



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

15  
Lij

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

**" TOPICOS SELECTOS DE LA PRODUCCION  
AGRICOLA ACTUAL ". MANEJO INTEGRAL DE  
OBRAS DE CONSERVACION DEL SUELO Y AGUA  
EN LA SUBCUENCA NO. 7 ARROYO SANTIAGO -  
TOPILEJO " OCOPIAXCO - CALDERA ", TLALPAN**

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN

DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

**TRABAJO DE SEMINARIO**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERA AGRICOLA**  
**P R E S E N T A :**  
**MARIA GUADALUPE HERNANDEZ LARIOS**

**ASESOR: M.C. EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1998

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

N. A. DE  
ESTUDIOS DE CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicarle a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

"Temas Selectos de la Producción Agrícola Actual". Manejo Integral  
de Obras de Conservación del Suelo y Agua en la Subcuenca No. 7 Arroyo  
Santiago - Topilejo "Ocopinteco-Caldera", Tlalpa.

que presenta la docente: María Guadalupe Hernández Larico  
con número de cuenta: 7660421-0 para obtener el Título de:  
Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el  
EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 31 de octubre de 19 95

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>Asesor</u>	<u>M.C. Edivino J. Vega Rojas</u>	
<u>Primero</u>	<u>I.A. Raúl Espinoza Sánchez</u>	
<u>Segundo</u>	<u>I.A. Francisco Cruz P.</u>	

## DEDICATORIA

### A MIS PADRES.

Por inculcarme sus valores, su confianza, por su apoyo moral y económico para salir avante de cualquier situación difícil que se presenta en la vida. Por darme la oportunidad de realizar una de las metas más importantes.

### A MIS HERMANOS.

Por sus enseñanzas, su ayuda, su sapiencia para resolver cualquier dificultad y por su sentido de conservar la unión familiar.

### A MIS SOBRINITOS.

Diana, Alma, Anahí, Anahí, Juan, Luis, Adolfo y Alejandro, para que siempre pongan todo su esfuerzo, empeño y dedicación a cualquier cosa que emprendan por muy pequeña que sea, que al final sera de gran importancia para su formación.

## AGRADECIMIENTOS

**PROFESOR EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS.**

Por transmitirme sus conocimientos, brindarme su confianza, su apoyo incondicional, por sus recomendaciones y comentarios atinados en la realización de este trabajo.

**A MIS PROFESORES.**

Que son la base esencial en mi formación profesional, por sus conocimientos invaluable.

**A MIS COMPAÑEROS.**

Para que tengan presente que con esfuerzo y dedicación se pueden alcanzar las metas y en especial a Susana Luna y Esmeralda Alarcón por su amistad sincera, por aguantar mi mal carácter, por su tiempo y dedicación para que este trabajo saliera adelante.

Con la seguridad de que este trabajo sea de utilidad para futuras generaciones de la Carrera de Ingeniería Agrícola.

**JUAN JAIMES LARA.**

Por su apoyo en la recopilación de la información para que este trabajo fuera posible, por transmitirme sus conocimientos, por su paciencia, comprensión y cariño, por sus consejos y la confianza que ha depositado en mí.

## I N D I C E

		PAG.
1.0	INTRODUCCION	1
2.0	OBJETIVOS	2
3.0	DESCRIPCION DE LA ZONA	3
3.1	LOCALIZACION	3
3.2	CLIMA	3
3.3	PRECIPITACION	4
3.4	TEMPERATURA	4
3.5	HELADAS	4
3.6	GEOLOGIA	4
3.7	GEOMORFOLOGIA	5
3.8	HIDROLOGIA	5
3.9	VEGETACION	5
3.10	TIPO DE SUELOS	6
3.11	TENENCIA DE LA TIERRA	6
3.12	USO ACTUAL DE LAS TIERRAS	6
3.13	VIAS DE COMUNICACION	7
4.0	TIPOS DE OBRA DESCRIPCION Y FUNCIONES	8
4.1	TINAS CIEGAS	8
4.1.1	METODO PARA LA ESTIMACION DEL ESCURRIMIENTO MEDIO	8
4.1.2	CALCULO DEL VOLUMEN POR ALMACENAR O RETENER	20
4.2	PRESAS DE CONCRETO DEL TIPO GRAVEDAD	27
4.2.1	PRESAS FILTRANTES DE PIEDRA ACOMODADA	33
4.2.2	PRESAS DE MAMPOSTERIA	37
4.2.3	DISEÑO DE LA PRESA	40
4.2.3.1	DETERMINACION DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA CARCAVA	40
4.2.3.2	ESPACIAMIENTO ENTRE PRESAS	42
4.2.3.3	ALTURA EFECTIVA DE LA PRESA	44

	PAG.	
4.2.3.4	EMPOTRAMIENTO DE LA PRESA	45
4.2.3.5	CAUDAL MAXIMO DE DISEÑO	45
4.2.3.6	DISEÑO DEL VERTEDOR	48
4.2.3.7	COLCHON AMORTIGUADOR	50
5.0	MATERIALES Y METODOS	54
5.1	MATERIALES DE CAMPO	54
5.2	METODOS	54
5.2.1	EXCAVACIONES EN MATERIALES I Y II PARA LA APERTURA DE TINAS CIEGAS	54
5.2.2	SECCIONAMIENTO DEL CAUCE PRINCIPAL Y TRIBU TARIO PARA LA CONSTRUCCION DE PRESAS	55
5.2.2.1	PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DE PRESAS	57
6.0	RESULTADOS	59
7.0	ANALISIS DE RESULTADOS	60
8.0	CONCLUSIONES	62
9.0	BIBLIOGRAFIA	64
 <b>ANEXOS</b>		
ANEXO A.	PLANO GENERAL DE LAS SUBCUENCAS EN EL D.F.	
ANEXO B.	PLANO DE LA SUBCUENCA HIDROLOGICA No. 7 "ARROYO SANTIAGO-TOPILEJO"	
ANEXO C.	PLANO DE UBICACION DE LAS OBRAS DE CONSERVACION DEL SUELO Y AGUA EN EL "OCOPIAXCO - CALDERA"	
ANEXO D.	MATERIAL FOTOGRAFICO.	

## 1.0 INTRODUCCION

El manejo de las Subcuencas Hidrográficas en la zona rural del Sur del Distrito Federal, reviste gran importancia ya que el uso irracional del suelo ha provocado un grave deterioro de los Recursos Naturales.

La Subcuenca Hidrológica No. 7 "Arroyo Santiago-Topilejo", comprende áreas que han cambiado de uso forestal a uso agrícola, sumado a una pendiente pronunciada y a prácticas tradicionales de cultivo y pastoreo incontrolado que han originado graves problemas de erosión.

Factores que han ocasionado que los suelos al carecer de una cubierta vegetal que disminuya la cantidad y velocidad de los escurrimientos tenga una acción erosiva, disminución de la filtración del agua pluvial y recarga del manto freático, propiciando la formación de cárcavas y el acarreo de materiales en suspensión a las partes bajas, incrementando de azolves a la red de drenaje.

Para coadyuvar a la solución de esta problemática. La Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural ( ahora CORENA), a través del Centro Regional de Integración de Servicios No. 2, realiza diversas actividades como son: Apertura de Tinajas Ciegas, Presas Filtrantes de piedra Acomodada y Presas de Mampostería entre otras. Acciones encaminadas a controlar la erosión y la recarga natural del manto freático dentro del Complejo Integral de Obras de Conservación del suelo y agua en el Ocopixco-Caldera. La cual comprende una superficie de 200 Ha.

## 2.0 OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL.

Contribuir a mejorar el uso racional del suelo y agua, así como controlar los problemas erosivos y de azolvamiento mediante el Manejo Integral de Obras de Conservación en la Subcuenca Hidrológica Santiago - Topilejo (Ocopixco - Caldera).

### OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Ejecución de obras y prácticas adecuadas de manejo para el mejoramiento y conservación del suelo y agua.

Evitar la pérdida del suelo, causada por la acción del agua y viento.

Incrementar la recarga natural del manto freático.

Evitar problemas de inundaciones por el azolvamiento del drenaje en la Ciudad de México.

### 3.0 DESCRIPCION DE LA ZONA

#### 3.1. LOCALIZACION

La Subcuenca Hidrológica No. 7 denominada "Arroyo Santiago - Topilejo", tiene jurisdicción política en la Delegación de Tlalpan y comprende una superficie de 9,438 Ha. Se encuentra situada en la porción Suroeste del Distrito Federal, al Poniente con la Delegación de Tlalpan y comprende en sus partes urbanas los Pueblos de Santiago Tepalcatlalpan, San Miguel Topilejo y parte de San Mateo Xalpa. En lo rural con el Ejido y la Comunidad de Topilejo y el Ejido de Parres.

La zona de estudio comprende una superficie de 200 Ha., las cuales pertenecen al Ejido de Topilejo (Ocopixco-Caldera). Se encuentra situada al Norte con terrenos Comunales de Topilejo, al Sur con la zona boscosa de la Comunidad de Topilejo, al Oriente con la Delegación de Milpa Alta y al Poniente con la Autopista México - Cuernavaca. Geográficamente se ubica entre las coordenadas  $19^{\circ} 06'$  y  $19^{\circ} 08'$  de Latitud Norte y a los  $99^{\circ} 10'$  y  $99^{\circ} 11'$  de Longitud WG su Altitud media es de 3200 msnm.

#### 3.2. CLIMA

Los datos climáticos se obtuvieron de la Estación Meteorológica de Parres "El Guarda", con un periodo de observación de 20 años (1965-1984). Se clasificó al clima de la zona como  $C(W_2)$  (W)Ci de acuerdo a la modificación hecha al sistema de Köppen por Enriqueta García, el cual se define como: templado subhúmedo, con régimen de lluvias en verano, con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la anual, semifrío presenta un verano fresco corto, con una temperatura mayor a  $10^{\circ}C$  del mes más caliente con una duración menor de 4 meses y una oscilación anual de las temperaturas medias mensuales menor de  $5^{\circ}C$  (Isotermal).

### 3.3. PRECIPITACION

La precipitación media anual es de 1125 mm., con un período de lluvias de cuatro meses (Junio-Septiembre) durante los cuales el volumen precipitado es de 885 mm., lo que representa el 78% y un período seco de ocho meses con una precipitación de 240 mm. lo que significa el 22% del total.

Los meses con mayor precipitación son Junio y Julio con 440 mm es decir el 39% mientras que los meses más secos son Diciembre y Enero con 28 mm lo que representa el 2% del total.

### 3.4. TEMPERATURA

La temperatura media anual es de 9.5°C. Los meses en los que se registra las temperaturas más altas son Mayo y Junio con 11.0 y 10.9 °C respectivamente, mientras que los meses que presentan temperaturas más bajas son Diciembre y Enero con 8.4 y 7.8°C respectivamente.

Temperatura Mínima Extrema.

La temperatura mínima extrema más alta se registro en 1969 con 5.5 °C y la temperatura más baja se registró en 1967 con -11.3°C.

### 3.5. HELADAS

Las heladas se presentan principalmente durante los meses de Octubre a Marzo, observándose el mayor número de ellas en Diciembre y Enero.

### 3.6. GEOLOGIA

El área de estudio es parte de la formación Chichinautzin la cual comprende la compleja unidad volcánica que se originó de los centros eruptivos situados sobre el parteaguas meridional de la cuenca y que representa un largo período de vulcanismo que perduró des

de el final del Plioceno hasta hace unos 2,400 años. Esta constituida principalmente por corrientes lávicas, brechas, tobas y materiales piroclástico de composición basáltica.

### 3.7. GEOMORFOLOGIA

El área esta caracterizada por la presencia de lomeríos, laderas y áreas cerriles.

El relieve varía de ligeramente ondulado a muy ondulado cuya pendiente va de 2 a 15° distribuidos por toda la zona y en áreas cerriles con una pendiente que va de 15 al 45°.

### 3.8. HIDROLOGIA

El sistema hidrográfico esta constituido por algunos arroyos que se forman en las partes altas de los cerros Oyameyo, el Volcán Cerro Pelado y Ocopixco - Caldera, que desemboca en la presa San Lucas. Y en su mayoría son de carácter torrencial, ya que en la época de lluvias transportan considerables volúmenes de agua, mientras que en la época de estiaje dichos volúmenes son nulos. La red hidrográfica corresponde al Arroyo Santiago - Topilejo y el tipo de drenaje es dendrítico.

### 3.9. VEGETACION

La vegetación primaria del área se encuentra representada por Bosque de Pino de las especies: Pinus montezumae, Pinus rudis, plantaciones de Pinus radiata, Pinus ayacahuite. Y especies nativas como el Tepozán y Madroño.

Por otra parte, existen algunas especies de vegetación secundaria como la Jarilla y el Cardo que se presentan principalmente en los linderos de los caminos.

### 3.10. TIPO DE SUELOS

Dadas las condiciones fisiográficas los suelos de esta zona se caracterizan por presentar de 3 a 5 horizontes minerales que yacen en toba y rocosidad basáltica.

En general los suelos que se presentan son profundos (mayor a 100 cm) de color café amarillento opaco a café oscuro y texturas francas y franco-arenosas que descansan sobre toba arenosa y rocosidad basáltica, o bien sobre una toba basáltica de color café amarillenta. Finalmente y en menor proporción existen suelos delgados (menor a 20 cm) que descansan sobre rocas basálticas las que en su mayor porcentaje afloran, drenaje superficial e interno de moderado a rápido.

El suelo presenta una erosión hídrica y eólica con diferentes grados de erosión de moderada a fuerte representada por cárcavas de diferentes tamaños.

### 3.11. TENENCIA DE LA TIERRA

El régimen de tenencia de la tierra del área de estudio es Ejidal correspondiente al Pueblo de San Miguel Topilejo.

### 3.12. USO ACTUAL DE LAS TIERRAS

Actualmente el Ejido sustenta aproximadamente un 80% de Agricultura de temporal, con avena en su mayor parte, papa y haba en menor proporción.

Por otra parte y en alrededor del 10% de la zona se presentan áreas de pastizal que se destina para el pastoreo de ovinos.

Finalmente, en el 10% restante existen áreas con afloramiento rocoso y una topografía accidentada que sostiene una vegetación de Pino y Zacatonal.

### 3.13. VIAS DE COMUNICACION

Las principales vías de comunicación dentro del área de estudio son la Carretera Federal México-Cuernavaca, la vía del Ferrocarril de Cuernavaca y la Autopieta México-Cuernavaca, esta última no cuenta con acceso al ejido.

Asimismo, el área esta comunicada interiormente en su mayor parte por caminos de terracería transitable todo el año.

#### 4.0 TIPOS DE OBRA DESCRIPCION Y FUNCIONES

##### 4.1. TINAS CIEGAS.

Esta obra tiene como objetivo principal la recarga de los mantos acuíferos para así mantener la humedad del suelo y de ésta manera fomentar el desarrollo de la vegetación nativa, reducir la velocidad de los escurrimientos superficiales y utilización de las líneas de tinas como brechas corta fuego.

Se entenderá por tinas ciegas a zanjas rectangulares con las siguientes dimensiones: 2.0 m. de longitud, 0.5 m. de ancho y 0.5 m. de profundidad. Estas zanjas se harán en líneas, siguiendo las curvas de nivel con un espaciamiento entre líneas de 9 a 13 m. esto estará en función de la pendiente del terreno. Figura 1.

Con este tipo de obra se captará aproximadamente el 50% de los escurrimientos.

