

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO A

ANEXO A-1. Normatividad del SNIP – 05 para Proyectos a Nivel de Perfil. CONTENIDO MINIMO.

ANEXO A-2. Marco Legal de la faja Marginal. CONTENIDOS. DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS (DGECH). MARCO LEGAL FAJAS MARGINALES. AÑO 2004. INRENA-IRH-DGECH-MARCO LEGAL VIGENTE

ANEXO A-3. "LINEAMIENTO BASICO DEL FINANCIAMIENTO PUBLICO PARA LA EJECUCION DE LOS PROYECTOS DE ENCAUZAMIENTO DE RIOS Y PROTECCION DE ESTRUCTURAS DE CAPATCION – PERPEC. PERIODO 2007-2009". Resolución Ministerial No. 1135-2006-AG

ANEXO B. FICHA DE RECONOCIMIENTO.

SECCION 1. Definición del Area de Estudio

SECCION 2. Determinación del Area de Influencia

SECCION 3. Datos Generales del lugar

SECCION 4. Accesos a la Zona de la Alternativa

SECCION 5. Recursos Hídricos

SECCION 6. Morfología

SECCION 7. Geología

SECCION 8. Canteras o Materiales de Préstamo.

SECCION 9. Conclusiones y Recomendaciones

ANEXO C

ANEXO C-1. HIDROLOGIA.

C-1.1 Objetivos.

C-1.2 Evaluación de la Hidrología en Cuencas con Información escasa.

 A. Precipitación.

 B. Descargas Máximas e Hidrograma de Avenidas

 B.1 Estimación del Volumen escurrido.

 B.1.1. Coeficiente de Escurrimiento

 B.2. Estimación del Caudal Máximo de Avenidas para Cuencas sin información.

 B.3. Determinación del Hidrograma de Avenidas en una Cuenca NO AFORADA.

 B.4 DISTRIBUCION DE EVENTOS EXTREMOS TIPO I –GUMBEL

B.4.1. Base Teórica

B.4.2. Distribución Probabilística de las descargas anuales máximas.

B.4.3. Relación del caudal máximo anual con la Probabilidad de Ocurrencia.

B.5. Laminación del Flujo en el cauce considerando obras de Retención.

C. Transporte de Sedimentos.

ANEXO C-2. HIDRAULICA FLUVIAL

C-2.1 Sistema Fluvial.

C-2.2 Morfología Fluvial.

C-2.3 Otras formaciones en cauces naturales.

C-2.4 Velocidades en un Río

ANEXO C-3. SOCAVACION EN EL CAUCE DEL RIO

C-3.1 Tipos de Socavación.

C-3.2 Socavación General del Cauce.

C-3-3 Otras Ecuaciones usadas para el cálculo de Socavación en cauces.

ANEXO D. MEDIDAS PARA EL CONTROL Y PROTECCION DE INUNDACIONES – CRITERIOS

D-1. Introducción.

D-2 Objetivos

D-3 Clasificación.

D-4 Áreas Susceptibles a la erosión.

D-5. Información Base.

D-6. Obras ejecutadas en el Perú.

D-7. Obras tradicionales realizadas en las regiones.

D-8. Algunas Vistas- PROYECTO PERPEC-INRENA.

D-9 Resumen de los criterios Hidrológicos e Hidráulicos a ser considerados para el diseño de Obras de Protección y/o Control de Inundaciones.

D-10. Diseño de Diques de Retención.

D-11 Diseño de Enrocados de Protección.

D-12 Diseño de Gaviones.

ANEXO E. COSTOS UNITARIOS.

ANEXO A

ANEXO A-1 . Normatividad del SNIP – 05, Proyectos a Nivel de Perfil.

ANEXO A-2. Marco Legal de la faja Marginal. Títulos.

ANEXO A-3. “LINEAMIENTO BASICO DEL FINANCIAMIENTO PUBLICO PARA LA EJECUCION DE LOS PROYECTOS DE ENCAUZAMIENTO DE RIOS Y PROTECCION DE ESTRUCTURAS DE CAPATCION – PERPEC. PERIODO 2007-2009”. Resolucion Ministerial No. 1135-2006-AG”.

ANEXO A-1.

CONTENIDO MINIMO DEL PERFIL DE UN PROYECTO DE INVERSION

PUBLICA- ANEXO SNIP-05

El proyecto nace con la idea, motivando un estudio preliminar o Perfil. El Perfil es la primera etapa de la fase de preinversión de un PIP y es de carácter obligatorio.

Tiene como objetivo principal la identificación del problema y de las causas, los objetivos del proyecto, la adecuada identificación de alternativas para la solución del problema, y la evaluación preliminar de dichas alternativas.

La preparación de este estudio no debe demandar mucho tiempo y recursos, sino más bien conocimientos técnicos de profesionales que permitan, a grandes rasgos, determinar la posibilidad de llevar adelante la idea, deberá contar con estimaciones preliminares de los costos y beneficios, incluyendo rangos de variación de los mismos.

El perfil se elabora principalmente con fuentes secundarias y preliminares.

En el caso que el perfil sea el nivel de estudio recomendado para declarar la viabilidad del PIP, la OPI o la DGPM podrá solicitar estudios complementarios o información de fuente primaria.

I. ASPECTOS GENERALES

1.1 Nombre del Proyecto

Colocar la denominación del proyecto el cual debe permitir identificar el tipo de proyecto y su ubicación, la misma que deberá mantenerse durante todo el ciclo del proyecto.

1.2 Unidad Formuladora y Ejecutora

Colocar el nombre de la Unidad Formuladora, y el nombre del funcionario responsable de la misma.

Proponer la Unidad Ejecutora del proyecto, sustentando la competencia y capacidades de la entidad propuesta.

1.3 Participación de las entidades involucradas y de los beneficiarios

Consignar las opiniones y acuerdos de entidades involucradas y de los beneficiarios del proyecto respecto a la identificación y compromisos de ejecución del proyecto.

1.4 Marco de referencia

Describir los hechos importantes relacionados con el origen del proyecto y la manera en que se enmarca en los lineamientos de política sectorial-funcional y en el contexto regional y local.

II. IDENTIFICACION

2.1 Diagnóstico de la situación actual

Presentar un breve diagnóstico que detalle las condiciones actuales de prestación del servicio público que el proyecto pretende afectar, dentro del marco de referencia.

2.2 Definición del problema y sus causas

Especificar con precisión el problema central identificado. Determinar las principales causas que lo generan, así como sus características cuantitativas y cualitativas. Incluir el árbol de causas-problemas-efectos.

2.3 Objetivo del proyecto

Describir el objetivo central o propósito del proyecto así como los objetivos específicos, los cuales deben reflejar los cambios que se esperan lograr con la intervención, incluir el árbol de medios-objetivos-fines.

2.4 Alternativas de solución

Plantear y describir las alternativas de solución al problema, en función al análisis de causas realizado. Las alternativas deben ser técnicamente posibles, pertinentes y comparables entre sí.

Asimismo, se deberán señalar los intentos de soluciones anteriores.

III. FORMULACION Y EVALUACION

3.1 Análisis de la demanda

Estimar la demanda actual e identificar las principales determinantes que inciden en ella. Proyectar la demanda a lo largo del horizonte del proyecto, describiendo los supuestos utilizados.

3.2 Análisis de la oferta

Estimar la oferta actual e identificar las principales restricciones que la afectan.

Proyectar la oferta a lo largo del horizonte de evaluación de evaluación del proyecto, considerando la optimización de la capacidad actual sin inversión (situación sin proyecto), describiendo los supuestos utilizados.

3.3 Balance Oferta Demanda

Determinar la demanda actual y proyectada no atendida (déficit o brecha), establecer las metas de servicio que se propone, detallando las características de la población beneficiada.

3.4 Costos

Estimar los costos de las diferentes alternativas del proyecto a lo largo del horizonte de evaluación del proyecto, considerando la inversión y la operación y mantenimiento.

Estimar los costos de operación y mantenimiento de la situación “sin proyecto”, definida como la situación actual optimizada. Describir los supuestos y parámetros utilizados.

3.5 Beneficios

Estimar los beneficios que se generarían por cada una de las diferentes alternativas del proyecto (“con proyecto”).

Estimar los beneficios que se generarían por las acciones o intervenciones de la situación actual optimizada (“sin proyecto”).

Determinar los beneficios incrementales definida como la diferencia entre al situación “con proyecto” y la situación “sin proyecto”.

3.6 Evaluación social

Detallar los resultados de la evaluación social de las alternativas planteadas, aplicando uno de los siguientes métodos.

