



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN**

SUSTITUCION DE CANALES DE TIERRA POR TUBERIA DE PVC RIBLOCK Y TUBERIA DE
COMPUERTAS EN DISTINTOS PUNTOS DEL DISTRITO DE RIEGO "011" EN EL ESTADO DE
GUANAJUATO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

JOSE FERNANDO CRUZ LOZADA

ASESOR: ING. MANUEL GOMEZ GUTIERREZ

JUNIO DEL 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**GRACIAS INFINITAS A MI PADRE ENRIQUE CRUZ, MI MADRE ANDREA LOZADA Y TI
SERGIO.**

CONTENIDO

| | |
|--|------------|
| INDICE | i |
| INTRODUCCION | iv |
| CAPITULO I GENERALIDADES | 1 |
| CAPITULO II.- ESTUDIOS PREVIOS AL DISEÑO Y CONSTRUCCION | 12 |
| CAPITULO III .-COMPARACION CONSTRUCTIVA, HIDRAULICA, ECONOMICA Y OPERATIVA DE LA TUBERIA DE PVC RIBLOCK Y COMPUERTAS FRENTE AL CANAL TRADICIONAL DE TIERRA. | 49 |
| CAPITULO IV.- DISEÑO | 110 |
| CAPITULO V.- CONSTRUCCION | 140 |
| CONCLUSIONES | 166 |
| ANEXO A | 167 |
| ANEXO B | 168 |
| ANEXO C | 169 |
| BIBLIOGRAFIA | 170 |



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE**i****INTRODUCCION****iv****CAPITULO I GENERALIDADES****1**

II.1.- DESCRIPCION GENERAL DEL DISTRITO DE RIEGO 011 "ALTO RIO LERMA "

1

I.1.1.- Ubicación geográfica.

2

I.1.2.- Ubicación política

2

I.1.3.- Superficie y límites

2

I.1.4.- Tenencia de la tierra

3

I.2.- INFRAESTRUCTURA HIDROAGROLOGICA DEL DISTRITO DE RIEGO

4

I.2.1.- Sistema de canales

4

I.2.2.- Sistema de caminos

4

I.2.3.- Sistema de drenaje

5

I.2.4.- Sistema de estructuras

5

I.3.- SITUACION ACTUAL DEL DISTRITO DE RIEGO

9

I.4.- LA MODERNIZACION DE LOS DISTRITOS DE RIEGO

10

CAPITULO II.- ESTUDIOS PREVIOS AL DISEÑO Y CONSTRUCCION**12**

II.1.- TIPO DE ESTUDIOS, SU NIVEL Y UTILIDAD

12

II.2.- INTEGRACION DE LA ZONA DE TRABAJO A UNA ZONA REGIONAL

12

II.3.- ESTUDIOS TOPOGRAFICOS

13

II.4.- GEOTECNIA

22

II.4.1.- Sistema unificado de clasificación de suelos

23

II.4.2.- Determinación de los límites de plasticidad en el laboratorio

25

II.4.3.- Límite de contracción

28

II.5.- ESTUDIOS AGROLOGICOS

41

II.5.1.- Definición de conceptos agrológicos

42

II.5.2.- Cálculo del uso consuntivo

44

II.5.3.- El intervalo crítico entre riegos

45

II.5.4.- La capacidad general de la red

45

II.5.5.- Elección del método de riego

45

| | |
|--|----------------|
| CAPITULO III .-COMPARACION CONSTRUCTIVA, HIDRAULICA, ECONOMICA Y OPERATIVA DE LA TUBERIA DE PVC RIBLOCK Y COMPUERTAS FRENTE AL CANAL TRADICIONAL DE TIERRA. | 49 |
| III.1.- VENTAJAS HIDRAULICAS DE LA TUBERIA DE PVC RIBLOCK Y COMPUERTAS FRENTE AL CANAL TRADICIONAL DE TIERRA | 49 |
| III.1.1.- Cuantificación de la eficiencia de conducción en un canal de riego | 50 |
| III.1.2.- Pérdidas por infiltración en la tubería de pvc riblock | 53 |
| III.1.3.- Cuantificación del tiempo total de riego: | 53 |
| a) En canales | 55 |
| b) Utilizando la tubería de pvc riblock y compuertas | 57 |
| III.2.- COMPARACION CONSTRUCTIVA DEL CANAL TRADICIONAL DE TIERRA FRENTE A LA TUBERIA DE PVC RIBLOCK | 63 |
| III.2.1.- Consideraciones que influyen en el diseño y construcción de los canales de tierra | 63 |
| III.2.2.- Ejemplo de diseño de la sección constructiva de un canal de tierra utilizando el método de la fuerza tractiva, tomando en cuenta las condiciones de campo promedio del distrito de riego 011 "ALTO RIO LERMA " | 72 |
| III.2.3.- Descripción general del proceso constructivo de un canal de tierra | 74 |
| III.2.4.- Restricciones que influyen en el diseño y construcción de la estructura para la instalación de la tubería de pvc riblock | 84 |
| III.2.5.- Descripción general del proceso constructivo utilizado en la implantación de la tubería de pvc riblock | 97 |
| III.2.6.- Determinación de la capacidad de servicio bajo condiciones de operación idénticas | 100 |
| III.3.- COMPARACION ECONOMICA DE LA TUBERIA DE PVC RIBLOCK FRENTE AL CANAL TRADICIONAL DE TIERRA | 102 |
| CAPITULO IV.- DISEÑO | 110 |
| IV.1.- PROYECTO | 110 |
| IV.2.- OBJETIVOS QUE PERSIGUE EL DISEÑO | 110 |
| IV.3.- METODOLOGIA | 111 |
| IV.3.1.- Cálculo del uso consuntivo | 112 |
| IV.3.2.- Cálculo del intervalo crítico entre riegos | 114 |
| IV.3.3.- Cálculo de la capacidad general de la red | 115 |
| IV.3.4.- Determinación del diámetro de conducción | 116 |
| IV.3.5.- Localización de la línea principal de conducción | 118 |
| IV.3.6.- Ubicación de los puntos donde se conectará la línea secundaria de conducción | 119 |
| IV.3.7.- Cálculo de la pérdidas | 119 |
| IV.3.7.1.- Tipo de pérdidas que se presentan en el diseño | 120 |
| IV.3.8.- Determinación de la sección constructiva | 130 |
| IV.3.9.- Ubicación de las válvulas reguladoras de presión | 131 |
| IV.3.10.- Secuencia de riego | 132 |
| IV.2.11.- Listado general de conceptos | 312 |

| | |
|--|------------|
| CAPITULO V.- CONSTRUCCION | 140 |
| V.1.- PLANEACION Y PROGRAMACION | 140 |
| V.2.- PROGRAMA GENERAL DE OBRA | 140 |
| V.2.1.- Rendimiento de cuadrillas y equipos | 149 |
| V.3.- PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE OBRA | 150 |
| V.4.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO | 151 |
| V.4.1.- Pasos preeliminarios | 151 |
| V.4.2.- D esmonte y despirme | 151 |
| V.4.3.- Trazo de la linea principal de conduccion | 152 |
| V.4.4.- Excavacion y afine de plantilla | 153 |
| V.4.5.- Fabricacion de la tuberia de pvc riblock | 153 |
| V.4.6.- Colocacion de la tuberia de pvc riblock | 154 |
| V.4.7.- Descripcion de la instalacion de la tuberia de pvc riblock | 155 |
| V.4.8.- Pruebas hidraulicas en la instalacion | 164 |
| V.4.9.- Relleno compacto | 165 |
| V.4.10.- Relleno a volteo | 165 |
| CONCLUSIONES | 166 |
| ANEXO A | 167 |
| ANEXO B | 168 |
| ANEXO C | 169 |
| BIBLIOGRAFIA | 170 |

INTRODUCCION



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

La situación del campo mexicano, no es para nada halagadora, es común, sobre todo para las personas que viven en provincia, que cuando se refiere al campo, inmediatamente se presente la idea de miseria y pobreza.

Actualmente existen 40 millones de personas viviendo en el medio rural y de esta cantidad solamente el 8.7% tiene acceso a la canasta básica.

El acceso a empleos estables y bien remunerados es la excepción que confirma la regla de la falta de desarrollo de la economía mexicana, sobre todo en el sector primario, pero ¿Cuál es el origen o la raíz de la actual situación?, ¿Por qué el campo mexicano continua siendo uno de los mas atrasados a nivel mundial, muy por atrás de países como Bangladesh, Argentina, Chile, Honduras o Perú, aún cuando estos tienen superficies cuya extensión es menor.

La respuesta se encuentra en la falta de una adecuada política económica y financiera de apoyo al sector que incluya planes en el mediano y largo plazo, a nivel local y regional, que promueva la construcción de la infraestructura básica que permita sostener el desarrollo (presas, canales, caminos, estructuras) combinada con la implementación directamente en sitio de mejoras tecnologías aplicadas al campo; Así como la falta de compromiso verdadero de parte de los políticos que a lo largo de décadas se han dedicado a administrar los recursos asignados a esta área.

La realidad indica que de no implementar acciones específicas encaminadas a desarrollar y mejorar tanto la infraestructura y la tecnología a nivel parcelario, el campo mexicano estará destinado a continuar siendo un lastre y no una roca en la que se pueda sostener la economía mexicana. Hoy en día no somos capaces de producir como país ni siquiera lo que se consume, y se tiene una dependencia de las importaciones.

Por esto resulta sumamente importante apoyar con energía desde la trinchera que corresponda el desarrollo y la implementación de nuevas tecnologías, para hacer más rentable, productivo y atractivo el campo mexicano.

El presente trabajo coloca sobre la mesa este último tema, haciendo una reflexión sobre una alternativa para modernizar en forma parcial la infraestructura que sirve de apoyo para el campo, específicamente en el distrito de riego 011 "Alto Río Lerma" en el estado de Guanajuato.

CAPITULO I

GENERALIDADES



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I.1.- DESCRIPCION GENERAL DEL DISTRITO DE RIEGO 011 "ALTO RIO LERMA"

I.1.1.- Ubicación geográfica.

El estado de Guanajuato queda comprendido entre los paralelos 19' 34" 82" y los 21'52" 09" de latitud Norte y entre los 99' 34" 06" y los 102' 05" 07" de longitud Oeste.

Sus límites geográficos son: al Norte con el estado de San Luis Potosí y al Este con el estado de Querétaro; su extensión territorial es de 30,589.00 km² (Ver figura No. I.1.1.-).



Figura I.1.1.- " Ubicación geográfica del distrito de riego 011 "Alto Río Lerma "

I.1.2.- Ubicación política

El distrito de riego " Alto Río Lerma " esta situado en la parte Sur del estado de Guanajuato, se extiende desde la presa Solís, localizada en el municipio de Acambaro, hasta la zona de influencia del río Turbio, ocupando parte de los municipios de Acambaro, Salvatierra, Santiago Maravatio, Yuriria, Jaral del progreso, Valle de Santiago, Cortazar, Villagrán, Salamanca, Irapuato, Pueblo Nuevo, Abasolo, Huanimaro, y Penjamo. (Ver figura No. I.1.2.-)

I.1.3.- Superficie y límites

El distrito ocupa una extensión de 112,772 Ha, por su ubicación se localiza en la región hidrológica No. 12 (Lerma - Chápala - Santiago) en la cuenca Río Lerma - Salamanca; el distrito de riego se divide en once módulos, para así operar de manera adecuada. (Ver figura No I.1.3.-)

Los módulos referidos se enlistan a continuación:

- Acambaro
- Abasolo
- Cortazar
- Corralejo
- Salamanca
- Salvatierra
- Jaral
- Irapuato
- Huanimaro
- La Purísima

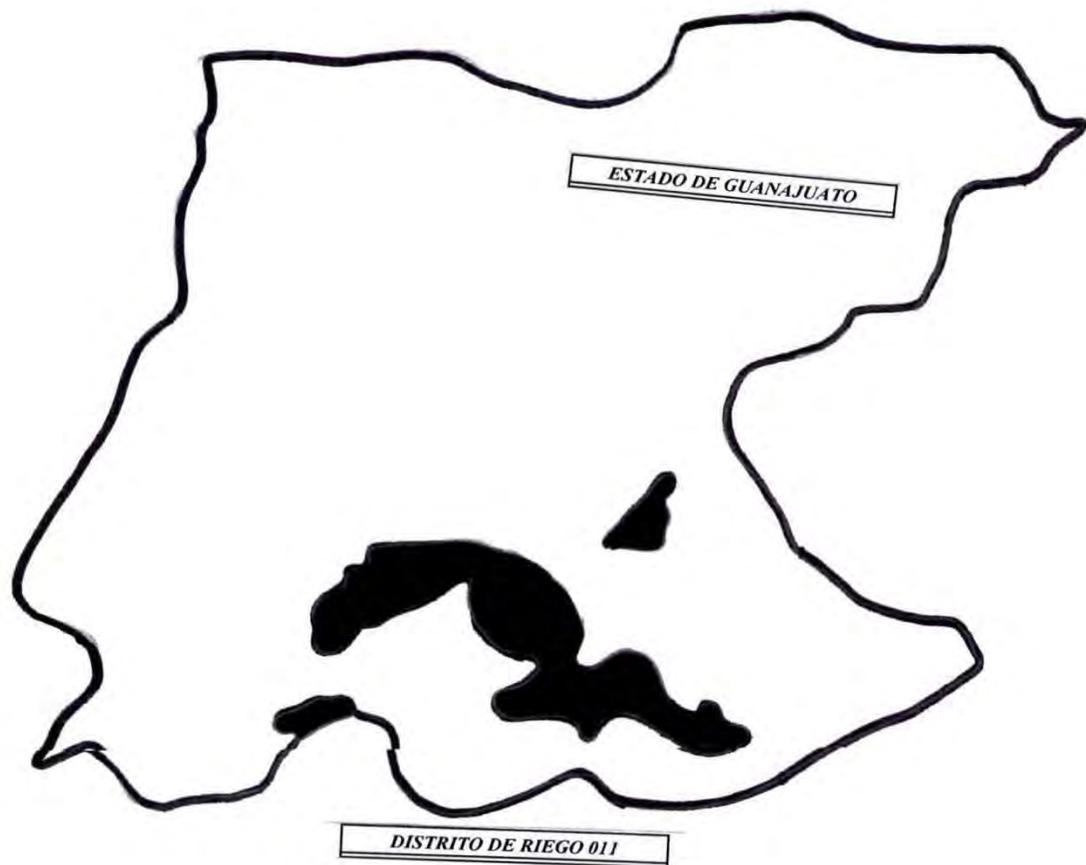


Figura No. I.1.2.- Ubicación política

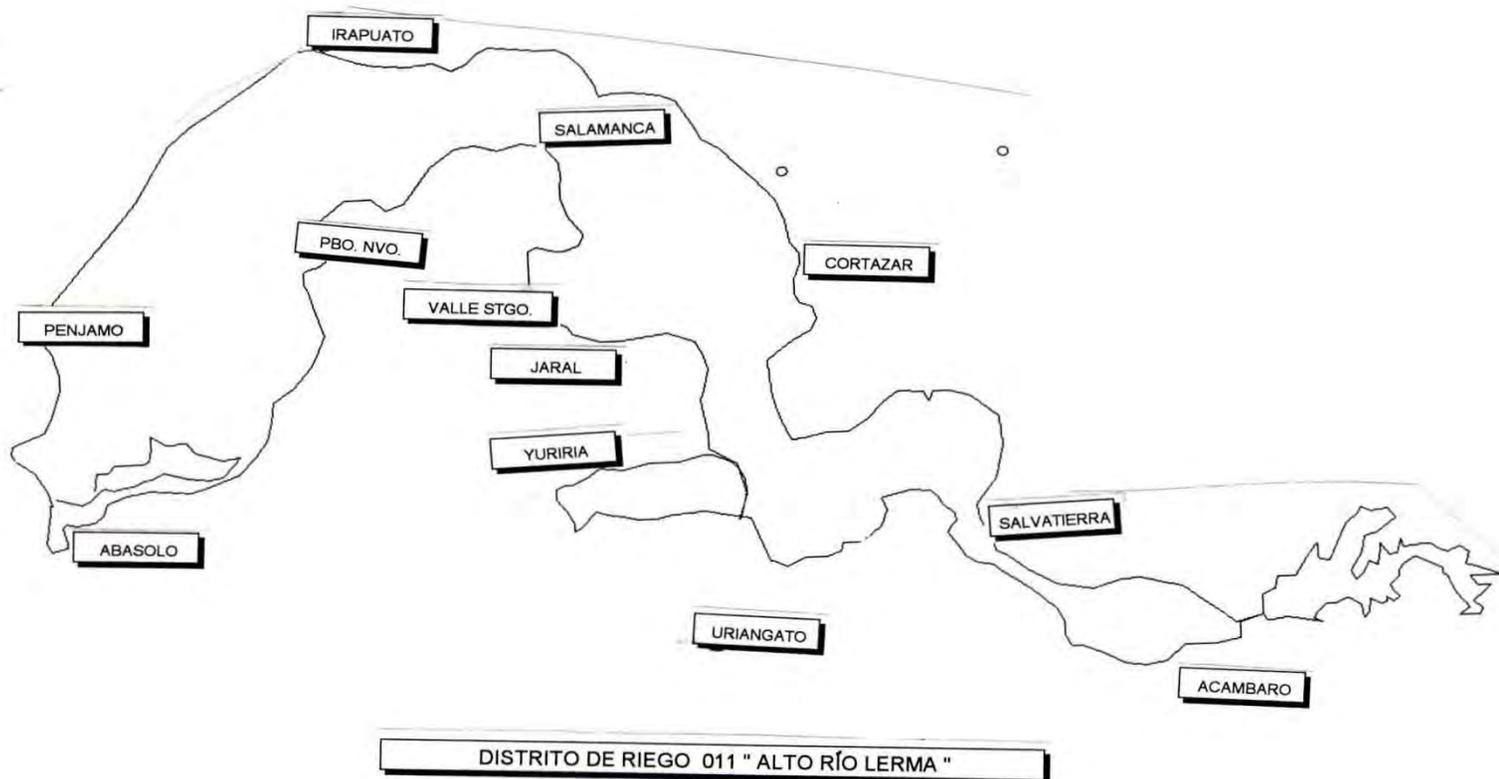


Figura No. I.1.3.- Superficie y límites

I.1.4.- Tenencia de la tierra.

La tenencia de la tierra es de 22,626 usuarios, con una superficie total de 112-772-0 Ha., de los cuales 61-449-6 Ha. (54%) con 15,479 usuarios son ejidales y 51,322-40 Ha.(46%) con 7,147 usuarios de la pequeña propiedad; la tenencia media del distrito es de 4.89 Ha. por usuario.(Ver cuadro No. I.1.1.-)

TENENCIA DE LA TIERRA

| <i>TIPO DE TENENCIA</i> | <i>SUPERFICIE</i> | <i>PORCENTAJE(%)</i> |
|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| EJIDAL | 61-449.6 Ha. | 54.00% |
| P. PROPIEDAD | 51-322.4 Ha. | 46.00% |
| TOTAL | 112-772.00 Ha. | 100.00% |

Cuadro No. I.1.1.- Tenencia de la tierra.

I.2.- INFRAESTRUCTURA HIDROAGROLOGICA DEL DISTRITO DE RIEGO 011 " ALTO RIO LERMA "

La infraestructura hidroagrológica esta formada por los sistemas de canales, caminos, drenaje, estructuras y riego; a continuación se da una breve descripción de ellos.

I.2.1.- Sistema de canales

Se clasifican por su importancia y función.

Canal principal:

Conduce el agua de la fuente de abastecimiento, encabeza a todo el distrito de riego, domina toda el área regable y abastece al sistema de canales laterales, la longitud total de canales principales en el distrito de riego 011 es de 474.77 km.

Canal secundario:

También conocido como lateral es el que domina las divisiones principales del área regable y abastece a los sublaterales. El distrito de riego 011 cuenta con una longitud de 1,183.50 km. de canales secundarios.

Canal sublateral:

Son necesarios para ramificar a los laterales en dos o más canales a medida que se alejen del principal y lleven el agua a las zonas que les son tributarias, sirve para abastecer a los ramales. El distrito de riego cuenta con 13,291 km.

Ramales:

Abastecen a las regaderas o en su caso a los subramales; los subramales también abastecen a las regaderas; son el último punto de conducción del sistema

I.2.2.- Sistema de caminos

El sistema general de caminos se clasifica en caminos de operación y de servicio.

Caminos de servicio:

Tienen la finalidad de intercomunicar todos los centros de población, que se encuentren delimitados dentro de la zona, facilitando la explotación de los servicios y permitiendo la salida a nuevos mercados locales o hacia los centros de embarque; Por este circulan la maquinaria, el equipo, los materiales y los implementos con que se realizan las actividades agrícolas e industriales derivadas de ellas mismas.

Caminos de operación:

Por esta red circula el personal y equipo destinados a la vigilancia, distribución de las aguas y conservación de las obras; es el sistema central del distrito.

El distrito de riego 011 " ALTO RIO LERMA " cuenta con una longitud total de caminos de servicio y operación de 1,234.70 km.

I.2.3.- Sistema de drenaje

Tiene como objetivo, desalojar el agua sobrante que se precipita durante la época de lluvias; los excedentes de riego o bien los desfuegos de los canales, los beneficios de este, pueden apreciarse cuando a consecuencia un terreno se convierte en totalmente productivo.

El distrito de riego cuenta con una longitud de:
400.70 km. de drenes principales
y
990.80 km. de drenes secundarios.

I.2.4.- Sistema de estructuras

Para el buen funcionamiento de la red de distribución, así como para la protección de la misma, se hace necesaria la construcción de estructuras hidráulicas, que distribuidas convenientemente propicien la optimización en la aplicación del riego.

Estas se clasifican por su función en:

1.- Estructuras de operación

Distribuyen el agua a través del sistema de canales, tales como:

a) Represas :

Se construyen con el fin de elevar el nivel del agua en un caudal o en una toma que quede localizada aguas arriba de la represa para poder alimentar a otro canal.

b) Tomas para canal :

Tienen como función abastecer de un canal principal a otro secundario o lateral, son la transición entre canal y canal.

c) Tomas granja :

Son las estructuras que sirven para entregar el agua a cada uno de los lotes en que se divide la zona de riego; Son la transición entre el canal y la parcela

2.- Estructuras de cruce

Es común que durante la construcción de un canal sea necesario salvar obstáculos que se presentan a su paso como: ríos, arroyos, drenes, caminos, vías de ferrocarril y en general alguna depresión natural o artificial en el terreno.

De tal forma que se hace necesario construir las estructuras de cruce adecuadas para vencer los obstáculos mencionados; la elección de estas estructuras depende de las condiciones topográficas, hidráulicas y económicas; dichas estructuras se describen a continuación:

a) Alcantarillas :

Son conductos que trabajan a presión, que sirven para conducir un curso de agua, hay alcantarillas circulares, rectangulares y en forma de herradura; la alcantarilla se construye bajo el obstáculo que se cruza.

b) Puente canal :

Este tipo de estructura es conveniente para salvar cualquier depresión en el trazo de un canal, es el conjunto formado por un puente y un acueducto, por el cual escurre el agua por gravedad.

c) Sifón :

Se utiliza si el nivel de la superficie libre del agua es mayor que la rasante del cruzamiento y no se tiene espacio libre suficiente para lograr el paso del vehículo.

3.- Estructuras de protección

Normalmente se construyen para la seguridad de los canales y en ocasiones para algunos drenes; su función es la de dar protección a los canales para evitar que estos sean erosionados por la velocidad que adquiere el agua en algunos tramos del proyecto, desbordamientos, etc., por una inadecuada operación de los mismos.

Las estructuras de protección más usuales son:

a) Rápidos y caídas :

Sirven para conducir el agua de una elevación superior a otra inferior, disipando la energía y con esto protegiendo el tramo en donde se localicen.

Los elementos hidráulicos de una rápida son: La entrada, el canal de la rápida, la trayectoria, el tanque amortiguador y la estructura de salida; una caída tiene los mismos elementos que una rápida, pero se consideran caídas a las estructuras que no tienen más de 4.50 m. entre la superficie de agua superior y la inferior cuya rápida tiene un talud no mayor de 3 : 1.

b) Desagües totales y parciales :

Se hace necesario colocar desagües de excedencias o parciales en un canal de conducción, para dar salida a las aguas sobrantes. Los tipos más comúnmente usados para desagües parciales son los vertedores, las compuertas, etc.

El desagüe total tiene por objeto descargar todo el caudal del canal.

El número total de estructuras en el distrito de riego 011 "ALTO RIO LERMA " es de 8,138.00 piezas.

El mencionado distrito de riego es una zona con captación mixta de agua, en la temporada de grandes precipitaciones se aprovecha el agua superficial y en tiempos de estiaje el agua subterránea por medio de pozos.

Esto es originado debido a la imposibilidad de conducir el agua de las corrientes a la zona de riego.

La distribución del agua obtenida de pozos se efectúa regularmente por medio de canales de tierra, revestidos o no y por conductos cerrados, hasta los lugares donde se requerirá para el riego de los cultivos.

Usualmente el sitio que ocupa el pozo es el punto de mayor elevación de las tierras que deben ser irrigadas, o lo más próximo a ellas que sea posible, con el objeto de suministrarse por gravedad el agua bombeada.

El distrito de riego cuenta con 190 pozos oficiales administrados por la C. N. A. y 1,868 particulares, todos ellos equipados, así como tres plantas de bombeo sobre el río Turbio.

Es importante destacar la importancia a nivel económico que tiene el agua obtenida con el bombeo a través de pozos en corrientes subterráneas. La producción agrícola en el distrito de riego 011 en el período 2001-2002 es la siguiente:

POR RIEGO CON GRAVEDAD

| SUPERFICIE SEMBRADA (Ha.) | PRODUCCION TOTAL (Ton.) | VALOR DE LA PROD. (Mill.) |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 69,923.00 | 501,876.00 | 50,464.16 |

POZOS OFICIALES Y PARTICULARES

| SUPERFICIE SEMBRADA (Ha.) | PRODUCCION TOTAL (Ton.) | VALOR DE LA PROD. (Mill.) |
|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 59,046.00 | 555,986.00 | 63,956.20 |

TOTAL

| | | |
|------------|--------------|------------|
| 128,968.00 | 1,057,862.00 | 114,420.36 |
|------------|--------------|------------|

Comparando las cifras anteriores nos podemos dar cuenta de que la superficie regada por gravedad arroja una producción con un valor de 50,464.16 millones de pesos.

Mientras que la superficie regada con pozos particulares además de tener una extensión menor en un 18% obtuvo ventajas económicas mayores que las zonas regadas por gravedad.

Esto se debe a diversos factores tales como:

- a) *Aplicación oportuna del riego*
- b) *Implementación de cultivos más rentables*
- c) *Aplicación de semillas mejoradas y fertilizantes*

De la producción agrícola en el distrito de riego destacan por su importancia en cuanto a superficie los siguientes:

Gravedad : Trigo, sorgo, cebada, frijol, maíz, y hortalizas.

Pozo particular : Trigo, sorgo, hortalizas, cebada, alfalfa y otros.

Las obras que abastecen al distrito son 4 vasos de almacenamiento : Presa Tepuxtepec (537.50 Mm³), Presa Solís (1,002.60 Mm³), Laguna de Yuriria (187.90 Mm³) y Presa La Purísima (196.00 Mm³) que mediante 5 presas derivadoras: Chamacuaro, Reforma, Lomo de Toro, Santa Julia y Markazuza alimentan a una red de 474.80 Km. de canales principales y 1,183.50 Km. de laterales.

I.3.- SITUACION ACTUAL DEL DISTRITO DE RIEGO 011 " ALTO RIO LERMA "

Inicio su operación en el año de 1,939, proporcionando servicio de riego a 80,000 Ha. incorporándose en forma paulatina otras 32,770 Ha. a la zona de riego.

Algunas de las obras utilizadas para proporcionar el servicio datan de la época colonial.

Debido a las bajas cuotas de servicio por riego que venían cubriendo los usuarios y las insuficiencias presupuestarias, la infraestructura hidroagrológica del distrito se ha deteriorado a tal grado que requiere de un programa de rehabilitación integral que permita recuperar su potencial productivo.

A continuación se hace una breve descripción del estado actual de la infraestructura hidroagrológica.

Red de distribución:

Los canales principales y secundarios en su mayoría han sufrido desgastes y obstrucciones debido a su propio funcionamiento y falta de conservación, ocasionándose una pérdida gradual en su capacidad, que en su mayoría ha llegado al límite tolerante o ya lo rebasa, debido a la explotación del acuífero se han registrado una multitud de fallas o fracturas que ponen en condiciones críticas a la red de canales, esta red requiere de desmontes, deshierbes, reforzamiento de bordos, desasolve y revestimientos.

Las estructuras sobre la red de conservación presentan deterioros considerables, tanto en la obra civil como en equipos electromecánicos, requiriéndose de trabajos como: rellenos, reposición de mampostería y/o concretos en las transmisiones de entrada y salida para la obra civil.

En tanto que las compuertas y mecanismos también requieren en su mayoría de reposiciones en sus diferentes tipos dado que las actuales se encuentran perforadas por la corrosión.

Red de drenaje:

Por falta de una conservación oportuna se hace necesario desasolver la totalidad del sistema de drenaje.

Caminos:

Tanto los caminos de operación como los de servicio, en época de lluvias son intransitables en un 60% del total por falta de mantenimiento y los que ya están revestidos están en pésimas condiciones.

Edificios:

Por falta de una conservación adecuada la problemática existente se ha recrudecido, siendo necesaria una rehabilitación completa.

Pozos:

Como consecuencia de las bajas disponibilidades de agua de gravedad y la baja eficiencia se ha tenido necesidad de llevar a cabo un bombeo casi ininterrumpido de los pozos profundos, lo cual implica volúmenes de extracción mayores a los de captación para la regeneración de los mantos profundos.

A los pozos se les proporciona servicio de manera casi constante y oportuna ya que de ellos depende gran parte de la cosecha anual en el distrito de riego 011.

De tal forma podemos decir que los problemas originados por la actual situación en que se encuentra la infraestructura hidroagrológica son los contenidos en los siguientes once puntos:

1.- Reducción de la capacidad de los canales de drenes por acumulación de azolves y crecimiento de plantas terrestres y acuáticas.

2.- Desperdicios de agua por deterioro o destrucción de estructuras y mecanismos en la red de distribución.

3.- Pérdidas de agua por filtración excesiva, 95% de la red de distribución en tierra.

4.- Pérdidas de agua en grietas o fallas en los canales, provocados por asentamientos que en su mayoría provienen de la sobre explotación del acuífero.

5.- Estructuras obsoletas que datan de la época colonial.

6.- Maquinaria con vida útil superada.

7.- Deterioro de cauces naturales existentes que provocan desbordamientos, incrementando las necesidades de conservación.

8.- Insuficiencia en la capacidad de conducción, dado que el distrito de riego ha ampliado la superficie según la problemática social y la demanda de población sin ampliar las capacidades de la infraestructura de riego.

9.- Necesidad de ajustar la planeación de la infraestructura, dado que el proyecto original se hizo para un patrón de cultivo de años anteriores y estos han venido evolucionando porcentualmente.

10.- Deficiencia de las asignaciones presupuestarias en años anteriores que no permiten ejecutar las necesidades de operación y conservación normal.

11.- Necesidad de asignaciones que no solo permitan conservar en forma aceptable el distrito de riego 011, si no que permitan su modernización en pos de el logro de mayores eficiencias hidráulicas en la conducción del agua hasta las zonas parcelarias.

I.4.- LA MODERNIZACION DE LOS DISTRITOS DE RIEGO

Actualmente los distritos de riego en el país tienen un rezago histórico que se ve reflejado no solamente en las precarias condiciones en que se encuentra la infraestructura hidroagrológica, si no que esto se refleja irremediablemente en el nivel de vida de la población rural y pérdida de la capacidad productiva por lo que en el futuro no se tendrá la capacidad para producir los alimentos que se demandarán; ya que la población no crecerá con los índices de demanda, agravando mas la problemática en cuestión de alimentos.

Se pronostica que para el año 2020, la población demandante de alimentos crecerá en un 50% aproximadamente; mientras que la población rural alcanzará un crecimiento de tan solo el 30%.

Por tal motivo y debido a la entrada de México en un mercado cada vez mas competitivo se necesita actualizar y modernizar los distritos de riego, haciéndolos autosuficientes aplicando políticas agresivas que permitan que el campo sea un polo de desarrollo económico y no un lastre para el país.

La modernización de los distritos de riego contempla todas aquellas acciones encaminadas a mejorar las eficiencias de conducción desde el punto de toma hasta el lugar en que es depositada el agua.; Lo anterior es algo que se ha venido practicando en nuestro territorio en por lo menos la última década y media, a través de la implementación de sistemas de riego, los cuales conducen el agua en conductos cerrados que en casos particulares son colocados bajo tierra ; para ello existe una diversidad de alternativas, tales como conductos de asbesto - cemento, aluminio, pvc y el revestimiento de canales.

La forma en que se pueden mejorar en forma óptima las eficiencias en el caso de obtener el agua por gravedad de los vasos de almacenamiento, es entubando los canales principales, los secundarios y los ramales hasta la zona parcelaria.

El presente trabajo tiene como objetivos el cubrir los siguientes puntos:

- 1.- Demostrar las ventajas hidráulicas, operativas, económicas y de mantenimiento que ofrece la tubería de pvc. Riblock frente al canal tradicional de tierra como una alternativa en la modernización de los distritos de riego.
- 2.- Mostrar la forma en que se planifico y ejecuto la sustitución de canales de tierra por tubería de pvc. Riblock, complementado con un sistema de riego por compuertas en distintos puntos del distrito de riego 011 "ALTO RIO LERMA " a partir de obras de toma localizadas en pozos oficiales del distrito de riego.

CAPITULO II

ESTUDIOS PREVIOS AL DISEÑO Y CONSTRUCCION



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

II.1.- TIPO DE ESTUDIOS, SU NIVEL Y UTILIDAD

Antes de ejecutar un proyecto de Ingeniería Civil, es necesario considerar todos los factores del medio físico, social, y económico que lo conforman para obtener como resultado una obra que cubra las expectativas que le dieron origen.

El tipo y alcance de los estudios que consideran a los factores del entorno del proyecto son específicos y varían para cada caso en particular.

Los estudios generalmente se dividen en dos niveles: De anteproyecto y definitivos.

Los primeros generalmente se utilizan auxiliándose con datos que nos dan una idea general del proyecto, tanto desde el punto de vista económico como técnico.

Los estudios definitivos nos proporcionan una idea clara y profunda acerca de la factibilidad de la creación y ejecución del proyecto, pero básicamente lo que determina la profundidad de los estudios es la situación económica y la importancia de la obra.

A continuación mencionare los estudios que se llevaron a cabo antes de ejecutar la obra de entubamiento en distintos puntos del distrito de riego 011 en Guanajuato.

II.2.- INTEGRACION DE LA ZONA DE TRABAJO A UNA ZONA REGIONAL

1.- Planos de localización .

Nos muestran:

- a) Centros de población.
- b) Centros de producción.
- c) Vías de comunicación

Sirven para:

- a) Integración de la zona de trabajo a un plan de trabajo regional.
- b) Establecimiento de la ruta de abastecimiento de materiales.

Los trabajos realizados en el distrito de riego 011 " ALTO RIO LERMA ", se localizan en diversos puntos; la integración del distrito de riego en el plano de localización nos permitió definir el lugar mas practico para alojar las oficinas de campo y las rutas de recorrido entre cada uno de los sitios de trabajo.

II.3.- ESTUDIOS TOPOGRAFICOS

Se utilizan para definir los sitios mas convenientes por los que la línea principal y secundaria de conducción se ubicará en forma definitiva, así como conocer de manera exacta la forma y magnitud del área que se domina con los canales de riego, del mismo modo, nos permite conocer los puntos donde se drena el agua.

Planos topográficos.

Nos muestran:

- a) Topografía de la zona.
- b) Vías de comunicación.
- c) Redes telefónicas, telegráficas, eléctricas, gasoductos, oleoductos, etc.

Sirven para:

- a) Delimitar la zona de riego
- b) Trazar las líneas principales y secundarias de conducción.
- c) Trazar las líneas de drenaje.

II.3.1.- Levantamiento de los terrenos

Tiene como objetivo formar un plano topográfico a escala 1:5,000 para superficies mayores a 250.00 Ha. y a escala 1:2,000 para superficies menores, suficientemente preciso para proyectar las líneas principales y secundarias de conducción y drenaje que sustituirán a los canales de tierra por tubería de pvc Riblock.

El plano deberá abarcar una superficie ligeramente mayor a la que se regará y mostrará curvas de nivel a cada 20 cm.; Las características mencionadas anteriormente se recomiendan por la C.N.A. para obras de riego entubado y/o de canales de tierra.

A continuación se describe la forma en que se realizaron los levantamientos topográficos de cada uno de los frentes de trabajo:

Existen diversos métodos para realizar los estudios topográficos correspondientes a determinar el área, longitud, perímetro y ángulos interiores de una poligonal cerrada; Estos reciben el nombre de planimétricos.

Los estudios topográficos además de determinar los elementos mencionados anteriormente se encargan de definir la diferencia de niveles, esta actividad recibe el nombre de nivelación diferencial.

Métodos para la determinación de la planimetría:

a) Ángulos exteriores.-

Consiste en determinar los ángulos exteriores formados en los vértices de una poligonal cerrada, las distancias entre vértices se pueden obtener con cinta.

b) *Ángulos interiores.*-

Consiste en determinar los ángulos interiores formados en los vértices de una poligonal cerrada, las distancias entre vértices se pueden obtener con cinta.

c) *Método de las deflexiones.*-

Este método se aplica con frecuencia para obtener la planimetría en poligonales cerradas y abiertas. En geometría plana, se define como ángulo de deflexión entre dos rectas, al medido, entre la prolongación de la primera recta y la siguiente.

La longitud de las líneas que forman el perímetro se puede obtener con cinta y balizas.

Definiciones:

Azimut.- Es el ángulo medido sobre un plano horizontal, a partir de la línea Norte - Sur y en el sentido de la manecilla del reloj, con respecto a una línea cualquiera.

Este se mide de 0' a 360'

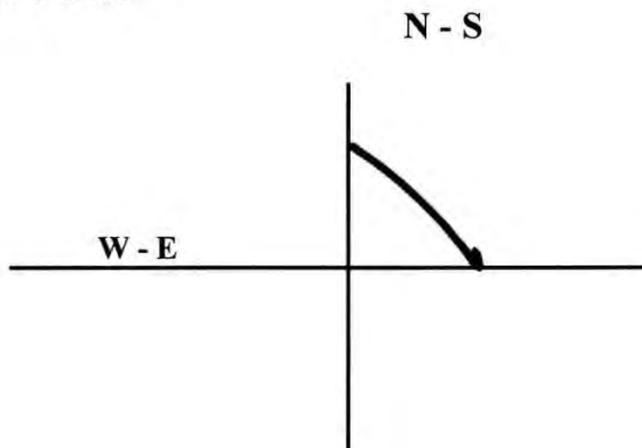


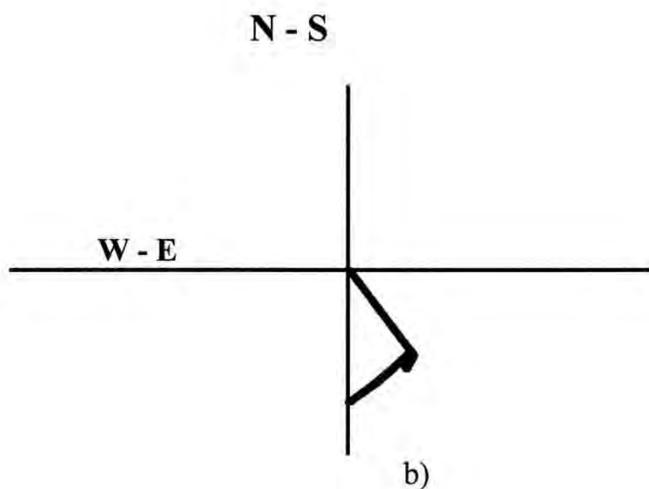
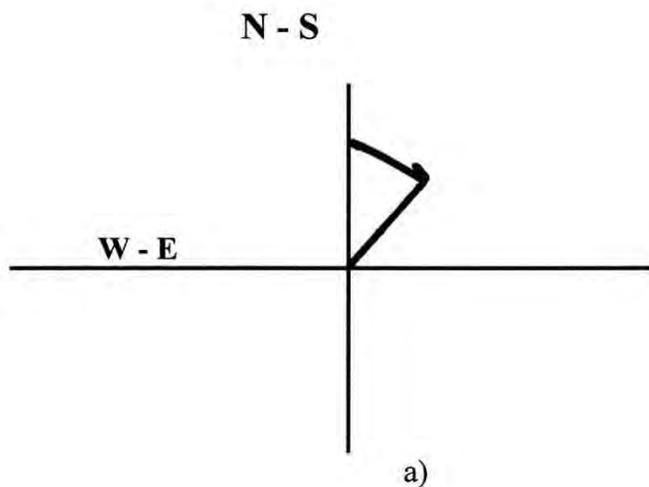
Figura II.3.1.- Representación de un Azimut.

Rumbo.- Podemos definir como rumbo de una línea dirigida, al ángulo medido siempre a partir de la meridiana N - S con respecto a la línea.

Los rumbos pueden ser N - E, N - W, S - E y S - W.

Por otra parte podemos definir como rumbo directo de una línea dirigida; al ángulo medido siempre a partir de la meridiana N - S con respecto al tramo inicial de la línea.

Los rumbos siempre serán de 0 - 90' medidos a partir del Norte o Sur hacia el E o W, tal como se muestra a continuación:



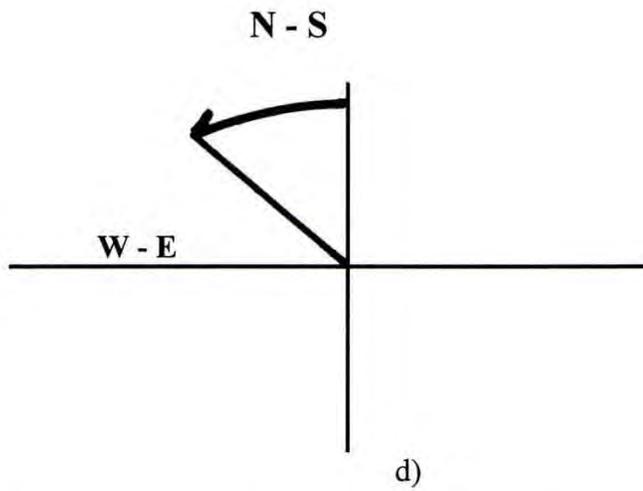
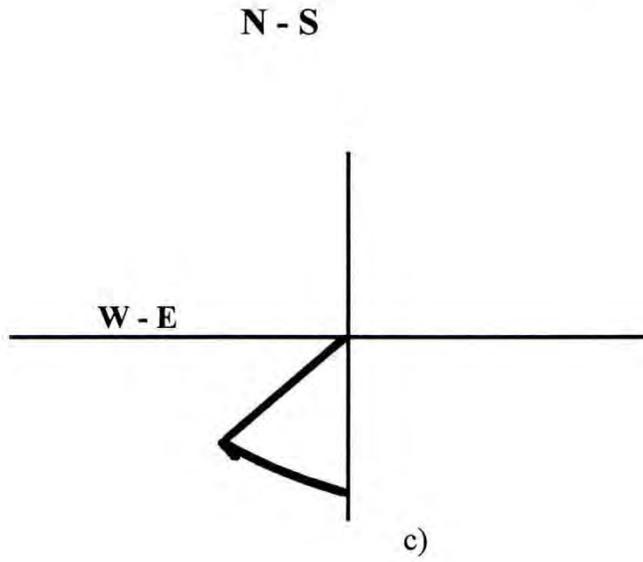


Figura II.3.2.- Representación de Rumbos en los cuatro cuadrantes.

Seno del Rumbo = Proyección en W - E

Coseno del Rumbo = Proyección en N - S

Conversión de Azimuts a Rumbos y viceversa:

1.- Cuando el Rumbo esta en el primer cuadrante.

Azimut = N Rbo E

Rbo = Azimut

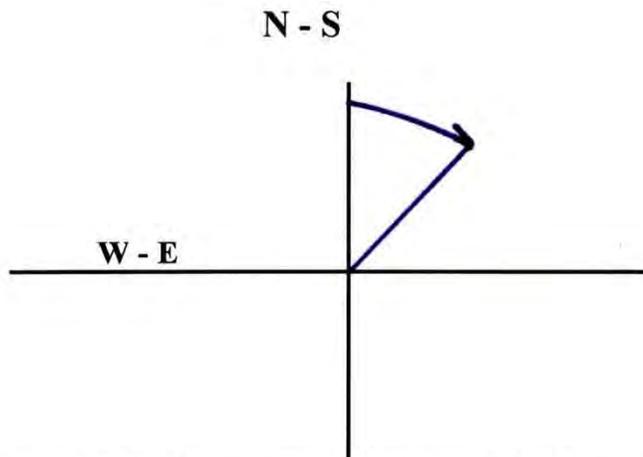


Figura II.3.3.- Conversión de Azimuts a Rumbos en el primer cuadrante.

2.- Cuando el Rumbo está en el cuarto cuadrante.

Azimut = $360' - N$ Rbo W

Rbo = $360' -$ Azimut

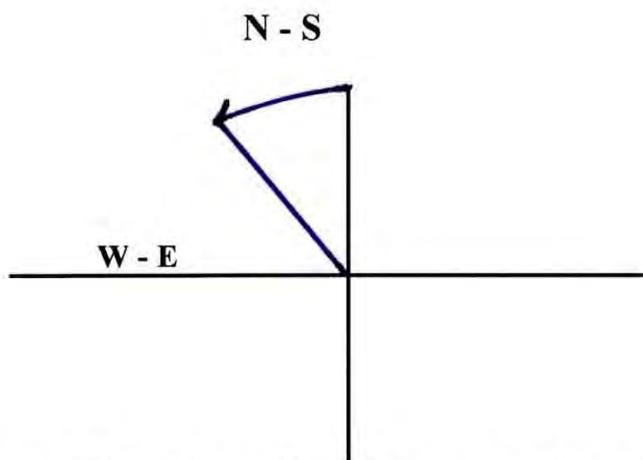


Figura II.3.4.- Conversión de Azimuts a Rumbos en el cuarto cuadrante.

3.- Cuando el Rumbo esta en el tercer cuadrante.

$$\text{Azimut} = 180' + \text{S Rbo W}$$

$$\text{Rbo} = \text{Azimut} - 180'$$

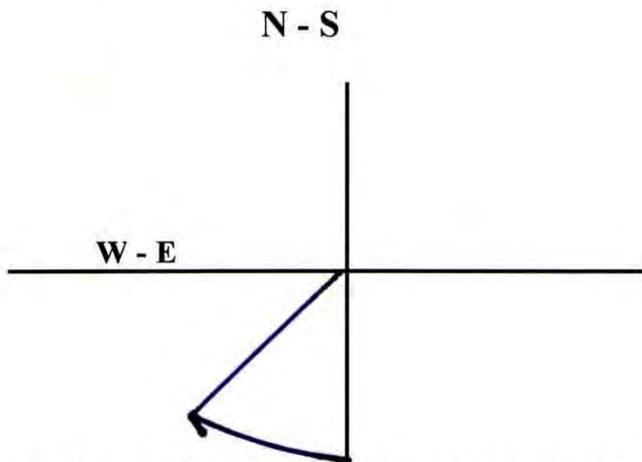


Figura II.3.5.- Conversión de Azimuts a Rumbos en el cuarto cuadrante.

4.- El rumbo esta en el segundo cuadrante.

$$\text{Azimut} = 180' - \text{S Rbo E}$$

$$\text{Rbo} = 180' - \text{Azimut}$$

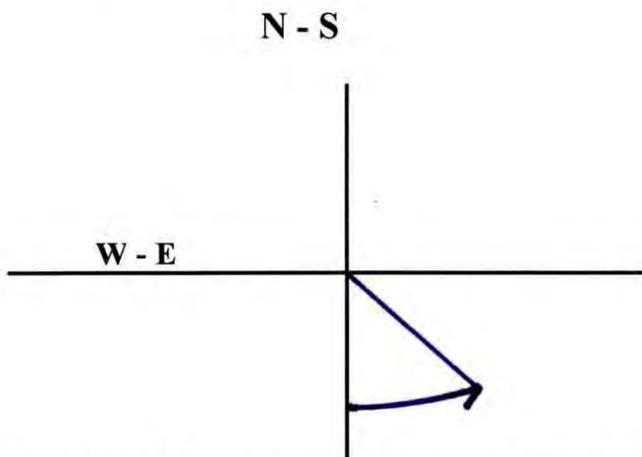


Figura II.3.6.- Conversión de Azimuts a Rumbos en el cuarto cuadrante.

D) *Método de conservación de Azimuts.*- Este método puede usarse para el levantamiento de cualquier tipo de poligonal, teniendo la ventaja de que proporciona inmediatamente el Azimut directo de cada uno de los lados de la poligonal, sin necesidad de cálculo.

Cada uno de los métodos mencionados utiliza durante su realización un registro de campo en el que se anotan los datos correspondientes.

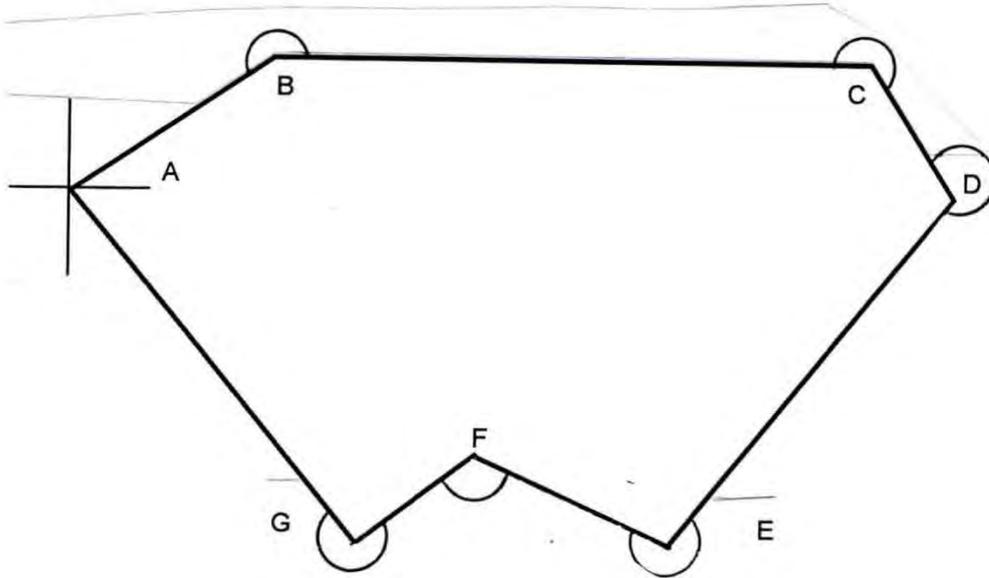


Figura II.3.7.- Método de ángulos exteriores. (pozo 20 T)

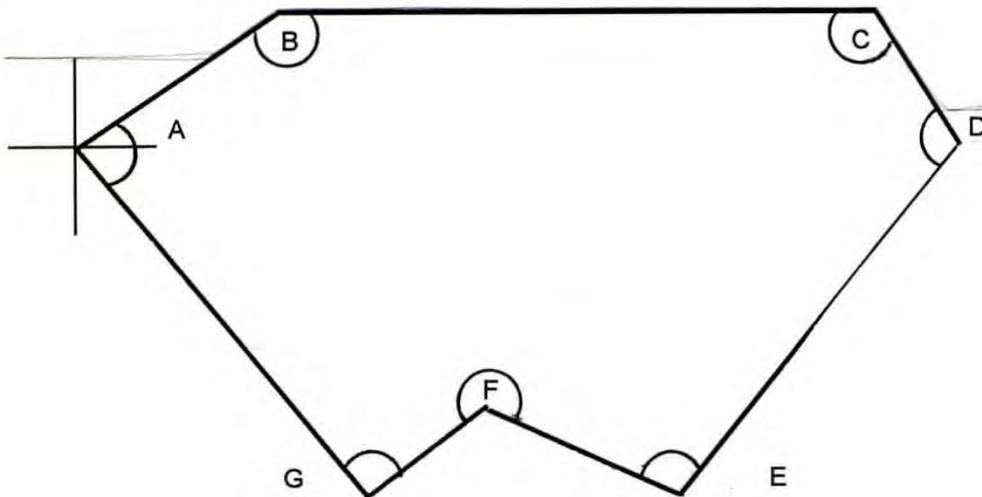


Figura II.3.8.- Método de ángulos interiores (pozo 20 T)

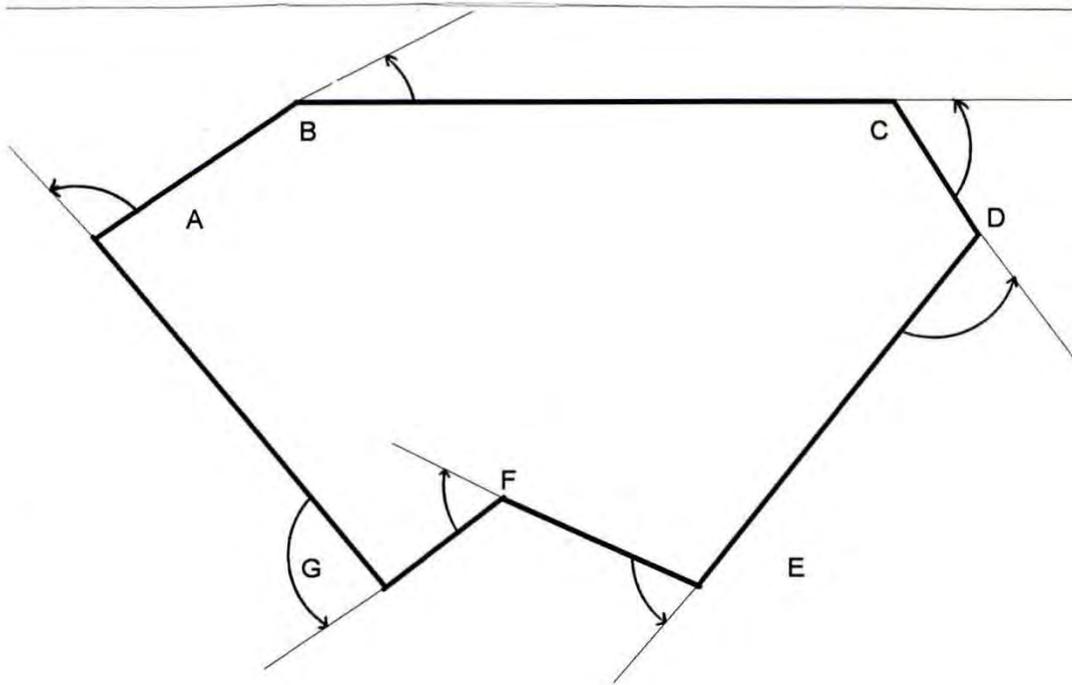


Figura II.3.9.- Método de las deflexiones (pozo 20 T)

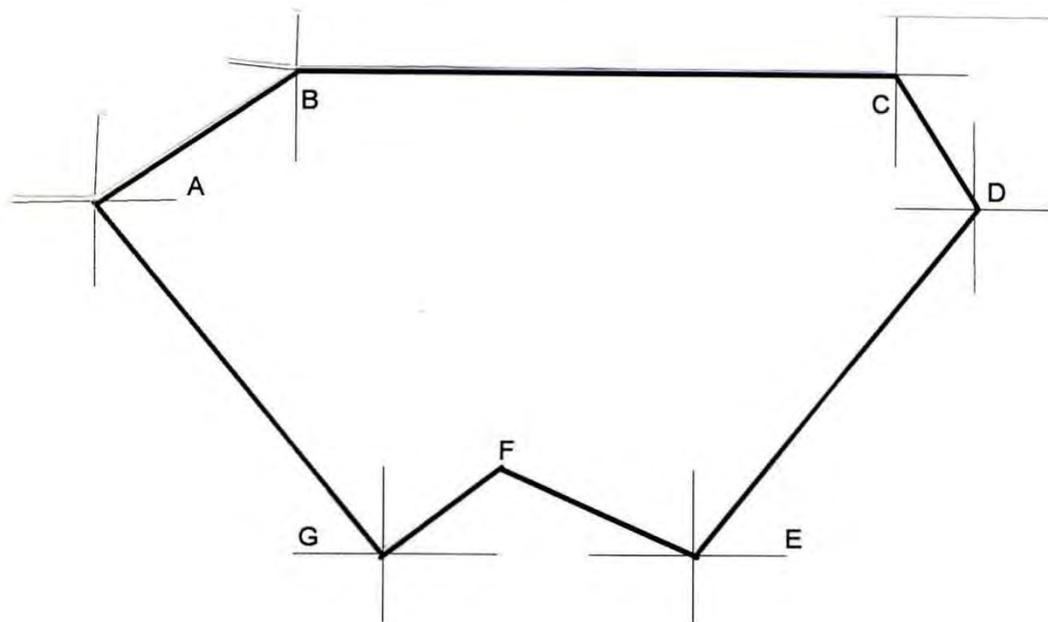


Figura II.3.10.- Método de conservación de Azimuts (pozo 20 T)

El método utilizado para determinar la planimetría de cada uno de los frentes de trabajo fue el de ángulos interiores.

Se realiza con tránsito y cinta.

Metodología:

El tránsito se ubica en el vértice A, con el tornillo particular y general del tránsito, se pone en ceros al vernier; alineándose con el punto G, después se suelta el tornillo particular y se gira el aparato hacia B, esta actividad se repite cinco veces poniendo ceros al vernier; el ángulo medido será igual al promedio. En cada uno de los vértices se mide el ángulo de idéntica forma hasta terminar la poligonal.

La distancia entre vértices se mide con cinta; de ida y vuelta, la medida real es igual al promedio de ambas.

En cada uno de los vértices se midió el Azimut correspondiente; esto se logra poniendo ceros al vernier en la posición Norte y desplazando la mira del tránsito hasta el punto F o E, D, C y B.

La suma de los ángulos interiores debe ser igual a $180'(n-2)$.

