

300615

3



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA

Incorporada a la U.N.A.M.

DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO

T E S I S

Que para obtener el título de:

ingeniero civil

p r e s e n t a :

GABRIEL DOMINGUEZ SALAS

MEXICO, D. F.

2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.



Al Pasante Señor Gabriel Domínguez Salas

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Ud., a continuación, el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Señor Ing. Miguel González Azuara. para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero Civil.

" DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO "

Con el siguiente índice:

	INTRODUCCION
CAPITULO I	FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA
CAPITULO II	ASPECTOS GENERALES DE AGROLOGIA
CAPITULO III	ASPECTOS GENERALES DE MECANICA DE SUELOS
CAPITULO IV	ASPECTOS GENERALES DE HIDROLOGIA
CAPITULO V	COEFICIENTES UNITARIOS DE RIEGO
CAPITULO VI	COEFICIENTES UNITARIOS DE DRENAJE
CAPITULO VII	RIEGO Y DRENAJE
CAPITULO VIII	ESTRUCTURAS TIPO Y ESPECIALES
	CONCLUSIONES

UNIVERSIDAD LA SALLE

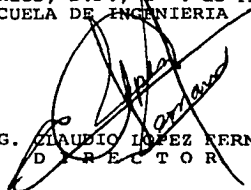
BENJAMIN FRANKLIN 47, TEL. 516-99-00 MEXICO 06140 D. F.



Ruego a Ud., tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar -- Servicio Social como requisito indispensable para sustentar -- Examen Profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la Tesis, el Título -- del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e .

INDIVISA MANENT
México, D.F., a 4 de Marzo de 1983.
ESCUELA DE INGENIERIA



ING. CLAUDIO LOPEZ FERNANDEZ
D I R E C T O R

UNIVERSIDAD LA SALLE

BENJAMIN FRANKLIN 47, TEL. 516-99-00 MEXICO 06140 D. F.

A LA MEMORIA
DE MIS PADRES

CON TODO CARINO
A MI ESPOSA
JUDITH PILAR
Y MI HIJA CAROLINA

AL

SEÑOR ING. MIGUEL GONZALEZ AZUARA
DIRECTOR DEL SEMINARIO DE TESIS

AL

SEÑOR ING. JAVIER VAZQUEZ TIRADO
POR SU COOPERACION EN EL DESARROLLO
DE ESTE TRABAJO

AGRADEZCO LA COOPERACION DESINTERESADA DE LAS
SIGUIENTES PERSONAS:

AL ING. FRANCISCO O'REILLY CASTILLA

AL ING. MARCELINO DEL ANGEL GONZALEZ

A LA SRA. MA. ELENA CHAVEZ DE ORTIZ

A TODOS ELLOS MI RESPETO Y ADMIRACION.

INDICE GENERAL

	PAGINA No.
INTRODUCCION	1
ASPECTOS GENERALES ENTRE EL DISEÑO Y OPERACION DE UN SISTEMA DE RIEGO	2
ESTUDIOS	
1. TOPOGRAFICOS	3
2. HIDROLOGICOS	3
3. ESTUDIOS AGROLOGICOS	4
4. HIDROMETEOROLOGICOS	4
5. GEOLOGICOS	4
CAPITULO I	
FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA	5
OBJETIVO	8
ASPECTOS IMPORTANTES EN UN SISTEMA DE RIEGO	5- 7
EVALUACION DE PROYECTOS	8-12
CONSIDERACIONES SOBRE LOS INDICES	13
FORMULAS DE SERIES ANUALES UNIFORMES	14-15
ANALISIS ECONOMICO DE UN EJEMPLO	15-22

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES DE AGROLOGIA	23
NATURALEZA DEL SUELO	23-24
PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS	24-31
PERFIL DEL SUELO	31-33
CLASIFICACION DE SUELOS	34-36
RELACION DE CLASES DEL SISTEMA DE CLASIFICACION FRANCES Y PERFILES DOMINANTES	36-38
ESTUDIOS AGROLOGICOS	39-40
CLASIFICACION DE LOS SUELOS SALINOS Y SODICOS Y SUS CARACTERISTICAS	41

CAPITULO III

ASPECTOS GENERALES DE MECANICA DE SUELOS	42
PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS	42-45
SIMBOLOGIA DE SUELOS	46
GRANULOMETRIA POR MALLAS	47-50
LIMITES DE CONSISTENCIA	51
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS	52-56
CARTA DE PLASTICIDAD	57
MECANICA DE SUELOS EN UN SISTEMA DE RIEGO	58
DIFERENTES CASOS DE CIMENTACION	58-60
TIPOS DE SECCION	60-62
FLUJO DE AGUA EN SUELOS	62-65

CAPITULO IV

ASPECTOS GENERALES DE HIDROLOGIA	66
CICLO HIDROLOGICO	66- 67
PRECIPITACION	67- 68
ESTACIONES CLIMATOLOGICAS	68
ANALISIS DE LA PRECIPITACION	69- 72
ESCURRIMIENTO	73
CLASIFICACION DEL ESCURRIMIENTO EN TERMINOS DE SU RAPIDEZ	74
ASPECTOS GENERALES SOBRE ESCURRIMIENTO	74- 80
METODO DE CHOW	81- 89
EJEMPLO NUMERICO	

CAPITULO V

COEFICIENTES UNITARIOS DE RIEGO	90
USO CONSUNTIVO DEL AGUA	91
METODO DEL DR. THORNTHWAITE	92- 94
METODO BLANEY Y CRIDDLE	94- 98
LAMINA DE RIEGO	98- 99
EFICIENCIA DE CONDUCCION, EFICIENCIA PARCELARIA Y EFICIENCIA DE DISTRITO	100-101
RELACION SUELO-AGUA-PLANTA (EJEMPLO NUMERICO)	101-106
TABLAS	107-110
COEFICIENTES DE DESARROLLO	111-113

	PAGINA No.
CAPITULO VI	
COEFICIENTES UNITARIOS DE DRENAJE	114-115
BENEFICIOS DE UN BUEN DRENAJE	116
METODOS PARA OBTENER EL GASTO MAXIMO DE DISEÑO	117-120
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR	120-123
PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE LOS COEFICIENTES UNITARIOS DE DRENAJE (EJEMPLO NUMERICO)	123-127

CAPITULO VII	
RIEGO Y DRENAJE	128
CLASIFICACION DE METODOS DE RIEGO SUPERFICIALES	128-134
METODOS DE RIEGO AEREOS	134-138
RIEGOS MIXTOS	138
LOCALIZACION DEL CANAL PRINCIPAL	138-139
CAPACIDAD DEL CANAL PRINCIPAL	139-141
SECCION CANAL PRINCIPAL	142-143
DISEÑO DE LAS SECCIONES DEL CANAL PRINCIPAL	143-145
SISTEMA DE DISTRIBUCION	145-146
PLANEACION (EJEMPLO NUMERICO)	147-149
TIPOS DE DRENAJE AGRICOLA	150-151

	PAGINA No.
CAPITULO VIII	
ESTRUCTURAS TIPO Y ESPECIALES	152
ESTRUCTURAS DE CRUCE	152-153
ESTRUCTURAS DE PROTECCION	153-154
SIFON INVERTIDO (EJEMPLO) PROCEDIMIENTO DE CALCULO	155-157
PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE UNA ALCANTARILLA	158-160
CONCLUSIONES	161

INTRODUCCION

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En los últimos años se ha hecho crítica la producción de alimentos en nuestro país originando la importación de grandes volúmenes de granos o productos básicos, la fuga de divisas y la inflación.

Por lo que para llegar a la autosuficiencia alimentaria es necesario realizar grandes obras de infraestructura hidráulica como Distritos de Riego, Presas de Almacenamiento, Obras de Derivación, etc.

En esta tesis se pretende abordar sobre "Diseño de Sistemas de Riego". Los aspectos generales de los estudios de los que todo proyecto o sistema de riego debe comprender como: la planeación, construcción y operación. Siendo necesaria la experiencia de elementos técnicos especializados en sus diferentes niveles tanto en gabinete como en el campo.

En la planeación de este tipo de obras es importante considerar los tres aspectos que conforman un buen proyecto.

- a) El aspecto técnico.
- b) El aspecto recursos económicos.
- c) El aspecto financiero.

Así como la selección de aplicación de normas de criterio y diseño obtenidas de la confrontación de resultados en el desarrollo o ejecución de trabajos de un mismo tipo que se hayan elaborado con la finalidad de obtener eficiencia y economía tanto en construcción y operación en los distritos de riego.

Lo anterior con el objeto de incluir dentro del nuevo proyecto las recomendaciones en el manejo de las demandas de diseño máximas y mínimas del agua destinada al riego y conducida por un sistema de distribución al sitio en estudio así como el funcionamiento de las estructuras según planes de cultivo y programas de riego previstos.

- ASPECTOS GENERALES ENTRE EL DISEÑO Y LA OPERACION DE UN SISTEMA DE RIEGO.

a) Operación y conservación de los distritos de riego.

Se llama así a la administración de las obras ejecutadas para promover el desarrollo agropecuario de la región. Al inicio de todo proyecto las inversiones son elevadas pero conforme avanza el proyecto se van reduciendo y los beneficios aumentando que es el objetivo - que se pretende y se debe tener presente.

b) Diseño y operación de estructuras de distribución y protección.

En el proyecto influirán las condiciones de suministro de agua según sea la fuente de aprovisionamiento como: Presas de almacenamiento, captación directa de aguas superficiales, bombeo de aguas subterráneas, etc.

Las características hidráulicas tienen relación directa con los volúmenes disponibles de la fuente de suministro, así como la forma de entregar el agua al usuario, es decir debe haber un manejo y control en la oferta y demanda para el diseño del sistema de distribución y drenaje.

c) Normas particulares de diseño.

Existen gran número de normas de diseño sobre el dimensionamiento de los canales de conducción, canales de distribución, tamaños de lotes o parcelas, drenaje, caminos, obras complementarias para el mejor funcionamiento de las estructuras.

d) Promoción de obras.

Este aspecto es importante tanto en construcción y operación de un distrito de riego con la finalidad de que los usuarios conozcan las obras desde su inicio así como su funcionamiento y motivarlos de los beneficios producto de su conservación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. ESTUDIOS TOPOGRAFICOS.
AEREOS O TERRESTRES.

- a) Aéreos.- Estos se efectúan de manera eficiente en la configuración - de zonas vírgenes para estudios preliminares y de gran visión. La escala usual es de 1:20 000.
- b) Terrestres.- Que sirven de apoyo en las distintas etapas de la planeación, distribución, caminos, perfiles longitudinales, secciones transversales de canales, diques, sifones, etc.

Las escalas más usadas son:

- 1:50 000 Para estudios de gran visión.
- 1:20 000 Para localización de canales de conducción, distribución y delimitación de la zona regable.
- 1:5 000 En el proyecto definitivo en la localización de los canales principales del sistema de distribución, drenaje, caminos y lotificación.
- 1:1 000 Para topografía plana o casi plana, presas derivadoras - sus estructuras, lotificación y parcelamiento.

2. ESTUDIOS HIDROLOGICOS.

En los cuales son importantes los datos climatológicos que sirven de - apoyo a los estudios hidrológicos.

Nos permiten conocer las avenidas probables de los escurrimientos superficiales disponibles, así como los faltantes de agua, índices de escurrimiento para el diseño de las obras hidráulicas.

3. ESTUDIOS AGROLOGICOS.

Estos estudios permiten conocer los tipos de suelos y clasificación, es decir, pueden ser la. ,2a., 3a. características (profundidad, salinidad, solubilidad), niveles freáticos y piezométricos, definen los planes de cultivo de diseño.

4. ESTUDIOS HIDROMETEOROLOGICOS.

Nos facilitan la información de precipitación y escurrimiento superficial en la zona de estudio, para saber los volúmenes de agua disponibles y establecer la alternativa que más se ajuste a tales volúmenes.

5. ESTUDIOS GEOLOGICOS.

El ingeniero debe tener la información necesaria para definir las condiciones del material en donde se construirán los canales, drenes y los datos de los bancos de préstamo, con lo cual se cuantificarán los volúmenes de excavaciones de materiales diversos. Con este estudio se está en condiciones de saber el tipo de suelo en donde se desplantarán las obras requeridas por el proyecto, su capacidad y resistencia.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CAPITULO I

FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA

Objetivo.

La realización de un sistema de riego genera dentro de la economía del país elementos dinámicos que se traducen en bienes y servicios.

El proyecto de un sistema de riego comprende dos etapas que son:

Etapas de Estudio.

Que se define como el conjunto de antecedentes que permiten juzgar las ventajas y desventajas que presenta la asignación de recursos económicos a una zona o unidad productiva.

Etapas de Realización.

En esta etapa, el conjunto de antecedentes y planes que permiten ejecutar la unidad productiva.

Aspectos Importantes en un Sistema de Riego.

- a) Aspectos Económicos y Sociales.
- b) Aspectos Financieros.
- c) Aspectos Técnicos.
- d) Aspectos Directivos y Administrativos.
- e) Aspectos Orgánicos.
- f) Aspectos Comerciales.

a) Aspectos Económicos y Sociales.

El estudio y situación general del país es esencial para formarse un criterio de las prioridades que se deben tomar en cuenta en el desarrollo de programas agrícolas.

El suministrar agua por medio de un sistema de riego establece condiciones favorables en el desarrollo económico y social.

b) Aspectos Financieros.

Se refieren primordialmente a consideraciones relativas a la productividad del sistema de riego.

El análisis financiero debe orientarse hacia dos fases distintas.

Por una parte, se debe considerar los beneficios financieros de las distintas explotaciones agrícolas, para asegurarse de que los ingresos de las familias de agricultores serán suficientes y de que los agricultores participantes tendrán bastantes incentivos.

Por otra, debe ocuparse de los beneficios obtenidos por entidades públicas y organizaciones comerciales, bancos, distribuidores privados de insumos o compañías de elaboración.

c) Aspectos Técnicos.

El análisis técnico es indudablemente importante, y el marco del proyecto debe estar lo suficientemente bien definido para que este análisis sea preciso.

Contar con buen personal técnico procedente de empresas consultoras es esencial para esta tarea.

d) Aspectos Directivos y Administrativos.

La gestión y la administración son muy difíciles de evaluar, pero pueden ser la clave del éxito o el fracaso de un proyecto.

También aquí es preciso ocuparse de los niveles, por una parte, el de la capacidad para administrar actividades del Sector Público tan importantes como un proyecto hidráulico, por otra, es necesario saber si los agricultores tendrán oportunidad de aprender las nuevas técnicas de gestión que necesitan para adoptar nuevas prácticas o métodos de cultivo.

e) Aspectos Orgánicos.

Relación estrecha con los aspectos directivos y administrativos guardan los aspectos orgánicos.

Podría decirse incluso que todos esos aspectos son parte de un juicio - único e indivisible sobre el grado en que podrá ejecutarse satisfactoriamente un proyecto.

f) Aspectos Comerciales.

El aspecto comercial de un proyecto se refiere a la determinación de - adoptar medidas apropiadas con objeto de obtener los materiales y servicios necesarios para construir y explotar ese proyecto.

EVALUACION DE PROYECTOS

En todo proyecto, el principal problema que hay que analizar es la factibilidad económica, es decir que de acuerdo con los resultados en beneficios y costos será posible seleccionar la alternativa más ventajosa.

En todo proyecto hay una fase económica y una fase técnica que están íntimamente ligados.

Hay indicadores que nos permiten determinar si un proyecto se puede realizar después de analizar una serie de alternativas.

Estos indicadores son:

- a) Relación Beneficio-Costo.
- b) Tasa de Rendimiento Interno.
- c) Exceso de Beneficio Sobre Costo.

- a) Relación Beneficio-Costo.

Los beneficios de los proyectos agrícolas pueden adoptar muchas formas como:

Aumento de la Producción. Un proyecto de riego se propone para lograr un mejor aprovechamiento del agua a fin de que los agricultores puedan obtener mayores cosechas.

Producción Comercial. En una gran proporción de proyectos agrícolas, el aumento de la producción se comercializará por canales comerciales.

Producción de subsistencia. Los beneficios de un proyecto agrícola pueden incluir el aumento de la producción que consumen las propias familias agricultoras.

Mejora de la calidad. En algunos casos el beneficio de un proyecto agrícola puede adoptar la forma de una mejora de calidad. En ocasiones un incremento en producción va acompañado de un aumento en la calidad.

Los costos en un sistema de riego son:

Obras de Almacenamiento.
Obras de Distribución.
Nivelación de Tierras.
Obras Complementarias.

La relación beneficios-Costos, que justifique la inversión de capital - debe ser mayor a la unidad, es decir:

$$\frac{\text{Beneficios Actualizados}}{\text{Costos Actualizados}} > 1$$

Tasa de Rendimiento Interno.

Definición. La tasa de interés en que la relación beneficios-costos es igual a la unidad, se llama tasa de rendimiento interno.

Esta tasa de interés nos permite ver que proyecto o alternativa recupera más rápido su inversión.

$$\frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} = 1$$

Esta consideración es importante tratándose de una evaluación de un proyecto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ejemplo se tienen dos alternativas:

Alternativa (A)

Alternativa (B)

Y que las dos tienen la misma relación Beneficio-Costo.

$$\frac{B}{CA} = \frac{B}{CB}$$

Aparentemente las dos alternativas son satisfactorias, pero al obtener la tasa de rendimiento interno de cada una de ellas, se tiene:

$$\text{T.R.I (A)} = 18\%$$

$$\text{T.R.I (B)} = 12\%$$

Lo que significa que el Proyecto (A) recupera más rápido su inversión.

El criterio de selección entre proyectos se orienta en escoger aquellos que registren la tasa de rendimiento interno más alto.

La tasa de rendimiento interno de un proyecto se puede obtener por medio de la interpolación entre dos tasas de descuento analizadas ya que la depreciación se considera lineal.

Con un ejemplo para la obtención de la tasa de rendimiento interno comprenderemos mejor este coeficiente.

Supongamos el análisis beneficio-costos se hace con una tasa de descuento del 8%.

Obtenemos:

$$\frac{B}{C} = 1.5 \text{ Resultado}$$

$$B = 600$$

$$C = 400, B-C = 600 - 400 = 200 > 0$$

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Ahora consideremos el 16%.

$$\frac{B}{C} = 0.7$$

$$B = 1\,400$$

$$C = 2\,000 \quad B - C = 1\,400 - 2\,000 = -600 < 0$$

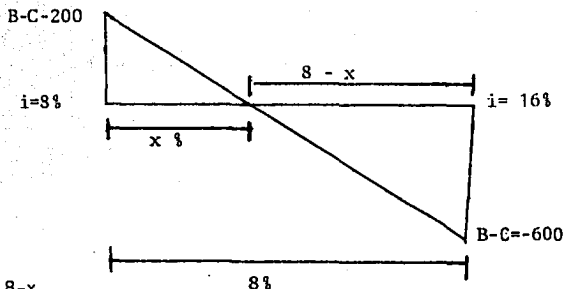
Estos cálculos nos permiten decir que entre la tasa del 8% y 16% hay otro para la cual la relación beneficio-costo es igual a la unidad y en consecuencia se obtiene la tasa de rendimiento interno.

Siguiendo con el ejemplo:

$$\frac{B}{C} = 1.5 \quad B - C = 200 \quad 8\%$$

$$\frac{B}{C} = 1.00 \quad B - C = 0 \quad X\%$$

$$\frac{B}{C} = 0.7 \quad B - C = 600 \quad 16\%$$



$$\frac{8}{800} = \frac{8-x}{600}$$

$$\frac{8}{800} \times 600 = 8-x$$

$$x = 8 - \frac{8 \times 600}{800} \quad x = 8 - 6 = 2\%$$

$$\therefore T.R.I = 8\% + 2\% = 10\%$$

Es decir cuando $B - C = 0$. Se tiene la T.R.I que es la tasa de interés con la cual se va a recuperar el capital invertido.

Exceso de beneficios sobre costos.

Al evaluar un proyecto de inversión se orienta a maximizar el incremento en el ingreso nacional medido por la diferencia entre los beneficios y los costos, esto es que un aumento en el ingreso nacional equivale en un aumento en el bienestar nacional.

Los datos necesarios para obtener este índice son los mismos que para obtener la relación beneficios-costos únicamente considerando la diferencia.

Finalmente después de evaluar cada una de las alternativas o sea analizar cada uno de los índices valorativos se puede decir si es factible o no la realización del proyecto.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CONSIDERACIONES SOBRE LOS INDICES

a) Vida Útil del Proyecto.

Generalmente se consideran 50 años, ya que es la duración física de las obras de riego. Esta duración es estimada por instituciones financieras.

b) Tasa de Interés.

Es la tasa de interés que se debe descontar a los beneficios y los costos.

Al realizar un proyecto de un sistema de riego. Este se realiza en un tiempo determinado, surge entonces la necesidad de obtener el valor actualizado de los beneficios y costos que generará el proyecto. Por lo que se elige la tasa de interés a que deben descontarse las cifras futuras.

La tasa de interés elegida no variará durante la vida útil del proyecto.

c) Fórmulas matemáticas.

Estas fórmulas son importantes en la actualización de los valores de los proyectos.

1. Cantidad compuesta.

$$S = P (1 + i)^n$$

S = Cantidad compuesta

P = Pesos depositados

i = Interés

n = Años

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. Valor presente.

$$P = \frac{S}{(1+i)^n}$$

Significa que el valor presente de una cantidad futura, es el depósito-presente (P). El cual colocado a un interés compuesto y el cual se convertirá en una cantidad (S) al cabo de N años.

De la fórmula anterior:

$$P = \frac{S}{(1+i)^n} \quad \text{valor presente de la cantidad futura}$$

$$\frac{S}{(1+i)^n} \quad \text{es el factor de valor presente}$$

FORMULAS DE SERIES ANUALES UNIFORMES.

1) FONDO DE AMORTIZACION.

En el orden de acumular una suma dada (S) al final de (N) años. Un fondo de amortización es instituido y depósitos (R) son pagados periódicamente por ejemplo anualmente.

El fondo instituido creciente es colocado a una tasa de interés compuesto (i)

S = Suma última de las -N cantidades componentes de los N depósitos anuales

$$R = \frac{S i}{(1+i)^n - 1} \quad \text{y} \quad \frac{1}{(1+i)^n - 1} \quad \text{Factor de fondo de amortización (de series anuales uniformes)}$$

De la ecuación anterior y ahora resolviendo para S

$$S = \frac{R((1+i)^n - 1)}{i} \quad \text{Cantidad total en el fondo de amortización al final de N años}$$

2) RESCATE DE CAPITAL O RESCATE ANUAL.

Para proporcionar antes un retiro (R) al final de cada año. Durante (n) años. Es decir para rescatar el capital incluyendo intereses a una tasa anual uniforme, una cantidad (P) expuesta a un interés compuesto (i) de tal manera que (n) retiros anuales de (R) pesos rendirá exactamente el fondo monetario.

$$R = \frac{iP(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \text{Retiro anual o recobro de capital anual}$$

$$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad \begin{array}{l} \text{factor de recobro de capital} \\ \text{de series uniformes anuales} \end{array}$$

$$P = \frac{R(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad \begin{array}{l} \text{Cantidad a ser depositada al inicio. El precio-} \\ \text{de compra o valor presente de la anualidad} \end{array}$$

$$\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad \begin{array}{l} \text{Factor de valor presente} \\ \text{(de series uniformes anuales)} \end{array}$$

Análisis económico de un ejemplo.

En este ejemplo intervienen diferentes alternativas a una condición existente.

Considérese un canal sublatéral, el cual opera deficientemente, por lo cual se han propuesto diferentes alternativas de solución. Que van desde el mejoramiento del canal existente, hasta la proposición de un cambio en su trazo.

A la condición existente se le llamará Alternativa 1 y a las propuestas Alternativas 2 a 8.

TABLA 1. Presenta valores hipotéticos correspondientes a cada alternativa, a manera ilustrativa exclusivamente.

La vida útil de cada una de las alternativas se supondrá que es la misma. A fin de simplificar los cálculos se considerarán 20 años. Los costos y beneficios del usuario se considerarán uniformes durante todo el período de análisis.

La tasa de retorno atractiva mínima se supondrá que es igual a 7%.

Como existen varias alternativas, los datos se propondrán en tablas.

En la Tabla No. 1 se tabulan los costos atribuidos a cada una de ellas. En dicha tabla se observa que la alternativa más viable de realizar es la número 8, ya que presenta el menor costo.

METODO DE LA RELACION BENEFICIO - COSTO.

TABLA 2. Nos permite calcular los costos anuales de cada una de las alternativas.

Con los datos de las columnas tercera y cuarta se forman las diferencias de cada alternativa con la condición existente.

TABLA 3. Está formada en la segunda y tercera columnas por las diferencias de costos del usuario y costos del canal sublateral respectivamente, de la 5a. y 4a. columna de la tabla No. 2, tomando como base la alternativa número 1. Dividiendo ahora la segunda y tercera columnas se obtiene la relación beneficio - costo.

TABLA 4. Aparentemente la alternativa se presenta como la más ventajosa. Pero si se analiza los incrementos de beneficios y costos de cada una de las alternativas con respecto a la alternativa No. 5, de la tabla No. 3 se obtiene la tabla No. 4 en su segunda y tercera columnas. En los incrementos de beneficios es mayor en la alternativa 7 sobre la alternativa 5, y que la alternativa 8 es-

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

mayor que la 7, por lo que la alternativa 8 resulta ser la de -
mayores ventajas.

EXCESO DE BENEFICIOS SOBRE COSTOS.

Para obtener este indicador, se aprovechan los mismos datos de -
la tabla número 3.

Haciendo la diferencias de beneficios y costos se observa que la
alternativa 8 presenta mayor diferencia.

TABLA 5. Es un resumen del método para obtener la tasa de rendimiento -
interno.

En este método las alternativas deben ser comparadas con la si -
tuación existente o sea con la primera alternativa.

Explicación.

De la alternativa 1 Tabla número 1 se tiene:

Costo anual del usuario + costo anual de mantenimiento y operación
 $2'800\ 000 + 100\ 000 = 2\ 900\ 000$

De la alternativa 2
 $2\ 750\ 000 + 80\ 000 = 2\ 830\ 000$

Inversión de la alternativa 2 = 1 600 000

La tasa de rendimiento que hará que ambas alternativas sea igual-
mente atractivas será detenida mediante el costo de ambas alter-
nativas, es decir:

Costo anual alternativa 2 + costo anual alternativa 1

Costo anual de recobro de 2 + costos del usuario mantenimiento y
operación de 1

$$\begin{aligned} \text{f.r.c.} \times 1\,600\,000 + 2\,830\,000 &= 0 + 2\,900\,000 \\ \text{f.r.c.} \times 1\,600\,000 &= 2\,900\,000 - 2\,830\,000 = 70\,000 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{f.r.c.} = \frac{70\,000}{1\,600\,000} = 0.0438$$

Esto es la tasa de interés aproximado que corresponde a un f.r.c. de 0.0438 y una vida útil de 30 años es igual al 4%.

Al realizar esta comparación con cada una de las alternativas con respecto a la alternativa número 1, la alternativa número 5 parece ser la más favorable, ya que presenta la más alta tasa de interés o sea 28.3

TABLA 6. Esta tabla resulta del análisis por medio de los incrementos con respecto a la alternativa número 5.

Y es la alternativa número 7 la que presenta mayor diferencia de costos anuales que la alternativa número 5.

Y que la alternativa 8 es mayor que la número 7, por lo que la 8 es en este análisis la de posible realización.

TABLA 7. Es un resumen del método de valor presente. En esta tabla se analiza el costo total del valor presente de cada una de las alternativas, su formación se obtiene de la siguiente forma:

De la alternativa 1 se tiene:

Costos del Usuario Anuales	Costos Anuales de mantenimiento y operación	Factor de valor presente	Valor presente = costos del usuario mantenimiento y o.
(2 800 + 100)	$\frac{(1 + 0.07)^{30} - 1}{0.07}$		= 35 986

Para obtener el costo total

$$\text{Capital invertido} + 35\,986 = 0 + 35\,986 = 35\,986$$

Este procedimiento se aplica a las alternativas restantes. La alternativa 8 resulta la de menor costo.

Conclusión.

La alternativa que ofrece más ventajas demostrada en el análisis económico por varios métodos es la alternativa número 8.