A. Metodología costo/beneficio

Aplicar esta metodología a los proyectos en los cuales los beneficios se pueden cuantificar monetariamente y, por lo tanto, se pueden comparar directamente con los costos. Los beneficios y costos que se comparan son los “incrementales”. Se deberá utilizar indicadores de Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

B. Metodología costo/efectividad

Aplicar esta metodología de evolución solo en el caso que no sea posible efectuar una cuantificación adecuada de los beneficios en términos monetarios. Esta metodología consiste en comparar las intervenciones que producen similares beneficios esperados con el objeto de seleccionar la de menor costo dentro de los límites de una línea de corte.

3.7 Análisis de sensibilidad

Determinar los factores que pueden afectar los flujos de beneficios y costos. Analizar la rentabilidad de las alternativas ante posibles variaciones de los factores que afectan los flujos de beneficios y costos.

3.8 Sostenibilidad

Señalar las instituciones y los recursos que asegurarán la operación y mantenimiento del proyecto.

3.9 Impacto ambiental

Mencionar los probables impactos positivos y negativos del proyecto en el ambiente y el planteamiento general de acciones de mitigación.

3.10 Selección de alternativas

Ordenar las alternativas de acuerdo con los resultados de la evolución social, del análisis de sensibilidad y de sostenibilidad, explicando los criterios y razones de tal ordenamiento.

3.11 Matriz de marco lógico para la alternativa seleccionada

Se presentará la matriz definitiva del marco lógico de la alternativa seleccionada.

IV. CONCLUSIONES

Mencionar las alternativas priorizadas y recomendar la siguiente acción a realizar con relación al ciclo del proyecto.

IV. ANEXOS

Incluir como anexos cualquier información que precise alguno de los puntos considerados en este perfil.

ANEXO A-2.

Marco Legal de la faja Marginal. CONTENIDOS.
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS
(DIGECH)

MARCO LEGAL FAJAS MARGINALES.

AÑO 2004.

INRENA-IRH-DIGECH

MARCO LEGAL VIGENTE:

A continuación presentamos extractos relacionados sólo con la normatividad vigente en materia de Fajas Marginales, contenidas tanto el Decreto ley N° 17752 “Ley General de Aguas” y en su Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 929-73-AG.

El Título VI de la Ley General de Aguas trata sobre los aspectos “De las Propiedades Marginales”, mediante el cual regula los predios rústicos confinantes con las márgenes de los álveos o cauces de los ríos, arroyos, lagos, lagunas, esteros, golfos, bahías, ensenadas o con el mar territorial.

El Título VI de la Ley General de Aguas, contiene los artículos que van del artículo 79º al 84º, los cuales se encuentran reglamentado por el Decreto Supremo 929-73-AG.

Posteriormente, mediante el Decreto Supremo N° 12-94-AG, se declaró área intangible a los cauces, riberas y fajas marginales de los ríos, arroyos, lagos, lagunas y vasos de almacenamiento.

Asimismo, incluimos en esta recopilación de dispositivos el Instructivo Técnico N° 001-DGAS-DODR, aprobado por Resolución Directoral N° 0035-80-AA-DGAS, sobre la definición de linderos de propiedades marginales y autorización de ocupación temporal de riberas naturales con fines de siembra de cultivos temporales.

A. CONTENIDO:

- Decreto Ley N° 17752.**
“Ley General de Aguas”
- Decreto Supremo N° 929-73-AG.**
Reglamento del Título VI “De las Propiedades Marginales” del Decreto Ley N° 17752- Ley General de Aguas.
- Decreto Supremo N° 12-94-AG.**
“Declaran áreas intangibles los cauces riberas y fajas marginales de los ríos, arroyos, lagos, lagunas y vasos de almacenamiento”.
- Decreto Supremo N° 014-2001-AG.**

“Aprueba Reglamento de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre (09-04-2001).

5 Decreto Supremo N° 002-2003-AG.

Aprueba Reglamento de Organización y Funciones (ROF) del INRENA.

6. Resolución Directoral N° 0035-80-AA-DGAS

“Aprueban Instructivo Técnico N° 001-DGAS-DODR, sobre definición de Linderos de Propiedades Marginales y para la ocupación temporal de riberas naturales con fines de siembra de cultivos temporales”.

ANEXO A-3

“LINEAMIENTO BASICO DEL FINANCIAMIENTO PUBLICO PARA LA EJECUCION DE LOS PROYECTOS DE ENCAUZAMIENTO DE RIOS Y PROTECCION DE ESTRUCTURAS DE CAPATCION – PERPEC. PERIODO 2007-2009”. Resolución Ministerial No. 1135-2006-AG.

Resolución Ministerial No. 1135-2006-AG

Lima, 31 de Agosto de 2006-10-11

VISTO:

El Oficio No. 1536-AG-CLT-UOPE/P, del presidente (e) de la Comisión Nacional de Liquidación y Transferencia de la UOPE, proponiendo la aprobación de “Lineamientos Básicos de Financiamientos para la Ejecución de los Proyectos del Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación – PERPEC, período 2007-2009”.

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con el artículo 49º del Reglamento de Título VII “De los Estudios y Proyectos” del Decreto Ley No. 17752 – Ley General de Aguas, aprobado por Decreto Supremo No. 1098-75-AG, el Ministerio de Agricultura programa periódicamente las obras de defensa y encauzamiento que considera necesario, en coordinación con los sectores interesados en asegurar la producción, protección de ciudades e instalaciones eléctricas y sanitarias, caminos, industrias y conservación de la tierra de cultivo.

Que, en virtud del artículo 43º del referido Reglamento, constituyen obras de defensa las que se ejecutan en las márgenes de los cursos de agua, en una o ambas riveras, para proteger las tierras, poblaciones, instalaciones y otras, contra las inundaciones y la acción erosiva del agua y conforme al artículo 47º, son obras de encauzamiento las que se ejecutan en las márgenes de los ríos en forma continua, para formar un canal de escurrimiento que permita establecer el cauce del río o quebrada dentro de una zona determinada; agrega que en principio, las obras de encauzamiento tienen prioridad sobre las de defensa para la solución integral de los problemas creados por avenidas extraordinarias;

Que mediante Informe Técnico No. 08-2006-INRENA-IRH, la Intendencia de Recursos Hídricos del INRENA, señala que ante la necesidad de continuar con las acciones de prevención de inundaciones se ha formulado el estudio de Prefactibilidad del Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación – PERPEC (período 2007-2009), que habrá de ejecutarse con participación de las organizaciones de usuarios de agua en el financiamiento de las obras, en forma proporcional y progresiva, según se trate de obras de envergadura mayor o menor y según estén ubicadas en la costa, sierra o selva; a cuyo efecto, en base a las sustentaciones técnicas que contiene, recomienda que se emita el acto administrativo que apruebe los lineamientos para el financiamiento de obras de defensas ribereñas y encauzamiento de ríos, específicamente del PERFEC para el período 2007-2009.

De conformidad con el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Agricultura, Aprobado por Decreto Supremo No. 017-2001-AG;

SE RESUELVE:

Artículo 1º.- Aprobar los Lineamientos Básicos del Financiamiento Público para la Ejecución de los Proyectos del Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación – PERPEC (período 2007-2009), en los términos siguientes:

a. Proteger la infraestructura hidráulica de captación y de conducción del agua para el riego y de la superficie agrícola productiva, en el ámbito nacional, con la participación de las organizaciones de usuarios de agua de riego.

b. Apoyar e impulsar la participación de las organizaciones de usuarios de agua de riego, en el financiamiento y ejecución de proyectos del Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación – PERPEC, en el ámbito nacional.

c. Fortalecer y alentar la cultura del pago de la tarifa por uso de agua superficial con fines agrarios establecida por Ley, concientizando a los usuarios de la importancia del pago oportuno de la misma.

Artículo 2º.- El Estado financiará con recursos públicos, cualquiera sea la fuente de financiamiento, los proyectos del PERPEC, de acuerdo a la clasificación siguiente:

a. Proyecto mayor, aquellos que benefician superficies iguales o mayores a 500 hectáreas y/o el presupuesto total del proyecto mayor es mayor o igual a S/. 500 000,00 (quinientos mil Nuevos Soles).

b. Proyecto menor: aquellos que benefician superficies menores a 500 hectáreas y/o hectáreas el presupuesto total del proyecto es menor a S/. 500 000,00 (quinientos mil Nuevos Soles).