Una vez medidos los azimuts se procede a obtener los rumbos correspondientes; A cada rumbo se le calcula la función seno y coseno; En función del rumbo se obtienen proyecciones en N - S y W - E.

A partir de las proyecciones se obtienen coordenadas en X y Y de tal forma que la poligonal quede comprendida en un sistema de coordenadas cartesianas positivas.

Cada punto tendrá dos coordenadas, una en X y otra en Y, cada coordenada X será igual a X_n , la siguiente será X_{n+1} y la anterior X_{n-1} .

El área de la poligonal se obtiene del producto de la diferencia $(X_{n+1} - X_{n-1})$ por el valor de la coordenada correspondiente en X entre dos

Altimetría o control vertical:

Esta operación topográfica también conocida como nivelación diferencial se hace después de que se ha realizado el levantamiento planimétrico; consiste en medir las alturas de los puntos de la poligonal, en este caso se obtuvieron curvas de nivel a cada 20 cm. por especificación de la C.N.A.; fue necesario tomar alturas de los puntos fuera de la poligonal y en toda el área del terreno.

Esta actividad se realiza con un nivel a partir de uno de los tres vértices y hacia todo el relleno.

Para hacerlo se toman varios puntos del terreno conocidos como de liga, al punto inicial y final solo se les realiza un a lectura.

El desnivel entre punto y punto es igual a la diferencia de lecturas en el estadal, el desnivel total es igual a la suma de las diferencias.

II.4.- GEOTECNIA

Los estudios de geotecnia comprenden las actividades de campo, laboratorio y gabinete para analizar las estructuras del terreno que alojará las tuberías, cruceros y en general las partes del proyecto.

Los resultados obtenidos en el laboratorio sirven de base para el análisis de precios unitarios y para determinar la estabilidad volumétrica del mismo.

El tipo de muestreo de suelos debe estar regido anticipadamente por los requerimientos impuestos a las muestras y a su vez el programa de pruebas debe estar definido en función de la naturaleza de los problemas que se suponga puedan resultar del suelo.

Para el análisis de precios unitarios es necesario determinar el grado de trabajabilidad del suelo, refiriéndose concretamente a los grados A, B, y C, de acuerdo a las siguientes características:

- A.- Atacable con pico y pala.
- B.- Atacable con medios mecánicos.
- C.- Atacable solo con explosivos.

Para determinar la estabilidad volumétrica es necesario clasificar e identificar el suelo en cuestión, de acuerdo al SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

Para poder entender con claridad la forma en que se clasifican e identifican los suelos es necesario definir algunos conceptos:

Plasticidad.- Propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

Límites de plasticidad.- La plasticidad de un suelo exige para ser expresada en forma conveniente, la utilización de dos parámetros según su contenido de agua en forma decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia:

- 1.- Estado líquido, con la apariencia y propiedades de una suspensión.
- 2.- Estado semilíquido, con las propiedades de un flujo viscoso.
- 3.- Estado plástico, en el que el suelo se comporta plásticamente.
- 4.- Estado semisólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado.
- 5.- Estado sólido, en que el volumen del suelo no varía con el secado.

La frontera entre los estados semilíquido y plástico se llama límite líquido

La frontera entre los estados plástico y semisólido se denomina límite plástico.

A las fronteras anteriores, que definen el intervalo plástico del suelo se les ha llamado límites de plasticidad.

El índice de plasticidad (I_p), se define como la diferencia entre los límites líquido y plástico.

Los límites arriba mencionados se obtienen en el laboratorio de mecánica de suelos, para ello es necesario obtener muestras de suelo inalterado mediante sondeos con pozos a cielo abierto, que consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda bajar y examinar los diferentes estratos de suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo; En ocasiones suele utilizarse ademas de madera o acero para estabilizar las paredes de la excavación.

En estos pozos deben tomarse muestras de suelo inalteradas, generalmente a base del labrado de la muestra en una oquedad que se practica en una de las paredes del pozo, protegiéndole contra pérdidas de humedad envolviéndola en una o mas capas debidamente impermeabilizadas con brea o parafina.

La cantidad de material obtenido para muestreo debe ser suficiente para realizar todas las pruebas de laboratorio y aún repetir las incorrectas y aquellas cuyos resultados sean dudosos.

La mitad o las dos terceras partes de la muestra inalterada extraída debe cortarse longitudinalmente en tres secciones, dos aproximadamente semicilíndricas y otra, central, limitada por dos caras planas. Esta última, de medio a un centímetro de espesor, se coloca una placa de vidrio, marcando su parte superior e inferior, así como dos líneas en correspondencia a otras similares trazadas en la superficie plana de los semicilindros, todas esas líneas se usarán después con fines de correlación. La parte central sobre la placa de vidrio se expone, a continuación, al secado lento en un ambiente húmedo.

Uno de los semicilindros se corta ahora en rebanadas delgadas de igual espesor, tomando la parte central de cada uno, fragmentos a los que se les determina el contenido de agua. El espesor de las rebanadas debe ser del orden de $1/2$ centímetro. Si alguna estratificación es visible en la arcilla, servirá de guía para rebanar el material de modo que se obtengan porciones homogéneas.

Tras determinar los contenidos de agua y dibujarlos, se seleccionan porciones del otro semicilindro de zonas en que las humedades hayan variado muy poco, las que se usan para determinar los límites.

La sección central que se expuso al secado debe observarse hasta notar el cambio de color de algunos estratos, que servirá para mostrar el grado de estratificación de la muestra. Los estratos de mayor contenido de agua se secan mas lentamente, mientras las lentes de limos o arenas lo hacen en primer lugar. Cuando la muestra esta totalmente seca desaparecen las fronteras de estratificación.

II.4.1.- Sistema unificado de clasificación de suelos

El sistema unificado de clasificación de suelos nos permite describir un suelo en forma cualitativa y cuantitativa, además nos permite deducir el comportamiento del mismo dentro del intervalo de ciertas solicitaciones, dependiendo del tipo de proyecto serán los tipos de muestreos y pruebas que se realizarán al suelo. Para ejemplificar podemos hacer la comparación entre un proyecto de cimentación de un edificio y nuestro caso particular que es la sustitución de canales de tierra por tubería de pvc Riblock. En el primer caso es necesario considerar factores tales como la historia de consolidación, el nivel de aguas freáticas, la resistencia al esfuerzo cortante, la clasificación e identificación, la estabilidad volumétrica y el grado de

consolidación. En nuestro caso solo es necesario conocer el grado de trabajabilidad para el análisis de precios unitarios y la estabilidad volumétrica al momento de realizar la excavación para así tomar las medidas adecuadas al momento de realizar el trabajo.

Estos resultados influyen también en el cálculo del uso consuntivo o de la demanda de agua de los cultivos; la clasificación obtenida nos permite deducir algunos factores para determinar el cálculo del uso consuntivo.

El sistema cubre a los suelos gruesos y finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla No 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS
INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

| PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO (Excluyendo las partículas mayores de 76 cm. (3") y basandose en las fracciones en peso estimados) | | | | SIMBOLOS DEL GRUPO | NOMBRES TIPICOS | |
|---|--|---|---|--------------------|-----------------|---|
| SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla No. 200 | GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4. | ARENAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas) | Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios | | GW | Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos |
| | | | predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios | | GP | Gravas mal graduadas, mezclas de grava, y arena, con poco o nada de finos |
| | | GRAVAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas) | fracción fina poco o nada plástica (Para identificación véase grupo ML abajo) | | GM | Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo |
| | | | Fracción fina plástica (Para identificación véase grupo CL abajo) | | GC | Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla |
| | ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla No. 4 (Para la clasificación visual puede usarse 1/2 cm igual a la abertura de la malla No. 4) | ARENAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas) | Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios | | SW | Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos |
| | | | Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios | | SP | Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos |
| | | ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas) | Fracción fina poco o nada plástica (Para identificación véase grupo ML abajo) | | SM | Arenas limosas, mezclas de arena y limo |
| | | | Fracción fina plástica (Para identificación véase grupo CL abajo) | | SC | Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla |
| SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad del material pasa la malla No. 200 | PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA No. 40 | | | ● | | |
| | LIMOS Y ARCILLAS Limite liquido menor de 50 | RESISTENCIA EN ESTADO SECO (Características al rompimiento) | DILATANCIA (Reacción al agitado) | | | TENACIDAD (Consistencia cerca del limite plástico) |
| | | Nula a ligera | Rápida o lenta | | | Nula |
| | | Media a alta | Nula o muy lenta | | | Media |
| | | Ligera a media | Lenta | Ligera | | |
| | LIMOS Y ARCILLAS Limite liquido mayor de 50 | Ligera a media | Lenta a nula | Ligera a media | MH | Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos diatomáceos, limos elásticos |
| | | Alta o muy alta | Nula | Alta | CH | Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas francas |
| | | Media a alta | Nula o muy lenta | Ligera a media | OH | Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad |
| | SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS | | Fácilmente identificable por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura, fibrosa | | Pt | Turba y otros suelos altamente orgánicos |

NOTA: Clasificación de frentera - Todos los suelos que posean las características de los dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos, por ejemplo GW - GC, mezcla de grava y arena bien graduada, con cementante arcilloso. Todos los tamaños de las mallas en esta carta son de la U. S. Standard.

Tabla II.4.1.- Sistema unificado de clasificación de suelos

II.4.2.- Determinación de los límites de plasticidad en el laboratorio

Los límites de plasticidad deben determinarse en la fracción de suelo menor de la maya No. 40 si el espécimen es arcilloso, es preciso que nunca haya sido secado a humedades menores que su límite plástico aproximadamente.

Metodología:

- 1.- Tómanse unos 100 gramos de suelo húmedo y mézclense con una espátula, añadiendo agua destilada si es preciso hasta que adopten una consistencia suave y uniforme.
- 2.- Colóquese una porción de esa pasta en la copa de Casa grande, con un espesor máximo de un centímetro y hágase con el ranurador apropiado la ranura correspondiente; el ranurador deberá mantenerse en todo el recorrido, normal a la superficie interior de la copa.
- 3.- Acciónese la copa a razón de dos golpes por segundo, contando el No. de golpes necesario para que la parte inferior del talud de la ranura se cierre 1.27 cm. si el No. es menor que 10 aproxímese modificándose el contenido de humedad. La ranura deberá cerrarse por flujo del suelo y no por deslizamiento del mismo respecto a la copa.
- 4.- Remézclase el suelo en la copa, con la espátula repitiendo las etapas 2 y 3 dos veces más, si el número de golpes necesario para el cierre de la ranura es consistentemente el mismo que en las tres ocasiones. Si alguno de esos números resulta muy diferente de los otros, repítanse una cuarta vez las etapas 2 y 3, así se obtiene un número de golpes correspondiente a un cierto contenido de agua del suelo. Entre dos determinaciones, el número de golpes no debe diferir en más de un golpe.
- 5.- Cuando se ha obtenido un valor consistente del número de golpes, comprendido entre 6 y 35 golpes, tómanse diez gramos de suelo, aproximadamente, de la zona próxima a la ranura cerrada y determine su contenido de agua de inmediato.
- 6.- Repítanse las etapas 2 a 5 teniendo el suelo otros contenidos de agua. Para humedecer el suelo, úsese un gotero, remoldeando la pasta hasta que el agua añadida quede uniformemente incorporada. Para secar el suelo, úsese la espátula, remezclándolo de modo que se produzca evaporación; En ningún caso se secará la muestra en un horno o sometiéndola a ningún proceso de evaporación violenta. De esta manera deberán tenerse, como mínimo, 4 valores del número de golpes correspondientes a cuatro diferentes contenidos de agua, comprendidos entre los 6 y los 35 golpes. Cada valor estará obtenido, como se dijo en 4, de por lo menos, tres determinaciones sucesivas.
- 7.- Dibújese una gráfica (curva de fluidez) con los contenidos de agua y los números de golpes correspondientes, los primeros como ordenadas en escala natural y los segundos como abscisas, en escala logarítmica. Esta curva debe considerarse una recta entre los seis y los treinta y cinco golpes. La ordenada correspondiente a los 25 golpes será el límite líquido del suelo

Límite plástico.

Metodología:

- 1.- Mézclense perfectamente alrededor de 15 gr. de suelo húmedo .
- 2.- Rólese el suelo sobre una placa de vidrio o metal con la mano, hasta alcanzar un diámetro de 3 mm.
- 3.- Repítase la etapa 2 hasta que el cilindro presente señales de desmoronamiento y agrietamiento al alcanzar el diámetro de 3 mm.
- 4.- Al llegar al límite señalado (3) , determínese el contenido de agua de una parte del cilindro correspondiente.
- 5.- Repítanse las etapas dos a cuatro dos veces más, para obtener tres valores, el límite plástico del suelo será el promedio de las tres dimensiones.

Los resultados de la prueba para obtener el límite líquido se grafican en un sistema de ejes coordenados como el que a continuación se muestra:

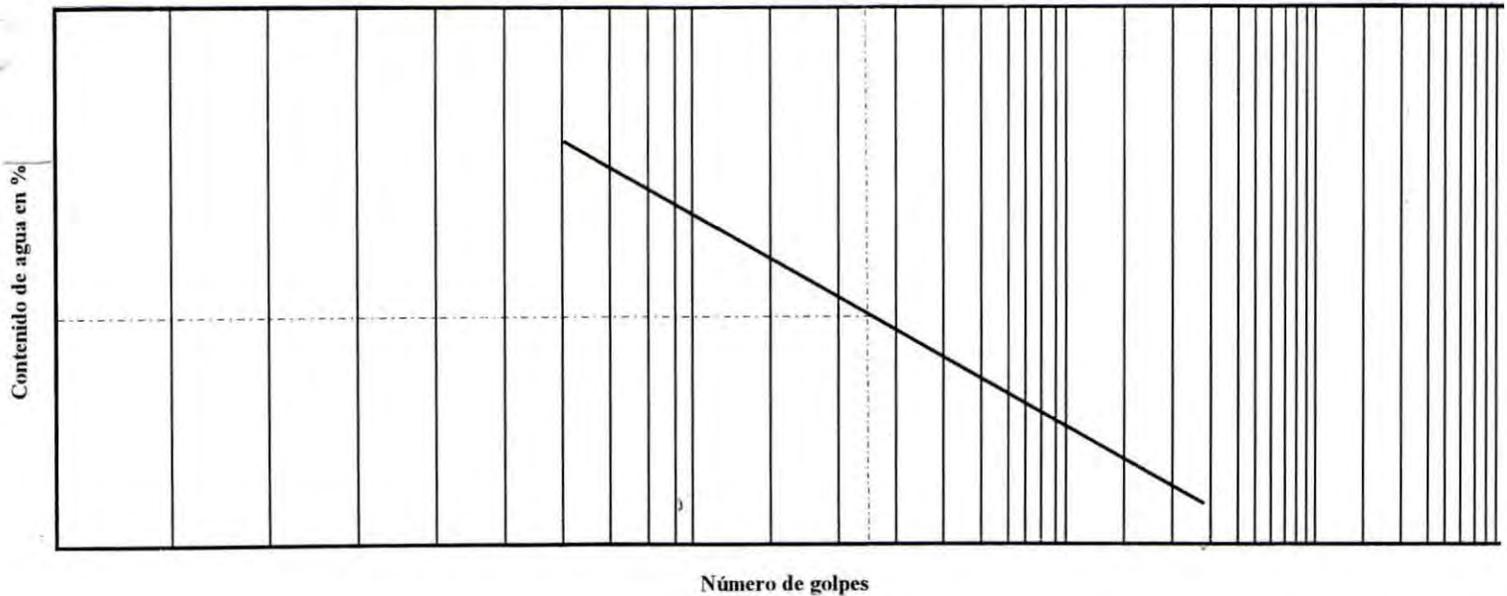


Figura No. II.4.2.1.- Gráfica para la obtención del límite líquido.

La curva formada por los puntos número de golpes y contenido de humedad se denomina como curva de fluidez y esta representada por la siguiente ecuación:

$$W = -F_x \text{Log}N + C, \quad \text{donde:}$$

W = Contenido de agua como porcentaje de peso seco.

F_x = Índice de fluidez, pendiente de la curva de fluidez, igual a la variación del contenido de agua correspondiente a un ciclo de la escala logarítmica.

N = Número de golpes. Si N es menor de 10 aproxímese a medio golpe.

C = Constante que representa la ordenada de la abscisa de 1 golpe; Se calcula prolongando el trazo de la curva de fluidez.

y además tenemos que:

$s_1 = 25 \text{ g/cm}^2$, resistencia al esfuerzo cortante de los suelos plásticos, en el límite líquido.

s_2 = Resistencia al esfuerzo cortante correspondiente al límite plástico, cuyo valor puede usarse para medir la tenacidad de una arcilla.

Teniendo en cuenta las condiciones anteriores, puede escribirse:

$$LL = -F_x \text{Log}Cs_1 + C' \quad (a)$$

$$LP = -F_x \text{Log}Cs_2 + C' \quad (b)$$

Restando (a) y (b), se obtiene:

$$\text{Índice de plasticidad} = LL - LP = F_x (\text{Log}Cs_2 - \text{Log}Cs_1)$$

$$I_p = F_x \text{Log}s_2/s_1.$$

Donde:

$$T_w = I_p/F_x = \text{Log}s_2/s_1.$$

La expresión anterior se llama índice de tenacidad.

El índice arriba mencionado sirve para obtener una medida relativa de la tenacidad y juntamente con el de fluidez, es útil para establecer una diferencia adicional en lo que se refiere a las características de plasticidad de las arcillas, El índice de tenacidad se refiere a las características de plasticidad de las arcillas. El índice de

tenacidad generalmente varía entre 1 y 3 y rara vez alcanza valores de 5 o menores de 1; Un alto valor de T_w , no implica que los límites de plasticidad sean altos.

II.4.3.- Límite de contracción

Se define como la humedad de una muestra de suelo seca, si tuviese sus vacíos llenos de agua. Se define con la siguiente expresión:

$$LC (\%) = 100 \times A/W_s = 100 \times (W_1 - W_s - (V_1 - V_2) \times j_p) / W_s \quad \text{Donde:}$$

V_1 = Volumen de la muestra húmeda, igual al volumen de la cápsula.

W_1 = Peso de la muestra seca húmeda.

V_2 = Volumen de la muestra seca.

W_s = Peso de la muestra seca.

j_p = Peso específico del agua.

$$A = W_s - (V_1 - V_2) \times j_p.$$

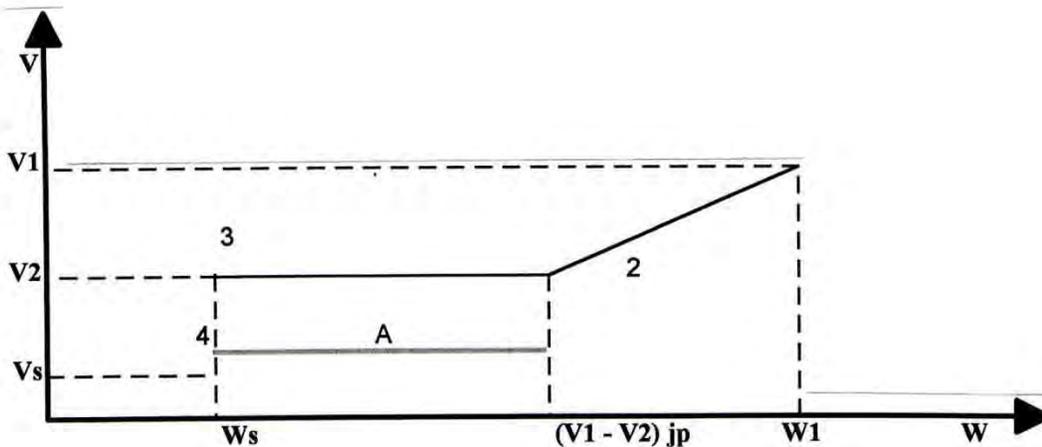


Figura II.4.3.1.- Obtención del límite de contracción.

Para el proyecto de sustitución de canales por tubería de pvc Riblock se realizaron nueve pozos a cielo abierto de 1.00 m. x 1.00 m. en la superficie y de 1.60 m. de profundidad. Fueron realizados en cada uno de los frentes de trabajo, no resulto necesario aumentar el número de pozos , por las características relativamente uniformes del material que compone estos módulos.

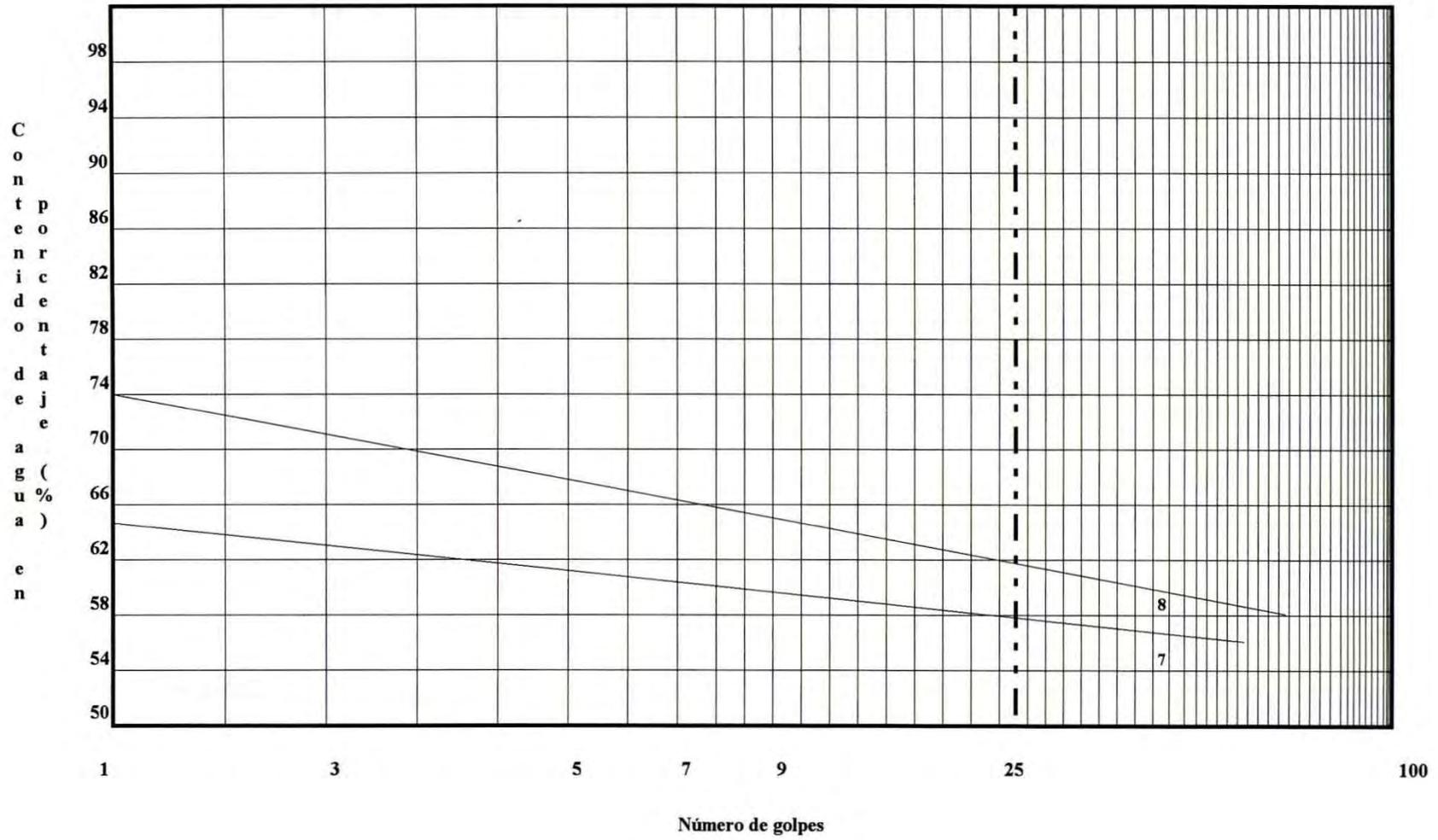
| Muestra No. | | | | | | | | | |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Concepto | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

| | | | | | | | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Lím Liq. | 65.00 | 66.50 | 67.50 | 74.00 | 62.00 | 57.00 | 59.00 | 64.70 | 63.80 |
| Lím. Plá. | 24.00 | 25.00 | 26.50 | 27.00 | 26.00 | 31.00 | 23.50 | 24.50 | 26.50 |
| Ind. Plas. | 41.00 | 41.50 | 41.00 | 47.00 | 36.00 | 26.00 | 35.50 | 39.20 | 37.30 |
| Ind. Fluid. | 10.30 | 15.00 | 24.50 | 12.50 | 10.00 | 25.50 | 16.50 | 18.50 | 16.50 |
| Ind. Ten. | 2.50 | 4.00 | 2.30 | 1.90 | 2.80 | 2.60 | 1.10 | 2.30 | 2.20 |

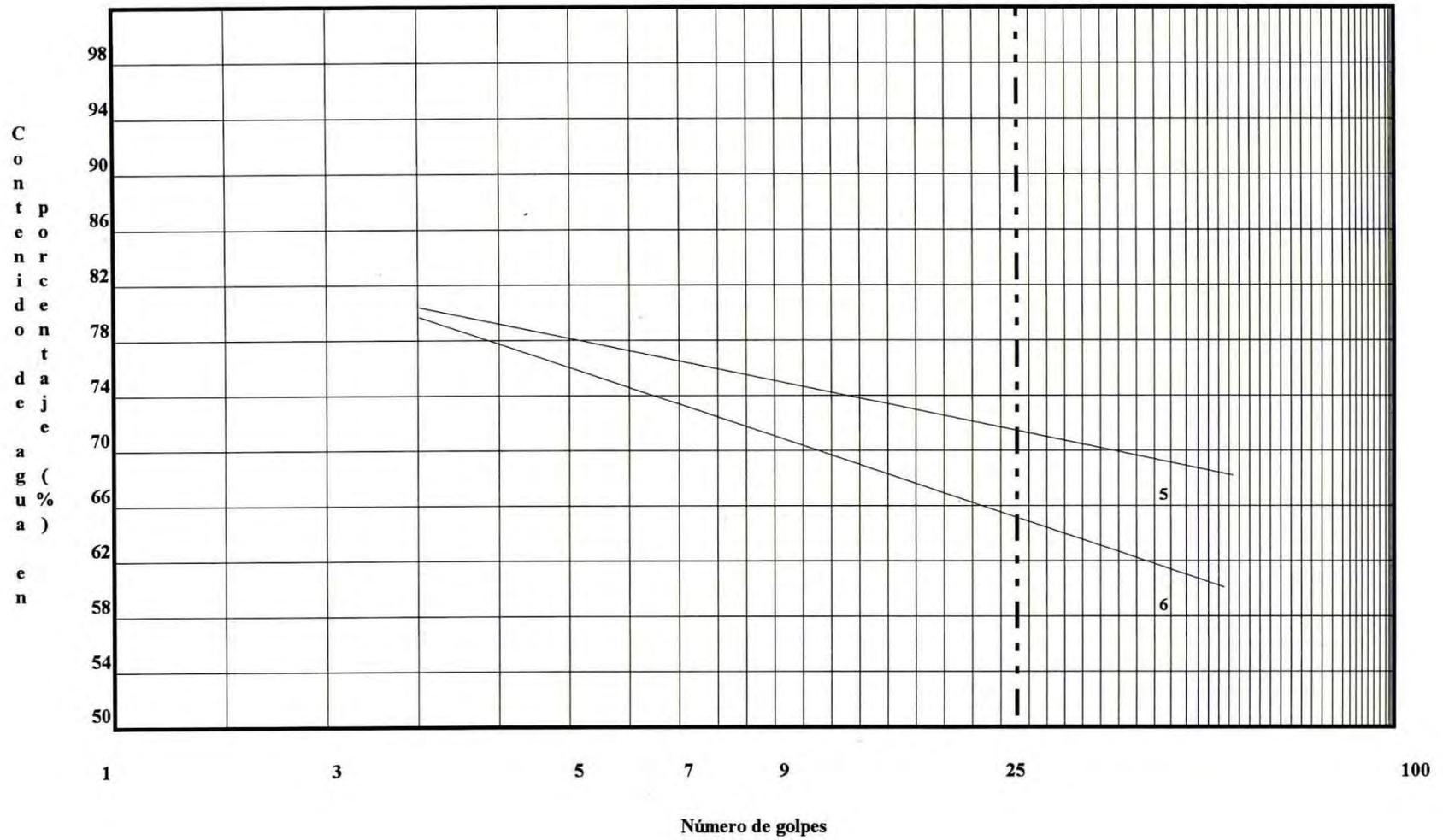
El límite de contracción en cada uno de los casos anteriores fue menor al 10%.



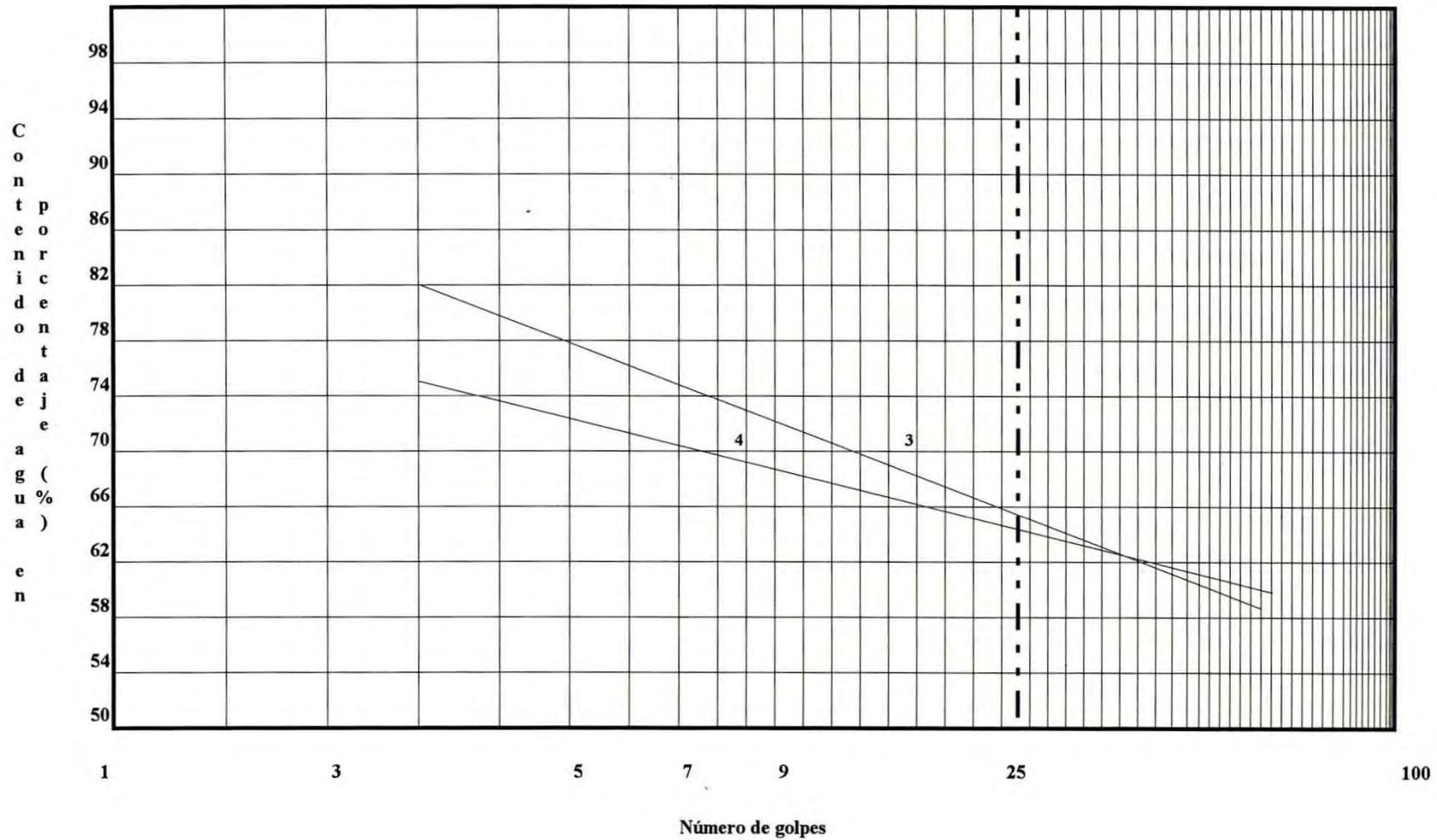
Gráfica No. II.4.3.1.- Obtención del límite líquido (Correspondiente al pozo No. 7 , muestra No. 9)



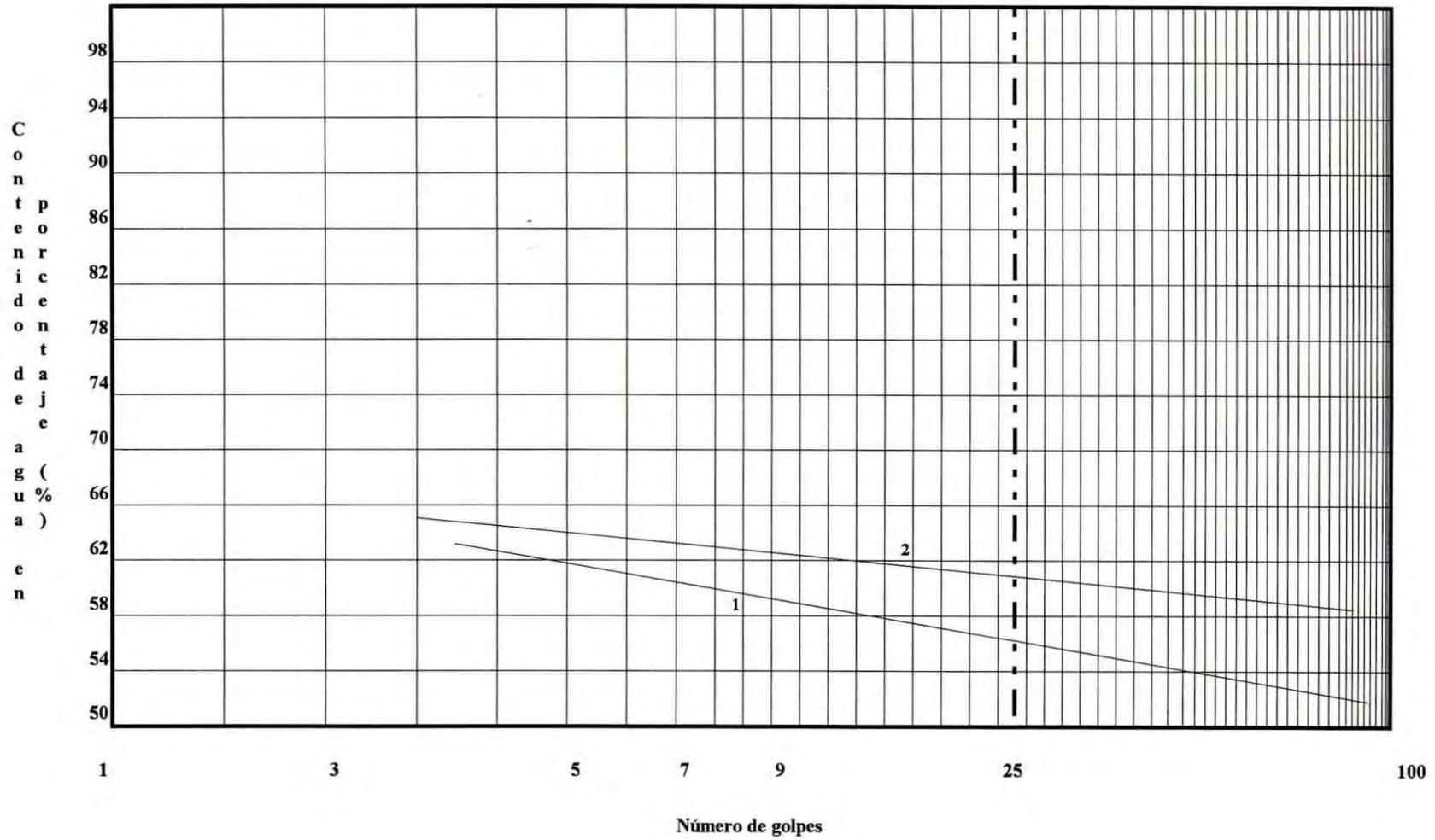
Gráfica No. II.4.3.2.- Obtención del límite líquido (Correspondiente a los pozos No. 5 y No. 7 , muestras No. 8 y No. 7)



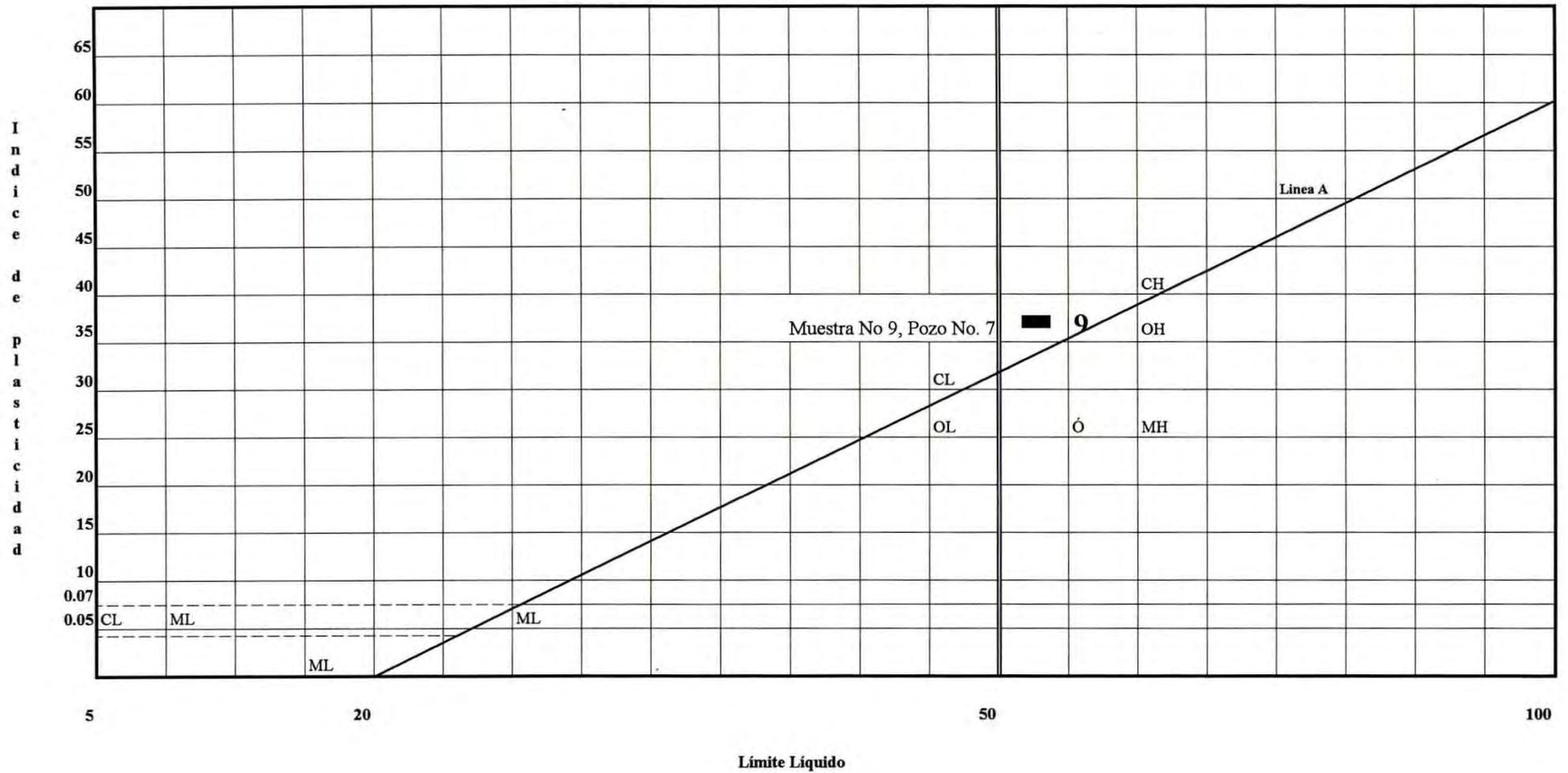
Gráfica No. II.4.3.3.- Obtención del límite líquido (Correspondiente a los pozos No. 15 y No. 31, muestras No. 6 y No. 5)



Gráfica No. II.4.3.4.- Obtención del límite líquido (Correspondiente a los pozos No. 16 y No. 13, muestras No. 4 y No. 3)



Gráfica No. II.4.3.5.- Obtención del límite líquido (Correspondiente a los pozos No. 1 y No. 20T, muestras No. 2 y No. 1)

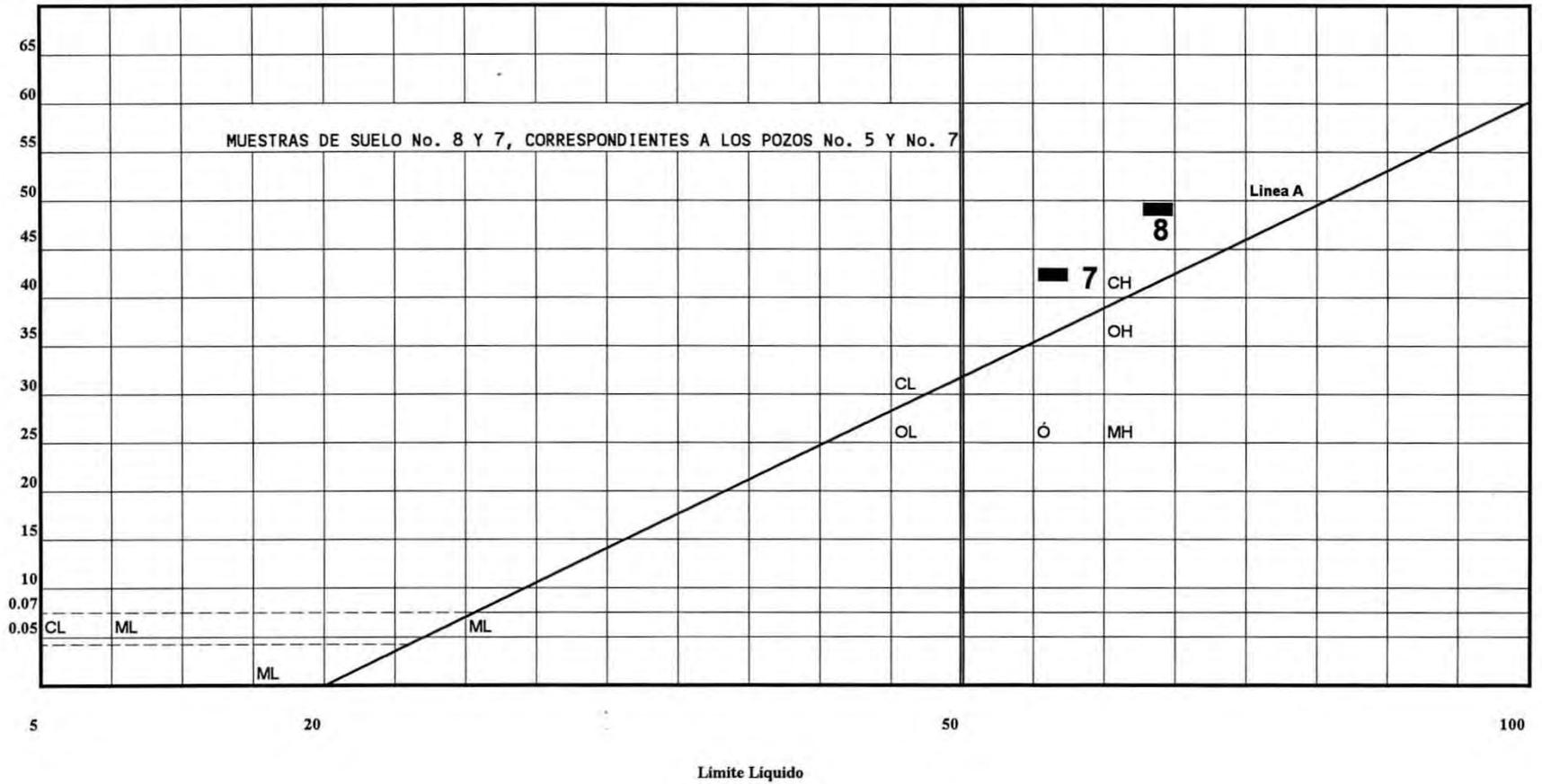


Gráfica No. II.4.3.6.- Clasificación del suelo de acuerdo a la carta de plasticidad.

I
n
d
i
c
e

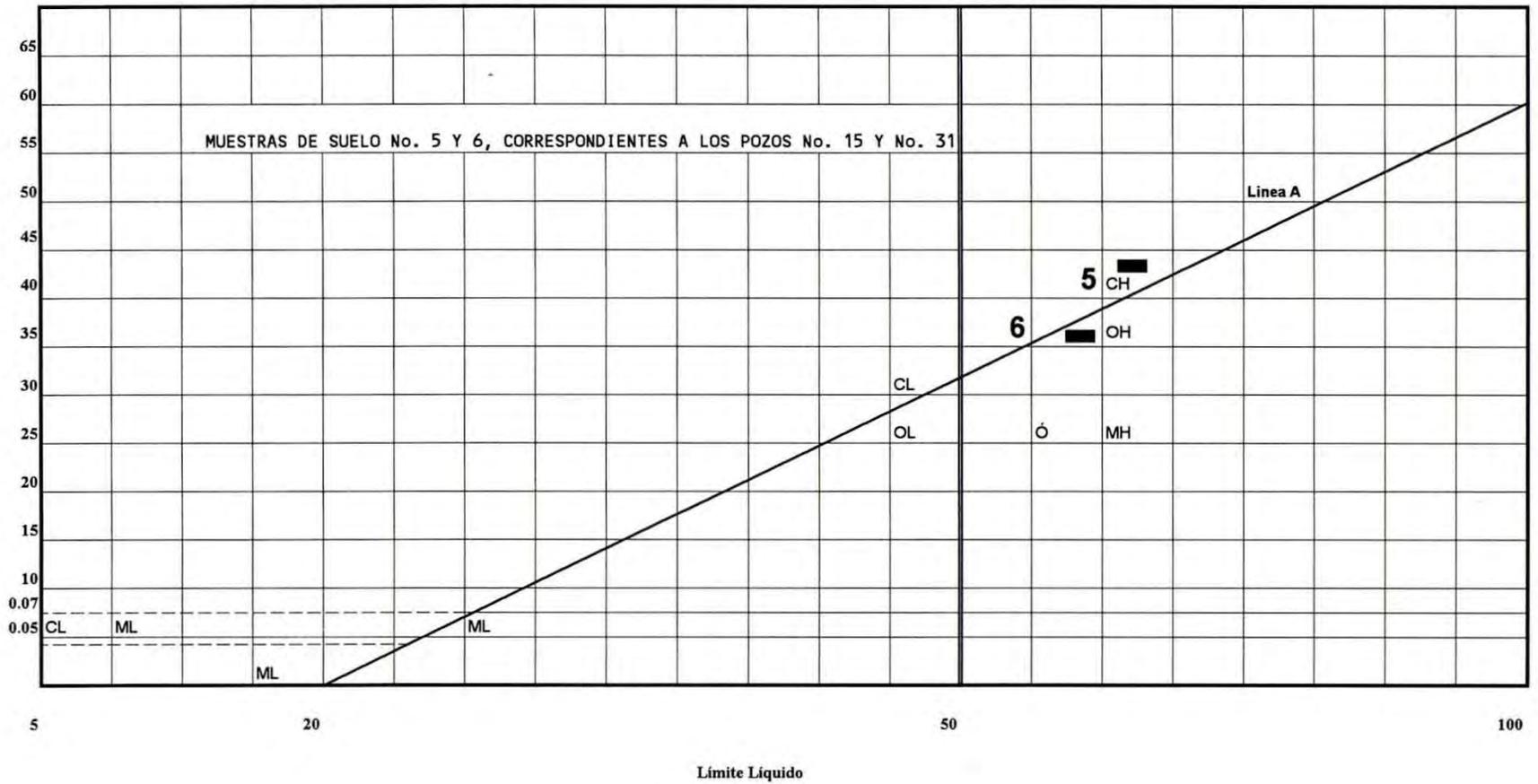
d
e

p
l
a
s
t
i
c
i
d
a
d



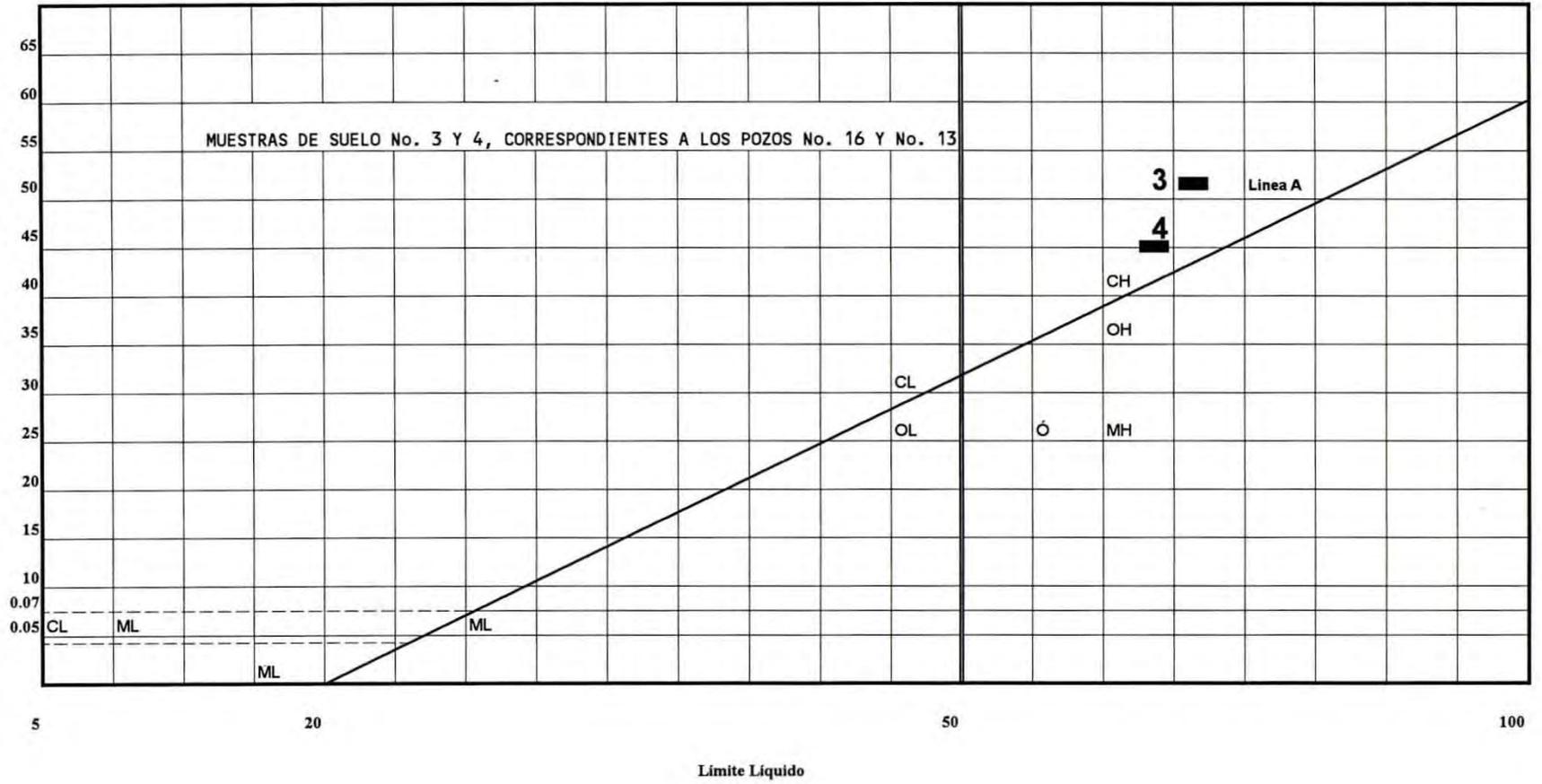
Gráfica No. II.4.3.7.- Clasificación del suelo de acuerdo a la carta de plasticidad.

I
n
d
i
c
e
d
e
p
l
a
s
t
i
c
i
d
a
d



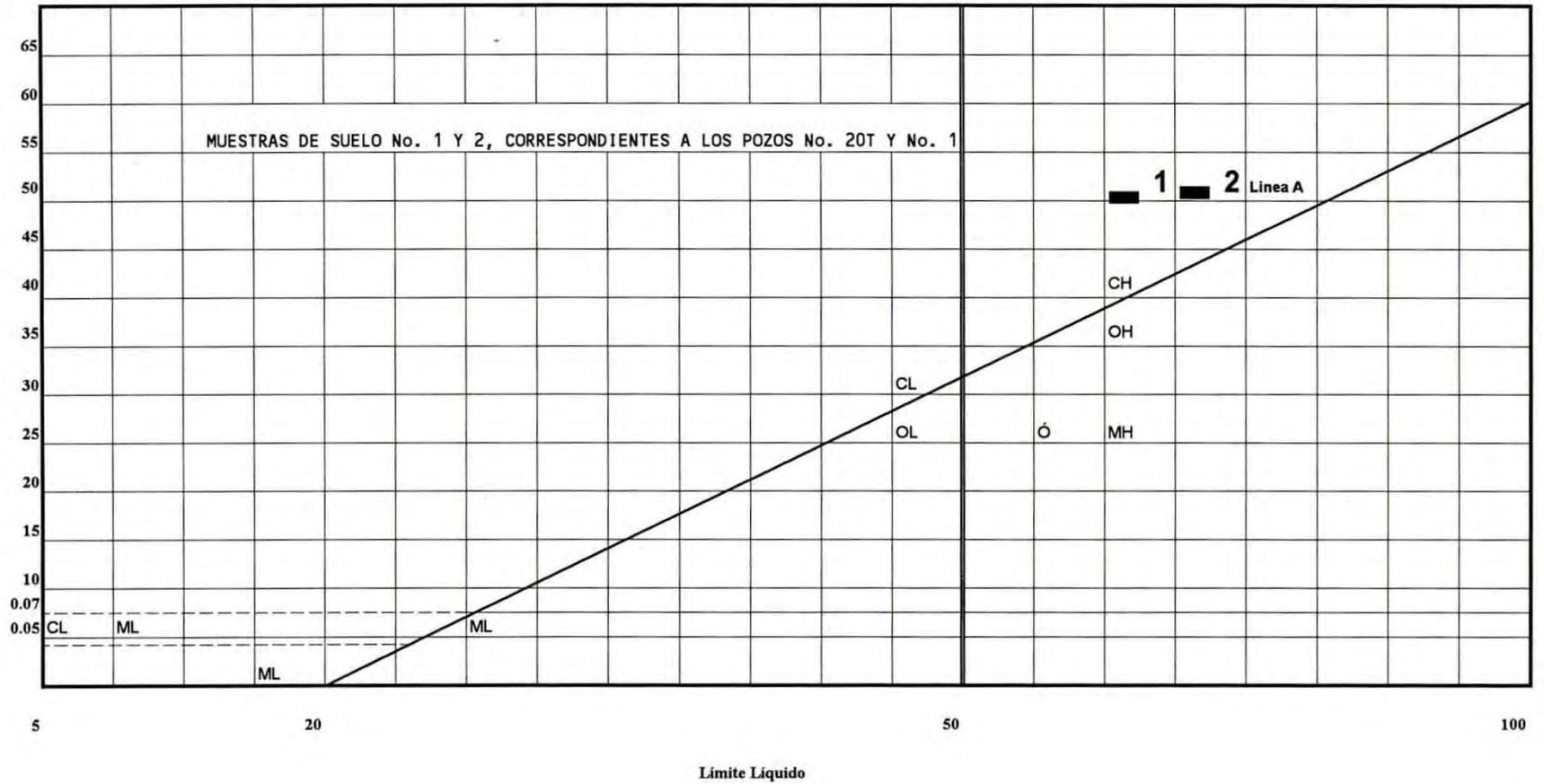
Gráfica No. II.4.3.8.- Clasificación del suelo de acuerdo a la carta de plasticidad.

I
n
d
i
c
e
d
e
p
l
a
s
t
i
c
i
d
a
d



Gráfica No. II.4.3.9.- Clasificación del suelo de acuerdo a la carta de plasticidad.

I
n
d
i
c
e
d
e
p
l
a
s
t
i
c
i
d
a
d



Gráfica No. II.4.3.10.- Clasificación del suelo de acuerdo a la carta de plasticidad.

De acuerdo a los resultados mostrados en la carta de plasticidad se puede concluir que son suelos granulares arcillo limosos, con plasticidad de media a alta y que tiene una contracción de menos del 10% en todos los casos, se establece que no hay riesgos de inestabilidad volumétrica y la excavación se puede realizar hasta la profundidad de proyecto sin riesgos de derrumbe y no es necesario hacer " escalones ", así mismo, se hace notar que estos suelos son atacables con pico y pala, considerando para el análisis de precios unitarios 50% de material A y 50% de material tipo B.

II.5.- ESTUDIOS AGROLOGICOS

Objetivos que persigue el estudio agrológico:

El estudio agrológico en este tipo de proyectos se limita a determinar la necesidad global de agua del sistema suelo - planta, en función de las características físicas de los suelos y de los cultivos, proporcionando como resultado una demanda mínima de agua; de tal modo es el punto de partida para el diseño de proyecto, ya que influye directamente en el cálculo del diámetro de tubería que sustituirá al canal de tierra, parámetros que a su vez nos definen el intervalo crítico entre riegos y el análisis de la eficiencia del sistema.

El cálculo del uso consuntivo depende además de otros factores tales como:

Profundidad radicular máxima, tipo de cultivo, ubicación geográfica (definida por latitud y altitud), periodo del año en que crece la planta y horas luz al día entre otros.

En esta parte del trabajo solo enunciaré algunas definiciones y la metodología para determinar el uso consuntivo ya que forma parte de las condiciones de diseño y se retoma dentro del aspecto hidráulico en el capítulo IV.