TABLA No. 1

RESUMEN DE COSTOS

ALTERNATIVA	CAPITAL INVERTIDO (MILES)	COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACION (MILES)	COSTO DEL USUARIO ANUALES (MILES)
1	0	100	2 800
2	1 600	80	2 750
3	2 100	70	2 700
4	2 600	60	2 500
5	3 000	50	2 000
6	2 000	60	2 600
7	4 500	40	1 700
8	5 000	45	1 500

TABLA No. 2

RESUMEN DE COSTOS ANUALES (MILES)

ALTERNATIVA	RECUPERACION DEL CAPITAL (INVERSION x f,r,c)	COSTO ANUAL DE MANTENIMIENTO Y OPERACION	TOTAL DE COSTOS DEL CANAL SUB-LATERAL	COSTO DEL USUARIO	COSTOS ANUALES
1	$0 \times 0.0860 = 0$	100	100	2 800	2 900
2	$1\ 600 \times 0.0806 = 128.96$	80	208.96	2 750	2 958.96
3	$2\ 100 \times 0.0806 = 169.26$	70	239.26	2 700	2 939.26
4	$2\ 600 \times 0.0806 = 209.56$	60	269.56	2 500	2 769.56
5	$3\ 000 \times 0.0806 = 241.80$	50	291.80	2 000	2 291.80
6	$2\ 000 \times 0.0806 = 161.20$	60	221.20	2 600	2 821.20
7	$4\ 500 \times 0.086 = 362.70$	40	402.70	1 700	2 102.70
8	$5\ 000 \times 0.086 = 403.00$	45	448.00	1 500	1 948.00

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TABLA No. 3

RESUMEN DEL METODO BENEFICIO - COSTO

ALTERNATIVA No.	BENEFICIOS DE ALTERNATIVAS SOBRE CONDICIONES BASE (MILES)	DIFERENCIA EN COSTOS DEL CANAL SUB-LATERAL CON RELACION A CONDICIONES BASE (COSTO ANUAL EN MILES)	RELACION BENEFICIO-COSTO
1			
2	2 800 - 2 750 = 50	208.96 - 100 = 108.94	0.46
3	100	139.26	0.72
4	300	169.56	1.77
5	800	191.80	4.17
6	200	121.20	1.65
7	1 100	302.70	3.63
8	1 300	348.01	3.74

TABLA No. 4

METODO BENEFICIO - COSTO ANALISIS COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

COMPARACION ENTRE ALTERNATIVAS	INCREMENTO DE BENEFICIO (MILES)	INCREMENTO DE COSTOS (MILES)	RELACION BENEFICIO DE INCREMENTO	RESULTADO FAVORABLE A
ALTERNATIVA 5 SOBRE ALTERNATIVA 1	800	191.80	4.17	ALTERNATIVA 5
ALTERNATIVA 5 SOBRE ALTERNATIVA 2	750	82.86	9.05	ALTERNATIVA 5
ALTERNATIVA 5 SOBRE ALTERNATIVA 3	700	52.54	13.32	ALTERNATIVA 5
ALTERNATIVA 5 SOBRE ALTERNATIVA 4	500	22.24	22.48	ALTERNATIVA 5
ALTERNATIVA 5 SOBRE ALTERNATIVA 6	600	70.60	8.50	ALTERNATIVA 5
ALTERNATIVA 7 SOBRE ALTERNATIVA 5	300	110.90	2.71	ALTERNATIVA 7
ALTERNATIVA 8 SOBRE ALTERNATIVA 7	200	45.30	4.42	ALTERNATIVA 8

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TABLA No. 5
RESUMEN DEL METODO DE LA TASA DE RETORNO CONSIDERANDO
A LA ALTERNATIVA 1 COMO CONDICION BASICA

ALTERNATIVA No.	DIFERENCIA DE COSTOS ANUALES (MILES)	INVERSION DE CAPITAL (MILES)	f.r.c PARA n = 30 AROS	TASA DE RETORNO %
2	70	1 600	0.0438	4.0
3	130	2 100	0.0619	4.5
4	340	2 600	0.1308	12.8
5	850	3 000	0.2833	28.3
6	240	2 000	0.1200	11.5
7	1 160	4 500	0.2578	25.7
8	1 355	5 000	0.2710	27.0

TABLA No. 6
RESUMEN DEL METODO DE LA TASA DE RETORNO
ANALISIS COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

COMPARACION ENTRE ALTERNATIVAS	INCREMENTO DE DIFERENCIAS DE COSTOS ANUALES (MILES)	INCREMENTO DE INVERSION DE CAPITAL (MILES)	f.r.c PARA n = 30 AROS	TASA DE RETORNO EN EL INCREM. DE LA INVER.	RESULTADO FAVORABLE A
ALTERNATIVA 5 SOBRE ALTERNATIVA 1	850	3 000	0.2833	28.3	ALT. 5
ALTERNATIVA 5 SOBRE ALTERNATIVA 2	780	1 400	0.5571	55.7	ALT. 5
ALTERNATIVA 5 SOBRE ALTERNATIVA 3	720	900	0.8000	80.0	ALT. 5
ALTERNATIVA 5 SOBRE ALTERNATIVA 4	510	400	1.275	127.5	ALT. 5
ALTERNATIVA 5 SOBRE ALTERNATIVA 6	610	1 000	0.6100	61.0	ALT. 5
ALTERNATIVA 7 SOBRE ALTERNATIVA 5	310	1 500	0.2067	20.6	ALT. 7
ALTERNATIVA 8 SOBRE ALTERNATIVA 7	195	500	0.3900	39.0	ALT. 8

TABLA No. 7
RESUMEN DE COSTO DEL METODO DE VALOR PRESENTE

ALTERNATIVA No.	CAPITAL INVERTIDO	COSTOS DEL USUARIO ANUALES	COSTOS ANUALES DE MANTENIMIENTO Y OPERACION	VALOR PRESENTE DE COSTOS DEL USUARIO MANTENIMIENTO Y O.	COSTO TOTAL VALOR PRESENTE
1	0	2 800	100	35 986	35 986
2	1 600	2 750	80	35 118	36 717
3	2 100	2 700	70	34 373	36 473
4	2 600	2 500	60	31 767	34 367
5	3 000	2 000	50	25 438	28 438
6	2 000	2 600	60	23 008	35 008
7	4 500	1 700	40	21 592	26 092
8	5 000	1 500	45	19 172	24 172

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES DE AGROLOGIA

NATURALEZA DEL SUELO.

Por su naturaleza el suelo es un complejo mineral orgánico donde se presentan en diferentes proporciones partículas minerales, orgánicas, además de contenidos considerables de aire y agua.

Materia Mineral.- Esta fracción del suelo la constituyen los productos primarios de la desintegración de la roca (arena, limo, arcilla).

Materia Orgánica.- La materia orgánica como su nombre lo indica, está formada por los detritos provenientes de los seres vivos, animales y plantas y sus productos de excreción, así como sus restos que forman diferentes proporciones en el suelo y que le confieren características muy importantes en la agregación del suelo, aereación y fertilidad.

Aire.- Este componente es muy importante en el suelo en virtud de que determina las funciones de respiración en todos los fenómenos biológicos que ocurren en él.

Agua.- Este ingrediente tiene las funciones de vehículo de nutrientes del suelo hacia la planta a través de las raíces. Además de ser esencial en los fenómenos físico-químicos.

Actúa como agente de intemperismo en los fenómenos de disolución, hidratación, hidrólisis y en forma indirecta de respiración en los fenómenos biológicos ya que su contenido al llenar los poros del suelo elimina el aire indispensable en las funciones de respiración.

Así como la presencia del agua es indispensable para la nutrición, sus excedentes son perjudiciales, inhibiendo los procesos biológicos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fertilidad del Suelo.- Se entiende por fertilidad del suelo la capacidad - que éste tiene para proveer a la planta de los nutrientes en calidad y oportunidad adecuada para producir un buen desarrollo de los cultivos y abundantes cosechas.

Nutrientes del Suelo (macroelementos).

El suelo proporciona a la planta para su crecimiento elementos esenciales nutritivos, espacios para la reserva de agua, oxígeno para la respiración de las raíces, soporte mecánico o anclaje. Otros elementos como carbón, oxígeno e hidrógeno.

PROPIEDADES FISICAS DE LOS SUELOS

- a) Textura
- b) Estructura
- c) Densidad
- d) Porosidad
- e) Consistencia
- f) Permeabilidad
- g) Color

a) Textura.

Es la relación entre los diferentes tamaños de las partículas que componen un suelo. Existen varias maneras de determinarla.

1. Textura al Tacto. Es la forma de obtenerla en el campo y consiste en - humedecer una pequeña cantidad de un suelo y amasarlo con los dedos. - Estimando así en forma cualitativa y rápida la textura.
2. Método de la Pipeta y el Densímetro de Bouyoucos. Ambos se determinan - en forma cualitativa y cuantitativamente y se apoyan en la ley que regula la caída de los cuerpos. Dentro de un fluido en función de las características de éste llamada Ley de Stokes.

METODO DEL DENSIMETRO

La densidad de una suspensión depende de la materia suspendida, por lo que, siguiendo la evolución de dicha densidad con el tiempo de sedimentación, pue de determinarse la distribución de tamaños de partículas.

Material.

- 1 densímetro Bouyoucos
- 1 agitador con soporte para la dispersión del suelo
- 1 vaso metálico
- 3 probetas de 1000 ml.
- 1 cronómetro
- 1 termómetro
- 1 pipeta de 10 ml.
- 1 frasco lavador (piseta)
- 1 agitador de mano

Reactivos.

Solución dispersante de hexametáfosfato de sodio.

Se disuelven 37 gr. de hexametáfosfato sódico y 7.94 gr. de carbonato de sodio en 300 ml. de agua destilada y se afora a un litro.

Método.

Se pesan 50 gr. de suelo al aire si es arcilloso y 100 gr. si es arenoso, - se depositan en un vaso de precipitados de 100 ml. de capacidad y se le agregan 10 ml. de la solución dispersante. Agregándole además agua destilada, - procurando que ésta sobrepase los 50 gr. de suelo.

Se agita la mezcla con un agitador de mano, se deja reposar 20 minutos y - pasando este tiempo se pasa al agitador eléctrico para la dispersión del - suelo durante otros 20 minutos. Una vez lograda la dispersión se vacía en - una probeta de 1000 ml. Se lava bien el vaso con la piseta con objeto de - que no queden residuos de suelo, se afora con agua destilada a un litro y -

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

con el agitador de mano se agita durante un minuto e inmediatamente se introduce el hidrómetro o densímetro de bouyoucos.

Se hace la primera lectura a los 40 segundos, anotándola y a los 120 minutos se hace la segunda lectura (el densímetro debe estar limpio y seco) teniendo cuidado de que al introducirlo no sea en una forma brusca para evitar que se acelere o produzca una turbulencia. La lectura se hará en el momento en que el densímetro esté quieto.

Cálculos.

La primera y segunda lectura nos permite obtener mediante un sencillo cálculo los porcentajes de arcilla, limo y arena; para ello se procede de la siguiente manera:

Ejemplo:

$$1a. \text{ Lectura} = 38$$

$$2a. \text{ Lectura} = 20$$

Se duplican la primera y segunda lectura y se resta la segunda de la primera al duplicar la segunda lectura se obtiene el porcentaje de arcilla y de cuyo resultado se obtiene el porcentaje de limo.

$$38 \times 2 = 76$$

$$20 \times 2 = 40 \quad \begin{array}{l} \% \text{ de arcilla} \\ 36 \quad \% \text{ de limo} \end{array}$$

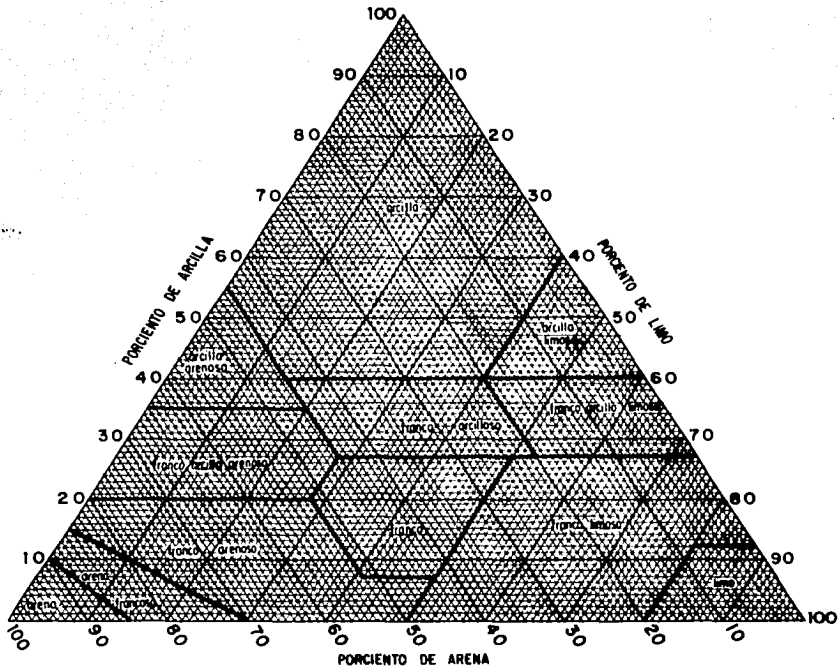
Para obtener el porcentaje de la arena se procede de la siguiente forma:

$$\begin{array}{r} 100 \\ - 76 \\ \hline 24 \quad \% \text{ de arena} \end{array}$$

Como comprobación:

$$\begin{array}{r} 40 \quad \% \text{ arcilla} \\ 36 \quad \% \text{ de limo} \\ 24 \quad \% \text{ de arena} \\ \hline 100 \quad \% \end{array}$$

Con estos datos y auxiliándonos del triángulo de texturas, situamos los tres porcentajes, obteniendo como textura arcilla.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

b) Estructura.

De acuerdo con las fuerzas que intervienen en el mecanismo de estructuración podemos considerar las siguientes.

1. Estructura Simple. Es aquella producida cuando las fuerzas debidas al campo gravitacional terrestre son claramente predominantes en la disposición de las partículas. Es característica de los suelos de grano grueso (gravas y arenas limpias).
2. Estructura panaloide. Esta estructura se considera típica de granos de pequeño tamaño (0.002 mm de diámetro o algo menores).
3. Estructura floculenta. Es formada por partículas que al tocarse se adhieren con fuerza y se sedimentan juntas hasta formar una estructura similar a un panal.

c. Densidad.

1. Densidad Real. Es la relación que existe entre el volumen real y su peso seco, es decir:

Dr = Densidad Real.

pss = Peso del Suelo Seco.

vp = Volumen de las partículas

$$Dr = \frac{Pss}{Vp}$$

2. Densidad Aparente. Es la relación que existe entre el peso seco y el volumen total.

Por tanto:

Da = Densidad aparente

Vt = Volumen total

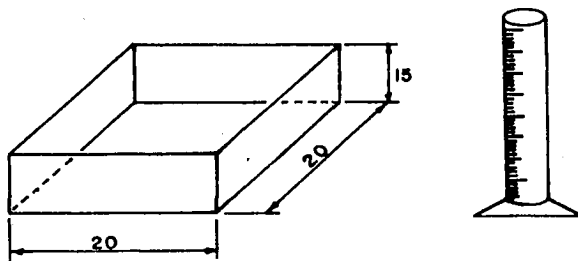
Pss = Peso del suelo seco

$$Da = \frac{Pss}{vt}$$

La Densidad Real. Se determina por el método del pignómetro.

Como valor usual de la densidad real se estima de 2.65, sin embargo en función de sus componentes principales puede variar entre 1.5 en suelos orgánicos a 5 en los que tienen compuestos ferrosos.

La determinación de la densidad aparente.



EXCAVACION

Muestras Inalteradas. Se utiliza la barrera uhrad, una hoja de plástico, agua o arena.

Procedimiento. En el terreno se hace una excavación de aproximadamente 20 x 20 x 15 cm guardando la muestra en un recipiente con tapa para evitar pérdidas de humedad, luego se cubre con la hoja de plástico procurando que ésta cubra todas las irregularidades de la excavación, agregando después agua con una probeta graduada hasta llenar la excavación determinando en esta forma el volumen ocupado por la muestra desalojada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La muestra se pesa determinando su contenido de humedad y reduciendo el peso obtenido. A peso del suelo seco en función de su porcentaje de humedad.

En esta forma conociendo el volumen y el peso seco se puede determinar fácilmente la densidad aparente.

d) Porosidad.

Se designa así a el volumen de espacios vacíos llenos de agua o de aire expresado en tanto por ciento del volumen total de la tierra.

Es decir:

$$p = 100 \frac{V - v}{V}$$

p - porosidad

v - volumen total

v - volumen de las partículas

De acuerdo a su densidad:

$$p = 100 \frac{D_r - D_a}{D_r}$$

D_r = Densidad real

D_a = Densidad aparente

e) Consistencia.

Es la resistencia que presenta un suelo a las fuerzas que tienden a destruir su estructura.

f) Permeabilidad.

Es la facilidad con que el agua fluye a través del suelo, dependiendo principalmente de su estructura.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

g) Color.

El color del suelo puede usarse para distinguir los diferentes estratos y para identificar tipos de suelo cuando se posea experiencia. El color negro y tonos oscuros indican presencia orgánica coloidal, mientras que los colores claros y brillantes corresponden a los suelos inorgánicos.

PERFIL DEL SUELO.

Puede entenderse como una representación que identifica la naturaleza, carácter y propiedades del suelo obtenida y observada en un corte vertical en que se aprecian las capas o los horizontes más o menos paralelos a la superficie que dan idea de su origen y evolución, así como su calidad y correlación con otros sitios observados.

Horizonte del Suelo. Estrato que resulta de intemperización cuya secuencia da lugar al perfil del suelo.

Generalmente los datos apreciados cuya evidencia no es muy clara, son ratificados o rectificadas con los análisis de laboratorio, para lo cual una vez descritos los perfiles, deben tomarse muestras evitando que sufran alteraciones. Mediante la descripción de perfiles, se obtienen los representativos que se utilizan como patrones para la cartografía del suelo.

Perfil Universal.

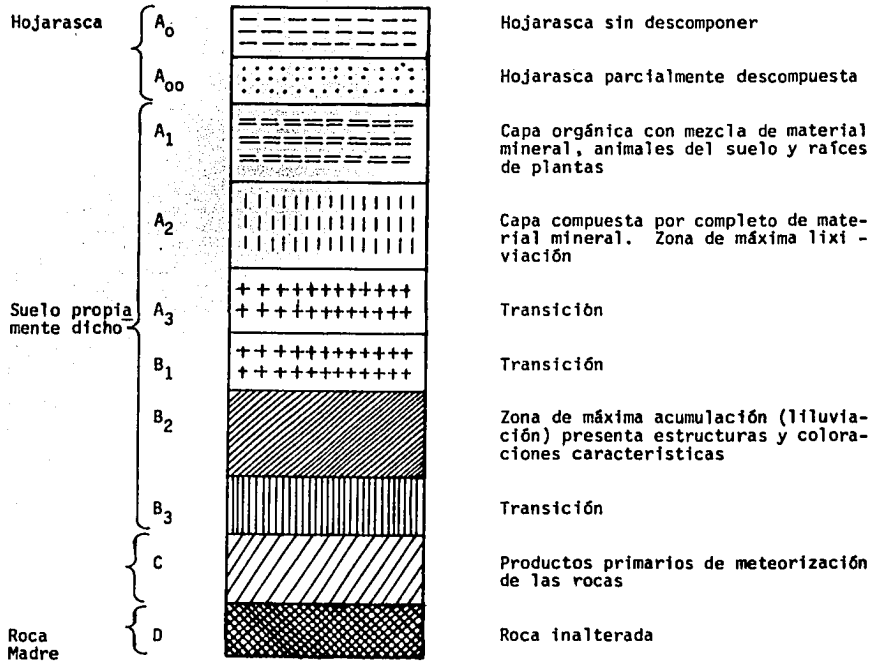
Un esquema hipotético que nos muestre el origen geológico, sus procesos formadores y su grado de evolución en la generalidad de los suelos puede representarse por una serie de capas u horizontes denominados A,B,C.

La capa (A) se utiliza para designar a la rizosfera donde los procesos biológicos por efecto de las raíces son más acentuados. Como en esta capa es donde ocurre la remoción de minerales y también algunas adiciones superficiales de materia orgánica, el horizonte (A) puede diferenciarse con otras subdivisiones.

- Capa A₀. Se llama así cuando la adición de materia orgánica superficial - consiste de tejidos en descomposición que forman el humus.
- Capa A₀₀. Se le designa así a la capa de residuos vegetales sin descomposición.
- Capa A₁. Capa orgánica con mezcla de material mineral en la que intervienen residuos de animales y raíces de plantas.
- Capa A₂. Compuesta por completo de materia mineral donde la lixiviación - es más acentuada, dando lugar a la capa eluviada.
- Capa A₃. Transición entre A y B.
- Capa B₁. Es capa de transición entre la capa B y A.
- Capa B₂. Corresponde a la zona de máxima acumulación. Presenta generalmente estructuras y coloraciones muy características.
- Capa B₃. Capa de transición entre la capa B y C.
- Capa C. Consiste en productos primarios de la meteorización de las rocas a veces contiene materiales lixiviados.
- Capa D. En donde se encuentra roca inalterada que se denomina roca madre.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PERFIL DE UN SUELO



Es frecuente encontrar suelos que por efecto de la erosión se encuentran truncados y en la superficie se inicia el perfil con el horizonte B.

Lixiviación. Significa arrastre vertical hacia abajo de los minerales. Es el que origina los procesos de desarrollo del suelo.

Eluviada. Es la capa donde ocurre la más fuerte remoción de minerales.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CLASIFICACION DE SUELOS

Existen varias clasificaciones sobre suelos como son: la de la FAO, UNESCO, la americana y la francesa, que es la que mencionaremos:

Objetivos.

La clasificación se considera como un sistema de referencia que permite ordenar a los suelos descritos en un estudio y al mismo tiempo se considera como un lenguaje.

1. UNIDADES DE CLASIFICACION.

Tipos de Unidades:

Unidades Genéticas: Son unidades de referencia en la clasificación.

Unidades de Afinidad: Son las unidades en donde la determinación es hipotética por falta de información

Unidades de Intergrado: Son las unidades entre dos unidades de clasificación que poseen características comunes.

2. UNIDADES MAYORES DE CLASIFICACION.

Clase

Subclase

Grupo

Subgrupo

Las clases. Se llama así a la forma en que se encuentran agrupados los suelos. Además de que en una misma clase se tienen ciertas características en común las cuales a continuación se citan:

a) Un cierto grado de desarrollo del perfil o de evolución del suelo.

- b) Una forma de alteración de los minerales en relación con las características físico-químicas que rigen la parte superior del suelo, expresada en el perfil por los colores, por las propiedades físicas (estructuras).
- c) Una composición y distribución típica de la materia orgánica capaz de influenciar la evolución del suelo y la diferenciación de horizontes en el perfil.
- d) Ciertos factores fundamentales en la evolución del suelo se consideran predominantes.

Las subclases. En la medida de lo posible, la diferenciación de las subclases descansa sobre los criterios resultantes del clima, así como elementos físico-químico entre los que menciona la temperatura, la humedad, el estado reducido u oxidado y la concentración de soluciones del suelo en tal o cual cation.

Los grupos. Los grupos están definidos por las características morfológicas del perfil correspondientes a los procesos de evolución de los suelos, por la diferenciación de ciertos horizontes, por la lixiviación de cal y de elementos coloidales.

Los subgrupos. Los grupos comprenden en general muchos subgrupos en los cuales las características esenciales del perfil son las mismas, sin embargo se diferencian por la intensidad con que se presentan de una categoría a otra o por los procesos fundamentales de evolución.

3. UNIDADES MENORES DE CLASIFICACION.

En estudios detallados los subgrupos se dividen en familias, series, tipos y fases.

La familia: Dentro de un mismo subgrupo. Todas las series formadas a partir de un mismo material petrográfico constituyen una familia.

La serie: Es una unidad (cartográfica y de clasificación) en donde las características edáficas son suficientemente homogéneas.

También se define la serie "como un conjunto de suelos que se presentan sobre el mismo material original de composición litológica definida y donde las posiciones en el paisaje son comparables y posee el mismo tipo de perfil".

Tipo: Dentro de una serie. Los suelos que tienen la misma textura del horizonte superficial aparecen como el mismo tipo.

La fase: Aquellos fenómenos naturales (erosión-coluviones-acción de animales y de los vegetales o la acción del hombre) modifican de una manera eventual y temporal la naturaleza, la organización y la dinámica de los horizontes superficiales en una serie, los cuales pueden servir para dividir las series en fases.

RELACION DE CLASES DEL SISTEMA DE CLASIFICACION FRANCES Y PERFILES DOMINANTES

CLASE	DENOMINACION	PERFIL
I	Suelos minerales brutos	(A) C, (A)R O R
II	Suelos poco evolucionados	Ac
III	Vertisoles	A(B)C; A(B)gC; oA(B)Cg
IV	Andosoles	AC o A(B)C
V	Suelos Calcimagnésicos	AR; AC; A(B)R o A(B)C
VI	Suelos isohúmicos	A (B)C o AB C
VII	Suelos pardos	A (B)C o AB C
VIII	Suelos Popzolizados	A ₀ A ₁ A ₂ C; A ₀ A ₁ A ₂ BC o A ₀ A ₂₉ Bc
IX	Suelos con sesquioxidos de hierro y magnesio	ABC o A (B) C
X	Suelos ferralíticos	A (B)C o A B C
XI	Suelos hidromórficos	
XII	Suelos sódicos	A (B)C o A B C

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CLASES Y SUBCLASES DEL SISTEMA DE CLASIFICACION FRANCES

I.	Suelos minerales brutos.	I-1	No climáticos
		I-2	Climáticos de los desiertos fríos (criosoles brutos)
		I-3	De desiertos cálidos (xéricos)
II.	Suelos poco evolucionados.	II-1	Con una capa permanentemente con- gelada
		II-2	Humíferos
		II-3	Xéricos
		II-4	No climáticos
III.	Vertisoles	III-1	Con drenaje externo nulo o reducido
		III-2	Con drenaje externo posible
IV.	Andosoles	IV-1	De países fríos
		IV-2	De países tropicales
V.	Suelos calcimagnésicos	V-1	Suelos carbonatados
		V-2	Suelos saturados
		V-3	Suelos yesíferos
VI.	Suelos isohúmicos	VI-1	De clima relativo húmedo
		VI-2	De clima muy frío
		VI-3	Con clima fresco durante la esta- ción lluviosa
		VI-4	Con clima y temperatura elevada en el período lluvioso

VII.	Suelos pardos	VII-1	Climas templados húmedos
		VII-2	Climas templados continentales
VIII.	Suelos podzolizados	VIII-1	De clima templado
		VIII-2	Podzoles de clima frío
		VIII-3	Podzólicos hidromorfos
IX.	Suelos con sesquioxidos de hierro (o magnesio)	IX-1	Suelos ferruginosos tropicales
		IX-2	Suelos porsialíticos
X.	Suelos ferralíticos	X-1	Debilmente desaturados en (B)
		X-2	Medianamente desaturados en (B)
		X-3	Fuertemente desaturados en (B)
XI.	Suelos hidromorfos	XI-1	Orgánicos
		XI-2	Medianamente orgánicos
		XI-3	Poco húmiferos (o minerales)
XII.	Suelos sódicos	XII-1	Con estructura no degradada
		XII-2	Con estructura degradada

ESTUDIOS AGROLOGICOS.

Los estudios pueden clasificarse en la siguiente forma:

- a) Estudios Agroológicos Preliminares.
- b) Estudios Agroológicos Detallados.

Las escalas para estos estudios son:

- 1:20 000 ó 1:40 000 para estudios preliminares
1: 5 000 ó 1:10 000 para estudios detallados

Los resultados de estos estudios sirven para la formación del plano agroológico, en el cual se muestra la localización, forma y extensión de todos y - cada uno de los tipos de suelo.

Al formar este plano se consideran los siguientes factores:

1. Suelo.
2. Topografía.
3. Drenaje.
4. Salinidad o alcalinidad.

1. Suelo.

En este factor se considera principalmente las propiedades físicas como:

La textura. Ligera, media o pesada.

Consistencia. Suelos sueltos. blandos y desmenuzables, compactos y du
ros.

2. Topografía.

Este factor nos determina si un suelo es favorable o desfavorable para el riego de acuerdo a su pendiente.

De los estudios realizados se han considerado las siguientes limitaciones:

- . 6% de pendiente para suelos de primera clase.
- 6% al 12% de pendiente para suelos de segunda clase.
- 12% al 20% de pendiente para suelos de tercera clase.
- + 20% de pendiente para suelos de cuarta clase.

3. Drenaje.

Al examinar este factor se toman en cuenta las condiciones actuales y las que probablemente se presenten al efectuar el riego.

Si el drenaje es bueno y no se presentan elevaciones perjudiciales del manto freático, los suelos se clasifican de primera clase.

Si las obras de drenaje a realizar resultan con un costo relativamente pequeño los suelos se clasifican de segunda clase.

Por el contrario si el costo de estas obras es tal y nos parezca dudoso, los suelos se clasifican de tercera clase.

En el caso de las obras de drenaje con costo muy elevado, los suelos se consideran de cuarta clase.

4. Salinidad o alcalinidad.

Los suelos alcalinos se encuentran en regiones áridas, donde la lluvia no es suficiente para lavar las sales del suelo.

Los suelos salinos tienen una reacción ligeramente alcalina con un P.H. (potencial de hidrógeno) de 7 a 8.5.

Los suelos alcalinos se caracterizan por contener grandes cantidades de sales solubles y corresponden a la denominación de los "alcalinegro". Se encuentran en áreas pequeñas e irregulares llamadas "manchas de alcali".

CLASIFICACION DE LOS SUELOS SALINOS Y SODICOS Y SUS CARACTERISTICAS.

Con base en los análisis físicos y químicos especialmente considerando los aspectos de conductividad eléctrica (C.E.), porcentaje sódico intercambiable (P.S.I.) se clasifican los suelos en normales, salinos no sódicos, salinos sódicos y sódicos no salinos.