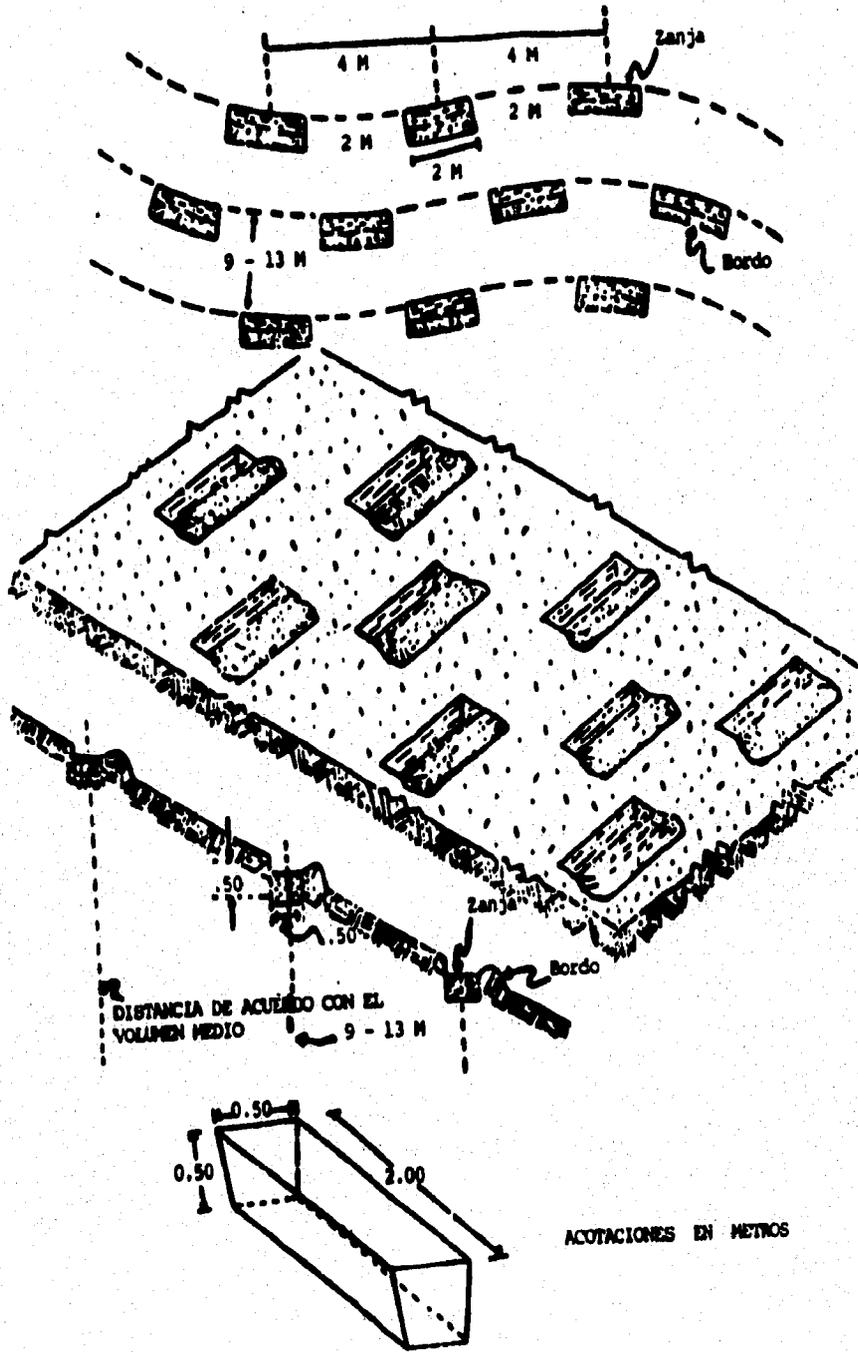
##### 4.1.1. METODO PARA LA ESTIMACION DEL ESCURRIMIENTO MEDIO

Para la estimación del escurrimiento medio causado por una lluvia se utilizó el método desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (S.C.S.). Que predice el escurrimiento basado en datos de precipitación y características de los suelos como: El tipo de suelo, condición hidrológica, uso del suelo y lluvia máxima en 24 hrs., dato que fue registrado en un período de 24 años en la Estación Climatológica de "El Guarda", Parres en la Delegación de Tlalpan.

###### a) Tipo de suelo.

Para determinar el tipo de suelo se utilizan las características texturales y se clasifican en cuatro grupos de acuerdo con sus características hidrológicas para producir escurrimiento, Cuadro 1.

Figura 1. Sitio de ubicación de tinas ciegas.



Cuadro 1. Grupos de suelos para estimar el valor de la curva numérica

GRUPO DE SUELO	DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO
A	Suelos que tienen muy bajo potencial de escurrimiento. Por ejemplo, arenas profundas con baja cantidad de limos o arcillas.
B	Suelos ligeros y/o bien estructurados que tienen infiltración arriba del promedio cuando están completamente mojados. Por ejemplo, franco arenoso ligero, franco limoso.
C	Suelos medios y poco profundos que tienen infiltración promedio y cuando están completamente mojados.
D	Suelos que tienen alto potencial de escurrimiento. Por ejemplo, suelos pesados, particularmente arcillas con alta capacidad de expansión, y arcillas muy delgadas que descansan en horizontes densos de arcilla.

Fuente: Soil and Water Conservation Engineering, citado por Ronquillo 1983.

b) Condición hidrológica del área.

La condición hidrológica está en función de la cubierta vegetal y su variación depende de la densidad de la cobertura, de tal manera que se define en tres grupos. Cuadro 2.

Cuadro 2. Condición hidrológica del área de escurrimiento

CONDICION HIDROLOGICA	DENSIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL
Buena	CV* > 75
Regular	50 ≤ CV ≤ 75
Mala	CV < 50

Fuente: Soil and Water Conservation Engineering, citado por Ronquillo 1983.

\*CV = Cobertura vegetal

Dado que la vegetación se clasifica de acuerdo con su porte, el tipo de vegetación influye en la condición hidrológica y ella varía con el uso del suelo como se muestra en el cuadro 3.

#### c) Uso del suelo

El uso del suelo se refiere a la utilización que dentro de las operaciones agrícolas, ganaderas o silvícolas; se registran al momento de evaluar el área de la cuenca donde se desea determinar el escurrimiento. Por esta razón, para cada uso del suelo se obtienen los valores de las curvas numéricas (CN) para diferentes condiciones hidrológicas y tipos de suelo, Cuadro 4.

Es sabido que el escurrimiento aumenta a medida que aumenta la condición de humedad del suelo al momento de presentarse la tormenta. Por esta razón, en este método la condición de humedad del suelo se considera en los cinco días previos a la tormenta y se agrupan como se muestra en el Cuadro 6.

**Cuadro 3. Clasificación de la condición hidrológica para diferentes usos del suelo y vegetación.**

USO DEL SUELO	CONDICION HIDROLOGICA
Pastizal nativo	Pastizal en condición pobre, fuertemente <u>pa</u> storeado con menos del 50% de cobertura aérea. Pastizal en condición regular moderadamente <u>pa</u> storeado con 50 a 75% de cobertura aérea. Pastizal en condición buena, ligeramente <u>pa</u> storeado con más del 50% de cobertura aérea.
Bosque	Áreas pobres, muy taladas que han sido fuertemente <u>pa</u> storeadas. Áreas regulares moderadamente <u>pa</u> storeadas. Áreas de buena condición con bosque no <u>ta</u> lado, no <u>pa</u> storeado, y crecimiento considerable de arbustos.
Pastizales permanentes mejorados	Son pastizales que consisten de leguminosas sujetas a un <u>pa</u> storeo bien manejado y se consideran que están en buena condición hidrológica.
Cultivos	Condición hidrológica buena se refiere a <u>cul</u> tivos que forman parte de una rotación <u>cul</u> tivo-pastizal-descanso bien planeado y manejado. Condición hidrológica pobre se refiere a <u>cul</u> tivos manejados de acuerdo a una rotación de cultivo-descanso.

Fuente: Soil and Water Conservation Engineering, citado por Ronquillo, 1983.

En el Cuadro 4 se presenta el valor de las curvas numéricas para la condición de humedad antecedente II y  $I_a = 0.2 S$ .

En el cuadro 5 se presentan los valores de las curvas numéricas ajustadas para la condición de humedad antecedente I, III y  $I_a = 0.2 S$ .

Cuadro 4. Curva numérica (CN) usada para estimar escorrenfía bajo diferentes complejos suelo-cobertura y manejo (datos para la condición de humedad II y  $I_a = 0.2 S$ ).

USO DEL SUELO	COBERTURA		GRUPO DE SUELOS			
	TRATAMIENTO O PRACTICA	CONDICION HIDROLOGICA	A	B	C	D
Suelo en descanso	Surcos rectos		77	86	91	94
Cultivo de escarda	Surcos rectos	Mala	71	81	88	91
	Surcos rectos	Buena	67	78	85	89
	Curva a nivel	Mala	70	79	84	88
	Curva a nivel	Buena	65	75	82	86
	Terraza y curva a nivel	Mala	66	74	80	82
	Terraza y curva a nivel	Buena	62	71	78	81
Cultivos tupidos	Surcos rectos	Mala	65	76	84	88
	Surcos rectos	Buena	63	75	83	87
	Curva a nivel	Mala	63	74	82	85
	Curva a nivel	Buena	61	73	82	84
	Terraza y curva a nivel	Mala	61	72	79	82
	Terraza y curva a nivel	Buena	59	70	78	81

USO DEL SUELO	COBERTURA		GRUPO DE SUELOS			
	TRATAMIENTO O PRACTICA	CONDICION HIDROLOGICA	A	B	C	D
			CURVA NUMERICA			
Leguminosas en hilera o forraje en rotación	Surcos rectos	Mala	66	77	85	85
	Surcos rectos	Buena	58	72	81	85
	Curva a nivel	Mala	64	75	83	85
	Curva a nivel	Buena	55	69	78	83
	Terraza y curva a nivel	Mala	63	73	80	83
	Terraza y curva a nivel	Buena	51	67	76	80
Pastizales	Sin tratamiento mecánico	Mala	68	79	86	89
	Sin tratamiento mecánico	Regular	49	69	79	84
	Sin tratamiento mecánico	Buena	39	61	74	80
	Curvas a nivel	Mala	47	67	81	88
	Curvas a nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas a nivel	Buena	6	35	70	79
Pasto de corte		Buena	30	58	71	78
Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
Caminos tierra		Buena	72	82	87	89
Caminos pavimentados		Buena	74	84	90	92

Fuente: Soil and Water Conservation Engineering, citado por Ronqui

Cuadro 5. Curvas numéricas (CN) ajustadas para condiciones de humedad antecedente I y III. Conversiones y constantes.

PARA EL CASO Ia = 0.2 S

1 Número de la curva para la condición II	3 Números correspondientes de la curva para la-		4 Valores S <sup>1</sup>	5 La curva comienza donde P = 1
	2 Condición I	Condición III		
100	100	100	0	0
95	87	99	.526	.10
90	78	98	1.11	.22
85	70	97	1.76	.35
80	63	94	2.50	.50
75	57	91	3.33	.67
70	51	87	4.29	.86
65	45	83	5.38	1.08
60	40	79	6.67	1.33
55	35	75	8.18	1.64
50	31	70	10.00	2.00
45	27	65	12.2	2.44
40	23	60	15.0	3.00
35	19	55	18.6	3.72
30	15	50	23.3	4.66
25	12	45	30.0	6.00
20	9	39	40.0	8.0
15	7	33	56.7	11.34
10	4	26	90.0	18.00
5	2	17	190.0	38.00
0	0	.0	Infinito	Infinito

Fuente: U.S. Soil Conservation Service, citado por Publicación Técnica de Recursos Hidráulicos 1985.

Cuadro 6. Condición de humedad antecedente, como función de la precipitación.

CONDICION DE HUMEDAD ANTECEDENTE		PRECIPITACION ACUMULADA DE LOS CINCO DIAS PREVIOS AL EVENTO EN CONSIDERACION EN mm		
Seca	I	0	-	12.7
Moderada	II (intermedia)	12.7	-	38.1
Húmeda	III		>	38.1

Fuente: Martínez, 1982. Citado por Ronquillo 1983.

En la zona de estudio los trabajos se realizaron en las partes altas del volcán Ocopixco-Caldera en una superficie de 40 hectáreas, donde existen áreas de pastizales nativos y con poca vegetación forestal, áreas que son pastoreadas en forma moderada los suelos son de textura franco-arenosa y poca pedregosidad con una pendiente mayor al 15%. Las características físicas del suelo se presentan en el cuadro 7. En la zona de estudio se registro una precipitación de 55.1 mm, de lluvia máxima en 24 hr.

Se consideran las siguientes características físicas para el procedimiento de Cálculo del volumen medio escurrido del evento a captar.

ZONA	USO DEL SUELO	AREA (HA)	CONDICION HIDROLOGICA	GRUPO DEL SUELO
1	PASTIZAL	40	Regular	B

Relacionando estas características se obtienen los valores de las curvas numéricas (CN) las cuales son indicadoras de la proporción de la escorrentía, que se describen a continuación.

ZONA	CN	CAH	CNA
1	69	III	86

Obteniendo los valores de las curvas numéricas ajustadas a la condición de humedad antecedente (CAH) III, se procede a calcular el potencial máximo de retención el cual depende de las condiciones del suelo, vegetación y tratamiento de los cultivos, entonces es factible relacionarla con las curvas numéricas, las cuáles están en función de los factores antes mencionados. El potencial máximo de retención (S), se puede obtener en base a la ecuación (1).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Donde: S = Potencial máximo de retención en mm  
 CN = Valor de la curva numérica, adimensional  
 25400 y 254 = Constantes

$$S = \frac{25400}{86} - 254$$

$$S = 41,34 \text{ mm}$$

Conociendo ya los valores de potencial máximo de retención y la lluvia máxima en 24 hr. que es de 55,1 mm. se calcula el escurrimiento medio (Q) que proporciona una estimación de las relaciones precipitación-escurrimiento por evento utilizando la siguiente fórmula (2).

$$Q = \frac{[P - 0,2 (S)]^2}{P + 0,8 (S)}$$

Donde: Q = Escurrimiento medio en mm  
 P = Lluvia máxima en 24 hrs.  
 S = Potencial máximo de retención en mm.

$$Q = \frac{[55.1 - 0.2 (41.34)]^2}{55.1 + 0.8 (41.34)}$$

$$Q = 24.87 \text{ mm.}$$

Como se empleo la lluvia máxima en 24 hrs. para la estimación de este escurrimiento medio esperado que por lo menos trabajen a su capacidad total la mitad de las veces, se selecciona para su diseño la captación del 50% del escurrimiento esperado. Es decir: Escurrimiento a captar.

$$Q = \frac{24.87}{2}$$

$$Q = 12.43 \text{ mm.}$$

Con las dimensiones de las tinajas la capacidad de captación por cada tina es de  $0.5 \text{ m}^3$  pudiendose calcular el área tributaria de escurrimiento para que trabajen al máximo.

$$\text{AREA} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Lámina de escurrimiento}}$$

$$\text{AREA} = \frac{0.5 \text{ m}^3}{0.01243}$$

$$\text{AREA TRIBUTARIA} = 40.22 \text{ m}^2$$

Siendo el ancho de la faja que cubre cada tina de 2 m., el espacio entre dos tinajas que se encuentran en la misma dirección (dt).

$$dt = \frac{\text{AREA TRIBUTARIA}}{2 \text{ m}}$$

$$dt = \frac{40.22}{2}$$

$$dt = 20.11 \text{ m}$$

Por su colocación en el terreno (ver Figura 1.), la distancia entre líneas de tinas (dl), será igual a dt/2.

$$dl = \frac{20.11}{2}$$

$$dl = 10.05 \text{ m}$$

Para fines prácticos se adopta dl = 10 m

**MEMORIA DE CALCULO PARA LA ESTIMACION DEL  
VOLUMEN RECARGADO MEDIANTE LA CONSTRUCCION  
DE TINAS CIEGAS**

**DIMENSIONES DE LAS TINAS:**

LONGITUD DE LA TINA: 2 m

ANCHO DE LA TINA: 0.5 m

PROFUNDIDAD DE LA TINA: 0.5 m

VOLUMEN POR TINA: 0.5 m<sup>3</sup>

SEPARACION ENTRE TINAS DE LA LINEA: 2 m

SEPARACION ENTRE LINEAS DE TINAS: 10 m

CONSIDERANDO UNA PENDIENTE > AL 15%

No. DE TINAS POR HECTAREA = 250

VOLUMEN ESCAVADO POR HECTAREA = 125 m<sup>3</sup>

AREA OCUPADA POR 250 TINAS EN 1 HECTAREA = 250m<sup>2</sup>

AREA DE ESCURRIMIENTO LIBRE POR HECTAREA = 9750m<sup>2</sup>

#### 4.1.2. CALCULO DEL VOLUMEN POR ALMACENAR O RETENER

Para calcular el escurrimiento medio, es necesario conocer el valor de la precipitación media, el área y su coeficiente de escurrimiento, utilizando la fórmula (3) Manual de Conservación del Suelo y Agua.

$$V_m = P_m \times A \times C$$

Donde:  $V_m$  = Volumen medio por almacenar  $m^3$

$P_m$  = Precipitación media anual de la zona en mm.