Para proyectos de mayor envergadura, tales como el diseño de grandes zonas de riego por gravedad, utilizando canales o tubería se parte de la fuente de abastecimiento, el área por regar, la localización y diseño de los canales principales o cálculo de diámetro de tuberías, secundarios, ramales, subramales, drenaje, implantación de cultivos, mejoramiento de terrenos, etc., es necesario profundizar y manejar con mas detalle el estudio agrológico, especificando tipos y series de suelo, necesidades de nivelación de terrenos, calidad del agua de riego, determinación del método de riego, controles para evitar la salinización del suelo, etc.

Para el proyecto de entubamiento de canales de tierra, el estudio agrológico tiene la utilidad mencionada en el párrafo anterior, condicionando así, la profundidad del mismo, ya que el objetivo que se busca al entubar el canal de tierra es el mejoramiento en la eficiencia de conducción evitando gastos por conceptos de energía eléctrica, operación, agua, mantenimiento y el aumento de terreno aprovechable para cultivo.

En la sustitución de canales de tierra por tubería de PVC. Riblock y tubería de compuertas en zonas de riego se presentan dos alternativas:

- 1.- Cuando la fuente de abastecimiento es un pozo.*
- 2.- Cuando la fuente de abastecimiento es una toma granja.*

En el primer caso la superficie regable esta limitada por el gasto que proporciona el pozo y la eficiencia de conducción. Por lo tanto si consideramos al tiempo constante, el incremento en el área regable esta en función del incremento de la eficiencia de conducción y la aplicación a nivel parcelario, no así del gasto.

Para lograr un aumento de la superficie regable es necesario aumentar no solo la eficiencia si no también el gasto suministrado y en consecuencia el tiempo. Es indispensable tomar en cuenta las condiciones críticas de eficiencia en la conducción que se presentan cuando los canales están azolvados o presentan los problemas ya señalados en el capítulo anterior.

Uso consuntivo:

Se define como uso consuntivo a la cantidad de agua consumida sin posible recuperación para que las plantas se desarrollen y maduren completamente, es el agua empleada por las mismas para transpirar o acumularla en sus tejidos, evaporarla a la atmósfera directamente desde el suelo y que no puede conservarse o recuperarse, así el uso consuntivo será la cantidad promedio de agua empleada por un cultivo entre riegos normales, lo que nos da la siguiente condición:

Uso del agua ocupada por la planta = al agua en la construcción de tejidos + la evaporada a la atmósfera por la planta (99%)

Factores que intervienen en el uso consuntivo:

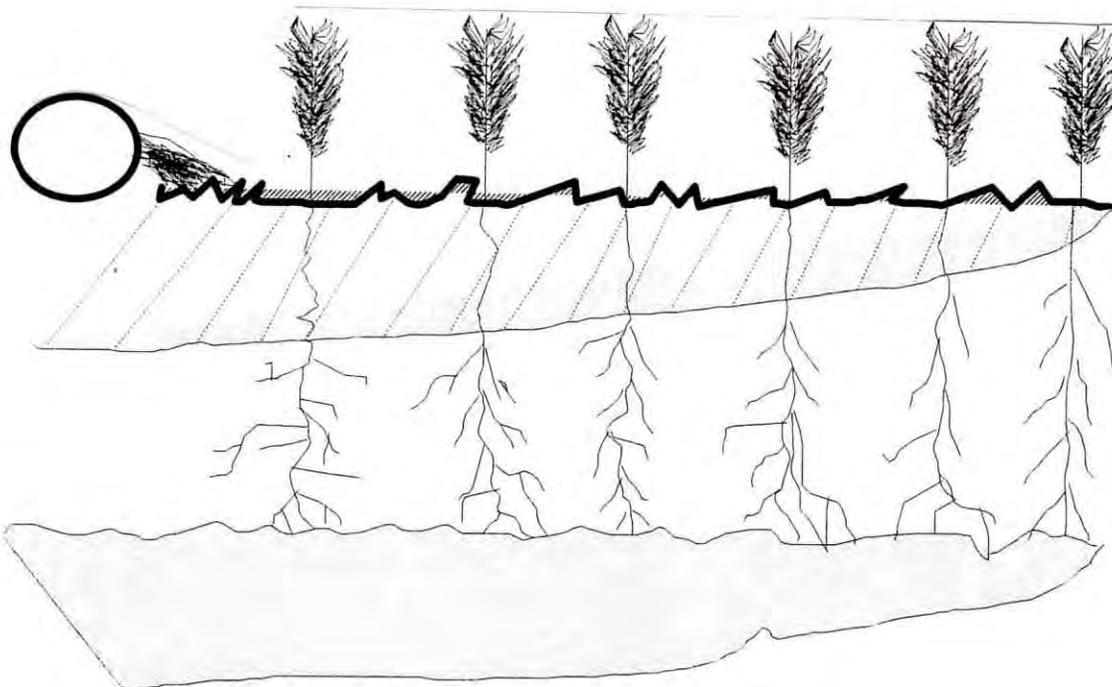
- a) *Suelo* : tipo de suelo.
- b) *Cultivo*: especie, variedad, ciclo vegetativo.
- c) *Agua*: calidad, prácticas de riego, etc.
- d) *clima*: Temperatura, precipitación, viento y nubosidad.

Profundidad radicular máxima:

Se denomina así a la profundidad máxima alcanzada por la raíz de una planta en el período de siembra y cosecha.

Tubo de compuertas

Cultivo



Profundidad radicular máxima.

Figura No II.5.1.1.-

II.5.2.- Cálculo del uso consuntivo

Este se calculará por el método de Blaney - Criddle, corregido por efecto de la temperatura, por medio de los coeficientes climáticos propuestos por J. T Phellan y modificado por los coeficientes de uso consuntivo, en función del desarrollo de las plantas, o sea los coeficientes de desarrollo: (Ver anexos A y B para los coeficientes de desarrollo).

Método de Blaney - Criddle:

U.C. = Uso consuntivo.

U.C. = $f \times K_c \times K_t$, en la que:

$$f = p \times ((t + 17.8) / (21.8))$$

Donde:

p = porcentaje de horas luz para el período, respecto al total anual.(ver anexo C correspondiente)

t = Temperatura media considerada en 'C (grados centígrados).

Kt = Coeficiente de temperatura, el cual se calcula para cada intervalo del ciclo total de desarrollo del cultivo que se trate, calculándose por medio de la siguiente expresión:

$$K_t = 0.0314t + 0.2396$$

Donde:

t = Como ya se definió es la temperatura media de cada intervalo considerado del ciclo total vegetativo del cultivo. en 'C.

Kc = Coeficiente de desarrollo de cada intervalo considerado del ciclo total vegetativo del cultivo.

También se puede calcular la formula anterior, por medio del anexo A mostrado en las páginas correspondientes en los que se encuentran tabulados los valores de la expresión:

$$K_t \text{ y } (t + 17.8) / (21.8)$$

La cual se multiplica por p y Kc, ya indicados.

Sumando los usos consuntivos de cada período se obtiene el uso consuntivo total en el ciclo de desarrollo de la planta.

Una vez calculado el uso total se determina el coeficiente global de uso consuntivo K1, por medio de la ecuación

$$K_1 = U.C. / F$$

donde:

F = Sumatoria de f.

El coeficiente global obtenido K1, se compara con el coeficiente global de uso consuntivo seleccionado K, para ajustar a este coeficiente los usos consuntivos de cada período, por medio de la ecuación:

$$(U.C.)_1 = (K/K_1) / (U.C.)$$

En la que (U. C.) 1 viene a ser el coeficiente de uso ajustado en cm.

II.5.3.- Cálculo del intervalo crítico entre riegos.

$$I = (W \times Pr \text{ máx.}) / (U.C.) 1$$

Donde I = Intervalo de tiempo en días entre riego y riego.

W = Porcentaje de humedad por reponer (100% - w Disponible)

Pr = Profundidad radicular máxima.

(.C.) 1 = Uso consuntivo ajustado o evaporación máxima.

II.5.4.- Cálculo de la capacidad general de la red.

Volumen = Superficie (m²) x Pr máx.(m.) x W = m.

E.c. = Eficiencia de conducción.

E.p. = Eficiencia parcelaria.

E.T. = Eficiencia total = E.p x E.c

De tal forma que el volumen neto =

$$V_n = \text{volumen} / E. T.$$

De tal manera:

El gasto requerido por la red = QR

$$QR = V_n / I \text{ en m}^3/\text{día.}$$

$$QR/86,400 = \text{m}^3/\text{seg.}$$

$$qr = (QR/86,400) \times 1,000 / \text{superficie disponible (Ha.)} = \text{lps/Ha.}$$

Es importante hacer la siguiente observación:

Cuando la fuente de abastecimiento es un pozo, como es nuestro caso, el volumen disponible de agua (lps) es constante, la incógnita es entonces la superficie que se puede regar con ese gasto de acuerdo a las necesidades particulares del cultivo, esta (la superficie) queda determinada por la diferencia de eficiencias que existirán en la conducción y la aplicación del riego utilizando la tubería de pvc. Riblock y la de compuertas.

Lo relativo a eficiencias se tratará de manera amplia en el siguiente capítulo.

II.5.5.- Elección del método de riego.

La implantación de un sistema que permite distribuir con mas eficiencia el agua a nivel parcelario parte de la elección que de el se hace en base a factores de diversa índole, entre los que podemos mencionar los sociales, económicos, topográficos y los agronómicos.

Para el proyecto que tratamos se decidió utilizar un sistema de riego denominado por " compuertas "; consiste en tomar el agua de la fuente de abastecimiento principal, que en este caso es la línea de conducción formada por la tubería de pvc. Riblock; mediante unos aditamentos especiales que se describirán en detalle en el capítulo V de este trabajo; y la aplica por medio de orificios a pie de surco con un gasto controlable.

Es importante aclarar que este método se eligió de entre otros por ser el más adecuado para terrenos sensiblemente planos donde el riego se aplica por medio de surcos inundando el terreno.

A continuación describiré los factores que influyen para elegir un método de riego.

Sociales:

Tenencia de la tierra.- La seguridad que el individuo tenga de la posesión de su terreno lo obliga a mejorar el método de riego que se proponga emplear.

Económicos:

- a) Precio del agua.- A medida que el agua alcanza un precio mayor, es objeto de más cuidado en su manejo.
- b) Crédito disponible.- Con implementos agrícolas adecuados se puede obtener mejor aprovechamiento del agua.

Topográficos:

- a) Área de riego.- Esta es una limitante aunada a capital disponible, o sea, en ocasiones, se tienen áreas muy grandes, en las cuales aplicar un método costoso resultaría inapropiado.

Agrológicos:

- a) Perfiles de suelos.- Se deben considerar las evoluciones que han tenido los suelos.
- b) permeabilidad.- La capacidad de filtración que se tenga será determinante, para seleccionar el sistema de riego.

Agronómicos:

- a) Cultivo.- Tomando como base las clases de cultivos que se hayan recomendado en el estudio agrológico, se escogerá el método de riego.
- b) Gasto disponible.- Dependiendo de la cantidad de agua disponible, se podrá hacer la evaluación del sistema de riego.

Considerando los aspectos anteriores, se puede seleccionar el método más adecuado que puede ser: Superficial, Aéreo, Subterráneo, etc., como se muestra en las siguientes tablas:



Tabla II.5.5.1.- Métodos de riego.

METODOS DE RIEGO

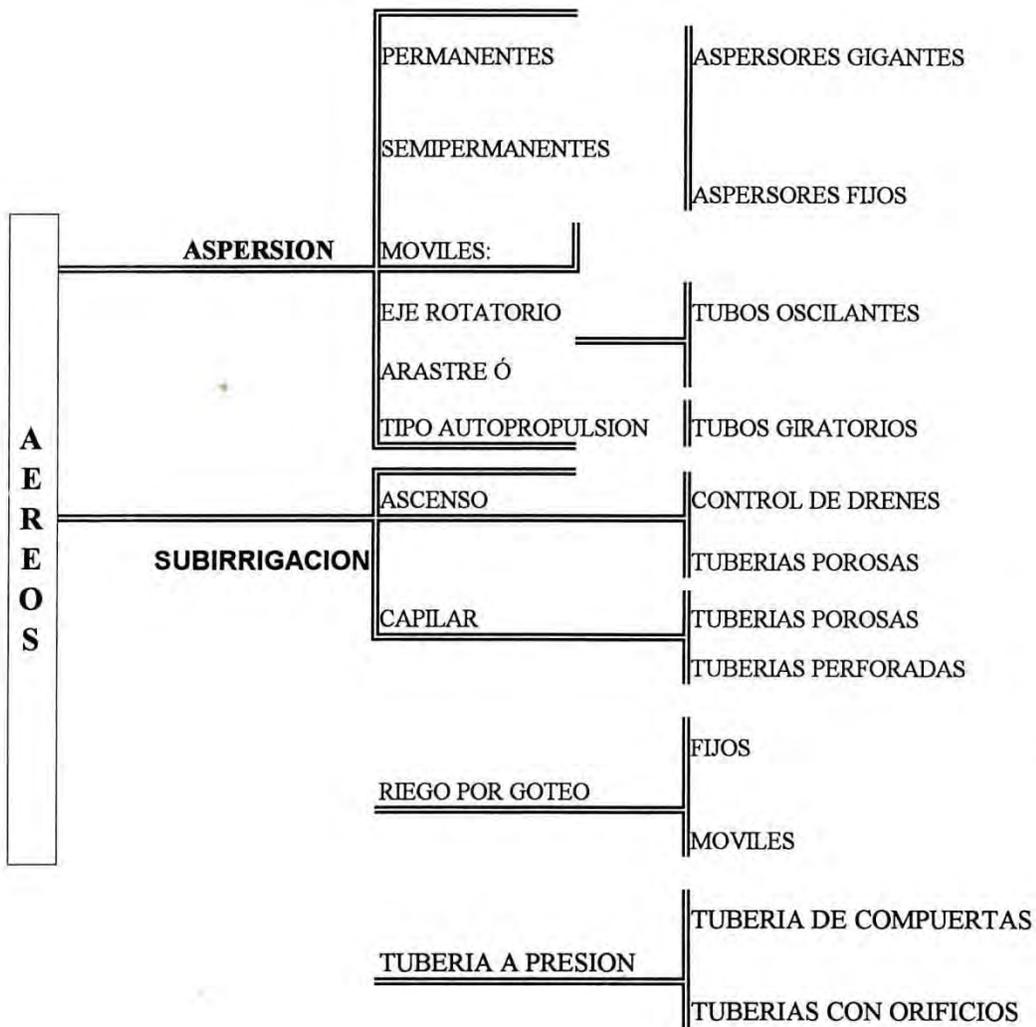


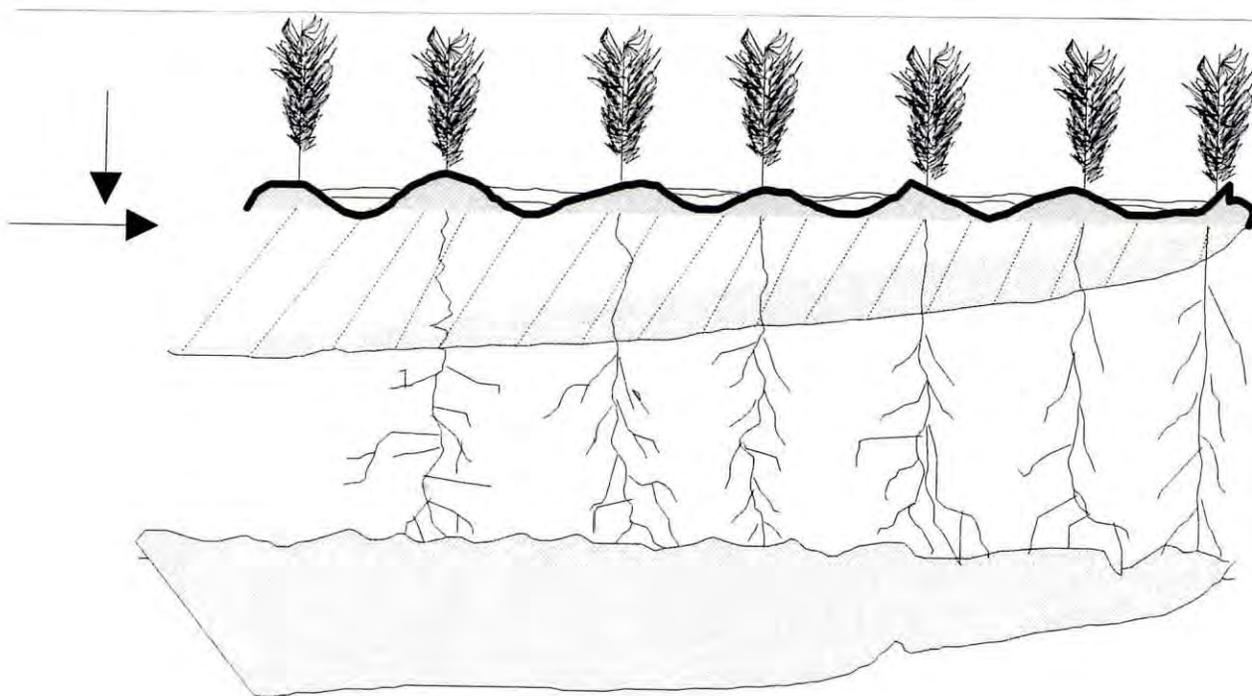
Tabla II.5.5.2.- Métodos de riego.

La implantación del sistema de riego utilizando la tubería de compuertas fue el mas adecuado, ya que no solamente contribuye al uso eficiente del agua si no también permite el incremento de la productividad.

El sistema de riego entubado por compuertas, conduce el agua a baja presión, lo que representa un ahorro en el consumo de energía.

En la parte de la conducción se logran eficiencias hasta del 100%, las compuertas son ideales para cultivos en hilera y es el ideal para terrenos nivelados.

La forma en que se aplica el riego en cada uno de los puntos donde se implantará el método de riego por compuertas es el de surcos, dichos canales tienen un pendiente longitudinal, que permite que el agua escurra sin problemas.



Movimiento tanto descendente como lateral del surco

Figura II.5.5.2.- Características del riego.

CAPITULO III

**COMPARACION HIDRAULICA,
CONSTRUCTIVA, ECONOMICA Y
OPERATIVA DE LA TUBERIA DE PVC
RIBLOCK Y COMPUERTAS FRENTE AL
CANAL TRADICIONAL DE TIERRA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

III.1.- VENTAJAS HIDRAULICAS DE LA TUBERIA RIBLOCK FRENTE AL CANAL TRADICIONAL DE TIERRA.

En las zonas de riego, ya sea mediante el bombeo de pozos profundos, o mediante el riego por gravedad, se han utilizado como medio para transportar y conducir el agua desde el punto de toma hasta la zona parcelaria, los canales.

La gran mayoría son de tierra y algunos revestidos de concreto, grava y pasto; las características del revestimiento son condicionadas por diversos factores; tanto económicos como hidráulicos, pero al final los factores hidráulicos pueden ser cuantificados en términos económicos.

Los canales de tierra sin revestir son los que presentan mayores deficiencias y problemas tanto en el aspecto operativo y de mantenimiento así como en la conducción llegando en los casos extremos a ser obsoletos o irremediables en los distritos de riego, ya que las asignaciones presupuestarias son menores a las requeridas para dar un adecuado mantenimiento.

Por esta razón la administración central de la Comisión Nacional del Agua ha realizado diversos estudios donde se relaciona el nivel de servicio de la operación en zonas de riego entubadas o canales con tierra y se ha demostrado que la inversión en tubería y obra para sustituir los canales de tierra son menores y siempre ofrecen ahorros que hacen que la inversión se recupere en el mediano plazo.

En este capítulo se demostrarán las ventajas y desventajas que presenta la tubería RIBLOCK frente al canal tradicional de tierra.

El término canal, se refiere a un conducto abierto de pendiente suave. Estos conductos pueden ser no revestidos o revestidos con concreto, cemento, madera, pasto o una membrana artificial; en nuestro caso es de tierra.

Un canal de riego es un conducto para el flujo, el cual tiene una superficie libre; Una de las fronteras es expuesta a la atmósfera, la superficie libre es esencialmente una interfase entre dos fluidos de diferente densidad, en este caso es aire y agua; Los canales abiertos incluyen flujos que ocurren a lo largo de calles residenciales y carreteras, canales para irrigación que transportan agua a través de medio continente desde ríos tales como el Mississippi, Nilo, Rin, etc. Sin excepción uno de los requerimientos primarios para el desarrollo, mantenimiento y avance de la humanidad es el suministro de agua.

Los canales pueden ser clasificados en naturales y artificiales. La terminología canal natural, se refiere a todos los canales que no han sido modificados por el hombre y que se han desarrollados por procesos naturales. Dentro de esta categoría están los riachuelos, grandes y pequeños ríos y los estuarios. Los canales artificiales incluyen a todos los que han sido desarrollados y modificados por el esfuerzo humano. Dentro de esta categoría están los canales de navegación, canales de fuerza e irrigación, cunetas y asequias de drenaje.

Cabe mencionar que las ecuaciones de energía y cantidad de movimiento son aplicables al canal y a la tubería para predecir su comportamiento bajo ciertas circunstancias, pero con diferentes implicaciones.

III.1.1.- Cuantificación de la eficiencia de conducción en un canal de riego.

Aunque un canal puede necesitar revestimiento por muchas razones; una de las principales es la infiltración. La pérdida de agua debido a la infiltración en un canal no revestido depende de una gama de factores incluyendo pero no limitados a las dimensiones del canal, la graduación del material perimetral, y las condiciones del agua subterránea.

Se han hecho varios intentos para estimar en forma teórica las pérdidas por infiltración en un canal, sin embargo; se sigue prefiriendo la medición directa de estas. Se tienen básicamente tres métodos de medición directa de pérdidas por infiltración.

1.- En un canal ya construido, revestido o no revestido, se pueden seleccionar tramos aislados con diques para formar vasos con volúmenes conocidos. Un balance de masa es suficiente para estimar las pérdidas por infiltración.

2.- Si se lleva un registro confiable de las entradas y salidas de flujo en un tramo de canal las pérdidas por infiltración se pueden calcular a partir de este registro. Este método no requiere la suspensión del servicio en el canal, pero es menos preciso que el anterior.

3.- Un tercer método es muy simple pero mas confiable, esta basado en mediciones históricas y que se aplican tanto para canales en grandes zonas de riego por gravedad, como para canales pequeños en zonas de riego por bombeo.

En la tabla siguiente se resumen una serie de valores desarrollados por Etcheverry y Harding y adoptados por la C.N.A. para el cálculo de pérdidas por infiltración sin considerar la pérdida de capacidad de los canales por azolvamientos y que no se ven afectados por el nivel de aguas freáticas.

| Material perimetral | Pérdidas por infiltración de agua x m2 de perímetro para un periodo de 14 hrs. |
|--|--|
| Franco arcilloso impermeable | .003 - .12 |
| Arcillas de bajo de tepetates a una profundidad menor a 1.0 m. | .12 - .16 |
| Arcillas de bajo de tepetates a una profundidad menor a 1.5 m. | .16 - .25 |
| Arcillos limosos | .25 - .33 |
| Franco-arcillo gravosos o franco arcillo arenoso, grava cementada arena y arcilla. | .33 - .48 |
| Franco arenoso | .48 - .55 |
| Suelos arenosos sueltos | .55 - .79 |
| Suelos gravo arenosos | .79 - .94 |
| Suelos porosos con gravas | .94 - 1.9 |
| Suelos con mucha grava | 1.9 - 2.5 |

Tabla No. III.1.1.- Pérdidas por infiltración en canales que no se ven afectados por el nivel freático ni por efectos de azolvamiento.

Los resultados mostrados en esta tabla están basados en mediciones históricas y son muy confiables, los valores se obtuvieron utilizando el primer método y consideran todos aquellos factores que pueden afectar las pérdidas por infiltración en canales de revestimiento parcial o total.

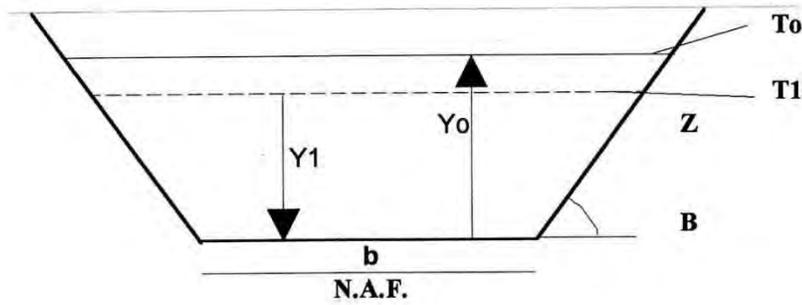
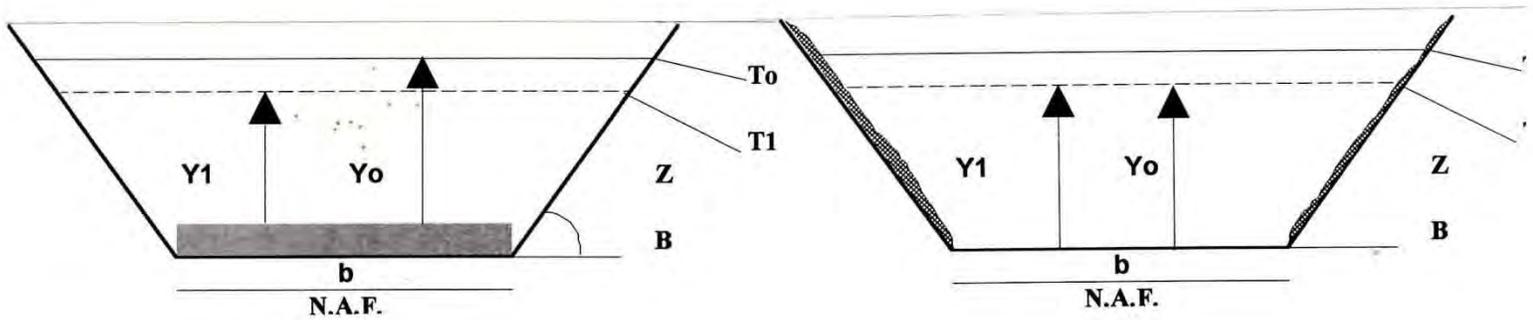


Figura III.1.1.- Características de infiltración en canales sin revestir.



a) revestido en el fondo

b) revestido en las paredes

Figura III.1.2.- Características de infiltración en canales parcialmente revestidos.

Existen diversos parámetros a través de los cuales se puede calificar la eficiencia hidráulica pero los más importantes son aquellos que de alguna manera se pueden expresar en términos económicos.

Eficiencia de conducción: Se refiere a la medida en por ciento de la cantidad de agua que entra a un canal y que en una longitud y período de tiempo determinado se pierde por infiltración.

La eficiencia de conducción se expresa en %.

$$E.C. = (V_f/V_i) \times 100 \%$$

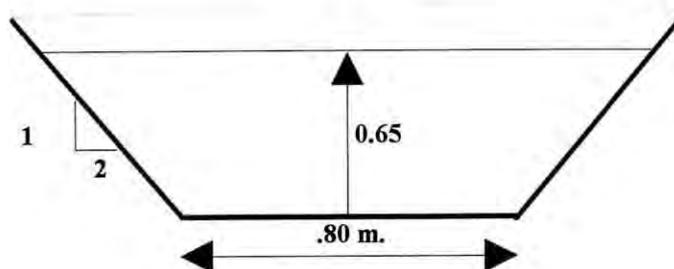
Tiempo total de riego: Se define como la cantidad total de tiempo en horas en que una superficie y cultivo dados son regados en su totalidad; lo anterior incluye el tiempo de conducción y aplicación de riego.

Tiempo total de riego: $T_c + T_{ar}$, en hrs.

Tanto la eficiencia de conducción como el tiempo total de riego se utilizan para determinar la ventaja en el aspecto hidráulico de alguna de las dos alternativas.

Existen diferentes alternativas geométricas para una sección hidráulica y la que decida utilizarse estará en función de una serie de factores, sin embargo la sección comúnmente usada en pequeñas zonas de riego es la trapecial por su facilidad de construcción, operación, limpieza y conservación.

En todos los frentes de trabajo que ocupan este proyecto se encontró la siguiente sección de canal .



Donde $Y_1 = .65$ m.
 $h = 1.10$ m.
 $b = .80$ m.
 $z = 2 : 1$

Figura III.1.3.- Los valores que se presentaron en la tabla III.1.1.- Se pueden adoptar a nuestro canal tipo en cuestión.

Los valores que se presentan en la tabla III.1.1.- se expresan en m³ de agua por m² de área perimetral, el laboratorio de mecánica de suelos determino que se tiene un suelo arcilloso limoso, en la tabla esta el valor de infiltración correspondiente , que es de .25 m³ de agua x m² de área perimetral.

El área perimetral se obtiene sumando el de las paredes y el fondo, tenemos:

Considerando una longitud de 100 m. es:

Taludes: $1.43 \text{ m} \times 100 \text{ m.} \times 2 = 286.00 \text{ m}^2$

Fondo: $.80 \text{ m.} \times 100 \text{ m.} \times 1 = 80 \text{ m}^2$.

Suma: 366.00 m².

El volumen inicial en el canal es el siguiente:

Área por longitud considerada.

$(b + 2 \times ZY) Y, \quad L = 100 \text{ m.}$

$((.8 + 2 \times 2 \times 2 \times .64) \times .64) \times 100 \text{ m.}, = 215.04 \text{ m}^3 = V_i$ (volumen inicial)

El volumen final es el siguiente:

.25 m³ de agua x 366 m² de perímetro de canal = 91.5 m³ de agua x m² de perímetro que se pierden por infiltración.

V_f (volumen final) = $215.04 - 91.5 \text{ m}^3 = 123.54$.

La eficiencia de conducción = V_f/V_i .

$= (123.54 \text{ m}^3/215.04 \text{ m}^3.) \times 100\% = 57.4\%$

Lo anterior quiere decir que de cada 100 litros que entran al sistema tan solo 57.4 litros salen.

III.1.2.- Pérdidas por infiltración y evaporación en tubería de pvc. RIBLOCK.

La tubería de pvc RIBLOCK al igual que las otras tuberías de pvc. tiene pérdidas nulas por evaporación y se puede considerar una eficiencia en la conducción de hasta un 100%

De acuerdo a lo anterior podemos mencionar que la tubería de pvc RIBLOCK es mas eficiente que el canal tradicional de tierra en un 42.6 % aproximadamente.

III.1.3.- Tiempo total de riego

El tiempo total de riego esta limitado por la velocidad de conducción; comprendida entre dos niveles muy significativos. El primero o superior esta definido por su aspecto erosivo y de operación, mientras que el segundo o inferior, limita la capacidad para depositar azolves o tratar de evitar el crecimiento de plantas acuáticas

La velocidad permisible en canales excavados en tierra y sin revestimiento depende de las características del material que forma la sección y la cantidad y calidad de los sedimentos acarreados por el agua.

La velocidad también queda determinada por la pendiente y el coeficiente de rugosidad.

La Comisión Nacional del Agua adopto los valores de la Sociedad Americana de Ing. Civil para canales en zonas de riego pequeñas; Estos valores están en función del tipo de material.

| MATERIAL | VELOCIDADES PERMISIBLES | |
|----------------|-------------------------|----------------|
| | MÍNIMA (M/SEG) | MÁXIMA (M/SEG) |
| Arcilla | 0.45 | 0.75 |
| ARENA | 0.75 | 1.25 |
| GRAVA | 1.25 | 2.00 |

Tabla III.1.3.1.- Velocidades permisibles

El coeficiente de rugosidad en un canal cualquiera, representa la valuación de los factores que se oponen o tienden a retardar el escurrimiento.

De los factores que afectan el escurrimiento podemos mencionar los siguientes:

- Rugosidad de la superficie al terminar la construcción.
- Vegetación acuática.
- Irregularidades en la sección transversal del canal.
- Alineamiento de la conducción
- Sedimento y erosión.
- Tipo de revestimiento.

A nivel de proyecto, los valores del coeficiente de rugosidad que se utilizan son:

| MATERIAL | COEFICIENTE DE RUGOSIDAD |
|-------------|--------------------------|
| TIERRA | 0.03 |
| MAMPOSTERÍA | 0.75 |
| CONCRETO | 0.017 |

Tabla III.3.2.- Coeficientes de rugosidad.

III.1.3-a.- Cuantificación del tiempo total de riego en canales.

El tipo de suelo en cada uno de los frentes de trabajo es arcillo limoso, para este tipo de suelo tenemos una velocidad de conducción mínima de .45 m/seg. y una máxima de .75 m./seg.

La velocidad media es igual a .60 m./seg.

De la definición de gasto tenemos la siguiente expresión:

$$Q = V \times A$$

Donde el término expresa la velocidad con la que se desplaza una serie de líneas de corriente; es decir: En un volumen de control cualquiera las líneas de corriente se pueden determinar de acuerdo a un vector que tiene magnitud, dirección y sentido denominado de velocidad; El tiempo que tarde en recorrer un punto ubicado en una línea de corriente una cierta distancia nos define la velocidad.

Para hacer una comparación realista del tiempo de conducción es necesario tomar en cuenta los siguientes factores:

Área total por regar, longitud total de canales, longitud promedio de surcos, separación entre surco y surco, gasto requerido por el cultivo, gasto suministrado por el pozo, tiempo de escurrimiento por surco y la secuencia de riego.

Para hacer una Cuantificación comparativa considere el frente de trabajo ubicado en Villagran Guanajuato, donde se localiza el pozo No. 20 T.

Área total por regar = 36.75 Ha.

Longitud total de canales = 2.6 km.

Longitud promedio del surco = 215 m.

Gasto requerido por el cultivo (U.C.) = 1.0 lps.

Gasto suministrado por el pozo = 80 lps.

Tiempo de escurrimiento por surco = .35 m./seg.

Separación entre surcos (para sorgo y trigo .75 m.)

Descripción de la secuencia de riego (ver plano del pozo 20 T).

1.- Se conecta el pozo y se inunda el canal A sin permitir que el agua escurra hacia los canales E y B, Después se inicia el escurrimiento de A hacia B.

2.- Una vez realizado lo anterior se procede a inundar el canal B sin permitir que se escurra el agua hacia el canal E y A y se inicia el escurrimiento de B hacia C.

3.- Se inunda el canal E hasta la intersección con el canal C, Se procede a inundar el canal C y se permite el escurrimiento de C a D.

4.- Se inunda el canal E hasta la intersección con el canal D; Se inunda y se permite el escurrimiento de D a F.

Metodología:

- 1.- Se determina el tiempo necesario para que el agua llegue hasta el punto mas alejado de cada tramo del canal.
- 2.- Se determina el número de surcos que se pueden regar de acuerdo al gasto proporcionado por el pozo (80 lps.)
- 3.- El tiempo en que el agua recorre totalmente el surco es cuantificado.
- 4.- Se repiten los pasos 2 y 3 hasta terminar el riego en el área escogida.

Cuantificación:

Longitud del canal A = 380 m (1).

Velocidad de conducción = 0.60 m./seg. (2).

Tiempo de recorrido = (1) / (2) = 633.33 seg. = .176 hrs.

Número de secciones en que se divide el área dominada por el canal = $380 \text{ m} / .75 \text{ m} \times \text{surco} = 6.5 \text{ secciones}$.

Si tenemos una necesidad de 1.0 lps. de agua por surco y un gasto de 80 lps., entonces el número de secciones que se pueden regar una a la vez es la siguiente:

$507 \text{ surcos} / 80 \text{ lps.} = 6.5 \text{ secciones}$.

Si tenemos una longitud promedio de surco de 215 m. y una velocidad de .35 m/seg. de escurrimiento en surcos, entonces:

$215 \text{ m.} / .35 \text{ m.} / \text{seg.} = 614.3 \text{ seg.} = .17 \text{ hrs. por sección}$.

$.17 \text{ hrs. por sección} \times 6.5 \text{ secciones} = 1.15 \text{ hrs.}$

El mismo procedimiento se aplica para el área que domina con el riego el canal B y se obtiene el siguiente resultado:

Tiempo de recorrido en el canal = .139 hrs.

Tiempo de recorrido en las secciones = .85 hrs.

Para el área que se domina con el canal C :

Tiempo de recorrido en el canal = .40 hrs.

Tiempo de recorrido en las secciones = 1.50 hrs.

Para el área que domina el canal D :

Tiempo de recorrido en el canal = .44 hrs.

Tiempo de recorrido en las secciones = 2.01 hrs.

El tiempo total de aplicación del riego es igual a la suma de:

Tiempo de recorrido en la conducción por los canales = 1.155 hrs.

más

Tiempo de recorrido en la aplicación del riego = 5.41 hrs.

El frente de trabajo presenta el mas alto valor en la relación gasto área = 2.16

Para los otros frentes de trabajo esta relación llega a ser de 1 y el tiempo de riego se incrementa hasta en un 100%.

Al tiempo obtenido de 5.41 hrs. se le incrementa el tiempo necesarios para acondicionar los canales y el tiempo que el agua utiliza mientras se satura el suelo y toma un nivel con respecto al surco de por lo menos 12 cm.; Este es de alrededor de .60 hrs.

III.1.3-b.- Cuantificación del tiempo total de riego utilizando la tubería de pvc. RIBLOCK y de compuertas.

La sustitución de canales de tierra por tubería de pvc RIBLOCK y tubería de compuertas se hace con el fin de aumentar la eficiencia hidráulica, lo anterior debe verse reflejado en el ámbito económico en el mediano plazo, debido a los ahorros y al aumento de la superficie cultivable.

Los canales de tierra cederán su lugar a la línea principal de conducción y a la secundaria formada por la tubería de compuertas, por lo que para cuantificar la eficiencia en el tiempo de conducción se tienen que tomar en cuenta ambos tipos de tubería.

Características principales de la tubería de pvc. RIBLOCK:

La tubería de pvc RIBLOCK está diseñada para soportar máximo 10 m.c.a. (1 kg./cm².) de presión interna y por su forma externa especial grandes pesos muertos y vivos encima, a pesar de tener espesores de pared pequeños y que su relación espesor diámetro sea también muy pequeño.

La resistencia de la tubería al aplastamiento se debe al principio constructivo del perfil de la cinta, que consiste en una estructura tipo " T " (Figura III.3-1) que eleva de manera considerable el momento de inercia de la tubería enrollada.

La tubería puede ser fabricada en obra, la longitud de fabricación queda restringida por las necesidades del proyecto, el diámetro puede variar desde 10 mm. hasta 2,000 mm. ofrece un precio por metro lineal de adquisición e instalación mucho menor que el pvc. rígido y concreto pre-esforzado.

El peso por metro lineal se reduce hasta en un 60% con respecto a tuberías de pvc y hasta en un 83% para tuberías de asbesto cemento y concreto.

Su utilización se extiende hasta la instalación de sistemas de aire acondicionado y para cimbras de columnas circulares.

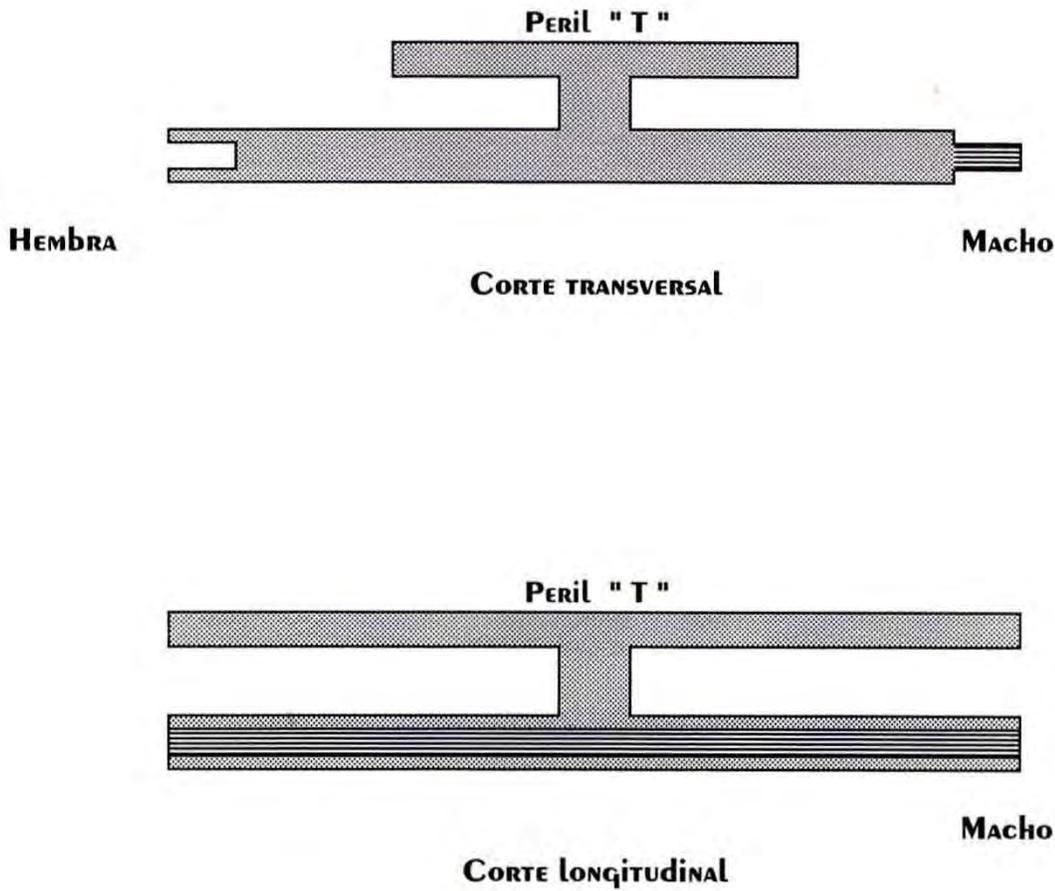


Figura III.1.3-1.- Corte transversal y longitudinal del perfil tipo de la tubería de pvc. Riblock

Características principales de la tubería de compuertas.

Es una tubería de pvc rígido con características de alta resistencia a la intemperie, en toda su longitud tiene compuertas por donde descarga el gasto, este puede ser regulado, abriendo o cerrando el espacio de salida, se fabrica en longitudes de 6.0 m., y en diámetros de 200 y 250 mm.

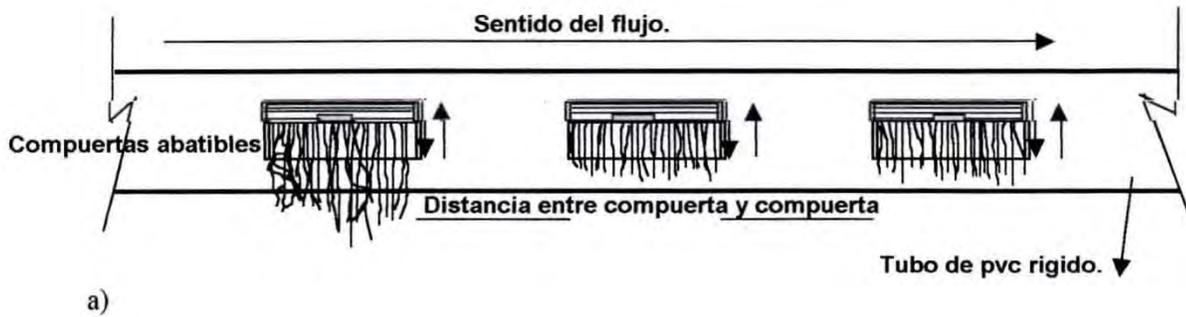
Se utiliza de manera complementaria con la tubería de pvc. Riblock para la aplicación a nivel parcelario del riego.

Presenta nulas pérdidas por infiltración y evaporación, tiene una vida útil de 65 años (ver figura III.3.2, a y b).

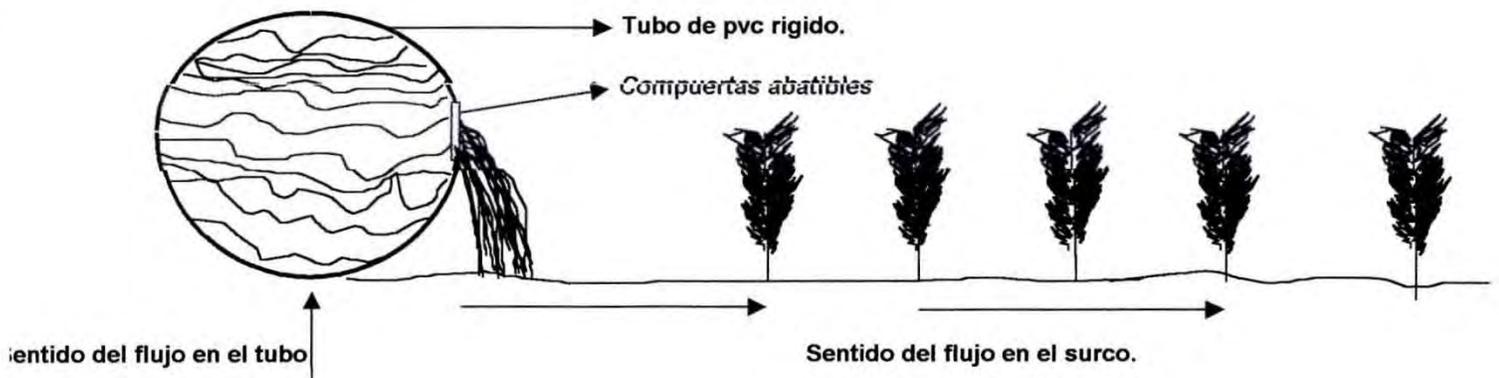
Consideraciones para la cuantificación del tiempo total de riego:

Una vez determinada la ubicación de la línea principal de conducción y de los puntos donde se conectará la línea secundaria (ver al capítulo IV- Diseño) tenemos las siguientes condiciones:

- 1.- Área total por regar = 36.75 Ha.
- 2.- Longitud total de la línea principal de conducción = 410 m.
- 3.- Longitud de la línea secundaria de conducción = 355 m.
- 4.- Velocidades de conducción en las líneas principales y secundarias = 1.15 m./seg. y 1.66 m./seg. respectivamente (ver capítulo IV)
- 5.- Necesidades de agua del cultivo = 1.0 lps.
- 6.- Gasto proporcionado por el pozo = 80 lps.
- 7.- Longitud promedio de los surcos = 215 m.
- 8.- Separación entre surcos = .75 m.
- 9.- Velocidad de escurrimiento en surcos = .35 m./seg.
- 10.- Secuencia de riego:
 - a) Se enciende el pozo y se llena por completo la línea primaria de conducción.
 - b) Se conecta la línea secundaria de conducción a la primaria y se procede a regar el lote A, tendiendo la tubería en la parte que ocupaba el surco.
 - c) Se permite el escurrimiento de A hacia B.
 - d) Se repite el paso anterior, pero ahora de B hacia C.
 - e) Se conecta la línea secundaria de conducción, pero en el punto C y se riega la parte derecha de C hacia D después, se riega la parte izquierda también de C a D.
 - f) Se conecta la línea secundaria de conducción en D y se permite el riego de D hacia F, primero en la sección izquierda y después en la derecha.
 - g) Se desconecta la línea secundaria de conducción.



a)



b)

Figura III.3.2 .a.- y b.- Características principales de la tubería de compuertas

Cuantificación del tiempo total de riego.

1.- Llenado de la línea principal de conducción.

Área de sección = .070 m².----- a

Longitud = 410.00 m.----- b

Volumen de la sección = A x L = .070 m² x 410.00 m = 28.70 m³----- c

Q = .08 m³/seg.----- d

El tiempo de llenado es = c/d = .10 hrs.

La línea primaria de conducción solo se llena una sola vez, cuando se interrumpe el funcionamiento del pozo queda " cargada ".

Longitud de la línea A de conducción = 380.0 m.----- e

Velocidad de conducción = 1.66 m./seg. ----- f

Tiempo de conducción = e/f = .063 hrs.

Tiempo de aplicación del riego :

Número de secciones para riego = (número total de surcos) / (80 surcos por sección) = (507 surcos) / (80 surcos por sección) = 6.50 secciones.

Tiempo de escurrimiento por sección = (longitud promedio de surcos) / (velocidad de escurrimiento) = (215 m.) / (.35 m/seg.)

El tiempo de escurrimiento total = .17 hrs. x 6.50 secciones = 1.15 hrs.

Como se puede observar, el resultado obtenido en el escurrimiento de las 6.50 secciones es igual al determinado en los canales de tierra, por lo que solo considerare el tiempo de conducción en las líneas secundarias sumando el tiempo de escurrimiento por secciones.

Longitud de la línea B = 300.00 m. ----- 1

Velocidad de conducción = 1.66 m./seg. ----- 2

Tiempo de conducción = 1 / 2 = .050 hrs.

Longitud de la línea C = 530.00 m.----- 3

Velocidad de conducción = 1.66 m./seg. ----- 4

Tiempo de conducción = 3 / 4 = .088 m./seg.

Longitud de la línea de conducción D = 710.00 m.

Tiempo total de conducción = .321 hrs.

Tiempo total de riego = Suma del tiempo de llenado de la línea principal de conducción en cada una de las líneas secundarias y el de la aplicación del riego.

Tiempo total de riego = 5.731 hrs.

Tiempo total de riego utilizado por los canales = 6.565 hrs.

Tiempo total de riego con tubería Riblock y compuertas = 5.731 hrs.

Eficiencia de conducción de la tubería frente al canal = $5.731 / 6.565 = .87$, esto quiere decir que se obtiene un ahorro por concepto de energía eléctrica del 13%.

Por lo tanto podemos decir que la tubería de pvc Riblock es mejor.

III.2.- COMPARACION CONSTRUCTIVA DEL CANAL TRADICIONAL DE TIERRA FRENTE A LA TUBERIA DE PVC RIBLOCK.

III.2.1.- Consideraciones que influyen en el diseño y construcción de los canales de tierra.

El diseño de canales de tierra estable es un proceso complejo que involucra muchos parámetros, la mayor parte de los cuales no son cuantificables en forma precisa; La estabilidad de estos canales no solo depende de los parámetros hidráulicos, si no también de las propiedades de los materiales que forman el fondo y las paredes o taludes del canal.

Una sección estable de canal es aquella en la cual no ocurre socavación o sedimentación objetable; podemos hablar de tres tipos de secciones inestables:

En el primer tipo, los taludes y el fondo son socavados pero no ocurre sedimentación.

Este caso puede ocurrir cuando el canal lleva agua sin sedimento o agua con muy poco sedimento pero con suficiente energía para socavar el canal.

El segundo tipo de canal inestable es el que tiene sedimentación sin erosión. Esta situación resulta cuando el agua lleva una carga alta de sedimento a una velocidad que permite la sedimentación.

El tercer tipo es el caso en el cual se presenta la sedimentación y erosión: Este caso ocurre cuando el material de excavación es susceptible a la erosión y el agua acarrea una carga significativa de sedimento.

El diseño de un canal de tierra debe ser tal, que proporcione una relación de equilibrio entre el gasto o velocidad media, las propiedades mecánicas del material de fondo y taludes, la cantidad y tipo de material acarreado por el flujo, y la estabilidad de la sección del canal.

La erosión perimetral del canal ocurre cuando las partículas del perímetro son sometidas a fuerzas con magnitud suficiente para producir el movimiento de la partícula. Cuando una partícula descansa en el fondo plano del canal, la fuerza actuando que causa el movimiento es el resultado del flujo del agua sobre la partícula. Sobre una partícula que descansa sobre el talud del canal no sólo actúa la fuerza generada por el flujo, si no también la componente de gravedad que trata de hacer que la partícula ruede o se deslice por el talud. Si la resultante de estas dos fuerzas es mayor que las fuerzas que resisten el movimiento, gravedad y cohesión, entonces se produce la erosión perimetral del canal. Esta fuerza es conocida como fuerza tractiva y actúa sobre las partículas que componen el perímetro del canal.

Cuando una partícula en el perímetro del canal está a punto de moverse, las fuerzas que producen el movimiento están en equilibrio con las que resisten el movimiento.

Una partícula en el fondo nivelado del canal está sujeta a la fuerza tractiva $A_e \times T_1$.

Donde:

A_e = Área efectiva.

T_1 = Esfuerzo tractivo sobre la superficie nivelada.,

El movimiento es resistido por la fuerza gravitacional W_s multiplicada por un coeficiente de fricción que se aproxima por la $Tan. \beta$, Donde:

W_s = Peso de la partícula sumergida y

β = Angulo de reposos de la partícula, cuando el movimiento esta a punto de iniciarse.

De tal forma que tenemos la siguiente igualdad:

$A_e \times T_1 = W_s \times \text{Tan. } \beta$, donde:

$$T_1 = (W_s / (A_e)) \times \text{Tan. } \beta$$

Una partícula que se encuentra en el talud del canal está sujeta a una fuerza tractiva $T_s \times A_e$ y a una componente hacia abajo del talud $W_s \times \text{seno de } \zeta$, donde:

T_s = Cortante del talud y

ζ = Angulo del talud.

Estas fuerzas y su resultante

$$\frac{1}{2} ((W_s \times \text{seno de } \zeta)^2 + (W_s \times \text{seno de } \zeta)^2)$$

Se ven de forma esquemática en la figura III.2.1.-

La fuerza que resiste el movimiento es la componente gravitacional multiplicada por el coeficiente de fricción $W_s \times \text{coseno de } \zeta \times \text{Tan. } \beta$

Al igualar las fuerzas que producen el movimiento con las que lo resisten:

$$W_s \times \text{coseno de } \zeta \times \text{Tan. } \beta = \frac{1}{2} ((W_s \times \text{seno de } \zeta)^2 + (W_s \times \text{seno de } \zeta)^2)$$

$$T_s = (W_s/A_e) \times \text{coseno de } \zeta \times \text{Tan. } \beta \times \frac{1}{2} (1 - (\text{Tan}^2 \zeta) / (\text{Tan}^2 \beta))$$

A la relación $(T_s / T_1) = K$, a esta relación se le conoce con el nombre de razón de fuerza tractiva.

De tal forma tenemos que $K = 1 - (\text{sen}^2 \zeta) / (\text{sen}^2 \beta)$

Donde K está en función del ángulo del talud y el ángulo de reposo del material.

Se ha demostrado tomando en cuenta las afirmaciones anteriores que los valores máximos del esfuerzo tangencial de arrastre tanto en los taludes como en la plantilla de canales trapeziales es el siguiente:

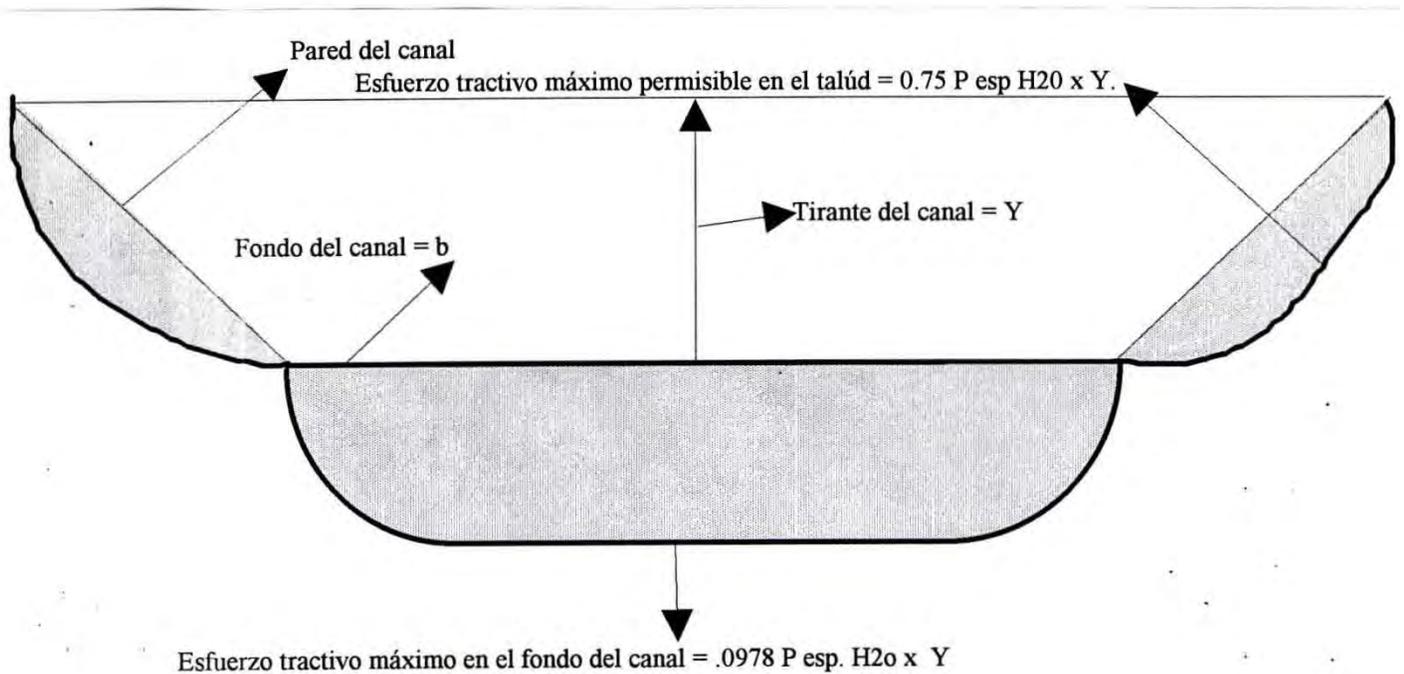


Figura III.2.1.- Esfuerzos tractivos máximos permisibles.

Existen varios criterios para el diseño de canales, tanto revestidos como no revestidos; cuando se trata de canales revestidos el problema generalmente se presenta teniendo como datos, el gasto que debe transportar, la pendiente disponible dependiendo de la topografía del terreno y la rugosidad de las paredes.

Con esos datos es posible determinar a partir de la siguiente ecuación un único valor para el módulo de la sección:

$$(A \times R_h)^{2/3} = (n \times Q) / (s)^{1/2}$$

La sección de máxima eficiencia hidráulica se puede satisfacer con diferentes formas de sección pero siempre será la de mínimo perímetro mojado para un área dada; ya que en ella se tendrá la mínima resistencia al escurrimiento. Así como el mínimo costo de revestimiento.

Para un gasto dado, la sección hidráulica óptima sería aquella para la cual el área es mínima, esto implica que la velocidad sea máxima, según las fórmulas de Chezy y Manning esto implicaría que el radio hidráulico sea máximo.