SUELOS NORMALES.

C.E. \leq 4 MILIMHOMS/CM A 25°C

P.S.I. \leq 15

6.5 \leq P H \leq 7.5

SUELOS SALINOS (NO SODICOS).

C.E. $>$ 4 MILIMHOMS/CM A 25°C

P.S.I. \leq 15

7 \leq P H \leq 8.5

SUELOS SALINO-SODICOS.

P.S.I. $>$ 15

C.E. $>$ 4 MILIMHOMS/CM A 25°C

PH NO MAYOR DE 8.5

SUELOS SODICOS (NO SALINOS).

C.E. 4 \leq MILIMHOMS/CM A 25°C

P.S.I. $>$ 15

PH MAXIMO = 10

Mala permeabilidad y difíciles de trabajar normalmente presentan manchas oscuras de aspecto aceitoso (alcali negro).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPITULO III

ASPECTOS GENERALES DE MECANICA DE SUELOS

La mecánica de suelos es una disciplina de la ingeniería que tiene por objeto el estudio de una serie de métodos que conducen, directa o indirectamente, al conocimiento del suelo en los diferentes terrenos sobre los cuales se van a erigir estructuras de índole variable.

La enorme importancia de su conocimiento por el ingeniero moderno ha sido y es demostrado a diario. El tratar de iniciar cualquier construcción sin llevar a cabo, primero, un estudio del suelo, es quizá uno de los mayores riesgos que pueden correrse en el campo de la ingeniería.

Es imposible proyectar una cimentación adecuada para una estructura sin conocer el carácter del suelo que se encuentra bajo ella, ya que, en definitiva, es dicho suelo el que soportará la carga.

PRINCIPALES TIPOS DE SUELOS.

De acuerdo con el origen de sus elementos, los suelos se dividen en dos amplios grupos: suelos cuyo origen se debe a la descomposición física o química de las rocas o sea los suelos inorgánicos y suelos cuyo origen es principalmente orgánico.

Si en los suelos inorgánicos el producto de intemperismo de las rocas permanece en el sitio donde se formó, da origen a un suelo residual, en caso contrario forman un suelo transportado, cualquiera que haya sido el agente transportador, si es por gravedad por el agua aluviales o lacustres, por el viento eólicos, por los glaciares depósitos glaciales.

En cuanto a los suelos orgánicos, ellos se forman casi siempre in situ. Muchas veces la cantidad de materia orgánica, ya sea en forma de humos o de materia no descompuesta o en su estado de descomposición es tan alta, con relación a la cantidad de suelo inorgánico que las propiedades que pudieran derivar de la porción mineral quedan eliminadas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Esto es muy común en las zonas pantanosas en las cuales los restos de la vegetación acuática llegan a formar verdaderos depósitos de gran espesor - conocidos con el nombre genérico de turbas se caracterizan por su color negro o café obscuro, por su poco peso cuando están secos y su gran compresibilidad y porosidad. La turba es el primer paso de la conversión de la materia vegetal en carbón.

Suelos más comunes con los nombres generalmente utilizados por el ingeniero civil para su identificación.

Gravas.

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas que tienen más de dos milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas, las gravas sufren desgaste en sus aristas y son por lo tanto redondeadas.

Como material suelto suele encontrarse en los lechos, en las márgenes de los ríos y en muchos otros lugares a los cuales las gravas han sido retransportadas.

Arenas.

La arena es el nombre que se da a los materiales de grano fino procedentes de la desintegración de las rocas o de su trituración artificial y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro.

El origen y también la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas; las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito.

Las arenas son materiales que, estando limpias no se contraen al secarse, - no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi instantáneamente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Limos.

Los limos son suelos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser limo orgánico que suele encontrarse en los ríos que tiene características plásticas o limo inorgánico como el producido en las canteras. El diámetro de los limos está comprendido entre 0.05 mm. y 0.005 mm. su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad muy alta.

Arcillas.

Se le da el nombre de arcilla a las partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm y cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado. La estructura de estos minerales es generalmente, cristalina y complicada, con sus átomos dispuestos en forma laminar. De acuerdo a su arreglo reticular los minerales de la arcilla se pueden clasificar en tres grupos básicos, que son:

- a) El caolinitico que procede de la carbonatación de la ortoclasa. Las arcillas caoliniticas están formadas por una lámina silícica y una lámina aluminica superpuestas indefinidamente y con una unión tal entre sus partículas que no permiten la penetración de agua entre ellas, pues producen una capa electrónicamente neutral, lo que induce desde luego a que estas arcillas sean bastante estables en presencia del agua.
- b) El montmorilonitico. A este grupo pertenecen las bentonitas, se forman por la superposición indefinida de una lámina aluminica entre dos láminas silícicas pero con una unión débil entre sus partículas, lo que hace que el agua pueda penetrar en su estructura con facilidad. Estas arcillas en contacto con el agua sufren fuerte expansión provocando inestabilidad en ellas.
- c) El ilítico que son producto de la hidratación de las micas y que presentan un arreglo reticular similar al de las montmoriloniticas, pero con la tendencia a formar grumos, por la presencia de iones de potasio,

lo que reduce el área expuesta al agua y por lo mismo no son tan expansivas.

En general las arcillas, ya sean coaliniticas, montmoriloniticas iolíticas. son plásticas se contraen al secarse, presentan marcada cohesión - según su humedad, son comprensibles y al aplicárseles una carga en su superficie se comprimen lentamente. Otra característica interesante - desde el punto de construcción, es que la resistencia perdida por el remoldeo se recupera parcialmente con el tiempo. Este fenómeno se conoce con el nombre de tixotropia.

Además de los clásicos suelos indicados con anterioridad, se encuentran en la naturaleza ciertos suelos especiales que a continuación se indican.

Caliche. El término caliche se aplica a ciertos estratos de suelo cuyos granos se encuentran cementados por carbonatos calcáreos. La formación de estos suelos se debe al clima semi-árido.

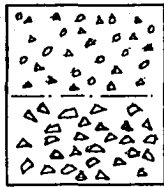
Diatomita. Son depósitos de polvo silíceo, de color blanco generalmente compuesto total o parcialmente por residuos de diatomeas.

Las diatomeas son algas unicelulares microscópicas de origen marino o de agua dulce presentando las paredes de sus células características silíceas.

Gumbo. Es un suelo arcilloso fino, generalmente libre de arena y que parece cera a la vista, es pegajoso, muy plástico y esponjoso, es un material difícil de manejar.

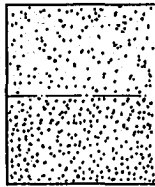
Tepetate. Es un material pulverulento, de color café claro o café oscuro, compuesto de arcilla, limo y arena en proporciones variables, con un cementante que puede ser la misma arcilla del carbonato de calcio. Según sea el componente predominante el tepetate se suele llamar arcilloso, limoso, arenoso arcilloso-limoso. Su origen se debe a la descomposición y alteración por intemperismo de cenizas volcánicas basálticas.

SIMBOLOGIA DE SUELOS

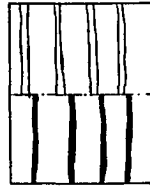


GRAVAS
GRAVOSO

GRAVAS

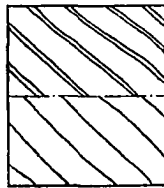


ARENAS



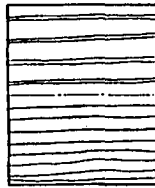
ARENA
ARENOSO

LIMOS
LIMOSO

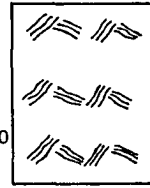


ARCILLA
ARCILLOSO

ARCILLA



SUELO ORGANICO

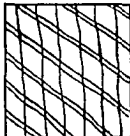


TURBA
ORGANICO

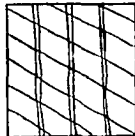
ROCA

ROCA

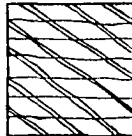
CON LOS SIMBOLOS ANTERIORES SE OBTIENEN LAS COMBINACIONES COMO:



ARCILLA LIMOSO



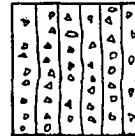
LIMO ARCILLOSO



ARCILLA ORGANICA



LIMO GRAVOSO



GRAVA LIMOSA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Granulometría.

Un suelo puede estar constituido por partículas de tamaños semejantes o encontrarse en él una gran variedad de tamaños, variando desde aquellos que no son visibles ni con los mejores microscopios, hasta piedras de 8 a 10 cm, y aún mayores.

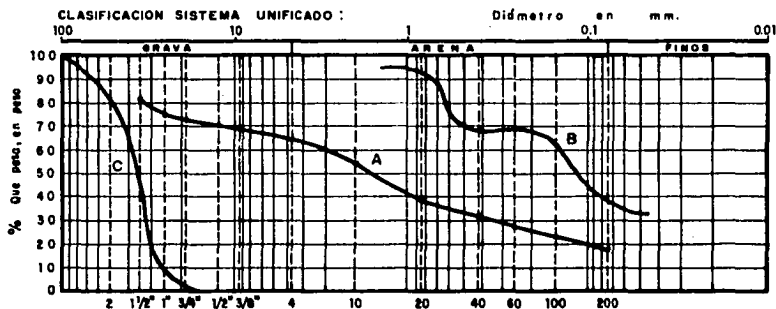
Para determinar la granulometría de un suelo, se separan y clasifican por tamaños que lo componen.

Para efectuar el análisis granulométrico de un suelo, se hace pasar una porción (muestra) de éste, a través de una serie de mallas o tamices dispuestos en orden descendente de aberturas. En cada una de estas mallas se quedarán retenidas las partículas con tamaños mayores que la abertura del tamiz que las retiene. Estas cantidades retenidas se pesan y se determinan los porcentajes que representan con respecto al peso total de la muestra. Sumando el porcentaje retenido en una determinada malla a los porcentajes retenidos en las mallas con aberturas mayores, y hallando el complemento a 100% de esta cantidad, se obtiene el porcentaje de suelo con tamaño menor que el representado por la malla en cuestión. Este porcentaje acumulativo que pasa cuando se tienen estos porcentajes para un suelo dado, pueden clasificarse por tamaños sus partículas y decir que se conoce su granulometría.

GRAFICA DE GRANULOMETRIA

GRANULOMETRIA POR MALLAS

Malla N ^o	Abertura.	Peso Suelo retenido	Porcentaje retenido parcial	Porcentaje que pasa	Malla N ^o	Abertura.	Peso Suelo retenido	Porcentaje retenido parcial	Porcentaje que pasa
—	mm.	gr.	%	%	—	mm.	gr.	%	%
2"	50.80				10	2.000	26.5	9.3	54.8
1 1/2"	36.10	510	18.7	81.3	20	0.840	43.7	15.4	39.4
1"	25.40	180	6.6	74.7	40	0.420	22.9	8.1	31.3
3/4"	19.05	70	2.6	72.1	60	0.250	12.0	4.2	27.1
1/2"	12.70				100	0.149	12.2	4.3	22.8
3/8"	9.52	80	2.9	69.2	200	0.074	13.1	4.6	18.2
N ^o 4	4.75	140	5.1	64.1	Peso 200		51.6	18.2	
Peso N ^o 4	1.92	1.750	64.1		SUMA		182.0	64.1	
SUMA		2.730	100.0						



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuando un material contiene un bajo porcentaje de partículas menores que la malla 200, o carece de ellas, puede determinarse su curva granulométrica usando simplemente el procedimiento de cribado en mallas, pero por el contrario, estas partículas finas se encuentran en porcentajes mayores del 5%, es necesario lavar con agua los materiales retenidos en las mallas y determinar la granulometría de la porción fina (material menor que la abertura de 0.074 mm de la malla 200).

La obtención de la granulometría de la porción fina, se realiza en el laboratorio, por sedimentación, con base en la Ley de Stokes, queda la velocidad con que cae una esfera de peso específico y diámetro conocidos, en un fluido homogéneo de extensión infinita.

Graduación.

Cuando un suelo está constituido por partículas de una gran variedad de tamaños y con porcentajes similares de cada uno de ellos, se dice que está "bien graduado". La curva granulométrica de un suelo de este tipo es una línea suave y tendida como A como puede verse en la figura. Si la curva presenta tramos horizontales o verticales, como en el caso de la curva B, significa respectivamente que falta o predomina un rango de tamaños, un suelo con estas características se conoce como "mal graduado", por último, un suelo cuya granulometría sea de tamaños muy semejantes se le llama "suelo uniforme" como el caso de la curva C. Este tipo de suelo es generalmente más poroso y menos resistente que uno bien graduado.

Para poder determinar que tan uniforme es un suelo, se utiliza el coeficiente de uniformidad propuesto por Allen Hazen

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Donde:

D_{60} es un tamaño tal, que el 60%, en peso, del suelo es igual o menor que dicho tamaño.

D₁₀ es un tamaño tal, que el 10%, en peso del suelo es igual o menor que dicho tamaño.

En realidad, la expresión es un coeficiente de no uniformidad, ya que su valor numérico decrece cuando la uniformidad aumenta. Un suelo con $C < 3$ se considera muy uniforme.

Existe otro coeficiente que complementa al anterior, se llama coeficiente de curvatura y puede definirse por medio de la siguiente expresión.

$$C = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

D₃₀ se define en forma análoga a los D₆₀ y D₁₀ el coeficiente de curvatura tiene un valor entre 1 y 3 en suelos bien graduados, con gran variedad de tamaños y cantidades apreciables de partículas de cada tamaño.

Plasticidad.

Cierto tipo de suelos, al ser remodelados cambiándose su contenido de agua, adoptan una consistencia característica llamada "plástica". Estos suelos se conocen como arcillas. Al descubrirse la existencia de una relación específica entre la plasticidad y las propiedades fisicoquímicas que determinan el comportamiento mecánico de las arcillas, la plasticidad se convirtió, de una cualidad puramente descriptiva o de trabajabilidad en cerámica en una propiedad ingenieril de interés científico.

Actualmente se sabe que la plasticidad de un suelo se debe fundamentalmente a su contenido de partículas finas de forma laminar y se reconoce que existe una relación entre esta y otras propiedades físicas importantes como la compresibilidad, la impermeabilidad, etc.

En mecánica de suelos puede definirse la plasticidad como "aquella propiedad que permite a un suelo soportar deformaciones rápidas. Sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse".

Límites de consistencia.

Para medir la plasticidad de las arcillas, Atterberg desarrolló un método, que ha pasado a ser un procedimiento fundamental en la clasificación de los suelos finos. En primer lugar, hizo ver que la plasticidad no es una propiedad permanente en las arcillas, sino que depende básicamente de su contenido de agua. Una arcilla con gran contenido de agua puede presentar la consistencia de una suspensión líquida y una vez que se ha secado, la de un sólido. Entre ambos extremos existe un rango del contenido de agua en el que la arcilla se comporta plásticamente.

Para un suelo susceptible de comportarse plásticamente, Atterberg definió, de acuerdo con su contenido de agua en orden decreciente los siguientes estados de consistencia.

1. Estado líquido (el suelo se comporta y tiene la apariencia de una suspensión).
2. Estado semilíquido (el suelo tiene las propiedades de un suelo viscoso).
3. Estado plástico (el suelo se comporta plásticamente).
4. Estado semisólido (el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al secarse).
5. Estado sólido (el volumen del suelo ya no varía con el secado).

Los estados anteriores son fases por las que pasa el suelo al secarse y no existen criterios para definir sus fronteras. Atterberg definió estas fronteras con el nombre de "Límites de Consistencia".

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Este sistema fué originalmente propuesto por A. Casagrande como "Sistema de Clasificación de Suelos Aeropuertos".

Posteriormente fué ligeramente modificado por el "U.S. Army Corps. of Engineers" y el "U.S. Bureau of Reclamation", con el objeto de usarlo en caminos, presas de tierra y cimentaciones. Con estas modificaciones se conoce actualmente como "Sistema Unificado de Clasificación de Suelos". Este sistema ofrece la ventaja de ser fácilmente adaptable al campo y al laboratorio, requiriendo poca experiencia y unas cuantas pruebas sencillas para poder clasificar un determinado suelo.

El sistema hace una primera división entre los suelos gruesos y finos, distinguiéndolos mediante el cribado a través de la malla 200. Un suelo se considera grueso si más del 50%, en peso de sus partículas se retiene en la malla 200, y fino, si más de la mitad de sus partículas pasa a través de la malla mencionada.

Suelos gruesos.

Los suelos gruesos se dividen en gravas y arenas, que pueden ser limpias o contener porcentajes apreciables de finos. El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos representativos del grupo, así las gravas y los suelos en que predominan éstas, tienen el símbolo geométrico G de "Gravel" y las arenas y suelos arenosos se representan con el símbolo genérico S de "Sand".

Las gravas y arenas se subdividen en cuatro tipos:

1. Material bien graduado y prácticamente limpio de finos. Tiene por símbolos W de "Wellgraded" en combinación con los símbolos genéricos se ob tienen los grupos GW y SW.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. Material mal graduado y prácticamente limpio de finos. Tiene por símbolo P "Poor" y en combinación con los símbolos genéricos origina los grupos GP y SP.
3. Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Tiene por símbolo M de los términos suecos "MO" y "MJALA", que significan limo en ese idioma.

En combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos GM y SM.

4. Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Tiene por símbolo C de "Clay" y en combinación con los símbolos genéricos da lugar a los grupos G.C y S.C.

Estos cuatro grupos se describen a continuación, proporcionando criterios detallados para su identificación tanto en el campo como en el laboratorio.

Suelos GW y SW.

Se conocen respectivamente como gravas y arenas bien graduadas. Estos suelos no deben contener porcentajes apreciables de finos. Los requisitos para que un suelo quede clasificado dentro de este grupo consisten en que su contenido de finos no sea mayor del 5%, en peso, y de que estén bien graduados. Para considerar una grava bien graduada, su coeficiente de uniformidad debe ser mayor que 4 y el de curvatura debe estar comprendido entre 1 y 3. En el caso de arenas bien graduadas, el coeficiente de uniformidad debe ser mayor que 6, y el de curvatura debe quedar comprendido entre 1 y 3.

Suelos GP y SP.

Consisten en gravas y arenas mal graduadas. Dentro de estos grupos quedan clasificados los suelos que cumplan con el requisito de contener un porcentaje de finos menor del 5%, pero que no cumplen con los requisitos de graduación que satisfacen los suelos de los dos grupos anteriores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Suelos GM y SM.

Los suelos de estos grupos, se conocen respectivamente como gravas limosas y arenas limosas. Son gravas y arenas con porcentajes de finos mayores de 12%. La plasticidad de la fracción fina de estos suelos varía de nula a media, es decir que si se representa en la carta de plasticidad el material que pasa por la malla 40 quedará localizado abajo de la "Línea A" o que su índice de plasticidad es menor de 4.

Suelos GC y SC.

Se conocen como gravas y arenas arcillosas al igual que los suelos de los dos grupos anteriores tienen contenidos de finos mayores de 12%, pero en este caso la fracción fina que pasa la malla 40 es de media o alta plasticidad, es decir que si se representa en la carta de plasticidad quedará localizada arriba de la "Línea A" además de satisfacer el requisito de que su índice plástico sea mayor de 7.

Cuando los suelos gruesos tienen contenidos de finos comprendidos entre 5% y 12% se consideran como casos frontera y requieren el uso de símbolos dobles.

Por ejemplo, una arena mal graduada, con un contenido de finos no plásticos comprendidos entre 5% y 12% tendrá un símbolo de SP-SM.

Suelos finos.

De la misma manera que en el caso de los suelos gruesos, el sistema agrupa a los suelos bajo símbolos formados por dos letras mayúsculas.

Elegidas con el mismo criterio que el usado para las gravas y arenas. Considera tres grupos: limos inorgánicos con símbolo genérico M del suelo "MO" y "MJALA", arcillas inorgánicas de símbolo genérico C de "CLAY" y limos arcillas orgánicas con símbolo genérico o de "organic".

Estos tres tipos de suelo se subdividen según su límite líquido, en dos grupos: de alta y baja compresibilidad. Un suelo se considera de baja

compresibilidad si su límite líquido es menor de 50% y de compresibilidad alta si es mayor de este porcentaje. En el primer caso se forma añadiéndole al símbolo genérico la letra L de "Low Compressibility" y en el segundo se forma el símbolo añadiéndole al genérico la letra H de "High Compressibility". De esta manera se tienen los siguientes grupos:

- a) Limos, arcillas y suelos orgánicos de baja compresibilidad, con sus respectivos símbolos ML, CL y OL.
- b) Limos, arcillas y suelos orgánicos de alta compresibilidad con sus respectivos símbolos MH, CH, OH.

El sistema unificado considera además a los suelos altamente orgánicos, usualmente fibrosos, como las turbas y los suelos pantanosos, dentro de un grupo de símbolo PT del inglés "Peat" que significa turba. Una característica de este tipo de suelos es su alta compresibilidad.

El criterio usado para clasificar los suelos finos, consiste en representar los en la carta de plasticidad y asignarles el símbolo correspondiente a la zona de la carta donde queden alojados. A continuación se describen en forma más detallada los distintos grupos de suelos finos ya mencionados, especificando al mismo tiempo sus posiciones dentro de la carta de plasticidad.

Suelos CL y CH.

Se conocen como arcillas de baja y alta compresibilidad respectivamente. El grupo CL queda comprendido en la carta de plasticidad, en la zona sobre la "Línea A" definida por $LL < 50\%$ E $I.P > 7\%$.

El grupo CH queda comprendido en la zona arriba de la "Línea A", definida por $LL > 50\%$. Ver figura carta de plasticidad.

Suelos ML y MH.

Reciben el nombre de limos de baja y alta compresibilidad respectivamente. El grupo ML queda comprendido en la zona bajo la "Línea A", definida por

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$LL < 50\%$ y en porción sobre la "Línea A" con $IP < 4$. El grupo MH corresponde a la zona bajo la "Línea A" definido por $LL > 50\%$.

Suelos CL - ML.

Son suelos finos que caen sobre la "Línea A" y que tienen un índice de plasticidad comprendido entre 4% y 7%. Se consideran como casos frontera y por esta razón se les asigna un símbolo doble.

Suelos OL y OH.

Son suelos orgánicos de baja y alta compresibilidad. Les corresponden las mismas zonas que a los grupos ML y MH respectivamente, aunque los materiales orgánicos se sitúan siempre en lugares próximos a la "Línea A".

Suelos PT.

Estos suelos tienen límites líquidos muy altos, comprendidos generalmente entre 300% y 500%. Su posición en la carta de plasticidad queda abajo de la "Línea A". El índice plástico varía normalmente entre 100% y 200%.

Suelos de símbolo doble.

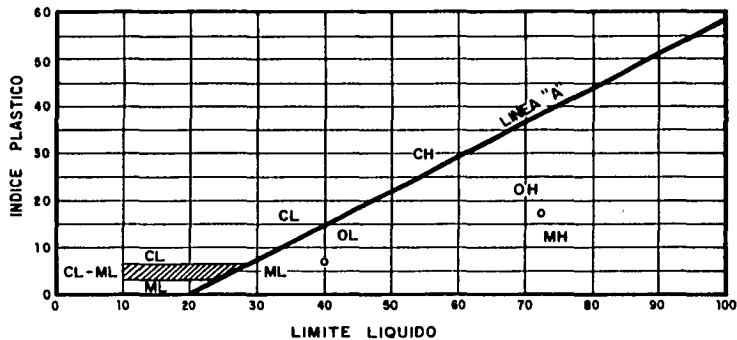
De la misma manera que el caso de los suelos gruesos, cuando un material no cae claramente en uno de los grupos definidos, le corresponderá un símbolo doble. Por ejemplo, un suelo fino con $LL > 50\%$ y un índice de plasticidad tal que lo sitúe sobre la "Línea A" tendrá un símbolo MH - CH.

GRAFICA DE PLASTICIDAD

EQUIVALENCIA DE SIMBOLOS

G-GRAMA M-LIMO O-SUELOS ORGANICOS W-BIEN GRADUADA L-BAJA COMPRESIBILIDAD
S-ARENA C-ARCILLA R-TURBA P-MAL GRADUADA H-ALTA COMPRESIBILIDAD

COMPARANDO SUELOS A IGUAL LIMITE LIQUIDO, LA TENACIDAD Y LA RESISTENCIA EN ESTADO SECO AUMENTAN CON EL INDICE PLASTICO.



CARTA DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACION DE SUELOS DE PARTICULAS FINAS EN EL LABORATORIO .

MECANICA DE SUELOS EN UN SISTEMA DE RIEGO

En un sistema de riego. Las estructuras hidráulicas como son: la presa de almacenamiento, la presa derivadora, canal principal y bancos de material - etc. es el sitio donde quedarán construídas uno de los aspectos más importantes que deben considerarse, sobre todo tener conocimiento de los suelos-donde se cimentarán dichas estructuras.

Las presas derivadoras y bordos como toda estructura de tierra, que puede - ser de sección homogénea o de materiales graduados, cimentada sobre suelo o roca, plantean generalmente complejos de estabilidad, compresibilidad o permeabilidad. Las rocas de cimentación presentan alteración y fisuras o grietas debidas a intemperización o movimientos tectónicos, por lo tanto es necesario taponarlas.

Cuando la cimentación está constituida por depósitos de acarreo grueso del río, también tienden a presentarse filtraciones importantes que obliguen a ejecutar trabajos de impermeabilización para reducirlos.

Por otra parte, en los casos en que la cimentación está formada por depósitos blandos o de alta compresibilidad, que no pueden eliminarse por medio de excavación debido a su gran volumen, puede resultar conveniente mejorar sus propiedades mecánicas someténdolos a procesos acelerados de consolidación, antes de construir la presa.

Diferentes casos de cimentaciones.

Se pueden considerar, entre las muchas combinaciones posibles, los tres casos tipos de cimentación que se enumeran a continuación:

1. Cuando aflore la roca o bien se entre a poca profundidad en el cauce y - en las laderas.
2. Cuando la roca basal se encuentre cubierta en el lecho del río, por una

potente capa de material de acarreo del río, del orden de gran profundidad.

3. Cuando el material de acarreo del río tenga un espesor muy grande y sea, por tanto, inaccesible la roca para cimentar la cortina.

1. Cuando la roca aflore o está a poca profundidad en el cauce y en las laterales. Se realiza el despalme en toda el área limitada por las trazas de la cortina. Si las fisuras o cavernas persisten después de haber realizado el despalme. Será necesario interceptarlas mediante un dentellón de concreto que llegue hasta la roca sana, o bien mediante una pantalla profunda de inyecciones.

2. Cuando la roca basal se encuentra cubierta en el lecho del río, por una potente capa de material de acarreo, del orden de 25 m de espesor. En este caso será necesario realizar los siguientes trabajos.

a) Remoción, en toda el área comprendida dentro de las trazas de la cortina, de todos los materiales inestables que puedan producir asentamientos o deslizamientos peligrosos debido a su alta compresibilidad o su baja resistencia al corte.

b) Para asegurarse de una impermeabilidad efectiva, deberán cortarse las capas permeables de grava y arena mediante la excavación de una trinchera que permita apoyar la parte central del material impermeable de la cortina en la roca de cimentación.

3. La roca basal se encuentra a una profundidad inaccesible.

En este caso será necesario únicamente descubrir las formaciones de gravas y arenas limpias, sobre las que se desplantará la cortina, eliminando los materiales de la mala calidad. La reducción de filtraciones se logrará, en este caso, por medio de los siguientes métodos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- a) Construcción de una trinchera, llevándola hasta estratos de menor permeabilidad.
- b) Mediante un delantal de material impermeable colocado hacia aguas arriba de la zona impermeable. En este caso, el delantal de material impermeable construido como una prolongación del corazón impermeable, tiene por objeto asegurar que las filtraciones que ocurran a través de los materiales permeables de la cimentación, tengan trayectorias largas que reduzcan el gradiente hidráulico tratándose de evitar así que se presenten problemas de tubificación y que las filtraciones sean excesivas.
- c) Por medio de pantallas impermeables o de inyecciones.
En ocasiones se han interceptado los materiales permeables de la cimentación, construyendo una pantalla de arcilla, abriendo una zanja vertical y estabilizándola con lodo bentonítico. Esta zanja se rellena después con una mezcla húmeda de grava, arena y arcilla en proporción suficiente para formar un material resistente e impermeable.

Tipos de sección.

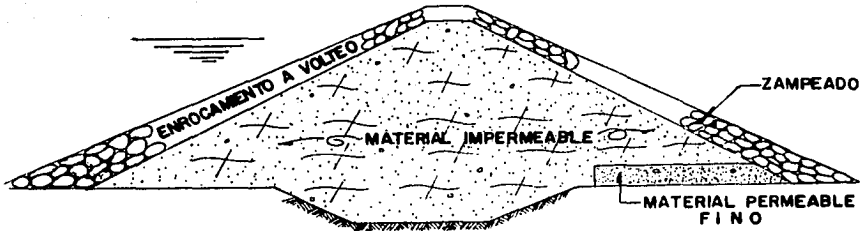
El tipo de sección de una presa de tierra no puede elegirse de antemano, pues depende en cada caso, de las propiedades mecánicas, volúmenes y distancias de acarreo de los materiales disponibles, así como de las características de la cimentación.