$A$  = Área de escurrimiento libre por hectárea en  $m^2$

$C$  = Coeficiente de escurrimiento que generalmente varía de 0.10 a 1.0

El valor del coeficiente de escurrimiento (c), se obtiene en el Cuadro 8. donde se considera la topografía, vegetación y textura del suelo.

En la zona de estudio Ocopixco-Caldera, se registró una precipitación media anual de 1125 mm. De acuerdo a la topografía existente se determinó con pendiente mayor al 15%, en áreas de pastizales y de poca vegetación forestal en las partes altas, presentando una textura media. Considerando las características del área y al uso del suelo se determinó un coeficiente de escurrimiento de 0.42

Aplicando la fórmula (3) tendremos:

$$V_m = 1125 \text{ mm} \times 9750 \text{ m}^2 \times 0.42$$

$$V_{m_1} = 4606.87 \text{ m}^3$$

Adicionalmente consideramos el volumen que las tinajas captan direc-

tamente de la lluvia de acuerdo a la siguiente expresión.

$$V_m = 1125 \text{ mm} \times 250 \text{ m}^2$$

$$V_{m_2} = 281.25 \text{ m}^3$$

Lo anterior nos da un volumen total de agua por infiltrar en cada hectárea de:

$$V_t = V_{m_1} + V_{m_2}$$

$$V_t = 4888.12 \text{ m}^3$$

Del resultado obtenido, debemos considerar pérdidas debido a evapo transpiración, considerando que para esta zona existe un cociente de:

$$P/T \text{ de } 0.55$$

Volumen que se estima infiltrar con una hectárea de tinas ciegas.

$$V_i = V_t \times (P/T)$$

$$V_i = 4888.12 \times 0.55$$

$$V_i = 2688.46 \text{ m}^3 / \text{Ha} / \text{año}$$

Volumen que recarga cada tina ciega:

$$V_c = V_i / \text{No. de tinas por hectárea}$$

$$V_c = 2688.46 / 250$$

$$V_c = 10.75 \text{ m}^3$$

**Cuadro 7. Características físicas que presenta la zona de estudio  
Ocoixaco-Caldera. San Miguel Topilejo, Tlalpan D.F.**

<b>CARACTERISTICAS FISICAS</b>	<b>ZONA 1</b>
Uso del suelo	Pastizal
Textura	Franco, Franco-Arenosas
Profundidad	100 cm
Densidad de la cubierta vegetal	50%
Pendiente	> al 15%
Permeabilidad	media
Infiltración	media
Prácticas culturales	ninguna
Potencial de escurrimiento	medio
Condición hidrológica	regular
Grupo de suelos	B
Condición de humedad	III
Antecedente	
Valor de la curva numérica ajustada	86
Area	40 ha.
Precipitación (por evento)	55.1 mm
Longitud del cauce principal	17 Km.
Duración de la lluvia máxima en	24 hrs.

Cuadro 8. Valores de C para el cálculo de escurrimientos.

Topografía Vegetación	Textura del suelo		
	Gruesa	Media	Fina
<b>Bosque</b>			
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6-10% pendiente)	0.25	0.35	0.50
Escarpado (11-30% pendiente)	0.30	0.50	0.60
<b>Pastizales</b>			
Plano (0-5% pendiente)	0.10	0.30	0.40
Ondulado (6-10% pendiente)	0.16	0.36	0.55
Escarpado (11-30% pendiente)	0.22	0.42	0.60
<b>Terrenos cultivados</b>			
Plano (0-5% pendiente)	0.30	0.50	0.60
Ondulado (6-10% pendiente)	0.40	0.60	0.70
Escarpado (11-30% pendiente)	0.52	0.72	0.82

Fuente: Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Colegio de Postgraduados, 1991.

## FORMACION DE CARCAVAS Y ETAPAS DE CONTROL

La corrección de una cuenca en su zona de recepción consiste en llevar a cabo prácticas mecánicas, vegetativas y de control de azolves que permitan detener el avance de las diferentes formas de erosión.

La forma de erosión que se presenta es la erosión por cárcavas. La formación de una cárcava es un proceso complejo que se inicia por un cambio brusco de la vegetación o uso del suelo propiciando una pequeña depresión natural. Cuando el agua de escorrentía se concentra en esta depresión, acelera el proceso e incrementa su tamaño hasta formar un canalillo. En este momento el proceso erosivo se concentra en la parte superior del canalillo donde ocurre el desprendimiento de las partículas de suelo y el efecto de erosión remontante. La secuencia en formación de una cárcava se observa en la Figura 2.

La formación de cárcavas en un terreno indica un grado avanzado de erosión y su control por medio de presas requieren de fuertes erogaciones debido a los altos costos de rehabilitación. Además dentro de las Obras de Conservación del Suelo y Agua, el control de esta forma de erosión constituye la parte no rentable debido a que casi siempre los costos de construcción exceden el valor de la tierra. Sin embargo este tipo de control implica la protección del suelo aguas arriba y abajo de la obra. Lo que implica la necesidad de cuantificar los beneficios y el impacto que representan para el entorno ecológico y social de la zona.

### ETAPAS DE CONTROL

Las etapas de control señalan la secuencia de los trabajos a desa-

rrollar en las cárcavas. Entre estas etapas pueden distinguirse cuatro de las más importantes.

a) La primera etapa detecta el origen de la cárcava mediante el control de la erosión remontante, evitando de esta manera el crecimiento de la cárcava en longitud aguas arriba. Esta etapa de control es comunmente llamada cabeceo de la cárcava, Figura 2.

Para el cabeceo de la cárcava, cuando la pendiente en esta parte es muy fuerte se recurre a los muretes de Piedra Acomodada, y mampostería teniendo por objeto escalonar la cabeza de la cárcava de tal modo que se permita fijar algunas especies forestales y/o pastizales.

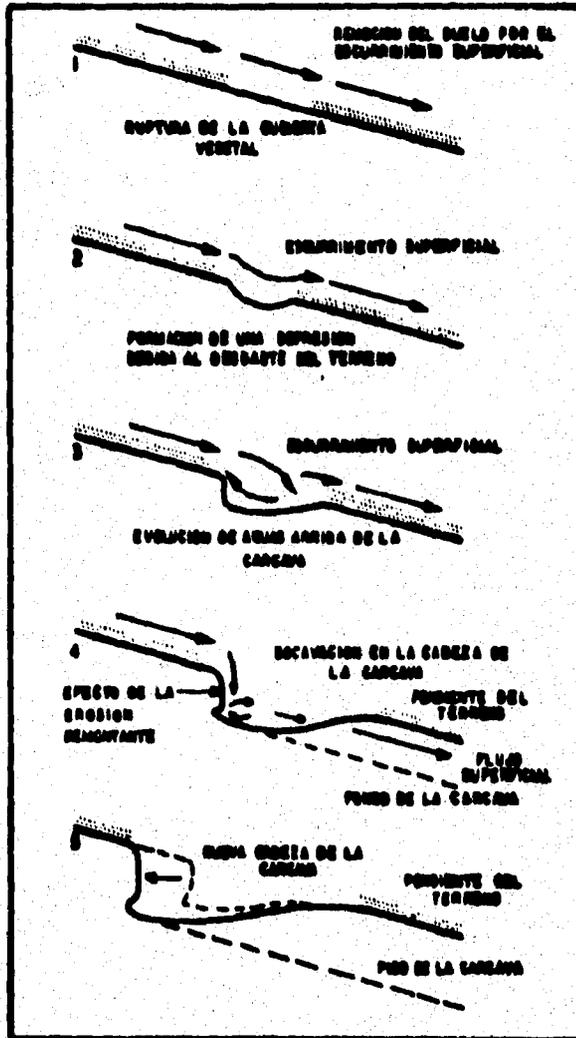
b) La segunda etapa es aquella que estabiliza los taludes de los márgenes de la cárcava, evitando que esta crezca en su ancho y al mismo tiempo reducir el escurrimiento superficial lateral.

c) La tercera etapa consiste en determinar las características físicas del suelo a fin de poder inferir el comportamiento de éste en el momento de cimentar la obra.

d) Finalmente, la cuarta etapa implica seleccionar el tipo de obra en función de las etapas anteriores.

En este caso para rehabilitar las cárcavas se construyeron Presas para Control de azolves como Presas Filtrantes de Piedra Acomodada y Presas de Mampostería. Estas obras son de caracter permanente y pueden tener una vida útil de 40 o más años.

Figura 2. Etapas de desarrollo de una cárcava en terrenos con pendiente. Fuente: Morgan, Citado por Ronquillo, 1983.



#### 4.2. PRESAS DE CONCRETO DEL TIPO GRAVEDAD

Las presas de concreto son estructuras, en la que todas las fuerzas (presión del agua externa como interna o subpresión y el peso de la estructura) que intervienen en la estabilidad de la obra son equi libradas por el propio peso de la estructura.

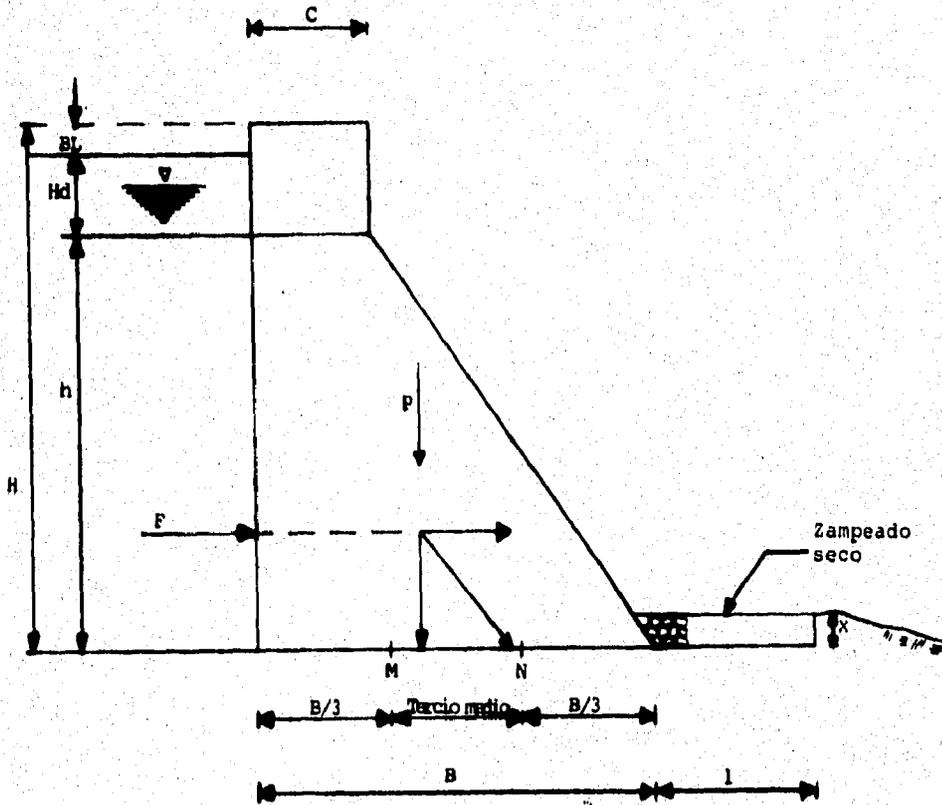
El método de diseño busca que la resultante de las fuerzas actuan- tes queden dentro del tercio medio de la base siendo límite cuando dicha resultante pasa por N, evitando con ello se presenten tensio- nes, obtenidas las dimensiones de la presa, la estabilidad se com- prueba por los factores de seguridad al volcamiento y deslizamiento.

Por tratarse de obras de dimensiones muy reducidas y cuya falla no pone en peligro vidas humanas, el análisis de esfuerzos no conside- ra los efectos de sismos, vientos y presión de hielo.

En la Figura 3. Se presentan las partes que constituyen una presa de gravedad de piedra acomodada y mampostería con la simbología utili- zada denominada como:

- C = Ancho de la corona en m.
- h = Altura efectiva de la presa en m.
- Hd = Carga de diseño sobre el vertedor en m.
- L = Longitud del vertedor en m.
- H = Altura total de la presa en m.
- l = Longitud zampeado seco en m.
- B = Base de la presa en m.
- B1 = Bordo libre en m.
- T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> = Taludes aguas arriba y aguas abajo de la presa en m.
- b = Ancho zampeado seco en m.
- z = Empotramiento en m.
- x = Espesor del zampeado

Figura 3. Partes que constituyen una presa de gravedad.



Al hacer algunas consideraciones sobre la utilización de materiales que se encuentran en la zona para la construcción de presas, se asigna valores promedio en función de las condiciones de nuestro país, considerando que el peso específico de la piedra = 2.4 ton/m<sup>3</sup> y peso específico del agua con sedimentos = 1.2 ton/m<sup>3</sup>

En función de lo anterior la ecuación (4) resuelve completamente la estabilidad del muro y puede emplearse sin ningún inconveniente para muros de piedra acomodada hasta 6 metros de altura, sin que sea necesario comprobar el deslizamiento, el volcamiento ni las cargas de trabajo en la base del muro, ya que nunca sobrepasará los valores admitidos con alturas inferiores a 6 metros.

En el cuadro 9. Se presenta los cálculos de dimensiones para muros hasta 6 metros de altura

$$B = \sqrt{\frac{5}{4} C^2 + H^2} - \frac{C}{2}$$

Donde :

B = Base del muro en m.

C = Ancho de la corona en m.

H = Altura total de la presa en m.

Las dimensiones del bordo libre (BL) en 0.40 metros, el ancho del zampeado seco (b) excedera en 2.00 metros a la longitud del vertedor (L) 1.0 metros en cada lado.

A continuación se presentan los valores obtenidos para presas de mampostería hasta 6 metros de altura efectiva (h) y cargas sobre el vertedor (Hd) que varían de 0.2 - 1.00 metros, condiciones que se presentan en la zona.

Los cuadros 10 y 11, presentan dimensiones de base y corona si se considera nula la subpresión  $c = 0$  y un coeficiente de subpresión  $c = 1/3$

Cuadro 9. Dimensionamiento para muros de piedra acomodada.

h (m)	Hd (m)	c (m)	B (m)	Z (m)	l (m)	X (m)
2	0.5	0.70	1.80	0.30	1.0	0.20
* 2	1.0	1.35	1.85	0.30	1.0	0.20
3	0.5	0.85	2.70	0.30	1.0	0.20
* 3	1.0	1.65	2.70	0.30	1.0	0.20
4	0.5	1.00	3.60	0.50	1.0	0.20
* 4	1.0	2.00	3.65	0.50	1.0	0.20
5	0.5	1.35	3.90	0.50	1.5	0.20
* 5	1.0	2.70	4.10	0.50	1.5	0.20
6	0.5	1.40	4.00	0.50	1.5	0.20
* 6	1.0	2.85	4.35	0.50	1.5	0.20

\* Nota: Se construirán con previa autorización Técnica.

