potable

- Se recomienda utilizar 300 litros/habitante/día para el caudal de diseño para el tipo de urbanizaciones FIMA. Esto debido a que generalmente estas urbanizaciones basan su atractivo arquitectónico en la decoración con jardines. Además este consumo es recomendado por la mayoría de proveedores de tuberías y sistemas de distribución de agua.
- Se debe ubicar el pozo de agua mecánico por lo menos a una distancia mínima de 25 metros de radio alejado de cualquier fuente de contaminación.
- Se debe dejar previsto un acceso suficiente para el posible mantenimiento y/o reparación del pozo.
- Se debe hacer los análisis de la calidad del agua inmediatamente después de hacer las primeras pruebas del pozo de agua. Esto nos dará una idea del tipo de tratamiento necesario y su costo. En el proceso de

planificación deberá considerarse este costo, que aunque depende de la calidad del agua que en ese momento es un parámetro desconocido, seguramente será necesario hacerlo.

- Se debe tratar de ubicar el tanque de distribución en la parte más alta del terreno para evitar la utilización de un sistema de abastecimiento por bombeo.
- Se deben colocar en el diseño todas las llaves de control necesario para poder sectorizar el proyecto con el fin de poder realizar reparaciones sin afectar a todos los lotes.
- En cuanto al diseño de la red de agua potable. Las tuberías deben ser instaladas a una profundidad mínima de 0.50 mts y cubiertas con un relleno controlado. Si no se hace de esta manera se corre el riesgo de que se produzcan roturas de tubo por el paso de vehículos o camiones.
- No se debe olvidar la colocación de válvulas de limpieza en el tanque de distribución de agua.
- Se recomienda que el rango de presión de agua de servicio para cada usuario se encuentre en el rango de 20psi-40psi.
- Se recomienda el uso de una cisterna de doble cámara para permitir las actividades de limpieza sin interrumpir el suministro de agua.
- Para el cálculo del volumen de la cisterna se recomienda considerar un 30% mas del volumen nominal para cubrir emergencias.
- Se recomiendan como velocidades mínima y máxima (0.6 m/s y 3 m/s) para el flujo de agua en las tuberías. Velocidades mayores podrían causar mucha pérdida de carga y velocidades menores podrían provocar variaciones en las presiones mínimas de diseño.
- No se deben olvidar la consideración de las conexiones de agua necesarias para planta de tratamiento, riego de áreas verdes, arriates, lavado de filtros de purificación de agua y limpieza de la cisterna.

Para los sistemas de drenaje

- No se debe diseñar el sistema de drenajes sin tener en cuenta los niveles de plataformas, esto puede ocasionar sobrecostos y desorganización en el proceso de construcción de las casas.
- Se debe verificar siempre que las cajas domiciliarias o de registro de cualquier instalación queden perfectamente tapadas para evitar el ingreso de tierra o basura que pueda ocasionar taponamientos en las tuberías. Especialmente en la época de invierno.
- Hay que recordar que las cajas de conexión domiciliar deben quedar siempre perfectamente identificadas para evitar conexiones erróneas
- Las tapaderas deberán hacerse con un marco de angular. Así también se deberá colocar un batiente recibidor en el brocal de la caja. Esto por razones de estética.
- Las tuberías que salen de la caja domiciliar hacia el colector principal no podrá tener una pendiente menor del 2% ni mayor del 8%. El eje de las tuberías deberá formar un ángulo no menor de 30° ni mayor de 75° con el eje de la tubería principal.
- Nunca se deberá colocar un diámetro de salida menor que el diámetro de entrada a cualquier estructura de drenaje.
- Se debe evitar la utilización de tubería corrugada flexible. Si no se tiene una buena supervisión en su colocación, pueden quedar sifones que en un futuro provocarán el taponamiento de tuberías.