Desde el punto de vista del funcionamiento de una presa, es importante que su cortina resulte estable y estanca.

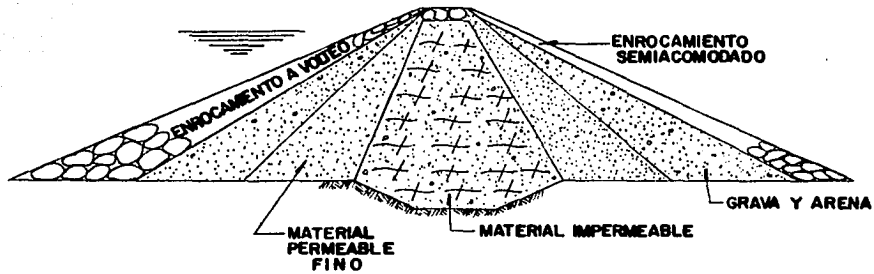
Sección de material homogéneo.

Son secciones constituidas, en su mayor parte, por un solo material que proporciona simultáneamente impermeable y estabilidad a la cortina. Normalmente intervienen, en volúmenes menores, otros materiales auxiliares que contribuyen a proteger el elemento principal.

Estas secciones están formadas generalmente por suelos finos relativamente impermeables por suelos gruesos con apreciable contenido de finos.



SECCION DE MATERIAL HOMOGENEO



SECCION DE MATERIALES GRADUADOS

SECCIONES TIPO DE PRESAS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Sección de materiales graduados.

Cuando se dispone de materiales con diferentes permeabilidades, en volumen suficiente, suele ser conveniente distribuirlos en la sección de acuerdo con sus permeabilidades, produciéndose así las llamadas cortinas de materiales graduados.

El corazón impermeable es la parte de la cortina que garantiza que la estructura sea estanca y está constituido por suelos finos, arcillosos o limosos.

Respaldos de material fino permeable, material de grava y arena y por último chapas de enrocamiento cuya finalidad es proporcionar estabilidad a la cortina.

Flujo de agua en suelos.

Para analizar la estabilidad de los taludes de las presas de tierra en que se considera flujo de agua a través de ellas, es necesario la red de flujo correspondiente.

Existen varias teorías sobre las redes de flujo, pero la que más se usa es la gráfica y que se aproxima a resultados satisfactorios.

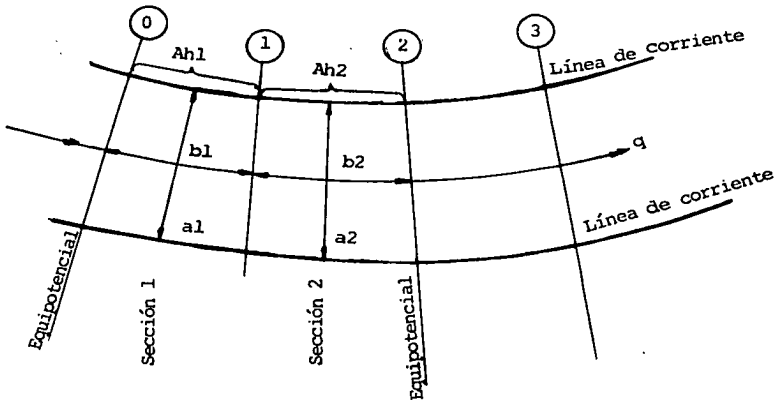
Criterio general para definir la clase de frontera de una zona de flujo, se pueden mencionar algunas reglas que sirven para casos muy frecuentes en la práctica.

- a) El contacto entre el agua libre y un medio permeable, a través del cual se infiltra el agua, es siempre una línea equipotencial.
- b) El contacto entre un material impermeable y otro permeable a través del cual se infiltra el agua, es una línea de flujo.

Para ilustrar el método de trazo de la red de flujo consideremos un tramo de esta red.

**TESIS SON
FALLA DE ORIGEN**

En el trazo gráfico estas líneas deben ser perpendiculares, de tal manera - que se logre una red de cuadros.



TRAMO DE UN TUBO DE CORRIENTE DE UNA RED DE FLUJO

Siendo q_1 y q_2 el gasto en las secciones 1 y 2 respectivamente se tiene:

$$q_1 = q_2$$

Tomando en cuenta la Ley de Darcy:

$$q_1 = k i_1 A_1$$

En que:

$$i = \frac{Ah_1}{b_1}$$

Siendo ah_1 la pérdida de energía entre las equipotenciales 0 y 1 si se considera un espesor unitario del tubo, el área A_1 será:

$$A_1 = a_1 (1) = a_1$$

Tendremos entonces, que el gasto en la sección 1 vale:

$$q_1 = K \frac{Ah_1}{b_1} a_1$$

De la misma manera el gasto en la sección 2 vale:

$$q_2 = K \frac{\sqrt{Ah_2}}{b_2} \cdot a_2$$

Como $q_1 = q_2$ se tiene:

$$\frac{Ah_1}{b_1} a_1 = \frac{Ah_2}{b_2} a_2$$

Si se condiciona que la pérdida de potencial sea la misma de una equipotencial a la siguiente, es decir, que

$$Ah_1 = Ah_2$$

$$\frac{a_1}{b_1} = \frac{a_2}{b_2} = \frac{q}{KAh}$$

En una red trazada correctamente donde se cumpla la condición de que la relación a/b sea constante, q/KAh permanece también constante para cualquier canal de flujo, y como K y Ah mantienen el mismo valor para cualquier cuadrado de la red, en todos los canales de flujo debe escurrir el mismo gasto.

Si llamamos N_f al número total de canales y Q al gasto total en la zona de flujo, puede escribirse:

$$q = q n_f$$

Como:

$$q = KA h \frac{a}{b}$$

Tendremos

$$Q = KA h \frac{a}{b} n_f (A)$$

Llamando h a la pérdida total de carga y N_e al número de caídas de potencial, se tiene

$$Ah = \frac{h}{n_e}$$

Sustituyendo esta expresión en (A) y suponiendo que a/b es igual a la unidad, tenemos

$$Q = Kh \frac{nf}{ne} (B)$$

El término nf/ne depende solamente de la región de flujo; se conoce con el nombre de factor de forma y se presenta como:

$$F_f = \frac{nf}{ne}$$

Sustituyendo esta expresión en (B) se obtiene:

$$Q = Kh F_f$$

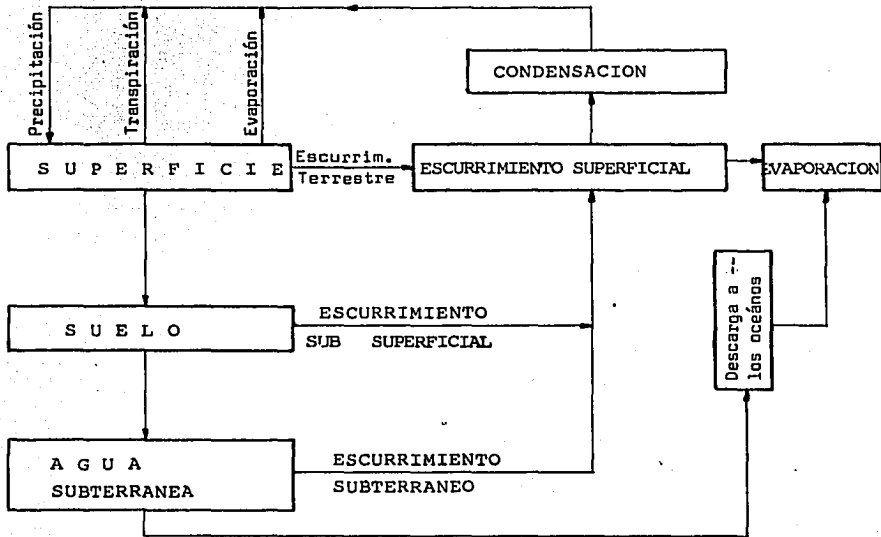
Que nos permite calcular el gasto por unidad de longitud normal a la sección estudiada.

CAPITULO IV

ASPECTOS GENERALES DE HIDROLOGIA

La hidrología es la rama de la hidráulica que se ocupa de la contabilidad del agua, es decir estudia la disponibilidad de este recurso para poder utilizarlo en diversos fines y la posibilidad de que se presente en exceso para prevenir efectos indeseables.

Para realizar el balance o contabilidad del agua, es necesario comprender el ciclo hidrológico.



ESQUEMA DEL CICLO HIDROLOGICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El ciclo hidrológico se inicia con la evaporación del agua de las grandes superficies de almacenamiento por la acción de los rayos solares y el viento, emigrando hacia capas superiores de la atmósfera, formando nubes que al condensarse forman la lluvia, la nieve o el granizo. Al ocurrir la precipitación sobre la tierra, una parte queda retenida para volverse a evaporar, otra se infiltra en el suelo y una parte escurre formando cauces naturales por los que regresa a los grandes almacenamientos en donde se reinicia el ciclo.

De la parte que se infiltra una porción puede ir a zonas muy profundas y por mucho tiempo ya no tomará parte en el ciclo. Otra en su mayoría regresará a los cauces naturales por diversos medios.

Los datos sobre los que se apoya la hidrología son:

I. Datos de precipitación.

II. Datos de escurrimiento.

I. Precipitación.

La precipitación es debida a la saturación con vapor de agua, una capa de aire frío. Se puede producir de cinco maneras diferentes.

a) Precipitación convectiva.- Son lluvias que se originan por el enfriamiento debido a la expansión de una masa de aire húmedo. Cuando ésta asciende arrastrada por corrientes convectivas a una capa más alta con menor presión.

b) Precipitación orográfica.- Se produce cuando los accidentes del terreno y la presión del viento obliga a las masas de aire a elevarse por la ladera de una montaña, con la consiguiente expansión y descenso de temperatura al encontrarse con capas de menor presión.

- c) Precipitación por frentes polares.- Se produce por choques de masas de aire una fría y la otra caliente y húmeda, originando las precipitaciones de invierno llamadas equipatas o cabañuelas.
- d) Precipitación ciclónica.- Es producida por un conjunto de fenómenos que hacen que los vientos calientes y muy húmedos ascienden en un movimiento helicoidal.

Los factores importantes que la producen son la rotación de la tierra y concentración del agua producida por los rayos del sol, formando una zona de baja presión rodeada por zonas de alta presión.

- e) Precipitación por radiación.- La radiación de calor emitida por el aire muy húmedo cercano a la superficie terrestre, es débil, originando precipitaciones muy ligeras, como son las brumas, nieblas matutinas y el rocío.

Los datos de precipitación son medidos en las estaciones climatológicas.

Estaciones climatológicas.

En estas estaciones también se miden los datos de evaporación, temperatura, dirección del viento, velocidad del viento y estado del tiempo.

Los aparatos para medir estos datos son:

- Pluviometro o pluviografo
- Evaporometro
- Termometro
- Veleta o anemoscopio
- Anemometro
- Tablas del tiempo

El pluviometro sólo proporciona altura de lluvia total dentro de los intervalos de lectura.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El pluviografo registra la variación de la precipitación respecto al tiempo.

Análisis de la precipitación.

1. Promedio aritmético.

Si no se conoce la localización de las estaciones dentro de la cuenca en estudio y sólo se desea tener una idea aproximada de la precipitación media, se usará un promedio aritmético.

Procedimiento.- Se suman las precipitaciones de todas las estaciones climatológicas existentes en la zona de estudio y se divide esta suma entre el número de estaciones.

$$h_{Pm} = \frac{\sum P}{\text{Num. Est.}}$$

h_{Pm} = Precipitación media en mm

$\sum P$ = Suma de precipitaciones

2. Método de Thiessen.

En este método es necesario conocer la localización exacta de todas las estaciones de la zona de estudio.

Localizadas y ubicadas las estaciones en el plano de la cuenca, se unen por medio de rectas formando triángulos, se trazan bisectrices a los lados de los triángulos, originando así polígonos irregulares en que cada uno contiene una estación y representando así el área tributaria.

Para el cálculo se emplea la fórmula:

$$h_{Pm} = \frac{\sum A_x h_{Px}}{A_t}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

h_{pm} . = Altura de precipitación media en m.m.

A_x . = Area tributaria de la estación X en Km²

h_{px} . = Altura de precipitación en la estación X en m.m.

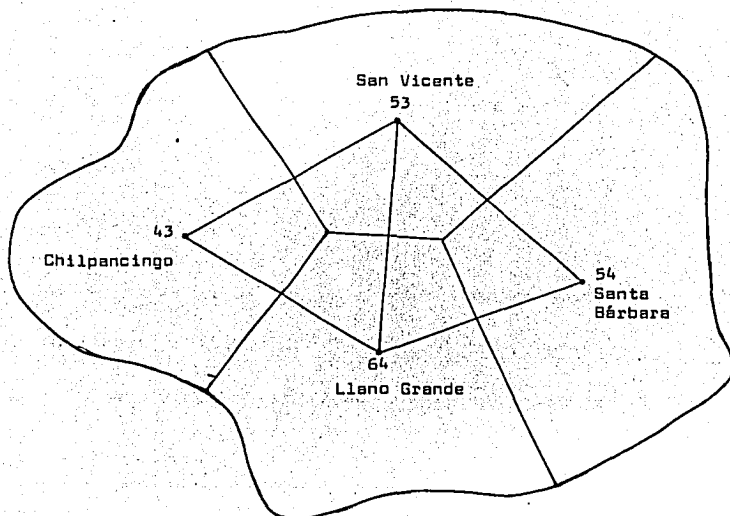
A_t = Area total de la cuenca en estudio en Km²

3. Método de las isoyetas.

Este método es el más exacto para determinar la precipitación media. - En este método se requiere determinar un plano de isoyetas, formado al unir por medio de triángulos cada una de las estaciones e interpolar - con las precipitaciones de cada una de ellas y unir por medio de curvas los puntos de igual valor, obteniendo así curvas de igual precipitación (isoyetas).

$$h_{pm} = \frac{\sum A_x h_{px}}{A_t}$$

POLIGONOS DE THIESSEN

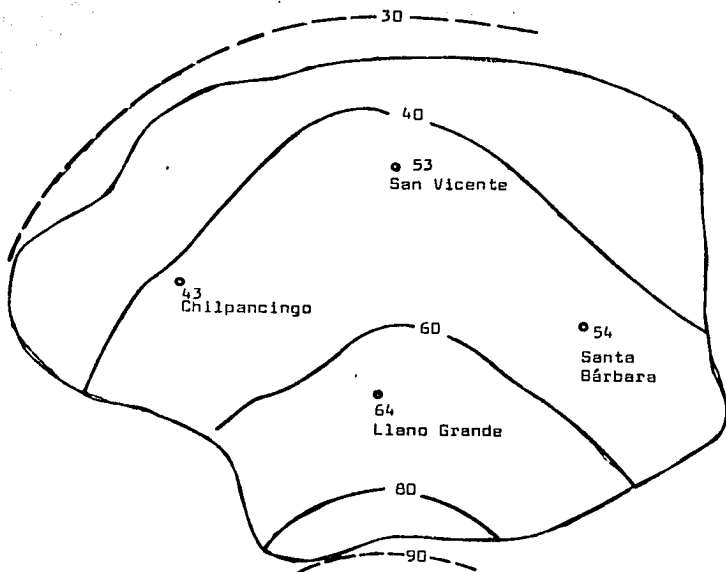


ESTACION	ALTURA DE PRECIPITACION (m.m.) h_{Px}	AREA POLIGONO THIESSEN (Km ²) A_x	$h_{Px} A_x$ (m.m. Km ²)
SANTA BARBARA	54	1 244	67 176
SAN VICENTE	53	837	44 361
CHILPANCINGO	43	995	42 785
LLANO GRANDE	64	1 888	120 832
	SUMA	4 964	275 154

$$h_{Pm} = \frac{275\ 154}{4\ 964} = 55.4\ \text{m.m.}$$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

METODO DE LAS ISOYETAS



ISOYETAS	ALTURA DE PRECIPITACION (m.m.) h_{Px}	AREA ENTRE ISOYETAS (Km ²) A_x	$h_{Px} A_x$ (m.m. Km ²)
90 - 80	85	95	8 075
80 - 60	70	1 667	116 690
60 - 40	50	2 403	120 150
40 - 30	35	799	27 965
	SUMA	4 964	272 880

$$h_{Pm} = \frac{272\ 880}{4\ 964} = 55 \text{ m.m.}$$

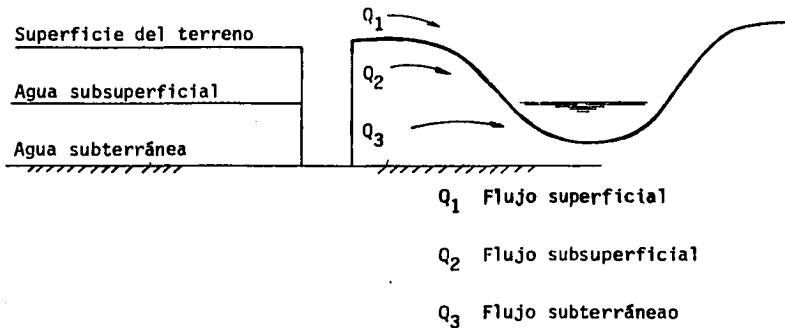
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESCURRIMIENTO

El agua de lluvia llega primero a los objetos que se encuentran sobre la superficie del terreno, como árboles, casas, pasto, etc. en estos lugares parte de la lluvia es interceptada y parte llega al suelo, en donde se infiltra, llena las depresiones topográficas y se va acumulando en el terreno hasta romper la tensión superficial y fluir por la superficie de las laderas hacia los cauces.

Parte del agua que conducen los ríos se debe al flujo superficial; existen otras dos contribuciones, el agua subsuperficial y el agua subterránea. La primera fluye casi paralela a la superficie a poca profundidad, y la segunda se debe al agua que se encuentra en la zona de saturación del subsuelo.



El flujo superficial se realiza rápido.

El flujo subterráneo es lento.

El flujo subsuperficial es menos rápido que el superficial o lento como el subterráneo, depende de las condiciones del suelo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CLASIFICACION DEL ESCURRIMIENTO EN LOS TERMINOS DE SU RAPIDEZ

- a) El escurrimiento directo, formado por los flujos de superficie y sub - superficial rápido, es el que tiene una respuesta rápida a la lluvia y que se considera como el resultado de la lluvia efectiva o en exceso.
- b) El escurrimiento base, formado por los flujos subsuperficial lento y - el subterráneo, es el que no depende esencialmente de la lluvia de la tormenta inmediata anterior.

El escurrimiento base se debe a la existencia de corrientes con flujo todo-el año (corrientes perennes).

ASPECTOS GENERALES SOBRE ESCURRIMIENTO

Aforo.

El gasto o volumen de agua que pasa por la sección transversal de una co - rriente en la unidad de tiempo, se determina mediante una serie de opera - ciones, que constituyen lo que se llama aforo.

El gasto depende directamente del área (A) de la sección transversal de la - corriente y de la velocidad media del agua (V), obteniéndose el gasto por la multiplicación de estos dos factores.

Estaciones de aforo.

Se llaman estaciones de aforo a los lugares en los cuales se practican, sis - temáticamente, observaciones para conocer el régimen de una corriente.

Clasificación de las estaciones de aforo.

De acuerdo al medio utilizado para cruzar la corriente, al hacer los aforos, es la siguiente:

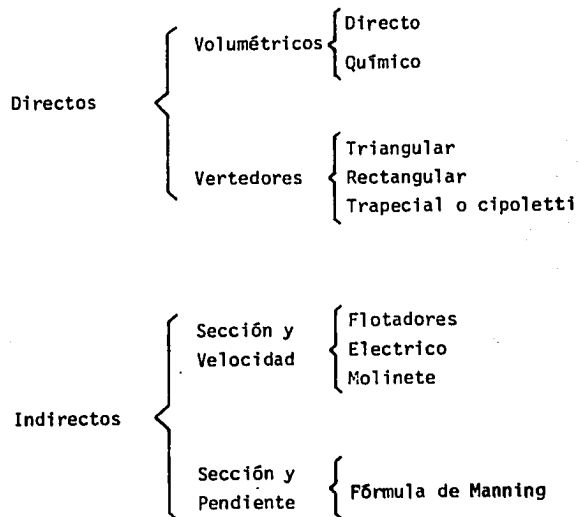
- a) Estaciones de vadeo.
- b) Estaciones de puente.
- c) Estaciones de cable canastilla.
- d) Estaciones de bote o canoa.

Partes de que consta una estación. Las estaciones donde se emplea el método de sección y velocidad, están constituidas por un tramo del cauce llamado "tramo de aforo". Donde se practican todas las operaciones del aforo, y en el cual están localizadas

1. La sección o secciones del cauce en las que se hacen los aforos.
2. Una estructura que se aprovecha o destina especialmente para hacer maniobras y observaciones llamado "estructura de aforo".
3. Reglas graduadas llamadas escalas, debidamente referidas a bancos fijos de nivel, para observar las elevaciones del nivel del agua en puntos determinados.
4. Un reborde natural o artificial establecido en el cauce según una sección transversal de éste, aguas abajo de la sección de aforo; y que sirve para regular la relación entre gastos y las alturas de la lámina del agua. A esta parte se le llama "control" de la estación.
5. El equipo y útiles necesarios para la medida de la sección y la velocidad de la corriente.
6. Un aparato registrador de las alturas del agua (limnigrafos), en las estaciones de importancia o cuando se trata de corrientes con fluctuaciones de nivel considerables.

METODOS DE AFORO

Los métodos son directos e indirectos.



El método comunmente usado es el de sección y velocidad.

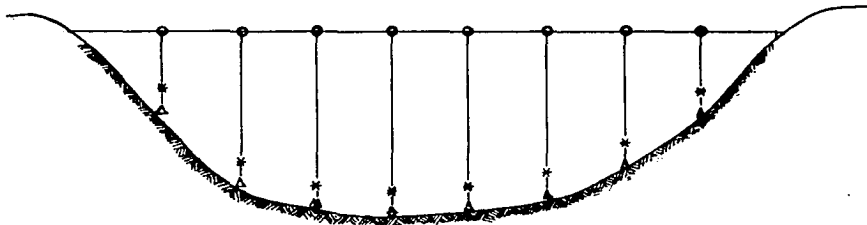
Determinación del área de la sección.

En los cauces muy estables se puede obtener previamente la forma de la - sección, empleando un estadal y nivel fijo, determinando las áreas corres - pondientes a cada una de las distintas alturas del agua, formando así la tabla de "alturas de escala-áreas".

Si el cauce es variable, el área de la sección se determinará por sondeos.-

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las profundidades del fondo se pueden medir empleando una sonda ya sea rígida o flexible.



- o.- Fichas de distancias.
- Δ.- Sondeos.
- *.- Molinete.

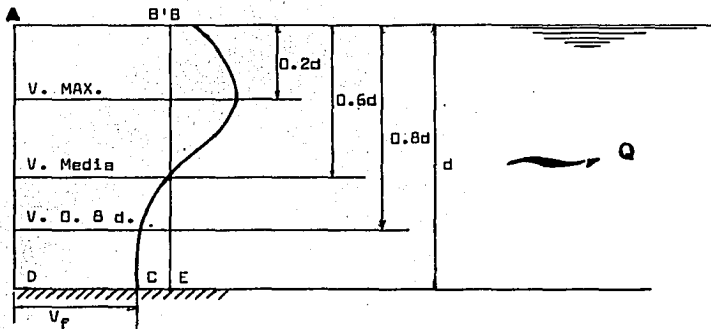
Determinación de la velocidad.

Los métodos para obtener la velocidad media en cada fracción empleando el molinete, se diferencian por la profundidad a la cual se hacen las mediciones de la velocidad.

Método de $\frac{6}{10}$ de tirante, es el método más sencillo, consiste en colocar el molinete a 6 décimos de la profundidad contados a partir de la superficie libre del agua.

Método de $\frac{2}{10}$ y $\frac{8}{10}$ de tirante, que consiste en hacer observaciones a $\frac{2}{10}$ y $\frac{8}{10}$ de profundidad contados a partir de la superficie libre del agua y al centro de cada fracción.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Queda así representado el diagrama de velocidades obtenidas al colocar el molinete a las alturas antes indicadas.

El molinete.- Es un aparato provisto de copas que giran al paso del agua, de un contrapeso y un timón. Conociendo el número de vueltas que da la rueda de copas y el tiempo empleado en hacerlo, se puede conocer la velocidad del agua, con ayuda de una tabla de velocidades formada para cada molinete.

Del diagrama se tiene:

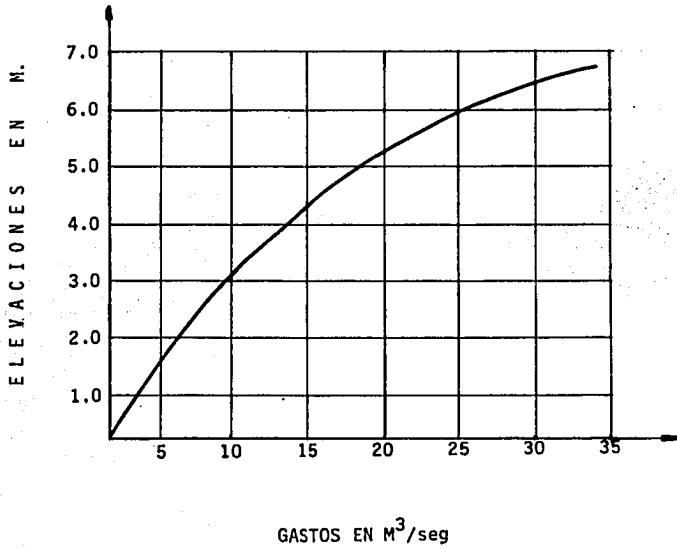
$$V d = \text{Area } ABM'CD = \text{Area del rectángulo } AB'ED$$

$$\therefore V = \text{Area } \frac{ABMCD}{d} = \text{Velocidad media}$$

Multiplicando el área de cada fracción por su velocidad media, se obtiene el gasto parcial que sumando cada uno de los gastos parciales proporciona el gasto total en m^3/s .

Limnigrafo.- Es un aparato con un dispositivo de relojería, un tambor sobre el que se coloca un papel con un rayado especial, un flotador que transmite el movimiento o variación de altura del agua y es registrado en el papel.

Curva de gastos.- Es una curva formada por las elevaciones contra gastos,- de tal manera que para cada elevación se tiene un gasto, es decir:



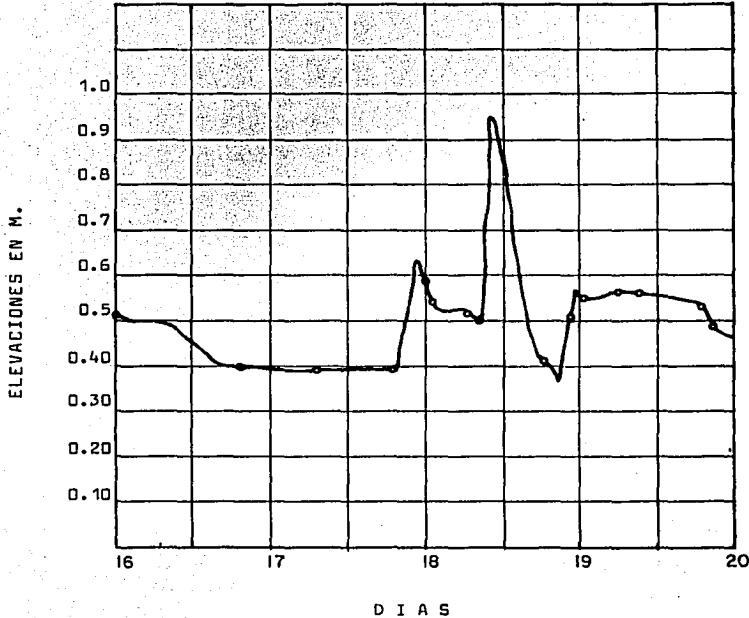
Con los registros del limnigrafo y los datos de la curva de elevaciones - contra gastos se forman los hidrogramas.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HIDROGRAMA. - Es la representación gráfica del escurrimiento en el cauce de un río o canal en un tiempo determinado.

H I D R O G R A M A



METODO DE CHOW

$$Q = AXYZ \quad (1)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Donde:

A Area de la cuenca en Km²

X Factor de escurrimiento

Y Factor climático

Z Factor de reducción de pico

Qm Gasto en m³/s

El factor de escurrimiento X se determina mediante la relación:

$$X = \frac{Peb}{d}$$

Donde:

Peb, es la lluvia en exceso en la estación base para una duración dada de d horas, en cm. La estación base es donde se conoce la distribución de la lluvia respecto al tiempo, o sea, donde se tiene un pluviógrafo.

d Duración total de la tormenta en horas.

El factor climático y por una parte toma en cuenta la forma en que se distribuye el escurrimiento y por otra, el hecho de que el sitio donde se quiere valorar el gasto está alejado de la estación base, en otras palabras, sirve para transportar tormentas.

Se determina de la siguiente forma:

$$Y = 2.78 \frac{P}{P_b} \quad (II)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

P Lluvia total en la zona de estudio para una duración de d horas, en cm.

Pb Lluvia en la estación base para una duración dada, en cm.

Si la estación base está dentro de la cuenca $P = P_b$.