Cuadro 10. Dimensiones de base y corona si se consideran nula la subpresión C = 0

Carga sobre verticiler	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00																																																																																																																																		
Altura total verticiler	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20																																																																																																																																		
Ancho corona	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.50	0.50	0.60	0.70																																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">ALTURA EFECTIVA</th> <th colspan="9" style="text-align: center;">ANCHO DE BASE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.50</td> <td>0.40</td> <td>0.45</td> <td>0.50</td> <td>0.60</td> <td>0.65</td> <td>0.70</td> <td>0.75</td> <td>0.80</td> <td>0.90</td> </tr> <tr> <td>1.00</td> <td>0.70</td> <td>0.80</td> <td>0.90</td> <td>0.95</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.10</td> <td>1.15</td> <td>1.20</td> </tr> <tr> <td>1.50</td> <td>1.10</td> <td>1.15</td> <td>1.25</td> <td>1.35</td> <td>1.35</td> <td>1.40</td> <td>1.45</td> <td>1.50</td> <td>1.55</td> </tr> <tr> <td>2.00</td> <td>1.50</td> <td>1.60</td> <td>1.60</td> <td>1.70</td> <td>1.80</td> <td>1.80</td> <td>1.90</td> <td>1.90</td> <td>1.90</td> </tr> <tr> <td>2.50</td> <td>1.80</td> <td>1.90</td> <td>2.00</td> <td>2.10</td> <td>2.20</td> <td>2.20</td> <td>2.20</td> <td>2.30</td> <td>2.30</td> </tr> <tr> <td>3.00</td> <td>2.20</td> <td>2.30</td> <td>2.40</td> <td>2.50</td> <td>2.50</td> <td>2.50</td> <td>2.60</td> <td>2.70</td> <td>2.70</td> </tr> <tr> <td>3.50</td> <td>2.50</td> <td>2.60</td> <td>2.70</td> <td>2.90</td> <td>2.90</td> <td>2.90</td> <td>3.00</td> <td>3.00</td> <td>3.00</td> </tr> <tr> <td>4.00</td> <td>2.90</td> <td>3.00</td> <td>3.10</td> <td>3.20</td> <td>3.20</td> <td>3.30</td> <td>3.30</td> <td>3.40</td> <td>3.40</td> </tr> <tr> <td>4.50</td> <td>3.30</td> <td>3.40</td> <td>3.50</td> <td>3.50</td> <td>3.60</td> <td>3.60</td> <td>3.70</td> <td>3.70</td> <td>3.80</td> </tr> <tr> <td>5.00</td> <td>3.60</td> <td>3.70</td> <td>3.80</td> <td>3.90</td> <td>3.90</td> <td>4.00</td> <td>4.00</td> <td>4.10</td> <td>4.10</td> </tr> <tr> <td>5.50</td> <td>4.00</td> <td>4.10</td> <td>4.20</td> <td>4.30</td> <td>4.30</td> <td>4.40</td> <td>4.40</td> <td>4.50</td> <td>4.50</td> </tr> <tr> <td>6.00</td> <td>4.10</td> <td>4.40</td> <td>4.50</td> <td>4.60</td> <td>4.70</td> <td>4.70</td> <td>4.80</td> <td>4.80</td> <td>4.90</td> </tr> </tbody> </table>										ALTURA EFECTIVA	ANCHO DE BASE									0.50	0.40	0.45	0.50	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.90	1.00	0.70	0.80	0.90	0.95	1.00	1.00	1.10	1.15	1.20	1.50	1.10	1.15	1.25	1.35	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55	2.00	1.50	1.60	1.60	1.70	1.80	1.80	1.90	1.90	1.90	2.50	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20	2.20	2.20	2.30	2.30	3.00	2.20	2.30	2.40	2.50	2.50	2.50	2.60	2.70	2.70	3.50	2.50	2.60	2.70	2.90	2.90	2.90	3.00	3.00	3.00	4.00	2.90	3.00	3.10	3.20	3.20	3.30	3.30	3.40	3.40	4.50	3.30	3.40	3.50	3.50	3.60	3.60	3.70	3.70	3.80	5.00	3.60	3.70	3.80	3.90	3.90	4.00	4.00	4.10	4.10	5.50	4.00	4.10	4.20	4.30	4.30	4.40	4.40	4.50	4.50	6.00	4.10	4.40	4.50	4.60	4.70	4.70	4.80	4.80	4.90
ALTURA EFECTIVA	ANCHO DE BASE																																																																																																																																										
0.50	0.40	0.45	0.50	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.90																																																																																																																																		
1.00	0.70	0.80	0.90	0.95	1.00	1.00	1.10	1.15	1.20																																																																																																																																		
1.50	1.10	1.15	1.25	1.35	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55																																																																																																																																		
2.00	1.50	1.60	1.60	1.70	1.80	1.80	1.90	1.90	1.90																																																																																																																																		
2.50	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20	2.20	2.20	2.30	2.30																																																																																																																																		
3.00	2.20	2.30	2.40	2.50	2.50	2.50	2.60	2.70	2.70																																																																																																																																		
3.50	2.50	2.60	2.70	2.90	2.90	2.90	3.00	3.00	3.00																																																																																																																																		
4.00	2.90	3.00	3.10	3.20	3.20	3.30	3.30	3.40	3.40																																																																																																																																		
4.50	3.30	3.40	3.50	3.50	3.60	3.60	3.70	3.70	3.80																																																																																																																																		
5.00	3.60	3.70	3.80	3.90	3.90	4.00	4.00	4.10	4.10																																																																																																																																		
5.50	4.00	4.10	4.20	4.30	4.30	4.40	4.40	4.50	4.50																																																																																																																																		
6.00	4.10	4.40	4.50	4.60	4.70	4.70	4.80	4.80	4.90																																																																																																																																		



#### 4.2.1. PRESAS FILTRANTES DE PIEDRA ACOMODADA

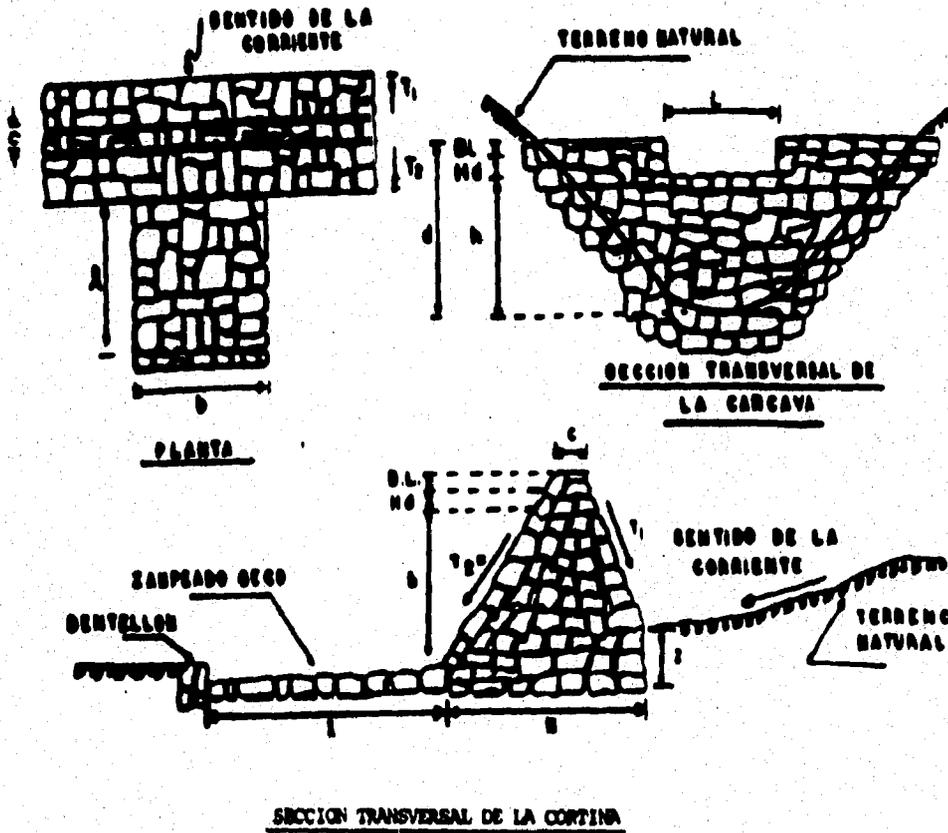
El principal objetivo que se persigue con este tipo de obra es disminuir la velocidad del agua de escurrimiento para reducir al máximo el poder erosivo y evitar de igual manera el crecimiento en profundidad y anchura de las cárcavas. Retienen aguas arriba de la estructura el suelo que es conducido por los escurrimientos, evitando de esta manera que ocasionen en las partes bajas problemas de azolvamiento de la infraestructura. Figura 4 y 5

Estas estructuras generalmente se construyen en cárcavas que tengan dimensiones menores a los 3.0 m de profundidad y amplitud y sean de carácter tributario a las corrientes principales. Al igual que en las presas de mampostería, el sitio de construcción deberá tener un tramo recto aguas arriba del sitio de construcción. Figura 6.

Las presas de piedra acomodada consiste en una estructura filtrante de piedra brasa limpia sin mortero colocada una sobre otra bien cuatrapeada en forma de muro de retención con parámetro frontal inclinada a  $60^\circ$  y vertedor rectangular de cresta gruesa.

Este tipo de presas se construyen con el material del lugar y la piedra suministrada para la obra deberá ser de buena calidad, homogénea, fuerte, durable y resistente a la acción de los agentes atmosféricos las dimensiones de las piedras no deberá ser de un diámetro menor de 25 cm excepto las piedras que se empleen para acuniar. Se procurara que el volumen de vacíos sea el mínimo posible para lo cual cada piedra deberá cubrir el hueco formado por las contiguas llenandose los vacíos que inevitablemente resulten con piedras de menor dimensión. A fin de evitar filtraciones excesivas en el cuerpo de la misma estructura.

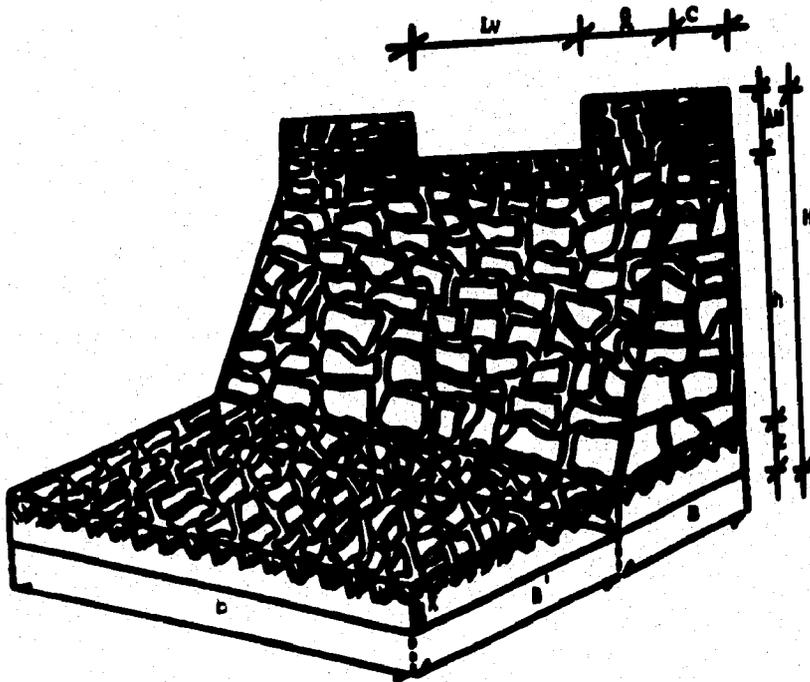
Figura 4. Vista de la sección transversal de la cortina en presas de piedra acomodada.



**SIMBOLOGIA:**

- |  |          |
|--|----------|
| c = Ancho corona                       | _____ M. |
| h = Altura efectiva de la presa        | _____ M. |
| HD = Carga de diseño sobre el vertedor | _____ M. |
| L = Longitud del vertedor              | _____ M. |
| H = Altura total de la presa           | _____ M. |
| a = Longitud sapeado seco              | _____ M. |
| b = Base de la presa                   | _____ M. |
| BL = Bordo libre                       | _____ M. |
| T <sub>1</sub> = Talud aguas arriba    | _____ M. |
| T <sub>2</sub> = Talud aguas abajo     | _____ M. |
| b = Ancho sapeado seco                 | _____ M. |
| z = Espotramiento                      | _____ M. |

Figura 5. Partes que constituyen una presa de piedra acomodada

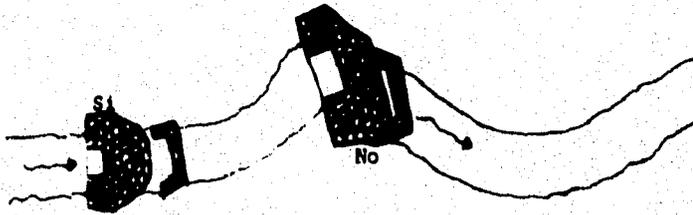


### SIMBOLOGIA

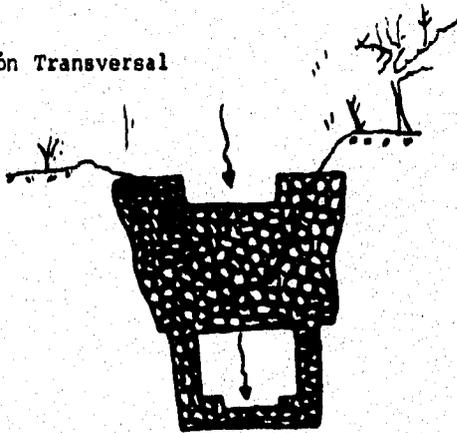
C = Corona de la presa	=	—————	M.
R = Longitud muro lateral	=	—————	M.
Lv = Longitud del vertedor	=	—————	M.
H = Altura total de la presa	=	—————	M.
ΔH = Altura total del vertedor	=	—————	M.
h = Altura efectiva de la presa	=	—————	M.
Z = Espotramiento	=	—————	M.
B = Base de la presa	=	—————	M.
L = Longitud o largo de la presa	=	—————	M.
X = Altura del colchón amortiguador	=	—————	M.
B' = Base del colchón amortiguador	=	—————	M.
b = Ancho del colchón amortiguador	=	—————	M.
	=	—————	M.

Figura 6. Sitio de ubicación de presas de piedra acomodada y mampostería.

Vista de Planta



Vista Sección Transversal



#### 4.2.2. PRESAS DE MAMPOSTERIA

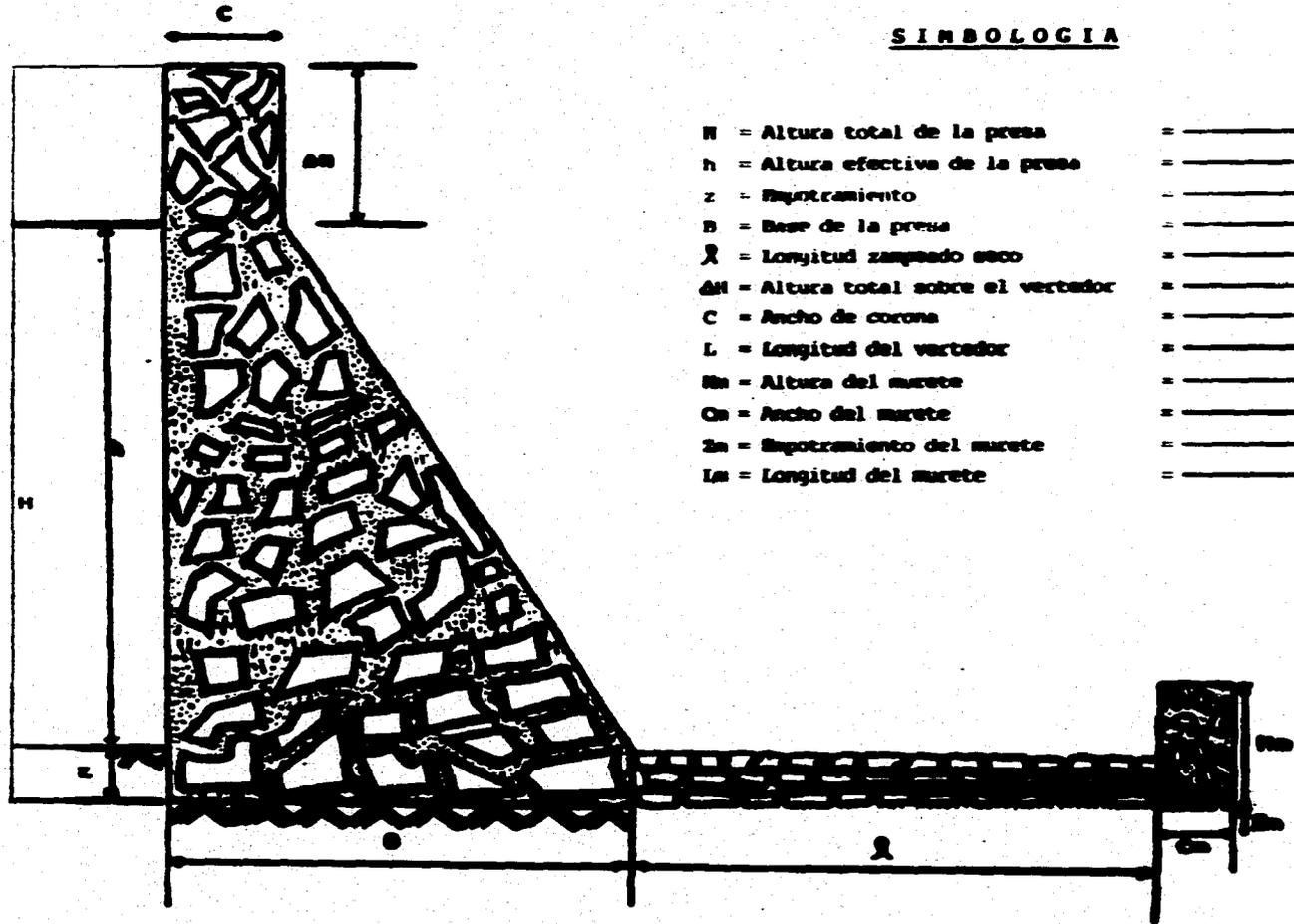
Esta obra tendrá como objetivo reducir la velocidad de las corrientes superficiales que escurren por los cauces de las cárcavas e impiden la erosión que puedan causar en el lecho o fondo de la misma y evitar en esta forma el crecimiento en profundidad y anchura de las cárcavas. Retienen en las partes superiores los escurrimientos, evitando de esta manera que sean conducidos tanto suelo como agua hacia las partes bajas y ocasionen problemas de azolvamiento de la infraestructura urbana e hidráulica. Figura 7 y 8.