Y bajo las condiciones siguientes:

a. En proyectos mayores que ejecuten el PERPEC en el ámbito de la costa, las organizaciones de usuarios de agua de riego, deberán aportar como mínimo:

- El cinco por ciento (5%) del costo total del proyecto que se ejecute o inicie durante el año 2007.
- El diez por ciento (10%) del costo total del proyecto que se ejecute o inicie durante el año 2008.
- El quince por ciento (15%) del costo total del proyecto que se ejecute durante el año 2009.

b. En proyectos menores a ser ejecutados por el PERPEC en el ámbito de la costa, las organizaciones de usuarios de agua de riego, deberán aportar como mínimo:

- El veinte por ciento (20%) del costo total del proyecto que se ejecute o inicie el año 2007.
- El treinta por ciento (30%) del costo total del proyecto que se ejecute o inicie durante el año 2008.
- El cincuenta por ciento (50%) del costo total del proyecto que se ejecute durante el año 2009.

c. En proyectos mayores y menores en sierra y selva, que ejecute el PERPEC, las organizaciones de usuarios de agua de riego, ejecutarán tales obras considerando los siguientes aportes:

- El cinco por ciento (5%) del costo total del proyecto que se ejecuten o inicie durante el año 2007.
- El ocho por ciento (8%) del costo total del proyecto que se ejecuten o inicie durante el año 2008.
- El diez por ciento (10%) del costo total del proyecto que se ejecuten o inicie durante el año 2009.

En cada caso, las organizaciones de usuarios de agua de riego, asumirán el costo de los estudios de preinversión respectivos,

de acuerdo a las normas del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP); mientras que en el caso de los expedientes técnicos, estos se elaboran considerando los términos de referencia que se señala en el “Manual de Procedimientos para la Ejecución Física y Financiera de las Obras del PERPEC”.

El aporte de los beneficiarios podrá ser monetario, con mano de obra, equipos, materiales y/o insumos, cuya valorización conjunta deberá ser equivalente a los porcentajes antes señalados, según cada caso; y además serán concordantes con los requerimientos del expediente técnico.

El porcentaje de aporte correspondiente a los beneficiarios, podrá disminuir excepcionalmente siempre que este debidamente sustentado.

Articulo 3º.- Para que las organizaciones de usuarios de agua de riego puedan acceder al financiamiento establecido en el artículo precedente, deberán cumplir los requisitos siguientes:

a. Acreditar a la junta directiva vigente, con su respectiva inscripción en el Registro de Personas Jurídicas o en Registro respectivo de la Oficina Registral correspondiente.

b. Acreditar que cuentan con un gerente técnico en funciones.

c. Acreditar que la tarifa de agua para riego, según presupuesto, cubra el aporte de los beneficiarios, para el financiamiento de la obra de defensa ribereña o encauzamiento, para el cual se solicita el apoyo; así como los costos de mantenimiento respectivo.

Articulo 4º.- Para definir el orden de ejecución de los proyectos de defensas y de encauzamiento a nivel nacional, de aquellas organizaciones de usuarios de agua de riego que hayan cumplido con los requisitos establecidos en el artículo precedente se aplicarán los siguientes criterios de priorización:

a. Nivel de aporte de las organizaciones de usuarios de agua de riego en el financiamiento de las inversiones en proyectos de defensa ribereña o encauzamiento.

b. Obras permanentes que protejan estructuras de captación en operación y de conducción de agua de riego, que sirvan para irrigar una mayor extensión agrícola, en producción y cuyo uso de agua esté formalizado y acreditado por el Administrador Técnico del Distrito de Riego. Así como obras que protejan áreas agrícolas en producción.

c. Índice inversión por hectárea.

d. Índice de inversión por familia.

Articulo 5º.- Es responsabilidad de los Administradores Técnicos de los Distritos de Riego, en el ámbito de su competencia, verificar el estricto cumplimiento del tercer artículo de la presente resolución; debiendo informar a la Dirección regional de Agricultura correspondiente y a la Intendencia de recursos Hídricos del Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA.

Articulo 6º.- Encargues a la Comisión Nacional de Liquidación y Transferencia de la Unidad Operativa de proyectos Especiales del Ministerio de Agricultura (CNLTUOPE), la elaboración de la Directiva para la adecuada implementación de lo dispuesto en la presente resolución en un plazo no mayor de treinta días calendario.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

JUAN JOSE SALAZAR GARCIA
Ministro de Agricultura.

01662 -1

ANEXO B

FICHA DE RECONOCIMIENTO

El Modelo de FICHA DE CAMPO, se presenta con la finalidad de facilitar al FORMULADOR pautas para la inspección de campo. Sin ser limitativas, puede incorporarse información adicional que sea relevante para el proyecto de OBRAS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES.

- SECCION 1.** Definición del Área de Estudio
- SECCION 2.** Determinación del Área de Influencia
- SECCION 3.** Datos Generales del lugar
- SECCION 4.** Accesos a la Zona de la Alternativa
- SECCION 5.** Recursos Hídricos
- SECCION 6.** Morfología
- SECCION 7.** Geología
- SECCION 8.** Canteras o Materiales de Préstamo.
- SECCION 9.** Conclusiones y Recomendaciones

ANEXO B- Ficha de Reconocimiento del Lugar del Proyecto

DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL DEL PROYECTO

CONSIDERACIONES PARA LA RECOLECCION DE DATOS:

El Modelo de FICHA DE CAMPO, se presenta con la finalidad de facilitar al FORMULADOR pautas para la inspección de campo. Sin ser limitativas, puede incorporarse información adicional que sea relevante para el proyecto de OBRAS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES.

Se recomienda que la información sea lo precisa y se recolecte en campo adicionalmente fotografías de la zona, gráficos aclaratorios indicando la morfología existente, y de ser posible grabación audio-visual con versiones de los usuarios del lugar.

El Modelo de FICHA DE CAMPO tiene 09 secciones. Las secciones 01 a la 05 serán llenadas de preferencia por un especialista Hidrólogo-Hidráulico y las secciones 06, 07 y 08, por un especialista geólogo. La sección 09, será llenada por ambos especialistas.

SECCION 1. Definición del Área de Estudio

1.1 Definición de Límites:

1.1.1 Ubicación:

1.1.2 Instituciones Gubernamentales, No Gubernamentales y Privadas (Señalar con SI ó NO según corresponda)

Instituciones en La Zona	Cuenta con departamentos De Apoyo	Organiza a la Población	Se puede contar con Esta Institución en Caso de Inundación
Región Agraria			
ATDR – INRENA			
Junta de Usuarios			
ONGs			
PRONAMACHS			
INDECI			
Ministerio de Salud			

GUIA METODOLOGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRICOLAS O URBANAS

Ministerio de Transporte			
Ministerio de Telecomunicaciones			
Policía Nacional			
Instituciones Religiosas			

1.1.3 Patrimonio Cultural (Marque con X según corresponda) :

Ruinas Incaicas Iglesias Coloniales Andenes Parque Nacional
Otros

1.2 Características Generales del área de estudio (Marque con X según corresponda) :

1.2.1 Zona:

Urbana Rural Ambas Área Agrícola

1.2.2 Condición socioeconómica de la población (Califique : 5 = Muy Bueno, 4 = Bueno, 3 = Regular , 2 = Malo) :

Descripción	Calificación
Buena	
Regular	
Mala	

GUIA METODOLOGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRICOLAS O URBANAS

1.3 ÁREA URBANA:

1.3.1 Tipo de viviendas:

Descripción	No. de Viviendas	Exposición	Fragilidad	Resiliencia Ind-organ.	Resiliencia Nuevas Alt.
Material Noble					
Adobe o Quincha					
Esteras					
Total de Viviendas					

Señalar en EXPOSICION: Alta, Media o Baja. FRAGILIDAD: Alta, Media o Baja. RESILIENCIA: Capacidades individuales y Organizacionales y Puesta en práctica de nuevas alternativas de desarrollo: Alta o Baja.

1.3.2 ¿Existen vías de acceso? (Marque X según corresponda):

Descripción	SI / NO	Estado		Exposición	Fragilidad	Resiliencia Ind-organ.	Resiliencia Nuevas Alt.
		Buena	Mala				
Carretera							
Trocha							
Camino							

Señalar en EXPOSICION: Alta, Media o Baja. FRAGILIDAD: Alta, Media o Baja. RESILIENCIA: Capacidades individuales y Organizacionales y Puesta en práctica de nuevas alternativas de desarrollo: Alta o Baja.