El factor de reducción de Pico Z es igual a la relación entre el gasto - pico de un hidrograma unitario debido a una lluvia de duración dada d y el escurrimiento de equilibrio o sea el escurrimiento de la misma intensidad de lluvia pero de duración finita.

El valor de Z . existe una gráfica en función de d/tp .

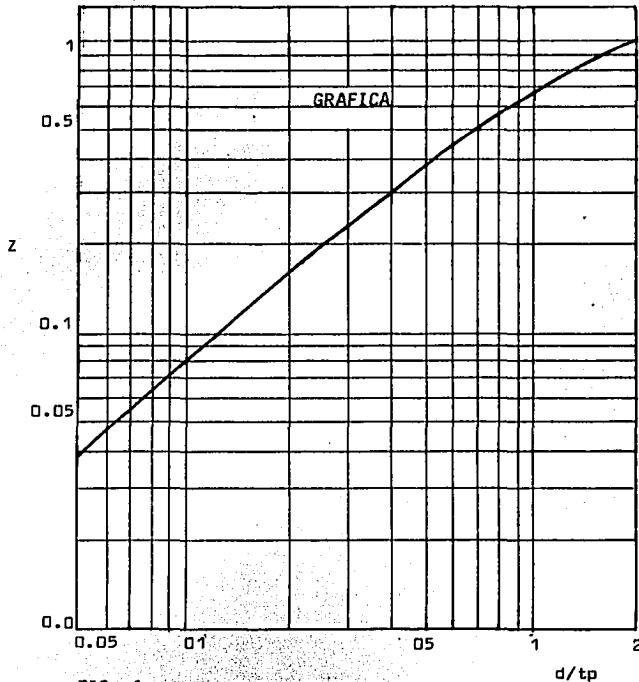


FIG. 1 RELACION ENTRE Z Y d/tp

Donde t_p es el tiempo de retraso, definido como:

$$t_p = 0.0050 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.64}$$

Donde:

- L Longitud del cauce principal en m
- S Pendiente media del cauce en porcentaje
- t_p Tiempo de retraso en horas

Para calcular la lluvia en exceso P_e existe una gráfica: En donde N es el número de escurrimiento y depende del uso del suelo, y de las características del mismo. En la tabla se pueden ver estos valores.

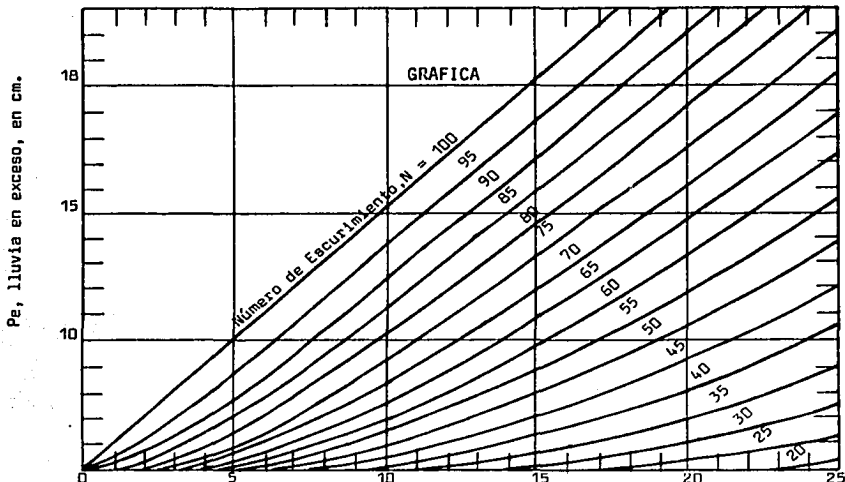


FIG. 2

P lluvia total en cm.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Factores que afectan al escurrimiento,

Los factores que afectan al escurrimiento, considerados en este método, pueden dividirse en dos grupos. Uno que afecta directamente a la cantidad de lluvia en exceso o escurrimiento directo, el cual consiste principalmente en el uso de la tierra, condición de la superficie, tipo de suelo y la cantidad y duración de la lluvia. El otro grupo afecta la distribución del escurrimiento directo e incluye el tamaño y la forma de la cuenca, la pendiente del terreno y el efecto de retención del flujo por medio del tiempo de retraso. Esta distribución del escurrimiento directo está expresada en términos del hidrograma unitario.

Existe una cierta interdependencia entre los dos grupos de factores. Sin embargo, esta interdependencia es desconocida y, para propósitos prácticos, puede considerarse que no afecta a la relación entre el escurrimiento directo y la lluvia en exceso. Esta hipótesis es la base para poder establecer la ec I.

Para tomar en cuenta el efecto del primer grupo, se tiene el número de escurrimiento, N . Este número N es un coeficiente de peso del escurrimiento directo, y es función del uso del suelo y de las características de éste.

Los suelos se clasifican, según afecten las características del material en el escurrimiento, en cuatro tipos:

Tipo A. (Escurrecimiento mínimo). Incluye gravas y arenas de tamaño medio, limpias, y mezcla de ambas.

Tipo B. Incluye arenas finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena y limo.

Tipo C. Comprende arenas muy finas, arcillas de baja plasticidad, mezclas de arena, limo y arcilla.

Tipo D. (Escurrecimiento máximo). Incluye principalmente arcillas de alta -

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

plasticidad, suelos poco profundos con subhorizontes casi impermeables cerca de la superficie.

TABLA 1. SELECCION DEL NUMERO DE ESCURRIMIENTO N

USO DE LA TIERRA O COBERTURA	CONDICION DE LA SUPERFICIE	TIPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Bosques (sembrados y cultivados)	Ralo, baja transpiración	45	66	77	83
	Normal, transpiración media	36	60	73	79
	Espeso o alta transpiración	25	55	70	77
Caminos	De tierra	72	82	87	89
	Superficie dura	74	84	90	92
Bosques naturales	Muy ralo o baja transpiración	56	75	86	91
	Ralo, baja transpiración	46	68	78	84
	Normal, transpiración media	36	60	70	76
	Espeso, alta transpiración	26	52	62	69
	Muy espeso, alta transpiración	15	44	54	61
Descanso (sin cultivo)	Surcos rectos	77	86	91	94
Cultivos de surco	Surcos rectos	70	80	87	90
	Surcos en curvas de nivel	67	77	83	87
	Terrazas	64	73	79	82
Cereales	Surcos rectos	64	76	84	88
	Surcos en curvas de nivel	62	74	82	85
	Terrazas	60	71	79	82
Leguminosas (sembradas con maquinaria o al-vo- leo) o potrero de rota- ción	Surcos rectos	62	75	83	87
	Surcos en curvas de nivel	60	72	81	84
	Terrazas	57	70	78	82
Pastizal	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Bueno	39	61	74	80
	Curvas de nivel, pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel, normal	25	59	75	83
	Curvas de nivel, bueno	6	35	70	79
Potrero (permanente)	Normal	30	58	71	78
Superficie impermeable		100	100	100	100

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Procedimiento de cálculo.

- a) Con los datos del tipo y uso del suelo se calcula el valor de N empleando la tabla 1.
- b) Se escoge una duración de lluvia d .
- c) De las curvas intensidad-duración-período de retorno. Se calcula la intensidad de lluvia por la duración d . Se obtiene la precipitación total P_b , en cm.
- d) Con N y P_b se calcula P_{eb} con la figura 2.
- e) Con el valor de P_{eb} y el valor de d se calcula X .
- f) Se calcula Y con la expresión (II).
- g) Con la longitud y la pendiente del cauce, se calcula el valor de t_p .
- h) Se calcula la relación d/t_p y con la figura 1 se obtiene el valor de Z .
- i) Se calcula el gasto Q_m .
- j) Se repite el cálculo de (c) a (i) para otras duraciones de tormenta d .
- k) Se dibujan el gasto contra sus duraciones de tormenta escogida. El mayor gasto es el de diseño.
- l) Si la corriente es perenne se le agrega al gasto máximo; el flujo base- Q_b .

Ejemplo.

Calcular el gasto de escurrimiento directo máximo en una cuenca con los siguientes datos:

$$A = 88.8 \text{ Km}^2$$

$$S = 0.008 \text{ } 0.8\%$$

$$L = 8 \text{ Km} = 8\,000 \text{ m}$$

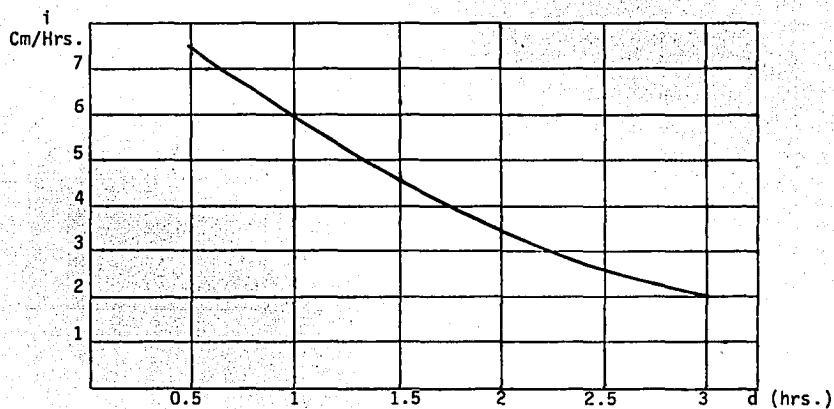
Condición de la superficie.- Buena.

Uso del suelo.- Pastizal.

Tipo del suelo.- Arcillas de alta plasticidad.

Perfodo de retorno $T_r = 10$ años.

Estación base dentro de la cuenca.



SOLUCION:

De la tabla 1 con el uso, el tipo y condición del suelo

$$N = 80$$

Como la estación base está dentro de la cuenca $P = P_b$, por lo tanto:

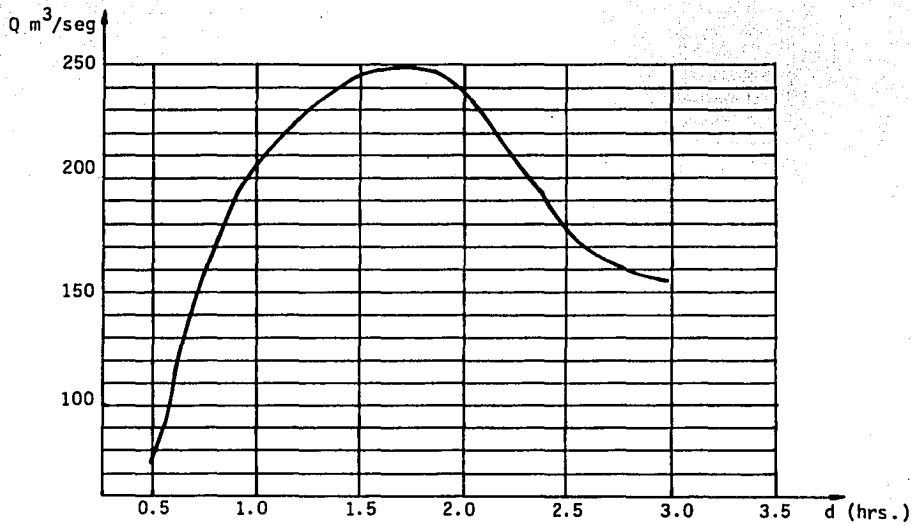
$$Y = 2.78$$

Por otra parte:

$$t_p = 0.00505 \left(\frac{8000}{V0.8} \right)^{0.64} = 1.707 \text{ hrs.}$$

Formando la siguiente tabla:

d (hrs)	i (cm/hr)	P_b (cm)	P_{eb} (cm)	X	d/ t_p	Z	Q_m (m^3 /seg)
0.5	7.5	3.750	0.679	1.393	0.293	0.22	75.7
1.0	6.0	6.000	2.019	2.019	0.586	0.41	204.3
1.5	4.5	6.750	2.538	1.692	0.879	0.58	233.3
2.0	3.5	7.000	2.718	1.359	1.172	0.71	238.2
2.5	2.5	6.250	2.189	0.876	1.465	0.82	177.3
3.0	2.0	6.000	2.019	0.673	1.757	0.92	152.8



DE LA GRAFICA $d = 1.70 \text{ hr.}$

$Q_{\text{max}} = 2.48 \text{ m}^3/\text{seg.}$

CAPITULO V

COEFICIENTES UNITARIOS DE RIEGO

El coeficiente unitario de riego representa el gasto que requiere una hectárea, y se utiliza en la determinación del canal correspondiente, considerando el área tributaria.

Hasta una época reciente en forma empírica en la mayoría de los distritos de riego el agricultor maneja el agua según su costumbre y criterio, con la creencia de que proporcionando un máximo de riego obtendrá mayores rendimientos.

Las consecuencias de este modo de regar son desperdicios debido al sobre riego cuyos efectos perjudiciales son varios, sin embargo, debido a su importancia en la economía nacional, debemos señalar dos.

1. Disminución de la superficie total bajo riego ya que el agua desperdiciada generalmente va hacia los drenes, sin posibilidad de volver a aprovecharla.
2. Salinización progresiva de los suelos,

Tomando en cuenta que la mayor parte del territorio nacional tiene un clima en el que es necesario el riego para el desarrollo normal de la mayor parte de los cultivos, y además existe una distribución muy deficiente de los recursos hidráulicos del país, se hace necesario hasta donde sea posible aprovechar estos recursos por medio de métodos racionales para la planeación del riego y la distribución y aplicación del agua, tomando en consideración los suelos, los cultivos y las características climatológicas.

Factores que intervienen:

- Estudios agrológicos.
- Texturas.
- Color de los suelos.

- Peso específico real.
- Peso específico aparente.
- Densidad real del suelo.
- Densidad aparente.
- Porosidad.
- Infiltración.

USO CONSUNTIVO DEL AGUA

Se define como uso del agua por las plantas o a la cantidad total del agua - usada en la construcción de sus tejidos, la transpiración y la evaporación - en la superficie del suelo sobre la que se desarrolla.

Uso del agua por la planta = construcción de tejidos
+ transpiración + evaporación

También se utiliza el término evapotranspiración para denominar los dos últimos conceptos, considerando que son los más importantes.

Factores que lo determinan:

Clima: Temperatura, humedad relativa, vientos, latitud, luminosidad y precipitación.

Cultivo: Especie, variedad, ciclo vegetativo, hábitos radiculares.

El uso del agua por las plantas se puede determinar por procedimientos directos o indirectos.

Los procedimientos directos son:

- a) El método gravimétrico.
- b) Utilizando el lisímetro de W. O. Pruitt.

Los procedimientos indirectos aplican fórmulas empíricas de las cuales las más usadas son:

- La obtenida por el Dr. Thornthwaite y
- La de Blaney y Criddle.

El Dr. Thornthwaite desarrolló una fórmula que relaciona los datos climatológicos, como la latitud y la temperatura, demostrando teóricamente que constituye un buen índice de la energía en un lugar específico.

$$E = 1.6 \left(\frac{10 T}{I} \right)^a \quad (A)$$

En donde:

E = Evapotranspiración potencial no ajustada en mm.

T = Temperatura promedio mensual, °C

a = Constante que depende del lugar y que es función del índice de eficiencia anual de temperatura (I), cuyo valor es:

$$a = 0.000\ 000\ 675\ I^3 - 0.000\ 0771\ I^2 + 0.01792\ I + 0.49239$$

I = Índice anual de calor (o temperatura). Es la suma de los índices de las eficiencias mensuales de temperatura (i).

$$I = \sum_{i=1}^{12} i \quad i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1.514}$$

Procedimiento de cálculo para este método es:

1. Se tabula la temperatura promedio mensual conocida (t).
2. Se tabula el índice mensual (i).

3. Se suman los 12 valores mensuales (1) obteniendo así I.
4. Determinar los valores no ajustados de la evapotranspiración potencial con la fórmula (A).
5. Con el cuadro 8 se encuentran los valores de ajuste de la evapotranspiración potencial no ajustada para la duración posible del fotoperíodo - de acuerdo con el mes y la latitud de la estación:

EJEMPLO:

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	SUMA TOTAL ANUAL
T °C	13.3	15.3	20.5	25.4	30.2	31.8	29.2	18.3	27.6	24.0	19.6	14.6	
$t = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.574}$	4.7	5.8	9.2	12.9	17.0	18.4	16.1	7.7	14.7	11.8	8.6	5.4	132.3
EV T.P. no ajustada	1.6	2.3	5.0	8.8	13.9	15.9	12.7	3.7	11.0	7.6	4.5	2.1	
Valores ajustados para - Lat. 30°N	0.9	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.2	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88	
EV T.P. ajustada	1.4	2.0	5.2	9.5	16.4	18.6	15.2	4.2	11.3	7.4	4.0	1.8	97 cm

Otra forma de calcular el valor de (a)

$$a = \frac{1.6}{100} I + 0.5$$

Con esta fórmula y aplicándola en la expresión (A). Se obtienen los valores de la EV T.P. no ajustada.

Cálculo de (a)

$$a = \left(\frac{1.6}{100}\right) 132.3 + 0.5 = 2.6168$$

EV T.P. no ajustada para el mes de enero

$$ET = 1.6 \left(\frac{10 \times 13.3}{132.3} \right)^{2.6168} = 1.6$$

EV T.P. no ajustada para el mes de febrero

$$ET = 1.6 \left(\frac{10 \times 15.3}{132.3} \right)^{2.6168} = 2.3$$

Con la tabla B se obtienen los valores ajustados para lat. de 30°N para cada uno de los meses así:

Para ene. 0.9, para feb. 0.87, etc.

Multiplicando estos valores por los valores EV T.P. no ajustados, se obtienen los valores corregidos o ajustados.

Así para ene. EV T.P. ajustada = 1.6 x 0.9 = 1.4

METODO BLANEY Y CRIDDLE

Este método es el que más se aplica en nuestro país para la estimación de la evapotranspiración real de los cultivos.

De acuerdo con este método la evapotranspiración potencial se realiza en función de la temperatura media mensual y del porcentaje de horas luz del mes, con respecto al total anual.

La fórmula es la siguiente:

$$E_t = Kf$$

E_t - Evapotranspiración total real en cms.

K = Coeficiente total de ajuste que depende del cultivo, y de su época de desarrollo.

F = Factor de temperatura y luminosidad.

$$F = \sum_{i=1}^n F_i \quad , \quad f_i = \frac{t_i \times P_i}{100}$$

Donde:

t_i = Temperatura en el mes i en grados fahrenheit

P_i = Porcentaje (medio) de horas - luz en el mes i con respecto al total anual (adimensional), el cual depende de la latitud del lugar.

Si los promedios mensuales de temperatura se expresan en °C, la ecuación transformada es:

$$f_i = P_i \left(\frac{t \text{ °C} + 17.8}{21.8} \right)$$

$$\therefore U.C = \sum_{i=1}^n K P_i \left(\frac{t + 17.8}{21.8} \right)$$

Trabajos posteriores, condujeron al ajuste de la fórmula de Blaney y Criddle por medio de un nuevo coeficiente denominado "coeficiente térmico" cuyo valor está dado por la siguiente expresión:

$$Kt = 0.03114t + 0.2396$$

t = Temperatura en °C

Afectando de este coeficiente la fórmula original resulta:

$$U.C = \sum_{i=1}^n P_i K \left(\frac{t + 17.8}{21.8} \right) Kt$$

Los coeficientes del uso consuntivo deben ser determinados en cada localidad en cada una de las especies y variedades de plantas que intervienen. Para este método modificado se ha considerado un coeficiente global (K_g).

Para las especies más importantes este coeficiente se encuentra tabulado en una tabla.

Experimentos realizados por el Departamento de Suelos de E.U., han conducido a la formulación de gráficas que permiten conocer el coeficiente de uso consuntivo en función del desarrollo de las plantas, ya sea en porcentaje del ciclo total, o bien en tiempo después del nacimiento de las mismas. Por esta razón a tales coeficientes se les denomina "coeficientes de desarrollo" - (Kc) y se aplica a los productos de $f \times K_t \times K_c$.

Al calcular el uso consuntivo primero afectándolo del coeficiente global - (Kg) y luego por el coeficiente de desarrollo (Kc) no concuerdan, por lo que se introduce otro factor de corrección (K").

Es decir:

$$K' = \sum_{i=1}^n \frac{f \cdot K_t \cdot K_c}{\sum_{i=1}^n f} \quad , \quad K'' = \frac{K_g}{K'}$$

∴ Uso consuntivo ajustado = $K'' \times U.C.$

Ejemplo:

Determinar el uso consuntivo para un cultivo de algodón con las siguientes - condiciones:

Cultivo: Algodón, ciclo vegetativo 180 días.

Fecha de siembra: 1o. de abril.

Zona: Región Lagunera.

Latitud: 25° 30'

Longitud: 103° 32'

Considerando los siguientes casos:

- 1) Kg coeficiente global.
- 2) Kc coeficiente de desarrollo.
- 3) K" factor de corrección

Solución:

1) De la tabla de Kg (coeficientes globales) se obtiene:

$K_g = 0.60 - 0.65$ se elige 0.65 por considerar a la zona como árida.

MES	T ^o c	P	$f = P \left(\frac{t + 17.8}{21.8} \right)$
A	22.6	8.62	15.975
M	25.4	9.35	18.528
J	27.0	9.26	19.030
J	26.7	9.46	19.311
A	26.1	9.10	18.325
S	24.2	8.31	16.010

P.- Porcentaje de Horas Luz para cada mes y año. Σ 107.179

Multiplicando este último valor por el coeficiente $K_g = 0.65$.

$$\therefore UC = 0.65 \times 107.179 = 69.67 \text{ cms.}$$

2) Usando el coeficiente de desarrollo K_c de la curva de desarrollo del algodón.

MES	COEFICIENTE DE DESARROLLO K_c	K_t	$f K_t$	$f K_t K_c = U. C_2$
A	0.24	0.943	15.070	3.617
M	0.40	1.031	19.095	7.638
J	0.83	1.080	20.559	17.064
J	1.02	1.071	20.682	21.096
A	0.88	1.052	19.285	16.970
S	0.63	0.993	15.901	10.018

Σ 76.403

$$Uc_2 = 76.403 \text{ cms}$$

3) Usando el factor de corrección K"

$$K'' = \frac{K_g}{K'} \quad \therefore \quad K'' = \frac{U. C_2}{\sum P} = \frac{U. C_2}{\left(\frac{L}{21.8} + 17.8\right)}$$

$$K' = \frac{76.403}{107.179} = 0.7129$$

$$K'' = \frac{0.65}{0.7129} = 0.9118$$

Con K'' se obtiene:

MES	U. C ₂	K''	U. C ₃ (CORREGIDO)
A	3.617	0.9118	3.298
M	7.638	0.9118	6.964
J	17.064	0.9118	15.559
J'	21.096	0.9118	19.235
A	16.970	0.9118	15.473
S	10.018	0.9118	9.134

Σ 69.663

$$U. C_2 = 76.403$$

$$K'' = 0.9118$$

$$\therefore 76.403 \times 0.9118 = 69.664 \text{ cms.}$$

Lámina de riego.

Es la cantidad de agua que el suelo puede retener:

$$L = (c.c - P.m.p) Da \times Pr (A).$$

L. Lámina de riego.

c.c. Capacidad de campo.

p.m.p. Porcentaje de marchitamiento permanente.

Da. Densidad aparente.

P. r. Profundidad radicular.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capacidad de campo.

Es el contenido de humedad de un suelo expresado en porciento.

Porcentaje de marchitamiento permanente.

Es el contenido de humedad del suelo cuando las plantas se marchitan permanentemente y corresponde al límite inferior de la humedad aproximada por los vegetales.

Densidad aparente.

$$D. a. = \frac{\gamma_s}{\gamma_a}$$

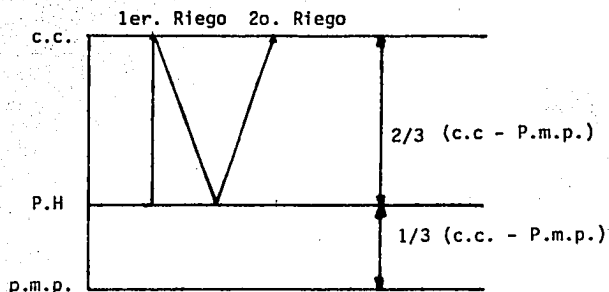
Profundidad radicular.

Es la profundidad a que se encuentra el 90% de las raíces de la planta.

La fórmula (A) no se aplica en su totalidad ya que se encuentra afectada por $\frac{2}{3}$ que corresponde al método francés.

Es decir:

$$L = \frac{2}{3} (c.c. - P.m.p.) \quad Da \times P_r$$



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Eficiencia de conducción. Es aquella que depende únicamente del material con que está construido el canal y se expresa en porcentaje.

Eficiencia parcelaria. Depende de la habilidad técnica del regante como de las condiciones físicas y topográficas del suelo.

Eficiencia del distrito. Se define como el producto de la eficiencia de conducción por la eficiencia parcelaria.

O sea:

$$E d = E c \times E p.$$

Se tienen las siguientes eficiencias:

Para canales de tierra.

Eficiencia parcelaria	70%
Eficiencia de conducción	70%
Eficiencia del distrito	0.70×0.70 49%

Para canales revestidos de mampostería.

Eficiencia parcelaria	70%
Eficiencia de conducción	75%
Eficiencia del distrito	0.70×0.75 52.5%

Para canales revestidos de concreto.

Eficiencia parcelaria	70%
Eficiencia de conducción	85%
Eficiencia del distrito	0.70×0.85 59.5%

Precipitación aprovechable o efectiva.

Es la precipitación disponible en la zona ocupada por las raíces de las plantas. Su aprovechamiento depende de varios factores, tales como la intensidad de la precipitación, velocidad de infiltración en el suelo, cubierta vegetal y la topografía.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Existen varios métodos para valuarla.

Uno de ellos es el de la S.A.R.H.

Que considera que el 70% en exceso de los primeros 5 mm.

$$P_e = (P-5 \text{ mm}) \times 0.70$$

RELACION SUELO - AGUA - PLANTA

- C F I = c.c(i) - U.C. (i) + LL(i)
- C F(i) = Contenido de humedad al final de un At
- C c(i) = Contenido de humedad al principio de un At
- u.c.(i) = Uso consuntivo
- L.L(i) = Lluvia efectiva o aprovechable

Coefficientes unitarios de riego.

Un ejemplo para obtenerlos es el siguiente:

- 1o. Utilizar el método de Blaney y Criddle.
- 2o. Latitud 30° Norte.
- 3o. Temperatura °C

ARO	E	F	M	A	M	J	J'	A	S	O	N	D
1	12.5	13.4	17.2	18.7	23.2	21.9	20.8	20.0	19.8	17.6	15.5	14.0
2	15.0	18.0	16.0	21.1	24.6	25.0	22.0	20.4	18.4	18.6	14.7	14.5
3	16.0	17.0	17.8	23.0	25.0	24.0	20.0	19.2	18.0	15.9	14.0	15.0

4o. Precipitación m.m.

ARO	E	F	M	A	M	J	J'	A	S	O	N	D
1	12.0	8.0	3.0	0.0	4.0	73.0	142.0	171.0	229.0	84.0	20.0	17.0
2	0.0	0.0	18.0	0.0	17.0	12.7	170.0	250.0	129.0	80.0	72.0	14.0
3	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	46.0	195.0	94.0	220	46.0	32.0	8

50. Plan de cultivos

CULTIVO	SUPERFICIE Ha.	CICLO VEGETATIVO	COEFICIENTE Kg. (GLOBAL)	PROFUNDIDAD RADICULAR m.
ALGODON	1 000	ABRIL-SEPT.	0.65	0.50
PASTO	300	ENERO-DIC.	0.75	0.40
SORGO 1	600	MAYO -SEPT.	0.70	0.45
SORGO 2	200	DIC. -ABRIL	0.70	0.45
MAIZ 1	800	JUN. -SEPT.	0.80	0.50
MAIZ 2	1 100	DIC. -MARZO	0.80	0.50
FRIJOL	400	DIC. -FEB.	0.65	0.40

T O T A L : 4 400 ha

6) Densidad aparente.

$D_A = 1.2$ (se considera un solo tipo de suelo).

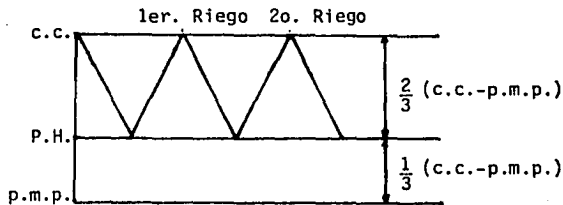
c.c = 0.25

p.m.p = 0.13

Eficiencia de conducción de canales = 80%.

Eficiencia parcelaria = 70%.

7) Política de riego.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Solución.

Coefficientes de desarrollo Kc.

Obtenidos de las curvas de cada uno de los cultivos.