Estas estructuras generalmente se construyen en cárcavas que tengan dimensiones mayores a los 3.0 m de profundidad y amplitud y pueden ubicarse en el cauce principal o tributario procurando trazarlas en los puntos donde se logre una mayor retención de sedimentos y agua. El sitio seleccionado deberá tener un tramo recto aguas arriba del sitio de construcción a fin de lograr que las aguas de escurrimiento se conduzcan perpendicularmente hasta impactarse sobre el muro, debe evitarse ubicar obras en entradas y salidas de desviaciones o en lugares curvos para que el agua no forme socavaciones. Figura 6.

Las presas de mampostería consiste en una estructura impermeable de piedra brasa limpia asentada con mortero cemento-arena en proporción 1:5, en forma de muro de retención con parámetro frontal inclinado a 60° aproximadamente y vertedor rectangular de cresta gruesa.

De acuerdo al Manual de Conservación del Suelo y del Agua, editado por el Colegio de Postgraduados 1991, para la construcción de presas de mampostería es conveniente utilizar piedras lo más uniformes posibles de tal manera que al unir las o juntar las con mortero sea mínimo y permita un mayor avance de obra.

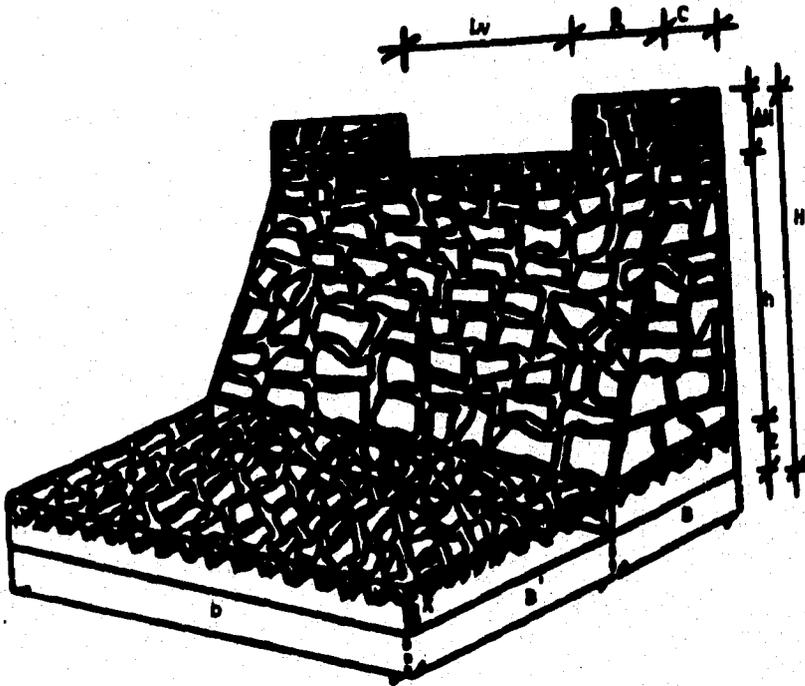
Figura 7. Vista de perfil de una presa de mampostería



**SIMBOLOGIA**

- |                                     |   |       |    |
|-------------------------------------|---|-------|----|
| H = Altura total de la presa        | = | _____ | H. |
| h = Altura efectiva de la presa     | = | _____ | H. |
| z = Empotramiento                   | = | _____ | H. |
| B = Base de la presa                | = | _____ | H. |
| L = Longitud zanjado seco           | = | _____ | H. |
| Hm = Altura total sobre el vertedor | = | _____ | H. |
| C = Ancho de corona                 | = | _____ | H. |
| L = Longitud del vertedor           | = | _____ | H. |
| Hm = Altura del murete              | = | _____ | H. |
| Cm = Ancho del murete               | = | _____ | H. |
| Zm = Empotramiento del murete       | = | _____ | H. |
| Lm = Longitud del murete            | = | _____ | H. |

Figura 8. Partes que constituyen una presa de mampostería



### SIMBOLOGIA

C = Corona de la presa	=	—————	M.
R = Longitud muro lateral	=	—————	M.
Lw = Longitud del vertedor	=	—————	M.
H = Altura total de la presa	=	—————	M.
ΔH = Altura total del vertedor	=	—————	M.
h = Altura efectiva de la presa	=	—————	M.
Z = Empotramiento	=	—————	M.
B = Base de la presa	=	—————	M.
L = Longitud o largo de la presa	=	—————	M.
X = Altura del colchón amortiguador	=	—————	M.
B' = Base del colchón amortiguador	=	—————	M.
b = Ancho del colchón amortiguador	=	—————	M.
	=	—————	M.

#### 4.2.3 DISEÑO DE LA PRESA

El diseño del muro de control de azolves constituye su dimensionamiento en función de las características de su cuenca y del suelo. Para el diseño de la presa básicamente se consideran los siguientes puntos :

##### 4.2.3.1. DETERMINACION DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA CÁRCAVA

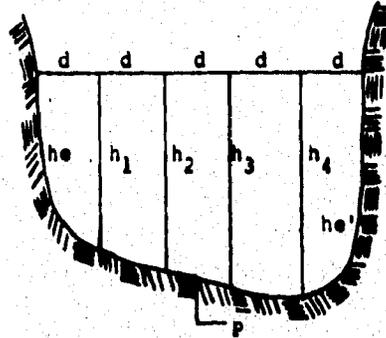
La sección transversal de la cárcava es el punto donde se desea llevar a cabo la construcción. Se inicia con un cadenamiento en las partes más bajas de la cárcava tomando un punto de partida de terminado como origen del cadenamiento midiendo la distancia donde se ubicara la primera presa, procediendo a tomar medidas para calcular el área de la sección. Después de ubicada se parará sobre el punto conocido de la sección y se localizará la siguiente presa bajo la modalidad cabeza pie, midiendo la distancia que existe entre la primera y segunda presa. Se procede a buscar los siguientes puntos de ubicación y así sucesivamente hasta obtener cada sección del cauce de la cárcava.

a) Cálculo del área hidráulica de la sección transversal en forma de "U", cuando los taludes son verticales. Figura 9.

Se mide la longitud que existe entre las huellas máximas, se divide esta longitud en partes iguales (d) haciendo una mayor división entre más irregular sea el fondo de la cárcava el ancho de las partes (d) puede variar de 0.5 a 2.0 m estando en función con el ancho de la cárcava. Se mide la altura (h) que existe entre el fondo de la cárcava con las diferentes distancias parciales que unen las huellas máximas.

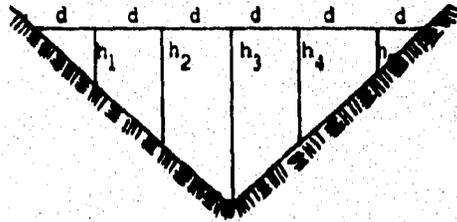
Por lo anterior el área de la sección está en función de la ecuación ( 5 ) siguiente :

Figura 9. Sección transversal de una cárcava con taludes verticales en forma de "U".



$h_e$  y  $h_{e'}$  — Alturas extremas medidas sobre el talud de la cárcava  
 $h_1, h_2, h_3$  y  $h_4$  — Alturas intermedias  
 $P$  — Perímetro

Figura 10. Sección transversal de una cárcava con taludes en declive en forma de "V".



$\Sigma h_1$  — Suma de las alturas intermedias  
 $d$  — Ancho de cada porción

$$A = d \left( \frac{h_e}{2} + \Sigma h_1 + \frac{h_e'}{2} \right)$$

Donde :

A = Area de la sección en m<sup>2</sup>

d = Ancho de cada porción en m

h<sub>e</sub> y h<sub>e'</sub> = Alturas extremas en m

Σ h<sub>1</sub> = Suma de las alturas intermedias en m

b) Cálculo del área hidráulica de la sección transversal en forma de "V", cuando los taludes son en declive, Figura 10.

En la sección transversal en forma de V, no existen mediciones sobre sus taludes ( h<sub>e</sub> y h<sub>e'</sub> ) por la forma que presenta la cárcava, considerando las alturas como intermedias. Se determina el área en función de la ecuación (6).

$$A = d ( \Sigma h_1 )$$

Donde :

A = Area de la sección en m<sup>2</sup>

d = Ancho de cada porción en m

Σ h<sub>1</sub> = Suma de las alturas intermedias en m

#### 4.2.3.2. ESPACIAMIENTO ENTRE PRESAS

El espaciamiento entre presas esta en función de la pendiente de la cárcava, pendiente de los sedimentos y del tratamiento que se persigue en el control de la cárcava para este caso el objetivo de control es la retención de mayor cantidad de sedimentos con ello se produce el azolvamiento y escalonamiento del cauce de la torrentera, que en esta forma se estabiliza y sin peligro de continuar profundizandose.

De acuerdo con el Manual de Conservación del Suelo y del Agua editado por el Colegio de Postgraduados en 1991. Indica que el espaciamiento más eficiente se obtiene cuando una presa de control se construye en la parte donde terminan los sedimentos depositados

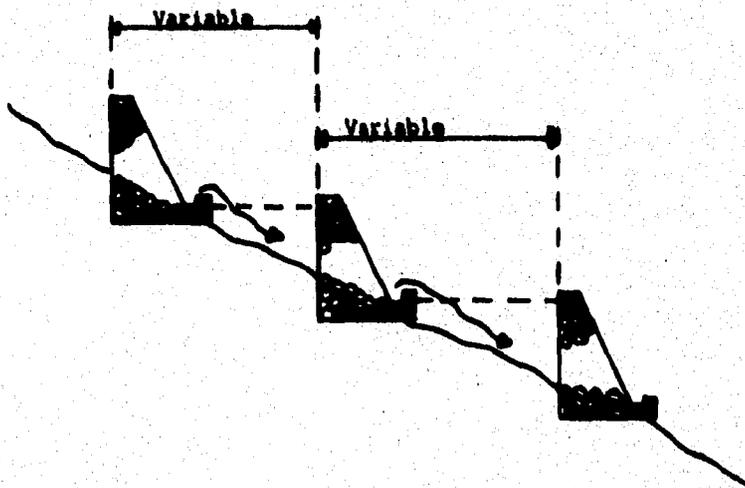
por la presa anterior que se encuentra aguas abajo.

En función de lo anterior el criterio de espaciamiento entre cada estructura, se determina al ubicarlas de la siguiente forma :

**Espaciamiento unitario ( cabeza pie)**

Esta modalidad considera que la cota de la base de la presa, coincide con la cota del vertedor de la presa anterior aguas abajo, Figura 11.

Figura 11. Ubicación de presas cabeza-pie.



En el espaciamiento unitario los sedimentos retenidos aguas arriba de las presas presentan una superficie inclinada la cual varía con el tamaño de los materiales transportados, del escurrimiento máximo y a la pendiente inicial de la cárcava.

En función de lo anterior el espaciamiento unitario entre presas se determina con la ecuación (7) siguiente :

$$E = \frac{H}{P_c - P_s} 100$$

Donde :

E = Espaciamiento entre dos presas consecutivas en m

H = Altura efectiva de la presa en m

P<sub>c</sub> = Pendiente de la cárcava en ‰

P<sub>s</sub> = Pendiente del sedimento varía de 0.5 a 20

La pendiente de la cárcava (P<sub>c</sub>), es determina con clisímetro utilizando la relación :

$$P_c = \frac{DN}{L} 100$$

Donde :

P<sub>c</sub> = Pendiente de la cárcava en ‰

DN = Desnivel entre dos puntos considerados en m.

L = Longitud horizontal entre dos puntos en m.

La pendiente de los sedimentos ( P<sub>s</sub> ). Su valor se determina en función de la clase de sedimentos, la inclinación de éstas es del 20 para las arenas gruesas, mezcladas con grava, 10 para sedimentos de textura media franca y 0.50 para sedimentos de textura limosos o arcillosos.

En la práctica algunas veces el espaciamiento calculado, no representa un lugar apropiado para la construcción de las presas, siendo necesario cambiar la separación encontrándose sitios más adecuados para su construcción.

#### 4.2.3.3. ALTURA EFECTIVA DE LA PRESA

La altura de las presas de piedra acomodada y mampostería se determina en función de la ecuación (8) , al despejar el valor de H.

$$H = \frac{E (P_c - P_s)}{100}$$

Donde :

- H = Altura efectiva de la presa en m.
- E = Espaciamiento entre presas en m.
- P<sub>c</sub> = Pendiente de la cárcava en ‰
- P<sub>s</sub> = Pendiente del sedimento en ‰

#### 4.2.3.4. EMPOTRAMIENTO DE LA PRESA

Considerar los empotramientos máximos permisibles en el fondo y en los taludes de la cárcava, a fin de evitar posibles filtraciones que debiliten la seguridad de la obra.

El empotramiento en el fondo de la cárcava, tiene la finalidad que aumenta considerablemente la estabilidad de la presa, sobre todo en aquellos casos donde los escurrimientos máximos que conducen la cárcava son de gran magnitud. Para el empotramiento en el fondo se hace una excavación de dimensiones variables de 0.00 a 2.00 m. de profundidad, estando en función del tipo de material donde se desplanta la estructura y a la altura efectiva de la presa.

El empotramiento en los taludes tiene como fin evitar que la estructura sea flanqueada por los escurrimientos y origine socavaciones que pueden producir brechas en los taludes de la cárcava, circunstancia que vuelve ineficaz a la estructura. En casos frecuentes se tendrá que empotrar hasta 2.00 m por ambos márgenes de la cárcava, estando en función a la textura y condiciones del suelo.

#### 4.2.3.5. CAUDAL MÁXIMO DE DISEÑO

Se estimará el escurrimiento máximo utilizando el método simplificado de las huellas máximas observadas en los márgenes de las cárcavas de acuerdo con el Manual de Conservación del Suelo y del Agua, editado por el Colegio de Postgraduados 1991. Este método determina el máximo escurrimiento que se genera en el área de

estructura vertedora.

El método utiliza la ecuación (9) siguiente :

$$Q = AV$$

Donde :

Q = Gasto máximo en m<sup>3</sup>/seg.

A = Área hidráulica de la sección en m<sup>2</sup>

V = Velocidad del escurrimiento en m/seg.

El área hidráulica de la sección se determinara en función de las huellas máximas, sección transversal en forma de "U" o "V" y ancho de la cárcava.

La velocidad del escurrimiento se estima en función de la ecuación (10) de Manning :

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

Donde :

V = Velocidad en m/seg.

r = Radio hidráulico de la sección en m, Así  $r = \frac{A}{p}$

S = Pendiente de la cárcava en m/m

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

A = Área hidráulica en m<sup>2</sup>

p = Perímetro mojado en m.