1.3.3 Medios de transporte (Califique : 5 = Hay servicio, 4 = Mediano servicio, 3 = Poco servicio) :

Descripción	Calificación
Transporte Privado	
Transporte Público	

1.3.4 ¿Existen puestos de Salud? (Marque con X según corresponda)

Descripción	SI	NO	Cuantos
Posta			
Hospital			
Clínica			
Ninguna			

1.3.5 Infraestructura de Agua potable y alcantarillado (Marque con X según corresponda) :

Descripción	Existe	
	SI	NO
Agua y Desagüe		
Solo Agua		
Solo Desagüe		
Ninguna		

1.3.6 Infraestructura de Educación (Marque con X según corresponda) :

Descripción	SI	NO	Cuantos
Escuela			
Instituto			
Universidad			
Ninguna			

1.3.7 Infraestructura de Servicio Eléctrico (Marque con X según corresponda) :

Descripción	SI	NO
Cuenta con luz 24 hrs		
Cuenta con luz 12 hrs		
Cuenta con luz 6 hrs		

No cuenta con luz		
-------------------	--	--

1.3.8 Cuenta con Infraestructura de Cultura y Recreación (Describa):

1.3.9 Cuenta con Infraestructura de Servicio de Telecomunicación (Describa):

1.3.10 Cuenta con Infraestructura de Servicio Telefónico e Internet (Describa):

1.4 ÁREA RURAL:

1.4.1 Tipo de viviendas:

Descripción	No. de Viviendas	Exposición	Fragilidad	Resiliencia Ind-organ.	Resiliencia Nuevas Alt.
Material Noble					
Adobe o Quincha					
Esteras					
Total de Viviendas					

Señalar en EXPOSICION: Alta, Media o Baja. FRAGILIDAD: Alta, Media o Baja. RESILIENCIA: Capacidades individuales y Organizacionales y Puesta en práctica de nuevas alternativas de desarrollo: Alta o Baja.

GUIA METODOLOGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRICOLAS O URBANAS

1.4.2 ¿Existen vías de acceso? (Marque X según corresponda):

Descripción	SI / NO	Estado		Exposición	Fragilidad	Resiliencia Ind-organ.	Resiliencia Nuevas Alt.
		Buena	Mala				
Carretera							
Trocha							
Camino							

Señalar en EXPOSICION: Alta, Media o Baja. FRAGILIDAD: Alta, Media o Baja. RESILIENCIA: Capacidades individuales y Organizacionales y Puesta en práctica de nuevas alternativas de desarrollo: Alta o Baja.

1.4.3 Medios de transporte: (Califique: 5 = Hay servicio, 4 = Mediano servicio, 3 = Poco servicio) :

Descripción	Calificación
Transporte Privado	
Transporte Público	

1.4.4 ¿Existen puestos de Salud? ¿Marque con X según corresponda)

Descripción	SI	NO	Cuantos
Posta			
Hospital			
Clínica			
Ninguna			

1.4.5 Infraestructura de Agua potable y alcantarillado (Marque con X según corresponda) :

Descripción	Existe	
	SI	NO
Agua y Desagüe		
Solo Agua		
Solo Desagüe		
Ninguna		

GUIA METODOLOGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRICOLAS O URBANAS

1.4.6 Infraestructura de Educación (Marque con X según corresponda) :

Descripción	SI	NO	Cuantos
Escuela			
Instituto			
Universidad			
Ninguna			

1.4.7 Infraestructura de Servicio Eléctrico (Marque con X según corresponda) :

Descripción	SI	NO
Cuenta con luz 24 hrs		
Cuenta con luz 12 hrs		
Cuenta con luz 6 hrs		
No cuenta con luz		

1.4.8 Cuenta con Infraestructura de Cultura y Recreación (Describa):

1.4.9 Cuenta con Infraestructura de Servicio de Telecomunicación (Describa):

1.4.10 Cuenta con Infraestructura de Servicio Telefónico e Internet (Describa):

GUIA METODOLOGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRICOLAS O URBANAS

1.5 AREA AGRICOLA:

1.5.1 ¿Qué clase de tierra de cultivo tiene:

- Extensión (Has):

- Cuenta con titulo de propiedad:

- Es alquilada o arrendada la tierra:

- Grado de fertilidad del terreno:

- Tipo de cultivo(s) por campaña:

- Tipo de riego utilizado:

- Existe infraestructura de riego (Marque con X si existe):

Bocatoma: Estado: Caudal Captado (m³/s):

Canal: Estado: Longitud (Km) Caudal de Conducción (m³/s):

Drenes: Estado: Longitud (Km) Caudal de conducción (m³/s):

Reservorio: Estado: Vol. Almacenamiento (m³) Altura Presa o Muro (m):

Otros: Estado: Longitud (Km) Caudal de conducción (m³/s):

Descripción	SI / NO	Estado		Exposición	Fragilidad	Resiliencia Ind-organ.	Resiliencia Nuevas Alt.
		Buena	Mala				
Bocatoma							
Canales							
Reservorios					

Señalar en EXPOSICION: Alta, Media o Baja. FRAGILIDAD: Alta, Media o Baja. RESILIENCIA: Capacidades individuales y Organizacionales y Puesta en práctica de nuevas alternativas de desarrollo: Alta o Baja.

- Existe maquinaria agrícola (Marque con X si existe):

Tractores : Cuantos : Estado:

Camiones: Cuantos : Estado:

Otros : Cuantos : Estado:

- Existen defensas ribereñas (Marque con X si existe) :

Muros de Contención: Estado: Longitud (Km):.....

Gaviones: Estado: Longitud (Km):.....

Otros: Estado: Longitud (Km):.....

GUIA METODOLOGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRICOLAS O URBANAS

- ¿Los productos se venden en el mercado o a intermediarios? (Describa proceso de comercialización)

- ¿Qué tipo de animales cría y con que fines? (Describa)

- Produce alguna clase de productos (Marque con X):

Descripción	SI	NO	TIPO
Industriales			
Agroindustriales			
Artesanales			
Orfebrería			
Otros			

- ¿Los productos producidos es para el consumo o para la comercialización? (Describa)

1.6 Mapa del área de estudio:

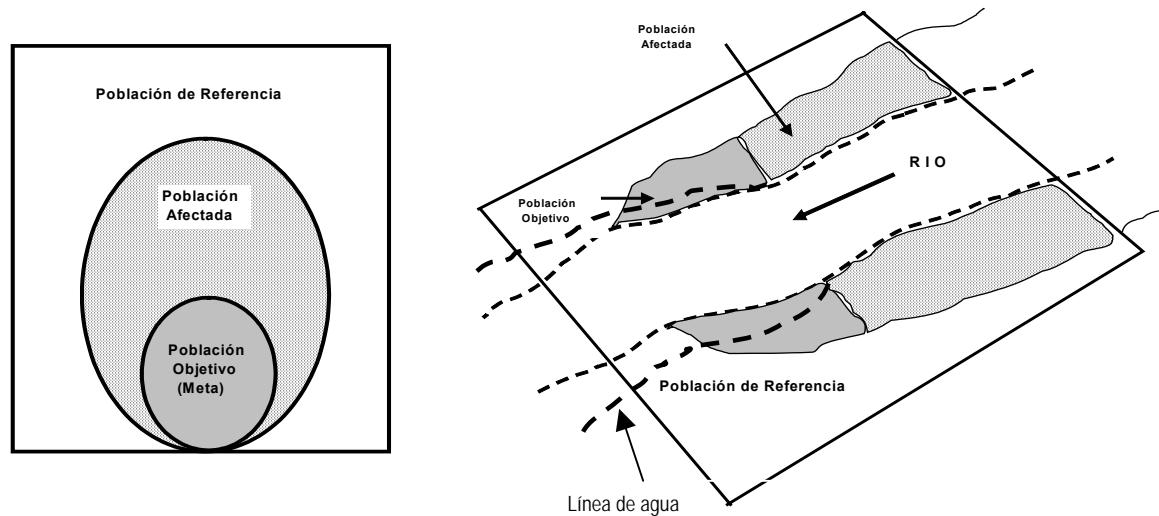
1.6.1 Entre que ciudad o población se encuentra el área de estudio:

1.6.2 ¿Cómo se ubicación la población?