MES	CULTIVO	ALGODON	PASTOS	SORGO 1	SORGO 2	MAIZ 1	MAIZ 2	FRIJOL
E			0.48		0.82		0.88	1.10
F			0.58		1.02		1.08	0.84
M			0.74		0.87		0.96	
A	0.24	0.86		0.65				
M	0.40	0.91	0.38					
J	0.83	0.93	0.82			0.51		
J ⁺	1.02	0.94	1.08			0.88		
A	0.88	0.92	0.87			1.08		
S	0.63	0.88	0.65			0.96		
O		0.80						
N		0.68						
D		0.56		0.38		0.51	0.67	

CALCULO DE LOS USOS CONSUNTIVOS

PASTOS 1er. AÑO

MES	T °C	P%	f = P $\left(\frac{t+17.8}{21.8}\right)$	Kt	Kc	f K _t K _c = U.C ₂	U.C. CORREGIDO CMS.
E	12.5	7.30	10.15	0.629	0.48	3.06	3.43
F	13.4	7.03	10.06	0.657	0.58	3.83	4.29
M	17.2	8.38	13.45	0.775	0.74	7.22	8.64
A	18.7	8.72	14.60	0.822	0.86	10.32	11.56
M	23.2	9.53	17.92	0.962	0.91	15.69	17.57
J	21.9	9.49	17.28	0.922	0.93	14.81	16.58
J ⁺	20.8	9.67	17.12	0.887	0.94	14.28	15.99
A	20.0	9.22	15.99	0.862	0.92	12.68	14.20
S	19.8	8.34	14.38	0.856	0.88	10.84	12.14
O	17.6	7.89	12.81	0.788	0.80	8.07	9.04
N	15.5	7.19	10.98	0.722	0.68	5.39	6.04
D	14.0	7.14	10.42	0.676	0.56	3.94	4.41

Σ 165.16

Σ 110.63

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

$$K'' = \frac{Kg}{K'} \quad K' = \frac{M \cdot U \cdot C_2}{M \cdot T} = \frac{110.63}{165.16} = 0.67$$

$$K'' = \frac{0.75}{0.67} = 1.12 \quad \text{Para enero: } U \cdot C_3 = 3.06 \times 1.12 = 3.43$$
$$\text{Para febrero: } U \cdot C_3 = 3.83 \times 1.12 = 4.29$$

Este mismo procedimiento se realiza para el 2o. y 3er. año, así como para cada uno de los ciclos vegetativos.

Láminas de riego.

1) Pastos.

$$\text{Lámina Teórica} = \frac{2}{3} (\text{c.c.} - \text{p.m.p.}) Dd \times Pr.$$

$$L = \frac{2}{3} (0.25 - 0.13) (1.2) (0.40) = 0.0384 \text{ m.m.}$$

$$L = 38.4 \text{ m.m.}$$

$$L \text{ Real} = \frac{38.4}{(.80)(0.70)} = 68.6 \text{ m.m.}$$

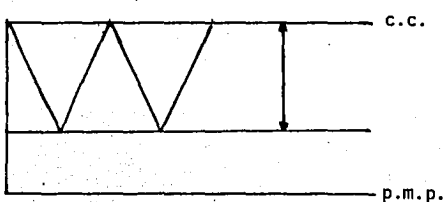
Política de riego

Capacidad de campo.

$$C.C \times D.a \times P.r. = 0.25 \times 1.2 \times .40 = 0.12 \text{ m.} = 120. \text{ m.m.}$$

Punto de marchitamiento permanente.

$$P.m.p \times Da \times P.r = 0.13 \times 1.2 \times 0.40 = 0.0624 \text{ m.} = 62.4 \text{ m.m.}$$



$$P_H = c.c. - \frac{2}{3} (\text{c.c.} - \text{p.m.p.})$$

$$P_H = 120 - \frac{2}{3} (120 - 62.4) = 0$$

Aplicando la fórmula,

$$CF_i = C.I (i) - U.C (i) + LL_A (i)$$

Para el mes de enero.

En el ejemplo se ha considerado que C.I.
(Contenido inicial de humedad) es igual A C.C.
(Capacidad de campo).

$$CF_i = 120 - 34.3 + 4.9 = 90.6$$

Como este valor se encuentra dentro de la humedad permisible no requiere de riego.

Para febrero se toma como C. I = 90.6

$$\therefore CF_i = 90.6 - 42.9 + 2.1 = 49.8$$

Restando este valor de la C.C., es decir 120, se obtiene:

$$L = 120 - 49.8 = 70.2 \text{ m.m.}$$

Valor que al dividir por el producto 0.70 x 0.80 se obtiene:

$$L_{\text{Real}} = \frac{70.2}{0.70 \times 0.80} = 125.36 \text{ m.m.}$$

Multiplicando este valor por el área, se tiene:

$$0.1253.6 \times 3\ 000\ 000 = 376.1 \times 10^3 \text{ m}^3$$

Si efectuamos la siguiente operación, se obtiene el coeficiente unitario de riego:

$$q = \frac{376.1 \times 1\ 000 \times 10^3}{300 \times 2\ 592 \times 10^3} = .484 \text{ lt/seg/Ha}$$

Este cálculo se realiza para cada cultivo en cada uno de los tres años en estudio.

PRECIPITACION APROVECHABLE

ANO	E	F	M	A	M	J	J'	A	S	O	N	D
1	4.9	2.1	0	0	0	47.6	95.9	116.2	156.8	55.3	10.5	8.4
2	0	0	9.1	0	8.4	85.4	115.5	171.5	86.8	52.5	46.9	6.3
3	4.1	0	0	0	0	28.7	133	67.3	154	28.7	18.9	2.1

Para el cálculo de la precipitación aprovechable se considera el 70%. En -
exceso de los primeros 5 m.m.

Ejemplo:

Enero 12 m.m. $12 - 5 = 7 \times 0.70 = 4.9$ m.m.

Febrero 8 m.m. $8 - 5 = 3 \times 0.70 = 2.1$ m.m.

CALCULO DE LOS COEFICIENTES UNITARIOS DE RIEGO
PARA EL CULTIVO DE PASTOS EN EL PRIMER AÑO

AREA = 300 HAS.

MES	C.I. m.m.	U.C.(t) m.m.	LLA(t) m.m.	C.F(t) m.m.	L. RIEGO m.m.	L. REAL m.m.	VOLUMEN REAL $m^3 \times 10^3$	qt lt/seg/Ha
E	120	34.3	4.9	90.6				
F	90.6	42.9	2.1	49.8	70.2	125.36	376.1	0.484
M	120.0	86.4	0	33.6	86.4	154.29	462.9	0.595
A	120.0	115.6	0	4.4	115.6	206.43	619.3	0.796
M	120.0	175.7	0	-55.7	175.7	313.75	941.3	1.210
J	120.0	165.8	47.6	1.8	118.2	211.07	633.2	0.814
J'	120.0	159.9	95.9	5.6	64.0	114.29	342.9	0.441
A	120.0	142.0	116.2	94.2				
S	94.2	121.4	156.8	129.6				
O	120.0	90.4	55.3	84.9				
N	84.9	60.4	10.5	35.0	85.0	151.79	455.36	0.586
D	120.0	44.1	8.4	84.3	35.7	63.75	191.2	0.246

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 107 -

DURACION PROMEDIO POSIBLE DEL FOTOPERIODO EN LOS HEMISFERIOS NORTE Y SUR
EXPRESADO EN UNIDADES DE 30 DIAS DE 12 HORAS CADA UNO

CUADRO B

LATITUD NORTE	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.08	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97
20	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	0.93	0.94
25	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
26	0.92	0.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
27	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	0.99	0.90	0.90
28	0.91	0.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	0.98	0.90	0.90
29	0.91	0.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	0.98	0.90	0.89
30	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
31	0.90	0.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
32	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87
33	0.88	0.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	0.97	0.88	0.86
34	0.88	0.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	0.97	0.87	0.86
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
36	0.87	0.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	0.97	0.86	0.84
37	0.86	0.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.83
38	0.85	0.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83
39	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	0.96	0.84	0.82
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
41	0.83	0.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	0.96	0.82	0.80
42	0.82	0.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	0.95	0.82	0.79
43	0.81	0.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.20	1.04	0.95	0.81	0.77
44	0.81	0.82	1.02	1.13	1.27	1.29	1.30	1.20	1.04	0.95	0.80	0.76
45	0.80	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
46	0.79	0.81	1.02	1.13	1.29	1.31	1.32	1.22	1.04	0.94	0.79	0.74
47	0.77	0.80	1.02	1.14	1.30	1.32	1.33	1.22	1.04	0.93	0.78	0.73
48	0.76	0.80	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	0.93	0.77	0.72
49	0.75	0.79	1.02	1.14	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	0.93	0.76	0.71
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.37	1.25	1.06	0.92	0.76	0.70
LATITUD SUR	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
5	1.06	0.95	1.04	1.00	1.02	0.99	1.02	1.03	1.00	1.06	1.03	1.06
10	1.08	0.97	1.05	0.99	1.01	0.96	1.00	1.01	1.00	1.06	1.05	1.10
15	1.12	0.98	1.05	0.98	0.98	0.94	0.97	1.00	1.00	1.07	1.07	1.12
20	1.14	1.00	1.05	0.97	0.96	0.91	0.95	0.99	1.00	1.07	1.09	1.15
25	1.17	1.01	1.05	0.96	0.94	0.88	0.83	0.98	1.00	1.10	1.11	1.18
30	1.20	1.03	1.06	0.95	0.92	0.85	0.90	0.96	1.00	1.12	1.14	1.21
35	1.23	1.04	1.06	0.94	0.89	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.17	1.25
40	1.27	1.06	1.07	0.93	0.86	0.78	0.84	0.92	1.00	1.15	1.20	1.29
42	1.28	1.07	1.07	0.92	0.85	0.76	0.82	0.92	1.00	1.16	1.22	1.31
44	1.30	1.08	1.07	0.92	0.83	0.74	0.81	0.91	0.99	1.17	1.23	1.33
46	1.32	1.10	1.07	0.91	0.82	0.72	0.79	0.90	0.99	1.17	1.25	1.35
48	1.34	1.11	1.08	0.90	0.80	0.70	0.76	0.89	0.99	1.18	1.27	1.37
50	1.37	1.12	1.08	0.89	0.77	0.67	0.74	0.88	0.99	1.19	1.29	1.41

CULTIVO	CICLO VEGETATIVO	COEFICIENTE GLOBAL K GLOBAL
Aguacate	Perenne	0.50 - 0.55
Ajonjolif	3 a 4 meses	0.80
Alfalfa	Entre heladas	0.80 - 0.85
	En invierno	0.60
Algodón	6 ó 7 meses	0.60 - 0.65
Arroz	3 a 5 meses	1.00 - 1.20
Cacahuate	5 meses	0.60 - 0.65
Cacao	Perenne	0.75 - 0.80
Café	Perenne	0.75 - 0.80
Camote	5 a 6 meses	0.60
Caña de azúcar	Perenne	0.75 - 0.90
Cártamo	5 a 8 meses	0.55 - 0.65
Cereales de grano pequeño; (alpiste, avena, cebada, - centeno, trigo)	3 a 6 meses	0.75 - 0.85
Cítricos	7 a 8 meses	0.50 - 0.65
Chile	3 a 4 meses	0.60
Espárrago	6 a 7 meses	0.60
Fresa	Perenne	0.45 - 0.60
Frijol	3 a 4 meses	0.60 - 0.70
Frutales de hueso y pepita (hoja caduca)	Entre heladas	0.60 - 0.70
Garbanzo	4 a 5 meses	0.60 - 0.70
Girasol	4 meses	0.50 - 0.65
Gladiolo	3 a 4 meses	0.60
Haba	4 a 5 meses	0.60 - 0.70
Hortalizas	2 a 4 meses	0.60
Jitomate	4 meses	0.70
Lechuga y col	3 meses	0.70
Lenteja	4 meses	0.60 - 0.70
Maíz	4 meses	0.60 - 0.70
Maíz	4 a 7 meses	0.75 - 0.85
Mango	Perenne	0.75 - 0.80
Melón	3 a 4 meses	0.60
Nogal	Entre heladas	0.70
Papa	3 a 5 meses	0.65 - 0.75
Palma datilera	Perenne	0.65 - 0.80
Palma cocotera	Perenne	0.80 - 0.90
Papaya	Perenne	0.60 - 0.30
Plátano	Perenne	0.80 - 1.00
Pastos de gramíneas	Perenne	0.75
Remolacha	6 meses	0.65 - 0.75
Sandía	3 a 4 meses	0.60
Sorgo	3 a 5 meses	0.70
Soya	3 a 5 meses	0.60 - 0.70
Tabaco	4 a 5 meses	0.70 - 0.80
Tomate	4 a 5 meses	0.70 - 0.80
Trébol ladino	Perenne	0.80 - 0.85
Zanahoria	2 a 4 meses	0.60

C U L T I V O S	P R O F U N D I D A D D E L A Z O N A R A D I C U L A R M E T R O S
Frambuesa y zarzamora	1.20 a 1.80
Brócoli	0.60
Col	0.60
Melón	1.20 a 1.80
Zanahoria	0.60 a 0.90
Coliflor	0.60
Cftrico	1.20 a 1.80
Mafz dulce	0.90
Mafz	1.20 a 1.50
Caña de azúcar	1.00
Algodón	1.20 a 1.80
Pepino	0.60 a 0.90
Frutal	1.80 a 2.40
Cereales de grano pequeño (trigo, cebada)	1.20
Sorgo	1.20
Vid	1.50 a 3.00
Zacates forrajeros	0.90 a 1.20
Trébol ladino	0.60
Lechuga	0.30 a 0.45
Melón ordinario	1.20 a 1.50
Nueces, avellano	1.20 a 1.80
Cebolla	0.45
Cacahuate	0.60
Chícharo	0.90 a 1.20
Papa	1.20 a 1.80
Calabaza	1.80
Rábanos	0.30 a 0.45
Soya	0.90 a 1.20
Espinacas	0.60
Calabacita	0.90
Fresa	0.90 a 1.20
Tabaco	1.20
Jitomate	1.80 a 3.00
Nabo	0.90
Nuez de nogal	3.60
Sandía	1.80

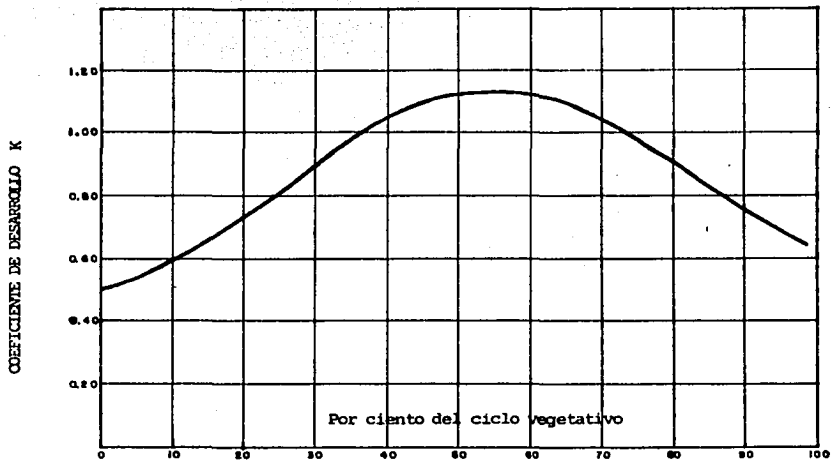
PORCENTAJES DE HORAS LUZ EN EL DIA PARA CADA MES Y AÑO
EN RELACION AL NUMERO TOTAL EN UN AÑO

LAT. NORTE	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
15°	7.94	7.37	8.44	8.45	8.98	8.80	9.03	8.83	8.27	8.26	7.75	7.88
16°	7.93	7.35	8.44	8.46	9.01	8.83	9.07	8.85	8.27	8.24	7.72	7.83
17°	7.86	7.32	8.43	8.48	9.04	8.87	9.11	8.87	8.27	8.22	7.69	7.80
18°	7.83	7.30	8.42	8.50	9.09	8.92	8.16	8.90	8.27	8.21	7.66	7.74
19°	7.79	7.28	8.41	8.51	9.11	8.97	9.20	8.92	8.28	8.19	7.63	7.71
20°	7.74	7.26	8.41	8.53	9.14	9.00	9.23	8.95	8.29	8.17	7.59	7.66
21°	7.71	7.24	8.40	8.54	9.18	9.05	9.29	8.98	8.29	8.15	7.54	7.62
22°	7.06	7.21	8.40	8.56	9.92	9.09	9.33	9.00	8.30	8.13	7.50	7.55
23°	0.02	7.49	8.40	8.57	9.24	9.12	9.35	9.02	8.30	8.11	7.47	7.50
24°	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.20	9.41	9.05	8.31	8.09	7.43	7.45
25°	7.53	7.13	8.39	8.61	9.32	9.22	9.43	9.08	8.30	8.08	7.40	7.41
26°	7.49	7.12	8.40	8.64	9.38	9.30	9.49	9.10	8.31	8.06	7.36	7.35
27°	7.43	7.09	8.38	8.65	9.40	9.32	9.52	9.13	8.32	8.03	7.36	7.31
28°	7.40	7.07	8.39	9.08	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.22	7.27
29°	7.35	7.04	8.37	8.70	9.49	9.43	9.61	9.19	8.32	8.00	7.24	7.20
30°	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
31°	7.25	7.00	8.36	8.73	9.57	9.54	9.72	9.24	9.33	7.95	7.15	7.09
32°	7.20	6.97	8.37	8.75	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.95	7.11	7.05

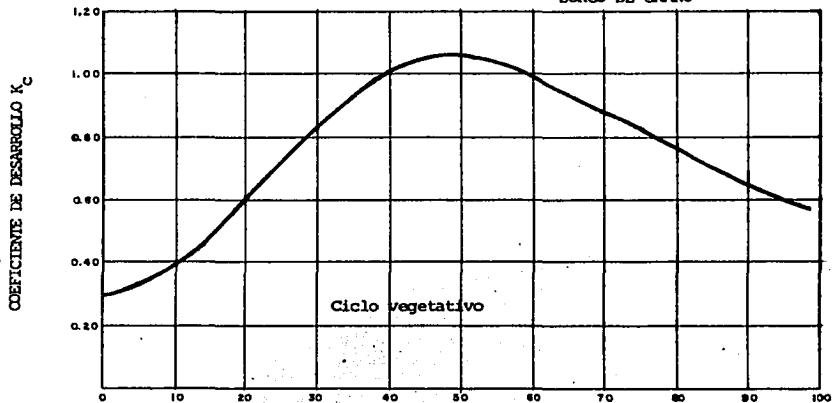
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 111 -

COEFICIENTE DE DESARROLLO
FRÍJOL



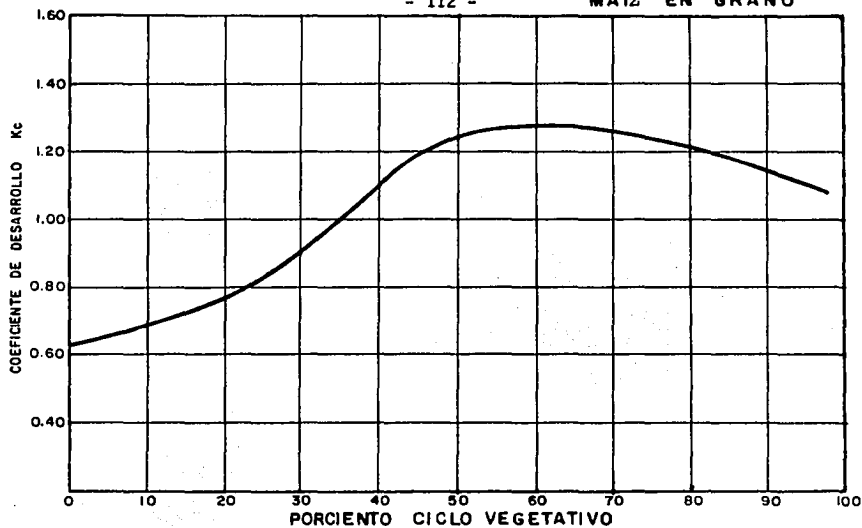
COEFICIENTE DE DESARROLLO
SORGO DE GRANO



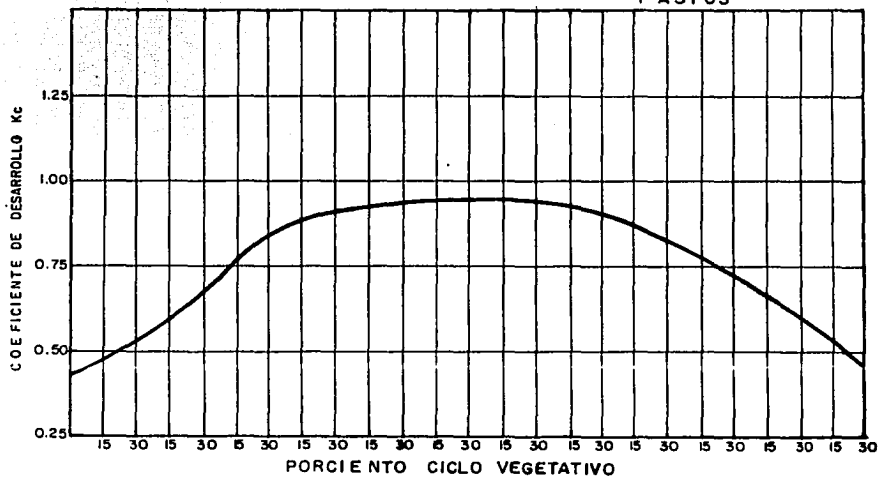
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 112 -

COEFICIENTE DE DESARROLLO
MAIZ EN GRANO

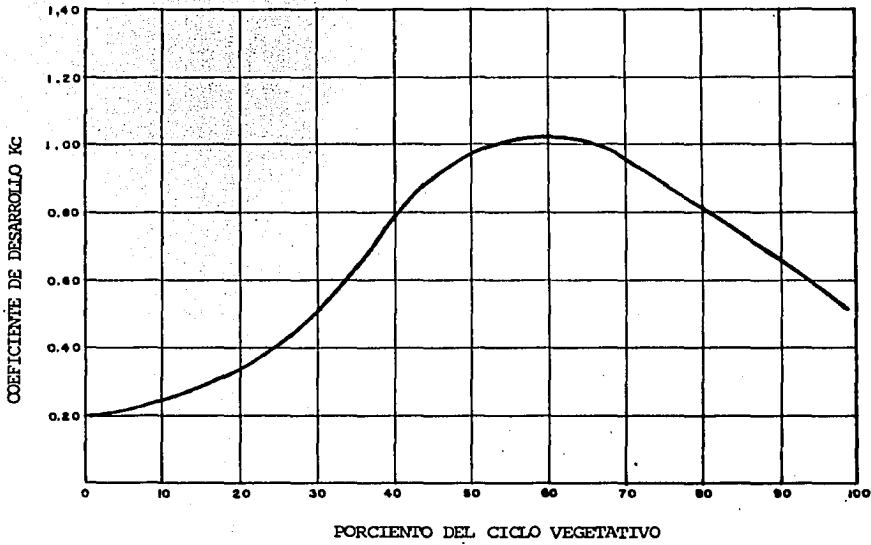


COEFICIENTE DE DESARROLLO
PASTOS



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

COEFICIENTE DE DESARROLLO
ALGODON



CAPITULO VI

COEFICIENTES UNITARIOS DE DRENAJE

El drenaje agrícola elimina el exceso de agua superficial o abate el nivel de agua del subsuelo debajo de la zona radicular, para mejorar el crecimiento de las plantas o reducir la acumulación de sales del suelo. Los drenes abiertos son utilizados para el drenaje de agua superficial con un ahorro considerable en costo.

Los drenes pueden clasificarse por su construcción, por su funcionamiento y por su disposición en planta por construcción.

- a) Drenes abiertos (zanjas con taludes 0.5:1).
- b) Drenes ademados con placas prensados.
Con materia seca de producción agrícola.
- c) Drenes subterráneos de concreto de 4" \emptyset con filtro de grava.
- d) Drenes topo como ductos subterráneos sin revestimiento.

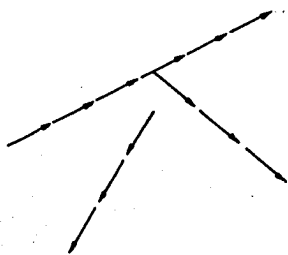
Por su funcionamiento pueden ser:

- a) Drenes de flujo horizontal.
- b) Drenes por bombeo de acción vertical.

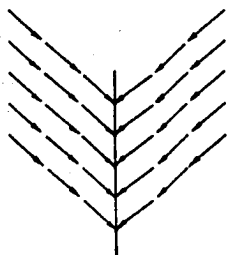
Según su disposición en planta se clasifican en:

- a) Drenaje libre al azar.
- b) Espina de pescado.
- c) Paralelos o emparillados
- d) Doble principal.

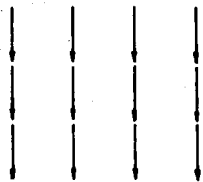
DRENES SEGUN SU DISPOSICION EN PLANTA



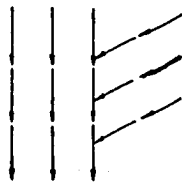
DRENAJE LIBRE



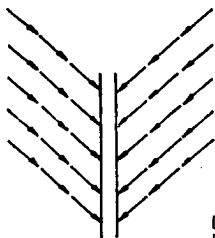
DRENAJE ESPINA
DE PESCADO



DRENAJE PARALELO



DRENAJE EMPARRILLADO



DRENAJE
DOBLE PRINCIPAL

BENEFICIOS DE UN BUEN DRENAJE

1. Los suelos húmedos usualmente son los más fértiles, el drenaje permite usarlos en una agricultura productiva.
2. Los suelos adecuadamente drenados se calientan pronto en primavera, permitiendo la siembra temprana, la razón es que se necesita cinco veces más calor para elevar la temperatura en 1°C en suelos pobremente drenados que los requeridos para suelos secos.
3. El drenaje aumenta la cantidad de oxígeno en el suelo, a menudo una deficiencia de oxígeno produce una reducción química en el Fe y Mn, que pueden ser tóxicos en el desarrollo de las plantas.
4. El drenaje ayuda a disminuir las pérdidas de nitrógeno del suelo causados por desnitrificación.
5. El drenaje aumenta el porcentaje de proteína cruda en la planta el 1% de potasio, cloro y magnesio.
6. Los suelos drenados están libres de enfermedades fungosas.
7. La estructura del suelo se mejora con el drenaje, el humedecimiento y secado, el mayor desarrollo de raíces y el desarrollo acelerado de bacterias y hongos ayudan en la formación de una estructura deseable en el suelo.
8. El terreno que ha sido drenado se adapta mejor a una variedad de cultivos que pueden rendir más.
9. El drenaje permite una penetración más profunda de raíces, obteniendo con ello un incremento de nutrientes aprovechables para el desarrollo de las plantas; lo que resulta en un mayor rendimiento del cultivo; el enraza-

miento más profundo, también hace a las plantas más resistentes a la sequía.

MÉTODOS PARA OBTENER EL GASTO MÁXIMO DE DISEÑO

MÉTODO DE GUMBEL MODIFICADO POR NASH.

Se tiene la función:

$$f(y) = e^{-(a+y)/c}$$

Por logaritmos

$$\ln f(x) = -e^{-(a+y)/c}$$

$$\ln \ln F(x)^{-1} = (a+y)/c$$

$$c \ln \ln \frac{T}{T-1} = -a-y$$

$$y = -a + c \ln \ln \frac{T}{T-1}$$

$$\text{Si } B = -a$$

$$A = \frac{1}{c} \quad \therefore \quad c = \frac{1}{A}$$

$$Y = B - \frac{1}{A} \ln \ln \frac{T}{T-1} \quad (A)$$

$$\text{Si se toma } \ln \ln \frac{T}{T-1} = X_i$$

$$Q_i = Y_i$$

$$B = b$$

$$m = -\frac{1}{A}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La ecuación (A) queda en la siguiente forma:

$Q_i = b + m \times i$ Ecuación de una recta.

$$b = \frac{(\sum Y_i) (\sum X_i^2) - (\sum X_i Y_i) \sum X_i}{n \sum X_i^2 - \sum X_i \sum X_i} \quad n = N$$

$$m = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{n \sum X_i^2 - \sum X_i \sum X_i}$$

$$xy = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} S_{yy}}}; \quad S_{yy} = n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2$$

$$S_{xx} = n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2$$

$$S_{xy} = n \sum X_i Y_i - (\sum X_i) (\sum Y_i)$$

Ejemplo:

A partir de la información siguiente, determinar el gasto máximo.

AÑO DE OBSERVACIÓN	GASTO MAXIMO ANUAL AFORADO m ³ /s
1952	2 264
1953	1 210
1954	1 619
1955	7 477
1956	659
1957	129
1958	3 888
1959	1 624
1960	8 562
1961	697.20
1962	328.80
1963	824.00
1964	607.40
1965	171.60
1966	1 507.00
1967	595.00
1968	1 000.00
1969	213.00

Lo primero, hay que ordenar los gastos máximos colocando en primer lugar al gasto máximo de la lista después el que le sigue y así sucesivamente.