El coeficiente de rugosidad esta en función de las condiciones de las paredes y piso de la cárcava, el valor se obtiene en el cuadro 12.

El perímetro mojado, se mide siguiendo el contorno de la cárcava sin incluir el espejo del agua.

Cuadro 12. Valores del coeficiente de rugosidad (n) propuestos por Horton

SUPERFICIE	Condiciones de las paredes			
	Perfectas	Buenas	Medianamente buenas	Malas
(1) Limpios, bordos rectos, llenos, sin hendiduras ni charcos profundos	.025	.0275	.030	.033
(2) Igual al (1) pero con algo de hierba y piedra	.030	.033	.035	.040
(3) Sinuoso, algunos charcos y escollos limpios	.033	.035	.040	.045
(4) Igual al (3), de poco tirante, con pendiente y sección menos eficiente	.040	.045	.050	.055
(5) Igual al (3), algo de hierba y piedras	.035	.040	.045	.050
(6) Igual al (4), secciones pedregosas	.045	.050	.055	.060
(7) Ríos perezosos cauca enhierbado o con charcos profundos	.050	.060	.070	.080
(8) Playas muy enhierbadas	.075	.100	.125	.150

Fuente: Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Colegio de Postgraduados, 1991.

#### 4.2.3.6. DISEÑO DEL VERTEDEDOR

El diseño del vertedor de demasías es con el fin de satisfacer la capacidad de descarga del escurrimiento máximo. En función del gasto máximo se proponen las dimensiones del vertedor. Los vertedores de las presas de control de azolves generalmente se utilizan del tipo rectangulares de cresta gruesa y su descarga se estima en función de la ecuación ( 11 ) siguiente, la Figura 12 presenta el diseño de un vertedor rectangular para presas de piedra acomodada y mampostería.

$$Q = C L H^{3/2}$$

Donde :

- Q = Gasto máximo en m<sup>3</sup>/seg.
- C = Coeficiente del vertedor, adimensional 1.45
- L = Longitud del vertedor en m.
- H = Carga sobre el vertedor en m.

Como el valor del gasto máximo es conocido, dado que se estimó por el método de las huellas máximas, se pueden proponer valores para (L) y (H) para obtener las dimensiones del vertedor.

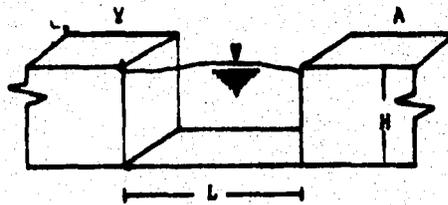
La ecuación (12), calcula el valor de la carga sobre el vertedor (H) propuesto un valor de (L).

$$H = \left[ \frac{Q}{CL} \right]^{2/3}$$

Donde :

- H = Carga sobre el vertedor en m
- Q = Gasto máximo en m<sup>3</sup>/seg.
- C = Coeficiente del vertedor 1.45
- L = Longitud del vertedor en m.

Figura 12. Dimensionamiento de un vertedor rectangular de cresta gruesa utilizado en el diseño de Presas de Piedra, Acomodada y Man posterioria.



- Y = Margen izquierda
- A = Margen derecha
- V = Nivel del agua
- L = longitud del vertedor en m.
- H = Carga sobre el vertedor en m.

#### 4.2.3.7. COLCHON AMORTIGUADOR

A fin de evitar el golpe de la caída del agua sobre el piso aguas abajo de la obra al momento de verterse las aguas, se construye el colchón con el objeto de proteger el lecho de la cárcava, evitando las socavaciones aguas abajo de la estructura y el deterioro de las paredes laterales por el salpicamiento del agua.

Como diseño del colchón amortiguador se entiende el encontrar su longitud (L) y profundidad (P) de tal modo que en su interior se produzca un salto hidráulico que disipe la energía que obtiene el agua al caer desde la cresta vertedora al piso de la cárcava y no en áreas desprotegidas donde causaría daños al cauce.

Los cálculos del colchón amortiguador considera las variables de altura efectiva de la presa (h) y gasto unitario (q) que es el gasto que pasa por una longitud de un metro del vertedor.

Las dimensiones de diseño del colchón amortiguador se obtuvieron a través de un microprocesador debido a la dificultad que tiene al calcular un solo colchón, resaltando al final que el salto no es estable. Con la ayuda de este instrumento se han obtenido las siguientes tablas.

En la tabla 1. Se transformó cada gasto en la carga diseño del vertedor correspondiente (Hd).

La tabla 2. Presenta dimensiones de longitud, profundidad del colchón y los números de Froude (Fr) que considera un valor entre 4.5 y 9 ( $4.5 \leq Fr \leq 9$ ) de cada caso para seleccionar en lo posible dimensiones que permitan obtener un salto estable. Dimensiones que están en función de la altura efectiva de la presa y la carga diseño del vertedor.

El colchón incluye un pequeño reborde o cresta que se encuentra en el extremo inferior del colchón con altura de 10 a 15 cm con el

objeto de formar una especie de tina en la que el agua retenida establece un colchón hidráulico que tiene la función de amortiguar aún más el impacto de la caída del agua, reborde que se construye para el caso de presas de mampostería.

Tabla 1. Equivalencias entre carga diseño y gasto unitario.

Carga diseño Hd(m)	Gasto unitario q (m <sup>3</sup> /s)m
0.2	0.130
0.3	0.230
0.4	0.367
0.5	0.513
0.6	0.674
0.7	0.849
0.8	1.030
0.9	1.230
1.0	1.450

La Ecuación (13) para calcular el gasto unitario es la siguiente:

$$q = \frac{Q}{B}$$

Donde :

q = gasto unitario en (m<sup>3</sup>/s)m

Q = gasto total en el vertedor en (m<sup>3</sup>/s)

B = Longitud de la cresta vertedora en (m)

Tabla 2. Dimensiones de longitud y profundidad del colchón amortiguador.

Altura efectiva presa = 1.0 m.				Altura efectiva presa = 1.5 m.			Altura efectiva presa = 2.0 m.		
ND	L	P	Fr	L	P	Fr	L	P	Fr
0.20	1.60	0.20	9.1	1.80	0.30	12.1	1.90	0.30	11.8
0.30	2.10	0.30	7.1	2.40	0.30	20.1	2.60	0.40	11.1
0.40	2.50	0.30	5.9	2.90	0.40	7.6	3.10	0.40	9.2
0.50	2.90	0.40	5.2	3.30	0.40	6.6	3.70	0.50	7.9
0.60	3.30	0.40	4.7	3.80	0.50	5.9	4.20	0.60	7.1
0.70	3.70	0.50	4.3	4.20	0.60	5.4	4.60	0.60	6.4
0.80	4.00	0.50	4.0	4.60	0.60	5.0	5.00	0.70	5.9
0.90	4.30	0.50	3.8	5.00	0.60	4.7	5.50	0.70	5.6
1.00	4.60	0.60	3.6	5.30	0.70	4.4	5.90	0.80	5.2

Altura efectiva presa = 2.5 m.				Altura efectiva presa = 3.0 m.			Altura efectiva presa = 3.5 m.		
ND	L	P	Fr	L	P	Fr	L	P	Fr
0.20	2.00	0.30	17.2	2.20	0.30	19.6	2.20	0.30	21.9
0.30	2.80	0.40	13.0	2.00	0.40	14.7	3.00	0.40	16.4
0.40	3.40	0.50	10.7	3.50	0.50	12.0	3.70	0.50	13.4
0.50	3.90	0.50	9.2	4.20	0.60	10.3	4.30	0.60	11.5
0.60	4.50	0.60	8.2	4.70	0.70	9.2	4.90	0.70	10.2
0.70	5.00	0.70	7.4	5.20	0.70	8.3	5.50	0.80	9.2
0.80	5.40	0.70	6.8	5.70	0.80	7.6	6.00	0.80	8.4
0.90	5.90	0.80	6.3	6.20	0.80	7.1	6.50	0.90	7.8
1.00	6.30	0.80	5.9	6.70	0.90	6.6	7.00	1.00	7.1

Altura efectiva presa = 4.0 m.				Altura efectiva presa = 4.5 m.			Altura efectiva presa = 5.00 m.		
ND	L	P	Fr	L	P	Fr	L	P	Fr
0.20	2.30	0.40	24.1	2.40	0.40	26.2	2.50	0.40	29.3
0.30	3.10	0.50	13.0	3.20	0.50	19.6	3.30	0.50	21.1
0.40	3.80	0.60	14.7	4.00	0.60	16.0	4.10	0.60	17.2
0.50	4.50	0.70	12.6	4.70	0.70	13.7	4.80	0.70	14.7
0.60	5.10	0.70	11.1	5.30	0.80	12.1	5.50	0.80	13.0
0.70	5.70	0.80	10.0	5.90	0.80	10.9	6.10	0.90	11.7
0.80	6.30	0.90	9.2	6.50	0.90	10.0	6.70	1.00	10.7
0.90	6.80	0.90	8.5	7.10	1.00	9.2	7.30	1.00	9.8
1.00	7.30	1.00	7.9	7.80	1.10	8.6	7.80	1.10	9.2

...

Altura efectiva presa = 5.5 m.				Altura efectiva presa = 6.0 m.		
Hd	L	P	Fr	L	P	Fr
0.20	2.60	0.40	30.3	2.60	0.40	32.3
0.30	3.40	0.50	22.6	3.50	0.50	24.1
0.40	4.20	0.60	18.4	4.30	0.70	19.6
0.50	5.00	0.70	15.8	5.10	0.80	16.7
0.60	5.60	0.80	13.9	5.80	0.90	14.7
0.70	6.30	0.90	12.5	6.50	0.90	13.2
0.80	6.90	1.00	11.4	7.10	1.00	12.1
0.90	7.50	1.10	10.5	7.70	1.10	11.2
1.00	8.10	1.10	9.8	8.30	1.20	10.4

#### Dimensionado del dentellón

Altura	Ancho
0.20	0.30
0.30	0.30
0.40	0.30
0.50	0.30
0.60	0.30
0.70	0.40
0.80	0.50
0.90	0.60
1.00	0.70
1.10	0.75
1.20	0.85

Nota: Todas las expresiones estan indicadas en metros.

## 5.0 MATERIALES Y METODOS

### 5.1. MATERIALES DE CAMPO.

Los materiales utilizados en la realización del proyecto son los siguientes:

Cartas topográficas de la Delegación Tlalpan escala 1:10 000

Clisímetro

Manguera de nivel

Nivel de burbuja

Cinta métrica

Estadal

Hilos de albañilería

Herramientas menores: pala cuadrada, pico, marro, maceta, cucharas de albañilería y machete

Materiales: cemento, arena y piedra

Recursos humanos: mano de obra

### 5.2. METODOS.

El Manejo Integral de la Subcuenca se desarrolló en lugares específicos que presentan efectos de erosión, teniendo por objeto ubicar y delimitar áreas mediante recorridos en campo y de acuerdo a las condiciones observadas en la zona de estudio se determinaron los tipos de obras a realizar.

Por las características presentadas en la zona Ocopixco - Caldera se efectuaron los siguientes tipos de obras: Apertura de Tinas Ciegas, Presas Filtrantes de Piedra Acomodada y Presas de Mampostería.

#### 5.2.1. EXCAVACIONES EN MATERIALES I Y II PARA LA APERTURA DE TINAS CIEGAS.

Se entienda por tinas ciegas a zanjas rectangulares con dimensiones de 0.50 m. de ancho, 2.00 m. de longitud y 0.50 m. de profundidad. Estas zanjas se construyeron en líneas siguiendo las curvas de nivel con un espaciamiento de 2.00 m. entre tina y tina y de 9 a 13 m. entre línea y línea estando en función de la pendiente utilizando un sistema de trazo a tres bolillo.

De acuerdo a la topografía existente se determinó una pendiente mayor al 15%, realizándose en áreas de pastizales y de poca vegetación forestal en las partes altas.

Las excavaciones se efectuaron a mano en materiales I y II.

**Materiales I.** Son aquellos fácilmente excavables con ayuda de pala de mano sin necesidad de emplear el zapapico. Se considera en esta clasificación a materiales como: Suelos agrícolas, arcilla blanda, tepetate blando, arenas y gravas sueltas o poco cementadas y cualquier otro tipo de material blando.

**Materiales II.** Son aquellos materiales de dureza y con textura tal que no pueden ser atacados solo con el empleo de pala de mano, pero sí lo son con la ayuda del zapapico. Se considera en esta clasificación a materiales como: Tepetates con dureza menor o igual a 5, caliches y conglomerados.

En la excavación se realizan las actividades siguientes:

- a) Afloje del material
- b) Remover el material
- c) Extraer el material removido
- d) Afinar la superficie excavada
- e) Retirar el material excavado

El material producto de la excavación deberá ser colocado aguas abajo de la tina ciega.

#### 5.2.2. SECCIONAMIENTO DEL CAUCE PRINCIPAL Y TRIBUTARIO PARA LA CONSTRUCCION DE PRESAS

Se determinó en campo el perfil del cauce principal y tributario así como las secciones de ubicación para la construcción de Presas Filtrantes de Piedra Acomodada y Presas de Mampostería.

Se efectuó un levantamiento topográfico del cauce, considerando los puntos siguientes:

1. Determinación de la sección transversal de la cárcava o punto donde se construyeron las presas.

2. Cálculo del área hidráulica de la sección. Considerando los parámetros siguientes:

- a) Se observa las huellas máximas de los escurrimientos del agua.
- b) Se midió la longitud de las huellas máximas.
- c) Se dividió la longitud en partes iguales (d), haciendo una mayor división entre más irregular sea el fondo de la cárcava. El ancho de las partes puede variar de 0.5 a 2.0 m. de acuerdo al ancho de la cárcava.
- d) Se tomaron diferentes medidas de altura (h) que existen entre los taludes y el fondo de la cárcava considerando las distancias parciales que unen las huellas máximas.
- e) Se midió el perímetro mojado de la cárcava siguiendo su contorno.

3. Se midió la distancia de bordo a bordo y la altura (h) que existe en el fondo de la cárcava.

4. Se considera la textura y las condiciones del suelo para el empotramiento de la presa.

5. Se considero el espaciamento unitario modalidad cabeza pie para la ubicación de las presas, procediendo de las partes bajas hacia las más altas de la cárcava.

#### Presas Filtrantes de Piedra Acomodada.

Se construyen en cárcavas que tengan dimensiones menores a los 3 m. de profundidad y amplitud y sean de carácter tributario a las corrientes principales.

Consiste en una estructura filtrante de piedra brasa limpia sin mortero colocada una sobre otra bien cuatrada, en forma de muro de retención con parámetro frontal inclinada a 60° aproximadamente y vertedor rectangular de cresta gruesa.

### Presas de Mampostería.

Se construyen en cárcavas que tengan dimensiones mayores a los 3 m. de profundidad y amplitud y pueden ubicarse estas estructuras en el cauce principal o tributario.

Consiste en una estructura impermeable de piedra brasa limpia asentada con mortero cemento - arena en proporción 1:5, en forma de muro de retención con parámetro frontal inclinado a 60° aproximadamente y vertedor rectangular de cresta gruesa.

#### 5.2.2.1. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION DE PRESAS

- a) Limpia y deshierbe del terreno ataque obligado a mano con herramienta y acarreo.
- b) Trazo y nivelación para desplante de la estructura con instrumentos de nivelación, medición y señalamientos.
- c) Excavación para formar el empotramiento en el fondo como en los taludes de la cárcava, consiste en la apertura de una cepa o zanja transversal a la cárcava ataque obligado a mano con herramienta, con una profundidad variable de acuerdo a la altura de la presa, sus dimensiones son de 0.00 a 2.00 m. de profundidad. Con la finalidad de dar mayor seguridad a la obra.

El empotramiento debe prolongarse hasta los taludes de la cárcava, en casos frecuentes se tendrá que empotrar hasta 2.00 m. por ambos márgenes de la cárcava, en función de las condiciones y textura del suelo.

- d) Construcción. La zanja se rellena con piedras de tamaño mediano para formar la cimentación de la estructura.