Descripción	No. de Pobladores
Cerca de la rivera del río	
Lejos de la rivera del río	
En la rivera del río	
Total de Pobladores	

SECCION 2. Determinación del Área de Influencia

- 2.1 Ubicación de la población afectada (Distinguir entre población de referencia o global y población afectada o carente, y población objetivo, que es la meta del proyecto)



GUIA METODOLOGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRICOLAS O URBANAS

2.1.1 Población:

Descripción	No. de Pobladores
Mayor de 18 años	
Entre 18 – 50 años	
Mayor de 50 años	
Total de Pobladores	

2.1.2 Nivel de ingreso (Marque con X) :

Descripción	SI	NO	CUANTO (S/.)
Sueldo Mínimo			
Menos del Sueldo Mínimo			
Mas del Sueldo Mínimo			
Jornal			
Sin ingresos			

2.1.3 Nivel educativo ¿marque con X) :

Descripción	SI	NO	Cuantos Pobladores
Superior			
Técnica			
Secundaria			
Primaria			
Sin educación			

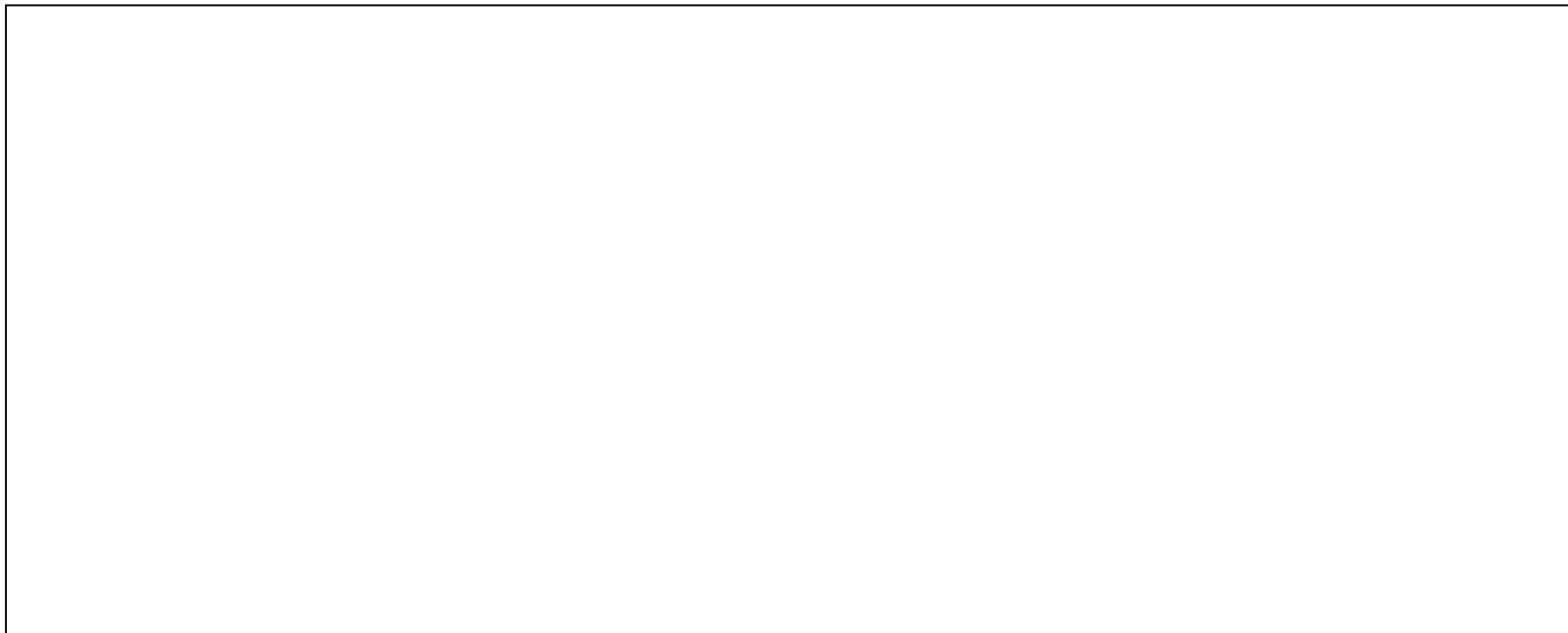
2.1.4 Cuantificación de la población utilizando datos de censos (INEI):

2.1.5 Cuantificación de la población por medio de investigación de campo (Referencia de Campo):

2.1.6 Condición socioeconómica de la población (Califique 5 = Muy buena, 4 % Buena, 3 % Regular, 2 ó 1 = Malo) :

Descripción	Calificación	No. de Pobladores
Buena		
Regular		
Mala		

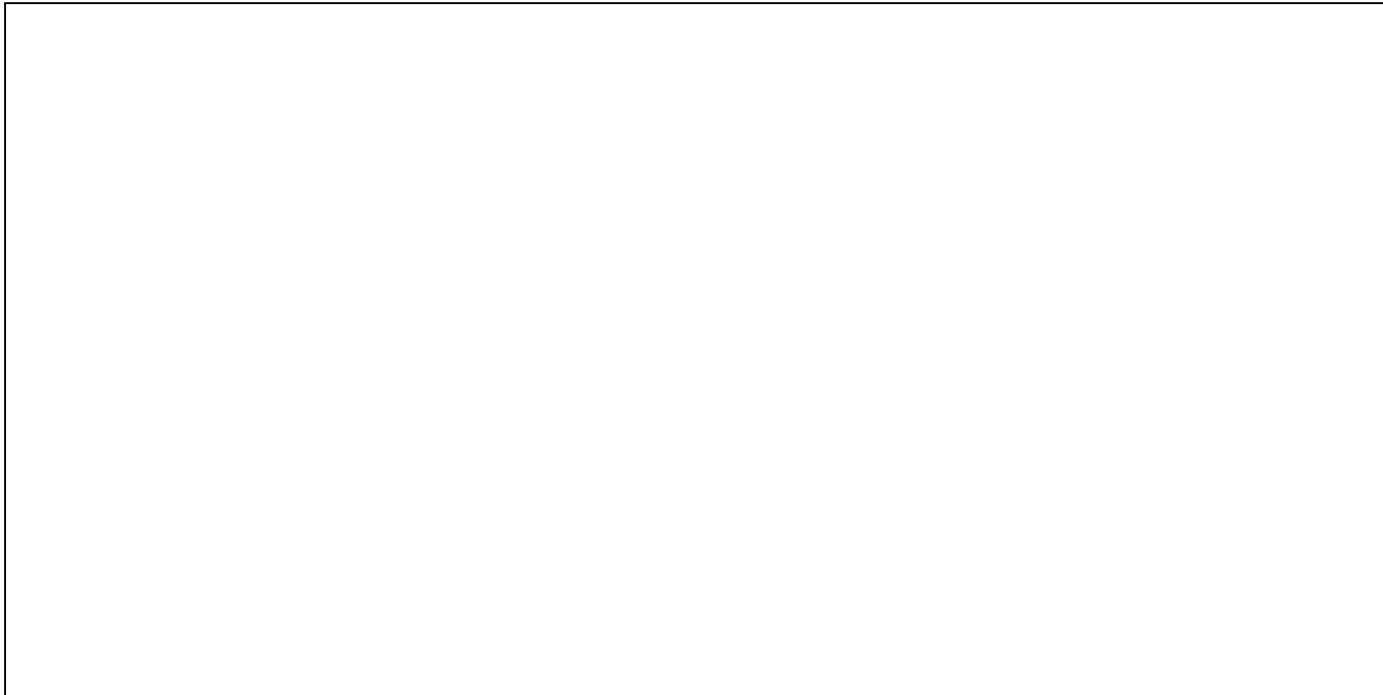
2.2 ¿Cómo es el acceso al área? (Elaborar un gráfico señalando camino, trocha, sendero, etc.)



2.3 Características administrativas (Marque con X) :

Instituciones en la Zona	SI	NO
Junta de Usuarios		
ONGs		
PRONAMACHS		
Oficina de INDECI		
Postas Medicas		
Puesto de la Policía Nacional		
Parroquia		
Comité Vaso de Leche		

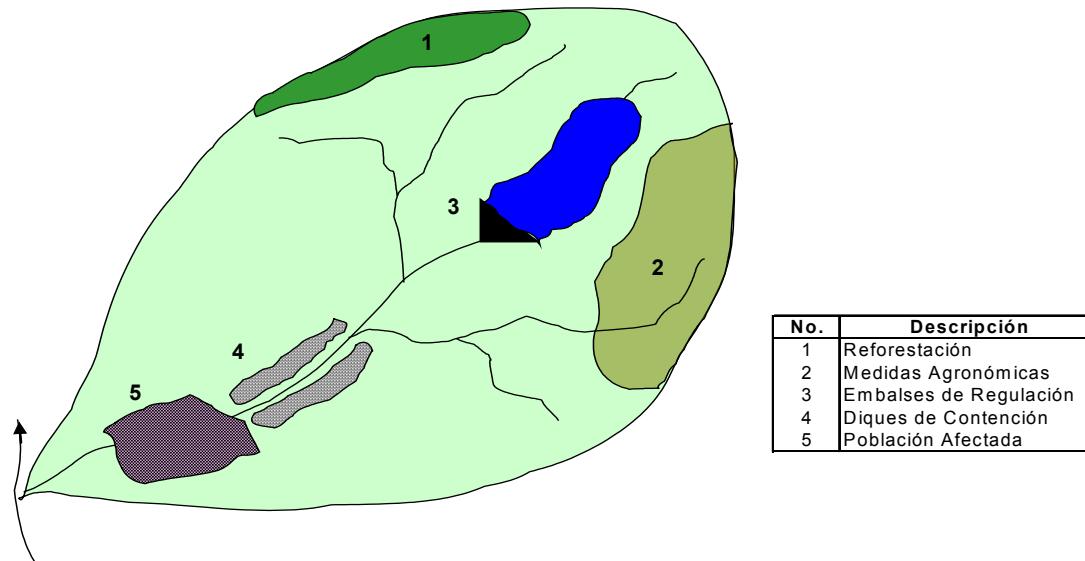
2.4 Mapa del área de influencia (Utilice el plano de escala 1: 25,000 ó 1: 10,000, o 1: 5,000 si esta disponible en Catastro Rural)



SECCION 3. Datos Generales del lugar

Utilizar el plano a escala 1: 100,000 y 25,000 para ubicar la zona afectada y planificar las medidas de control y/o protección en la cuenca.