ORDEN n	Qmax - anual Yi (m ³ /s)	Tn Años	$\frac{Tn}{Tn-1}$	Xi	Xi^2	Y_i^2	Xi Yi
1	8 562	19	1.0556	-2.9175	8.5120	73 307 844	-24 979.87
2	7 477	9.5	1.1176	-2.1962	4.8233	55 905 529	-16 429.95
3	3 888	6.33	1.1875	-1.7611	3.1016	15 116 544	- 6 847.28
4	2 264	4.75	1.2667	-1.4423	2.0802	5 125 696	- 3 265.32
5	1 624	3.80	1.3571	-1.1862	1.4071	2 637 376	- 1 926.38
6	1 619	3.17	1.4615	-0.9689	0.9388	2 621 161	- 1 568.69
7	1 507	2.71	1.5833	-0.7775	0.6046	2 271 049	- 1 171.76
8	1 210	2.37	1.7273	-0.6041	0.3650	1 464 100	- 731.01
9	1 000	2.11	1.9000	-0.4434	0.1966	1 000 000	- 443.39
10	824	1.90	2.1111	-0.2914	0.0849	678 976	- 240.12
11	697.20	1.73	2.3750	-0.1450	0.0210	486 087.84	- 101.11
12	659.00	1.58	2.7143	-0.0015	0.0000	434 281	- 0.9702
13	607.40	1.46	3.1667	0.1421	0.0202	368 934.76	86.30
14	595.00	1.36	3.8000	0.2889	0.0835	354 025.00	171.91
15	328.80	1.27	4.7500	0.4435	0.1967	108 109.44	145.82
16	213.00	1.19	6.3333	0.6129	0.3757	45 369.0	130.55
17	171.60	1.12	9.5000	0.8115	0.6585	29 446.56	139.25
18	129.00	1.06	19.0000	1.0799	1.1662	16 641.00	139.31

$$\Sigma = 33\ 376 \qquad \Sigma = -9.3563 \quad 24.6359 \quad 161\ 971 \quad 169.6 \quad - 56\ 883.71$$

$$\bar{X} = \frac{-9.3563}{18} = -0.5198$$

$$\bar{Y} = \frac{33\ 376}{18} = 1\ 854.22$$

$$b = \frac{(33\ 376) (24.6359) - (-56.883.71) (-9.3563)}{18 (24.6359) - (-9.3563)^2} = \frac{290\ 026.74}{355.91} = 814.90$$

$$m = \frac{18 (-56\ 883.71) - (-9.3563) (33\ 376)}{18 (24.6359) - (-9.3563)^2} = \frac{-711\ 297.15}{355.91} = -1\ 998.55$$

Para $T = 100$ años

$$Q_{\max} = 814.90 - 1.998.55 \ln \ln \sqrt{\frac{100}{100-1}}$$

$$Q_{\max} = 814.90 + 9.193.63 = \underline{10.008.53} \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$S_{yy} = 18 (161.971.169.6) - 1.113.957.376 = 1.801.523.677$$

$$S_{xx} = 18 (24.6.359) - (87.5.403) = 355.91$$

$$S_{xy} = 18 (-56.883.71) - (-9.3563) (33.376) = -711.630.91$$

$$r_{xy} = \frac{-711.630.91}{\sqrt{355.91 (1.801.523.677)}} = -0.9$$

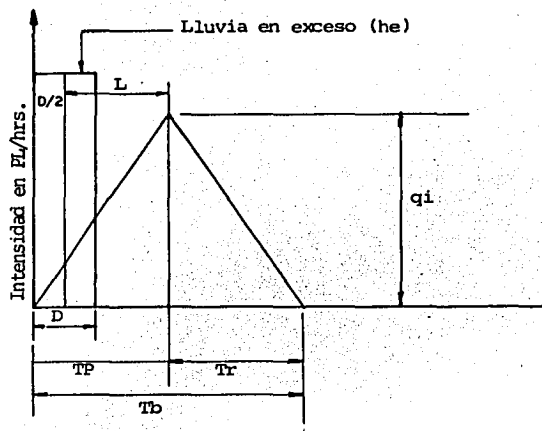
HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

DEFINICION.

El hidrograma unitario de una cuenca se define como el hidrograma del escurrimiento directo resultante de un centímetro de lluvia en exceso.

El método considera las siguientes suposiciones:

1. La lluvia en exceso está distribuida uniformemente en toda su duración y sobre toda el área de la cuenca.
2. El tiempo base de duración del hidrograma del escurrimiento directo debido a una lluvia en exceso de duración unitaria es constante.
3. Las ordenadas de los hidrogramas de escurrimiento directo de un tiempo-base común son directamente proporcionales a la cantidad total de escurrimiento directo representado por cada hidrograma.
4. Para una cuenca dada, en la forma de su hidrograma unitario están integradas todas las características fisiográficas de la cuenca.



SISTEMA INGLES

SISTEMA METRICO

	SISTEMA INGLES	SISTEMA METRICO
Area de la cuenca	mi^2	Km^2
D Duración en exceso de la tormenta	h	h.
H Relación T_r/T_p valor medio	1.67	1.67
Q_p Gasto pico	ft^3/seg	m^3/seg
q_i Intensidad máxima	Plg/h	cm/h
T_b Tiempo base del hidrograma	h	h.
T_c Tiempo de concentración	h.	h.
T_p Tiempo de inicio del hidrograma - hasta el pico	h.	h.
T_r Tiempo desde el pico del hidrograma hasta donde termina escurrimiento total	h	h

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Escurrencimiento Q Plgs V Cms

Fórmulas:

$$q_p = \frac{484 \cdot A Q}{T_p} \quad q_p = \frac{5.56 \cdot VA}{(1+H) T_p}$$
$$T_c = \left(\frac{11.9 \cdot L^3}{H} \right) \cdot 0.385 \quad T_c = \left(\frac{0.86 \cdot L^3}{H} \right) \cdot 0.385$$

Longitud del cauce principal Mi Km.

H Diferencia de elevación entre
los extremos del cauce princi
pal ft m.

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6 T_c, \quad T_p = \frac{D}{2} + 0.6 T_c$$

$$T_b = 2.67 T_p \quad T_p = 2.67 T_b$$

Escurrencimiento $Q = \frac{(P-2S)^2}{P + 0.8S} \text{ Plgs.}$

Tormenta.

Es la lluvia ocasionada por una perturbación meteorológica bien definida y que puede durar desde unos minutos hasta varias horas o días.

La tormenta se define por su intensidad, duración, frecuencia.

Para determinar el caudal con que se proyecta en un sistema de riego, es necesario de información básica como el precisar la tormenta de diseño.

Las características que intervienen en la determinación de la tormenta de diseño son de origen climatológico, entre los cuales pueden citarse los siguientes.

- a) Tipo de precipitación pluvial.
- b) Intensidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- c) Duración.
- d) Frecuencia.
- e) Distribución en superficie y tiempo.
- f) Trayectoria.
- g) Condiciones climatológicas previas.
- h) Localización geográfica.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE LOS COEFICIENTES UNITARIOS
DE DRENAJE

Ejemplo:

Datos.

Suelo Tipo B.

N = 65

Area de la cuenca 158 Km²

Longitud del dren L = 30 Km.

Diferencia de elevación H = 122 m.

1	2	3	4	5	6	7	8
TIEMPO HRS.	LLUVIA ACUMULADA PLGS.	INCREMENTO DE LLUVIA PLGS.	ORDEN DEL INCREMENTO DE LLUVIA PLGS.*	LLUVIA ACUMULADA PLGS.	ESCURRIMIENTO		INCREMENTO DE LAS PERDIDAS
					ACUMULADO PLGS.	INCREMENTO PLGS.	
0-1	10.4	10.4	1.7	1.7	0.06	0.06	1.64
1-2	13.6	3.2	1.9	3.6	0.80	0.74	1.16
2-3	15.9	2.3	2.3	5.9	2.28	1.48	0.82
3-4	17.8	1.9	10.4	16.3	11.25	8.97	1.43
4-5	19.8	1.7	3.2	19.5	14.26	3.01	0.19
5-6	19.5	1.7	1.7	21.2	15.87	1.61	0.09

TIEMPO HRS.	INCREMENTO DE ESCURRIMIENTO CMS.	qp PARA 1 CM. EXCESO m ³ /s	qp PARA LOS INCREMENTOS DE ESCURRIMIENTO m ³ /s	HIDROGRAMA DE LOS INCREMENTOS DE ESCURRIMIENTO		
				H.R. DEL INICIO	HR. DEL MAXIMO	HR. DEL FINAL
				0-1	0.15	65.80
1-2	1.88	65.80	123.71	1	6	14.5
2-3	3.76	65.80	247.42	2	7	15.5
3-4	22.78	65.80	1 499.01	3	8	16.5
4-5	7.65	65.80	503.40	4	9	17.5
5-6	4.09	65.80	269.14	5	10	18.5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Solución.

1. La primera columna es el tiempo en que se han dividido las curvas i-d-Tr.
2. La segunda representa las lecturas de las curvas i-d-tr.
3. Diferencias de lluvia con respecto a cada hora.
4. Ordenación de las diferencias de lluvia por especificaciones. Se ordenará primero la 6, luego la 4, 3, 1, 2 y 5.

5. Lluvia acumulada.

6. La columna se calcula con la fórmula $Q = \left(\frac{P - 0.2S}{P + 0.85}\right)^2$ Pgs.

$$\therefore S = 5.385; \text{ se obtiene } N = \frac{1000}{10 + S} \text{ y } N = 65$$

7. Incremento de escurrimiento con respecto a cada hora.

8. Incremento de pérdidas. Diferencia de las columnas (4) - (7).

9. Para una duración de una hora

$$T_c = \left(\frac{0.86 L^3}{H}\right)^{0.385} \quad T_c = \left(\frac{0.86 (30)^3}{122}\right)^{0.385} = 7.58$$

$$\text{Como } T_c \text{ varía de 3 a 10 hrs. } D = 1 \text{ HR.}, T_p = \frac{D}{2} + 0.6 T_c$$

$$\therefore T_p = \frac{1}{2} + 0.6 (7.6) = 5 \text{ HRS.}$$

$$T_b = (2.67) (5) = 13.5 \text{ HRS. } q_p = \frac{5.56 VA (1)}{1 + H T_p}; H = 1.67 \text{ Valor medio}$$

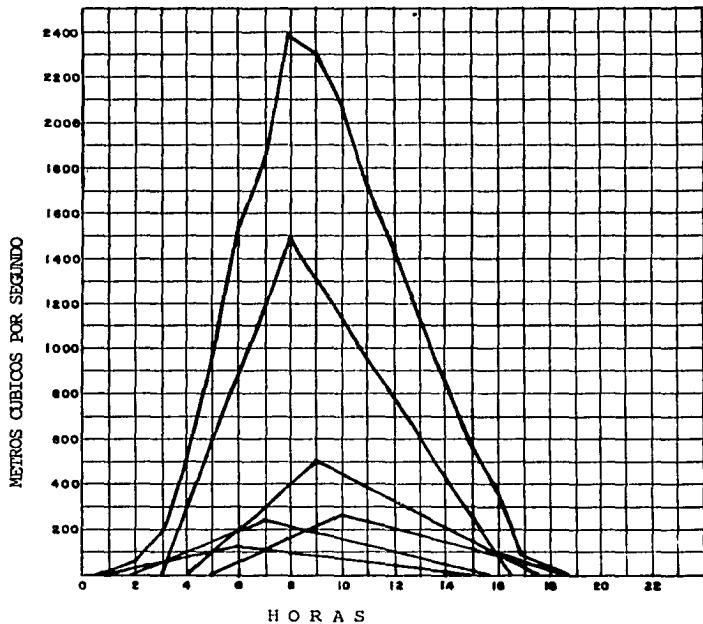
$$q_p = \frac{2.082 (1) (158)}{5} = 65.79 \text{ m}^3/\text{s}$$

10. q_p para los incrementos de escurrimiento multiplicando la columna (7) - por la (9) en m^3/s .

(1) Obtenida del manual de diseño de obras civiles de la C.F.E.

11. Hora de inicio, cada hora,
12. $T_p = \frac{D}{2} + 0.6 T_c = 5 \text{ hrs}$, y sumando una hora para cada intervalo de tiempo.
13. $T_b = 2.67 (T_p)$ y sumando una hora para cada intervalo de tiempo.
14. Graficar las columnas 10, 11, 12, 13 que forman el H.U.T.

HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$\text{Volumen total} = \left(\frac{9.87 \times 13.5}{2} + \frac{123.71 \times 13.5}{2} + \frac{247.42 \times 13.5}{2} \right. \\ \left. + \frac{1\,499.01 \times 13.5}{2} + \frac{503.40 \times 13.5}{2} + \frac{269.14 \times 13.5}{2} \right) \cdot 3\,600$$

$$V_t = 18\,772\,722 \text{ m}^3$$

Suponiendo que se drenara en 6 hrs.

$$Q_m = \frac{18\,772\,722}{21\,600} = 869.11 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$\text{C.U.D.} = \frac{869\,110}{15\,800} = 55 \text{ lt/seg/ha.}$$

CAPITULO VII

RIEGO Y DRENAJE

CLASIFICACION DE METODOS DE RIEGO

SUPERFICIALES.

Inundación.

1. Regaderas en contorno
2. Melgas
3. Curvasa nivel
4. Cuadros

POR LINEAS.

1. Surcos
2. Corrugaciones
3. Cama melonera

AEREOS.

Aspersión.

1. Aspersores giratorios
2. Tubos oscilantes
3. Tubos giratorios

SUBTERRANEOS.

Subirrigación.

1. Ascenso capilar

MIXTOS.

1. Instalaciones fijas
2. Instalaciones móviles

METODOS DE RIEGO SUPERFICIAL.

En este tipo de riego, el agua penetra desde la superficie a medida que es -
curre por el terreno y se repone a intervalos de tiempo, generalmente de va-
rios días, cuando la lámina de agua consumida alcanza un espesor adecuado pa-
ra su manejo eficiente.

Este método se clasifica en dos grupos.

El primero, riego por inundación.

En este grupo, el caudal fluye en forma de un manto de agua de reducido es -
pesor y ancho considerable.

El segundo, riego por líneas.

En este grupo el caudal escurre por pequeños cauces artificiales o surcos.

REGADERAS EN CONTORNO.

En este tipo de riego, el agua es llevada hasta el terreno usando regaderas-
más o menos equidistantes partiendo de una regadera que se construye en el -
extremo superior del terreno. Estas regaderas pueden construirse siguiendo-
el contorno del terreno, ya sea a nivel o con pendiente.

El agua se descarga a la parcela por medio de sifones o se deja derramar -
haciendo pequeñas aberturas en el bordo inferior de la regadera.

RIEGO POR MELGAS.

En este método se divide el área por regar en franjas de terreno en forma rec-
tangular limitadas por bordos de tierra de poca altura de 10 a 18 cms. para-
lelos, que guían la lámina de agua, la cual se mueve en el sentido de la pen-
diente. El ancho de estas franjas, puede variar de 3 y 36 mts. Las longitu-
des pueden considerarse entre 50 y 840 mts.

La selección del método se basa en el tipo de cultivo, el suelo, topografía, la economía, el clima, la disponibilidad de la mano de obra, manejo de riego y administración del predio.

RIEGO POR CURVAS DE NIVEL.

Este método es una modificación del riego por melgas. Haciendo una nivelación al suelo, es posible trazar bordos siguiendo las curvas de nivel que limitarán las franjas de terreno de un ancho variable de acuerdo a la configuración del mismo.

Para este tipo de riego se requieren grandes gastos con el fin de cubrir la superficie en un tiempo reducido. Este método se aplica en terrenos de textura media a fina, tendiendo a una baja capacidad de infiltración con una pendiente máxima del 1%. Las franjas deben de tener una longitud tal que se procure tener una superficie de 2 000 a 8 000 m².

RIEGO POR CUADROS.

Este tipo de riego es prácticamente el riego por melgas, con la diferencia de que en lugar de franjas angostas y largas, los compartimientos son de forma cuadrada más o menos regular.

El agua se conduce por medio de regaderas, en general por cada 2 hileras de cuadros.

Los cuadros pueden tener las siguientes dimensiones 2 x 2 mts. a 8 x 8 mts.

Este tipo de riego presenta desventajas como son: el llenado individual de cada cuadro obliga a extremar la vigilancia, para poder mantener un riego uniforme.

La mano de obra requerida es considerable por la formación de bordos. Se dificulta el uso de maquinaria agrícola.

Este método tiene una eficiencia buena en terrenos planos y la necesidad de mano de obra es mínima.

RIEGO POR SURCOS.

Este método es uno de los más usados, generalmente para los cultivos que se plantan en hileras o para aquellos que no pueden ser cubiertos por el agua, - cultivos como las leguminosas, el algodón, el vegetal, el maíz, la papa, la caña de azúcar, el sorgo.

Es un riego que solo inunda parcialmente la superficie del suelo y se realiza al escurrir el agua en pequeños canales llamados surcos, por los cuales el agua se infiltra tanto vertical como lateral y así regar las áreas comprendidas entre ellos, al mismo tiempo que se mueve en el sentido de la pendiente, la cual debe ser uniforme.

Este método de riego se puede aplicar en cualquier tipo de suelo, exceptuando aquellos con arenas de infiltración rápida y con una distribución de agua muy deficiente del surco.

Si bien este método funciona eficientemente en terrenos planos de menos del 0.2% de pendiente, puede emplearse en terrenos con pendientes mucho mayores, 3% para surcos en línea recta y hasta un 15% para surcos en contorno.

Se deberá tener en consideración que en las regiones donde las precipitaciones sean intensas tales que provoquen problemas de erosión se aceptará una pendiente de 0.5% como máximo y en caso donde las precipitaciones no sean intensas se aceptarán pendientes hasta del 15%.

La sección transversal. La sección de los surcos depende del dispositivo empleado en su construcción, así como del tipo de suelo. La más utilizada tiene la forma de una "V", aproximándose a una forma parabólica, esto sucede en suelos de textura mediana o pesada. En suelos de textura fina tiende a ser rectangular o trapecial.

Para los riegos de germinación se recomienda el uso de surcos poco profundos 10 o 15 cms.

Para cultivos perennes o anuales y desarrollados se puede profundizar hasta 25 cms.

SEPARACION ENTRE SURCOS

La separación es variable y normalmente se fija en base al tipo de cultivo de la maquinaria agrícola que se vaya a utilizar y de los patrones de mojado, textura.

De acuerdo a estudios edáficos se ha demostrado que el patrón de mojado es más ancho en suelos de textura fina que en suelos arenosos, por lo que la separación en los primeros llega a 120 cms. y para los segundos de 50 cms.

LONGITUD DEL SURCO.

Se define como la distancia que el gasto máximo de riego adecuado avanza en la cuarta parte del tiempo necesario para que la lámina se infiltre en el suelo.

GASTOS EN LOS SURCOS.

La ecuación para calcular el caudal máximo no erosivo y que está en función de la pendiente dada en % para el caudal en L.P.S.

$$Q \text{ max} = \frac{0.631}{S} \text{ L.P.S.}$$

Los surcos para hortalizas tienen capacidades 1.3 a 1.6 L.P.S., para los surcos tamaños medio como los del maíz pueden conducir de 1.9 a 2.5 L.P.S. y los grandes como los del algodón llevan hasta 3.2 L.P.S.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TIEMPO DE APLICACION DEL GASTO.

El tiempo de regado dependerá de la cantidad de agua que se necesite para reponer la zona ocupada por las raíces, de la velocidad de infiltración en el suelo y de la rapidez con que se desplaza el agua lateralmente.

PROCEDIMIENTO PARA OBTENER EL TIEMPO DE REGADO.

1. Se divide la infiltración promedio (medida en L.P.S./100 mts. de surco) entre la separación de surcos (en mts.). Obteniendo así la infiltración promedio en el campo (cms/hr).
2. Se divide la lámina neta de aplicación necesaria entre la infiltración promedio en el campo para tener el tiempo de infiltración requerido.
3. Se multiplica el tiempo de infiltración por 1.25 para tener el tiempo total de riego necesario.

La velocidad de infiltración promedio se puede obtener a partir de la infiltración básica en surcos multiplicada por el factor de suelo que se da a continuación.

TEXTURA DEL SUELO	FACTOR
De finas a moderadamente finas	1.50
De medias a moderadamente gruesas	1.33
De gruesas a muy gruesas	1.20

RIEGO POR CORRUGACIONES.

Es un método de riego a base de pequeños surcos denominados corrugaciones, que son canales en forma de "U" o V de aproximadamente 10 cms. de profundidad encauzando el agua en el sentido de la máxima pendiente.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Este método es apropiado en suelos con texturas de migajón limoso o migajón arcilloso, en los cuales el movimiento lateral del agua es rápido.

RIEGO EN CAMA MELONERA.

Este método es semejante al riego por surcos con la diferencia de que en lugar de hacerse el riego al lado de cada hilera de plantas por este método se hace con dos hileras.

Se emplea para cultivos como el frijol y algodón.

METODOS DE RIEGO AEREOS

ASPERSION.

Con este método de riego aéreo, el agua se aplica a la superficie del suelo en una forma semejante a la lluvia.

La aspersión es producida por el choque con el aire del flujo de agua que sale bajo presión a través de pequeños orificios o boquillas.

LAS PARTES FUNDAMENTALES DE UN SISTEMA DE ASPERSION.

UNIDAD DE BOMBEO. Esta unidad se compone principalmente de una bomba que puede ser de tipo centrífugo o de turbina para pozos profundos acoplada a un motor eléctrico o de combustión interna. Si la fuente de abastecimiento se encuentra elevada se aplica la presión por gravedad.

1. **TUBERIA PRINCIPAL.** Su función es la de transportar las cantidades de agua requeridas para alimentar cada línea lateral. Esta tubería es de mayor diámetro.
2. **TUBERIAS LATERALES.** Son tuberías de diámetro más reducido y cumplen con la función de distribuir el agua, proporcionando el gasto requerido

por los aspersores. Pueden ser fijas o desmontables.

Estas tuberías se unen a las líneas principales por medio de válvulas y a las cuales se adaptan tubos verticales llamados elevadores en cuyo extremo superior se encuentran los aspersores con boquillas o chiflones para la aplicación del agua.

3. ASPERSORES. Estos pueden ser giratorios y fijos.

GIRATORIOS. Se utilizan cuando el área por regarse es extensa. Para presión baja con una sola boquilla, para presiones elevadas boquillas múltiples.

La presión baja puede considerarse de 0.35 a 1.05 Kg/cm².

La presión moderada 1.05 a 2.1 Kg/cm².

La presión intermedia 2.1 a 4.2 Kg/cm².

La presión alta 4.2 a 7.0 Kg/cm².

ASPERSORES FIJOS. Son aquellos utilizados en praderas o huertos y jardines. En éstos las presiones son de 10 y 25 P.S.i. con un gasto que varía de 1.5 a 5 G.P.M. cubriendo áreas cuyo diámetro varía de 10 a 25 pies.

BOQUILLAS. Son las aberturas de descarga diseñadas hidráulicamente para controlar el volumen de descarga, el diámetro y tamaño de la gota.

TUBERIAS PERFORADAS. Estas consisten en tuberías que en lugar de tener elevadores y cabezas aspersoras poseen orificios a partir de los cuales se distribuye el agua directamente al suelo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

COPLES. Son uniones entre los extremos de tubería principal y de los laterales.

VALVULAS. Son los dispositivos para alimentar a los laterales.

REGULADORES Y MEDIDORES

REGULADORES DE PRESION. Se instalan bajo el aspersor para conservar una presión constante.

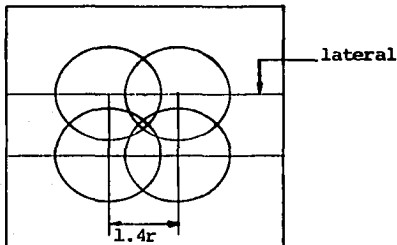
REGULADOR DE FLUJO. Regula la cantidad de agua que fluje dentro del aspersor.

MANOMETRO. Se utiliza para indicar la presión en la bomba o en el aspersor en el principio y extremo de un lateral.

ARREGLO DE LOS ASPERSORES

1. **EN CUADRADO.** La distancia entre aspersores es igual a la distancia a que se mueve el lateral.

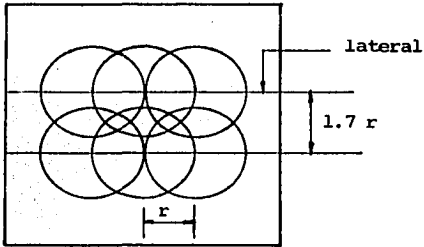
Esta distancia es igual a 1.4 veces el radio del círculo de aspersión.



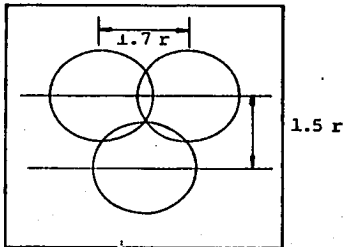
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

2. EN RECTANGULO. El espacio entre aspersores es menor que la distancia a la que se mueve la lateral.

Distancia a la cual se mueve la lateral $1.7 r$.



3. EN TRIANGULO. La distancia entre aspersores es igual a 1.7 veces del círculo de aspersión. La lateral se mueve a 1.5 veces el radio del círculo de aspersión.



RIEGOS MIXTOS.

En este método el agua es conducida hasta las plantas por un sistema de tuberías y piezas específicas, dosificándola a través de boquillas denominadas emisores o goteros. Este método debe cumplir las siguientes condiciones generales.

- a) Mantener el mayor tiempo la condición potencial, es decir que se debe reponer la humedad consumida diariamente.
- b) Se debe regar preferentemente durante el día.
- c) En las primeras etapas de la planta debe humedecerse a mayor profundidad que la radical.
- d) La cantidad de agua debe ser la necesaria para reponer la consumida por la planta en el intervalo de riego transcurrido.
- e) Debe diseñarse el sistema para proporcionar la misma cantidad de agua a todas las plantas, para tener el mismo desarrollo y la misma producción.
- f) Los fertilizantes deben aplicarse en el agua de riego.

LOCALIZACION DEL CANAL PRINCIPAL.

El canal principal es el que limita en la mayoría de los casos a la zona de riego y abastece el sistema de canales laterales, su localización se realiza por la parte más elevada a lo largo de las curvas de nivel tratando de dominar la mayor superficie.

Este canal se localiza en proyecto preliminar en planos escala 1:20 000, su trazo se dibuja en color azul y en color rojo los caminos, Previamente se marcan en color café las zonas que por su condición topográfica, agrológica, y urbana no sean factibles de riego.

En color verde se marcan los drenes naturales que siguen las partes bajas de la topografía. Estos se señalan por medio de flechas. La confluencia de varios drenes hace que se formen arroyos, ríos y que mediante estructuras de cruce como: sifones, puentes, canal, el agua continúa su curso hasta la zona de estudio.

En esta fase del proyecto se lleva un control de cadenamientos, posibles cambios de sección y pérdidas de carga en las obras de cruce.

En el desarrollo se presentan desniveles de 2.00 m que se unen con una estructura llamada "caída". Cuando el desnivel es mayor de 2.00 m. se une por una "rápida".

En planos 1:5 000 de hojas de plancheta se afina el trazo preliminar, se miden los ángulos en los P.I. por medio de deflexiones y se miden sus coordenadas gráficas para después calcularlas analíticamente.

El área por beneficiar es determinada por planímetro.

CAPACIDAD DEL CANAL PRINCIPAL.

Los factores que influyen en la capacidad de los canales, es la eficiencia del distrito y la eficiencia de conducción.

La eficiencia del distrito se define como el producto de la eficiencia de conducción por la eficiencia parcelaria.

$$E_d = E_C \times E_P$$

La eficiencia de conducción depende del material con que está construido el canal expresado en por ciento.

EFICIENCIAS DE DISTRITO

PARA CANALES DE TIERRA.

Eficiencia parcelaria 70%

Eficiencia de conducción 70%

Eficiencia del distrito $0.70 \times 0.70 = 49\%$

PARA CANALES DE MAMPOSTERIA.

Eficiencia parcelaria 70%

Eficiencia de conducción 75%

Eficiencia del distrito $0.70 \times 0.75 = 52.5\%$

PARA CANALES REVESTIDOS DE CONCRETO.

Eficiencia parcelaria 70%

Eficiencia de conducción 85%

Eficiencia del distrito $0.70 \times 0.85 = 59.5\%$

Gasto necesario en m^3/s

$$Q = \frac{A \times 10^4 \times Lb \times \% \times Cv}{N \times 86400}$$

Q = Gasto necesario en m^3/s

A = Area de riego en has. netas

10^4 = Factor para convertir las has a m^2

Lb = Lámina bruta anual de riego en mts.

% = Porcentaje del mes de máxima demanda

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CV = Coeficiente de variación diaria cuyo valor fluctúa 1.20 y 3.00. -
Es inversamente a la magnitud por regar.

N = Número de días efectivos de riego dentro del mes de máxima demanda.

86 400= Cantidad de segundos que tiene un día.

BORDO LIBRE EN CANALES SIN REVESTIMIENTO.

Distancia que hay a partir de la superficie libre del agua, hasta la parte superior de la sección del canal.

El bordo libre variará en función del gasto según la tabla:

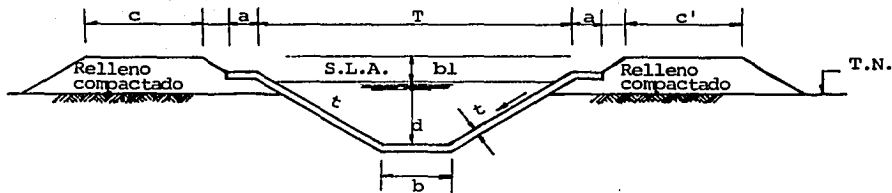
GASTO m^3/s	BORDO LIBRE MTS.
0 - 1	0.45
1 - 1.5	0.50
1.5 - 2	0.55
2 - 3	0.60
3 - 4	0.65
4 - 5	0.70
5 - 7	0.75
7 - 10	0.80
10 - 20	0.85
20 - 40	1.00
40 - 60	1.10
60 - 100	1.20

BORDO LIBRE

Distancia que hay a partir de la superficie libre del agua, hasta la parte superior de la sección del revestimiento del canal.