Se colocan las piedras sobre la cimentación una sobre otra hasta lograr la altura elegida. Se dispuso de piedras irregulares con

diámetro mayor a 25 cm. y piedras pequeñas para acuar los espacios más grandes y evitar filtraciones excesivas en el cuerpo de la estructura. La parte central transversal de la estructura deberá quedar más baja que los extremos de la misma para poder obtener la capacidad necesaria del vertedor y evitar que los escurrimientos erosiones los flancos de la estructura.

Para construir el colchón amortiguador, se escogen las piedras más grandes y planas con objeto de formar una especie de enlosado que va semincrustado en el fondo de la cárcava, a una profundidad y longitud variable estando en función de la altura efectiva de la presa y a la carga de diseño sobre el vertedor. Tabla 2. Se construye con el mismo material un reborde o cresta de 10 a 15 cm. de altura en el extremo inferior del colchón.

La construcción de las presas se utilizara la modalidad cabeza-pie en el inicio del cauce atacando cárcavas y torrenteras mediante el cabeceo de estas estructuras de Piedra Acomodada y Mampostería, se realizará en secciones considerables donde se requiera de estas estructuras. El dimensionamiento y la separación de las presas estará en función de la sección del cauce y la pendiente.

Es importante mencionar que este tipo de obras se construyan en cauces donde se observe la necesidad de controlar los escurrimientos y/o en cauces que ya han sido controlados y que aún presentan problemas de erosión. Por lo anterior se determina que cada cárcava es un caso particular y el orden de su control debe de empezarse por donde sea más urgente.

## 6.0 RESULTADOS

OBRA	META	CAPACIDAD DE CAPTACION	OBSERVACIONES
Tinas Ciegas	10 000 Tinas	0.5 m <sup>3</sup> /Tina	250 Tinas/Ha.
Presas Filtrantes de Piedra Acomodada.	400 m <sup>3</sup>	-	11 Presas, Dimensiones variables
Presas de Mampostería	600 m <sup>3</sup>	-	10 Presas, dimensiones variables

Las presas de piedra acomodada y mampostería se construyeron en forma intercalada en diferentes cauces, ubicadas en las faldas del cerro Ocopiaxco-Caldera.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## 7.0 ANALISIS DE RESULTADOS

Las tinas ciegas son estructuras que han sido construidas en las partes altas en áreas de pastizales con escasa vegetación forestal en proceso de erosión resultando la mejor opción en la protección del suelo.

El diseño de tinas ciegas son utilizadas en la conservación del agua que proviene de los escurrimientos superficiales y la retención de sedimentos que son arrastrados por los rios. Diseño que se determinó a través de la estimación del escurrimiento medio según el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos método que considera la precipitación, humedad antecedente y complejo hidrológico suelo-vegetación que con una serie de actividades relacionadas con el aumento o disminución del escurrimiento superficial.

Al considerar las características físicas de la zona de estudio se infirió sobre el comportamiento del escurrimiento, estimando una lámina de 12.43 mm, utilizando el criterio de captar el 50% de los escurrimientos.

El área tributaria de escurrimiento ocupa una superficie de 40.22 m<sup>2</sup> la cual esta en función del dimensionamiento de las tinas ciegas 0.5 m<sup>2</sup> y lámina de escurrimiento en metros 0.01243.

Se estima un espaciamiento de 10 m entre línea de tinas, al considerar área tributaria y distancia de 2 m entre tinas ubicadas en una misma dirección y distancia entre líneas de tinas.

La estimación del volumen de agua por infiltrar se determinó a través del método del escurrimiento medio, consultado en el Manual de Conservación del Suelo y del Agua editado por el Colegio de Post graduados, que considera la precipitación media anual 1125mm, área

de escurrimiento libre por hectárea  $9750 \text{ m}^3$  y coeficiente de escurrimiento 0.42 que esta en función de las características de la zona de estudio y uso del suelo. Asimismo considera el volumen que captan directamente las tinas ciegas en una área ocupada de  $250 \text{ m}^2$  por hectárea el total del volumen captado es de  $4888.12 \text{ m}^3$ , se consideraron pérdidas por evapotranspiración existiendo un cociente de 0.55. Por lo cual se estima un volumen por infiltrar de  $2,688.46 \text{ m}^3$  anuales en una hectárea de tinas ciegas.

Se determinó el volumen que recarga cada tina ciega de  $10.75 \text{ m}^3$  anuales.

Con la construcción de este tipo de obra en los límites de terrenos agrícolas resulta la mejor opción para la protección de los mismos, reduciendo la formación de canalillos por el efecto de la erosión laminar.

Con la construcción de presas filtrantes de piedra acomodada y manpostería se persigue el control de cárcavas en el punto donde se origina evitando su crecimiento en profundidad y anchura tanto en el cauce principal como en el tributario.

Estas estructuras estan diseñadas para hacer frente a los escurrimientos máximos, para su estimación se utilizó el Método simplificado de las huellas máximas descrito en el Manual de Conservación del Suelo y del Agua editado por el Colegio de Postgraduados que considera el área hidráulica y velocidad de flujo.

En este diseño se considera la descarga máxima y el dimensionamiento del muro, que tienen la finalidad de disipar la energía del flujo de manera que proteja tanto la estructura como el área que se encuentra aguas abajo.

## 8.0 CONCLUSIONES

De acuerdo a las características físicas y al grado de erosión que se presenta en la zona Ocopixco - Caldera, el estudio considera la construcción de obras como apertura de tinas ciegas, presas filtrantes de piedras acomodada y mampostería, se concluye lo siguiente:

La apertura de tinas ciegas se considera como la mejor medida preventiva para controlar los efectos erosivos que tienen lugar en la parte alta de la Subcuenca. Y es la actividad más importante de los sistemas de manejo que permite la infiltración del agua de lluvia al subsuelo y la recarga natural del manto freático.

Con la apertura de tinas ciegas se captará anualmente por tina  $10.75 \text{ m}^3$  de agua pluvial por su dimensionamiento tiene una capacidad de captación de  $0.5 \text{ m}^3$ .

Se estima un volumen captado de  $107\,500 \text{ m}^3/\text{año}$  de agua pluvial recargada al manto freático mediante la construcción de  $10\,000$  tinas ciegas que con este tipo de obra se capta aproximadamente el 50% de los escurrimientos medios en una superficie de 40 hectáreas.

Las presas filtrantes de piedra acomodada y de mampostería son estructuras que se utilizan como medida protectora en el control de cárcavas que son producidas por los efectos del escurrimiento superficial.

Con la construcción de presas se protegen los taludes y el fondo del cauce tratado evitando el crecimiento en anchura y profundidad de la cárcava, como complemento a estas obras deben de llevarse a cabo prácticas que favorezcan el desarrollo de vegetación permanente que retenga el suelo y se logre la estabilización.

El volumen retenido de azolves esta en función de la altura efecti

va de la presa, pendiente inicial del cauce, tipo de sedimento acarreado y frecuencia e intensidad de la precipitación media anual.

Las presas de mampostería cumple con la doble función de retención de azolves y almacenamiento de agua, ya que ésta escurre a través del vertedor y la capacidad de almacenamiento esta dada por la altura efectiva de la presa.

El utilizar estas medidas de control en la retención de azolves y permitir la infiltración evita que se transporten grandes cantidades de partículas sólidas a las partes bajas y propicie inundaciones y el azolvamiento en la red de drenaje de la ciudad.

## 9.0 BIBLIOGRAFIA

- 1.- Atkins, D. 1970. Ceuces con revestimiento de pastos en la conservación de suelo. Centro Regional de Ayuda Técnica. México.
- 2.- Bennett H, H. 1974. Elementos de conservación del suelo. Editorial Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- 3.- Blanco M, G. 1966. La Conservación del Suelo y el Agua en México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales. México.
- 4.- COCODER. 1989. Manejo Integral de la Subcuenca No. 6 "San Lucas" Xochimilco. México, D.F.
- 5.- COCODER. 1989. Estudio protección del "Plan Kochimilco" Zona Alta. México, D.F.
- 6.- COCODER. 1989. Estudio de suelos del Ejido de Parres Tlalpan. México, D.F.
- 7.- Colegio de Postgraduados. 1991. Manual de conservación del suelo y del agua. Chapingo, México.
- 8.- D.G.C.S.A. 1972. Conservación del suelo y del agua. Edición Dirección General de Conservación del Suelo y Agua. México.
- 9.- D.G.C.S.A. 1972. Resumen gráfico de control de la erosión de los suelos y de conservación del agua de las lluvias. Dirección General de Conservación del Suelo y Agua. México.
- 10.- FAO. 1984. Directrices para el control de la degradación de los suelos. FAO, ROMA.
- 11.- Flores H, R. 1978. Programa de recuperación y conservación de suelos degradados y control de esolves del lago de Pátzcuaro. Dirección General de Reforestación y Manejo de Suelos Forestales. México.

- 12.- Flores M, G. 1981. Uso, Manejo y Conservación de Tierras y Aguas en México. Subdirección de Agrología. México.
- 13.- Foster A, B. 1967. Métodos aprobados en conservación de suelos. Editorial Trillas. México.
- 14.- García, E. 1967. Apuntes de Climatología. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México, D.F.
- 15.- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Facultad de Ciencias. México, D.F.
- 16.- García L, H.C. 1987. Alternativas de conservación de suelo y agua en el Ejido "18 de Marzo", Municipio de Durango, Dgo. Chapingo. México.
- 17.- Hernández P, C.S. 1988. Manejo Integral de la Cuenca Oriente del Valle de México. Chapingo, México.
- 18.- Kirkby, M.J. 1984. Erosión del suelo. Editorial Limusa. México D.F.
- 19.- Montes de Oca, M. 1970. Topografía. Editora Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A. México, D.F.
- 20.- Ronquillo B, J.M. 1983. Caracterización de una cuenca principios hidrológicos-forestales y planeación de obras de control de azolves. Chapingo, México.
- 21.- S.A.R.H. 1985. Expediente técnico para la protección de los recursos suelo, agua y vegetación de la subcuenca hidrológica "Río San Buenaventura" Ajusco. México, D.F.
- 22.- S.A.R.H. C.P. 1993. Congreso Nacional sobre Manejo y Conservación del Suelo y Agua. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

23.- Torres R. E. 1981. Manual de conservación de suelos agrícolas.  
Editorial Diana. México, D.F.

24.- U.S. DEPARTAMENT OF THE INTERIOR. 1985. Diseño de presas pequ  
ñas. Editorial C.E.C.S.A. S.A.R.H. México.

**A N E X O A**  
**PLANO GENERAL DE LAS SUBCUENCAS**  
**EN EL D.F.**



**UBICACION DE SUBCUENCAS POR DELEGACION**

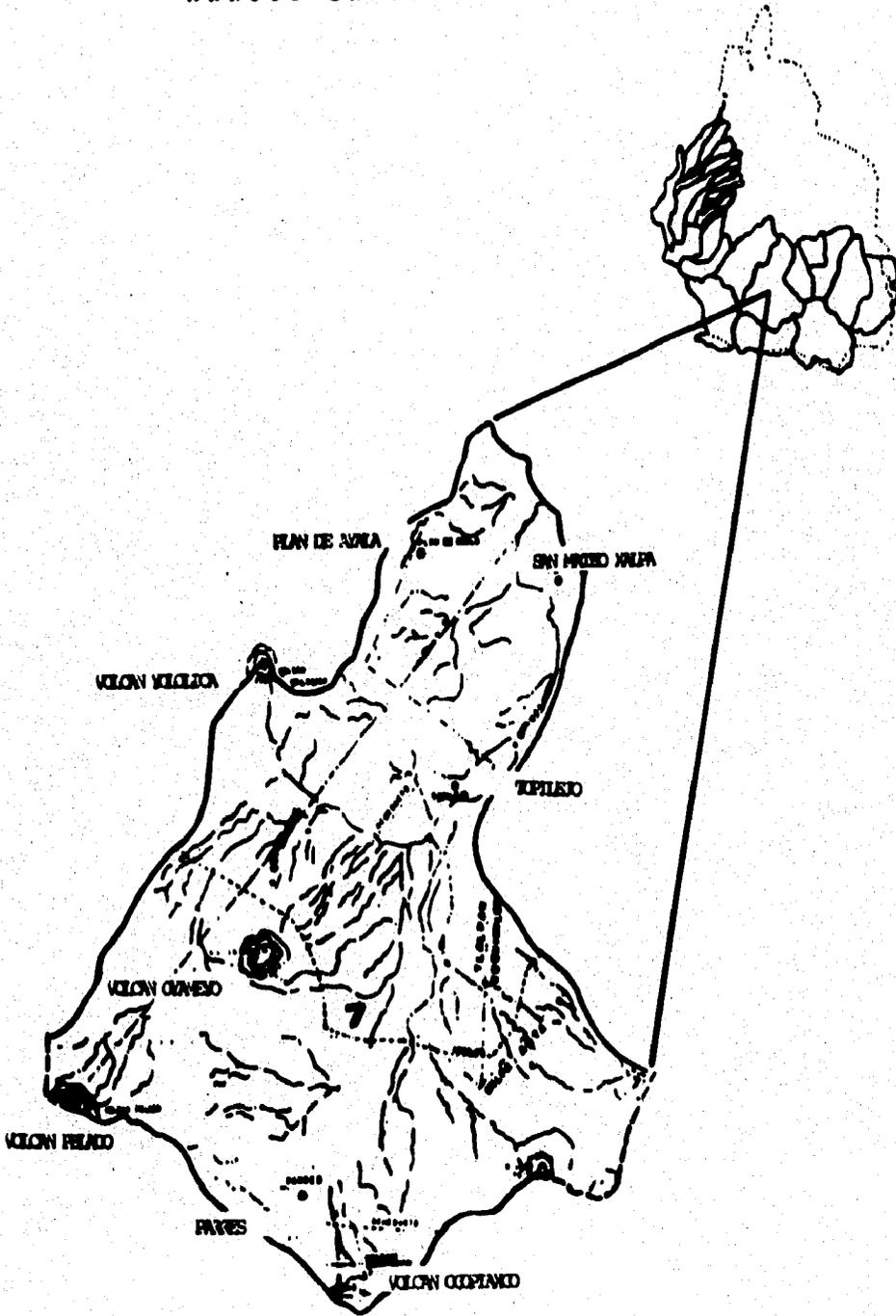
<b>NUMERO</b>	<b>SUBCUENCA</b>	<b>UBICACION POR DELEGACION</b>
1	CILCUAYO	DELEGACION MILPA ALTA
2	TLALOC	DELEGACION MILPA ALTA
3	MILPA ALTA	DELEGACION MILPA ALTA
4	RIO SAN GREGORIO	DELEGACIONES MILPA ALTA-NOCHIMILCO
5	NATIVITAS	DELEGACION NOCHIMILCO
6	RIO SAN LUCAS	DELEGACIONES NOCHIMILCO-MILPA ALTA
7	SANTIAGO - TOPILEJO	DELEGACIONES TLALPAM-NOCHIMILCO
8	COPIAMCO	DELEGACIONES TLALPAM-MILPA ALTA
9	ARROYO EL SORRILLO	DELEGACION TLALPAM
10	SAN SUBVENTURA	DELEGACION TLALPAM
11	REGADERAS - VIBORILLAS	DELEGACION TLALPAM
12	RIO EBLAVA	DELEGACION MAGDALENA CONTRERAS
13	RIO MAGDALENA	DELS. M. CONTRERAS-ALVARO OBREGON
14	ARROYO AGUA DE LEONES	DELEGACION CUAJIMALPA
15	ARROYO SANTO DESIERTO	DELEGACION CUAJIMALPA
16	ARROYO SAN MIGUEL IDI	DELEGACION ALVARO OBREGON
17	BARRANCO EL ROSAL	DELEGACION MAGDALENA CONTRERAS
18	PRESA EL COYOTE	DELEGACION MAGDALENA CONTRERAS
19	BARRANCA LA MALINCHE	DELS. ALVARO OBREGON-M. CONTRERAS
20	RIO TARANGO	DELEGACION ALVARO OBREGON
21	RIO BECERRA	DELEGACION ALVARO OBREGON
22	RIO TACUBAYA	DELEGACION ALVARO OBREGON
23	RIO BARRILADO	DELS. M. HIDALGO-A. OBREGON-CUAJI- MALPA
24	RIO SAN JOAQUIN	DELS. MIGUEL HIDALGO-ESTADO DE ME- XICO
25	ARROYO PEÑA GORDA	DELEGACION GUSTAVO A. MADRIO