Ejemplo de planeamiento de la cuenca, la zona afectada esta ubicada en la zona 5.



3.1 Nombre de la población donde se desarrolla el proyecto (Por ejemplo en la zona 5):

.....

3.3 Altitud (msnm):

3.4 Departamento, Provincia y Distrito:

3.5 Entidad Formuladora y Ejecutora:

SECCION 4. Accesos a la Zona de la Alternativa

4.1 Nombre del Proyecto:

4.2 Nombre de la localidad con acceso a la Zona del Proyecto:

4.3 Medio de Transporte (Marque con X y complete la información).

Califique el estado del medio de transporte: 5 % Muy bueno, 4 = Bueno, 3 = Regular, 1 ó 2 Malo

Descripción	SI	NO	No. Unidades	Estado
Ómnibus				
Camión				
Acémila				
A pie				

4.4 Tiempo de viaje en horas:

4.5 Estado de las vías de acceso (Señalar con X lo que corresponda):

Descripción	Buena	Mala	Distancia (Km)
Carretera principal			
Carretera secundaria			
Trocha Carrozable			
Trocha no Carrozable			
Camino			

4.6 Describa la vía de transporte desde el punto de partida a la Zona del Proyecto:

4.7 Nombre de la Localidad más cercana a la Zona del Proyecto:

4.8 Describir la necesidad de acondicionar este acceso para la Zona del Proyecto:

4.9 Describir facilidades o dificultades existentes para el acceso a la Zona del Proyecto:

4.10 Describir actividades productivas de los pobladores:

SECCION 5. Recursos Hídricos

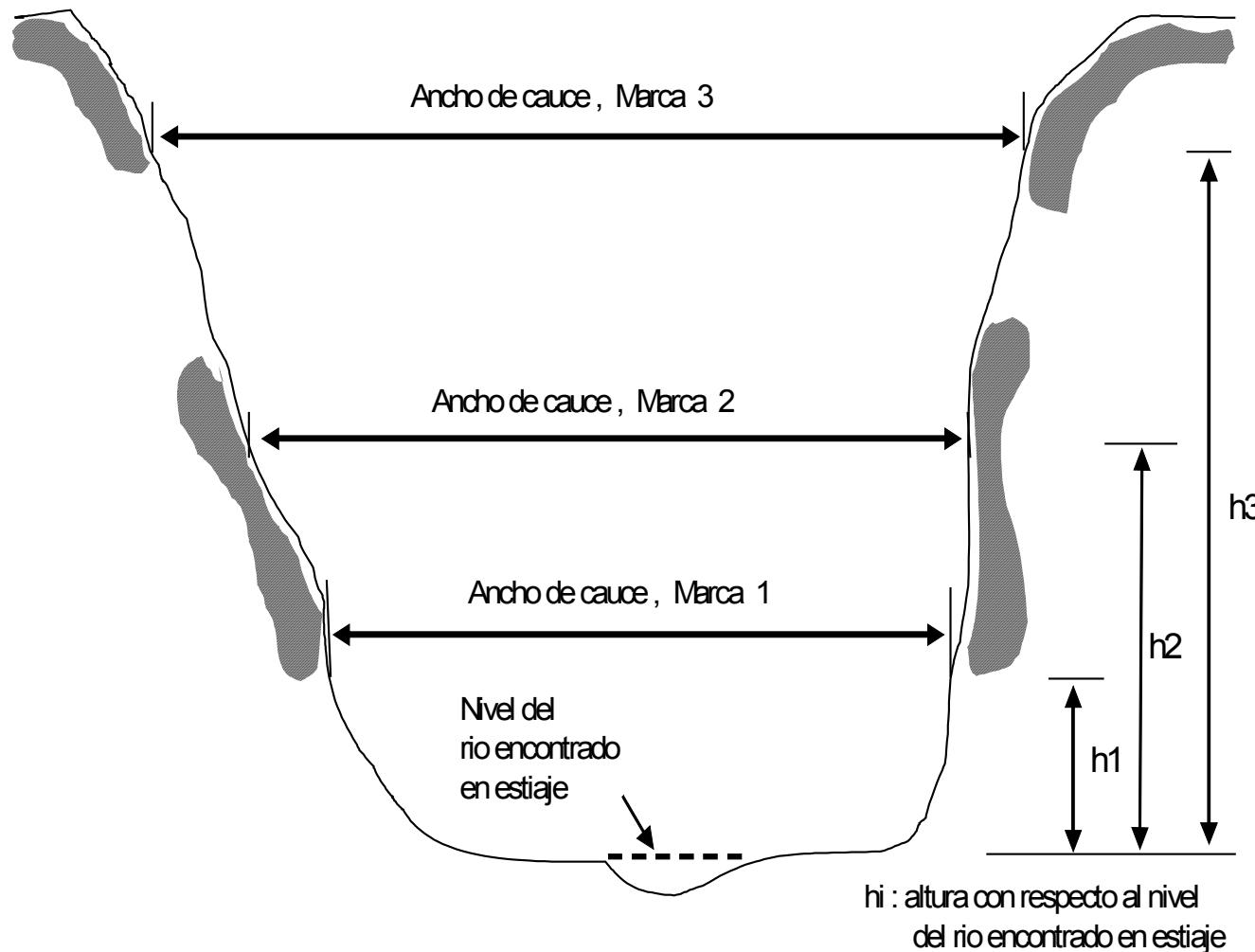
- 5.1 Descripción de la cuenca colectora (área, afluentes, pendiente, cauce principal, cobertura, otros, utilice el plano a escala 1: 100,000, señalado al inicio de la sección 3.0):

- ## 5.2 Clima (lluvias, temperatura, vientos):

- 5.3 Aforos efectuados durante la visita, (señale el lugar en el Plano ítem 2.5):

Digitized by srujanika@gmail.com

- 5.4 Marcas u otra información respecto a la oferta de recursos de la cuenca en Zona del Proyecto:



Llenar el siguiente cuadro, en el caso de sedimentos calificar como: arena, grava o bolonería con: 5 = Mucha, 4 = Moderada, 3 = Regular, 2 = Muy poco

Descripción	Ancho de Cauce (Marcas)	Altura En Marcas (h)	Fecha en que Ocurrieron	Existe Sedimentos		
				Arena	Grava	Bolonería
Marca 1						
Marca 2						
Marca 3						
Marca 4						
Marca i						

5.5 Especificar la turbidez del agua:

.....