Para el sistema de drenaje sanitario

- Se debe ubicar la planta de tratamiento en la parte mas baja del terreno para poder llevar todas las aguas residuales por medio de gravedad.
- Una tubería de 4" será suficiente para la conexión domiciliar.
- Se recomienda un caudal de diseño de 265 litros/hab/día.
- Para la planta de tratamiento se recomienda utilizar el sistema de lodos activados ya que es mas efectivo en la eliminación de contaminantes y no produce malos olores.

- Es importante en la elección del tipo de tratamiento considerar el costo de mantenimiento.

Para el sistema de drenaje pluvial

- En cuanto al drenaje pluvial una tubería de 6" será suficiente para la conexión domiciliar.
- Se recomienda que los desfogues se diseñen con cunetas. Esto es mas económico que colocar tuberías de diámetros muy grandes. Además de esto se recomienda siempre la construcción de disipadores de energía en estas cunetas para evitar que se produzcan erosiones en el terreno donde se descargara el agua.
- Cuando se tiene una caída o cambio de pendiente muy fuerte en un pozo de visita será necesario la colocación de una cámara de caída o disipador de energía para cumplir con los requerimientos de velocidad y pendiente máxima.
- Cuando se estima el arrastre de arena, o tierra debido a la falta de pavimentación o construcción de plataformas se debe dejar previsto un desarenador en el fondo de los tragantes.
- Cuando se utilicen rejillas se recomienda que se coloque el lado mas corto paralelo al eje longitudinal de la calle. Cuando se fabriquen de metal se debe utilizar un perfil con peralte efectivo no menor de 2 1/2" para el batiente y no menor de 2" para la tapadera. Cuando se fabriquen de concreto deberá tener un espesor mínimo de 0.05 y un refuerzo de hierro de Ø1/2" en ambos sentidos.
- Es importante considerar el aporte de subdrenajes a la tubería del drenaje pluvial. Esto podría representar la necesidad de aumentar el diámetro de tubo.

Para el sistema de suministros de energía eléctrica e iluminación publica.

- Es importante hacer muy bien el calculo de la carga eléctrica de cada casi, así como de cada uno de los componentes del proyecto. Si este

dato no se calcula a conciencia se pueden tener problemas cuando ya se ha contratado el servicio a la EGGSA y las reparaciones o remodelaciones pueden significar un sobre costo alto.

- Se debe definir desde el principio que tipo de iluminación publica se utilizara. Esto para saber si se tendrá que colocar un circuito independiente de iluminación exterior o no.
- Es importante revisar que en los planos eléctricos aparezcan todos los detalles en base a las normas de la EGGSA para que el proyecto de obra civil no sea rechazado.
- En los planos se incluir los detalles para las bases de los transformadores.
- Para el diseño de la iluminación exterior se deberá definir primero el objetivo de la misma. Si es sólo decorativo o si se quiere una iluminación publica como la utilizada en las calles y avenidas municipales. Con esta información deberá consultarse un experto en el tema para que recomiende cual es el tipo de poste y lámpara indicado para el uso requerido así como las distancias entre poste y poste
- Se deberá especificar claramente todos los requisitos que la EEGSA solicita en sus normas para no tener problemas al hacer la concesión de la red.
- Es importante tener claro que se debe dejar el acceso libre a cualquier parte del sistema de distribución eléctrica y establecer las servidumbres de paso necesarias que se concederán a la EEGSA para su mantenimiento y/o reparación.

Para el sistema de comunicaciones (Teléfono, cable, intercomunicador, Internet)

- Preferiblemente se debe poseer la información de todas las estructuras de obra civil necesarias para la red de teléfonos y de electricidad para especificarlas en los planos y que sean tomados en cuenta para el proceso de licitación y construcción.

- Se deben colocar la tuberías de este tipo de instalaciones lo mas separado posible de las instalaciones eléctricas para evitar la interferencia producida por inductancia magnética.