El Bordo Libre variará en función del gasto según la tabla:

<u>GASTO M3/S.</u>	<u>BORDO LIBRE MTS.</u>
0 - 1	0.15
1 - 4	0.20
4 - 6	0.25
6 - 8	0.30
8 - 11	0.35
11 - 15	0.40
15 - 40	0.50
40 - 100	0.60



SECCION
CANAL PRINCIPAL

- b - Base del canal
- d - Tirante del agua
- t - Talud
- B.L. - Bordo libre
- C - Ancho del bordo izquierdo
- C' - Ancho del bordo derecho
- m - Pendiente del bordo
- S.L.A. - Superficie libre del agua
- TN - Terreno natural
- a - Ancho de banquetta del revestimiento
- e - Espesor

La lámina bruta se obtiene:

$$Lb = \frac{\text{Lámina neta}}{\text{eficiencia del distrito}}$$

Cuando no se tiene dato de lámina neta. La lámina bruta:

$$Lb = \frac{\text{Volumen escurrido durante el año}}{\text{área total del distrito}}$$

Tabla que proporciona el valor de C en función del área en has. netas. Válida para todos los distritos de riego.

MAGNITUD DEL AREA EN HAS. NETAS				COEFICIENTE C
DE	1	A	300	2.90
	300		600	2.58
	600		1 400	2.20
	1 400		2 000	1.95
	2 000		10 000	1.50
	10 000		20 000	1.40
	20 000		40 000	1.30
	40 000		50 000	1.25
	50 000		EN ADELANTE	1.20

Las hectáreas netas se obtienen multiplicando las hectáreas brutas por un porcentaje. Comprendido entre un 90 a 100%.

DISEÑO DE LAS SECCIONES DEL CANAL PRINCIPAL.

Una vez que se ha obtenido el gasto de diseño del canal principal, se procede al diseño del mismo. Los elementos a obtener son los siguientes:

1. Ancho de la base (b)
2. El tirante del agua (d)
3. El coeficiente de rugosidad (n)
4. La pendiente se designa con (s)
5. Los taludes se designan como la relación de la distancia horizontal, a la altura se designa con (t)

VALORES DE "n"

Tepetates, topas, pizarras	n = 0.027
Tierra	n = 0.030
Revestimiento de mampostería	n = 0.020
Roca	n = 0.033
Revestimiento de concreto	n = 0.015

VALORES PARA (t)

Material poco estable, arenas	2:1
Tierra arcillosa, tepetate - blando areniscas blandas	1.5:1
Rocas alterada, tepetate duro	1:1
Roca fija ligeramente alterada	1:1
Roca completamente sana	1:1

Para obtener la velocidad.

Se aplica la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} r^{2/3} s^{1/2}$$

V = Velocidad media en metros por segundo

n = Coeficiente de rugosidad

r = Radio hidráulico en metros

s = Pendiente del canal

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Velocidades admisibles para evitar azolves y erosiones en canales.

	MINIMA	MAXIMA
Canales sin revestir	0.50 m/s	1.00 m/s
Canales revestidos	0.50 m/s	1.50 m/s

La fórmula para calcular la velocidad mínima para que no produzca sedimentación:

$$V_s = 0.652 C d^{0.64} \quad (\text{Fórmula de Kennedy})$$

V_s = Velocidad de sedimentación, en metros por segundo

d = Tirante del agua en metros

c = Coeficiente cuyo valor varía para los diferentes tipos de sedimentos

c = 0.84 para suelos arenoso, ligero y fino

c = 0.92 para suelos arenoso, ligero y grueso

c = 1.01 para limo arenoso

c = 1.09 para limos y acarreos

Q = VA Fórmula de continuidad

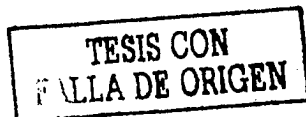
Q = Gasto en metros cúbicos por segundo (m^3/seg)

V = Velocidad en metros por segundo (m/seg)

A = Area hidráulica en metros cuadrados (m^2)

SISTEMA DE DISTRIBUCION

El sistema de distribución de un proyecto de riego por gravedad está formado por una serie de canales con sus respectivas estructuras, alimentadas por el canal principal cuyo objeto es el de distribuir el agua a todos los puntos de la zona por beneficiar.



LOCALIZACION DE LOS CANALES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION

La localización de los canales del sistema, va ligada al tipo de subdivisión o lotificación que se pretende hacer en la zona de riego.

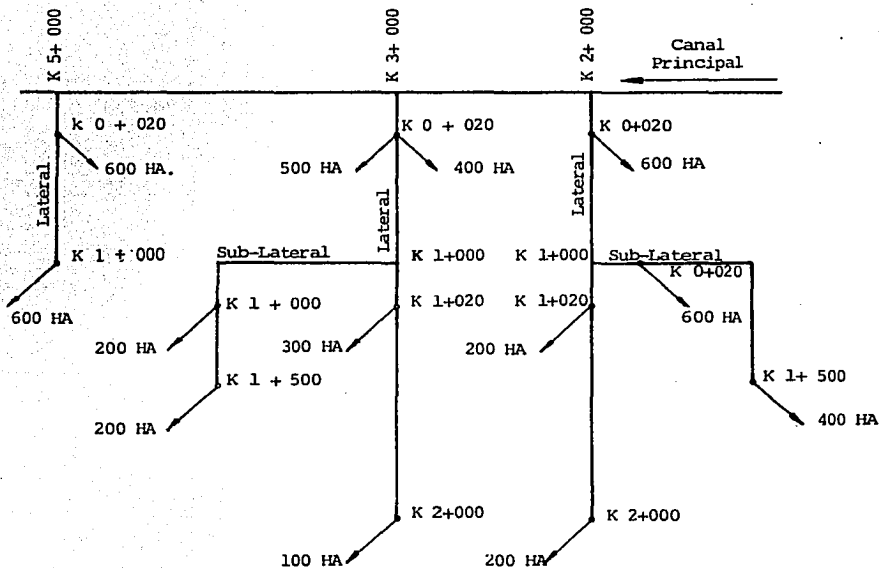
Para la localización de los canales laterales hay cuatro criterios y son:

1. Según la topografía del terreno. El sistema de localización de canales laterales siguiendo la topografía del terreno es el más económico, los canales se localizan por los parte-aguas y van dominando a ambos lados, por lo cual la red de distribución resulta más corta que cualquier otro sistema.
2. Según la cuadrícula. Este sistema de localización de los canales laterales siguiendo la cuadrícula con la que se hizo el levantamiento topográfico de la zona regable es conveniente en terrenos vírgenes de gran extensión, de topografía plana y de poca pendiente. Sus ventajas son facilidad de trazo en el campo y lotes de forma regular.
3. Respetando los linderos existentes. En algunas ocasiones es necesario - respetar al máximo los linderos de propiedades existentes.
4. Siguiendo un sistema combinado. En este sistema de canales laterales - se va adaptando en ocasiones a la topografía del terreno, en otras se - sigue a la cuadrícula o sigue los linderos. Es el sistema más conveniente.

TESIS CON
PLANA DE ORIGEN

PLANEACION

EJEMPLO: OBTENER LA CAPACIDAD NECESARIA SEGUN LA PLANEACION DE LA FIGURA.



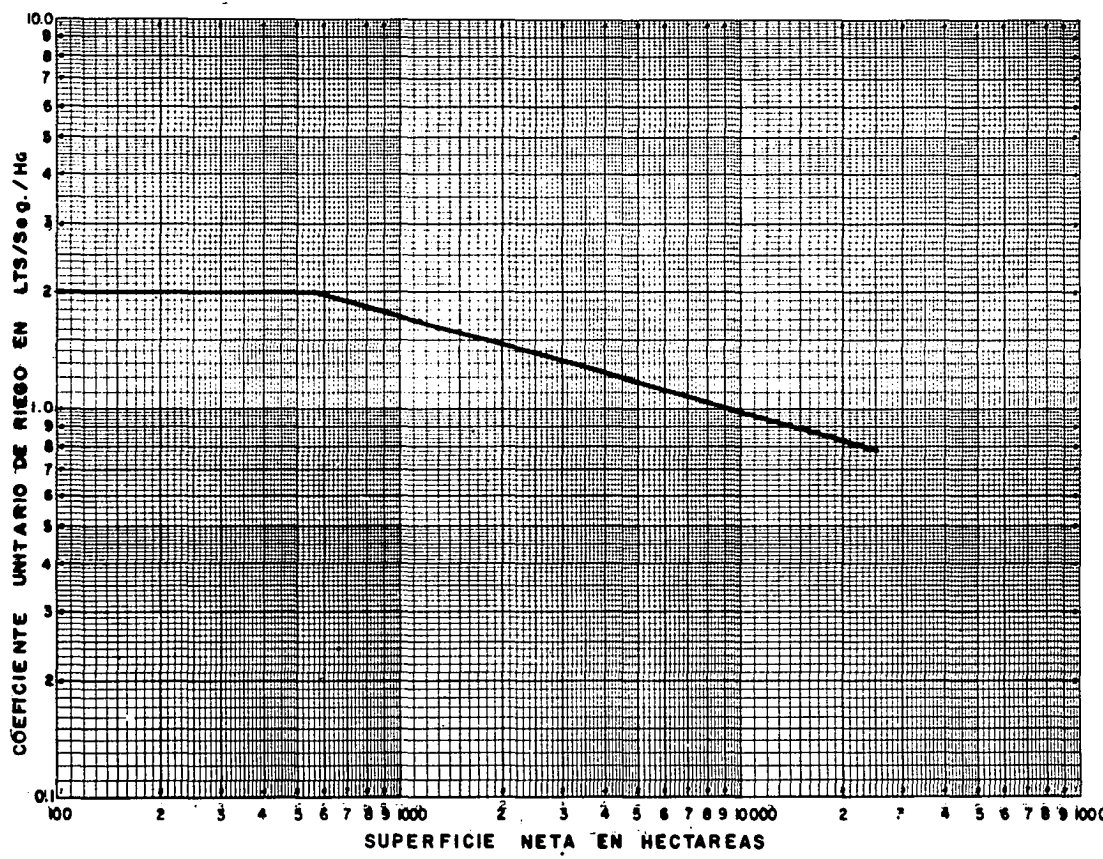
NOTA: SE CONSIDERA UN LOTE POR TOMA.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CAPACIDAD NECESARIA

ST	TOMA	KM.	No. LOTES	A BRUTAS	R E A S NETAS	POR, REGAR	COEF. UNITARIO DE RIEGO	Q m ³ /s NECESARIA
	CANAL PRINCIPAL			4 900	4 606	4 606	1.2	5.53
	L.A.	2 + 000		2 000	1 880	2 726	1.4	3.62
	L.A.	3 + 000		1 700	1 598	1 128	1.68	1.90
	L.A.	5 + 000		1 200	1 128	0		
	LATERAL 1 K 2 + 000							
		2 + 000		2 000	1 880	1 880	1.50	2.82
		0 + 020	1	600	564	1 316	1.60	2.11
		1 + 000	2 (S.L.)	1 000	940	376	2.00	0.75
		1 + 020	1	200	188	188	2.00	0.38
		2 + 000	1	200	188	0		
	SUBLATERAL DE LATERAL 1 K 1 + 000							
		1 + 000		1 000	940	940	1.75	1.65
		1 + 020	1	600	564	376	2.00	0.75
		1 + 500	1	400	376	0		
	LATERAL 2 K 3 + 000							
		3 + 000		1 700	1 598	1 598	1.52	2.43
		0 + 020	2	900	846	752	1.85	1.39
		1 + 000	2 (S.L.)	400	376	376	2	0.75
		1 + 020	1	300	282	94	2	0.19
		2 + 000	1	100	94	0		
	SUBLATERAL DE LATERAL 2 K 1 + 000							
		1 + 000		400	376	376	2	0.750
		1 + 000	1	200	188	188	2	0.380
		1 + 500	1	200	188	0		
	LATERAL 3 K 5 + 000							
		5 + 000		1 200	1 128	1 128	1.67	1.88
		0 + 020	1	600	564	564	2	1.13
		1 + 000	1	600	564	0		

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
TITULO DE ORIGEN

TIPOS DE DRENAJE AGRICOLA

Los sistemas de riego pueden tener el drenaje natural o el drenaje artificial.

Cuando la extensión de terreno es pequeña basta con el drenaje natural. -
Cuando la extensión es grande se utiliza un drenaje artificial o una combinación.

El drenaje artificial se divide en superficial y subterráneo.

En el superficial se consideran los canales abiertos, principales, colectores, primarios, secundarios y parcelarios.

En el drenaje subterráneo se tienen los drenes por medio de tubos, drenes -
topo y drenaje por bombeo.

DRENAJE PARCELARIO.

Se consideran drenes abiertos dentro de la parcela y drenes entubados dentro de la parcela.

DRENAJE SUPERFICIAL.

Los drenes colectores abiertos son los que reciben el agua de drenaje de una cuenca de menor o mayor extensión. El número de estos colectores depende de la topografía y forma del sistema.

DRENES ABIERTOS DE SEGUNDO GRUPO.

Son los drenes que están localizados en las partes bajas y planas en las zonas de riego, por lo que están expuestos al ataque de las hierbas acuáticas, acumulación de azolves y mayor mantenimiento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DRENES ABIERTOS DE TERCER GRUPO.

Son drenes que tienen cierta pendiente, lo que produce una velocidad moderada evitando así que el agua se acumule y se formen sedimentos.

DRENES ABIERTOS DEL CUARTO GRUPO.

Son los drenes que se encuentran en las partes más altas y de mayor pendiente agrícola.

SISTEMA PARCELARIO.

Es el formado por el agricultor dentro de su parcela.

DRENAJE SUBTERRANEO.

Es el drenaje colocado bajo la superficie, lo que permite mayor extensión de cultivo y abate el nivel freático. De acuerdo con el material que se utilice, el drenaje puede ser de cajas de madera de sección rectangular, triangular, drenaje de piedras, drenaje entubado.

ESTRUCTURAS TIPO Y ESPECIALES

ESTRUCTURAS DE CRUCE.

Con las estructuras que se construyen para salvar los obstáculos del canal principal.

Estos obstáculos pueden ser depresiones naturales o artificiales, vías de - comunicación o corrientes naturales.

Estas estructuras pueden ser alcantarillas, diques, puentes canal, sifones, entradas de agua o pasos superiores.

ALCANTARILLAS.

Al cruzar una vía de comunicación con una corriente de agua. Si la rasante de la vía de comunicación es de una elevación superior a la superficie libre del agua de la corriente, la solución puede ser un puente o bien una alcantarilla.

Ei el gasto es de 0 a 3 m³/seg se proyectará una alcantarilla. Cuando el - gasto pasa de 3 m³/seg, se proyectará un puente.

DIQUES.

El dique es una estructura empleada para contener o retener las aguas de - escurrimiento o arroyos, que pueden variar en su regimen, según sea la fuen - te que los produce.

Se construyen para salvar corrientes naturales.

SIFONES.

Esta estructura se usa para salvar depresiones o vías de comunicación y - cuando el gasto es de cierta consideración.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PUENTE CANAL.

Es una estructura formada por un puente y un canal, por el cual escurre el agua, a la presión atmosférica y por gravedad.

Este tipo de estructura es conveniente para salvar cualquier depresión que sea estrecha.

ESTRUCTURAS DE PROTECCION.

CAIDAS Y RAPIDAS.

Cuando la pendiente longitudinal del terreno es mayor que la pendiente que puede admitirse en el canal, estas caídas pueden ser de 0.50 m a 2.00 m de altura y serán verticales, cuando el desnivel sea mayor a 2.00 m serán rápidas.

ENTRADAS DE AGUA Y PASO SUPERIOR.

Cuando los escurrimientos de los arroyos que se crucen no pasen de un 10% del gasto que conduce el canal, el agua se introduce al canal utilizando una estructura llamada "entrada de agua".

Si el escurrimiento del arroyo es mayor del 10% del gasto que conduce el canal, se construirá "un paso superior" por el cual cruzará el agua el canal principal.

DESAGÜES.

Estas estructuras sirven para eliminar los excedentes de agua que pueden entrar al canal principal, por aportaciones de los arroyos que entrena él, impidiendo que le tirante se eleve más de lo proyectado. También tienen la finalidad de vaciar un determinado tramo de canal con el objeto de trabajos de mantenimiento o reparación.

CONTRACUNETAS.

Estas estructuras son convenientes para interceptar los escurrimientos de -
los arroyos que de alguna manera descargarían libremente sobre el canal -
principal.

SIFON INVERTIDO

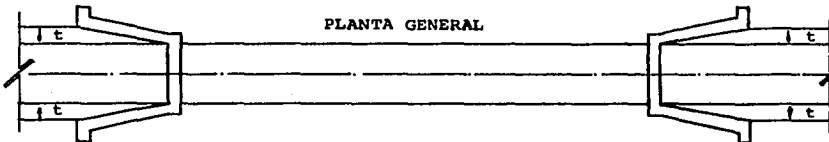
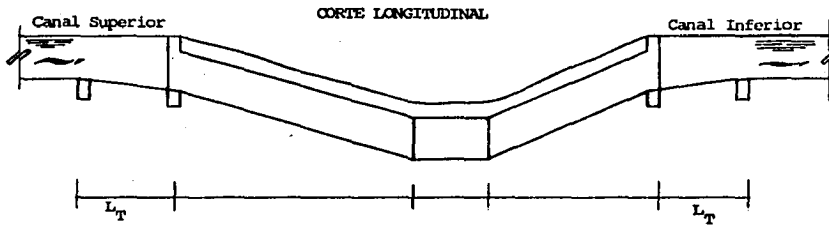
PROCEDIMIENTO DE CALCULO

DATOS DEL CANAL

$b = 2.00 \text{ m.}$
 $d = 2.00 \text{ m.}$
 $Q = 9.34 \text{ m}^3/\text{seg.}$
 $v = 0.93 \text{ m}/\text{seg.}$
 $A = 10 \text{ m}^2.$
 $n = 0.16$
Talud 1.5: 1

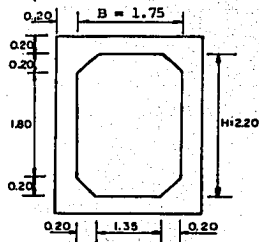
DATOS DEL SIFON

$B = 1.75 \text{ m.}$
 $H = 2.20 \text{ m.}$
 $Q = 9.34 \text{ m}^3/\text{seg.}$
 $V = 2.477 \text{ m}/\text{seg.}$
 $A = 3.77 \text{ m}^2.$
 $n = 0.015$



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DE LA SECCION DEL SIFON



$$\frac{H}{B} = 1.25 \therefore H = 1.25 B = 1.25 \times 1.75 = 2.19 \text{ m}$$

$$A = 1.75 \times 2.20 = 3.85 \text{ m}^2$$

CARTELES $0.20 \times 0.20 \text{ m}$

$$\text{AREA DE LOS CARTELES } 0.20 \times 0.20 \times 2 = 0.08 \text{ m}^2$$

$$\text{AREA HIDRAULICA DEL SIFON } A = 3.85 - 0.08 = 3.77 \text{ m}^2$$

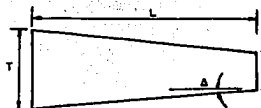
$$\text{VELOCIDAD } V = \frac{Q}{A} = \frac{9.34}{3.77} = 2.477 \text{ m/seg}$$

$$\text{PERIMETRO } P = 1.80 \times 2 \times 1.35 \times 2 + (0.283) 4 = 7.432 \text{ m}$$

$$\text{RADIO HIDRAULICO } r = \frac{A}{P} = \frac{3.77}{7.432} = 0.507 \text{ m}$$

$$\therefore r^{2/3} = 0.6356$$

CALCULO DE LA LONGITUD DE TRANSICION

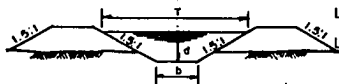


- T = Ancho de la superficie libre del agua en el canal
 B = Ancho de la superficie libre del agua entrada del conducto
 L = Longitud de transición

$$T = 2 \text{ td} + b = 2 \times 1.5 \times 2.00 + 2.00 = 8.00 \text{ m}$$

$$L = \frac{T-B}{2} \text{COT } 22^\circ 30' = \frac{(8.00-1.75)}{2} 2.4142 = 7.54 \text{ m}$$

$$L = 8.00 \text{ m}$$



PERDIDAS DE CARGA POR CAMBIO DE DIRECCION EN LOS CONDUCTOS

$$h_{c,d} = NK \sqrt{\frac{\alpha}{90^\circ}} \frac{v^2_s}{2g}$$

En donde:

- $h_{c,d}$ = Pérdida de carga por cambio de dirección
 N = Número de codos, por cambio de dirección
 K = 0.25 (constante)
 α = Ángulo que forma el conducto con la horizontal
 90° = Valor del ángulo recto

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALCULO DE PERDIDAS

POR TRANSICION DE ENTRADA.

$$h_{t.e} = K_{t.e} \frac{V_s^2 - V_c^2}{2g} = 0.1 \left(\frac{2.477^2}{2} - \frac{0.93^2}{9.81} \right) = 0.0269$$

POR ENTRADA A LOS CONDUCTOS.

$$h_{e.c} = K_{e.c} \frac{V_s^2}{2g} = 0.04 \left(\frac{2.477^2}{2 \times 9.81} \right) = 0.0125$$

POR FRICCIÓN EN EL CONDUCTO.

$$h_f = \left(\frac{V_s \cdot N_s}{r^{2/3}} \right)^2 L_s = \left(\frac{2.477 \times 0.015}{0.6356} \right)^2 100 = 0.3417$$

POR CAMBIO DE DIRECCION.

$$h_{c.d} = 2 \times 0.25 \sqrt{\frac{30^\circ}{90^\circ}} \frac{V_s^2}{2g} = 0.2887 \times 0.313 = 0.0903$$

POR SALIDA DE LOS CONDUCTOS.

$$h_{s.c} = h_{e.c} = 2 \times 0.0125 = 0.0250$$

POR TRANSICION DE SALIDA.

$$h_{t.s} = 2 h_{t.e} = 2 \times 0.0269 = 0.0538$$

$$T O T A L = 0.5502$$

SE ADOPTA COMO PERDIDA DE 0.60 m.

PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE UNA ALCANTARILLA

DATOS DEL CANAL

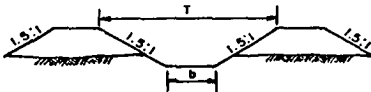
b = 2.00 m
 d = 2.00 m
 Q = 9.34 m³/s
 V = 0.93 m/s
 A = 10.00 m²
 n = 0.016

DATOS DE LA ALCANTARILLA

B = 2.00 m.
 H = 2.50 m.
 Q = 9.34 m³/s
 V = 1.893 m/s
 A = 4.92 m²
 n = 0.015

TALUD 1.5:1

SECCION DEL CANAL



CALCULO DE LA SECCION DE LA ALCANTARILLA

Suponiendo B = 2.00

$$\frac{H}{B} = 1.25 \therefore H = 1.25 B$$

$$H = 1.25 \times 2.00 = 2.50 \text{ m.}$$

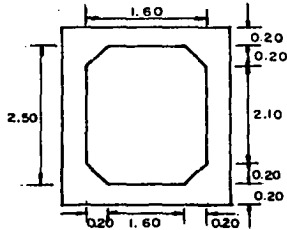
$$\text{AREA} = 2.5 \times 2.00 = 5.00 \text{ m}^2$$

CARTELES 0.20 x 0.20

$$\text{AREA CARTELES } \frac{1}{2} b h = \frac{1}{2} 0.04 = 0.02$$

$$\therefore A = 0.02 \times 4 = 0.08 \text{ m}^2$$

SECCION ALCANTARILLA



CORTE LONGITUDINAL

AREA HIDRAULICA DE LA ALCANTARILLA

$$\text{AREA} = 5 - 0.08 = 4.92 \text{ m}^2$$

$$\text{VELOCIDAD } V = \frac{Q}{A} = \frac{9.34}{4.92} = 1.898 \text{ m/s}$$

PERIMETRO MOJADO

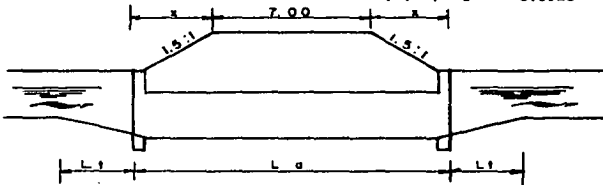
$$C = \sqrt{(0.20)^2 + (0.20)^2} = 0.283$$

$$P = 2.10 \times 2 + 1.60 \times 2 + 4(0.283) = 8.531 \text{ m}$$

RADIO HIDRAULICO

$$r = \frac{A}{P} = \frac{4.92}{8.532} = 0.577$$

$$\therefore r^{2/3} = 0.6928$$



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Longitud de transición.

$$T = 2 t \cdot d + b \quad \therefore T = 2 \times 1.5 \times 2.00 + 2.00 = 8.00 \text{ m}$$

$$L_t = \frac{T - t}{2} \cot. 22^\circ 30' = \left(\frac{8.00 - 2.00}{2} \right) 2.4142 = 7.2426 \text{ m}$$

$$\text{Se adopta } L_t = 7.25 \text{ m}$$

Longitud total.

$$X = t \times 1.50 = 1.5 \times 1.5 = 2.25 \text{ m}$$

$$L_a = 2 x + 7.00 = 2 \times 2.25 + 7.00 = 11.50$$

TERMINOS EMPLEADOS EN EL CALCULO DE PERDIDAS

$h_{t.e}$ = Pérdidas por transición de entrada

h_f = Pérdida por fricción en el conducto

h_{ts} = Pérdida por transición de salida

V_a = Velocidad en la alcantarilla

V_c = Velocidad en el canal

CALCULO DE PERDIDAS

POR TRANSICION DE ENTRADA.

$$h_{t.e} = 0.4 \left(\frac{V_a^2 - V_c^2}{2g} \right)^2 = 0.4 \left(\frac{1.893^2 - 0.93^2}{2 \times 9.81} \right) = 0.055$$

POR FRICCIÓN EN EL CONDUCTO.

$$h_f = \left(\frac{V_a \cdot N_a}{r_a} \right)^2 \quad L_a = \frac{(1.893 \times 0.015)^2}{0.6928} \quad 11.50 = 0.019$$

POR TRANSICIÓN DE SALIDA.

$$h_{t.s} = 0.7 \left(\frac{V_a^2 - V_c^2}{2g} \right) = 0.7 \left(\frac{1.893^2 - 0.93^2}{19.62} \right) = 0.097$$

$$T O T A L = 0.1710$$

SE ADOPTA UNA PERDIDA = 0.20 m

$$CÁLCULO DE LA PENDIENTE \quad S = \frac{h_f}{L_a} = \frac{0.019}{11.50} = 0.0017$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

La realización de obras hidráulicas como son los proyectos de riego, muestran la importancia de los estudios necesarios en cada una de las etapas del proyecto.

Este tipo de obras, incorporan al sistema de riego, gran número de hectáreas hasta ahora sujetas a temporal, lo que permitirá un incremento en la producción de alimentos.

Se solucionará el grave problema de la emigración del campo a las grandes ciudades.

Se generarán empleos que darán ocupación a los campesinos, tanto en las labores agrícolas como en la construcción de caminos que darán salida a la producción hacia los centros de consumo regional y nacional, se construirán escuelas, centros de capacitación en donde los campesinos aprenderán las nuevas técnicas de riego.

En este trabajo se han planteado numerosos ejemplos que ayudarán a comprender mejor la realización de un proyecto de riego.

B I B L I O G R A F I A

1. Proyecto de Zonas de Riego. S.A.R.H.
2. Apuntes de Agrología. FAO. Organización para la Alimentación y Agricultura.
3. Mecánica de Suelos Tomos I y II. Juárez Badillo - Rico Rodríguez.
4. Estudios de Mecánica de Suelos - para el Diseño y Construcción de una Presa de Tierra. Tesis Profesional 1974. José Luis Villegas de la Fuente. U.N.A.M.
5. Apuntes de Hidrología Ing. Miguel González Azuara Profesor de Hidráulica de la Universidad La Salle.
6. Manual de Obras Civiles. C. F. E.
7. Diseño de Pequeñas Presas. U.S. Government Printing Office.
8. "Proyecto de Riego y Drenaje" - Del Río Nexpa en el Edo. de Guerrero. Tesis Profesional 1975. Simón López Galaviz. I. P. N.
9. Operación de Distritos de Riego Tomos I, II, III y IV. S.A.R.H.
10. Obras Hidráulicas. Ing. Francisco Torres H.
11. Notas y Construcción Presas Pequeñas. Raúl J. Marsal. Instituto de Ingeniería.
12. Varios. Sobre Análisis y Evaluación de Proyectos.