Desde el punto de vista constructivo, la sección que guiaría el criterio para decidir que canal emplear será aquel que en términos económicos resulte mas bajo, esto implica que no siempre la sección hidráulica óptima es la más adecuada, pero si la de máxima eficiencia hidráulica.

El criterio en los canales de tierra toma en cuenta el valor de la velocidad mínima y máxima permisible, pero no es aplicable a los canales de tierra debido a que no toma en cuenta la tendencia de las partículas de rodar hacia abajo de éste bajo la influencia de la gravedad.

Los canales no revestidos sufren un proceso de envejecimiento debido a que el material que compone el perímetro del canal puede modificarse con el paso del tiempo.

Por ejemplo: muchos de los canales de irrigación construidos en el valle del Yaqui de Sonora fueron en un principio excavados en suelos arenosos que se erosionarían con una velocidad de .76 m./seg.; Las partículas de arcilla extremadamente finas que se encontraban en el agua que fluía por estos canales han compactado y cementado estas arenas no cohesivas con una capa de barro coloidal que puede aguantar ahora velocidades mayores a 1.5 m./seg.; El recubrimiento de los materiales originales del perímetro no sólo redujo el potencial de socavación si no que también redujo la infiltración al producir un perímetro menos permeable. También en otros canales de limos, sus fondos consisten ahora de grava bien graduada, compactada y estratificada de una manera tal que forma un pavimento.

La sinuosidad de los canales influye en la magnitud de la fuerza tractiva dependiendo del grado en que se encuentren; los canales rectos tienen alineaciones rectas o ligeramente curvas y por lo común son canales construidos en planicies horizontales.

Los canales ligeramente sinuosos tienen grados de curvatura típicos de topografía moderadamente ondulada. Los canales muy sinuosos tienen un grado de curvatura típico de canales al pie de los cerros o en montañas.

Tabla III.2.1.- Comparación de las fuerzas tractivas máximas para canales con diversos grados de sinuosidad.

| Grado de sinuosidad | Fuerza tractiva limitante relativa |
|--------------------------------|---|
| Canales rectos | 1.00 |
| Canales poco sinuosos | 0.90 |
| Canales moderadamente sinuosos | 0.75 |
| Canales muy sinuosos | 0.60 |

El diseño invariablemente antecede siempre a la construcción de un proyecto de Ingeniería Civil, este toma en cuenta todos los factores del medio físico que influyen en el objetivo que se persigue y por consiguiente dictamina el o los procesos constructivos más adecuados para llevar a buen fin el proyecto.

Aunado a esto existe un criterio que evalúa los resultados y los procedimientos recomendados por el diseño pero desde otro punto de vista: el económico.

Generalmente este criterio es el que determinará que procedimientos constructivos usar aunque desde el punto de vista hidráulico no sea el más adecuado.

Por ello para hacer un análisis constructivo comparativo entre los canales de tierra y la tubería Riblock es necesario conocer los factores que inducen una sección dada, como por ejemplo: el coeficiente de rugosidad, el talud de las paredes, el grado de sinuosidad, el ángulo de reposos del material en cuestión, la fuerza tractiva máxima permisible en los taludes en función del esfuerzo cortante, región del país donde se piensa construir, época de año y tipo de material (grado de dureza), profundidad mínima de enterramiento del tubo, tipo de relleno y ancho de zanja.

La base de comparación debe realizarse para condiciones de servicio idénticas y para su capacidad de servicio particular.

Tabla No. III.2.2.- Taludes recomendados por la C. N. A. para el diseño de canales, para condiciones de campo con varios tipos de materiales.

| MATERIAL | Talúd |
|--|-----------------|
| ROCA | Casi vertical |
| SUELOS ORGÁNICOS | 1/4 : 1 |
| ARCILLA DURA O TIERRA CON REVESTIMIENTO DE CONCRETO | 1/4 : 1 - 1 : 1 |
| TIERRA CON REVESTIMIENTO DE PIEDRA O TIERRA PARA GRANDES CANALES | 1 : 1 |
| ARCILLA FIRME O TIERRA PARA PEQUEÑAS ZANJAS | 1 1/4 : 1 |
| TIERRA ARENOSA O ARCILLA SUELTA | 2 : 1 |
| LIMOS ARENOSOS O ARCILLA POROSA | 3 : 1 |

Tabla No. III.2.3.- Valores del coeficiente de Manning en función de las características del canal.

| CARACTERISRISTICA DEL MATERIAL DEL CANAL | COEFICIENTE N RECOMENDADO |
|---|----------------------------------|
| CNALES DE TIERRA | 0.020 |
| CANALES CORTADOS EN GRAVA FINA | 0.024 |
| CANALES CORTADOS EN GRAVA GRUESA | 0.025 |
| CANALES CORTADOS EN ROCA | 0.028 |

Tabla III.2.4.- Angulo de reposo de un suelo no cohesivo en función del diámetro de sus partículas

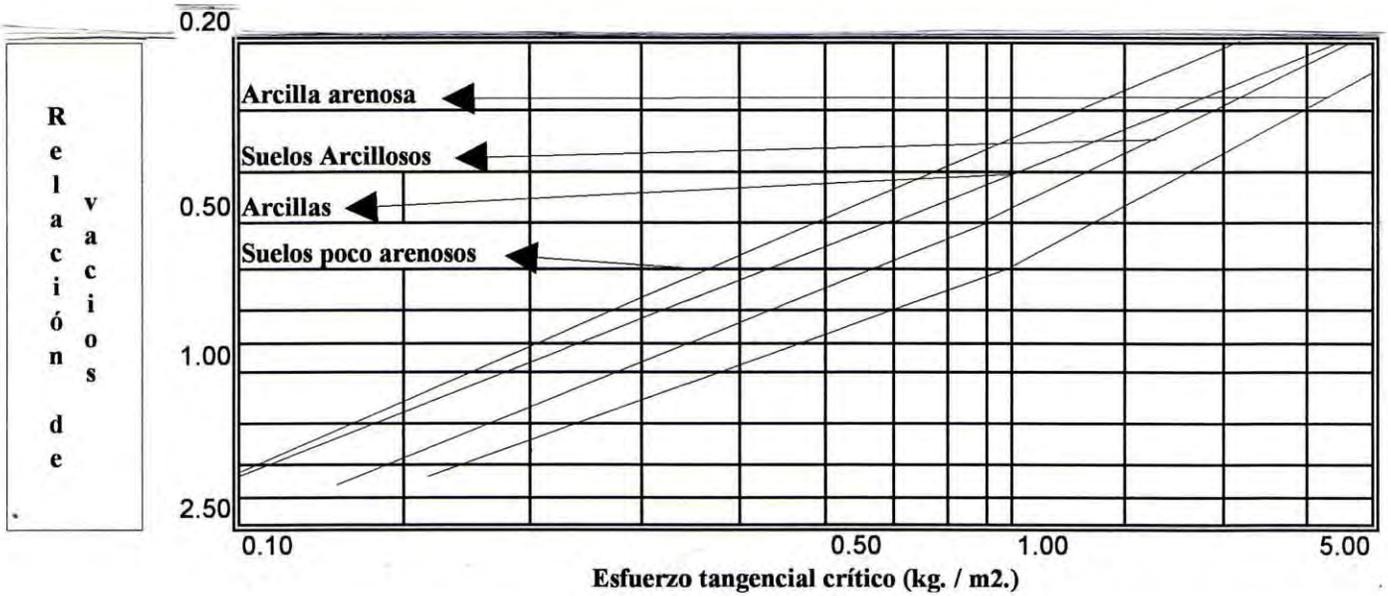
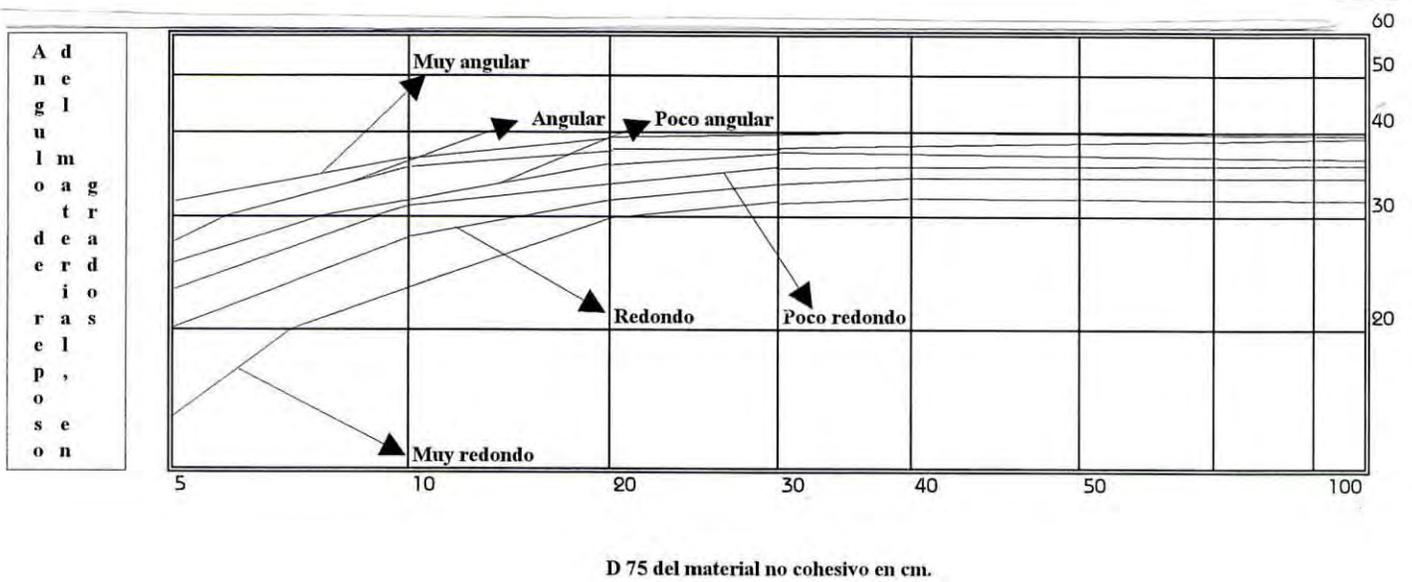


Tabla. III.2.5.- Esfuerzo tangencial crítico (kg. / cm2.)

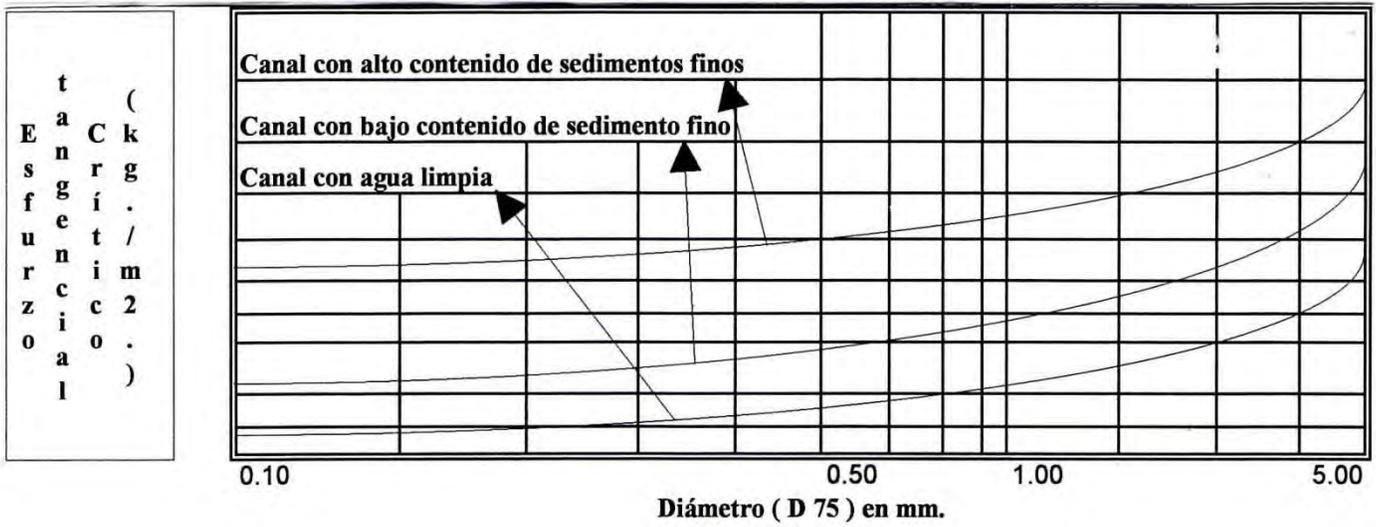


Tabla III.2.6.- Esfuerzo tangencial crítico en canales (kg. / cm2.)

Tabla III.2.7.- Esfuerzo tangencial que la corriente produce sobre los taludes. (T_s).

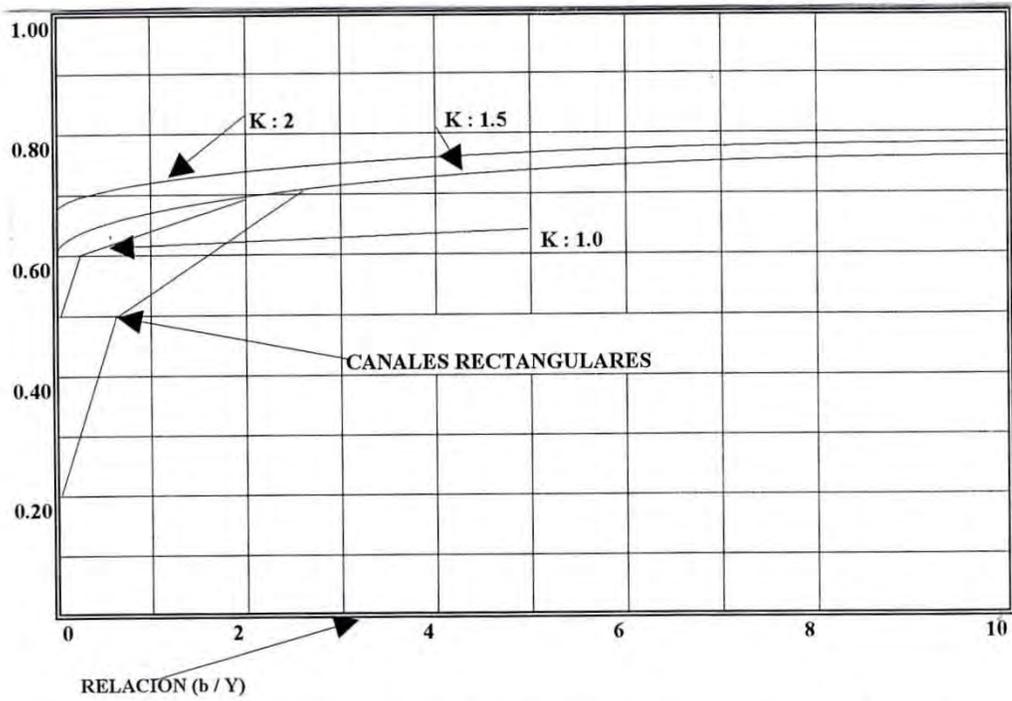
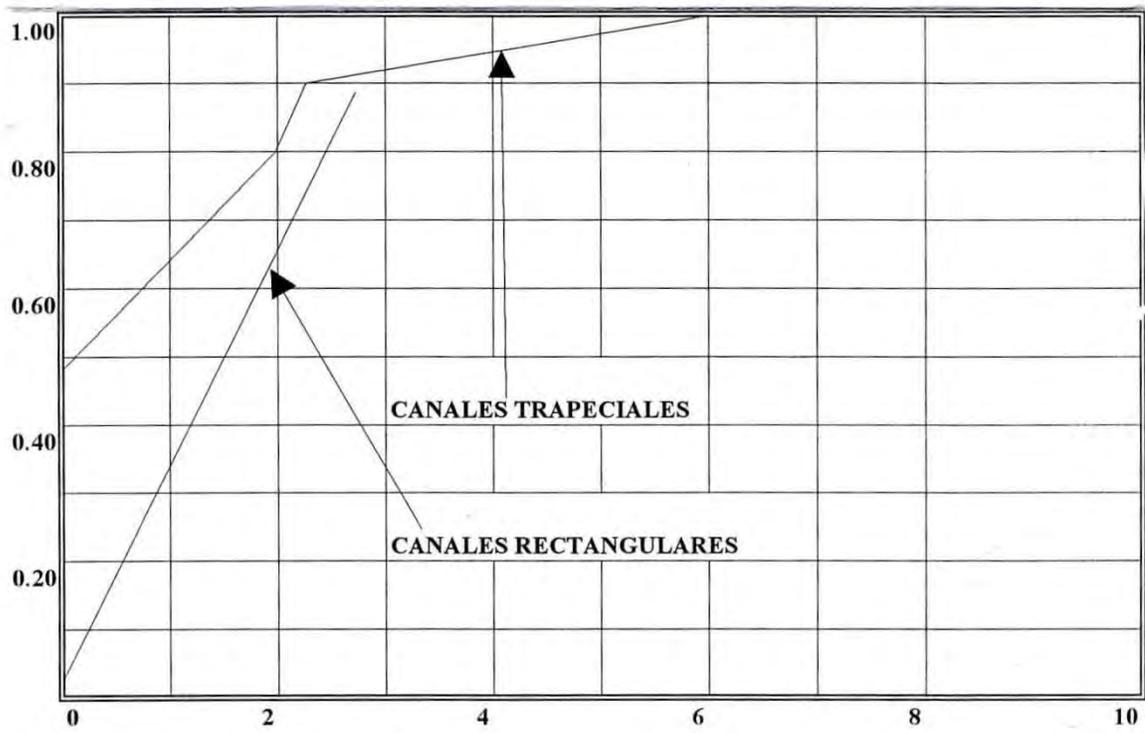


Tabla III.2.8.- Esfuerzo tangencial que la corriente produce sobre la plantilla (T_1)



III.2.2.- Ejemplo de diseño de la sección constructiva de un canal de tierra utilizando el método de la fuerza tractiva, tomando en cuenta las condiciones de campo promedio del distrito de riego 011 " Alto Río Lerma " de Guanajuato.

Condiciones de campo:

- a) Topografía poco sinuosa
- b) Pendiente = 0.00025
- c) Gasto por conducir = 3.0 m³ / seg.
- d) Relación ancho de fondo - tirante = 7.7.
- e) Terreno = Arcilloso - Limoso, con un 25% de partículas con diámetro mayor a .20 mm.
- f) Coeficiente de rugosidad = .020, (ver tabla III.2.3.-)
- g) Angulo de reposos del material $\beta = 34$ grados. (ver tabla III.2.4.-)
- h) Factor de corrección por sinuosidad del canal $C_s = .90$ (ver tabla III.2.1.-)
- i) Talud recomendado de acuerdo al tipo de material = 2 : 1 (ver tabla III.2.2.-)
- j) La razón de esfuerzos tractivos $K = 1 - (\text{sen}^2 \varphi) / (\text{sen}^2 \beta)$

$$K = 1 - (\text{sen}^2 26.6) / (\text{sen}^2 34.0) = 0.60 \text{ adim.}$$

Determinación del esfuerzo tractivo de fondo. (ver figura III.2.8.-)

$$T_b = .051 \text{ lb. / Ft.}^2 \quad \text{Para } D_{25} = .2 \text{ mm.}$$

$$C_s \times T_b = (.051 \text{ lb. / Ft.}^2) \times (.90) = .0459 \text{ lb. / Ft.}^2 = 2.229 \text{ N - m}^2$$

Consideremos una relación de ancho de fondo contra tirante $b / Y_n = 7.7$

Obtención del tirante normal Y_n :

$$Y_n = ((.060) \times (2.229 \text{ N - m}^2) / 0.75 \times (9,658.00) \times (.00025)) = .74 \text{ m.}$$

De las fórmulas geométricas para obtener la sección tenemos:

$$b \text{ (ancho de fondo)} = 5.698$$

$$\text{Área de la sección (A)} = 5.30 \text{ m}^2$$

$$\text{Perímetro mojado (P)} = 8.658 \text{ m.}$$

De la fórmula: $Q = ((A \times R_h)^{2/3} / (n)) \times (s)^{1/2}$, Tenemos:

$$Q = 3.0 \text{ m}^3 / \text{seg.}$$

En caso de haber obtenido un valor diferente de Q se tendría que cambiar el valor requerido de la relación b / Y_n y aproximarse por medio de tanteos al gasto requerido.

Verificación del esfuerzo tractivo de fondo:

$$T_b \text{ permisible} = C_s \times T_b = 2.229 \text{ N} \cdot \text{m}^2$$

$$T_b \text{ calculado} = (0.99) \times (9,658) \times (.74) \times (.00025) = 1.76 \text{ N} \cdot \text{m}^2$$

De tal forma que : T_b calculado es menor que T_b permisible, por lo que entonces es aceptado el tirante obtenido.

Verificación de la velocidad de diseño máxima y mínima permisible:

De la ecuación de continuidad tenemos:

$$V = Q / A = (3.0 \text{ m}^3 / \text{seg.}) / (5.30 \text{ m}^2) = .56 \text{ m. / seg.}$$

Comparando valores, tenemos que :

$$V \text{ máx.} = .75 \text{ m. / seg.} \quad V \text{ de diseño} < V \text{ máx.}$$

$$V \text{ mín.} = .45 \text{ m. / seg.} \quad V \text{ de diseño} > V \text{ mín.}$$

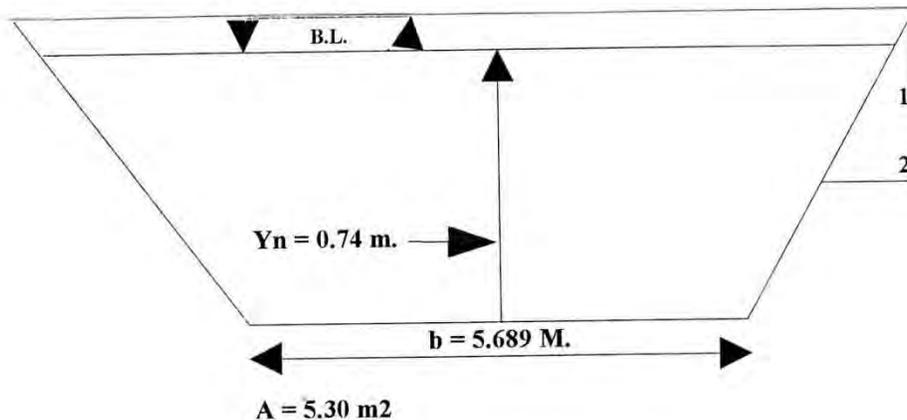


Figura III.2.2.1.- Sección determinada utilizando el método de la fuerza tractiva.

III.2.3.- Descripción del proceso constructivo de un canal de tierra.

El proceso constructivo de un canal de tierra consta generalmente de las siguientes actividades:

- 1.- Trazo y nivelación de estructuras, los ejes de los canales, bancos de préstamo y caminos, etc.
- 2.- Desmante
- 3.- Despalme
- 4.- Excavaciones y,
- 5.- Afinamiento de tercerías

2.- Desmante : Consiste en eliminar las vegetaciones y árboles existentes en las áreas de construcción, bancos de préstamo y derechos de vía, esto se hace con el fin de impedir que la materia vegetal cause daños a la obra y de proporcionar los espacios adecuados para que la maquinaria y el equipo pueda realizar sus actividades en completa libertad.

La correcta ejecución del desmante involucra las siguientes actividades:

- a) Tala y corte de árboles y arbustos;
- b) Roza de la maleza y residuos de la siembra;
- c) Extracción de troncos y tocones;
- e) Limpia y quema de todo lo anterior y que se considere no utilizable.

El desmante puede realizarse a mano o con maquinaria. Cuando se realiza manualmente se utiliza herramienta menor, común y corriente.

Cuando se realiza con maquinaria el tractor es el elemento más adecuado. Tiene ventaja especial en lugares donde son abundantes las enredaderas y zarzales, ya que se arrancan fácilmente con la cuchilla.

Los matorrales y los árboles pequeños pueden ser removidos con un tractor caminando con la cuchilla en contacto superficial con el terreno. Esto desenraizará o quebrará algunos de los troncos y doblará los demás, de tal modo que en un viaje de regreso se puedan quitar otros mas.

La mejor herramienta para deshierbar es una cuchilla que tiene dientes que se proyectan hacia abajo, trabajando bajo el nivel del suelo, sacando las raíces al mismo tiempo que el material que esta sobre la superficie y dejando pasar la tierra através del espacio entre los dientes.

Actualmente se ha desarrollado una gran variedad de aditamentos para tractores que lo habilitan para realizar hasta los trabajos mas severos de desmante.

Otro tipo de maquinaria alternativa es la pala mecánica, la cual con la cuchara con dientes golpea la parte baja de los árboles

3.- Despalme : Se realiza posteriormente al desmante y consiste principalmente en la remoción de una capa superficial del terreno natural, cuyo material no resulta adecuado para la construcción.

En ocasiones el despalme cumple con las actividades del desmonte, por contarse con vegetación escasa y pocos árboles en las áreas de excavación, puede realizarse con motoescrepas, bulldozers, motoconformadoras, etc.

Las operaciones de despalme deben coordinarse con el desmonte y la construcción, de tal manera que no transcurra mucho tiempo entre el despalme y desplante de cimentaciones o terraplenes.

La profundidad de despalme estará en función de la calidad del material a remover; Una vez terminados los trabajos, el producto del despalme se utilizará para relleno de zonas de préstamo o como refuerzo adicional sobre los taludes del terraplén.

4.- *Excavación* : Esta actividad es vital dentro del proceso constructivo; Incluye la formación de la cubeta de los canales y drenes, así mismo la formación de bordos, terraplenes, espacios adecuados para la construcción de estructuras, etc.

Esta actividad puede realizarse con retroexcavadoras, dragas, etc.

Antes de iniciarse cualquier trabajo de excavación para la formación de canales deberá contarse con el alineamiento horizontal y vertical del proyecto.

Las secciones más usuales de excavación para la formación de canales son las siguientes :

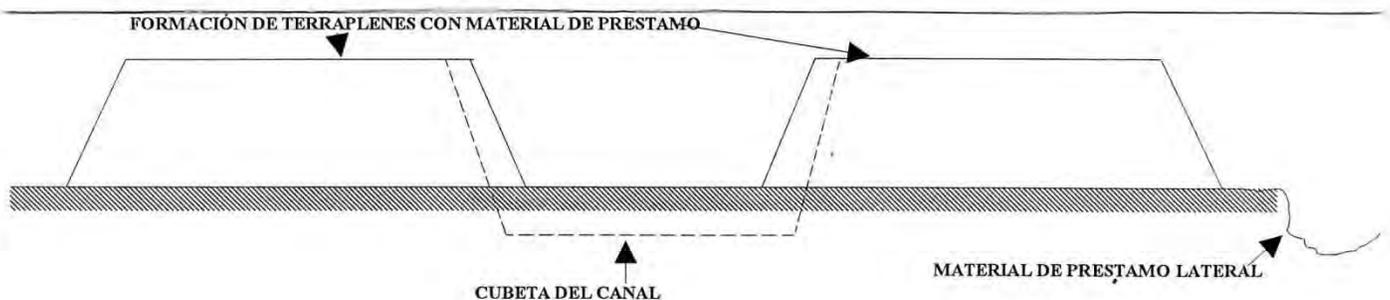


Figura III.2.3.1.- Sección en terraplén.

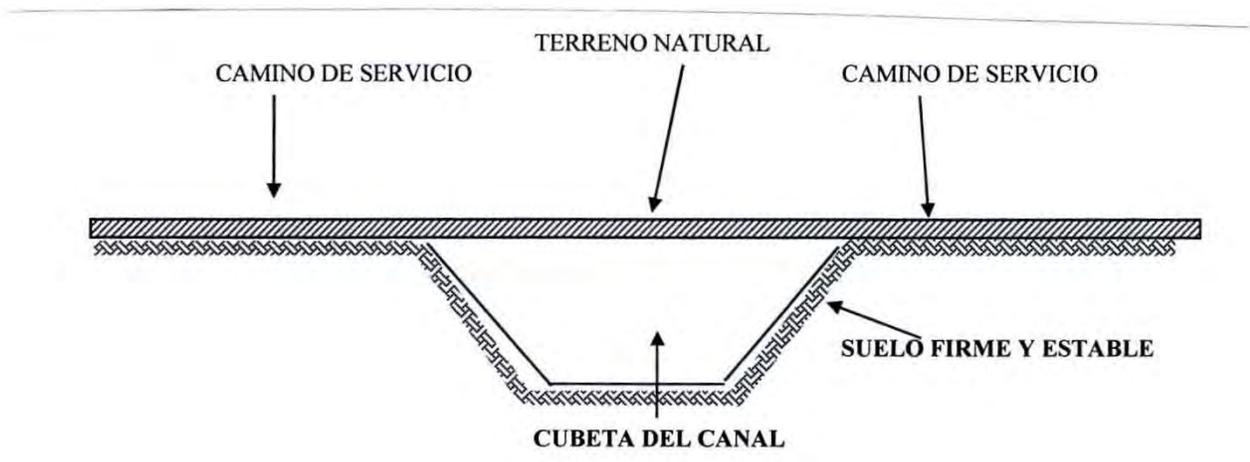


Figura III.2.3.2.- Sección en corte.

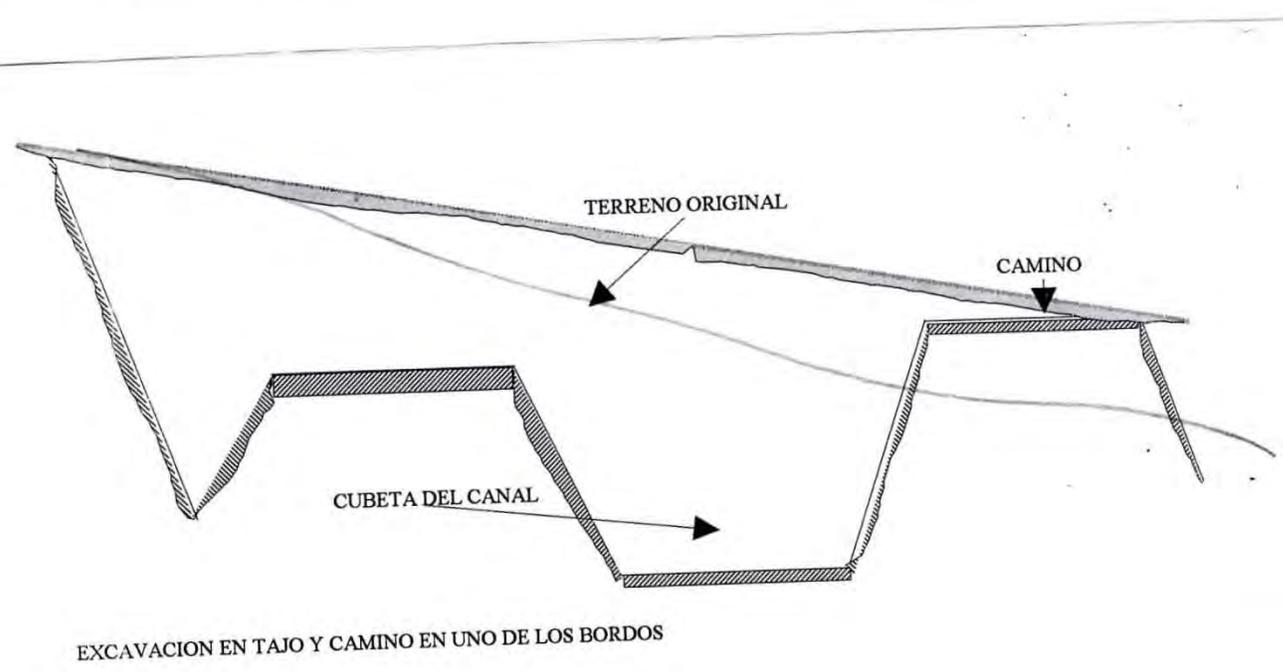


Figura III.2.3.3.- Sección en tajo.

De las secciones antes mostradas se pueden describir tres procedimientos generales de construcción, estos son los siguientes :

1.- *Sección en terraplén* : En este, se construye primeramente, un terraplén y posteriormente se excava la cubeta, el terraplén se construye sobre el terreno natural; en ocasiones cuando se tienen arcillas expansivas, se excava sobre ese material desechándolo y rellenando ese lugar con otro tipo de material formándose el terraplén

2.- *Sección en corte* : En esta se construye toda la sección en corte, solamente con excavación, es el caso de la sección para grandes canales y pequeños con suelos firmes.

3.- *Sección en balcón* : En este se construye parte de la cubeta en corte y parte de esta en terraplén; para canales medianos y grandes que estén en la ladera.

La formación de un terraplén o bordo de un canal requiere de las siguientes actividades:

a) Se acarrea el material de banco o préstamo; la maquinaria usada para esta actividad esta en función de la distancia de acarreo.

-- *Zonas cercanas* : Escrepas, motoconformadoras, tractores con cuchilla. Para distancias de 0 - 500 m.

-- *Zonas lejanas* : Cargadores con camiones de volteo, dumpers. Para distancias mayores a 500 m.

b) Si es necesario se escarifica la zona de desplante de terraplenes y también se compacta.

c) Se le agrega agua con camiones pipa y se procede a su compactación para cada capa con rodillos lisos, vibratorios, pata de cabra, etc., según sea el tipo de suelo y su disponibilidad al grado de compactación indicado en el proyecto

La elección del tipo de maquinaria para excavación es determinada por los el tamaño del canal, el tipo de material y los volúmenes a ejecutar.

Pueden presentarse en forma general los casos siguientes:

1.- *Sección en terraplén.*

a) Una vez realizado el desmonte y el despalme, de acuerdo a los niveles y cotas de proyecto, se procede con el mejoramiento y la formación del terraplén que servirá para formar los caminos de servicio. (ver figura III.2.3.4.-).

b) Después se procede a la remoción del material sobrante, en este caso la distancia de acarreo es larga por lo que se usa un cargador y un camión de volteo para retirar el material (ver figura III.2.3.5.-)

c) La formación de la cubeta del canal y bordos se realiza mediante la combinación de retroexcavadoras, motoconformadoras y compactadores.

2.- *Sección en corte.*

a) Excavación del canal mediante una draga o una retroexcavadora que va dando forma a la cubeta; delante de esta, se aprecia el trabajo de remoción de un tractor, el cual excava la sección de forma burda (sin darle forma) hasta cierto nivel de cubeta.



Figura III.2.3.4.- Trabajos de despalme y una sección en terraplén para formación de los caminos de servicio.



Figura III.2.3.5.- Remoción de material para su posterior carga.



Figura III.2.3.6.- Formación de la cubeta del canal.

3.- Sección en corte

a) Excavación de la cubeta; dada la dureza del terreno, primero se afloja el material con un escarificador de tres dientes (ver figura III.2.3.7.-)

b) Posteriormente una motoescrepa recoge el material y lo acarrea hasta el lugar de depósito (ver figura III.2.3.8.-)

4.- Sección en corte



Figura III.2.3.7.- Excavación de la cubeta en material duro.



Figura III.2.3.8.- Motoescrepa recogiendo material y acarreándolo hasta el lugar de depósito.

4.- Sección en corte

En un suelo cohesivo con cierto grado de dureza; después del despalme se procede a la excavación de la sección con dos tipos de máquinas; el tractor empujador y la escrepa:

La motoescrepa, los cargadores frontales y los camiones pueden retirar el material del sitio.



Figura III.2.3.9.- Motoescrepa, cargador frontal y camión retirando el material producto de la excavación.



Figura III.2.3.10.- Acarreo del material excavado

5.- Excavación en corte

Puede suceder también que :

- a) Un tractor realiza el trabajo de excavación y amontone el material :
- b) Un cargador llena el camión para el acarreo.



Figura III.2.3.11.- Acarreo del material excavado.

6.- Sección en terraplén

Cuando se tienen arcillas expansivas:

- a) Se retiran las arcillas del área hasta los niveles de proyecto.

b) Se forman terraplenes hasta los niveles de proyecto, dándole la compactación adecuada (ver figura III.2.3.12.-)



Figura III.2.3.12.- Formación de terraplenes.

c) Se realiza la excavación, en este caso con una retroexcavadora o también se pueden usar los dos tipos de palas mecánicas que se muestran en las figuras o con la motoconformadora.

La excavación de canales o drenes muy pequeños pueden realizarse también con pico y pala.

Una vez realizadas las actividades deben checarsse los niveles y el alineamiento.

7.- Bombeo del nivel de aguas freáticas durante la excavación de canales y áreas de construcción.

Puede suceder que cuando se esta excavando, se encuentre el nivel de aguas freáticas a poca profundidad o muy cerca de la plantilla del canal o zona de cimentación de alguna estructura, en estas condiciones, maquinaria de gran eficiencia no puede desarrollar ninguna actividad al 100% de su capacidad; aunque hay máquinas como dragas y retroexcavadoras que si pueden hacerlo; aún así es necesario desaguar las zonas

inundadas para realizar las actividades de excavación, afine, revestimiento y cimentación, en el caso de las estructuras.

Esto se hace generalmente mediante sistemas de bombeo de la siguiente manera:

A lo largo de las orillas del canal se tiende una tubería que va conectada a una bomba de succión, de esta tubería se coloca una manguera de hule, la cual sirve de unión entre ambas, siendo esta la tubería de succión introducida al subsuelo, la cual tiene un punta que se introduce a una excavación o càrcamo que de ser necesario se construye en el punto con la cota mas baja o inferior de acuerdo a las pendientes existente en el terreno o proyecto y se procede a la extracción del agua, enviándola a un punto donde no afecte la construcción o cargándola a pipas para ser desalojada fuera del área de influencia de la obra.

III.2.4.- Restricciones que influyen en el diseño y construcción de la estructura para la instalación de la tubería Riblock.

La tubería de pvc Riblock para ser instalada requiere de la excavación de las estructuras donde será alojada; pero para determinar las características geométricas de esos elementos es necesario tomar en cuenta todos los factores que influyen y la manera en que interactúan al formar el sistema tubo - suelo.

La tubería presenta una resistencia al aplastamiento alta, esto se debe al principio constructivo del perfil de la cinta que consiste en una tubería tipo T, que eleva de manera considerable el momento de inercia de la tubería enrollada en comparación con el perfil normal rectangular.

Antes de llegar a la falla, la tubería soporta una deflexión máxima del 3%.

Esta deflexión puede llegar a presentarse bajo diferentes condiciones de trabajo que pueden variar, tales como la profundidad de enterramiento, densidad de los materiales de relleno y la reacción pasiva del suelo (compactación) para un diámetro determinado.

Las características de la sección de excavación y el volumen de cantidades de obra quedan determinados por los factores antes mencionados y el gasto de conducción.

Por lo tanto se hará un análisis del comportamiento de la tubería para determinar la profundidad mínima de enterramiento para 5 densidades diferentes de suelo y 4 tipos de reacción pasiva del suelo, considerando un diámetro de 300 mm.

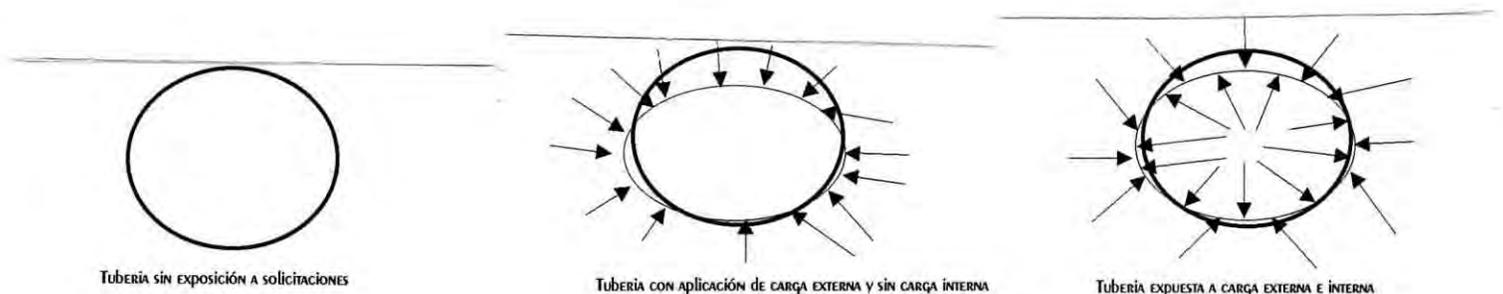


Figura III.2.4.1.- Deformaciones transversales bajo varias condiciones de carga externa y presión interna en tubería de pvc Riblock.

Datos utilizados:

Perfil de tubería = 98Mx

Espesor equivalente de pared = .70 mm.

Diámetro utilizado = 300 mm.

Módulo de elasticidad = 2.3×10^4 a la 4a. potencia kg. / cm²

Deflexión máxima permisible = 3%

Metodología:

El análisis se basa en determinar la deflexión que sufre la tubería al aplicarle diferentes cargas vivas (Wv) y muertas (Wm). Para ello se determinarán primero Wv y Wm a diferentes profundidades desde 0.20 m. hasta 2.0 m. y con cinco densidades de material de relleno.

Para cargas muertas:

$$W_m = C_d \times W_t \times B_d \times D_I \text{ ----- (1)}$$

Donde:

Wm = Carga muerta, en kg. / m.

Cd = Coeficiente de Morstón, adimensional (ver gráfica III.2.4.1.-).

Wt = Densidad del material de relleno, en kg. / m³

| Tipo de material | Densidad (Wt) |
|-----------------------------------|----------------------------|
| a.- Granulado y falto de cohesión | 1,700 kg. / m ³ |
| b.- Grava y arena | 1,900 kg. / m ³ |
| c.- Material húmedo y fangoso | 2,000 kg. / m ³ |
| d.- Arcilla o lodo espeso | 2,100 kg. / m ³ |
| e.- Arcilla saturada | 2,200 kg. / m ³ |

De = diámetro exterior del tubo

Bd = Ancho de la zanja, medida en el lecho superior del tubo (m.) = 0.3 + DI

DI = Diámetro interior del tubo, (m.).

Para cargas vivas

$$W_v = C_s \times ((P_c \times F) / (L)) \text{ -----(2)}$$

Donde:

W_v = carga viva, en kg. / m. de tubería.

C_s = Coeficiente de carga en función del diámetro del tubo dado, adimensional (ver gráfica III.2.4.7.- y 8.-)

P_c = Carga concentrada en kg. (se toma de 4,550 kg.; ver manual de pvc. editado por la Sociedad Americana de Fabricantes.)

F = Factor de impacto, adimensional. Esta en función del tipo de tráfico y es como sigue:

| Tipo de tráfico | Valor de F |
|-----------------|------------|
| Carretera | 1.50 |
| Ferrocarril | 1.75 |
| Aeropuertos | 1.00 |

Por lo tanto se asume 1.5 que es el más común.

L = Longitud efectiva del tubo en la cual ocurre la carga, en metros, (el valor aceptado es 0.9 m.)

Después se determino la deflexión de la tubería para diferentes condiciones de compactación o reacción pasiva del suelo (E') usando la siguiente expresión:

$$X_{\text{máx.}} = ((K \times r^3 \times (D_e + W_v + W_m)) / ((EI + (0.061 \times E' \times r^3))) \text{-----}(3)$$

Donde :

$X_{\text{máx.}}$ = Máxima deformación transversal. en cm.

K = Constante de encamado, adimensional (El valor promedio es 0.1)

r = Radios promedio del tubo, en cm.

D_e = Factor de deformación a largo plazo, se uso 1.5

W_m = carga muerta (kg. / cm.)

W_v = Carga viva, (kg. / cm.)

E = Módulo de elasticidad del material de la tubería, en kg. / cm.²

I = Momento de inercia de la sección transversal del tubo, en cm^3

$$I = e^3 / 12$$

e = espesor promedio de la pared, en cm. (en el caso del tubo Riblock se uso el espesor equivalente de pared)

E' = Módulo de reacción del suelo, en $\text{kg.} / \text{cm}^2$

Compactación

E'

| | |
|----------------------------|----------------------------------|
| a.- Muy buena compactación | 49 en $\text{kg.} / \text{cm}^2$ |
| b.- Mediana compactación | 35 en $\text{kg.} / \text{cm}^2$ |
| c.- Mala compactación | 21 en $\text{kg.} / \text{cm}^2$ |
| d.- Sin compactación | 14 en $\text{kg.} / \text{cm}^2$ |

Finalmente se graficaron las profundidades contra las deflexiones máximas en por ciento para cada uno de los casos resultantes.

COEFICIENTE DE MORSTON (Adimensional).

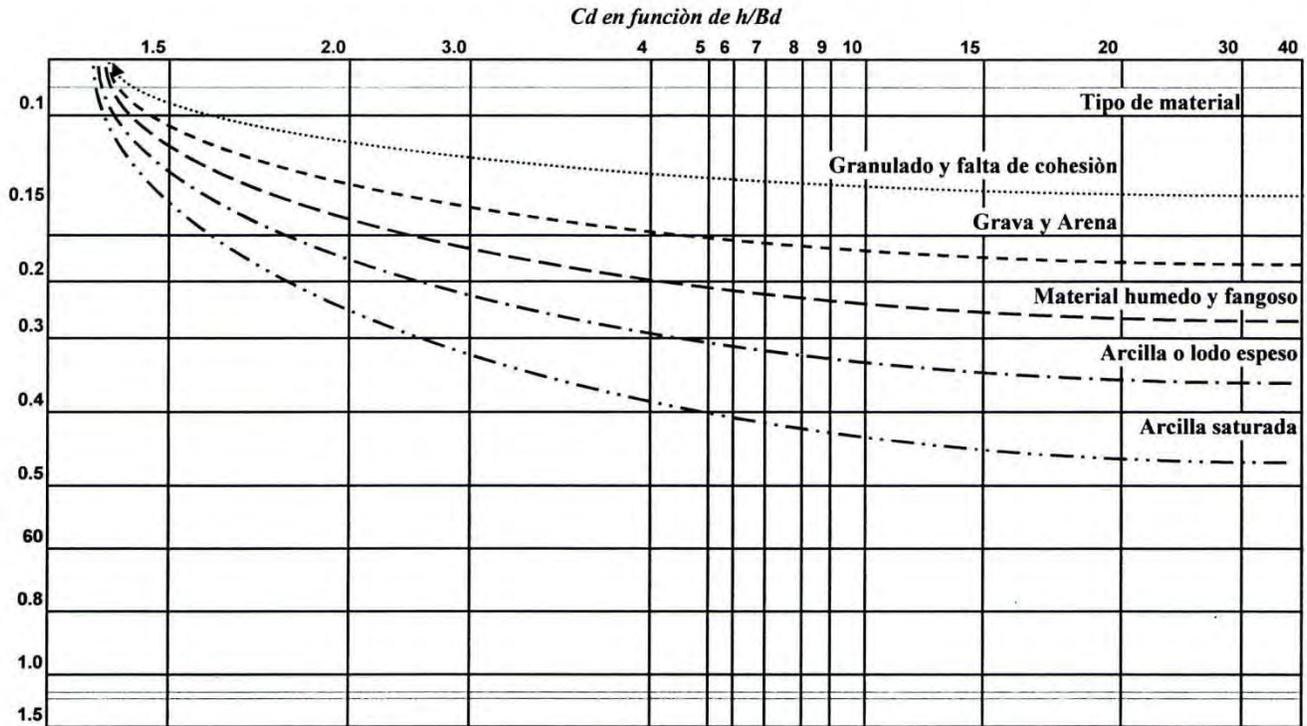


Figura III.2.4.1.- valores del coeficiente Cd.

I = Momento de inercia de la sección transversal del tubo, en cm^3

$$I = e^3 / 12$$

e = espesor promedio de la pared, en cm. (en el caso del tubo Riblock se uso el espesor equivalente de pared)

E' = Módulo de reacción del suelo, en $\text{kg.} / \text{cm}^2$

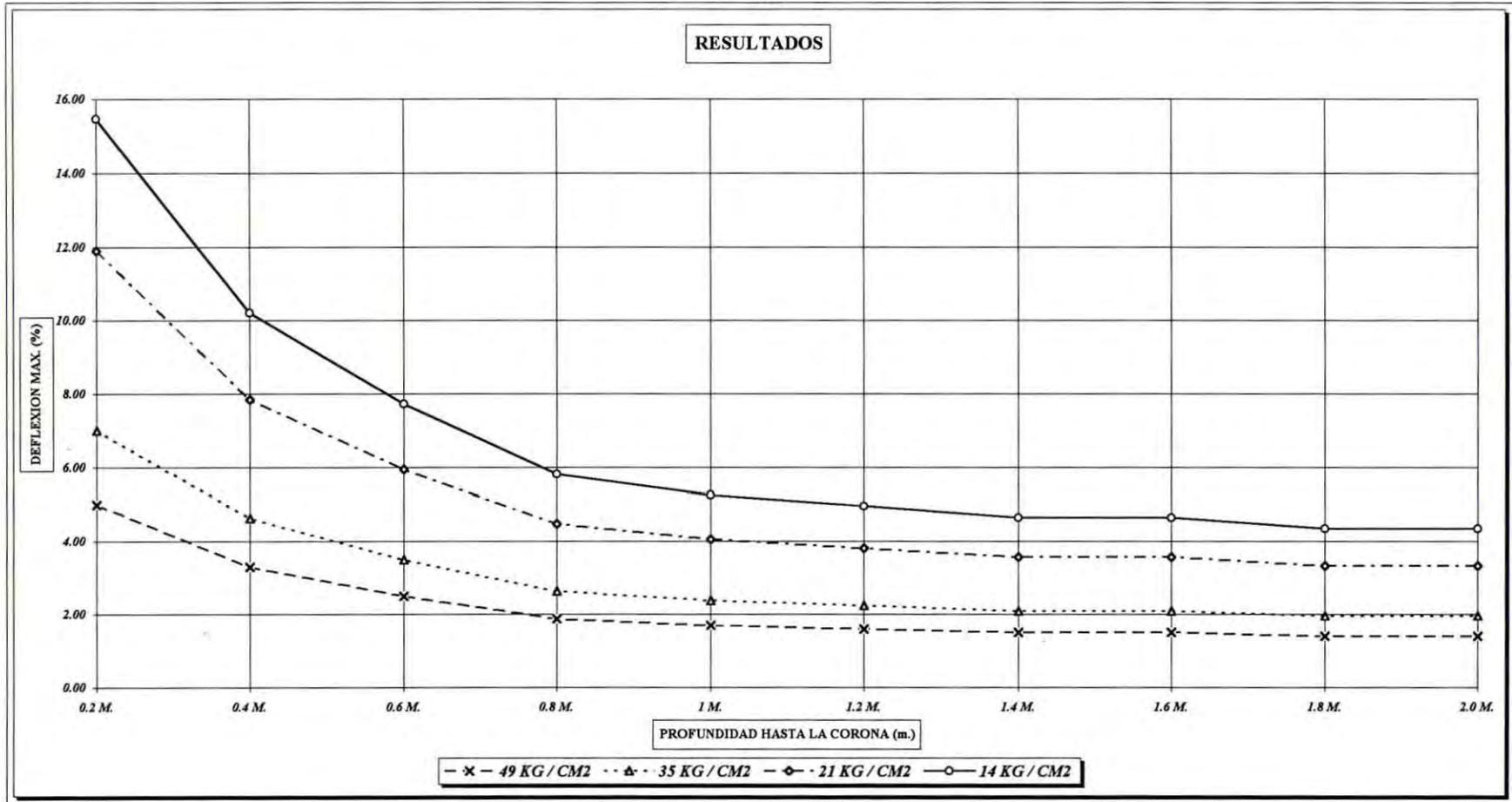
Compactación

E'

| | |
|----------------------------|----------------------------------|
| a.- Muy buena compactación | 49 en $\text{kg.} / \text{cm}^2$ |
| b.- Mediana compactación | 35 en $\text{kg.} / \text{cm}^2$ |
| c.- Mala compactación | 21 en $\text{kg.} / \text{cm}^2$ |
| d.- Sin compactación | 14 en $\text{kg.} / \text{cm}^2$ |

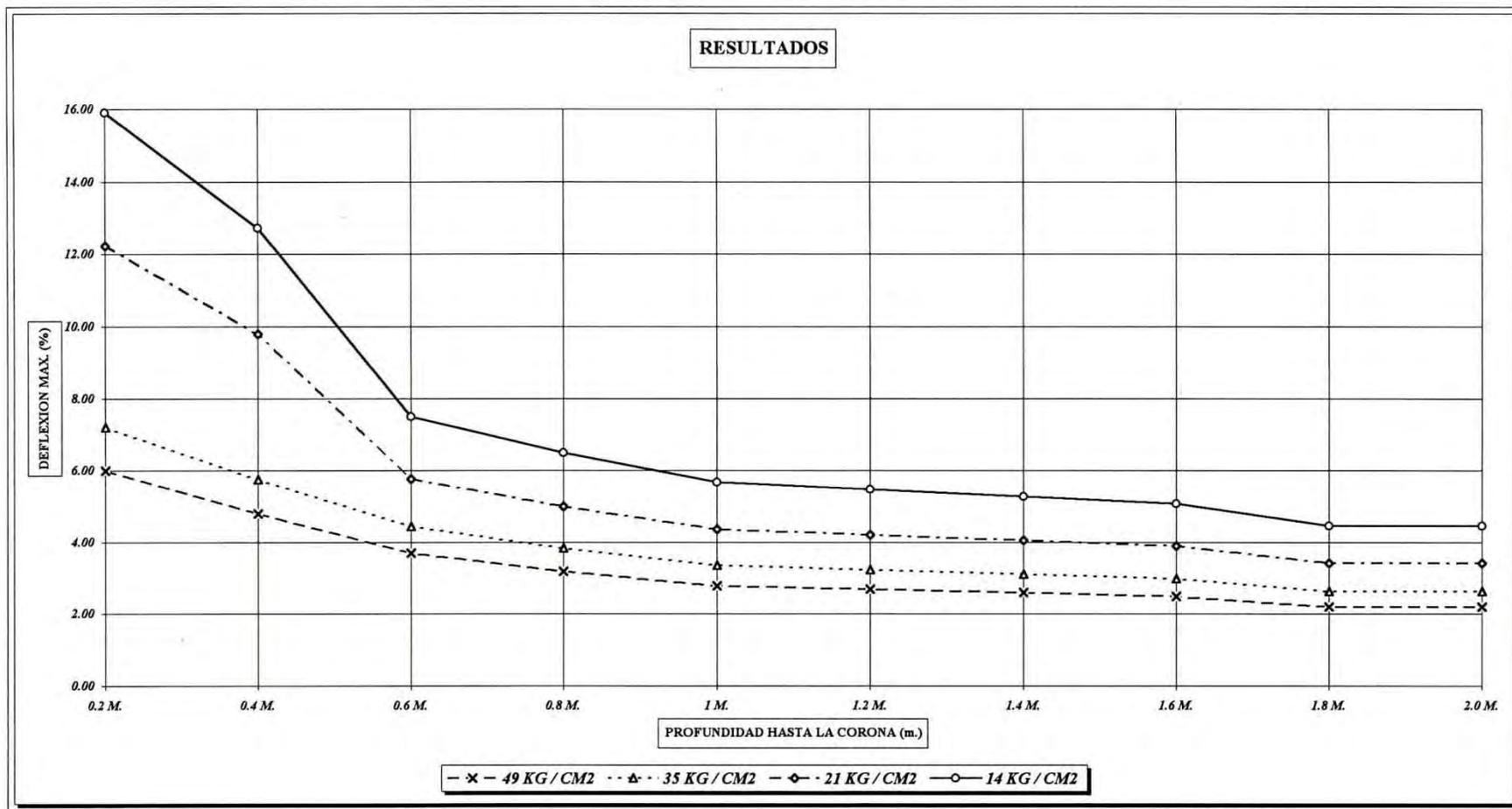
Finalmente se graficaron las profundidades contra las deflexiones máximas en por ciento para cada uno de los casos resultantes.

Figura No. III.2.4.2.- Deflexión máxima para tubo Riblock, perfil 98 - Mx.
300 mm. de diámetro. y una carga total $W_t = 1,700 \text{ kg. / m}^3$.