5.6 Describir explotación actual de los recursos hídricos (describir si existen obras cercanas y poblaciones aledañas):

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

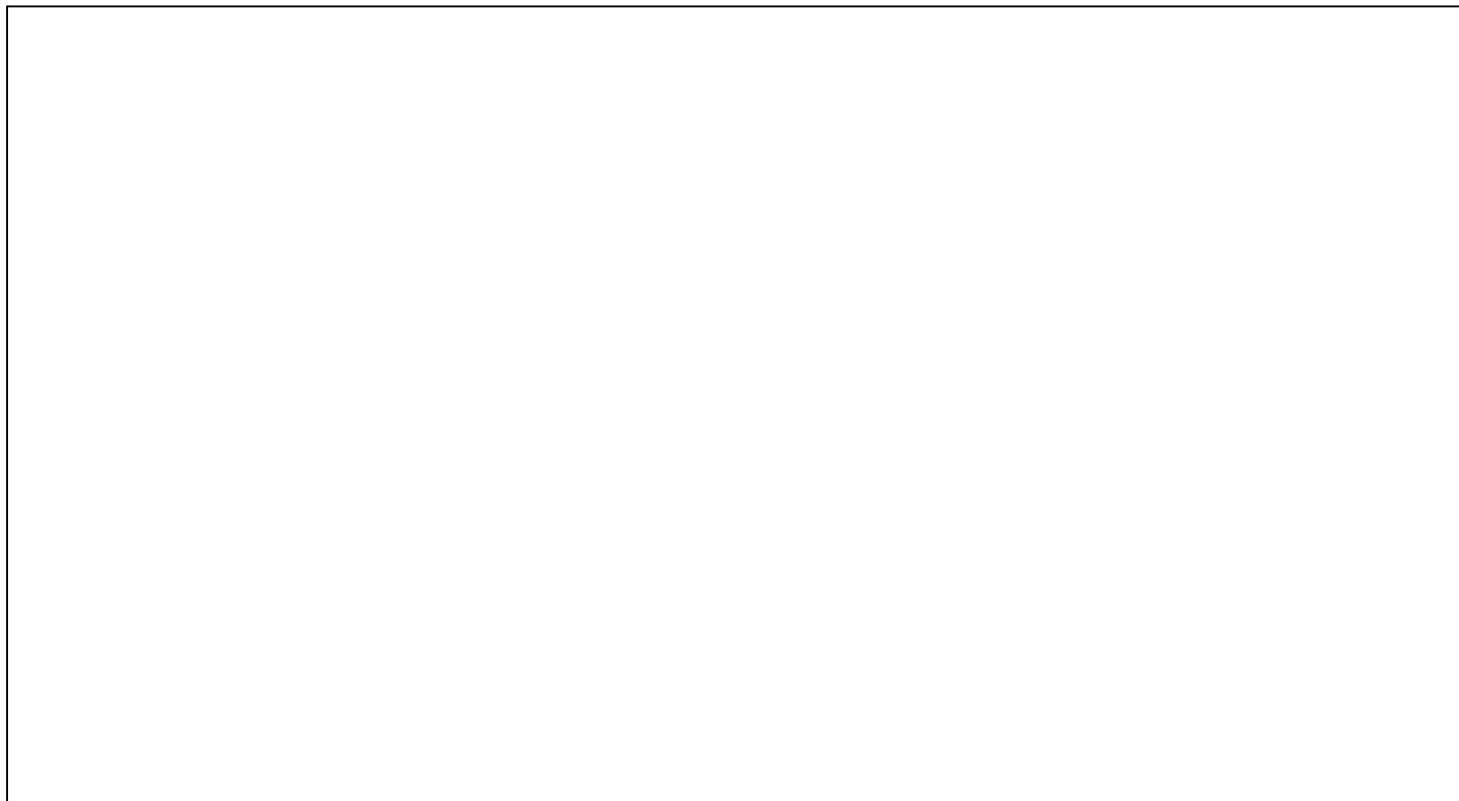
5.7 Descripción de Transporte de Sedimentos en la Zona del Proyecto:

.....
.....
.....
.....
.....