XII. CONCLUSIONES

- El proceso de planificación y diseño no tendrá razón de ser si no se siguen al pie de la letra todas las especificaciones y recomendaciones que se detallan en el mismo.
- El proceso de planificación para un proyecto de urbanización no se limita únicamente al trabajo de ingeniería. Es un trabajo conjunto entre el desarrollador del proyecto, el diseñador arquitectónico, el diseñador técnico y el asesor de asuntos legales.
- El diseño técnico de los proyectos de urbanización puede variar considerablemente de un proyecto a otro. Dependiendo de las características topográficas, necesidades, etc. Pero se pueden establecer algunos criterios básicos que pueden ser aplicados para cualquier urbanización.
- El Ingeniero designado como administrador del proyecto debe supervisar detenidamente el trabajo de los distintos contratistas que se designen para el diseño de los sistemas de la urbanización.
- El proceso de diseño y planificación tiene una incidencia muy grande en los costos del proyecto. Por esta razón la ética profesional de los involucrados es un factor importante para entregar un producto de buena calidad con los márgenes de utilidad proyectados.

XIII. BIBLIOGRAFIA

1. *I Diplomado Diseño y Construcción de Pavimentos Rígidos*. Cámara Guatemalteca de la Construcción. 2003. 237 Pags.
2. Bendfeldt Castillo, Manolo. 1998. *Diseño de una planta de tratamiento para aguas negras (Llanos de Azacualpilla)*. Tesis Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. 114 Pags.
3. *Estudio de intensidades de precipitación en Guatemala*. 2002. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. Guatemala
4. Fink, Donald G. ; Beaty, H. Wayne. 1978. *Standar Handbook for Electrical Engineers*. 11a. Edición. Estados Unidos de América. McGraw-Hill.
5. *Guías para la Calidad del Agua Potable* Volumen 1. Organización Mundial de la Salud. Ginebra 1995. 100 Pags
6. Ing. Juan Calderón. HIDROTECNIA, S.A. (Entrevista)
7. Ing. Luis García. Grupo DURMAN ESQUIVEL, S.A. (Entrevista)
8. Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto. *Adoquines de Concreto*. 1988. 1ª. Edición México, LIMUSA. 135 pags.
9. Linsley, Ray K.;Franzini, Joseph B. 1967. *Ingeniería de los Recursos Hidráulicos*. 1ª. Edición, México. CECSA. 791 pags.
10. Lopez Cualla, Ricardo Alfredo. 2000. *Diseño de Acueductos y Alcantarillados*. 2ª. Edición, Colombia. Alfaomega. 388 pags.
11. *Manual de Tratamiento de Aguas*. 1964. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva Cork. 1ª. Edición. México. LIMUSA WISLEY. 304 pags
12. *Normas para acometidas de servicio Eléctrico*. 1998. Empresa Eléctrica de Guatemala. 11ª. Edición. Guatemala. 117 Pags.
13. Oliveira Bustamante, Fernando. 2002. *Estructuración de Vías Terrestres*. 2ª. Edición México, CECSA. 413 pags.
14. *Pavimentos de Concreto. Manual de Diseño*. Instituto Colombiano de Productores de Cemento. Colombia. 128 pags.

15. *Reglamento de construcciones, urbanización y ornato*. 2003. Municipalidad de Santa Catarina Pinula. Guatemala.
16. *Reglamentos para Diseño y Construcción de Drenajes*. Municipalidad de Guatemala.
17. Rico Rodríguez, Alfonso; Del Castillo, Hermilo. 1989. *La Ingeniería de Suelos en Las Vías Terrestres vol II*. 1ª. Edición. México, LIMUSA. 315 pags.
18. Seip, Günter G. *Instalaciones Eléctricas*. 1989. Tomo 3. 2ª. Edición. Alemania. Siemens Aktiengesellschaft.
19. Sr. Ferlandi Morales. Servicios Morales, S.A. (Entrevista)
20. Viessman, Warren JR.; Hammer, Mark J. 1985. *Water Supply and Pollution Control*. 4a. Edición. HARPER & ROW. 797 pags.



Imprenta "GORA"

25 Av. 25-71, Zona 5

Telefax: 2335-5733 - 5218-7292