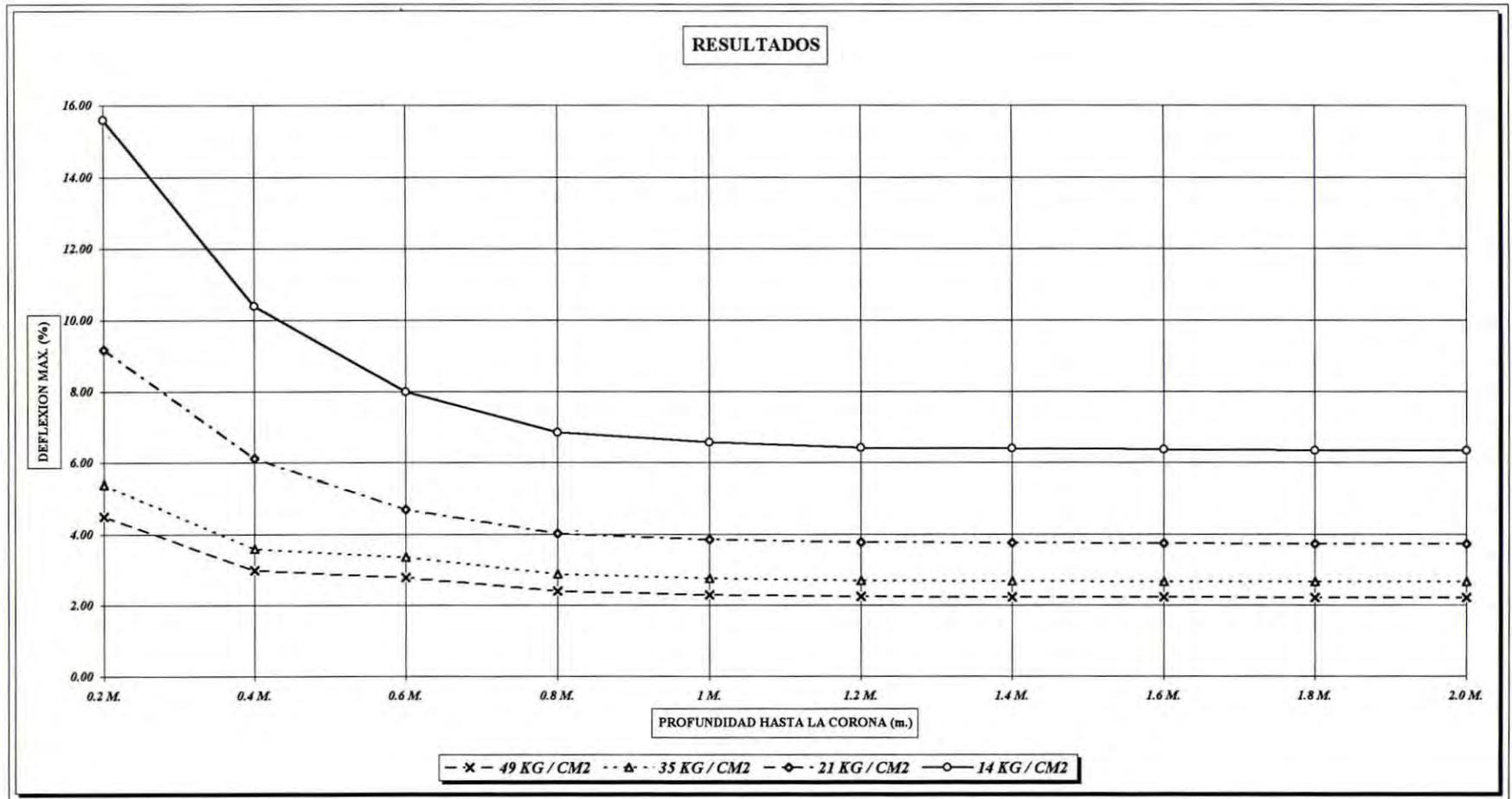
| COMPACTACION KG. / CM2. | PROFUNDIDAD HASTA LA CORONA (M.) | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.2 M. | 0.4 M. | 0.6 M. | 0.8 M. | 1 M. | 1.2 M. | 1.4 M. | 1.6 M. | 1.8 M. | 2.0 M. |
| 49 KG / CM2 | 5.00 | 3.30 | 2.50 | 1.88 | 1.70 | 1.60 | 1.50 | 1.50 | 1.40 | 1.40 |
| 35 KG / CM2 | 7.00 | 4.62 | 3.50 | 2.63 | 2.38 | 2.24 | 2.10 | 2.10 | 1.96 | 1.96 |
| 21 KG / CM2 | 11.90 | 7.85 | 5.95 | 4.47 | 4.05 | 3.81 | 3.57 | 3.57 | 3.33 | 3.33 |
| 14 KG / CM2 | 15.47 | 10.21 | 7.74 | 5.82 | 5.26 | 4.95 | 4.64 | 4.64 | 4.33 | 4.33 |

Figura No. III.2.4.3.- Deflexión máxima para tubo Riblock, perfil 98 - Mx.
300 mm. de diámetro. y una carga total $W_t = 1,900 \text{ kg. / m}^3$.



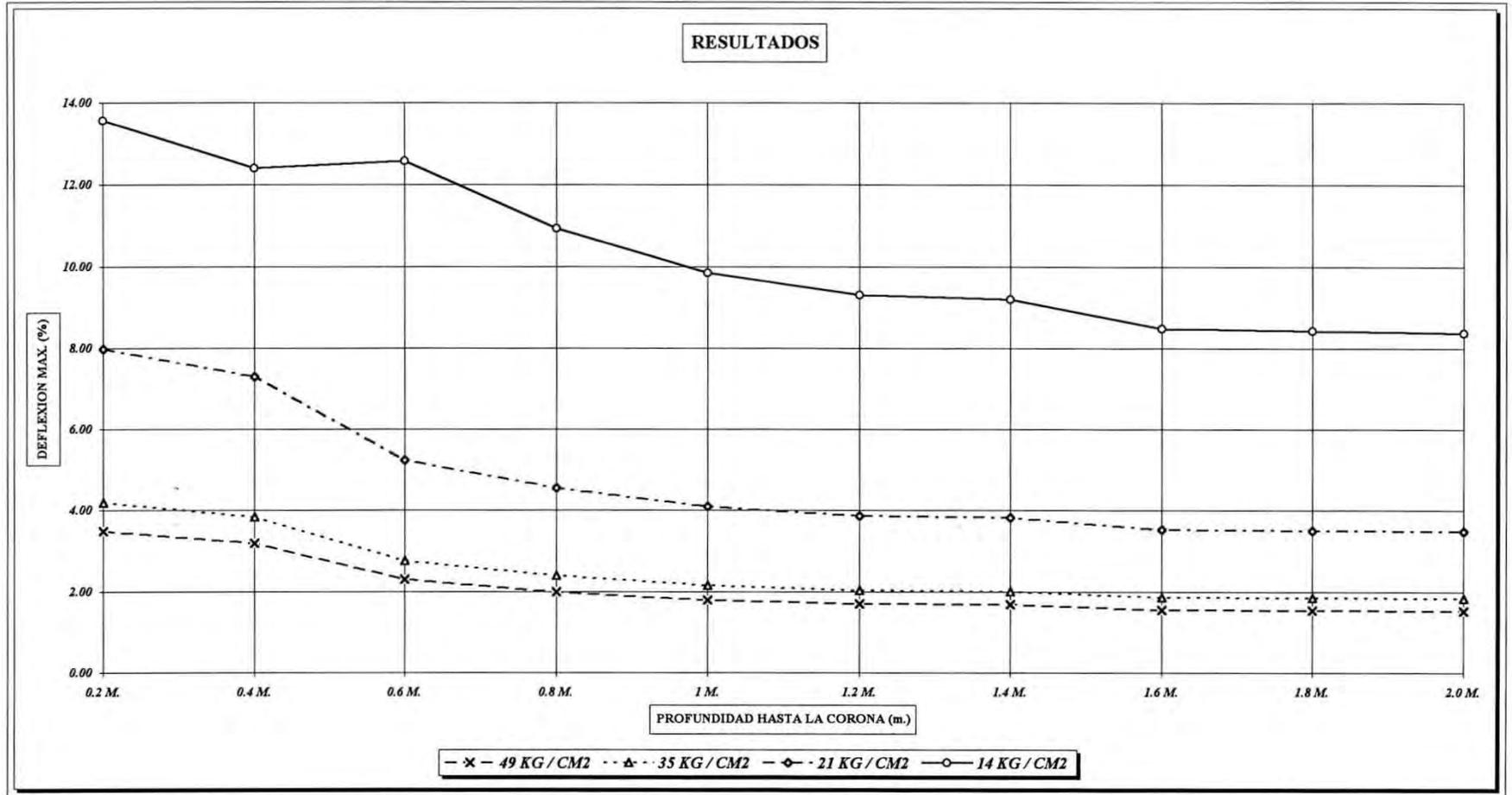
| COMPACTACION KG. / CM2. | PROFUNDIDAD HASTA LA CORONA (M.) | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.2 M. | 0.4 M. | 0.6 M. | 0.8 M. | 1 M. | 1.2 M. | 1.4 M. | 1.6 M. | 1.8 M. | 2.0 M. |
| 49 KG / CM2 | 6.00 | 4.80 | 3.70 | 3.20 | 2.80 | 2.70 | 2.60 | 2.50 | 2.20 | 2.20 |
| 35 KG / CM2 | 7.20 | 5.76 | 4.44 | 3.84 | 3.36 | 3.24 | 3.12 | 3.00 | 2.64 | 2.64 |
| 21 KG / CM2 | 12.24 | 9.79 | 5.77 | 4.99 | 4.37 | 4.21 | 4.06 | 3.90 | 3.43 | 3.43 |
| 14 KG / CM2 | 15.91 | 12.73 | 7.50 | 6.49 | 5.68 | 5.48 | 5.27 | 5.07 | 4.46 | 4.46 |

Figura No. III.2.4.4.- Deflexión máxima para tubo Riblock, perfil 98 - Mx.
300 mm. de diámetro. y una carga total $W_t = 2,000 \text{ kg. / m}^3$.



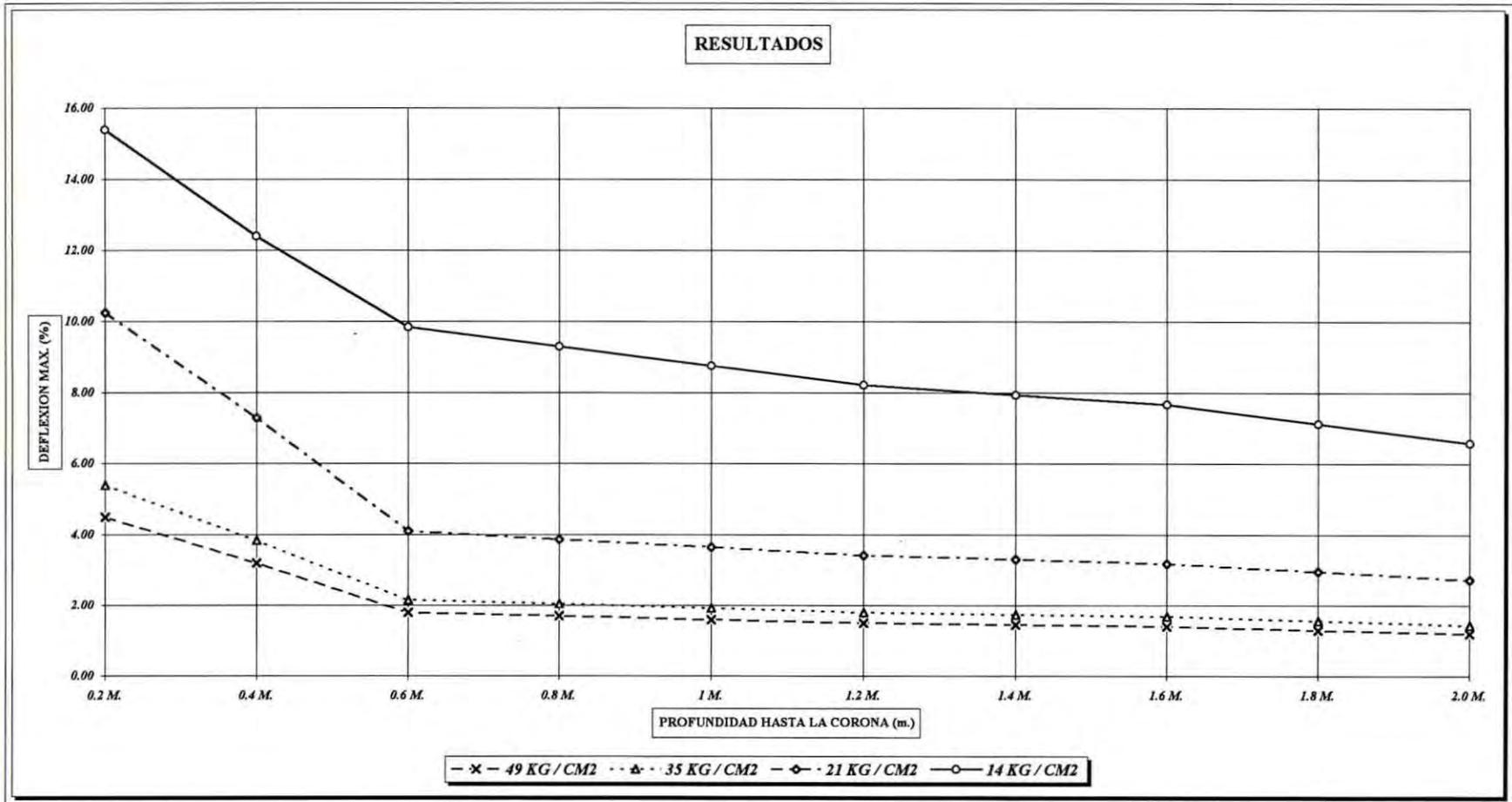
| COMPACTACION KG. / CM2. | PROFUNDIDAD HASTA LA CORONA (M.) | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.2 M. | 0.4 M. | 0.6 M. | 0.8 M. | 1 M. | 1.2 M. | 1.4 M. | 1.6 M. | 1.8 M. | 2.0 M. |
| 49 KG / CM2 | 4.50 | 3.00 | 2.80 | 2.40 | 2.30 | 2.25 | 2.24 | 2.23 | 2.22 | 2.22 |
| 35 KG / CM2 | 5.40 | 3.60 | 3.36 | 2.88 | 2.76 | 2.70 | 2.69 | 2.68 | 2.66 | 2.66 |
| 21 KG / CM2 | 9.18 | 6.12 | 4.70 | 4.03 | 3.86 | 3.78 | 3.76 | 3.75 | 3.73 | 3.73 |
| 14 KG / CM2 | 15.61 | 10.40 | 8.00 | 6.85 | 6.57 | 6.43 | 6.40 | 6.37 | 6.34 | 6.34 |

Figura No. III.2.4.5.- Deflexión máxima para tubo Riblock, perfil 98 - Mx.
300 mm. de diámetro, y una carga total $W_t = 2,100 \text{ kg. / m}^3$.



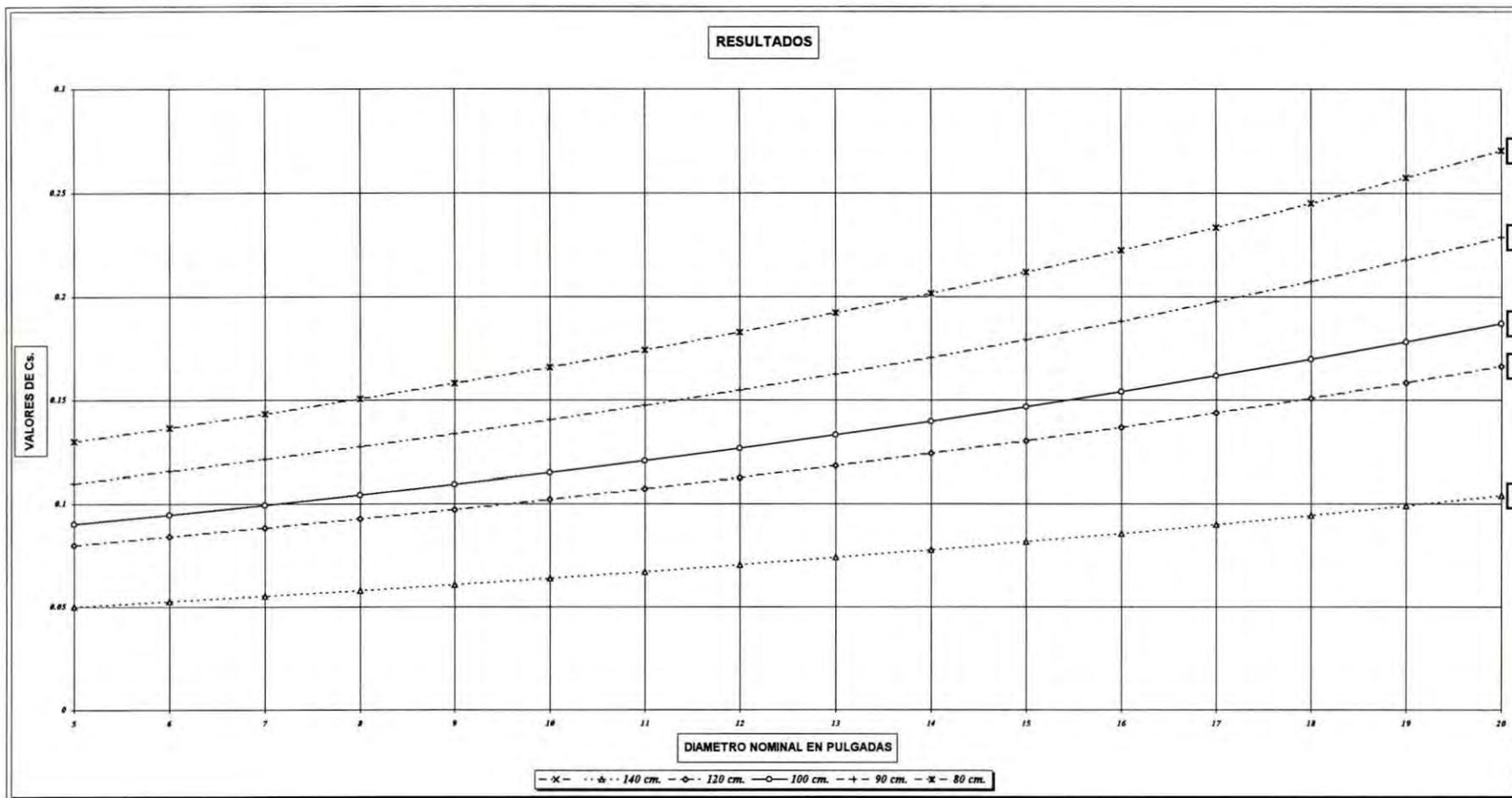
| COMPACTACION KG. / CM2. | PROFUNDIDA HASTA LA CORONA (M.) | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.2 M. | 0.4 M. | 0.6 M. | 0.8 M. | 1 M. | 1.2 M. | 1.4 M. | 1.6 M. | 1.8 M. | 2.0 M. |
| 49 KG / CM2 | 3.50 | 3.20 | 2.30 | 2.00 | 1.80 | 1.70 | 1.68 | 1.55 | 1.54 | 1.53 |
| 35 KG / CM2 | 4.20 | 3.84 | 2.76 | 2.40 | 2.16 | 2.04 | 2.02 | 1.86 | 1.85 | 1.84 |
| 21 KG / CM2 | 7.98 | 7.30 | 5.24 | 4.56 | 4.10 | 3.88 | 3.83 | 3.53 | 3.51 | 3.49 |
| 14 KG / CM2 | 13.57 | 12.40 | 12.59 | 10.94 | 9.85 | 9.30 | 9.19 | 8.48 | 8.43 | 8.37 |

Figura No. III.2.4.6.- Deflexión máxima para tubo Riblock, perfil 98 - Mx.
300 mm. de diámetro. y una carga total $W_t = 2,200 \text{ kg. / m}^3$.



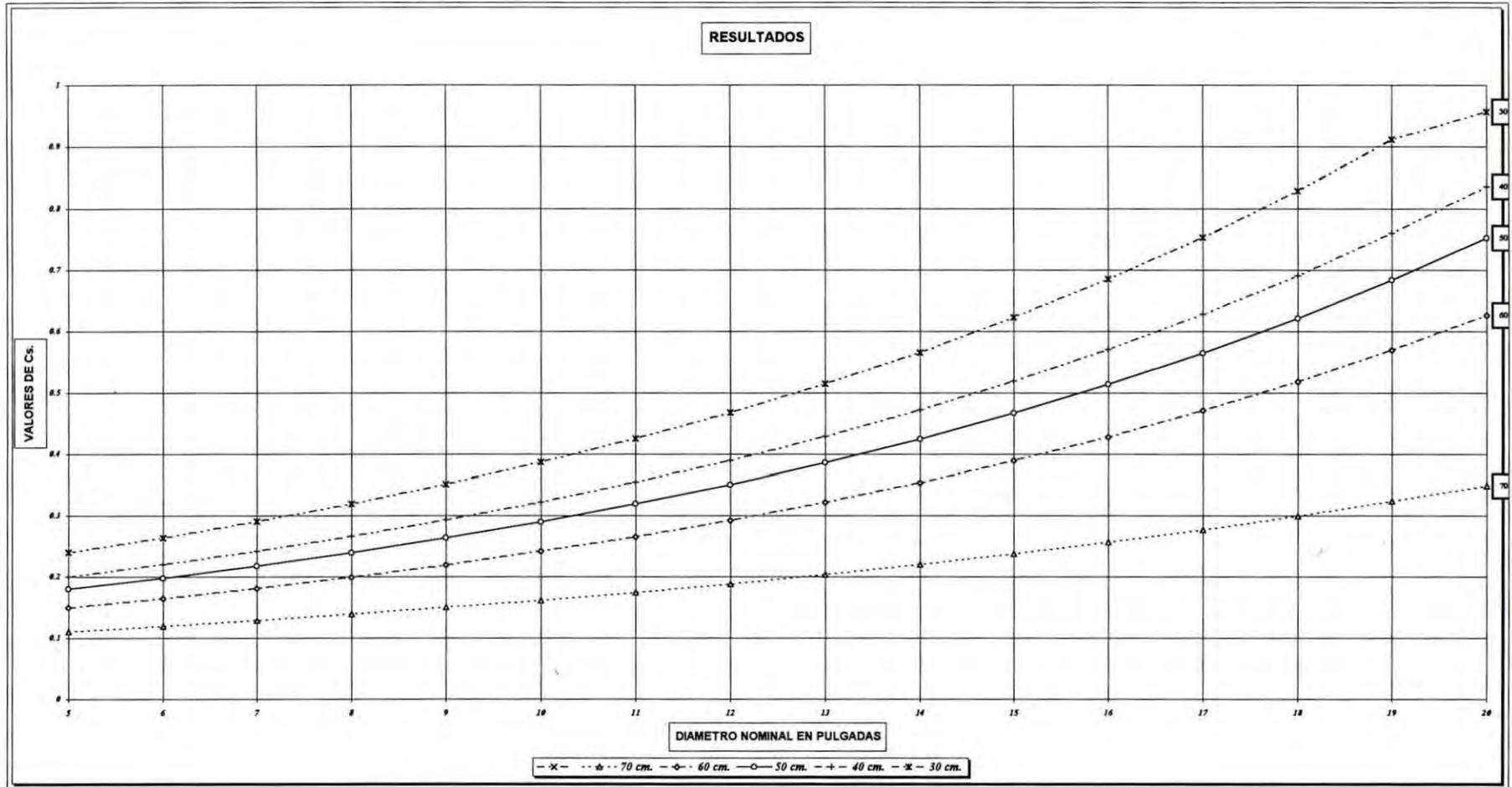
| COMPACTACION KG. / CM2. | PROFUNDIDAD HASTA LA CORONA (M.) | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.2 M. | 0.4 M. | 0.6 M. | 0.8 M. | 1 M. | 1.2 M. | 1.4 M. | 1.6 M. | 1.8 M. | 2.0 M. |
| 49 KG / CM2 | 4.50 | 3.20 | 1.80 | 1.70 | 1.60 | 1.50 | 1.45 | 1.40 | 1.30 | 1.20 |
| 35 KG / CM2 | 5.40 | 3.84 | 2.16 | 2.04 | 1.92 | 1.80 | 1.74 | 1.68 | 1.56 | 1.44 |
| 21 KG / CM2 | 10.26 | 7.30 | 4.10 | 3.88 | 3.65 | 3.42 | 3.31 | 3.19 | 2.96 | 2.74 |
| 14 KG / CM2 | 15.39 | 12.40 | 9.85 | 9.30 | 8.76 | 8.21 | 7.93 | 7.66 | 7.11 | 6.57 |

Figura No. III.2.4.7.- Valor del coeficiente Cs para cargas verticales superpuestas concentradas



| PROF. HASTA LA CORONA (cm.) | DIAMETRO NOMINAL EN PULGADAS | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 140 cm. | 0.05 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.10 | 0.10 |
| 120 cm. | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.17 |
| 100 cm. | 0.09 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.18 | 0.19 |
| 90 cm. | 0.11 | 0.12 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.18 | 0.19 | 0.20 | 0.21 | 0.22 | 0.23 |
| 80 cm. | 0.13 | 0.14 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.17 | 0.18 | 0.19 | 0.20 | 0.21 | 0.22 | 0.23 | 0.25 | 0.26 | 0.27 |

Figura No. III.2.4.8.- Valor del coeficiente Cs para cargas verticales superpuestas concentradas



| PROF. HASTA LA CORONA (M.) | DIAMETRO NOMINAL EN PULGADAS | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 70 cm. | 0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.15 | 0.16 | 0.17 | 0.19 | 0.20 | 0.22 | 0.24 | 0.26 | 0.28 | 0.30 | 0.32 | 0.35 |
| 60 cm. | 0.15 | 0.17 | 0.18 | 0.20 | 0.22 | 0.24 | 0.27 | 0.29 | 0.32 | 0.35 | 0.39 | 0.43 | 0.47 | 0.52 | 0.57 | 0.63 |
| 50 cm. | 0.18 | 0.20 | 0.22 | 0.24 | 0.26 | 0.29 | 0.32 | 0.35 | 0.39 | 0.42 | 0.47 | 0.51 | 0.56 | 0.62 | 0.68 | 0.75 |
| 40 cm. | 0.20 | 0.22 | 0.24 | 0.27 | 0.29 | 0.32 | 0.35 | 0.39 | 0.43 | 0.47 | 0.52 | 0.57 | 0.63 | 0.69 | 0.76 | 0.84 |
| 30 cm. | 0.24 | 0.26 | 0.29 | 0.32 | 0.35 | 0.39 | 0.43 | 0.47 | 0.51 | 0.57 | 0.62 | 0.68 | 0.75 | 0.83 | 0.91 | 0.96 |

Conclusión a los resultados obtenidos:

- 1.- Para las 5 densidades de material de relleno se cumple que con mediana compactación ($E' = 35 \text{ kg. / cm}^2$) y con muy buena compactación ($E' = 49 \text{ kg. / cm}^2$), la tubería presenta una deflexión menor a 3% a partir de una profundidad mínima hasta la corona de 1.0 m., comportándose de forma constante hasta 2.0 m.
- 2.- Para las 5 densidades, exceptuando el caso de densidad $1,700 \text{ kg. / cm}^3$ con mala compactación ($E' = 21 \text{ kg. / cm}^2$) todas las profundidades estudiadas no cumplen con el 3% de la deflexión máxima.
- 3.- Para el caso estudiado exceptuando el punto 2, el valor de deflexión llega al límite de 3% a partir de una profundidad hasta la corona de 1.6 m.
- 4.- En el caso de muy buena compactación ($E' = 49 \text{ kg. / cm}^2$) y en todas las densidades la tubería reacciona favorablemente a partir de una profundidad hasta la corona de 0.8 m.
- 5.- En el caso de mediana compactación ($E' = 35 \text{ kg. / cm}^2$) para todas las densidades la tubería reacciona muy bien a partir de 1.0 m. de profundidad hasta la corona.
- 6.- El factor más importante en la deflexión de la tubería es el grado de compactación del material de relleno y de manera secundaria la profundidad de enterramiento hasta la corona, aunque esta deja de ser significativa cuando se tienen compactaciones mayores de 35 kg. / cm^2 a partir de 1.0 m. y hasta 2.0 m. de profundidad hasta la corona.

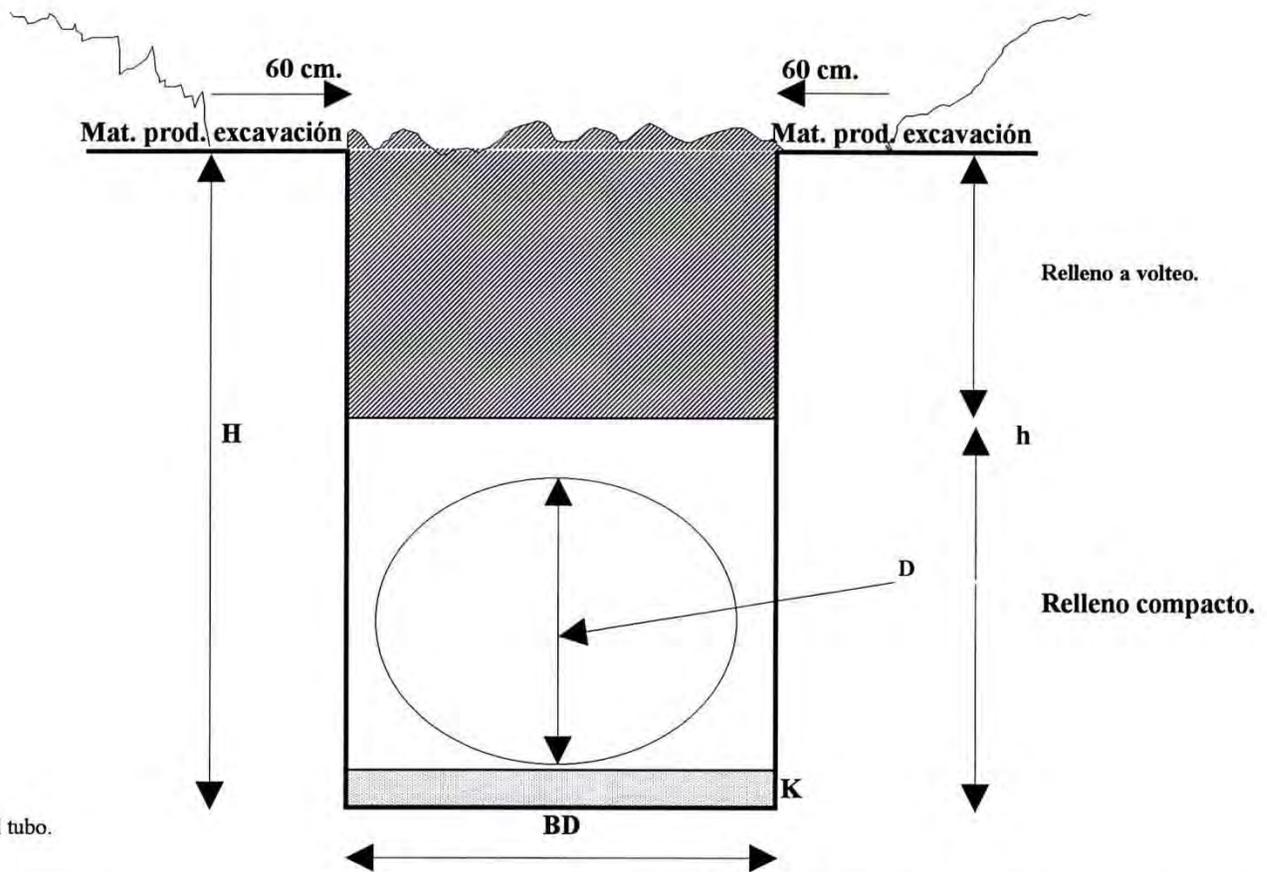
De tal forma que se recomienda lo siguiente:

- 1.- No se recomienda en ningún caso tener compactaciones menores a 35 kg. / cm^2 .
- 2.- La profundidad mínima recomendada para el caso de muy buena compactación ($E' = 49 \text{ kg. / cm}^2$) es de 0.8 m., sin embargo no se recomienda enterrarse a profundidades menores de 1.0 m.
- 3.- La profundidad mínima recomendada para el caso de mediana compactación es de 1.0 m.
- 4.- Para obtener una compactación adecuada se recomienda utilizar arena bien graduada por lo menos 30.0 cm. por encima de la corona.
- 5.- El afinamiento del piso de la zanja debe realizarse con arena bien graduada y con un espesor mínimo de 10.0 cm.
- 6.- El ancho de la zanja debe ser igual al diámetro interior del tubo más 15 cm. a ambos lados de él, de tal forma que los instaladores puedan colocar el pie sobre el piso.

7.- Para diámetros mayores de un metro se recomienda tener una altura de enterramiento por lo menos igual al diámetro del tubo.

8.- La tierra producto de excavación, se debe colocar por lo menos a una distancia de 60.0 cm. para evitar derrumbes provocados por el sobrepeso en el suelo.

Figura III.2.4.9.- Características de la sección que alojará la tubería pcv. Riblock



D = Diámetro del tubo.

H = Profundidad total de la zanja.

BD = Ancho de zanja $1.0 \text{ m.} + D + K$, hasta 1.0 m.
 $2D$ para D mayor de 1.0 m.
 $30 \text{ cm.} + D$, hasta $D = 0.7 \text{ m.}$
 $60 \text{ cm.} + D$, para D mayor a 0.7 m.

T = Talúd vertical.

K = plantilla (material cribado SW; excavación o en banco)

h = Relleno: Relleno a volteo (70 cm. con material producto de la excavación, sin compactar.), Relleno compacto (30 cm. por encima de la corona con material SW bien compactado)

III.2.5.- Descripción general del proceso constructivo utilizado en la implantación de la tubería de pvc. Riblock.

Listado de actividades:

- 1.- Trazo y nivelación.
- 2.- Desmonte y despirme.
- 3.- Excavación y afine de plantilla.
- 4.- Colocación de la tubería.
- 5.- Relleno compacto.
- 6.- Relleno a volteo.
- 7.- Pruebas hidráulicas.

Descripción de actividades:

1.- Trazo y nivelación:

Son las actividades necesarias para indicar y marcar los puntos por donde cruzará la línea principal de conducción; ubicada con anterioridad en los planos de diseño, además se deberá realizar un levantamiento topográfico con el fin de determinar los niveles de referencia para cuantificar los niveles de corte.

2.- Desmonte y despirme:

Estas actividades se pueden ejecutar de manera simultánea o en forma separada en forma idéntica al de los canales de tierra y ya ha sido descrito en su momento.

3.- Excavación y afine de plantilla:

Es la actividad que se encarga de formar el espacio necesario en el suelo para alojar la tubería de pvc. Riblock.

Las características geométricas de la zanja están determinadas por las restricciones constructivas mencionadas anteriormente.

La maquinaria comúnmente utilizada para la excavación de las zanjas esta en función del tipo de suelo y las dimensiones de la misma.

Para un suelo duro y zanja con dimensiones amplias se tendría que utilizar explosivos o quipo adecuado para tronar el material y un cargador frontal o retroexcavadora para extraer y depositar en un solo costado el material.

Para un suelo blando y de dimensiones pequeñas se podría utilizar una retroexcavadora que solamente excavaría el material y lo depositaría de un lado de la zanja.

4.- Colocación de la tubería:

Compuesta por todas aquellas actividades que se llevan a cabo para alojar en forma definitiva a la tubería así como las estructuras necesarias para su buen funcionamiento.

La instalación cuando se trata de diámetros pequeños se puede realizar manualmente, cuando los diámetros son muy grandes es común ayudarse con cables y cuerdas para alojar la tubería en el piso de la zanja.

Cuando las características del proyecto así lo permitan, la tubería puede ser colocada en el fondo de la zanja en el momento mismo de la fabricación; esto se logra excavando un cuadro desplantado a la misma profundidad de la zanja, donde se alojará la máquina que fábrica el tubo "in situ", esto permitirá que el tubo se deslice longitudinalmente en una distancia limitada por la existencia de un cambio de dirección o una estructura para la conexión de la línea secundaria de conducción.

Este procedimiento se explicará con mas detalle en el capítulo V.

5.- Relleno compacto y a volteo:

El relleno compacto y a volteo se realiza de acuerdo a las recomendaciones constructivas señaladas anteriormente.

El relleno compacto se hace con arena bien graduada y/o material de banco que cumpla con el valor relativo de soporte mínimo requerido que permita obtener los grados de compactación solicitados para evitar deformaciones fuera del límite por deflexión, se puede utilizar mano de obra o maquinaria de tipo neumático como por ejemplo un compactador pata de cabra o equipo menor con características tales que permitan su maniobrabilidad en el ancho de la zanja.

Al compactar el material se debe tener cuidado de no hacerlo en capas mayores de 15 o 20 cm. y agregando agua. El espesor de la capa de arena o el material de banco o mejorado debe ser tal que no se permita la transmisión de esfuerzos a la estructura de la tubería, el grado de compactación debe ser de no menos de 35 kg. / cm².

El relleno a volteo se puede realizar a mano o con la maquinaria utilizada en la excavación.

6.- Pruebas hidráulicas:

Se realizan con la finalidad de verificar la correcta instalación de la línea de conducción y sus implementos auxiliares, para ello se utilizan bombas de auto succión con las cuales se llena y vacía de agua a las líneas de conducción probadas.

Para probar un tramo de tubería se hace lo siguiente:

Se tapa el extremo final instalado con una tapa de pvc. rígido, de inmediato se llena toda la línea con agua y se le aplica carga con un equipo neumático hasta la presión de trabajo (10 metros de altura de carga), después se verifica la no existencia de fugas y se procede a la descarga de agua.

Generalmente las estructuras o zanjas que alojarán a la tubería de pvc. Riblock son poco anchas y se construyen en línea recta; la maquinaria que se podría considerar con toda seriedad para este tipo de trabajo es la zanjadora.

Las zanjadoras son unas máquinas especialmente diseñadas para la apertura rápida de zanjas continuas en campo abierto. Esencialmente son retroexcavadoras que excavan la tierra de manera regular, por debajo del nivel de la unidad trabajando, para abrir una zanja del ancho deseado y de una cierta longitud. Estas zanjas quedan perfectamente acabadas con el fondo plano y los bordes limpios, aptas para instalar en ellas conducciones de agua y tuberías, que en este caso es pvc. Riblock.

Estas máquinas tienen una rueda o brazo extensible, a menudo de tipo telescópico, que hace trabajar a una serie de cangliones en hilera encargados de la excavación. El material excavado se deposita, mediante la correa transportadora, en el punto de descarga que suele ser la parte posterior o lateral de la máquina.

Las zanjadoras pueden trabajar en cualquier terreno, excepto, cuando se trate de rocas. La excavación por medio de estas unidades presenta una característica propia; el material queda finamente dividido, lo cual facilita la operación de la descarga y contribuye a una mayor eficacia y rendimiento del trabajo.

Las velocidades de excavación pueden regularse, según el tamaño de las zanjas y la profundidad del terreno. Por otra parte existe la posibilidad de adaptar diversos elementos cortantes o cuchillas adicionales, para aumentar la anchura de las zanjas. En el caso de la zanjadora de brazo extensible, éste puede descentrarse hacia cada lado permitiendo la excavación cercana a una pared o adyacente a una fila de postes.

Generalmente estas máquinas son operadas por un solo hombre. Este sentado en un asiento, dispuesto en el lado de la máquina y puede ver desde el mismo las partes de enfrente y de atrás del camino que debe recorrer. Todas las palancas de mando están situadas al alcance de su mano.

La excavadora se lleva al lugar de trabajo sobre un remolque especial o por sus propios medios. Al operarla, se coloca una línea de estacas paralelamente al eje de la zanja y a una distancia tal que el conductor sólo tenga que hacer que ésta línea sea seguida por el borde exterior de la cadena sobre la que esta sentado.

La máquina empieza excavando sin moverse, para hundir el brazo de trabajo hasta la profundidad deseada, luego arranca y se mantiene a la velocidad máxima posible. La velocidad de los cangliones del brazo de trabajo está regulada por la naturaleza del terreno.

La tierra excavada se deposita de un lado del camino o directamente a los medios que la transportarán fuera del área de trabajo.

Los factores que influyen en el diseño de la sección hidráulica de canales de tierra son completamente diferentes a los empleados para la determinación de las características de los espacios donde se alojará la tubería de pvc. Riblock .

En el primer caso se toman en cuenta las fuerzas tractivas de fondo y laterales, la topografía de la zona expresada en grados de sinuosidad, tipo de material, coeficiente de rugosidad, gasto por transportar, velocidades máximas y mínimas permisibles y la pendiente longitudinal.

En el segundo caso se parte del sistema formado (tubo - suelo) y se determina la profundidad máxima de enterramiento por encima de la corona en función de la deflexión máxima permitida antes de llegar a la falla funcional; por lo que se tomaron en consideración diferentes combinaciones de material y grados de reacción pasiva del suelo.

El proceso de cada una de las alternativas es diferente; en cuanto a la cantidad de conceptos de obra, pero son comunes en por lo menos dos actividades cuando el ancho de la zanja del canal y el alojamiento de la tubería tienen aproximadamente las mismas dimensiones: el desmonte, despalme trazo y nivelación.

Las características de la maquinaria utilizable esta en función de las características del suelo, pero puede ser diferente en el caso de realizar la excavación con zanjadoras mecánicas para la instalación de la tubería.

Pueden presentarse problemas por el nivel de aguas freáticas en ambos casos pero la solución es la misma; realizando pozos de achique en uno o varios puntos y extraer el agua acumulada con bombas de succión.

La capacidad de servicio es el parámetro al que se tienen que referir tanto los canales como la tubería para determinar ventajas constructivas en el aspecto económico.

III.2.6.- Determinación de la capacidad de servicio bajo condiciones de operación idénticas

Para establecer una comparación real desde el punto de vista económico y constructivo de los canales de tierra y la tubería de pvc. Riblock y de compuertas es necesario conocer la capacidad de servicio que presentan las dos alternativas.

La capacidad de servicio toma en cuenta el área y la longitud empleadas que se utilizan en el riego suministrado por un gasto dado.

Se define como longitud total de canales de tierra o tubería de pvc. Riblock, a la longitud que se emplea para dominar por completo con el riego un área determinada y se expresa en m. / Ha.

Determinación de la capacidad de servicio:

a) *Canales de tierra:*

Se obtiene tomando en cuenta cada uno de los frentes de trabajo, es cuantificada la longitud total de canales de tierra y se divide entre el área en Has. que domina con el riego.

b) *Tubería:* La capacidad de servicio se obtiene tomando en cuenta cada uno de los frentes de trabajo; se cuantifica la longitud total de tubería de pvc. Riblock y se divide entre el área en Has. que se dominan con el

| DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE SERVICIO BAJO CONDICIONES DE TRABAJO IDENTICAS | | | | | |
|---|----------|---------|------------------|-------------------------------------|---------|
| FRENTE DE TRABAJO | LONGITUD | | AREA DE SERVICIO | CAPACIDAD DE SERVICIO (km/ha) x 100 | |
| | CANALES | TUBERIA | HECTAREAS | CANALES | TUBERIA |

| | | | | | |
|---------------------|----------|----------|-------|------|------|
| Pozo No. 2o T | 1.64 Km. | 0.41 km. | 36.75 | 4.46 | 1.12 |
| Pozo No. 16 | 3.80 km. | 1.52 km. | 46.95 | 8.09 | 3.23 |
| Pozo No. 15 | 3.20 km. | 1.36 km. | 63.73 | 5.02 | 2.13 |
| Pozo No. 31 | 3.60 km. | 1.39 km. | 62.75 | 5.74 | 2.22 |
| Pozo No. 1 | 3.00 km. | 1.00 km. | 81.12 | 3.69 | 1.24 |
| Pozos No. 5 y No. 7 | 6.20 km. | 2.78 km. | 96.86 | 6.40 | 2.87 |
| Pozo No. 13 | 1.67 km. | 0.42 km. | 32.40 | 5.15 | 1.29 |

Tabla III.2.6.1.- Determinación de la capacidad de servicio bajo condiciones de operación idénticas.

III.3.- COMPARACION ECONOMICA DE LA TUBERIA DE PVC RIBLOCK FRENTE A LOS CANALES TRADICIONALES DE TIERRA.

Este punto del trabajo tiene como objetivo el mostrar cual de las dos alternativas es mas ventajosa desde el punto de vista económico.

El método del valor presente (VP) para la evaluación de alternativas es muy popular ya que gastos o ingresos futuros se transforman en dinero equivalente hoy.

Como el valor presente de un desembolso o de un ingreso es siempre menor que el valor futuro (en términos de dinero no de equivalencia), cuando la tasa de interés es mayor que cero, el monto del valor presente se conoce como flujo de caja descontado. Del mismo modo, la tasa de interés utilizada en los cálculos del valor presente se llama a veces tasa de descuento.

La comparación con este método puede hacerse para vidas iguales o diferentes.

Cuando se trata de alternativas con vidas útiles iguales y se utilizan en condiciones idénticas de servicio, se determinan alternativas de igual servicio y los ingresos anuales tienen el mismo valor numérico. Por consiguiente, el flujo de caja solo comprende desembolsos.

Cuando el método del valor presente se utiliza para comparar alternativas que tienen vidas útiles diferentes, el procedimiento se aplica sobre el mismo número de años. Es decir, el flujo de caja para un ciclo de una alternativa debe duplicarse para el mínimo múltiplo de años con lo cual el servicio se compara sobre la misma vida útil de cada alternativa.

Otra técnica utilizada para alternativas con vidas útiles diferentes es la del costo anual uniforme equivalente.

Esto significa que todos los desembolsos (irregulares y uniformes) deben convertirse en un costo anual uniforme equivalente, es decir, una cantidad de fin de año, que es la misma cada año. La principal ventaja de este método sobre los mencionados anteriormente es que no requiere que la comparación se lleve a cabo sobre el mismo número de años, cuando las alternativas tengan tiempos de vida útiles diferentes.

Cuando se utiliza el método del CAUE, el costo anual uniforme equivalente de una alternativa debe calcularse para un ciclo de vida solamente.

Como su nombre lo indica, el CAUE es un costo anual equivalente para toda la vida del proyecto. Si el proyecto continuará durante mas de un ciclo, el costo anual equivalente para el siguiente y sucesivos ciclos, seria exactamente el mismo que para el primero, suponiendo que todos los flujos de caja fueran los mismos para cada ciclo; el CAUE para un ciclo de una alternativa representa pues el costo anual uniforme equivalente de dicha alternativa para siempre.

El método del CAUE es el que se utilizará para determinar cual de las dos alternativas es la más conveniente.

Para realizar el análisis consideramos dos casos:

- 1.- Considerando el costo de la construcción de la sección del canal existente.
- 2.- Sin considerar la construcción del canal existente.

primer caso :

Fuente: Comisión Nacional del Agua e Inegi.

Rendimiento promedio de sorgo y trigo por Ha. = 9.4 ton. / Ha. x año.

Precio de venta promedio de sorgo y trigo = \$ 5,000.00. ton./ año incluye el transporte al lugar de almacenamiento y corte de siembra.

Costo promedio de semilla de sorgo y trigo por Ha. = \$ 1,407.34 / año.

Costo promedio de abono para sorgo y trigo por Ha = \$ 3,293.50 / año.

Costo promedio de luz para suministro de agua por Ha. de pozo profundo = \$14,115.00 / año.

Costo promedio por suministro de agua por Ha. = \$ 6,116.50 / año.

Costo por mantenimiento de canales por Ha. = \$ 1,882.00 / año.

Costo de mano de obra para labor de riego por Ha: \$ 1,407.34 / año.

Sección tipo correspondiente a cada uno de los frentes de trabajo:

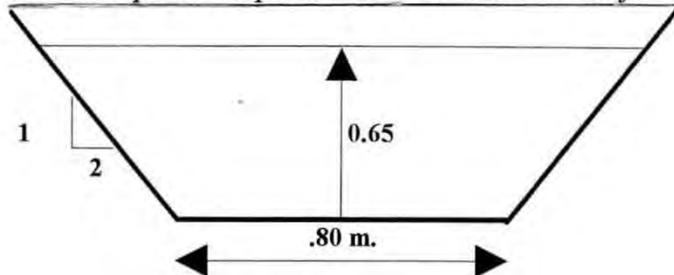


Figura III.3.1.- Sección tipo.

Donde el área de la sección es = 3.2 m²

y si consideramos una longitud unitaria, entonces el volumen de excavación resultante es = 3.2 m³. / m de excavación.

Capacidad de servicio = 55 m. / ha.

Volumen de excavación por ha. = 55 m. x / ha. x 3.2 m³. / m = 176 m³. / ha.

El costo por metro cúbico de excavación es = \$ 152.73 (fuente: C. N. A.), incluye afine de paredes y fondo en material, carga y acarreo a tiro libre en material 50% A y 50% B.

Costo de excavación por ha. = \$ 26,880.48

Desembolsos anuales:

Luz, agua, mano de obra para riego, mano de obra para conservación de canales.

Luz = \$ 14,115.00 ha. / año.

Agua = \$ 6,116.50 ha. / año.

Mano de obra riego = \$ 1,407.34 ha. / año.

Mantenimiento de canales = \$ 1,882.00 ha.

No se consideran los desembolsos por concepto de semilla, abono y cosecha por que son idénticos en ambos casos.

Los gastos anteriores nos dan uno anual de \$ 23,520.84 ha. / año y uno inicial de \$ 26,880.48 ha.

Tenemos que el valor de una serie uniforme \bar{A} para un determinado número de años (n) y una tasa de interés i dado un valor presente P es igual a:

$$A = P (i (1 + i)^n) / (i (1 + i)^n - 1)$$

Es importante recordar el término de equivalencia del dinero en el tiempo :

El valor del dinero en el tiempo y la tasa de interés utilizados conjuntamente generan el concepto de equivalencia, el cual expresa que diferentes cantidades de dinero en diferentes tiempos pueden tener igual valor económico. Por ejemplo, si la tasa de interés es del 12% anual, entonces \$ 100 hoy serán equivalentes a \$ 112 dentro de un año ya que:

$$100 = 100 \times .12 = 100 \times (1 + .12) = 100 \times (1.12) = 112.$$

El banco mundial recomienda utilizar una tasa de interés o de descuento del 12% y es la que se utilizó.

Tenemos:

Una inversión inicial a valor presente $P = \$ 26,880.48$ ha.

y una serie de gastos anuales de $\$ 23,520.84$ ha. / año = A_1 .

Aplicando el valor de P , una tasa de interés del 12% (i) y una vida útil igual a la de pvc. Riblock de 65 años obtenemos el siguiente CAUE (de la fórmula expuesta en la página anterior).

$A_2 = \$ 3,227.62$ ha. / año.

El CAUE total es igual a la suma de $A_1 + A_2$.

CAUE total = $\$ 3,227.62$ ha. / año + $\$ 23,520.84$ ha. / año = $\$ 26,748.46$; este resultado es aplicable al canal de tierra.

Consideremos ahora la tubería de pvc Riblock:

Sección tipo (ver capítulo IV, Diseño):

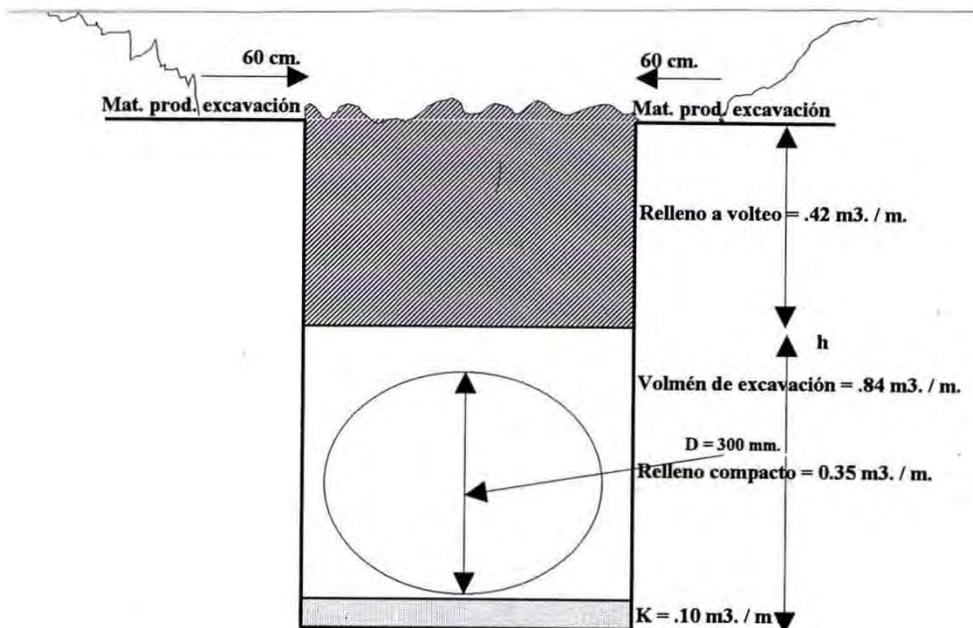


Figura No. III.- 3.2.- Sección tipo.

Costo por m³. de excavación = \$ 152.73

Costo por m³ de relleno a volteo = \$ 63.39

Costo por m³ de relleno compacto = \$ 129.57

Costo por ml de suministro de tubería de pvc. Riblock = \$ 321.30

Costo por metro lineal de instalación = \$ 56.60

La tubería de compuertas se utiliza a razón de 5.83 m. de tubería / ha.

El costo promedio de suministro de tubería de compuertas / ha. = \$ 302.00

Al multiplicar todos los costos anteriores por la participación que a cada uno le corresponde para los 20.2 ml. / ha., que tiene como capacidad de servicio la tubería de pvc. Riblock, tenemos el siguiente valor total inicial por ha. (P).

$P = \$ 16,377.18$

Existen una serie de estructuras de admisión y expulsión de aire que se utilizan por especificación a cada 350.00 m. sobre la línea de conducción y tienen un costo de \$ 10,170.00

Si tomamos en cuenta la capacidad de servicio, tenemos que tan solo el 0.57 % en costo se eroga por una ha. entonces:

$0.057 \% \times \$ 10,170.00 = \$ 579.69$ por ha.

Por lo que la inversión inicial P es igual a:

$P = \$ 16,956.87$ por ha.

Ahora consideremos las eficiencias hidráulicas de la tubería de pvc. Riblock con respecto a los canales tradicionales de tierra obtenidas en el apartado III.1.1.-

Eficiencia de conducción del canal = 57.7 %.

Eficiencia de conducción de la tubería = 99 %.

Diferencia de eficiencias = 42 %.

Los números arriba citados nos hablan acerca de la cantidad de agua que se pierde por infiltración cuando circula un gasto por cualquiera de los dos conductos.

En el primer caso de cada 100 litros que entran al canal, tan solo 57.7 salen de él.

En el segundo caso tan solo el 1 % se pierde.

La diferencia de eficiencias nos dice que obtenemos un ahorro en el consumo y pago de agua en un 42 %.

Tiempo de conducción:

Para determinar el tiempo de conducción se utilizó el frente de trabajo correspondiente al pozo No. 20 T.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Para canales = 6.565 hrs.

Para tubería = 5.734 hrs.

Por lo tanto podemos deducir que tenemos un ahorro con respecto al canal de tierra del 12.7 %.

El costo por suministro anual de agua por ha. considerando la eficiencia superior del 42.3 % = \$ 6,116.50 ha. / año. x (1 - 42.3 %) = \$ 3,529.22

El costo por suministro de energía para pozo considerando el ahorro por el aumento de la eficiencia del 12% = \$ 11,145.00 ha. / año - (\$ 11,145.00 ha. / año x 12.7 %) = \$ 9,729.59 ha. / año.

Costo por concepto de mantenimiento = 0.00

Costo por mano de obra para riego = \$ 1,407.34 ha. / año.

Monto de la inversión en la instalación de la tubería de pvc. Riblock y compuertas.

P = \$ 16,956.87

Gastos anuales A = agua, luz, mano de obra operación y mano de obra mantenimiento.

Agua = \$ 3,529.22

Luz = \$ 9,729.59

Operación = \$ 1,407.34

A = agua + luz + operación

A = \$ 14,666.15

Periodo de vida útil = 65 años

Tasa de interés = 12 %.

Considerando los ahorros anuales por concepto de agua, luz, mantenimiento y operación, podemos determinar el número de años en que se recupera la inversión P para una tasa de descuento i.

Tenemos:

Ahorros = Diferencia de erogaciones entre canales y tubería.

Ahorro en agua = \$ 2,568.93. ha. / año.

Ahorro en electricidad = \$ 1,792.61. ha. / año.

Ahorro en mantenimiento = \$ 1,882.00 ha. / año.

La suma de las cantidades anteriores nos da el ahorro total anual por ha.

A = \$ 6,243.54 ha. / año.

Dadas las cifras anteriores podemos determinar por tanteos el tiempo en el que se recupera la inversión.

Pero ahora se determinara un valor presente dada una serie anual uniforme equivalente con la siguiente fórmula:

$$P = A \times (i (1 + i)^n - 1) / (i (1 + i)^n)$$

Aplicando estos valores a la fórmula del CAUE (costo anual uniforme equivalente) tenemos:

$$A = P (i (1 + i)^n) / (i (1 + i)^n - 1) = \$ 2,034.82$$

La serie anual uniforme equivalente total es igual a :

$$\$ 14,666.15 + 2,034.82 = \$ 16,700.97 \text{ ha. / año.}$$

Al comparar los dos CAUE nos podemos dar cuenta que el correspondiente a la tubería de pvc Riblock es mucho mas bajo, por lo que desde el punto de vista financiero es el más conveniente.

Segunda alternativa:

Si no consideramos la construcción del canal de tierra tenemos un CAUE de \$ 23,520.84 y de igual manera es menos conveniente que la tubería Riblock ya que presenta un CAUE de \$ 16,700.97

En un periodo de 2.67 años a partir del momento de la inversión se obtiene, dada una serie uniforme anual de ahorros la recuperación total de la misma.

La inversión inicial (\$ 16,700.97) se recupera, dados los ahorros por concepto de luz, agua y mantenimiento (\$ 6,243.54) en un periodo de tiempo de 2.67 años a una tasa de actualización (recomendado por el banco mundial para proyectos de irrigación).

Por lo tanto podemos afirmar que la inversión en tubería de pvc. Riblock es mucho mas rentable y conveniente desde el punto de vista hidráulico, constructivo y económico considerando como parámetro de comparación la misma capacidad de servicio, que los canales.

CAPITULO IV

DISEÑO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

IV.1.- PROYECTO

El proyecto de sustitución de canales por tubería de pvc. Riblock y compuertas, en distintos puntos del distrito de riego 011 “ Alto Río Lerma “ en el estado de Guanajuato nace de la necesidad cada vez mas creciente de hacer eficaz el suministro y la aplicación de agua; desde el punto de toma, la línea principal de conducción y las secundarias hasta la aplicación a nivel parcelario.

Actualmente se han registrado eficiencias totales de conducción de agua de alrededor del 57%, es decir, que por cada litro que sale del punto de toma tan solo .57 llega a la parcela.

En el caso de la tubería Riblock las eficiencias de conducción llegan a ser del 100%.

El suministro de agua a partir del pozo implica un costo por el concepto de energía eléctrica y como ya se ha demostrado la tubería de pvc. Riblock ofrece un ahorro del 12.7%.

Estas eficiencias implican ahorros por concepto de luz, agua y mantenimiento; la capacidad de servicio de la tubería de pvc. Riblock complementada con la de compuertas es mayor comparada con la que ofrecen los canales de tierra tradicionales hasta en un 175%.

Desde el punto de vista económico se ha demostrado que los ahorros obtenidos al implantar la tubería de pvc. Riblock y de compuertas nos reembolsan la inversión en el plazo inmediato, eso nos permite visualizar la importancia y bondad de la realización del proyecto; además permitirá al usuario implantar cultivos más rentables, provocando con ello el mayor usufructo de sus propiedades.

IV.2.- OBJETIVOS QUE PERSIGUE EL DISEÑO

Tiene como fin, el tomar en cuenta todos aquellos factores que influyen en el sistema suelo - planta - clima - medio de conducción del agua y determinar la forma en que interactúan para formar condiciones tales que permitan la siembra y cosecha de la planta con la mayor ventaja económica. Lo anterior incluye la determinación del uso consuntivo, el intervalo crítico entre riegos, la capacidad del gasto en función del área, la ubicación más eficiente de la línea principal de conducción, los puntos donde se conectará la línea secundaria de conducción y la secuencia de riego.