**A N E X O B**

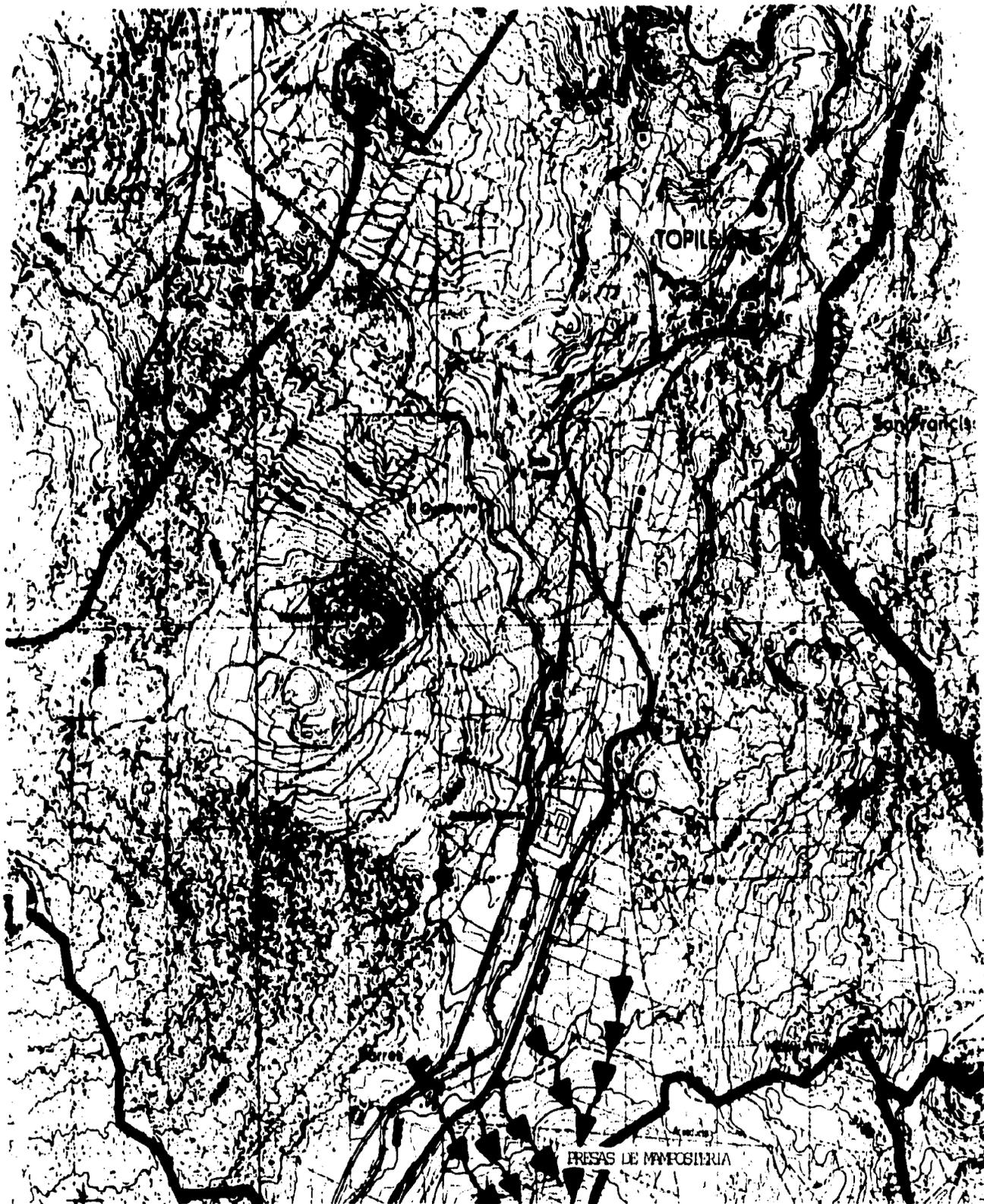
**PLANO DE LA SUBCUENCA HIDROLOGICA NO. 7**

**" ARROYO SANTIAGO - TOPILEJO "**

SUBCUENCA HIDROLOGICA NO. 7  
"ARROYO SANTIAGO - TOPILEJO"



**A N E X O C**  
**PLANO DE UBICACION DE LAS OBRAS**  
**DE CONSERVACION DEL SUELO Y AGUA EN EL**  
**"OCOPIAKCO - CALDERA"**





PLANO DE UBICACION DE LAS OBRAS  
DE CONSERVACION DEL SUELO Y AGUA EN EL  
"OCOPIAXCO - CALDERA"

- TINAS CIEGAS
- PRESAS DE PIEDRA ACOMODADA
- PRESAS DE MAMPOSTERIA



**A N E X O D**  
**MATERIAL FOTOGRAFICO**



Foto 1. Vista general del sitio de ubicación de las tinas ciegas en áreas de pastizales en la zona de estudio Oco-piayco - Caldera.



Foto 2. Muestra trabajos de trazo, excavaciones y apertura de tinas ciegas con dimensiones de 2.0 x 0.50 x 0.50 m.

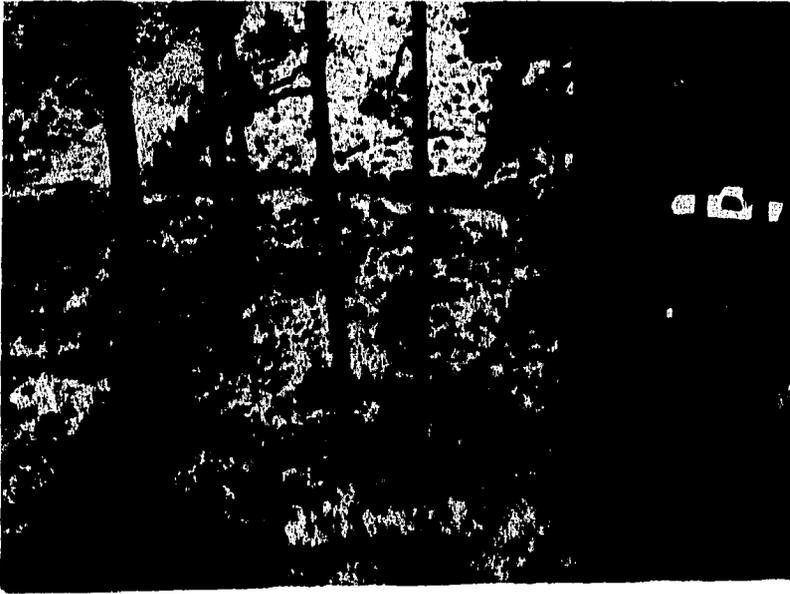
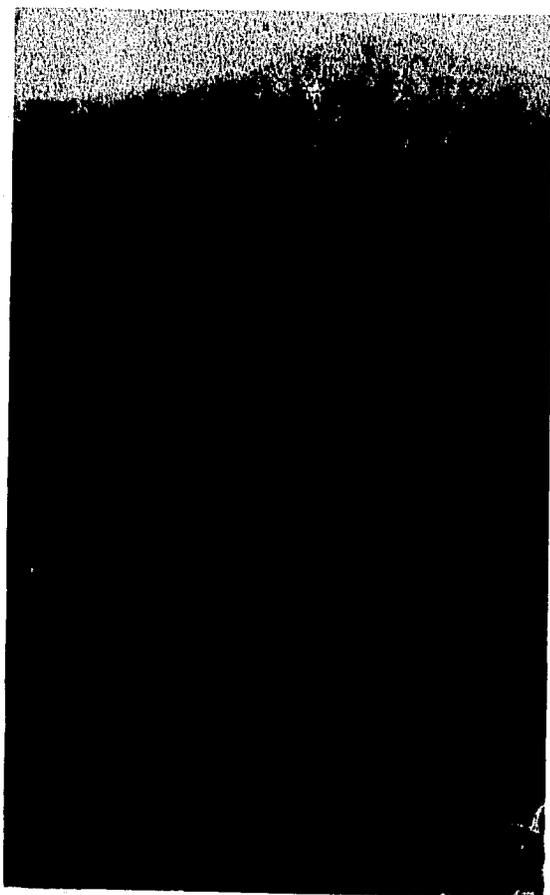


Foto 3 y 4. Muestran la formación y el acabado de las tinas ciegas que se realizaron en la zona de trabajo.





**Foto 5. Muestra el inicio de formación de una cárcava donde se observan pequeñas depresiones naturales.**



Foto 6 y 7. La zona se encuentra afectada por la erosión causada por el agua de escorrentía, observándose cárcavas de profundidades pequeñas y medianas.

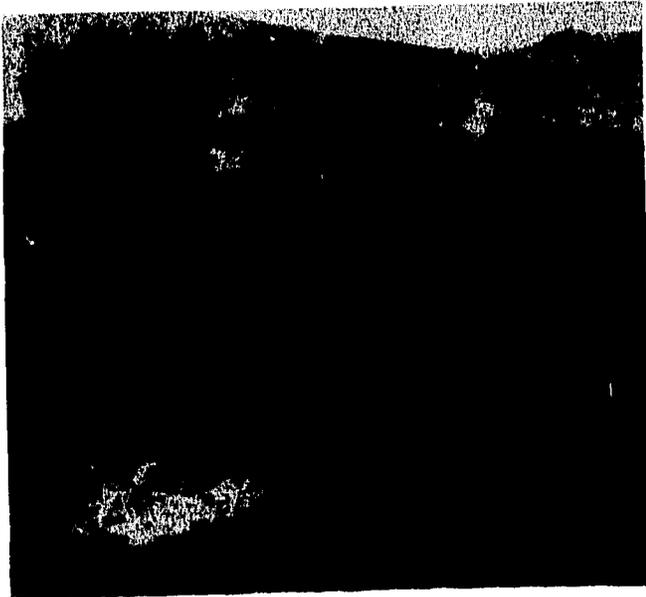




Foto 8. Muestra trabajos de trazo y nivelación para la construcción de presas de control de azules en la zona de trabajo Ocopiaco-Caldera.



Foto 9. Muestra trabajos de excavaciones para el empotramiento de las presas de Piedra Acomoda y Mampostería.

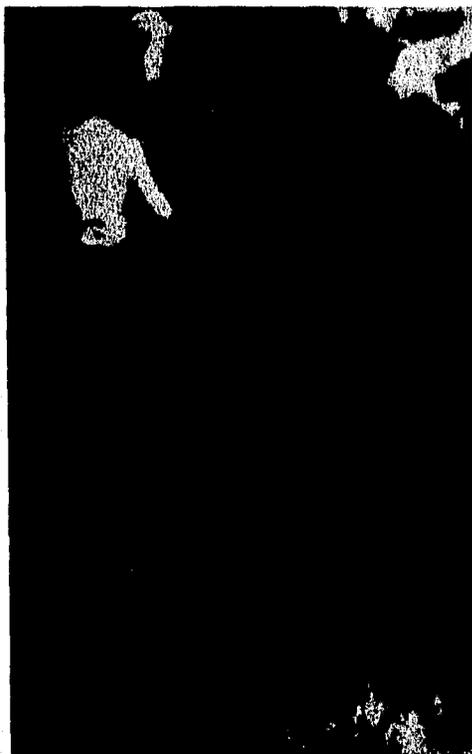


Foto 10. Se observa trabajos de inicio de  
desplante de la estructura.



Foto 11 y 12. Muestra trabajos de formación del cuerpo de la presa.





Foto 13. Terminación del cuerpo y trazo del vertedor de demasías.

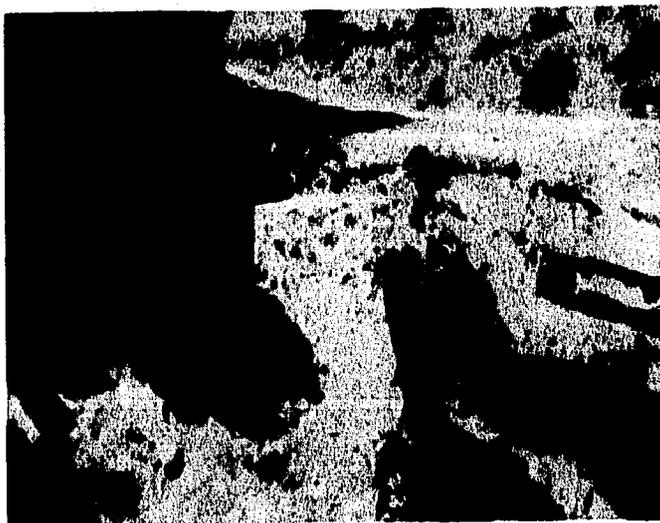


Foto 14. Muestra el acabado del vertedor de demasías, en una presa de mampostería.

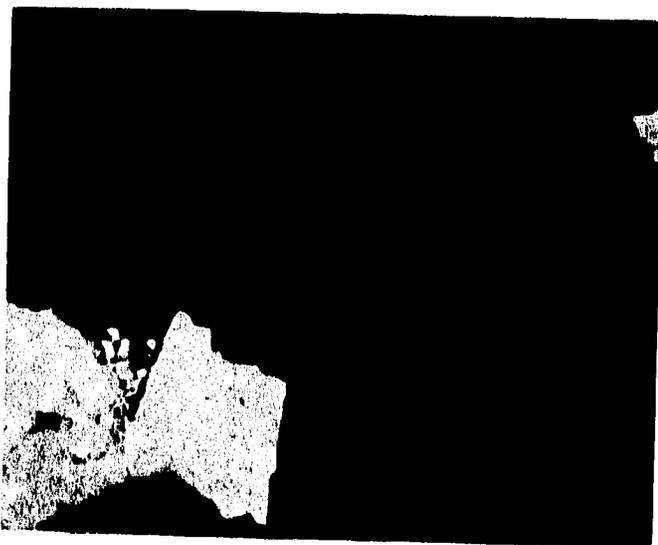


Foto 15. Muestra el colchón amortiguador en una presa de mampostería.



Foto 16. Una presa de Piedra Acomodada construida en una cárcava mediana (1.0 - 5.0 metros de profundidad).

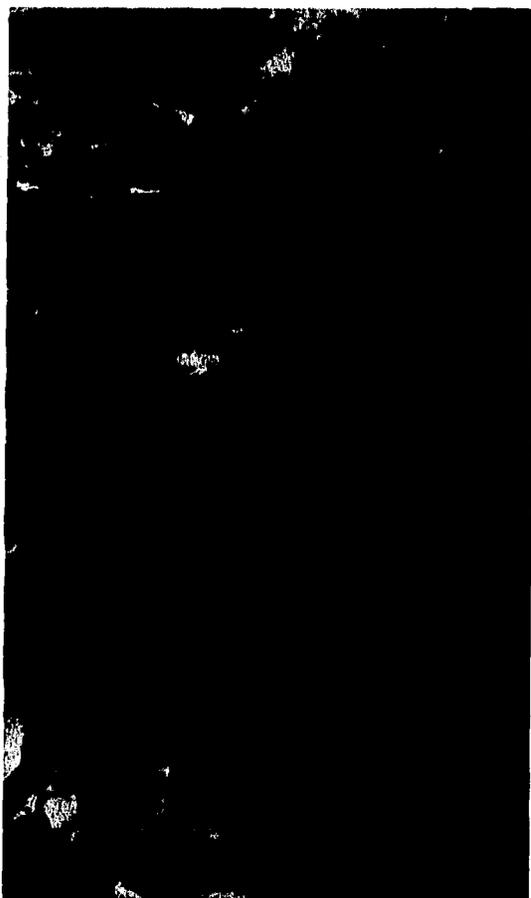


Foto 17. Una Presa de Piedra Acomodada construida en una cárcava mediana. Nótese el sedimento depositado en la parte de arriba de la presa.



Foto 18 y 19. Presas de piedra acomodada con taludes protectores aguas arriba y el cuerpo de tipo gaviones para resistir el empuje y disminuir la fuerza de caída del agua.