IV.3.- METODOLOGIA

- 1.- Cálculo de las necesidades globales de agua. (uso consuntivo)
- 2.- Cálculo del intervalo crítico entre riegos.
- 3.- Cálculo de la capacidad general de la red.
- 4.- Determinación del diámetro de conducción.
- 5.- Localización de la línea principal de conducción.
- 6.- Ubicación de los puntos de conexión de la línea secundaria.
- 7.- Cálculo de las pérdidas por tramo, considerando longitud y cambios de dirección.
- 8.- Determinación de la sección constructiva.
- 9.- Ubicación de válvulas reguladores de presión.
- 10.- Secuencia de riego.
- 11.- Listado general de conceptos.

Todos los frentes de trabajo que se realizaron tienen pozos que proporcionan un gasto de 80 l.p.s. , con áreas que varían de 32.40 ha. hasta 96.86 ha.

Solamente se realizará el diseño correspondiente al pozo 20 T a manera de ejemplo y en los demás casos solo se mostrara en el plano correspondiente la ubicación de la línea principal de conducción con la simbología, las pérdidas totales y la secuencia de riego.

IV.3.1.- Cálculo del uso consuntivo

De acuerdo a la metodología y criterios ya definidos en el capítulo II, inciso II.5.2.-, Se realizará el cálculo del uso consuntivo; usando el método de Blaney - Criddle, corregido por efecto de la temperatura, por medio de los coeficientes climáticos propuestos por J. T. Phelan y modificados por los coeficientes de uso consuntivo, en función del desarrollo de las plantas, ó sea los coeficientes de desarrollo.

Superficie = 37.00 ha.

Cultivo considerado = Sorgo.

Superficie sembrada = 100%.

Tipo de suelo = Arcillo limoso.

Profundidad radicular máxima = 60 .00 cm.

Humedad disponible en el suelo = 19%.

Superficie mínima para la profundidad radicular máxima y humedad disponible = s

donde $s = ((\text{húmeda disponible en el suelo}) \times (\text{Profundidad radicular máxima})) / 100 = \text{cm. (centímetros)}$

$s = ((19) \times (60)) / 100 = 11.4 \text{ cm.} = 114 \text{ mm.}$

Tenemos:

$p =$ Porcentaje de horas - luz para el período de tiempo considerado, respecto al total anual (ver anexo correspondiente) para latitudes de 15' a 32' C.

$t =$ temperatura media para el mes considerado, en °C.

$f = p ((t + 17.8) / 21.8)$

$K_t =$ Coeficiente de temperatura, el cual se calcula para cada intervalo del ciclo total de desarrollo del cultivo que se trate, calculándose por medio de la siguiente expresión:

$K_t = 0.0314t + 0.2396$

$K_c =$ Coeficiente de desarrollo de cada intervalo considerado del ciclo total vegetativo del cultivo.

El uso consuntivo para el período o mes considerado es igual a:

$$U. C. = (f) \times (K_t) \times (K_c).$$

Una vez calculado el uso consuntivo total se determina el coeficiente global de uso consuntivo K por medio de la ecuación siguiente:

$$K' = (\text{sumatoria de } U. C.) / (\text{sumatoria de } f)$$

Después se obtiene el uso consuntivo ajustado a partir del coeficiente global de uso consuntivo K con la siguiente expresión:

$$U. C'. \text{ ajustado} = ((K_g) / (K') \times (U. C.).$$

$$K' = (46.42) / 72.52 = .64 \text{ adim.}$$

$$Kg / K' = (.70 / .64) = 1.09$$

$$\text{El uso consuntivo ajustado } U. C'. = (Kg / K') \times (U. C.)$$

$$= (46.42) \times (1.09) = 50.75 \text{ cm. de agua}$$

$$(50.75 \text{ cm. de agua}) / (4.58 \text{ meses}) = 11.08 \text{ cm. / mes}$$

$$(11.08 \text{ cm. / mes}) / (31 \text{ días / mes}) = .35 \text{ cm. / día.}$$

Lo anterior expresa la necesidad de agua que requieren todas las áreas de riego por día. (uso consuntivo)

IV.3.2.- Cálculo del intervalo crítico entre riegos

S calculará de acuerdo al método ya descrito en el capítulo II, apartado II.5.3.- y se define como una relación entre la mínima humedad de agua en el suelo para una profundidad radicular máxima, necesaria para que el cultivo sobreviva, debe expresarse como el intervalo de tiempo en el que se debe adicionar agua a la tierra para evitar rebasar la humedad crítica de sobrevivencia.

Considerando que para el caso del sorgo, el nivel mínimo crítico de humedad para subsistir en el suelo es de 40% de la humedad aprovechable, tenemos:

Y = Intervalo crítico entre riegos (significa el tiempo que debe transcurrir entre riegos para que el suelo no tenga un porcentaje de humedad aprovechable menor del 40%).

s = Definida ya anteriormente.

U. C'. = Uso consuntivo máximo.

w = Humedad aprovechable.

$$Y = ((100 - w) \times (s)) / (U. C'.) = ((0.60) \times (114)) / (3.5 \text{ mm. / día}) = 19.54 \text{ días.}$$

IV.3.3.- Cálculo de la capacidad general de la red.

Superficie = 36.75 ha.

Volumen requerido = Superficie x (s) x (Prof. rad. máxima).

Volumen requerido = (.3675 x 10⁶) x .114 x .60 = 25,137 m³

De tal forma que si consideramos una eficiencia del 90% en la conducción y aplicación del riego, entonces el volumen necesario será :

$(25,137 \text{ m}^3) / (.90) = 27,930.00 \text{ m}^3$

Por día sería = $(27,930 \text{ m}^3) / (19.54 \text{ días. }) = 1,429 \text{ m}^3 / \text{ día.}$

Por segundo es = $(1,429 \text{ m}^3 / \text{ día }) / (86,400 \text{ seg. } / \text{ día. }) = .0165 \text{ m}^3 / \text{ seg.}$

De igual modo tenemos que : $(.0615 \text{ m}^3 / \text{ seg. }) / (36.75 \text{ ha. }) = .00167 \text{ m}^3/\text{seg. x ha.} = 1.67 \text{ l.p.s. } / \text{ ha.}$

Se requiere de 1.67 l.p.s. / ha

Si tenemos 36.75 ha., entonces requerimos de un gasto mínimo en el pozo de 1.67 l.p.s. / ha x 36.75 ha. = 61.3 l.p.s.

Por lo tanto, si comparamos el gasto anterior (mínimo necesario) contra el que suministra el pozo (80 l.p.s.) podemos concluir que la capacidad de la red es la adecuada y además podría ampliarse la superficie regable, sin necesidad de incrementar el gasto en el pozo.

IV.3.4.- Determinación del diámetro de conducción

Para obtener el diámetro de conducción de las líneas principal y secundaria se utilizo el nomograma mostrado en la figura IV.3.4.1.- , mismo que se desarrollo para la formula de Manning, considerando un coeficiente de rugosidad $n = 0.009$, se determino el diámetro, después se unieron los puntos de gasto por conducir, velocidad y pendiente.

Se selecciono un diámetro de tubería de 300 mm. para un gasto de 80 l.p.s. considerando una velocidad de conducción de 1.13 m./seg., con una pendiente de .025%

Para el caso de la tubería de compuertas, se selecciono un diámetro menor tomando como base de consideración dos parámetros básicos y que enlisto a continuación:

a) La energía de posición disponible en la línea de conducción secundaria, es menor a la de la línea principal ya que se encuentra al nivel del terreno natural, la energía total se ve disminuida en la misma proporción en que hay pérdidas por rozamiento y la correspondiente a carga por presión es menor conforme se avanza sobre la línea hacia los puntos de descarga sobre el terreno natural, de tal forma que si disminuimos el diámetro podemos obtener una carga de velocidad mayor para un gasto dado.

y

b) Es más económico que un diámetro de mayor tamaño.

Por tal motivo se considero un diámetro de tubería de 250 mm. para la tubería de la línea secundaria de conducción.

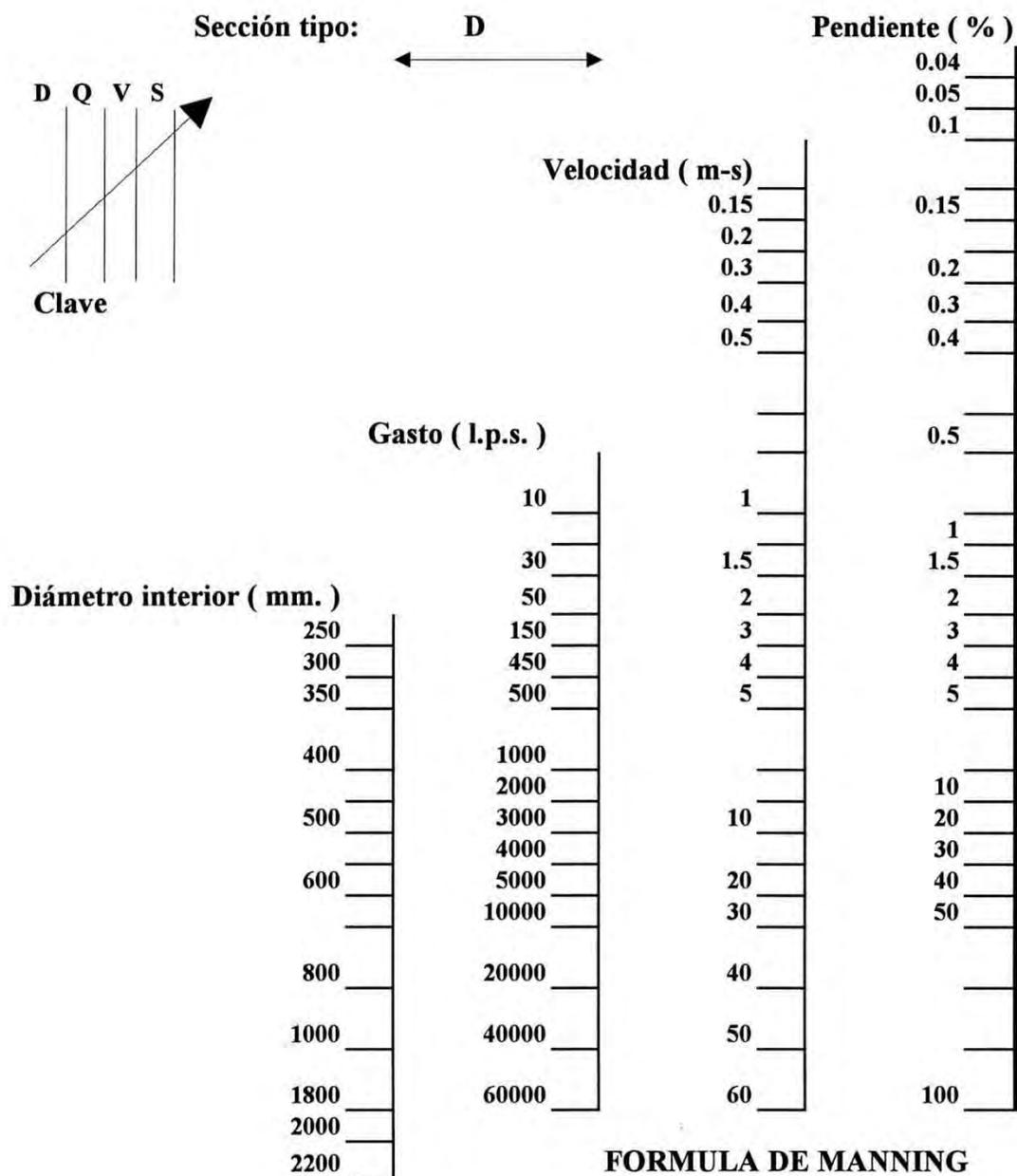


Figura IV.3.4.1.- Nomograma para la obtención del diámetro de tubería

IV.3.5.- Localización de la línea principal de conducción.

Criterio de ubicación

Se debe tratar de cubrir de forma simétrica toda el área por regar (partirla en dos).

La longitud óptima será aquella que pueda dominar la mayor área regable.

La longitud de las líneas principales y secundarias de conducción estarán limitadas por la energía disponible en el pozo y las pérdidas totales acumuladas, además de la presión interna máxima para la que fue diseñada la tubería antes de llegar a la falla. (1.0 kg. / cm²).

Cuando se trata de canales, la longitud de los mismos se encuentra restringida por características tales como el tipo de suelo, el rango de pendientes y su propia longitud.

No se puede permitir la existencia de longitudes de surco de más de 200 m. en el área por regar , debido a que para mayores distancias la eficiencia de conducción y las pérdidas por infiltración aumentan en forma considerable.

Cuando la línea principal de conducción cruce con obstáculos en su trayectoria, se deberán librar estos por su parte inferior o superior, respetando siempre las profundidades mínimas de enterramiento.

La solución para librar los obstáculos consiste en sobreexcavar en una longitud tal que no se provoquen en la estructura de la tubería esfuerzos que sobrepasen la resistencia a la tensocompresión para la que fue diseñada.

LONGITUDES DE SURCO PERMITIDAS POR LA C. N. A. PARA LA APLICACIÓN ÓPTIMA DEL RIEGO

| TIPO DE SUELO | RANGO DE PENDIENTES | LONGITUD |
|---------------------------|---------------------|-----------------|
| Migajón arcillo - limoso | 0.00 % - 0.025 % | 125 m. - 150 m. |
| Migajón arcillo - arenoso | 0.25 % - 0.50 % | 150 m. - 175 m. |
| Arcillo - limoso | 0.50 % - 0.70 % | 200 m. |
| Arcillo - Arenoso | 0.70 % - 1.00 % | 250 m. |
| Arcilla | 1.00 % - 1.30 % | 300 m. |
| Ligeros | 1.30 % - 1.50 % | 150 m. |

Tabla IV.3.5.1.- Longitudes máximas de surco

IV.3.6.- Ubicación de los puntos de conexión de la línea secundaria de conducción.

En el plano del pozo 20 T se muestra la ubicación de la línea principal de conducción; se puede observar que ésta, cruza el terreno repartiéndolo en forma simétrica, los puntos donde se conecta la línea secundaria de conexión fueron determinados en función de la longitud máxima permisible de surco y la longitud óptima de tubería de compuertas, que es de 350 m. (Ver los planos correspondientes al diseño en las páginas No.133-139).

IV.3.7.- Cálculo de pérdidas

Las tuberías de conducción están compuestas generalmente, por tramos rectos y curvos para ajustarse a los accidentes topográficos del terreno, así como a los cambios que se presentan en la geometría de la sección y de los distintos dispositivos para el control de las descargas. Estos cambios originan pérdidas de energía distintas a las de fricción, localizadas en el sitio mismo del cambio de geometría o de la alteración del flujo, tal pérdida se conoce como pérdida local. Su magnitud se expresa como una fracción de la carga de velocidad, inmediatamente aguas abajo del sitio donde se produjo la pérdida ; una de las fórmulas utilizadas para el cálculo de las pérdidas por fricción para conductos cerrados es la siguiente y que se conoce con el nombre de : Hazen - Williams

$$V = (0.355 Ch) \times (D^{0.63}) \times (Sf^{0.54})$$

Donde:

V = Velocidad de conducción (m./s.)

Ch = Coeficiente de fricción, y depende del material del tubo , en este caso se considera igual a 150 (adimensional)

D = Diámetro de la tubería (m.)

Sf = Pendiente hidráulica, es igual a $8 H / L$), donde H: pérdida de carga total para la longitud L.

Si de la ecuación anterior despejamos H, entonces tendremos lo siguiente:

$$H = ((V / (0.355 Ch \times D^{0.63}))^{1/0.54} \times (L))$$

La fórmula general de pérdida local es:

$$h = K \times (V^2 / 2g)$$

Donde:

h = Pérdida de energía en m.

K = Coef. adimensional que depende del tipo de pérdida que se trate.

$V^2 / 2g$ = Carga de velocidad, aguas abajo de la zona de alteración del flujo.

IV.3.7.1.- Tipo de pérdidas localizadas que se presentan en el diseño.

- a) *Pérdida por entrada.*
- b) *Pérdida por cambio de dirección.*
- c) *Pérdida por reducción de sección.*
- d) *Pérdidas por bifurcación.*

a) *Pérdida por entrada:*

Cuando el agua sale del pozo y entra a la tubería Riblock se produce una pérdida por el efecto de contracción que sufre la vena líquida y la formación de zonas de separación; el coeficiente K depende principalmente, de la brusquedad con que se efectúa la contracción del chorro. En la tabla IV.3.7.1.- se muestran algunos valores del coeficiente de contracción K.

La entrada elíptica es la que produce el mínimo de pérdidas. Si el tubo es de sección circular la ecuación de la elipse de entrada es :

$$\left(\left(\frac{X^2}{(0.5D)^2}\right) + \left(\left(\frac{Y^2}{(0.15D)^2}\right)\right)\right) = 1$$

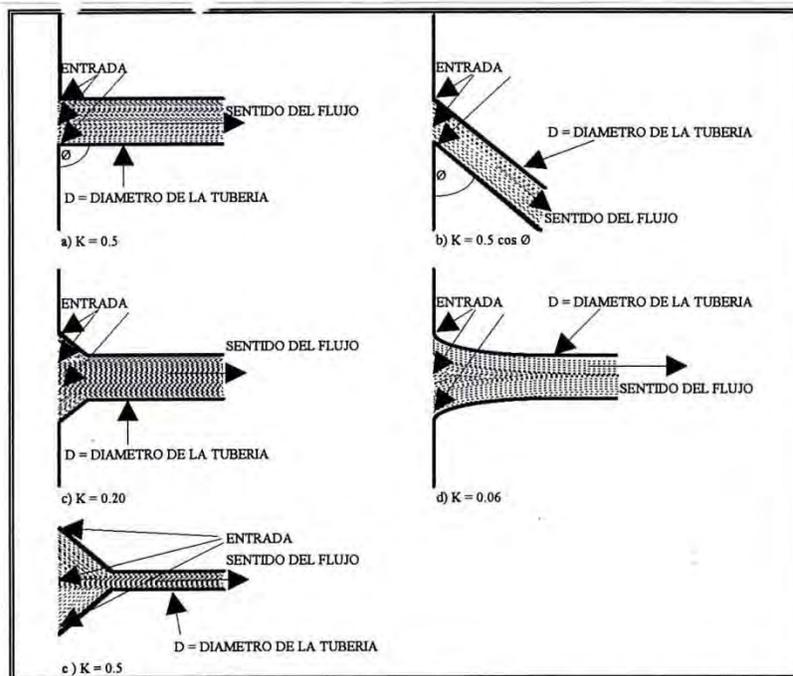


Tabla IV.3.7.1.- Cuadro de valores de K para distintas condiciones de entrada.

b) Pérdida por cambio de dirección

Si se visualiza el flujo en un cambio de dirección, se observa que las líneas de corriente tienden a conservar su movimiento rectilíneo en razón de su inercia. Esto modifica la distribución de velocidades y produce zonas de separación en el lado interior y aumentos de presión en el exterior, con un movimiento espiral que persiste en una distancia de 50 veces el diámetro. Si el cambio de dirección es gradual con curva circular de radio medio R y rugosidad absoluta β, para obtener el coeficiente de pérdida K se usa la gráfica de Hoffman (Fig. IV.3.7.1.-)

que, además, toma en cuenta la fricción en la curva, donde:

$$K = C_c \times (\theta^\circ / 90^\circ)$$

Si el tubo es liso se usa la gráfica de Wasilieswki (Fig. IV.2.3.7.2.-)

c) Pérdida por reducción de sección

En este caso se produce un fenómeno de contracción semejante al de la entrada a la tubería, el cual también conviene que sea gradual. Si bien en este caso la Pérdida es inferior a la de la ampliación, dependiendo de la brusquedad con que se efectúa la contracción, el coeficiente de pérdida está supeditado al ángulo θ al cual ésta se produzca, de acuerdo a la Tabla IV.3.7.2.- “ Coeficiente de pérdidas por reducción ”.

| COEFICIENTE DE PÉRDIDA POR REDUCCION | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|
| θ° | 4 - 5° | 7 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 60 | 75 | 80 | 85 | 90 |
| k | 0.06 - 0.060 - 0.005 | 0.16 | 0.17 | 0.18 | 0.2 | 0.22 | 0.24 | 0.26 | 0.28 | 0.3 | 0.32 | 0.34 | 0.35 | 0.38 | 0.39 |

Tabla IV.3.7.2.- Coeficiente de pérdidas por reducción

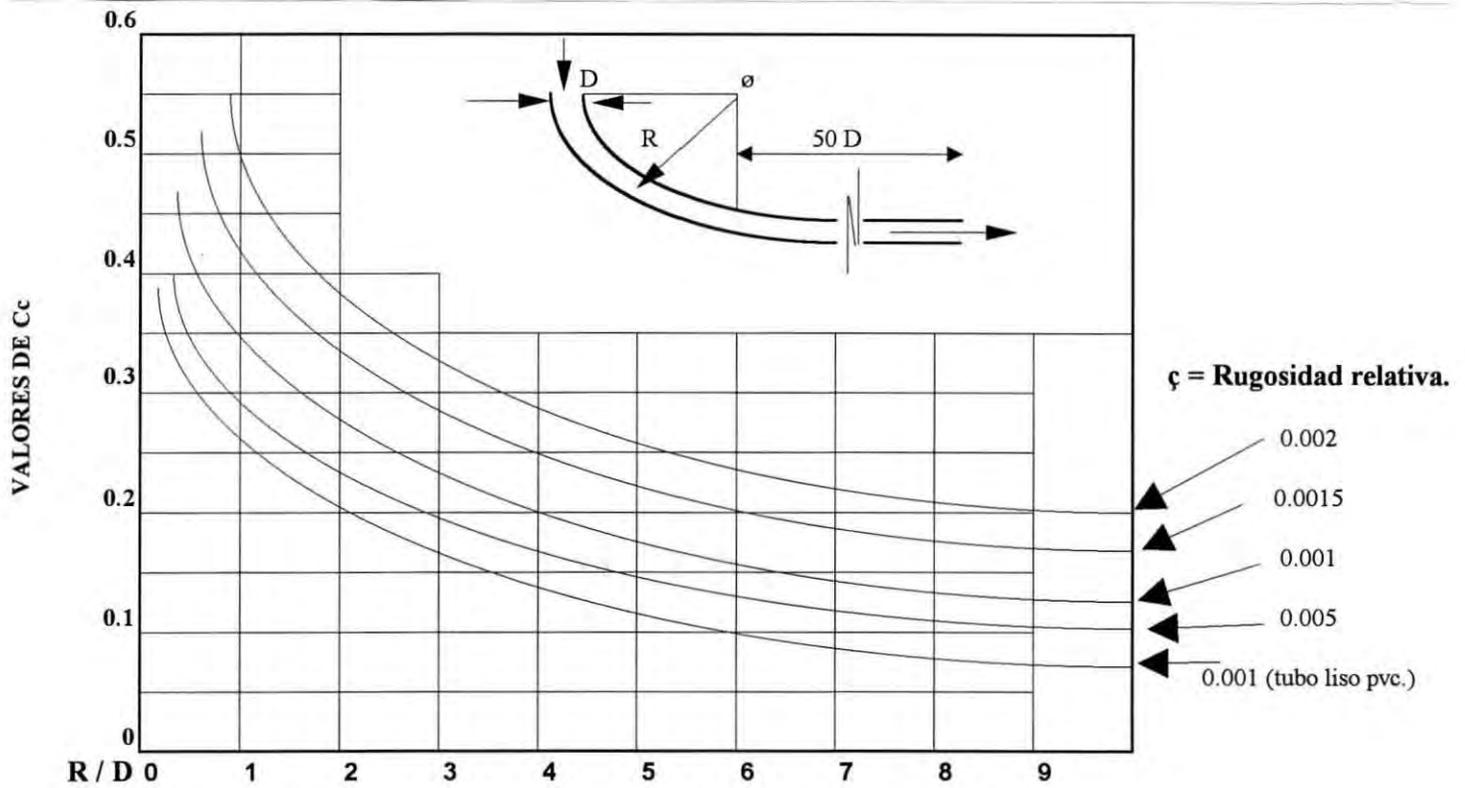


Figura IV.3.7.1.- Gráfica de Hoffman, para la obtención de los coeficientes C_c para curvas de diámetro constante.

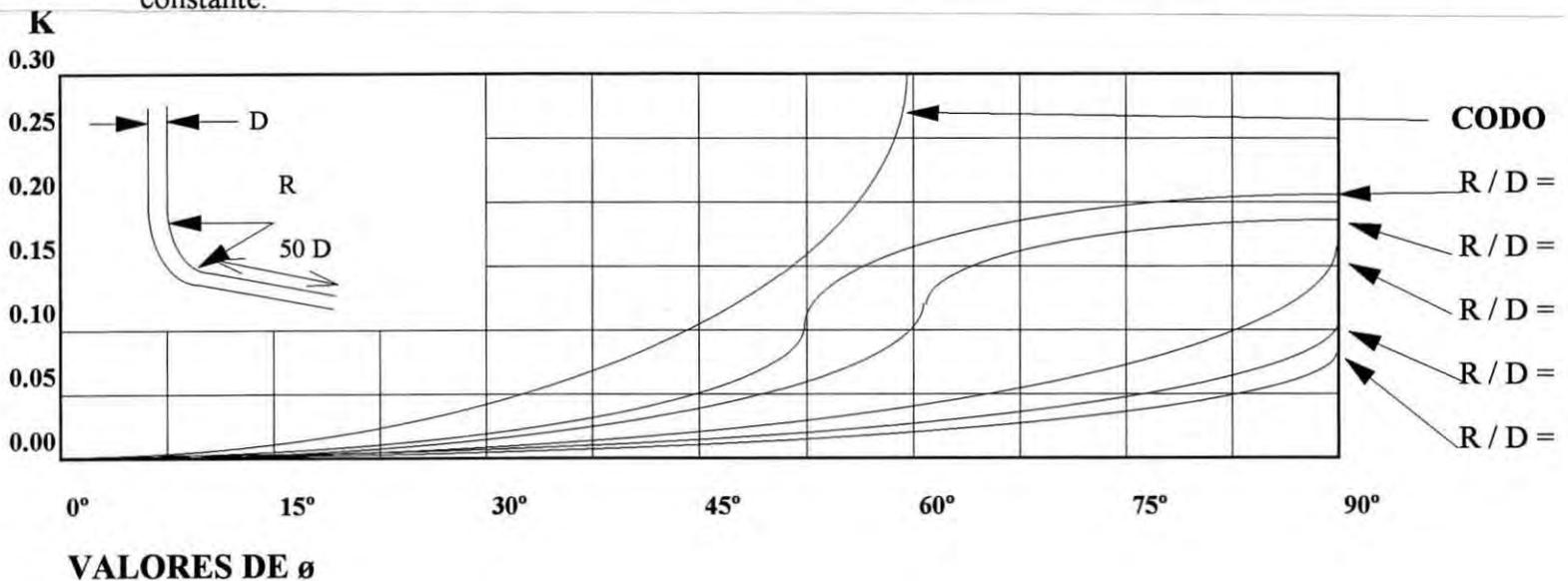


Figura IV.3.7.2.- Gráfica de Wasilieswki, Para el cálculo de los coeficientes de pérdidas en curvas con diámetro constante en superficies lisas.

Con objeto de evitar pérdidas grandes, el ángulo de reducción no debe exceder de un valor especificado.

Dicho ángulo vale :

$$\tan \theta = ((g D)^{1/2} / V)$$

Donde:

$$D = (D_1 - D_2) / 2$$

y

$$V = (V_1 - V_2) / 2$$

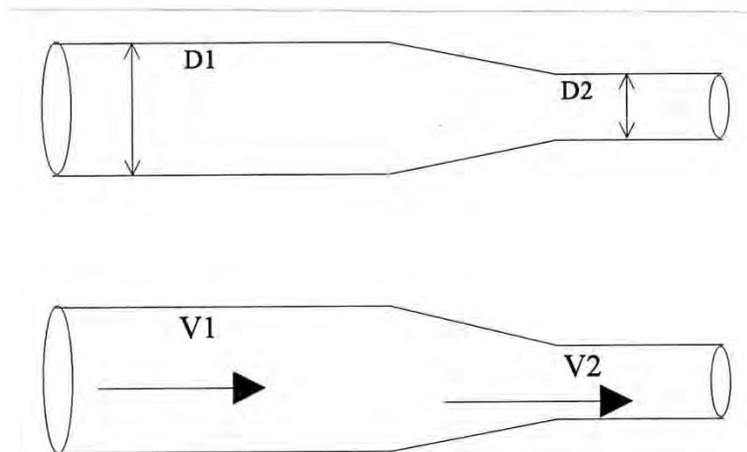


Figura IV.3.7.3.- Características de la sección que presenta una reducción gradual.

En este caso $K = 0.1$

Si la contracción es brusca se usan los coeficientes de Weisbach, mostrados en la Figura IV.3.7.4.-, en la que aparecen también la curva de Kisisliev, la cual pretende dar los valores medios de todos los autores que han estudiado el problema. En el caso de tubos de pequeño diámetro, un cople reductor tiene un coeficiente de pérdida K que varía de 0.05 a 2.0; y para un cople que una dos tubos del mismo diámetro, K varía de 0.35 a 0.9 para diámetros variando de 100 mm. a 25 mm. , respectivamente.

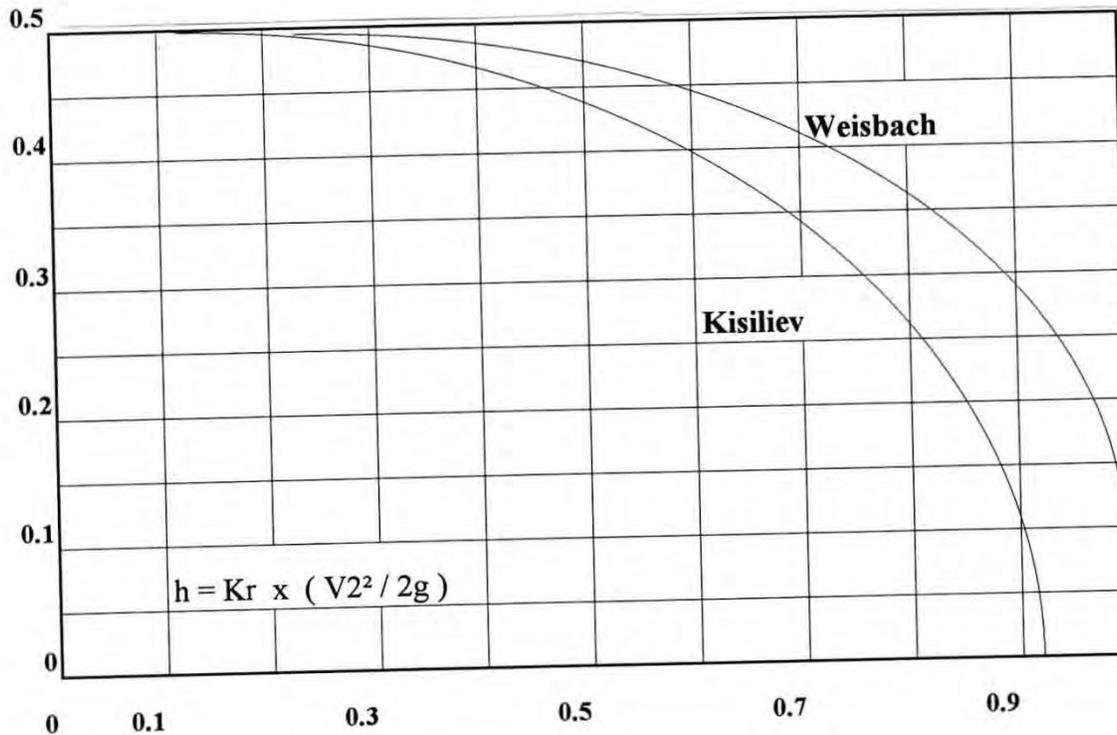


Figura IV.3.7.4.- Pérdida de energía en una contracción brusca.

d) Pérdida por bifurcación.

Las pérdida de energía en una bifurcación (Ver Figura IV.3.7.5.-) de conductos, depende (además del ángulo de bifurcación) de la relación entre diámetros de ambas tuberías y de la dirección de la corriente. Dicha pérdida es mayor en la unión que en la bifurcación y se expresa como porcentaje de la carga de velocidad.

COEFICIENTES DE PERDIDA PARA BIFURCACIONES EN TUBERIAS

| Qa / Qb | $\theta = 90^\circ$ | | $\theta = 45^\circ$ | |
|---------|---------------------|------|---------------------|------|
| | Ka | Kb | Ka | Kb |
| 0.5 | 0.95 | 0.07 | 0.38 | 0.07 |
| 1 | 1.28 | 0.35 | 0.48 | 0.33 |

Tabla IV.3.7.3.- Coeficientes de pérdida para bifurcaciones en tuberías

Donde Q_a es el gasto que circula en la línea principal antes de la bifurcación y Q_b es el gasto en la ramificación.

En este tipo de conducción generalmente el gasto Q_b es igual al gasto Q_a ya que solamente se descarga por una línea de conducción a la vez.

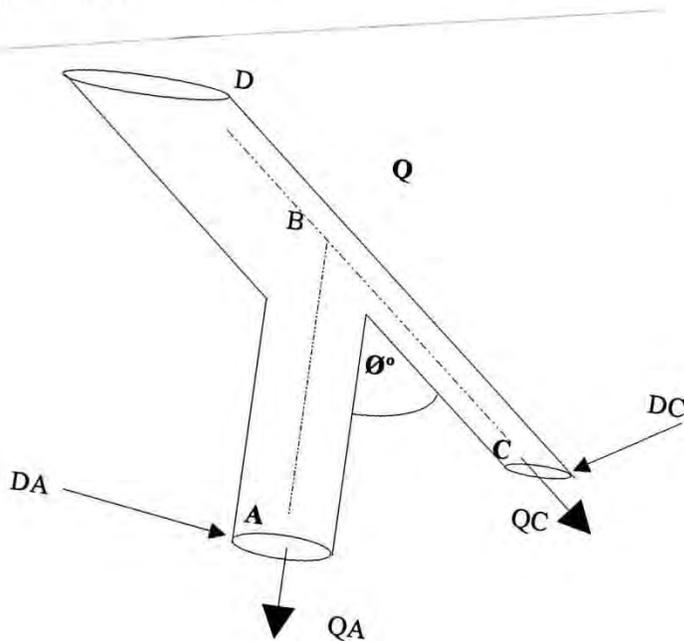


Figura IV.3.7.5.- Pérdida por bifurcación

e) Pérdidas en la tubería de compuertas

La tubería de compuertas se utiliza de forma auxiliar para la aplicación del riego a nivel parcelario con mayor eficiencia; no obstante también presenta pérdidas de energía expresadas en función del número de compuertas que trabajen de forma simultánea, el diámetro del tubo donde se encuentran las compuertas, la longitud, la velocidad y el coeficiente de rugosidad.

Haciendo referencia a la figura IV.3.7.6.-, podemos definir que: el gasto total en el tubo al momento de descargar es nq , la velocidad a la entrada resulta $V_i = (4nq / D^2) = vn$, siendo $v = (4q / \pi D^2)$; velocidad que se reduce después del primer orificio a $V_2 = v (n - 1)$ y después del i -ésimo orificio a V_i .

siendo $V_i = v (n - (i - 1))$, por lo cual $V_n = v$ y $V_{(n+1)} = 0$.

La pérdida de fricción para el tramo i es:

$$h_i = f_i \left(\frac{a \times V_i^2}{D \times 2g} \right) = f_i \left(\frac{av^2}{2gD} \right) \times (n - (i - 1))^2$$

Como f no cambia, la pérdida total de fricción será:

$$H_f = \sum_{i=1}^n f_i \left(\frac{a \times V_i^2}{D \times 2g} \right) \times \sum_{i=1}^n (n - (i - 1))^2$$

Y puesto que $\sum_{i=1}^n (n - (i - 1))^2 = \frac{n}{6} \times (n + 1) \times (2n + 1)$

resulta : $H_f = \left(\frac{4f q^2 L}{3 \rho^2 g D^5} \right) \times n(2n + 1)$, esto considerando solo las compuertas abiertas.

Si consideramos las pérdidas cuando el tubo no tiene ninguna compuerta abierta, entonces éstas se expresan como en cualquier tubo liso de pvc. rígido.

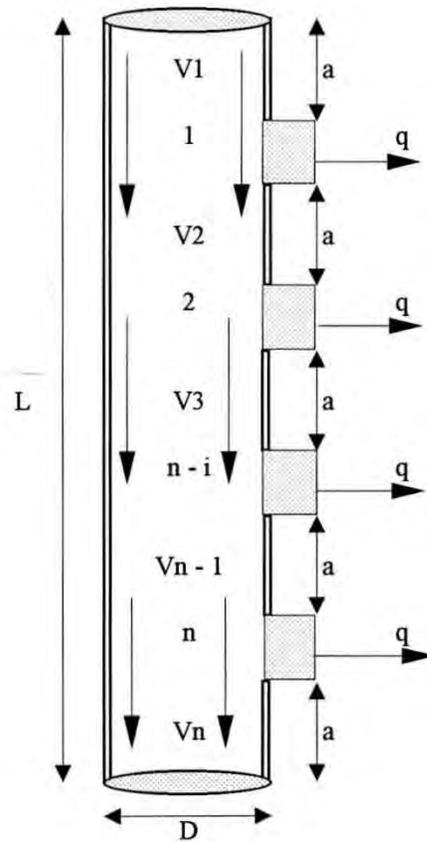


Figura IV.3.7.6.- Pérdida de energía en la tubería de compuertas.

Tabla IV.3.7.4.- Determinación de las variables de diseño.

| FRENTE DE TRABAJO | U. C. ' (mm.) | CAPACIDAD GENERAL DE LA RED (l.p.s.) | I. C. R. (dias) | LONG. DE LA LIN. PRINCIPAL (km.) | LONG. DE LA LIN. SECUNDARIA (km.) | ENERGIA DISPONIBLE EN EL SISTEMA (m.) |
|--------------------------|----------------------|---|------------------------|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Pozo 20 T | 3.500 | 61.300 | 19.540 | 0.410 | 0.350 | 10.065 |
| Pozo 13 | 3.500 | 54.100 | 19.540 | 0.413 | 0.350 | 10.065 |
| Pozo 16 | 3.500 | 78.400 | 19.540 | 1.514 | 0.350 | 10.065 |
| Pozo 1 | 3.500 | 135.470 | 19.540 | 1.004 | 0.350 | 10.065 |
| Pozo 31 | 3.500 | 104.790 | 19.540 | 1.390 | 0.350 | 10.065 |
| Pozo 5 y 7 | 3.500 | 161.750 | 19.540 | 2.778 | 0.350 | 10.065 |
| Pozo 15 | 3.500 | 106.429 | 19.540 | 1.360 | 0.350 | 10.065 |

| PERDIDAS EN LA LINEA PRINCIPAL (m.) | PERDIDAS POR COMPUERTAS (m.) | PERDIDAS POR ENTRADA (m.) | PERDIDAS POR CAMBIO DE DIRECCION (m.) | PERDIDAS POR BIFURCACION (m.) | PERDIDAS POR REDUCCION (m.) | PERDIDAS TOTALES (m.) | ENERGIA NETA DISPONIBLE (m.) |
|--|---------------------------------|------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1.300 | 2.316 | 0.004 | 0.020 | 0.000 | 0.025 | 3.664 | 6.401 |
| 1.352 | 2.316 | 0.004 | 0.039 | 0.000 | 0.025 | 3.735 | 6.330 |
| 4.958 | 2.316 | 0.004 | 0.016 | 0.000 | 0.025 | 7.318 | 2.747 |
| 3.280 | 2.316 | 0.004 | 0.020 | 0.023 | 0.025 | 5.666 | 4.399 |
| 4.552 | 2.316 | 0.004 | 0.020 | 0.023 | 0.025 | 6.938 | 3.127 |
| 9.090 | 2.316 | 0.004 | 0.209 | 0.046 | 0.025 | 11.688 | 3.175 |
| 4.454 | 2.316 | 0.004 | 0.000 | 0.046 | 0.025 | 6.844 | 3.221 |

Descripción del contenido de la tabla IV.3.7.4.- :

Columna No. 1

En esta se muestra el cálculo del uso consuntivo para cada una de las áreas correspondientes, resulta ser el mismo para cada uno de los frentes de trabajo, debido a que el cultivo, período del año en que se siembra, porcentaje de horas luz, profundidad radicular máxima y la humedad disponible son idénticos para los siete frentes de trabajo.

Columna No. 2

La capacidad general de la red nos expresa la cantidad total en l.p.s. que necesita el terreno y se determina en función del área total por regar.

Columna No. 3

En ésta se expresan los valores del intervalo máximo en días que debe permitirse entre riego y riego; si se sobre pasa ese tiempo crítico, el cultivo no se desarrollaría en forma óptima.

Columna No. 4 y No. 5

Los valores expresados representan las longitudes de la línea principal y secundaria de conducción.

Columna No. 6

La energía total disponible es igual a la carga de presión mas la carga de velocidad.

Columna No. 7

Las pérdidas en la línea principal de conducción se calcularon con la formula de Hazen - Williams.

Columna No. 8

Las pérdidas en la tubería de compuertas son iguales a la suma de las mismas, que existen en 80 compuertas descargando un litro en una distancia de 60 m. y con 290 m. funcionando como tubo normal, lo que nos da el cálculo para los 350 m.

Columna No. 9, 10 , 11 y 12

El cálculo de pérdidas por cambio de dirección se realizo tomando en cuenta el número de estos en el sentido horizontal y vertical para los puntos críticos mas alejados del punto de toma.

El pozo 20 T presenta un cambio de dirección de 90° en el sentido vertical y una reducción de sección de 300 mm. a 250 mm. en el sentido vertical, con un ángulo de deflexión de 90°.

El frente donde se localiza el pozo No. 13 presenta un cambio de dirección de 90° en el eje horizontal y otro en el vertical, así como una reducción de 300 mm. x 250 mm.

En el frente de trabajo del pozo No 16 la línea principal de conducción tiene 3 cambios de dirección de 22.5° y uno de 45° , en el sentido vertical solo se considera un cambio de dirección de 90° y una reducción de 300×250 mm.

La línea de conducción correspondiente al pozo N0. 1 muestra un cambio de dirección de 90° en el sentido horizontal, una bifurcación de 90° , un cambio de dirección de 90° en el sentido vertical y una reducción de 300×250 mm.

La línea de conducción ubicada en el pozo No. 31 tiene una bifurcación de 90° y un cambio de dirección de 90° en el sentido vertical, así como una reducción de 300×250 mm.

Los pozos No. 5 y No. 7 presentan una línea de conducción con dos bifurcaciones de 90° y un cambio de dirección de 90° , otro de 45° y uno más de 22.5° , así como un cambio de dirección en el sentido vertical de 90° y una reducción de 300×200 mm.

Para el cálculo de las pérdidas por reducción de sección se utilizó la gráfica de Hoffman, considerando una relación de radio de curvatura a diámetro igual a 4.50.

Para el cálculo de las pérdidas por reducción de 300 a 250 mm. se obtuvo un valor de K igual a 0.37 para $\theta = 90^\circ$

Para el caso de las bifurcaciones, el gasto y los diámetros en el tubo bifurcado se consideraron iguales, con una relación de $(Q / Q_n) = 1$

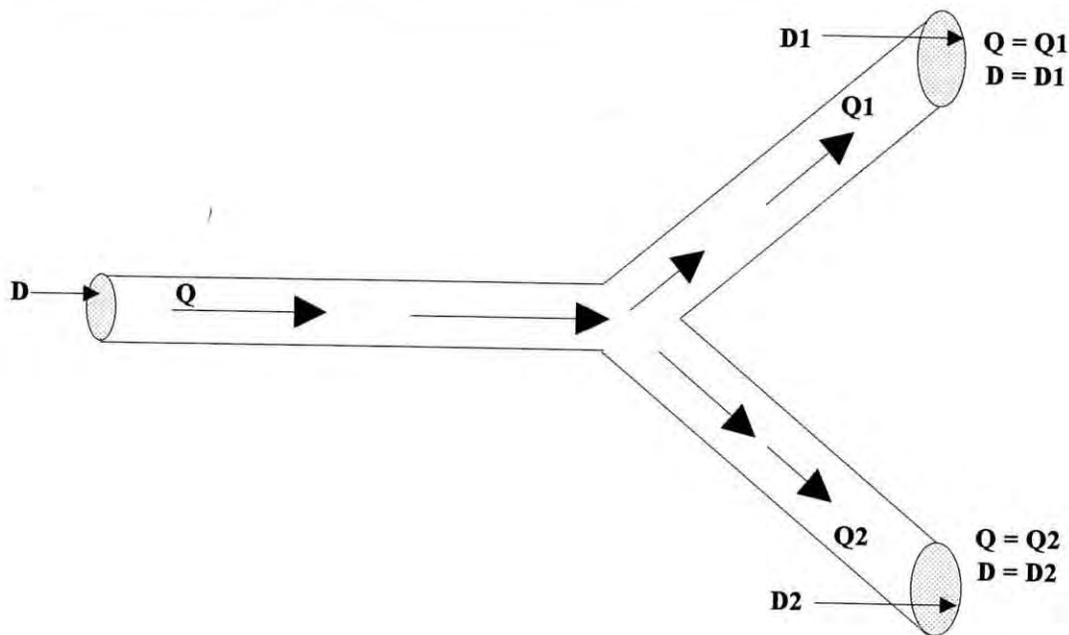


Figura IV.3.7.7.- Pérdida de energía en bifurcaciones

Para el cálculo de pérdidas por entrada se considero el caso correspondiente a $K = 0.5$ (ver Tabla)IV.3.7.1.- Cuadro de valores de K para distintas condiciones de entrada.

IV.3.8.- Determinación de la sección constructiva

La selección constructiva que alojará la tubería de pvc. Riblock se determino previamente en el capítulo III en la sección III.2.4.- , para lo que se tomaron en consideración todos los factores que influyen en el sistema tubo - suelo.

Si tenemos un diámetro de 300 mm. para un gasto de 80 l.p.s., de acuerdo a las conclusiones del apartado III.2.4.- tenemos la siguiente sección constructiva:

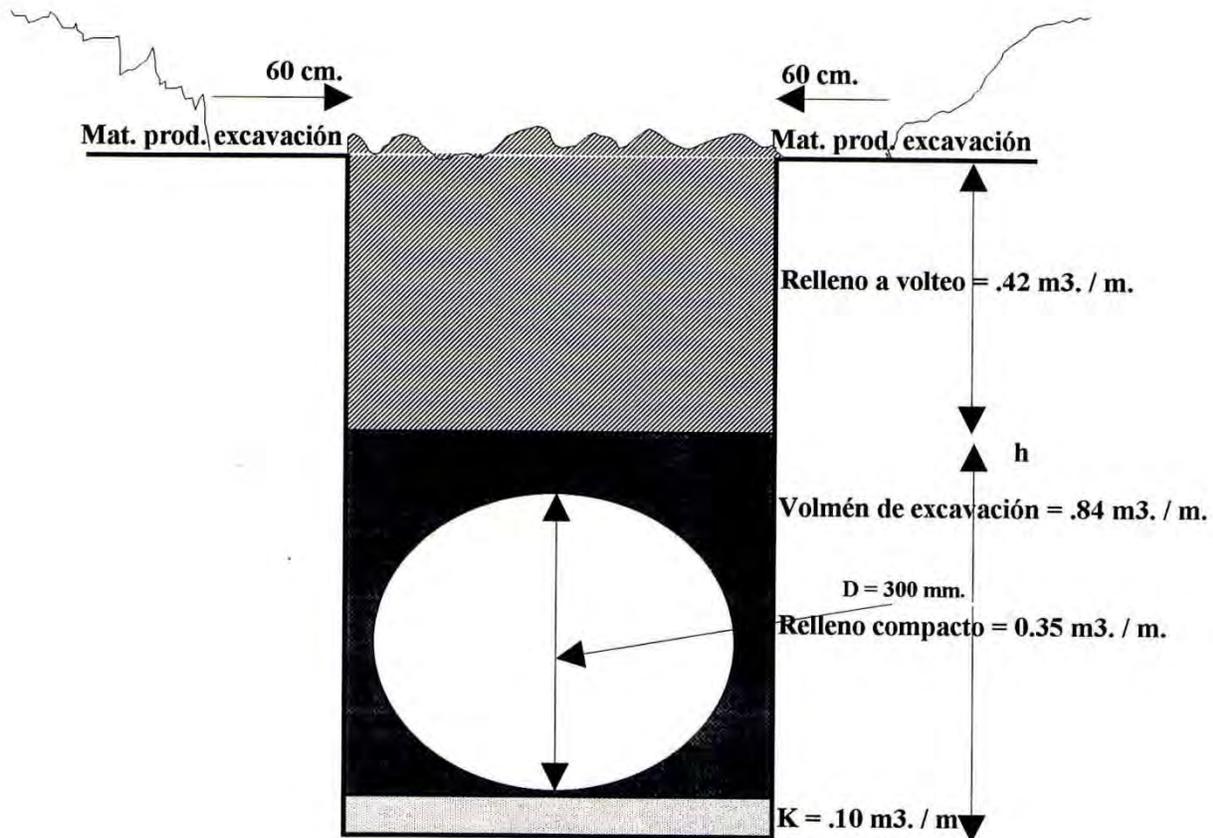


Figura IV.3.8.1.- Determinación de la sección constructiva

Donde:

El volumen de excavación por metro lineal = $0.84 \text{ m}^3 / \text{m}$.

El volumen de relleno con arena compactada = $0.34 \text{ m}^3 / \text{m}$

El volumen del material de relleno con material producto de excavación = $0.43 \text{ m}^3 / \text{m}$

IV.3.7.9.- Ubicación de las válvulas reguladoras de presión.

Las válvulas reguladoras de presión tienen como finalidad el no permitir la existencia de presiones de trabajo que sobrepasen a las especificadas para operar sin llegar al límite de resistencia de la estructura de la tubería.

Estas son colocadas en el tren de descarga, inmediatamente antes de que el agua llegue a la tubería de pvc. Riblock; para determinar si es necesario colocarla o no, es indispensable determinar con anterioridad la presión de trabajo de salida del pozo en condiciones críticas (todos los puntos de salida de agua en las líneas principal y secundaria cerrados).

Lo anterior se logra tapando la salida del pozo al tiempo que se mide la presión máxima con un manómetro.

En la siguiente figura se muestra en forma esquemática la colocación de las válvulas reguladoras de presión (no deben permitir presiones mayores a una columna de agua de 10 m. altura = $1 \text{ kg.} / \text{cm}^2$).

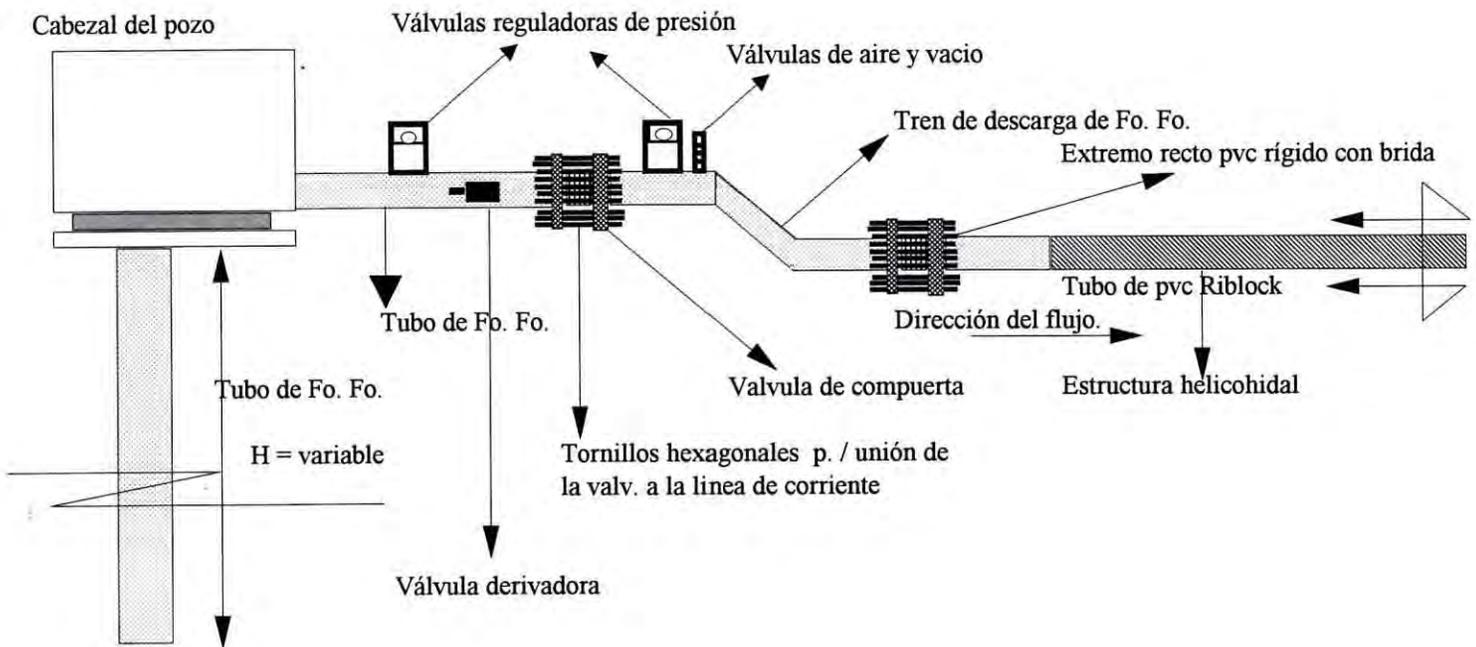


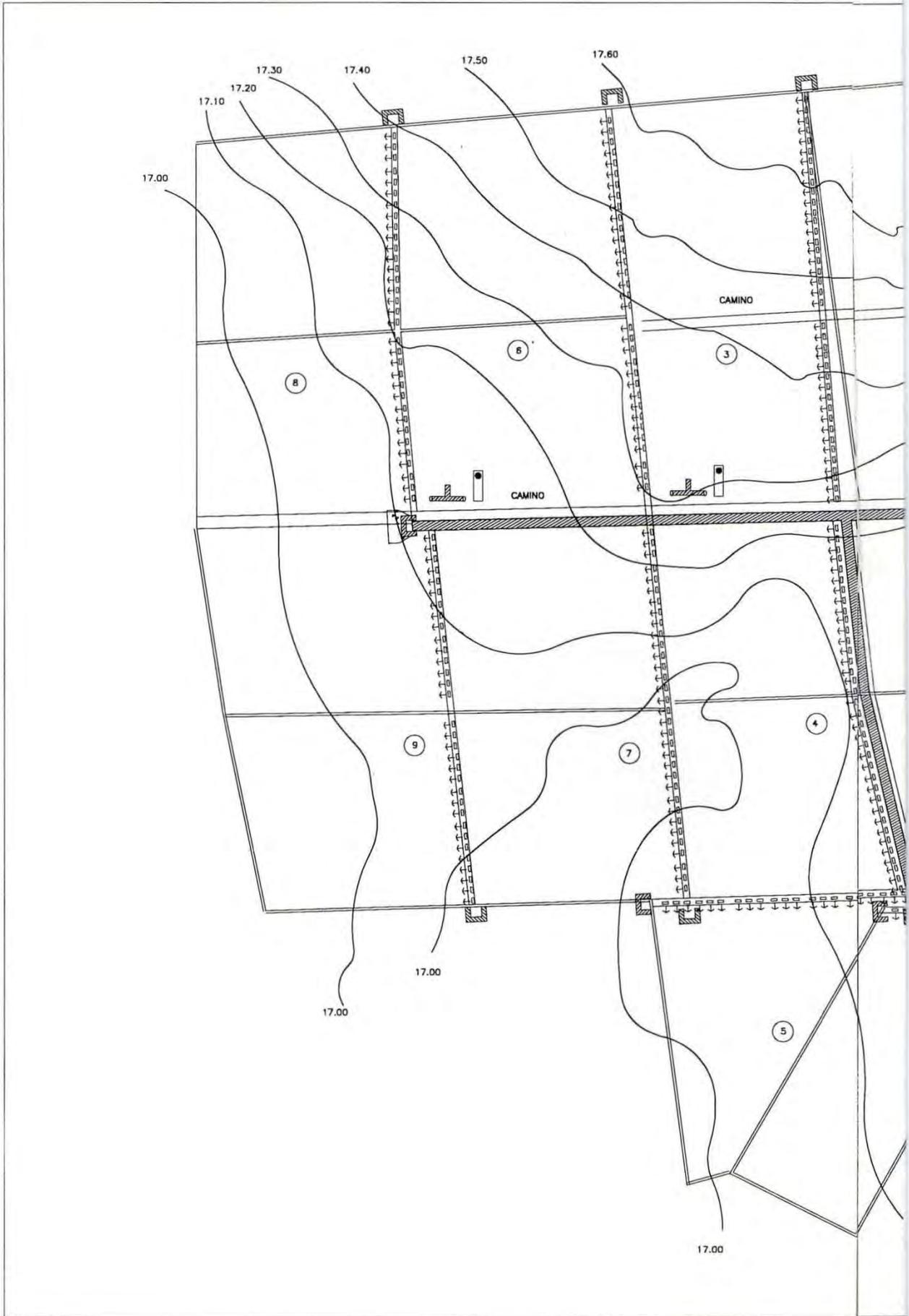
Figura IV.3.7.9.1.- Ubicación de las válvulas reguladoras de presión.

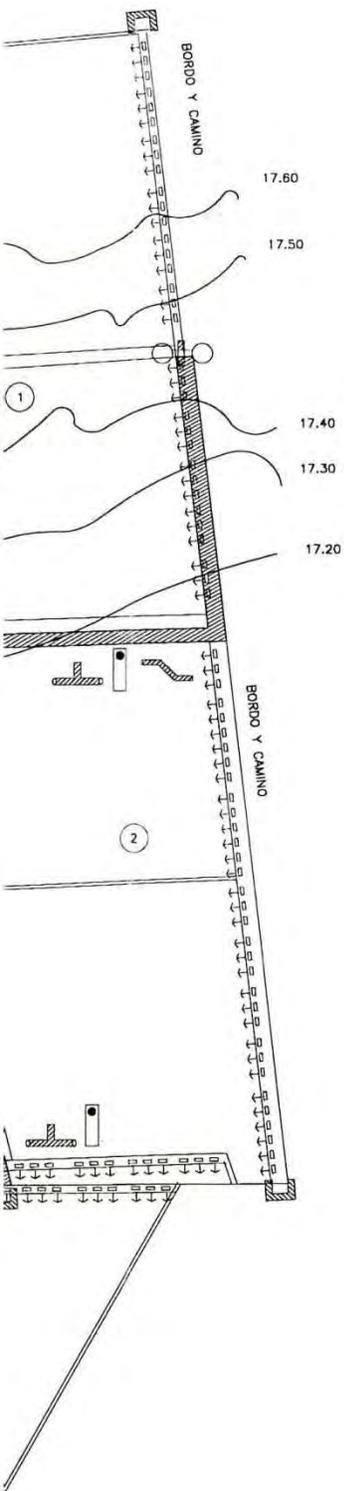
IV.3.7.10.- Secuencia de riego.

La secuencia de riego se muestra en forma clara y precisa en cada uno de los planos de diseño correspondientes.

IV.3.7.11.- Listado general de conceptos.

El listado general de conceptos aparece junto con su simbología en los planos de diseño mostrados a continuación.



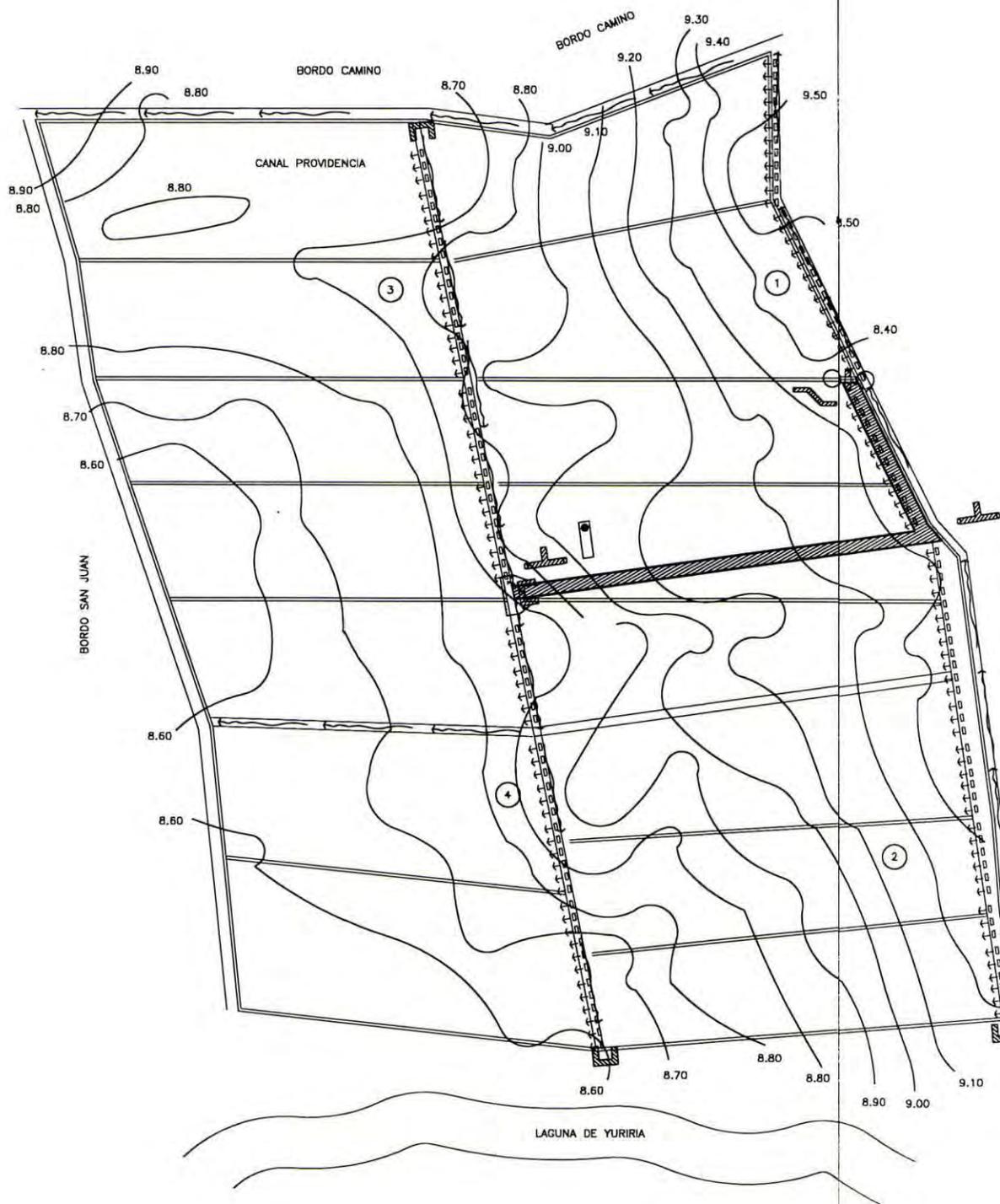


SIMBOLOGIA

| SIMBOLO | CONCEPTO | UNIDADES |
|---------|--|----------|
| | TREN DE DESCARGA | 1 |
| | POZO | 1 |
| | ESTRUCTURA PARA CONEXION DE LA LINEA SECUNDARIA DE CONDUCCION. | 4 |
| | ESTRUCTURA PARA ADMISION Y EXPULSION DE AIRE | 4 |
| | TUBO PARA RIEGO DE COMPUERTAS DE 250 mm Ø 0.75 M. | 350 m |
| | TUBO RIBLOCK DE 300 mm | 1004 m |
| | TERMINACION LINEA PRIMARIA | 1 |
| | TERMINACION LINEA SECUNDARIA | 10 |
| | ESTRUCTURAS | 1 |
| | SECUENCIA DE RIEGO | |

PLANO DEL FRENTE DE TRABAJO
DEL POZO # 1
CORRESPONDIENTE AL
MODULO DE RIEGO DE
ABASOLO, GTO.

| | |
|-----------------------|---------------------|
| REVISO: ING. J.F.C.L. | DIBUJO: ARQ. R.R.P. |
| ESCALA: | FECHA: 4-ABRIL-'97 |



| S I M B O L O G I A | | |
|---|--|----------|
| SIMBOLO | CONCEPTO | UNIDADES |
|  | TREN DE DESCARGA | 1 |
|  | POZO | 1 |
|  | ESTRUCTURA PARA CONEXION DE LA LINEA SECUNDARIA DE CONDUCCION. | 2 |
|  | ESTRUCTURA PARA ADMISION Y EXPULSION DE AIRE | 2 |
|  | TUBO PARA RIEGO DE COMPUERTAS DE 250 mm ● 0.75 M. | 350 m |
|  | TUBO RIBLOCK DE 300 mm | 413 m |
|  | TERMINACION LINEA PRIMARIA | 1 |
|  | TERMINACION LINEA SECUNDARIA | 4 |
|  | ESTRUCTURAS | 1 |
|  | SECUENCIA DE RIEGO | |

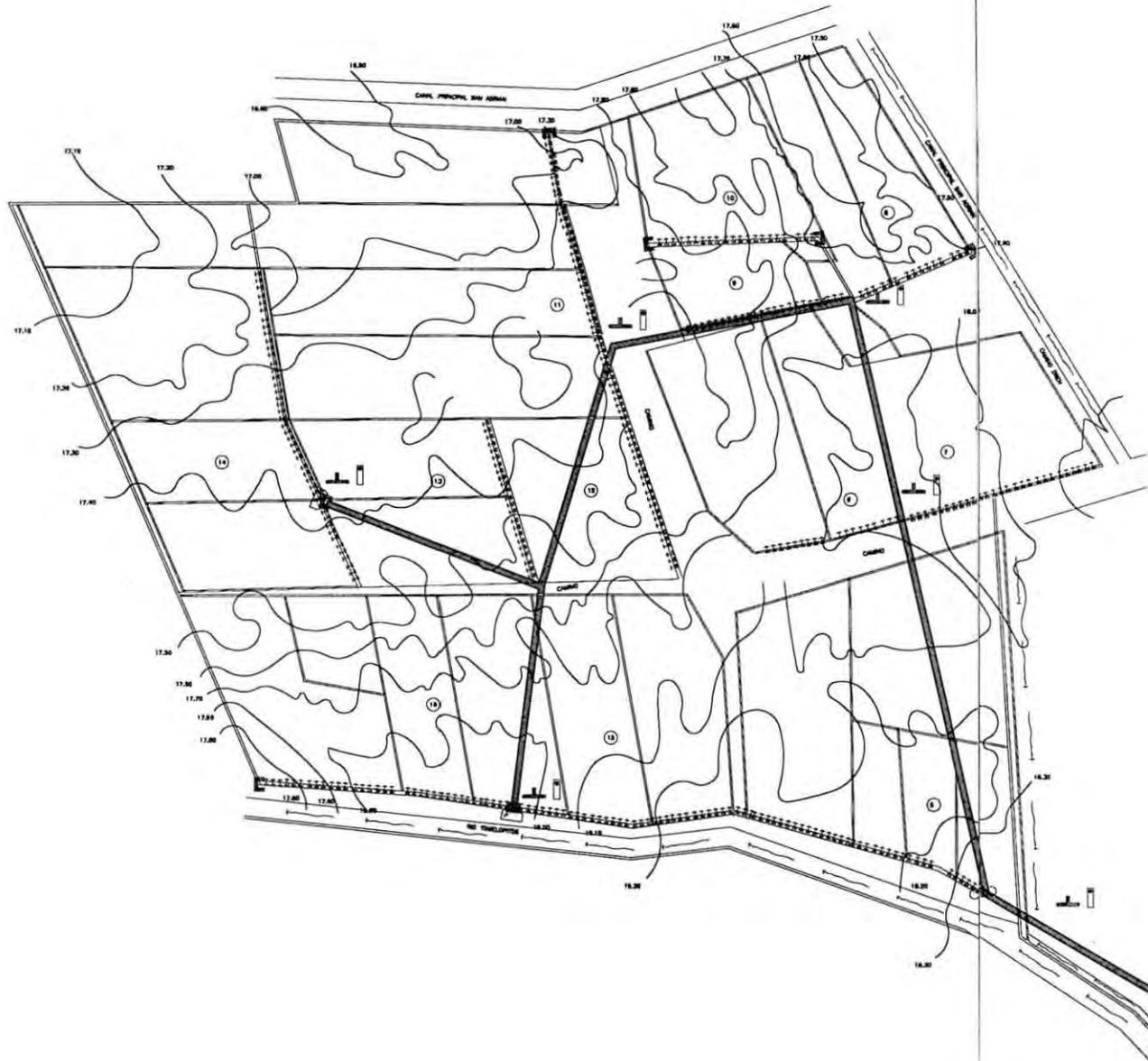
PLANO DEL FRENTE DE TRABAJO
DEL POZO # 13
CORRESPONDIENTE AL
MODULO DE RIEGO DE
JARAL, GTO.

REVISO: ING. J.F.C.L.

DIBUJO: ARQ. R.R.P.

ESCALA:

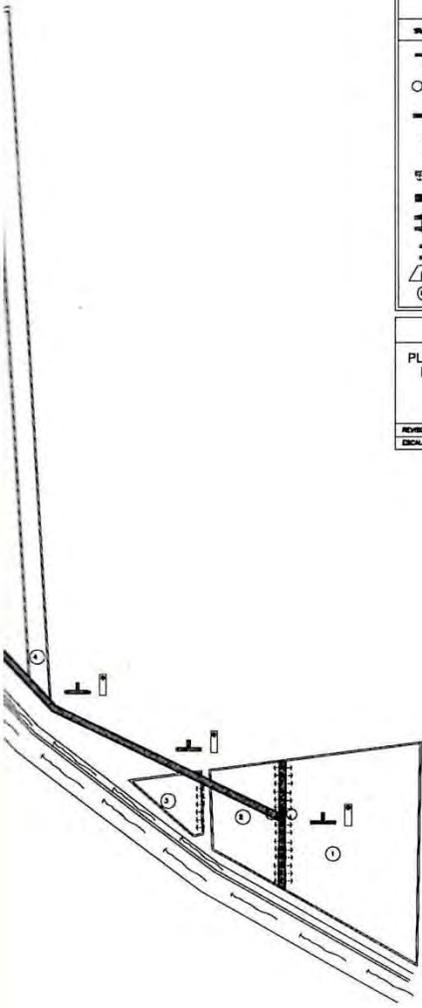
FECHA: 4-ABRIL-'97

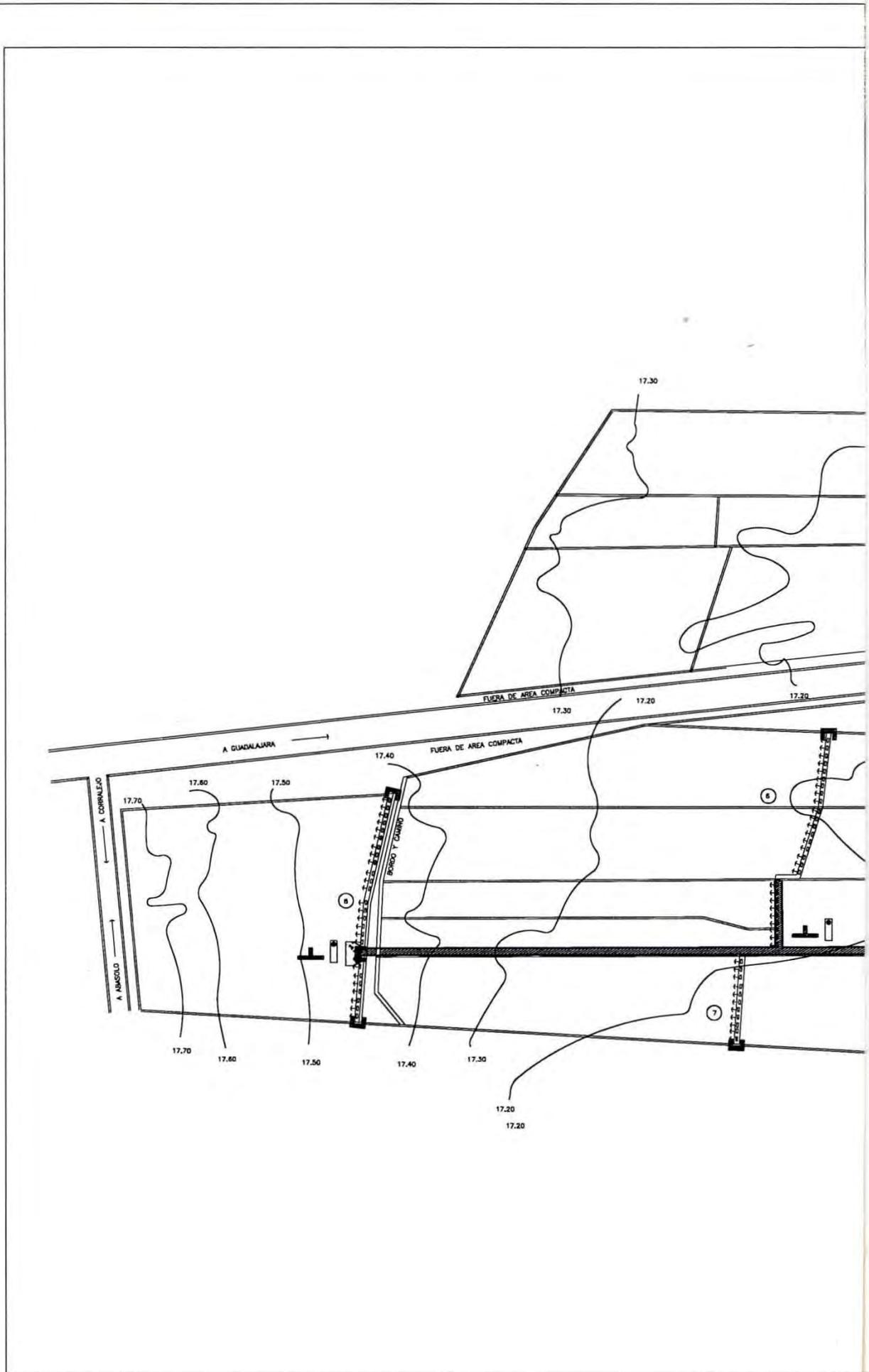


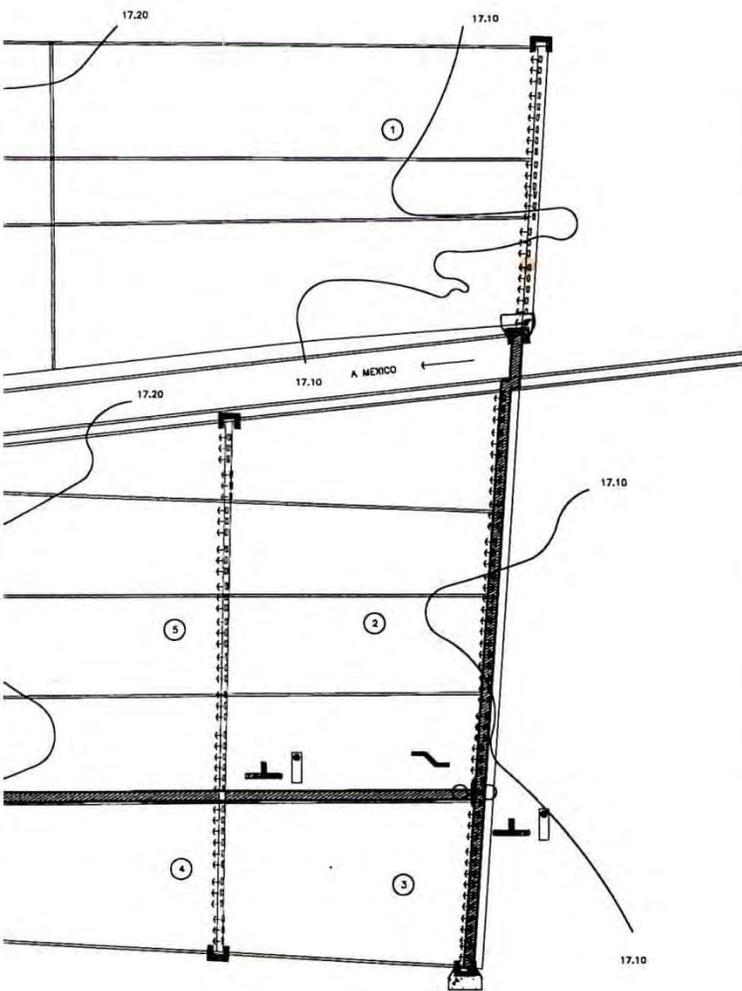
| SIMBOLOGIA | | |
|------------|---|----------|
| SIMBOLO | CONCEPTO | UNIDADES |
| | TREN DE SEGUNDA | 2 |
| | POZO | 3 |
| | ESTRUCTURA PARA CONEXION DE LA LINEA SECUNDA DE CONDUCTOR | 10 |
| | ESTRUCTURA PARA CONEXION Y CONDUCCION DE LINEA | 10 |
| | TUBO PARA REGA DE DIAMETRO DE 250 mm @ 2.75 kg | 360 m |
| | TUBO ANILLO DE 200 mm | 1278 m |
| | TERMINACION LINEA PRIMARIA | 2 |
| | TERMINACION LINEA SECUNDA | 3 |
| | ESTRUCTURA | 2 |
| | REDUCCION DE REGA | |

PLANO DEL FRENTE DE TRABAJO DE LOS POZOS Nos. 5 Y 7 CORRESPONDIENTE AL MODULO DE RIEGO DE GTO.

REVISOR: ING. J.F.C.L. DISEÑADOR: ING. R.A.P.
 ESCALA: FECHA: 4-ABRIL-97



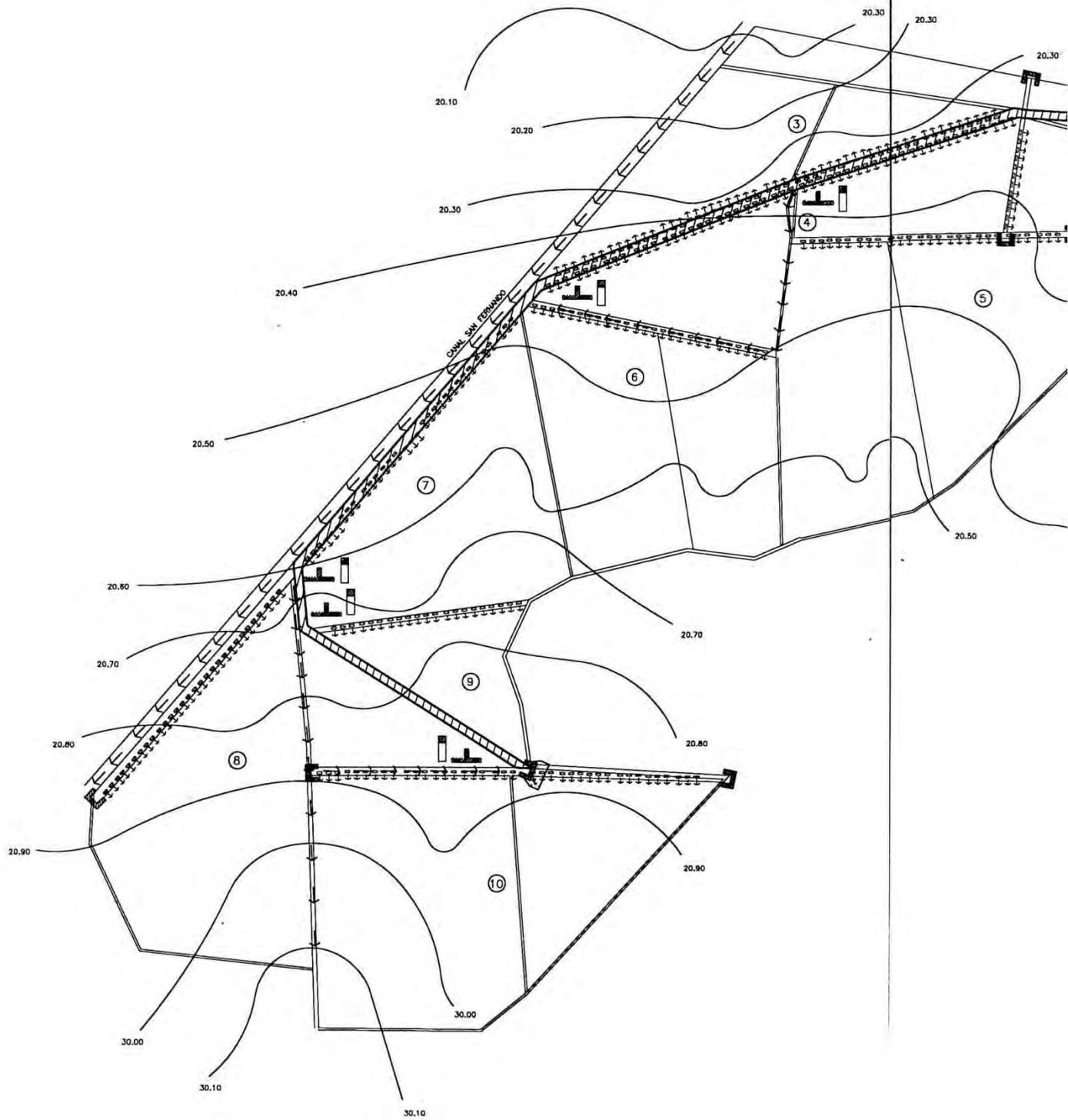


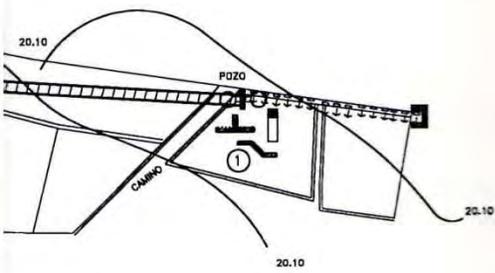


| SIMBOLOGIA | | |
|------------|--|----------|
| SIMBOLO | CONCEPTO | UNIDADES |
| | TREN DE DESCARGA | 1 |
| | POZO | 1 |
| | ESTRUCTURA PARA CONEXION DE LA LINEA SECUNDARIA DE CONDUCCION. | 5 |
| | ESTRUCTURA PARA ADMISION Y EXPULSION DE AIRE | 5 |
| | TUBO PARA RIEGO DE COMPUERTAS DE 250 mm ■ 0.75 M. | 350 m |
| | TUBO RBLOCK DE 300 mm | 1360 m |
| | TERMINACION LINEA PRIMARIA | 3 |
| | TERMINACION LINEA SECUNDARIA | 7 |
| | ESTRUCTURAS | 3 |
| | SECUENCIA DE RIEGO | |

PLANO DEL FRENTE DE TRABAJO
DEL POZO # 15
CORRESPONDIENTE AL
FRENTE DE TRABAJO # 2
DEL MODULO ABASOLO, GTO.

| | |
|-----------------------|---------------------|
| REVISO: ING. J.F.C.L. | DIBUJO: ARQ. R.R.P. |
| ESCALA: | FECHA: 4-ABRIL-'97 |

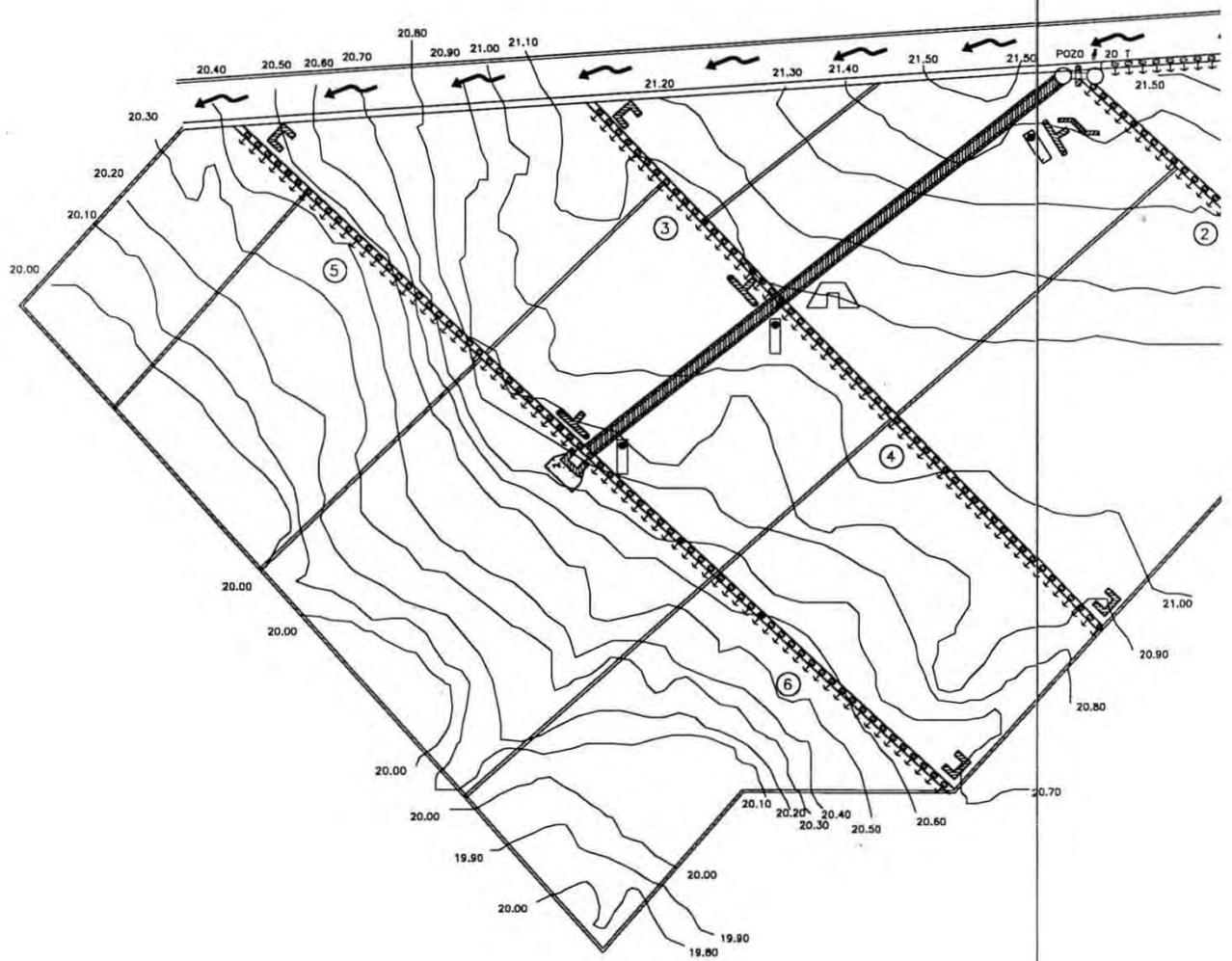


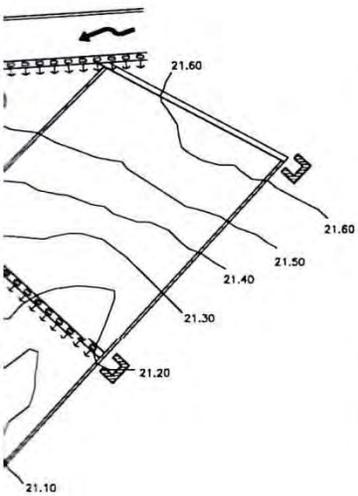


| SIMBOLOGIA | | |
|------------|--|--------|
| | TREN DE DESCARGA | 1 |
| | POZO | 1 |
| | ESTRUCTURA PARA CONEXION DE LA LINEA SECUNDARIA DE CONDUCCION. | 7 |
| | ESTRUCTURA PARA ADMISION Y EXPULSION DE AIRE | 7 |
| | TUBO PARA RIEGO DE COMPUERTAS DE 250 mm @ 0.75 M. | 350 m |
| | TUBO RIBLOCK DE 300 mm | 1514 m |
| | TERMINACION LINEA PRIMARIA | 1 |
| | TERMINACION LINEA SECUNDARIA | 2 |
| | ESTRUCTURAS | 1 |
| | SECUENCIA DE RIEGO | |

PLANO DEL FRENTE DE TRABAJO
 DEL POZO # 16
 CORRESPONDIENTE AL
 MODULO DE RIEGO DE
 CORTAZAR, GTO.

| | |
|-----------------------|---------------------|
| REVISO: ING. J.F.C.L. | DIBUJO: ARO. R.R.P. |
| ESCALA: | FECHA: 4-ABRIL-'97 |

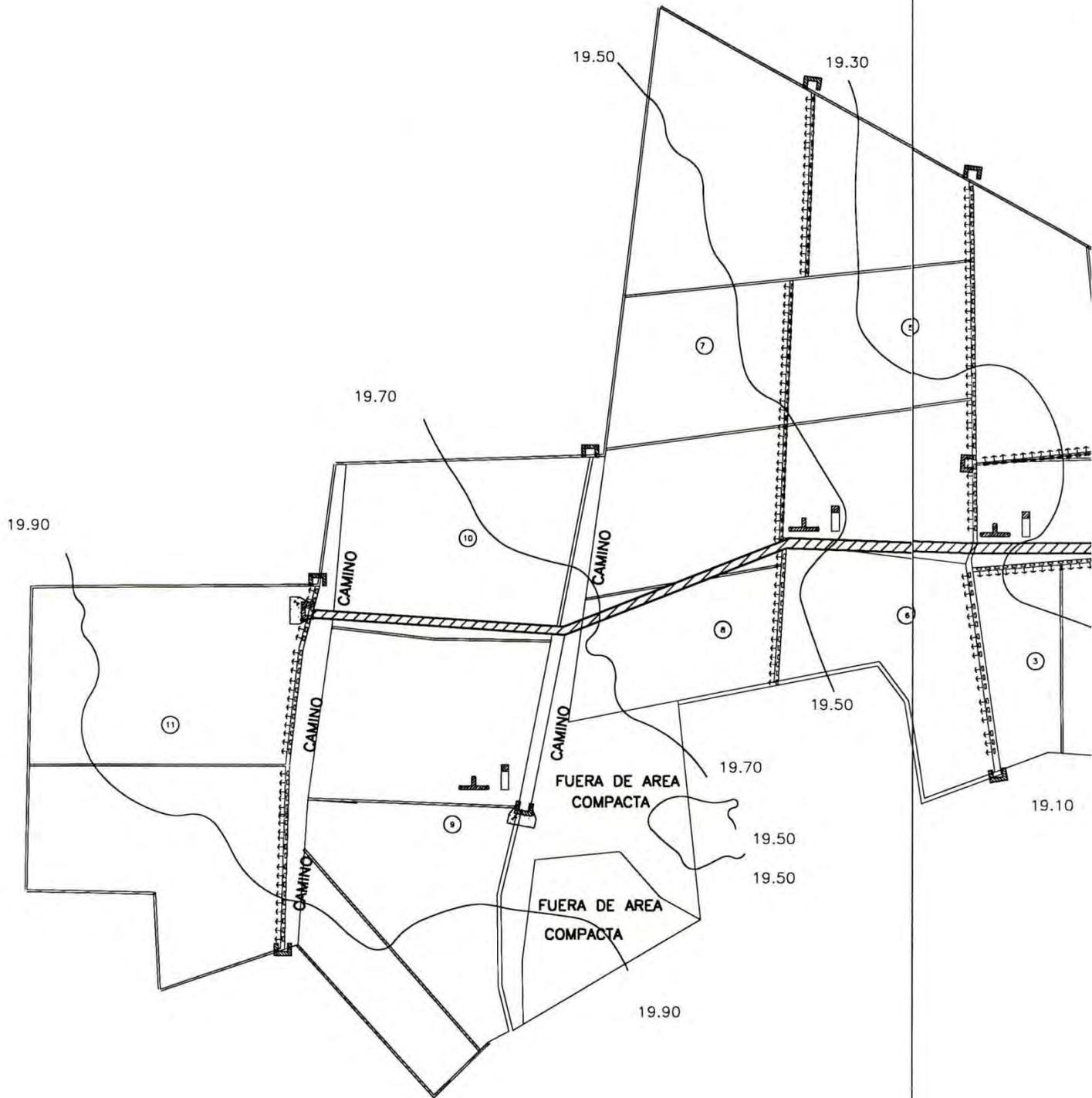


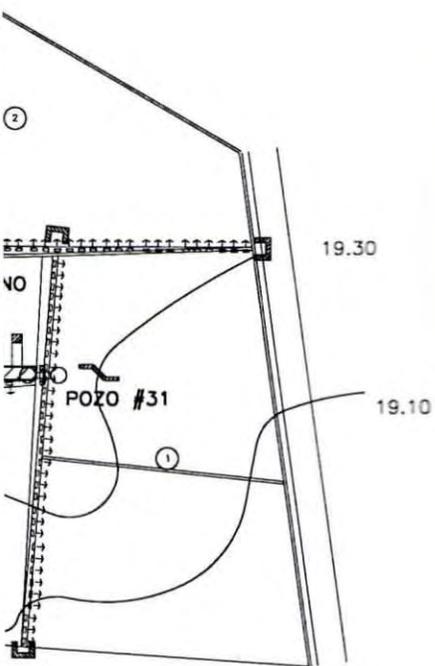


| SIMBOLOGIA | | |
|------------|--|----------|
| SIMBOLO | CONCEPTO | CANTIDAD |
| | TREN DE DESCARGA | 1 |
| | POZO | 1 |
| | ESTRUCTURA PARA CONEXION DE LA LINEA SECUNDARIA DE CONDUCCION. | 3 |
| | ESTRUCTURA PARA ADMISION Y EXPULSION DE AIRE | 3 |
| | TUBO PARA RIEGO DE COMPUERTAS DE 250 mm ■ 0.75 M. | 350 m |
| | TUBO RIBLOCK DE 300 mm | 410 m |
| | TERMINACION LINEA PRIMARIA | 1 |
| | TERMINACION LINEA SECUNDARIA | 2 |
| | ESTRUCTURAS | |
| | SECUENCIA DE RIEGO | |

PLANO DEL FRENTE DE TRABAJO
DEL POZO # 20T
CORRESPONDIENTE AL
MODULO DE RIEGO DE
CORTAZAR, GTO.

| | |
|-----------------------|---------------------|
| REVISO: ING. J.F.C.L. | DIBUJO: ARQ. R.R.P. |
| ESCALA: | FECHA: 4-ABRIL-'97 |





| SIMBOLOGIA | | |
|------------|---|----------|
| SIMBOLO | CONCEPTO | UNIDADES |
| | TREN DE DESCARGA | 1 |
| | POZO | 1 |
| | ESTRUCTURA PARA CONEXION DE LA LINEA SECUNDARIA DE CONDUCCION | 6 |
| | ESTRUCTURA PARA ADMISION Y EXPULSION DE AIRE | 6 |
| | TUBO PARA RIEGO DE COMPRESAS DE 250 mm Ø 0.75 N. | 250 m |
| | TUBO RIBLOCK DE 300 mm | 1380 m |
| | TERMINACION LINEA PRIMARIA DE CONDUCCION | 1 |
| | TERMINACION LINEA SECUNDARIA DE CONDUCCION | 10 |
| | ESTRUCTURAS | 2 |
| | SECUENCIA DE RIEGO | |

PLANO DEL FRENTE DE TRABAJO
DEL POZO # 31
CORRESPONDIENTE AL
FRENTES DE TRABAJO # 3 DE
ABASOLO, GTO.

| | |
|-----------------------|---------------------|
| REVISO: ING. J.F.C.L. | DIBUJO: ARC. R.A.P. |
| ESCALA: | FECHA: 4-ABRIL-97 |

CAPITULO V

CONSTRUCCION



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

V.1.- PLANEACION Y PROGRAMACION

La planeación analiza la necesidad que crea el proyecto; visualiza el objetivo que se persigue, determina en forma cualitativa y cuantitativa la solución mas óptima para lograr el objetivo deseado.

En términos de la habilidad que esto implica, la toma de desiciones, asi como la creatividad juegan un papel muy importante para determinar el éxito de la planeación.

La construcción sigue inmediatamente al diseño y precede a la operación y mantenimiento de las obras; consiste en la ejecución de una obra combinando materiales, mano de obra y maquinaria con objeto de producirla de tal forma que satisfaga por su funcionalidad, las necesidades para las que fue concebida.

A lo largo de la ejecución debemos revisar que la obra se construya tal y como se planeo, por lo que es necesario establecer controles de tipo administrativo y de calidad de obra.

la programación se define como la elaboración de tablas y gráficas, que indican los tiempos de inicio y terminación y por consiguiente la duración de las actividades que forman el proceso en forma independiente.

El control nos permite establecer métodos de actuación concretos para alcanzar los objetivos y son parte importante del proceso de planeación, procurando siempre que las operaciones se ajusten a lo planeado lo mas cercano posible.

La planeación y la programación de la obra requiere de lo siguiente para su proceso:

Conocimiento claro y preciso del proyecto y sus especificaciones.

Conocimiento del sitio de la obra.

Implementación del proceso productivo mas conveniente.

Programación de la obra.

Selección y asignación de recursos.

Necesidades de instalaciones fijas y semifijas.

Cálculo de costos de los procesos constructivos y globales de la obra.

Estudios previos al diseño y construcción.

V.2.- PROGRAMA GENERAL DE OBRA

La programación de obra se define como la calendarización de las etapas de construcción de estas, asi como el orden o la secuencia de las actividades por ejecutar.

Existen recursos empíricos y técnicos de los que se puede hacer uso para programar una obra, tales como la experiencia, la intuición y la memoria, asi como el diagrama de barras, la ruta crítica y la ingeniería de sistemas.

El programa de obra da respuesta a las necesidades despertadas por el tiempo neto total de ejecución.

Existen al menos tres tipos de programación de obra, entre los que podemos mencionar el método de Gantt, de Ruta Crítica y el de Perth.

El método de Gantt o de barras consiste en predeterminar las actividades principales de una obra, así como su duración y la representación a escala, de tal forma que a cada renglón en la lista le corresponde una actividad, que establece también el orden de ejecución, situándose la barra representativa de cada actividad a lo largo de una escala de tiempos efectivos.

El programa debe tener una fecha de terminación igual o menor al propuesto, en caso contrario se reduce la dimensión de las barras hasta obtener la fecha de terminación deseada, o se anticipa su inicio. Todo esto en base a la experiencia e intuición del programador. El método permite conocer las necesidades de tipo económico y de recursos humanos, así como el equipo a utilizar y los materiales necesarios para garantizar la correcta realización de la obra.

El método de la ruta crítica es un sistema de programación y control que nos permite conocer las actividades que definen la duración del proceso productivo.

El método ofrece ventajas que nos permiten programar de manera lógica, deslinda responsabilidades de las diferentes partes organizacionales que intervienen, analiza el efecto de cualquier situación imprevista y sus consecuencias en la duración total de ejecución y nos permite conocer los diferentes ordenes de importancia de las actividades que definen la duración del proceso productivo.

A continuación se presenta el programa general de barras para la ejecución de esta obra, fue elaborada de acuerdo al tiempo total de ejecución, que es de tres meses.

Tabla No. V.2.1.- programa de obra Pozo 1.

| PROGRAMA DE OBRA CORRESPONDIENTE AL POZO No 1 | | | | SEMANA | SEMANA | SEMANA | SEMANA | SEMANA | SEMANA | SEMANA |
|---|---|------------------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| C O N C E P T O S | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| No. | DESCRIPCION | CANTIDAD DE OBRA | UNIDAD | | | | | | | |
| | ACTIVIDADES | | | 0.30 | | | | | | |
| 1 | TRAZO | 0.30 | HA. | | | | | | | |
| | | | | 0.30 | | | | | | |
| 2 | DESMONTE | 0.30 | HA. | | | | | | | |
| | | | | 1,004.00 | | | | | | |
| 3 | SUMINISTRO DE MAT. P/FABRICACION DE TUBERIA | 1,004.00 | ML | | | | | | | |
| | | | | 1,004.00 | | | | | | |
| 4 | FABRICACION DE TUBERIA | 1,004.00 | ML | | | | | | | |
| | | | | 281.20 | 281.20 | 281.20 | | | | |
| 5 | EXCAVACION | 843.60 | MP | | | | | | | |
| | | | | 50.20 | 50.20 | | | | | |
| 6 | SUMINISTRO DE ARENA | 100.40 | MP | | | | | | | |
| | | | | 18.67 | 18.67 | 18.67 | | | | |
| 7 | SUMINISTRO DE AGUA | 56.00 | MP | | | | | | | |
| | | | | 33.47 | 33.47 | 33.47 | | | | |
| 8 | AFINE DE RASANTE | 100.40 | MP | | | | | | | |
| | | | | 251.00 | 251.00 | 251.00 | 251.00 | | | |
| 9 | TENDIDO DE TUBERIA | 1,004.00 | ML | | | | | | | |
| | | | | 251.00 | 251.00 | 251.00 | 251.00 | | | |
| 10 | MUERTEO TUBERIA | 1,004.00 | ML | | | | | | | |
| | | | | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | | |
| 11 | PRUEBAS HIDRAULICAS | 3.00 | PBA | | | | | | | |
| | | | | | 175.70 | 175.70 | 175.70 | | | |
| 12 | RELLENO COMPACTO | 351.40 | MP | | | | | | | |
| | | | | | | 422.00 | 422.00 | 422.00 | | |
| 13 | RELLENO A VOLTEO | 1,266.00 | MP | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 14 | ESTRUCTURAS | | PZA | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Tabla No. V.2.2.- programa de obra Pozo 13.

| POZO No 13 | | | | SEMANA 4 | SEMANA 5 | SEMANA 6 | SEMANA 7 | SEMANA 8 | SEMANA 9 | SEMANA 10 |
|-------------------|---|------------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| C O N C E P T O S | | CANTIDAD DE OBRA | UNIDAD | | | | | | | |
| No. | DESCRIPCION | | | | | | | | | |
| | ACTIVIDADES | | | | | | | | | |
| 1 | TRAZO | 0.12 | HA. | | 0.12 | | | | | |
| 2 | DESMONTE | 0.12 | HA. | | 0.12 | | | | | |
| 3 | SUMINISTRO DE MAT. P/FABRICACION DE TUBERIA | 413.00 | ML | | 413.00 | | | | | |
| 4 | FABRICACION DE TUBERIA | 413.00 | ML | | | 413.00 | | | | |
| 5 | EXCAVACION | 346.92 | M³ | | | 173.46 | 173.46 | | | |
| 6 | SUMINISTRO DE ARENA | 41.30 | M³ | | 41.30 | | | | | |
| 7 | SUMINISTRO DE AGUA | 23.12 | M³ | | | 11.56 | 11.56 | | | |
| 8 | AFINE DE RASANTE | 41.30 | M² | | | 20.65 | 20.65 | | | |
| 9 | TENDIDO DE TUBERIA | 413.00 | ML | | | | 206.50 | 206.50 | | |
| 10 | MUERTEO TUBERIA | 413.00 | ML | | | | 206.50 | 206.50 | | |
| 11 | PRUEBAS HIDRAULICAS | 2.00 | PBA | | | | 1.00 | 1.00 | | |
| 12 | RELLENO COMPACTO | 144.55 | M³ | | | | 72.28 | 72.28 | | |
| 13 | RELLENO A VOLTEO | 173.46 | M³ | | | | | 86.73 | 86.73 | |
| 14 | ESTRUCTURAS | | PZA | | | | | | | |

Tabla No. V.2.3.- programa de obra Pozo 5 y 7.

| POZO No 5 y No 7 | | | | SEMANA | SEMANA | SEMANA | SEMANA | SEMANA | SEMANA | SEMANA |
|-------------------|---|------------------|----------------|----------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| C O N C E P T O S | | | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| No. | DESCRIPCION | CANTIDAD DE OBRA | UNIDAD | | | | | | | |
| | ACTIVIDADES | | | | | | | | | |
| | | | | 0.83 | | | | | | |
| 1 | TRAZO | 0.83 | HA. | | | | | | | |
| | | | | 0.83 | | | | | | |
| 2 | DESMONTE | 0.83 | HA. | | | | | | | |
| | | | | 2,778.00 | | | | | | |
| 3 | SUMINISTRO DE MAT. P/FABRICACION DE TUBERIA | 2,778.00 | ML | | | | | | | |
| | | | | | 2,778.00 | | | | | |
| 4 | FABRICACION DE TUBERIA | 2,778.00 | ML | | | | | | | |
| | | | | | 583.38 | 583.38 | 583.38 | 583.38 | | |
| 5 | EXCAVACION | 2,333.52 | M ³ | | | | | | | |
| | | | | 92.60 | 92.60 | 92.60 | | | | |
| 6 | SUMINISTRO DE ARENA | 277.80 | M ³ | | | | | | | |
| | | | | | 38.89 | 38.89 | 38.89 | 38.89 | | |
| 7 | SUMINISTRO DE AGUA | 155.54 | M ³ | | | | | | | |
| | | | | | 69.45 | 69.45 | 69.45 | 69.45 | | |
| 8 | AFINE DE RASANTE | 277.80 | M ² | | | | | | | |
| | | | | | 694.50 | 694.50 | 694.50 | 694.50 | | |
| 9 | TENDIDO DE TUBERIA | 2,778.00 | ML | | | | | | | |
| | | | | | 694.50 | 694.50 | 694.50 | 694.50 | | |
| 10 | MUERTEO TUBERIA | 2,778.00 | ML | | | | | | | |
| | | | | | | 3.00 | 3.00 | 3.00 | | |
| 11 | PRUEBAS HIDRAULICAS | 9.00 | PBA | | | | | | | |
| | | | | | | 243.08 | 243.08 | 243.08 | 243.08 | |
| 12 | RELLENO COMPACTO | 972.30 | M ³ | | | | | | | |
| | | | | | | 291.69 | 291.69 | 291.69 | 291.69 | |
| 13 | RELLENO A VOLTEO | 1,166.76 | M ³ | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 14 | ESTRUCTURAS | | PZA | | | | | | | |

Tabla No. V.2.4.- programa de obra Pozo 15.

| POZO No 15 | | | | SEMANA | SEMANA | SEMANA | SEMANA | SEMANA | SEMANA | SEMANA |
|-------------------|---|------------------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| C O N C E P T O S | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| No. | DESCRIPCION | CANTIDAD DE OBRA | UNIDAD | | | | | | | |
| | ACTIVIDADES | | | | | | | | | |
| | | | | 0.41 | | | | | | |
| 1 | TRAZO | 0.41 | HA. | | | | | | | |
| | | | | 0.41 | | | | | | |
| 2 | DESMONTE | 0.41 | HA. | | | | | | | |
| | | | | 1,360.00 | | | | | | |
| 3 | SUMINISTRO DE MAT. P/FABRICACION DE TUBERIA | 1,360.00 | ML | | | | | | | |
| | | | | 1,360.00 | | | | | | |
| 4 | FABRICACION DE TUBERIA | 1,360.00 | ML | | | | | | | |
| | | | | 380.80 | 380.80 | 380.80 | | | | |
| 5 | EXCAVACION | 1,142.40 | MP | | | | | | | |
| | | | | 68.00 | 68.00 | | | | | |
| 6 | SUMINISTRO DE ARENA | 136.00 | MP | | | | | | | |
| | | | | 25.38 | 25.38 | 25.38 | | | | |
| 7 | SUMINISTRO DE AGUA | 76.14 | MP | | | | | | | |
| | | | | 45.33 | 45.33 | 45.33 | | | | |
| 8 | AFINE DE RASANTE | 136.00 | MP | | | | | | | |
| | | | | | 453.33 | 453.33 | 453.33 | | | |
| 9 | TENDIDO DE TUBERIA | 1,360.00 | ML | | | | | | | |
| | | | | | 453.33 | 453.33 | 453.33 | | | |
| 10 | MUERTEO TUBERIA | 1,360.00 | ML | | | | | | | |
| | | | | | 1.00 | 2.00 | 2.00 | | | |
| 11 | PRUEBAS HIDRAULICAS | 5.00 | PBA | | | | | | | |
| | | | | | | 158.67 | 158.67 | 158.67 | | |
| 12 | RELLENO COMPACTO | 476.00 | MP | | | | | | | |
| | | | | | | | 190.40 | 190.40 | 190.40 | |
| 13 | RELLENO A VOLTEO | 571.20 | MP | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| 14 | ESTRUCTURAS | | LOTE | | | | | | | |

Tabla No. V.2.5.- programa de obra Pozo 16.

| POZO No 16 | | | | SEMANA 1 | SEMANA 2 | SEMANA 3 | SEMANA 4 | SEMANA 5 | SEMANA 6 | SEMANA 7 |
|-------------------|---|------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| C O N C E P T O S | | CANTIDAD DE OBRA | UNIDAD | | | | | | | |
| No. | DESCRIPCION | | | | | | | | | |
| | ACTIVIDADES | | | | | | | | | |
| | | | | 0.45 | | | | | | |
| 1 | TRAZO | 0.45 | HA. | 0.45 | | | | | | |
| 2 | DESMONTE | 0.45 | HA. | | | | | | | |
| 3 | SUMINISTRO DE MAT. P/FABRICACION DE TUBERIA | 1,514.00 | ML | 1,514.00 | | | | | | |
| 4 | FABRICACION DE TUBERIA | 1,514.00 | ML | 1,514.00 | | | | | | |
| 5 | EXCAVACION | 1,271.76 | M ³ | 317.94 | 317.94 | 317.94 | 317.94 | | | |
| 6 | SUMINISTRO DE ARENA | 151.40 | M ³ | 50.47 | 50.47 | 50.47 | | | | |
| 7 | SUMINISTRO DE AGUA | 84.78 | M ³ | 28.26 | 28.26 | 28.26 | | | | |
| 8 | AFINE DE RASANTE | 151.40 | M ² | 37.85 | 37.85 | 37.85 | 37.85 | | | |
| 9 | TENDIDO DE TUBERIA | 1,514.00 | ML | | 378.50 | 378.50 | 378.50 | 378.50 | | |
| 10 | MUERTEO TUBERIA | 1,514.00 | ML | | 378.50 | 378.50 | 378.50 | 378.50 | | |
| 11 | PRUEBAS HIDRAULICAS | 5.00 | PBA | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 12 | RELLENO COMPACTO | 529.90 | M ³ | | | | 176.63 | 176.63 | 176.63 | |
| 13 | RELLENO A VOLTEO | 635.88 | M ³ | | | | 211.96 | 211.96 | 211.96 | |
| 14 | ESTRUCTURAS | | PZA | | | | | | | |

Tabla No. V.2.6.- programa de obra Pozo 20T.

| POZO No 20 T | | | | SEMANA 1 | SEMANA 2 | SEMANA 3 | SEMANA 4 | SEMANA 5 | SEMANA 6 | SEMANA 7 |
|-------------------|---|------------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| C O N C E P T O S | | CANTIDAD DE OBRA | UNIDAD | | | | | | | |
| No. | DESCRIPCION | | | | | | | | | |
| ACTIVIDADES | | | | | | | | | | |
| 1 | TRAZO | 0.12 | HA. | | | 0.12 | | | | |
| 2 | DESMONTE | 0.12 | HA. | | | 0.12 | | | | |
| 3 | SUMINISTRO DE MAT. P/FABRICACION DE TUBERIA | 410.00 | ML | | | 410.00 | | | | |
| 4 | FABRICACION DE TUBERIA | 410.00 | ML | | | | 410.00 | | | |
| 5 | EXCAVACION | 344.40 | MP | | | | 344.40 | | | |
| 6 | SUMINISTRO DE ARENA | 41.00 | MP | | | 41.00 | | | | |
| 7 | SUMINISTRO DE AGUA | 84.50 | MP | | | | 64.50 | | | |
| 8 | AFINE DE RASANTE | 41.00 | MP | | | | 41.00 | | | |
| 9 | TENDIDO DE TUBERIA | 410.00 | ML | | | | 205.00 | 205.00 | | |
| 10 | MUERTEO TUBERIA | 410.00 | ML | | | | 205.00 | 205.00 | | |
| 11 | PRUEBAS HIDRAULICAS | 2.00 | PBA | | | | 1.00 | 1.00 | | |
| 12 | RELLENO COMPACTO | 143.50 | MP | | | | | 143.50 | | |
| 13 | RELLENO A VOLTEO | 172.20 | MP | | | | | | 172.20 | |
| 14 | ESTRUCTURAS | | PZA | | | | | | | |

Tabla No. V.2.7.- programa de obra Pozo 31.

| POZO No 31 | | | | SEMANA 1 | SEMANA 2 | SEMANA 3 | SEMANA 4 | SEMANA 5 | SEMANA 6 | SEMANA 7 |
|-------------------|---|------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| C O N C E P T O S | | CANTIDAD DE OBRA | UNIDAD | | | | | | | |
| No. | DESCRIPCION | | | | | | | | | |
| | ACTIVIDADES | | | | | | | | | |
| 1 | TRAZO | 0.42 | HA. | | 0.42 | | | | | |
| 2 | DESMONTE | 0.42 | HA. | | 0.42 | | | | | |
| 3 | SUMINISTRO DE MAT. P/FABRICACION DE TUBERIA | 1,390.00 | ML | | 1,390.00 | | | | | |
| 4 | FABRICACION DE TUBERIA | 1,390.00 | ML | | 1,390.00 | | | | | |
| 5 | EXCAVACION | 1,167.60 | M ³ | | | 389.20 | 389.20 | 389.20 | | |
| 6 | SUMINISTRO DE ARENA | 139.00 | M ³ | | 46.33 | 46.33 | 46.33 | | | |
| 7 | SUMINISTRO DE AGUA | 77.52 | M ³ | | | 25.84 | 25.84 | 25.84 | | |
| 8 | AFINE DE RASANTE | 139.00 | M ² | | | 46.33 | 46.33 | 46.33 | | |
| 9 | TENDIDO DE TUBERIA | 1,390.00 | ML | | | 463.33 | 463.33 | 463.33 | | |
| 10 | MUERTEO TUBERIA | 1,390.00 | ML | | | 463.33 | 463.33 | 463.33 | | |
| 11 | PRUEBAS HIDRAULICAS | 4.00 | PBA | | | 1.00 | 2.00 | 1.00 | | |
| 12 | RELLENO COMPACTO | 486.50 | M ³ | | | | 162.17 | 162.17 | 162.17 | |
| 13 | RELLENO A VOLTEO | 584.00 | M ³ | | | | 194.67 | 194.67 | 194.67 | 194.67 |
| 14 | ESTRUCTURAS | | PZA | | | | | | | |

V.2.1.- Rendimiento de cuadrillas y equipos.

Se define como la forma de trabajo que individualmente o en forma agrupada puede desarrollar una máquina, una persona o un grupo de ambas en una jornada de trabajo que generalmente es de ocho horas; para determinar la cantidad de equipo y personal a utilizar en el desarrollo de una actividad es necesario conocer la cantidad de trabajo por ejecutar, así como el rendimiento de estos.

De acuerdo a las actividades por desarrollar es importante conocer el tipo de maquinaria y categoría del personal que la utilizará.

El rendimiento de la mano de obra se ve afectado por diferentes factores, tales como el medio físico, el medio técnico y el medio socio económico.

El conocimiento de la cantidad de trabajo a ejecutar entre el rendimiento del personal encargado de desarrollarlo nos da la duración de la actividad misma y como consecuencia el tiempo de utilización de dicho personal.

| ACTIVIDAD | UNIDAD | RENDIMIENTO X JORNADA | CUADRILLAS |
|-------------------------------|--------|--------------------------|--|
| TRAZO | ML | 2000 | 3 PEONES |
| SUMINISTRO DE MAT. P. TUBERIA | ML | 500 | 2 PEONES + 1 CHOFER DE 1a. 1 CAMION F- 350. |
| FABRICACIÓN DE TUBERIA | M3 | 70 | 1 PEÓN + 1 OP. MAQUINA 1 MAQUINA P. FAB. TUBERIA. |
| EXCAVACION | M3 | 70 | 1 OPERADOR DE RETRO + 1 PEON 1 RETROEXCAVADORA |
| SUMINISTRO DE ARENA | M3 | 36 | 2 CHOFERES DE 1a. 2 CAMIONES F - 600 DE 6 M3. |
| AFINE DE RASANTE | M2 | 52 | 3 PEONES + 1 OF. ALBAÑIL |
| COLOCACIÓN DE TUBERIA | ML | 100 | 5 PEONES + 1 OF. TUBERO |
| MUERTEO DE TUBERIA | ML | 100 | 5 PEONES |
| PRUEBAS HIDRAULICAS | LOTE | 4 | 5 PEONES + 1 OF. TUBERO |
| RELLENO COMPACTO | M3 | 44 | 1 VIBROCOMPACTADOR + 1 OP. + 3 PEONES. |
| RELLENO A VOLTEO | M3 | 200 | 1 RETROEXCAVADORA + 1 PEON |
| FABRICACION DE ESTRUCTURAS | LOTE | 1 | 1 OF. ALBAÑIL + 2 PEONES. |

Tabla V.2.1.- Rendimiento de cuadrillas y equipos.

V.3.- PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE OBRA

El control es una función de carácter administrativo que permite establecer métodos de actuación concretos para alcanzar los objetivos deseados, procurando siempre que las actividades ejecutadas se ajusten a lo planeado aplicando las medidas preventivas o correctivas que se consideren necesarias para alcanzarlo.

Para poder establecer un control, se deben fijar y comparar los estándares con los trabajos ejecutados, dichos estándares pueden ser:

a) De calidad:

Planos.- En estos se especifican las características particulares de cada una de las actividades que conforman el proceso productivo, tales como: lugar exacto por donde se ubica la línea principal de conducción, los accesorios y las líneas secundarias de conducción, así como sus longitudes correspondientes.

Especificaciones.- Describen la forma en que deben desarrollarse cada una de las actividades que forman el proceso productivo y los límites y tolerancias a que deben ajustarse.

Pruebas de laboratorio.- Tienen como finalidad el comprobar las características de los elementos que forman parte del proceso productivo al compararlas con estándares establecidos dentro de intervalos determinados; estas se hacen de acuerdo a los métodos predeterminados.

b) De cantidad: Se comparan los volúmenes reales contra los de proyecto.

c) De tiempo: En este se deben establecer los programas de secuencia y duración de actividades así como las medidas a tomar para evitar retrasos o para alcanzar el tiempo planeado.

d) De costo: Este se encarga de verificar que el costo real de la obra, por conceptos sea similar a la encontrada mediante el análisis de precios unitarios.

e) Controles administrativos:

Conceptos de obra.- Son cada una de las actividades que forman parte de todo el proceso constructivo.

Control de estimaciones.- Se refiere a la actividad enfocada a la determinación de las cantidades de obra ejecutada y el importe neto que arrojan, considerando deducciones, impuestos y pagos anticipados; así como el seguimiento de estas hasta el finiquito de la obra.

Programa de suministro de materiales.- En este se deben determinar los tiempos precisos y las cantidades necesarias de material que se utilizaran en el proceso constructivo.

Programa de avance de obra.- Se realiza mediante tablas o gráficas, y nos indican el avance de obra por conceptos.

Almacén.- En el se realiza la recepción y distribución de material, equipo y herramienta que garantizan la continuidad de la obra ; generalmente su distribución se maneja mediante vales cuyo objetivo es registrar las salidas, el importe y destino de los materiales o equipo solicitado.

V.4.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Este apartado describirá en forma detallada y secuencial las actividades que forman parte del proceso constructivo.

V.4.1.- Actividades preeliminares.

Antes de comenzar cualquier actividad primero debe contarse con el plano de cada uno de los frentes de trabajo, en este se indican los puntos por donde las líneas principales y secundarias de conducción cruzarán; así como los lugares donde quedarán ubicados los accesorios y las estructuras.

Los puntos por donde cruzará la línea principal de conducción deben quedar marcados en el terreno con estacas , de tal forma que el desmonte se pueda llevar a cabo sin errores o fuera de la línea entre punto y punto.

Después de marcar los puntos se procede a iniciar el desmonte y el despalme.

V.4.2.- Desmonte y despalme

Consiste en eliminar las vegetaciones y siembras existentes en las áreas de construcción; esto se hace con la finalidad de proporcionar los espacios adecuados para que la maquinaria y el equipo puedan realizar las actividades en completa libertad de acción.

Lo anterior involucra las siguientes actividades:

- a) Corte de árboles y arbustos.
- b) Roza de maleza, hierba, zacate y residuos de las siembras.
- c) Desenraice, extracción de troncos o tocones con raíces.
- d) Corte total de la siembra en caso de encontrarse esta en la línea principal de conducción.
- e) Limpia y quema: operación que consiste en retirar el producto del desmonte, hacia el lugar indicado por el residente y quemar lo que no sea utilizable.

Se puede realizar lo anterior a mano o con maquinaria, no siendo necesario hacerlo de la segunda forma debido a que la zona de trabajo presenta las siguientes características:

- 1.- Escasa o nula presencia de árboles.
- 2.- Presencia de siembra en la línea principal de conducción.
- 3.- Existencia limitada de arbustos y abundante maleza. El método manual es económico y es el más apropiado para el proyecto, se realiza con hachas, machetes, sierras eléctricas, azadones y rastrillos; atacando la siembra, arbustos y plantas.

V.4.3.- Trazo de la línea principal de conducción.

Una vez iniciado el desmonte se procede a realizar el trazado de la línea principal de conducción, esta se marcará con cal, de tal forma que sea fácilmente visible por el operador de la maquinaria.

V.4.4.- Excavación y afine de plantilla.

La excavación es una actividad vital dentro del proceso constructivo; antes de iniciarse cualquier trabajo debe contarse con alineamientos longitudinales y verticales del proyecto.

La excavación se realiza para crear un espacio donde se pueda alojar la tubería, incluyendo las operaciones necesarias para amacizar o limpiar la plantilla y taludes de la zanja (en el capítulo III se han detallado ya las características de la zanja por excavar y los problemas y soluciones posibles así como el tipo de maquinaria alternativa)

El material producto de excavación se deposita en un solo lado de la zanja, dejando un pasillo libre de 60 cm. entre el corte de la zanja y el pie del talud del bordo formado por dicho material.

El piso de la plantilla debe ser relativamente liso y firme, libre de rocas u objetos duros de tamaño mayor de 13 mm., cuando se encuentren rocas, pisos duros o piedras, el fondo de la zanja se debe sobre excavar para rellenarse con arena, de manera que exista una profundidad mínima entre el tubo y el material duro de cuando menos 10 cm.

El tubo debe descansar siempre sobre un lecho de tierra cribada o arena de río, con un espesor mínimo de 10 cm.

Las plantillas se apisonan hasta que el rebote del apisonador señale que se ha logrado la mayor compactación posible, para lo cual se humedece el material facilitando de esta forma la compactación.

Es importante que la plantilla de arena quede paralela al piso de la zanja, presentando una superficie libre de ondulaciones y rocas que provoquen algún esfuerzo mecánico en la tubería y por lo tanto la separación de la estructura de la misma formada por helicoides.

Las plantillas se realizan inmediatamente antes de tender la tubería y después de realizada la excavación, las actividades deben realizarse de forma secuencial para evitar atrasos provocados por posibles derrumbes de las paredes de la zanja.

La arena utilizada en el afine de la plantilla debe colocarse por los camiones en el costado contrario de donde se deposito el material producto de excavación; esta debe ser distribuida a intervalos uniformes a lo largo de la línea de excavación.

V.5.- FABRICACION DE TUBERIA DE PVC RIBLOCK

Las características de fabricación de la tubería de pvc. Riblock ofrecen ventajas frente a cualquier tubería de pvc.

Entre estas podemos mencionar las siguientes:

a) La fabricación de la tubería se realiza in-situ, solo se tiene que suministrar a la máquina un carrete que contiene un listón de pvc., la longitud de este listón queda restringida para fines prácticos, por el peso por metro lineal de tubo ya fabricado; el peso por metro lineal se reduce hasta en un 70% para tuberías de igual diámetro de pvc. rígido.

b) Se puede fabricar en cualquier diámetro, no hay necesidad de interpolar para obtener un diámetro mínimo económico.

c) La máquina que fabrica el tubo es sumamente ligera y de tamaño reducido, por lo que puede ser transportada con facilidad.

d) La máquina puede realizar simultáneamente dos actividades: fabricar y distribuir la tubería a lo largo de la zanja; esto se logra hacer desplazándola a intervalos de longitud equivalentes a los definidos para los tubos en el proyecto.

e) Las longitudes de fabricación de 25 ml. son determinados en el proyecto por el peso que ofrece el perfil 98 MX. y por la distancia a la que se deben efectuar las pruebas hidráulicas; sin embargo el tubo puede ser fabricado por la máquina a nivel de piso de zanja en longitudes restringidas por las pruebas hidráulicas y los cruceros.

Lo anterior se logra fabricando el tubo con una longitud equivalente al punto donde se tenga que localizar una válvula de admisión y expulsión de aire, un accesorio para la conexión de la línea secundaria de conducción o un cambio de dirección.

f) Se alcanzan velocidades de fabricación de hasta .3 ml. por segundo en diámetros de hasta 700 mm.

Cualquier otro tipo de tubería requeriría:

- a) Fabricación.
- b) Acarreo al lugar de la obra.
- c) Acarreo a lo largo de la línea de conducción.
- d) Manipulación para la instalación a cada seis metros.

Lo anterior implica gastos que se reflejan en el costo total de la obra.

V.5.1.- Colocación de la tubería de pvc. Riblock.

La instalación de tubería es el conjunto de operaciones que se deben ejecutar a lo largo y fuera de la zanja, incluyendo su posicionamiento dentro de la misma y el acoplamiento entre tubos o con piezas especiales, hasta la limpieza y prueba de los tubos para su aceptación dentro de los términos fijados por la Comisión Nacional del Agua.

Se deben tomar las precauciones necesarias para que la tubería no resienta daños durante su traslado al sitio de su utilización.

Para bajar los tubos al fondo de la zanja se utilizan malacates, grúas, bandas o cualquier dispositivo que impida que los tubos se golpeen o se dejen caer durante la operación.

Incluye también la instalación de cruceros donde la línea central de conducción sufre cambios de dirección o hay accesorios para la conexión de la línea secundaria de conducción.

Tales cruceros pueden ser de cuatro tipos:

1.- Cuando solo hay cambios de dirección o derivaciones.

Constan de codos de pvc Riblock de 25°, 45°, 60°, y 90°; una estructura de admisión y expulsión de aire, un cople tee de pvc Riblock y coples derivadores de pvc Riblock.

2.- Cuando hay cambios de dirección y accesorios para la conexión de la línea secundaria de conducción.

Constan de codos de pvc Riblock de 25°, 45°, 60°, y 90°; una estructura de admisión y expulsión de aire, un cople tee de pvc Riblock de 300 x 300 mm. x 1.0 m. con una válvula alfalfera y un codo para la conexión de la línea secundaria de conducción.

3.- Solo hay accesorios para la conexión de la línea secundaria de conducción.

Están formados estos cruceros por un cople tee de pvc Riblock de 300 x 300 mm. x 1.0 mm., una válvula alfalfera, un codo para la conexión de la línea secundaria de conducción y una estructura de admisión y expulsión de aire.

4.- Finalización de la línea primaria de conducción.

Este crucero esta formado por una tapa de pvc rígido, una estructura de admisión y expulsión de aire y un cople tee de pvc Riblock de 300 x 300 mm. x 1.0 m. con una válvula alfalfera acoplada al codo para la conexión de la línea secundaria de conducción.

La instalación de la tubería en la línea principal de conducción se inicia inmediatamente después de haber instalado el tren de descarga en la toma del pozo, este consta de una garza de fierro fundido bridada, una válvula reguladora de presión, una válvula de aire y vacío, una válvula de compuerta, una válvula derivadora, una tee de Fo. Fo. y un extremo recto de pvc Riblock.

V.5.2.- Descripción de la instalación de la tubería de pvc Riblock.

Los tubos por instalarse deben ser depositados en el piso de la zanja, este debe estar libre de rocas y ondulaciones, el acoplamiento del tren de descarga al primer tubo de pvc Riblock se hace mediante un extremo recto de pvc Riblock bridado, que esta formado por un circulo de pvc rígido de 300 mm. de diámetro interior y 350 de diámetro exterior con un ancho de dos pulgadas y doce orificios de $\frac{3}{4}$ de pulgada , unido a un extremo de pvc Riblock de 70 cm. de longitud; el acoplamiento entre el pvc rígido y el pvc Riblock se logra fundiendo ambos materiales con un dispositivo especial.

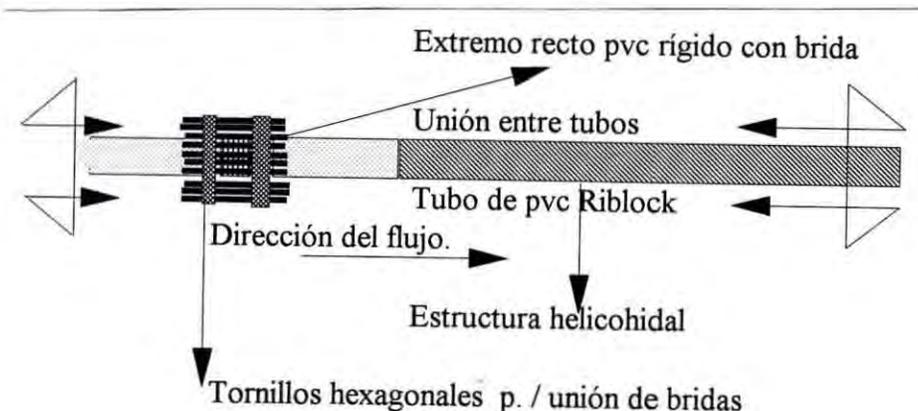


Figura V.5.2.1.- Extremo bridado fundido al tubo de pvc Riblock.

El tren de descarga de hierro fundido tiene en su parte baja un círculo bridado de 300 mm. de diámetro exterior, un espesor de $\frac{1}{4}$ de pulgada y doce orificios de $\frac{3}{4}$ de pulgada.

La unión del cuello de garza al extremo recto de pvc Riblock mencionado anteriormente se hace atornillando los orificios de ambos elementos con piezas de $\frac{3}{4}$ de pulgada por 3 pulgadas de alta resistencia y tuercas de $\frac{3}{4}$ de pulgada de alta resistencia.

Al límite de la superficie expuesta se le aplica silicón para evitar cualquier fuga.

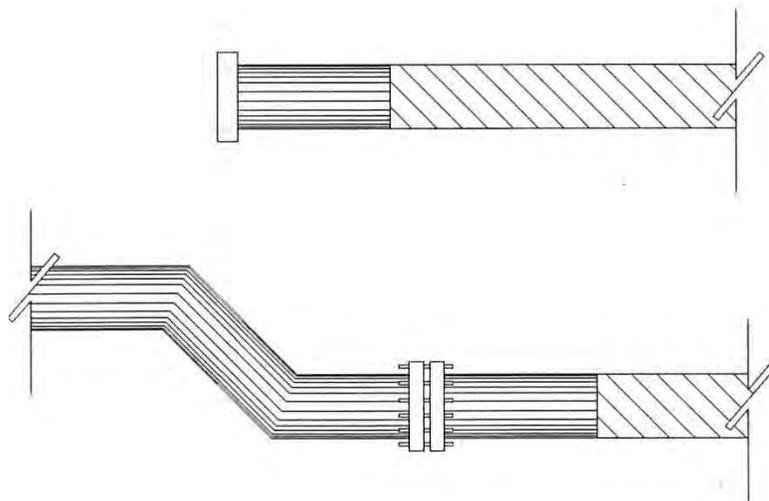


Figura V.5.2.2.- Acoplamiento del extremo de pvc Riblock al cuello de garza (tren de descarga).

El acoplamiento entre tubos se realiza utilizando una madrina fabricada con pvc; esta tiene las siguientes características:

Es circular y tiene un diámetro de 298 mm.; tiene un ancho de 15 cm. a partir del centro imaginario; en el centro se localiza una pestaña que se levanta perpendicularmente a la superficie de ella; tiene una altura igual a la del perfil de pvc Riblock y un ancho de 7 mm.

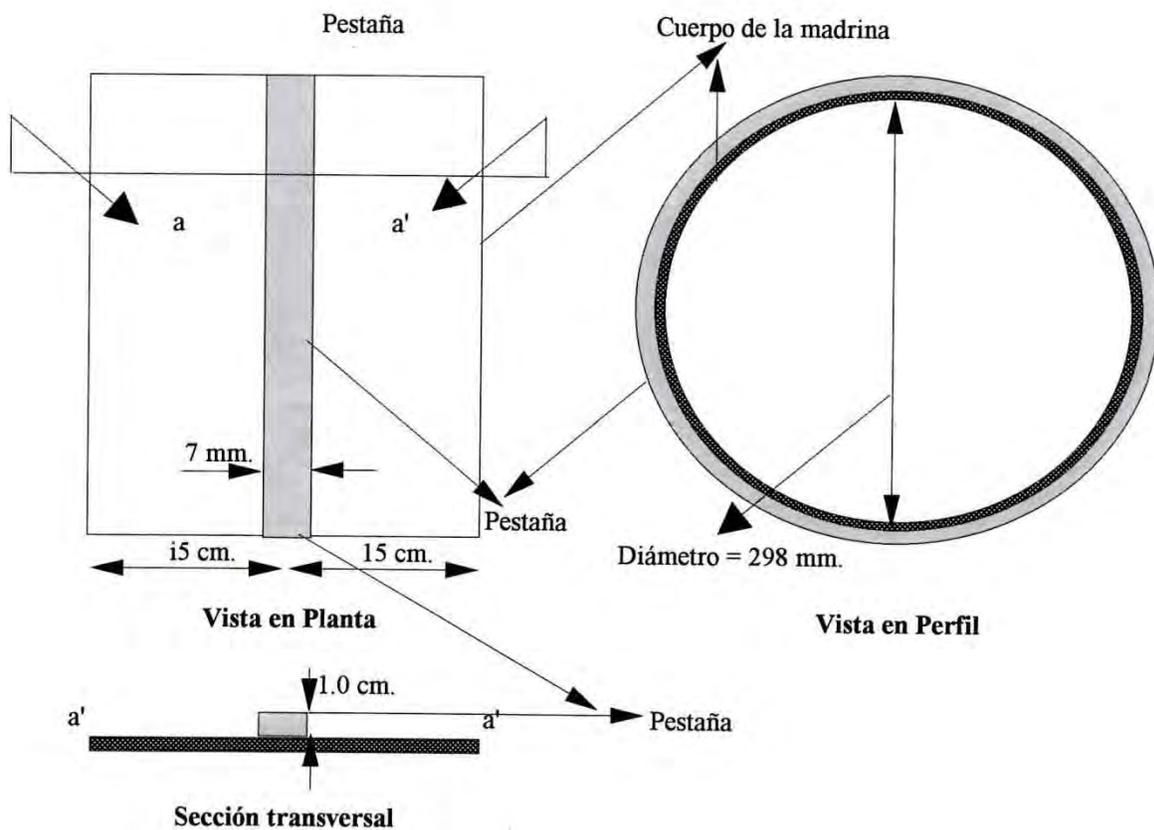


Figura V.5.2.3.- Características principales de la "madrina".

El primer tubo es impregnado con pegamento para pvc; éste tiene un aditivo expansor que además de fundir el pvc, provoca una expansión en su estructura; la madrina también es impregnada con pegamento en su cara exterior, después el tubo que será acoplado también es embarrado con el mismo pegamento; inmediatamente después se acopla la madrina al primer tubo y el segundo tubo es acoplado a la madrina.

Una vez unidos los tubos a través de la madrina, se procede a embarrar por la parte exterior las partes de tubo que estén en contacto con los extremos de la madrina.

Por lo menos durante dos minutos se debe evitar cualquier movimiento de los tubos.

La unión entre tubos y coples tees o tees se realiza de idéntica forma, lo único que cambia son las características geométricas del siguiente elemento por instalar.

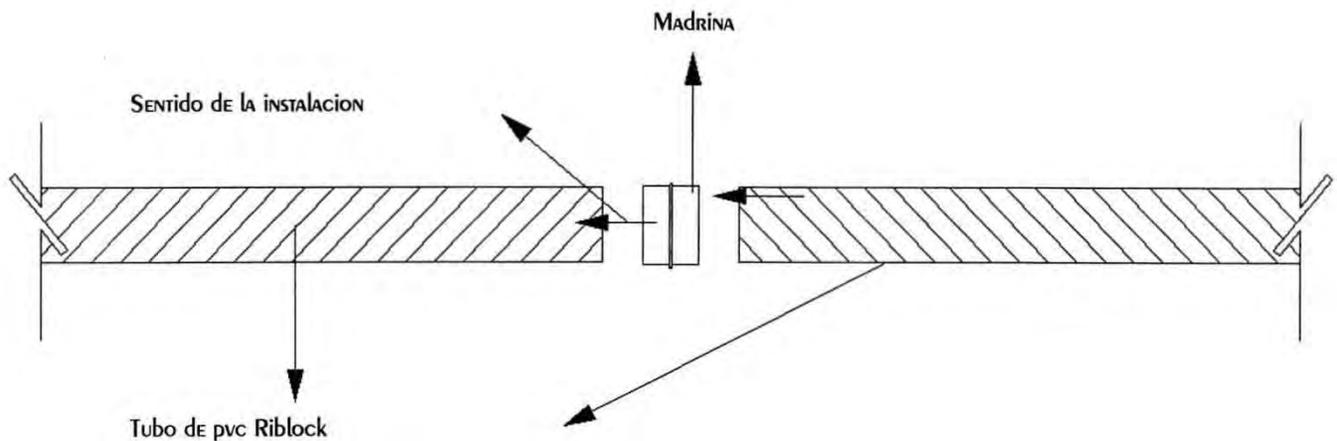
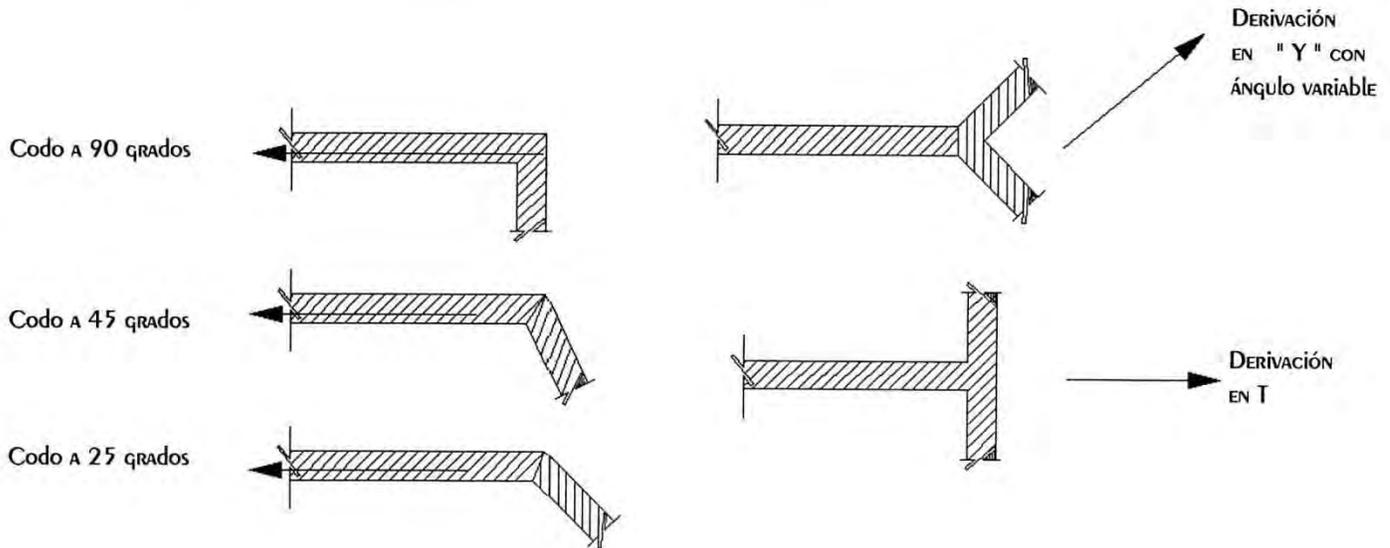


Figura V.5.2.4.- Acoplamiento entre tubo y tubo.

A continuación se muestran en forma esquemática cada uno de los cruceros antes mencionados:



Además se pueden dar combinaciones entre cualquiera de los 5 elementos.

Figura V.5.2.5.- Cruceros en cambios de dirección y derivaciones.

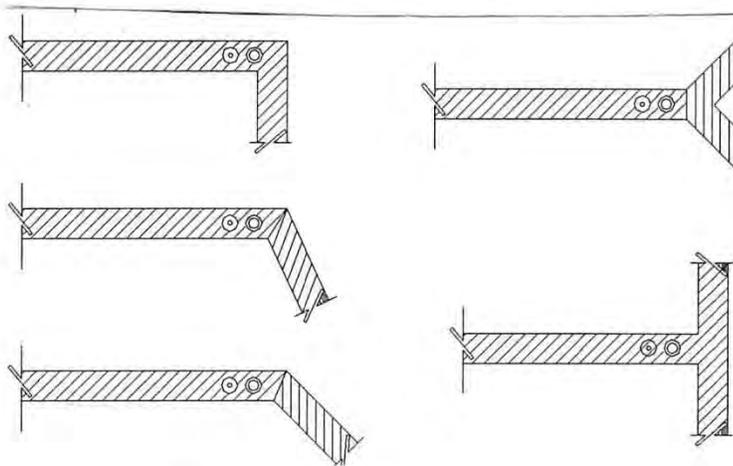
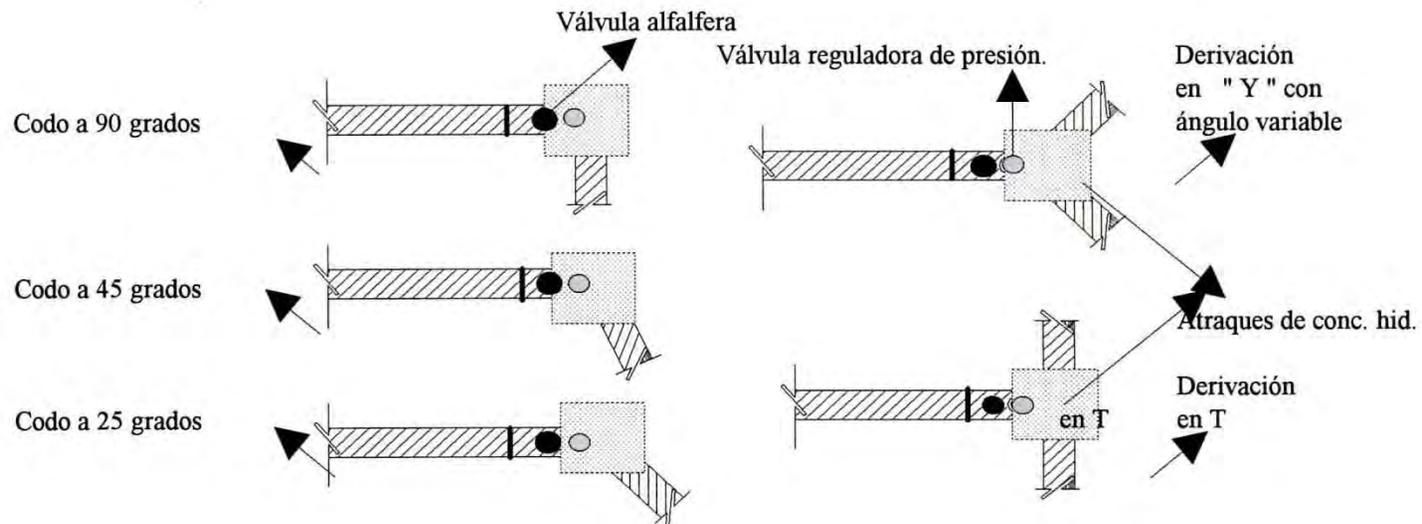


Figura V.5.2.6.- Cruceros donde hay cambios de dirección y accesorios para la conexión de la línea secundaria de conducción.



Los atraques deben colocarse en todos aquellos puntos donde la línea de conducción finaliza, sufre algún cambio de dirección y exista una válvula alfalfera ó de aire y vacío; esto, con el objeto de rigidizar la estructura para hacerla mas robusta ante los esfuerzos solicitantes.

Figura V.5.2.7.- Vista esquemática de los puntos de ubicación de atraques de concreto hidráulico.

Las estructuras para la conexión de las líneas secundarias de conducción tienen como finalidad el permitir la continuidad del flujo del agua hasta el punto más crítico; funciona como transición de la línea primaria a la secundaria y tiene características propias determinadas por los elementos que lo componen.

Una línea de conducción puede contar con un promedio de diez estructuras de este tipo; pero no todas pueden operar en forma simultánea, debido principalmente a la baja eficiencia con que lo harían.

Es práctico que de forma simultánea operen hasta tres estructuras con una eficiencia adecuada.

Existe un dispositivo que no permite la salida de agua en aquellas estructuras que no operan al momento de suministrar el agua de riego; este es conocido como tapa para válvula alfalfa para riego.

Cuando por alguna razón todos los accesorios para la conexión de la línea secundaria de conducción se encuentren cerrados con la tapa para válvula alfalfa para riego, se corre el riesgo de provocar presiones de trabajo mayores (en + o en -) a las de trabajo permisibles por las características de la tubería de pvc Riblock, por lo que es necesario colocar inmediatamente antes o después de las estructuras para la conexión de la línea secundaria una estructura de admisión y expulsión de aire

Los elementos que forman parte de las estructuras para la conexión de la línea secundaria de conducción y las de admisión y expulsión de aire se enlistan a continuación:

1.- Estructura para la conexión de la línea secundaria de conducción.

Cople de pvc Riblock de 300 x 300 mm. x 1.0 m.
Válvula alfalfa para riego de 300 mm.
Cople pvc. ced. 40 de 298 mm. de diámetro exterior.
Codo para riego por compuertas de 300 mm. x 250 mm.
Tapa vulcanizada para válvula de riego de 300 mm.

2.- Estructura para la admisión y expulsión de aire.

Cople de pvc Riblock de 300 mm. x 75 mm. x 1.0 m.
Cople pvc ced. 40 de 76 mm. de diámetro exterior.
Válvula de aire y vacío Watterman AV - 150.

Descripción de la instalación de los cruceros para la conexión de la línea sec. de conducción.

1.- El cople de pvc Riblock de 300 mm. x 300 mm. x 1.0 m. se instala a la línea de conducción en la forma anteriormente descrita.

- 2.- El cople de pvc ced. 40 de 298 mm. de diámetro exterior y el cople pvc Riblock de 300 mm. x 300 mm. x 1.0 m. son impregnados con el pegamento para pvc y el aditivo expansor de pvc, el cople pvc ced. 40 por la cara externa y el cople pvc Riblock por la pared interior con una profundidad a partir del extremo superior de 15 cm.
- 3.- Enseguida es colocado el pvc ced. 40 en el interior del cople pvc Riblock y se sostiene unos segundos sin permitir que se deslice mas de la mitad dentro.
- 4.- La válvula alfalfera para riego de 300 mm. es impregnada por su cara interior con el pegamento para pvc y el aditivo expansor; de inmediato se coloca sobre el cople pvc ced. 40 cubriéndolo totalmente.
- 5.- La tapa para la válvula alfalfera es colocada en ella, esto se logra haciéndola girar en el sentido de las manecillas del reloj, hasta que selle perfectamente a la válvula alfalfera.
- 6.- La actividad final es la colocación del codo de aluminio para riego por compuertas de 300 mm. x 250 mm., el codo tiene una pestaña abatible que forma parte de un cinturón de aluminio localizado en la base, este cinturón aumenta o disminuye su presión en la base del codo de tal forma que puede introducirse la válvula alfalfera dentro de el y al apretar el cinturón queda firmemente sujeta sin permitir ningún tipo de movimiento.

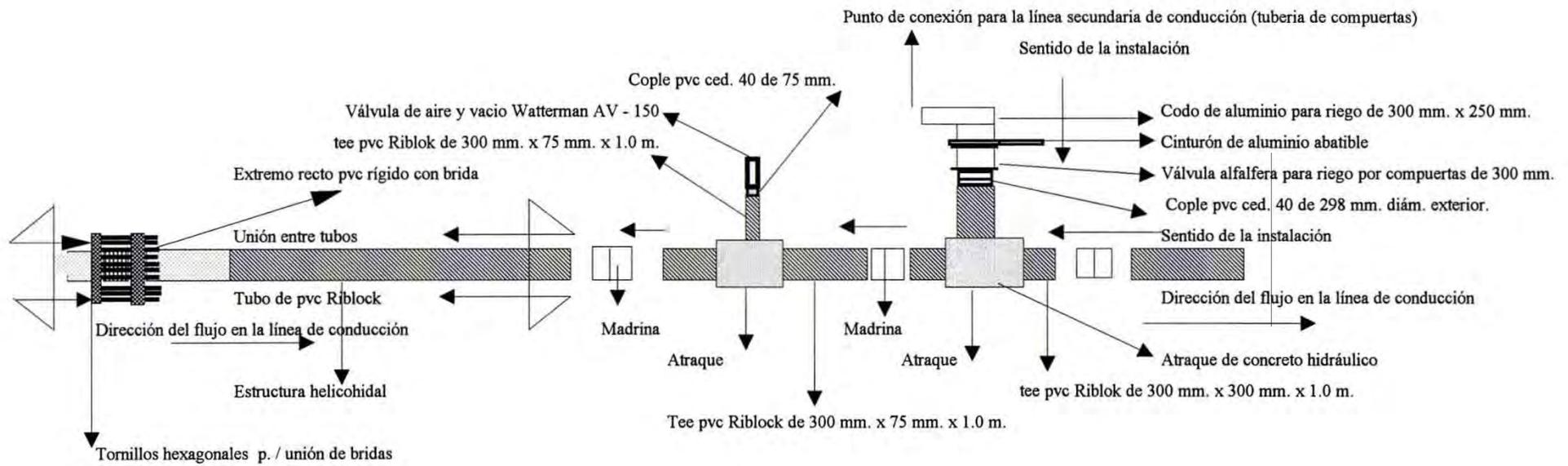


Figura V.5.2.8.- Esquema lateral de la instalación típica de los elementos verticales para la continuidad del flujo hacia la línea secundaria conducción en los puntos extremos e intermedios.

Descripción de la instalación de la estructura de admisión y expulsión de aire.

- 1.- Primero el cople tee de pvc Riblock de 300 mm x 75 mm. x 1.0 m. es unido a la estructura de conexión de la línea secundaria de conducción.
- 2.- El cople pvc ced. 40 de 76 mm. de diámetro interior se impregna con pegamento en su cara interior y se une al tramo de tubo de 75 mm. de diámetro.
- 3.- Después el cople de 76 mm. de diámetro interior se impregna con pegamento en su cara interior y se une al tramo de tubo de 75 mm. de diámetro.

Descripción de la instalación de la terminación de la línea primaria de conducción:

Invariablemente constará de una estructura de admisión y expulsión de aire, una estructura para la conexión de la línea secundaria de conducción y una tapa de pvc rígido.

Las instalación de las dos primeras estructuras ya se ha explicado anteriormente, de tal forma que solo mencionare la forma en que se instala la tapa de pvc rígido.

La tapa es de forma cuadrada con un ancho preferentemente mayor al diámetro exterior del tubo como mínimo, se coloca en forma transversal al sentido de la instalación de la línea de conducción en el extremo final del tubo, pero previamente se impregna con el pegamento para pvc. rígido, una vez realizada la actividad anterior se procede a embarrar en toda la circunferencia del tubo sobre los bordes que se encuentran en contacto, y finalmente se fija perfectamente bien con un atraque de concreto.

Todas las estructuras mencionadas y los cruceros deben ser fijados al piso y las paredes laterales de tal forma que no exista movimiento en ninguno de los tres planos ya que en caso de presentarse alguna sollicitación interna o externa en esos puntos podría provocarse alguna falla con la consiguiente rotura de la línea y fugas de agua.

V.6.- PRUEBAS HIDRAULICAS EN LA INSTALACIÓN.

Una vez realizada la instalación de la tubería de pvc. Riblock, se procede a realizar las pruebas hidráulicas correspondientes a determinar y verificar la correcta unión entre tubo y tubo y sus implementos auxiliares; para ello se utilizan bombas de autosucción con las cuales se llena y se vacía de agua a las líneas de conducción probadas.

Para probar cada tramo de tubería se hace lo siguiente:

Se tapa el extremo final instalado con una tapa de pvc rígido, de inmediato se llena toda la línea con agua y se le aplica carga con un equipo neumático hasta la presión de trabajo (10 m. de altura de carga), después se verifica la no existencia de fugas y se procede a la descarga.

Para que las fugas de agua se puedan detectar con facilidad se muertea la tubería, esta actividad consiste en cubrir con arena los puntos donde existen uniones entre tubo y tubo o alguno de sus accesorios, la arena al estar en contacto con el agua cambiara su color de un gris claro a un gris oscuro, en caso de detectarse alguna fuga se limpia esa zona de arena y una vez desalojada el agua se procede a impregnar de nuevo y en forma generosa el punto donde se detecto la fuga con el pegamento y aditivo expansor utilizado en la unión.

Las pruebas hidráulicas se realizan a la distancia especificada por la Comisión Nacional del Agua (250 m.) y serán verificadas por el residente de supervisión.

La prueba última que se realiza es la que se aplica a todo el sistema ya instalado, esto con el fin de verificar su funcionamiento final, es decir, observar que funcione de acuerdo a lo planeado.

V.7.- RELLENO COMPACTO

Esta actividad consiste en rellenar con arena los costados de la tubería y 30 cm. por encima de la corona compactando a mano o con equipo neumático tomando en cuenta las recomendaciones dictadas en el capítulo III (compactación de 35 kg./cm²), el laboratorio de la Comisión Nacional del Agua se encarga de verificar que esto se realiza, mediante las pruebas de laboratorio correspondientes (proctor), la compactación se realiza en capas no menores de 15 cm. cada una y humedeciendo la arena.

La arena que se utiliza con este fin se coloca con anticipación en un solo lado de la zanja a intervalos de distancia iguales.

El agua que se utiliza para humedecer la arena es proporcionada por una pipa que la descarga en recipientes acondicionado para tal fin.

V.8.- RELLENO A VOLTEO

Una vez realizado el relleno compacto hasta 30 cm. por encima de la corona del tubo se procede a rellenar el espacio sobrante con el material producto de excavación, esta actividad se realiza con el mismo equipo que realizo la actividad de crear el espacio para alojar a la tubería correspondiente a la línea de conducción primaria.

CONCLUSIONES



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

La evaluación por desempeño técnico, financiero y constructivo demuestra las ventajas que ofrece la modernización de los distritos de riego, en el corto, mediano y largo plazo, con la sustitución de canales de tierra por tubería de pvc riblock y de compuertas, con lo que se tienen mayores beneficios, ahorros, rapidez y crecimiento sostenido.

La implementación de políticas económicas encaminadas a detonar el desarrollo de las áreas rurales, debe incluir no solo la asignación de recursos, si no también la dirección técnica correcta que permita que la evolución se haga presente en el campo.

ANEXO A

TABLA PARA EL CALCULO DE Kt A PARTIR DE LA TEMPERATURA (t) EN 'C.

$$Kt = 0.03114t + 0.2396$$

Valores de Kt.

Temperatura
Grad. cent.

| t (°C) | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 |
|--------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 0.2396 | 0.24271 | 0.245828 | 0.248942 | 0.252056 | 0.25517 | 0.258284 | 0.261398 | 0.264512 | 0.267626 |
| 1 | 0.27074 | 0.27385 | 0.276968 | 0.280082 | 0.283196 | 0.28631 | 0.289424 | 0.292538 | 0.295652 | 0.298766 |
| 2 | 0.30188 | 0.30499 | 0.308108 | 0.311222 | 0.314336 | 0.31745 | 0.320564 | 0.323678 | 0.326792 | 0.329906 |
| 3 | 0.33302 | 0.33613 | 0.339248 | 0.342362 | 0.345476 | 0.34859 | 0.351704 | 0.354818 | 0.357932 | 0.361046 |
| 4 | 0.36416 | 0.36727 | 0.370388 | 0.373502 | 0.376616 | 0.37973 | 0.382844 | 0.385958 | 0.389072 | 0.392186 |
| 5 | 0.3953 | 0.39841 | 0.401528 | 0.404642 | 0.407756 | 0.41087 | 0.413984 | 0.417098 | 0.420212 | 0.423326 |
| 6 | 0.42644 | 0.42955 | 0.432668 | 0.435782 | 0.438896 | 0.44201 | 0.445124 | 0.448238 | 0.451352 | 0.454466 |
| 7 | 0.45758 | 0.46069 | 0.463808 | 0.466922 | 0.470036 | 0.47315 | 0.476264 | 0.479378 | 0.482492 | 0.485606 |
| 8 | 0.48872 | 0.49183 | 0.494948 | 0.498062 | 0.501176 | 0.50429 | 0.507404 | 0.510518 | 0.513632 | 0.516746 |
| 9 | 0.51986 | 0.52297 | 0.526088 | 0.529202 | 0.532316 | 0.53543 | 0.538544 | 0.541658 | 0.544772 | 0.547886 |
| 10 | 0.551 | 0.55411 | 0.557228 | 0.560342 | 0.563456 | 0.56657 | 0.569684 | 0.572798 | 0.575912 | 0.579026 |
| 11 | 0.58214 | 0.58525 | 0.588368 | 0.591482 | 0.594596 | 0.59771 | 0.600824 | 0.603938 | 0.607052 | 0.610166 |
| 12 | 0.61328 | 0.61639 | 0.619508 | 0.622622 | 0.625736 | 0.62885 | 0.631964 | 0.635078 | 0.638192 | 0.641306 |
| 13 | 0.64442 | 0.64753 | 0.650648 | 0.653762 | 0.656876 | 0.65999 | 0.663104 | 0.666218 | 0.669332 | 0.672446 |
| 14 | 0.67556 | 0.67867 | 0.681788 | 0.684902 | 0.688016 | 0.69113 | 0.694244 | 0.697358 | 0.700472 | 0.703586 |
| 15 | 0.7067 | 0.70981 | 0.712928 | 0.716042 | 0.719156 | 0.72227 | 0.725384 | 0.728498 | 0.731612 | 0.734726 |
| 16 | 0.73784 | 0.74095 | 0.744068 | 0.747182 | 0.750296 | 0.75341 | 0.756524 | 0.759638 | 0.762752 | 0.765866 |
| 17 | 0.76898 | 0.77209 | 0.775208 | 0.778322 | 0.781436 | 0.78455 | 0.787664 | 0.790778 | 0.793892 | 0.797006 |
| 18 | 0.80012 | 0.80323 | 0.806348 | 0.809462 | 0.812576 | 0.81569 | 0.818804 | 0.821918 | 0.825032 | 0.828146 |
| 19 | 0.83126 | 0.83437 | 0.837488 | 0.840602 | 0.843716 | 0.84683 | 0.849944 | 0.853058 | 0.856172 | 0.859286 |
| 20 | 0.8624 | 0.86551 | 0.868628 | 0.871742 | 0.874856 | 0.87797 | 0.881084 | 0.884198 | 0.887312 | 0.890426 |
| 21 | 0.89354 | 0.89665 | 0.899768 | 0.902882 | 0.905996 | 0.90911 | 0.912224 | 0.915338 | 0.918452 | 0.921566 |
| 22 | 0.92468 | 0.92779 | 0.930908 | 0.934022 | 0.937136 | 0.94025 | 0.943364 | 0.946478 | 0.949592 | 0.952706 |
| 23 | 0.95582 | 0.95893 | 0.962048 | 0.965162 | 0.968276 | 0.97139 | 0.974504 | 0.977618 | 0.980732 | 0.983846 |
| 24 | 0.98696 | 0.99007 | 0.993188 | 0.996302 | 0.999416 | 1.00253 | 1.005644 | 1.008758 | 1.011872 | 1.014986 |
| 25 | 1.0181 | 1.02121 | 1.024328 | 1.027442 | 1.030556 | 1.03367 | 1.036784 | 1.039898 | 1.043012 | 1.046126 |
| 26 | 1.04924 | 1.05235 | 1.055468 | 1.058582 | 1.061696 | 1.06481 | 1.067924 | 1.071038 | 1.074152 | 1.077266 |
| 27 | 1.08038 | 1.08349 | 1.086608 | 1.089722 | 1.092836 | 1.09595 | 1.099064 | 1.102178 | 1.105292 | 1.108406 |
| 28 | 1.11152 | 1.11463 | 1.117748 | 1.120862 | 1.123976 | 1.12709 | 1.130204 | 1.133318 | 1.136432 | 1.139546 |
| 29 | 1.14266 | 1.14577 | 1.148888 | 1.152002 | 1.155116 | 1.15823 | 1.161344 | 1.164458 | 1.167572 | 1.170686 |
| 30 | 1.1738 | 1.17691 | 1.180028 | 1.183142 | 1.186256 | 1.18937 | 1.192484 | 1.195598 | 1.198712 | 1.201826 |
| 31 | 1.20494 | 1.20805 | 1.211168 | 1.214282 | 1.217396 | 1.22051 | 1.223624 | 1.226738 | 1.229852 | 1.232966 |
| 32 | 1.23608 | 1.23919 | 1.242308 | 1.245422 | 1.248536 | 1.25165 | 1.254764 | 1.257878 | 1.260992 | 1.264106 |
| 33 | 1.26722 | 1.27033 | 1.273448 | 1.276562 | 1.279676 | 1.28279 | 1.285904 | 1.289018 | 1.292132 | 1.295246 |



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ANEXO B

TABLA DE VALORES DEL COEFICIENTE DE DESARROLLO Kc

Valores de Kc.

| CULTIVO | K | Periodo vegetativo en meses | Coeficiente de desarrollo Kc | | | | | | | | | | | |
|---------|------------------|--------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| PAPA | 0.65 a | 3 | 0.480 | 1.178 | 1.378 | | | | | | | | | |
| | | 4 | 0.425 | 0.940 | 1.340 | 1.340 | | | | | | | | |
| | | 5 | 0.400 | 0.740 | 1.180 | 1.380 | 1.310 | | | | | | | |
| PASTOS | 0.75 | PERENNE | 0.500 | 0.616 | 0.750 | 0.870 | 0.925 | 0.930 | 0.950 | 0.950 | 0.870 | 0.800 | 0.670 | 0.520 |
| CAÑA | 0.75 | PERENNE | 0.310 | 0.410 | 0.600 | 0.750 | 0.870 | 0.950 | 1.010 | 1.030 | 1.020 | 0.990 | 0.930 | 0.860 |
| REMOLAC | 0.65 a | 3 | 0.580 | 1.100 | 1.200 | | | | | | | | | |
| | | 4 | 0.530 | 0.900 | 1.220 | 1.150 | | | | | | | | |
| | | 5 | 0.505 | 0.800 | 1.111 | 1.245 | 1.132 | | | | | | | |
| | | 6 | 0.500 | 0.705 | 0.980 | 1.200 | 1.244 | 1.120 | | | | | | |
| | | 7 | 0.495 | 0.650 | 0.888 | 1.100 | 1.220 | 1.220 | 1.118 | | | | | |
| | | 8 | 0.485 | 0.600 | 0.800 | 1.000 | 1.170 | 1.240 | 1.200 | 1.111 | | | | |
| TABACO | 0.75 | 7 | 0.230 | 0.460 | 0.640 | 0.980 | 1.010 | 0.870 | 0.370 | | | | | |
| SORGO | 0.7 0.8 | 4 | 0.426 | 0.970 | 0.960 | 0.665 | | | | | | | | |
| | | 5 | 0.400 | 0.825 | 1.070 | 0.880 | 0.640 | | | | | | | |
| CACAHUA | 0.65 | 5 | 0.250 | 0.600 | 0.800 | 0.820 | 0.660 | | | | | | | |
| TOMATE | 0.7 0.7 | 4 | 0.457 | 0.700 | 1.020 | 0.835 | | | | | | | | |
| | | 5 | 0.460 | 0.570 | 0.950 | 0.987 | 0.800 | | | | | | | |
| TRIGO | 0.7 a 0.85 | 4 | 0.400 | 1.200 | 1.630 | 1.030 | | | | | | | | |
| | | 5 | 0.370 | 0.914 | 1.512 | 1.572 | 0.943 | | | | | | | |
| | | 6 | 0.340 | 0.743 | 1.314 | 1.600 | 1.457 | 0.885 | | | | | | |
| SORGO | 0.7 a 0.85 | 4 | 1.168 | 1.514 | 1.428 | 1.000 | | | | | | | | |
| | | 5 | 1.043 | 1.514 | 1.485 | 1.374 | 0.942 | | | | | | | |
| | | 6 | 0.950 | 1.514 | 1.510 | 1.457 | 1.330 | 1.070 | | | | | | |
| | | 7 | 0.857 | 1.486 | 1.497 | 1.485 | 1.400 | 1.263 | 0.772 | | | | | |

ANEXO C

Porcentaje de horas - luz en el día para cada mes del año, en relación al número total en un año.

Valores de p

| Latitud. (N) | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|--------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 0 | 8.50 | 7.66 | 8.49 | 8.21 | 8.50 | 8.22 | 8.50 | 8.49 | 8.21 | 8.50 | 8.22 | 8.16 |
| 5 | 8.32 | 7.57 | 8.47 | 8.29 | 8.65 | 8.41 | 8.68 | 8.60 | 8.23 | 8.42 | 8.07 | 8.01 |
| 10 | 8.14 | 7.47 | 8.45 | 8.37 | 8.81 | 8.60 | 8.86 | 8.71 | 8.25 | 8.34 | 7.91 | 7.85 |
| 15 | 7.96 | 7.36 | 8.44 | 8.98 | 8.80 | 9.05 | 8.83 | 8.28 | 8.20 | 7.75 | 7.88 | 7.82 |
| 16 | 7.93 | 7.35 | 8.43 | 9.01 | 8.83 | 9.07 | 8.85 | 8.27 | 8.24 | 7.72 | 7.83 | 7.77 |
| 17 | 7.86 | 7.32 | 8.42 | 9.04 | 8.87 | 9.11 | 8.87 | 8.27 | 8.22 | 7.69 | 7.80 | 7.74 |
| 18 | 7.83 | 7.30 | 8.41 | 9.09 | 8.92 | 9.16 | 8.90 | 8.27 | 8.21 | 7.66 | 7.74 | 7.68 |
| 19 | 7.79 | 7.28 | 8.41 | 9.11 | 8.97 | 9.20 | 8.92 | 8.28 | 8.19 | 7.63 | 7.71 | 7.65 |
| 20 | 7.74 | 7.26 | 8.40 | 9.14 | 9.00 | 9.23 | 8.95 | 8.29 | 8.17 | 7.59 | 7.71 | 7.65 |
| 21 | 7.71 | 7.24 | 8.40 | 9.18 | 9.05 | 9.29 | 8.98 | 8.29 | 8.15 | 7.54 | 7.66 | 7.60 |
| 22 | 7.66 | 7.21 | 8.40 | 9.22 | 9.09 | 9.33 | 9.00 | 8.30 | 8.13 | 7.50 | 7.62 | 7.56 |
| 23 | 7.61 | 7.19 | 8.40 | 9.24 | 9.12 | 9.35 | 9.02 | 8.30 | 8.11 | 7.47 | 7.55 | 7.49 |
| 24 | 7.58 | 7.17 | 8.39 | 9.30 | 9.20 | 9.41 | 9.05 | 8.31 | 8.09 | 7.43 | 7.50 | 7.44 |
| 25 | 7.49 | 7.13 | 8.40 | 9.32 | 9.22 | 9.43 | 9.08 | 8.30 | 8.08 | 7.40 | 7.46 | 7.40 |
| 26 | 7.43 | 7.12 | 8.38 | 9.38 | 9.30 | 9.49 | 9.10 | 8.31 | 8.06 | 7.36 | 7.41 | 7.35 |
| 27 | 7.40 | 7.09 | 8.39 | 9.40 | 9.32 | 9.52 | 9.13 | 8.32 | 8.03 | 7.36 | 7.35 | 7.29 |
| 28 | 7.35 | 7.07 | 8.37 | 9.46 | 9.38 | 9.58 | 9.16 | 8.32 | 8.02 | 7.22 | 7.31 | 7.25 |
| 29 | 7.30 | 7.04 | 8.38 | 9.49 | 9.43 | 9.61 | 9.19 | 8.32 | 8.00 | 7.22 | 7.27 | 7.21 |
| 30 | 7.25 | 7.03 | 8.36 | 9.53 | 9.49 | 9.67 | 9.22 | 8.32 | 7.99 | 7.19 | 7.20 | 7.14 |
| 31 | 7.20 | 7.00 | 8.37 | 9.57 | 9.54 | 9.72 | 9.24 | 8.34 | 7.95 | 7.15 | 7.14 | 7.08 |
| 32 | 7.02 | 6.97 | 8.35 | 9.63 | 9.60 | 9.77 | 9.28 | 8.33 | 7.95 | 7.11 | 7.09 | 7.03 |

| Latitud. (S) | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|--------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| 0 | 8.25 | 7.41 | 8.24 | 7.96 | 8.25 | 7.97 | 8.25 | 8.24 | 7.96 | 8.25 | 7.97 | 7.91 |
| 5 | 8.07 | 7.32 | 8.22 | 8.04 | 8.40 | 8.16 | 8.43 | 8.35 | 7.98 | 8.17 | 7.82 | 7.76 |
| 10 | 7.89 | 7.22 | 8.20 | 8.12 | 8.56 | 8.35 | 8.61 | 8.46 | 8.00 | 8.09 | 7.66 | 7.60 |
| 15 | 7.71 | 7.11 | 8.19 | 8.73 | 8.55 | 8.80 | 8.58 | 8.03 | 7.95 | 7.50 | 7.63 | 7.57 |
| 16 | 7.68 | 7.10 | 8.18 | 8.76 | 8.58 | 8.82 | 8.60 | 8.02 | 7.99 | 7.47 | 7.58 | 7.52 |
| 17 | 7.61 | 7.07 | 8.17 | 8.79 | 8.62 | 8.86 | 8.62 | 8.02 | 7.97 | 7.44 | 7.55 | 7.49 |
| 18 | 7.58 | 7.05 | 8.16 | 8.84 | 8.67 | 8.91 | 8.65 | 8.02 | 7.96 | 7.41 | 7.49 | 7.43 |
| 19 | 7.54 | 7.03 | 8.16 | 8.86 | 8.72 | 8.95 | 8.67 | 8.03 | 7.94 | 7.38 | 7.46 | 7.40 |
| 20 | 7.49 | 7.01 | 8.15 | 8.89 | 8.75 | 8.98 | 8.70 | 8.04 | 7.92 | 7.34 | 7.46 | 7.40 |
| 21 | 7.46 | 6.99 | 8.15 | 8.93 | 8.80 | 9.04 | 8.73 | 8.04 | 7.90 | 7.29 | 7.41 | 7.35 |
| 22 | 7.41 | 6.96 | 8.15 | 8.97 | 8.84 | 9.08 | 8.75 | 8.05 | 7.88 | 7.25 | 7.37 | 7.31 |
| 23 | 7.36 | 6.94 | 8.15 | 8.99 | 8.87 | 9.10 | 8.77 | 8.05 | 7.86 | 7.22 | 7.30 | 7.24 |
| 24 | 7.33 | 6.92 | 8.14 | 9.05 | 8.95 | 9.16 | 8.80 | 8.06 | 7.84 | 7.18 | 7.25 | 7.19 |
| 25 | 7.24 | 6.88 | 8.15 | 9.07 | 8.97 | 9.18 | 8.83 | 8.05 | 7.83 | 7.15 | 7.21 | 7.15 |
| 26 | 7.18 | 6.87 | 8.13 | 9.13 | 9.05 | 9.24 | 8.85 | 8.06 | 7.81 | 7.11 | 7.16 | 7.10 |
| 27 | 7.15 | 6.84 | 8.14 | 9.15 | 9.07 | 9.27 | 8.88 | 8.07 | 7.78 | 7.11 | 7.10 | 7.04 |
| 28 | 7.10 | 6.82 | 8.12 | 9.21 | 9.13 | 9.33 | 8.91 | 8.07 | 7.77 | 6.97 | 7.06 | 7.00 |
| 29 | 7.05 | 6.79 | 8.13 | 9.24 | 9.18 | 9.36 | 8.94 | 8.07 | 7.75 | 6.97 | 7.02 | 6.96 |
| 18 | 7.02 | 8.02 | 9.02 | 10.02 | 11.02 | 12.02 | 13.02 | 14.02 | 15.02 | 16.02 | 17.02 | 18.02 |
| 30 | 7.00 | 6.78 | 8.11 | 9.28 | 9.24 | 9.42 | 8.97 | 8.07 | 7.74 | 6.94 | 6.95 | 6.89 |
| 19 | 6.98 | 7.98 | 8.98 | 9.98 | 10.98 | 11.98 | 12.98 | 13.98 | 14.98 | 15.98 | 16.98 | 17.98 |
| 31 | 6.95 | 6.75 | 8.12 | 9.32 | 9.29 | 9.47 | 8.99 | 8.09 | 7.70 | 6.90 | 6.89 | 6.83 |
| 32 | 6.77 | 6.72 | 8.10 | 9.38 | 9.35 | 9.52 | 9.03 | 8.08 | 7.70 | 6.86 | 6.84 | 6.78 |

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA:

HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS

Ed. Mc Graw Hill. Mèxico. 1992.
Richard H. French.

HIDRAULICA GENERAL TOMO I.

Ed. Limusa. Mèxico. 1986.
Gilberto Sotelo Avila.

COSTO Y TIEMPO EM EDIFICACION

Ed. Limusa. Mèxico. 1982.
Ing. Carlos Suarez Salazar.

CONSTRUCCIÓN PESADA.

Fundec. Mèxico. 1988.
Ing. Rafael Aburto Baldes.

DISEÑO DE ZONAS DE RIEGO POR GRAVEDAD.

Ed. Limusa. Mèxico. 1993.
Ing. Carlos Zamora Villanueva.

TOPOGRAFIA.

Ed. UNAM. Mexico. 1992
Ing. Alfredo Alfredo Salazar Torres.

MOVIMIENTO DE TIERRAS.

Fundec. Mèxico. 1988.
Ing. Rafael Aburto Baldes.

INFORMACION PROPORCIONADA POR EL DISTRITO DE RIEGO 011
CORRESPONDIENTE A LA GERENCIA ESTATAL DEL AGUA DE CELEYA
GUANAJUATO.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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