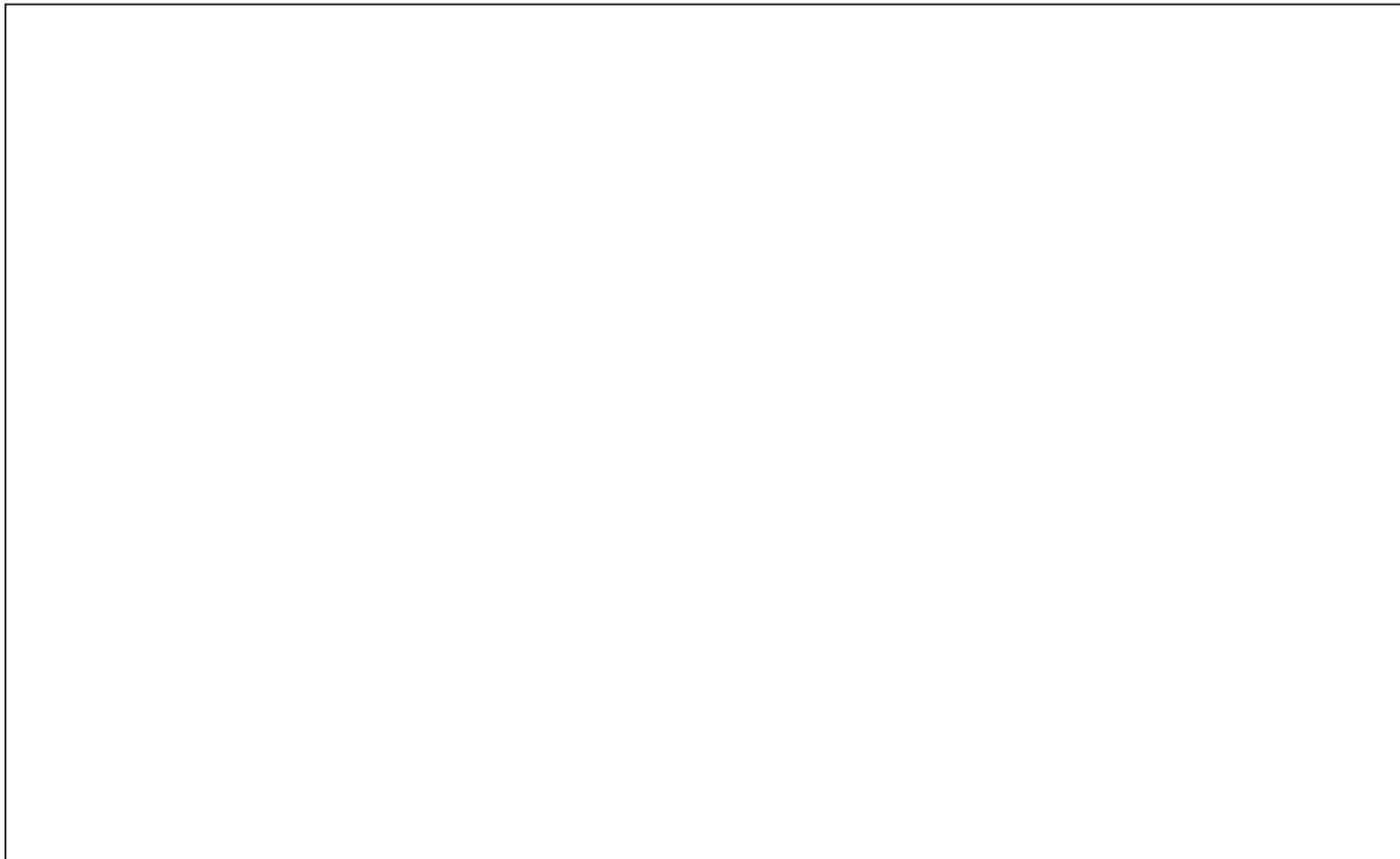
SECCION 6. Morfología

6.1 Descripción de la Zona del Proyecto:

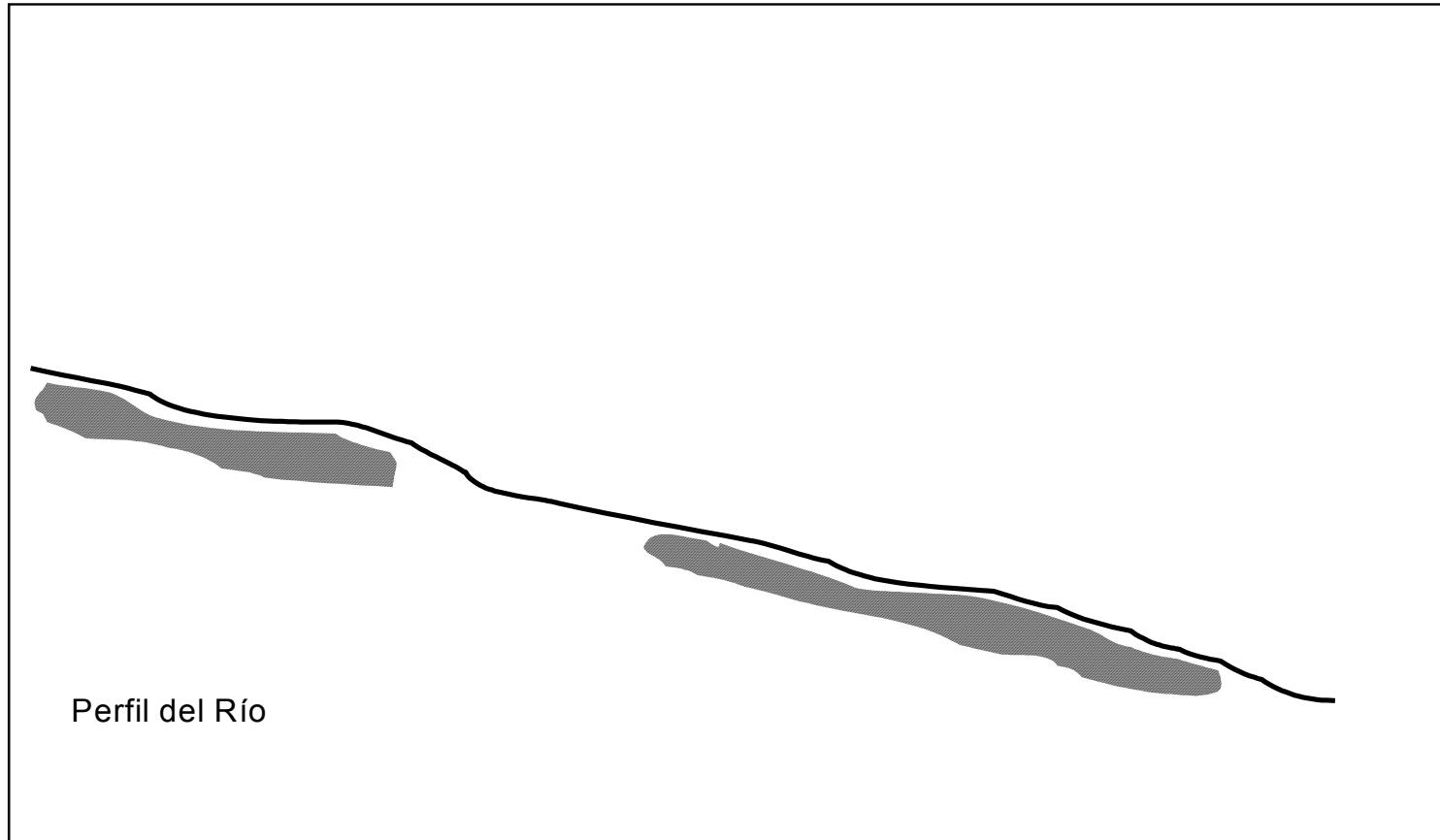
6.2 Descripción del lugar del cauce con signos de erosión, dibuje dimensiones aproximadas, ancho, longitud, grafique sección longitudinal y transversal; indique zona de erosión y sedimentación:



- 6.3 Levantamientos preliminares de la zona. Una vez ubicada la zona vulnerable a la inundación, el Formulador podrá llevar a cabo el levantamiento de los perfiles del río con el auxilio de un teodolito. Los perfiles serán el apoyo para trazar las curvas de nivel en la zona vulnerable.
-
-

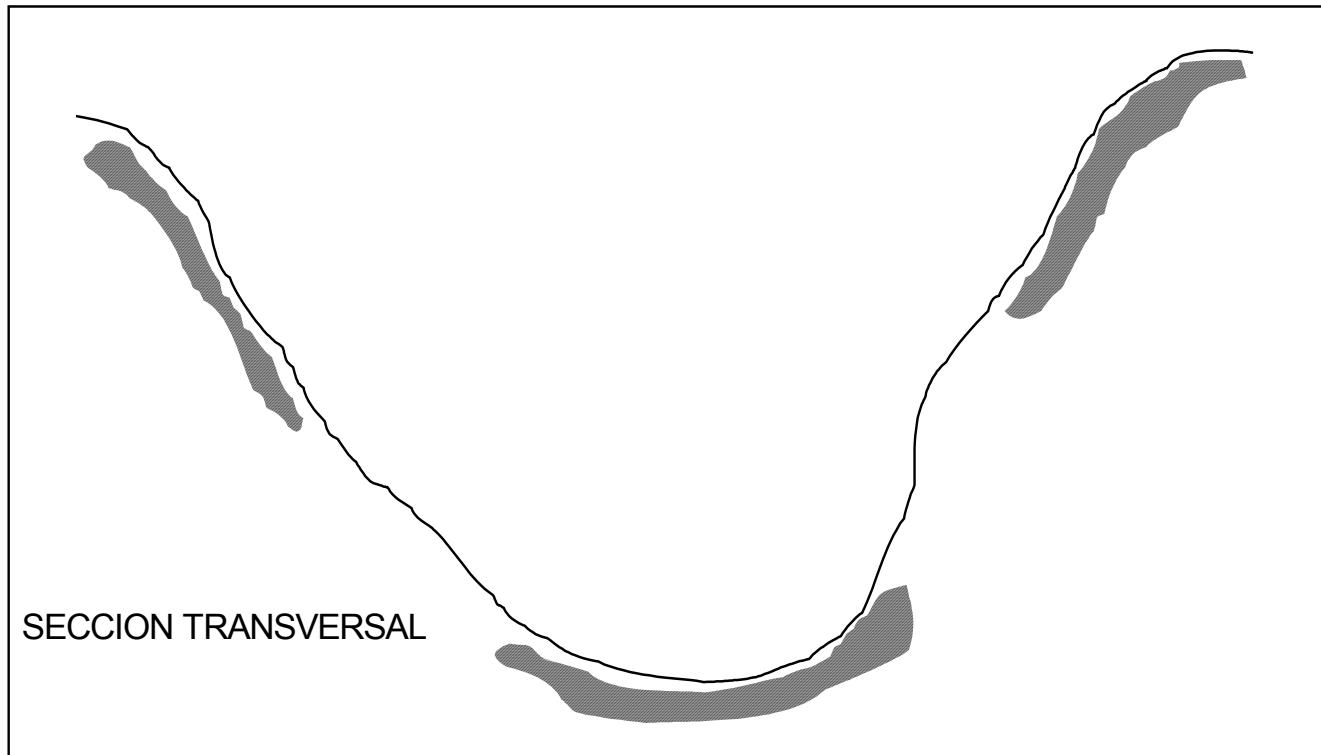


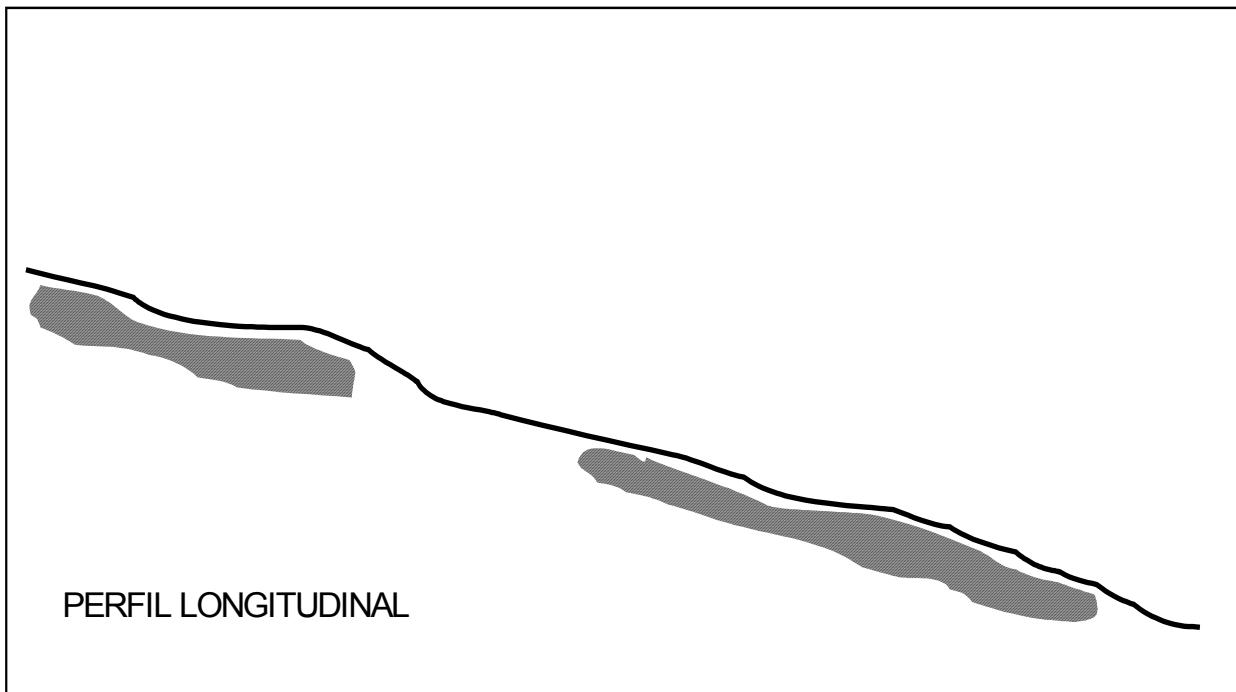
- 6.4 Descripción de la topografía aguas abajo del eje de la obra (especificar las pendientes del cauce, grafique):
Señale pendientes y tipo de sedimentos acumulados: arena, grava o bolonería; también señalar erosión si existiera.



SECCION 7. Geología

7.1 Descripción de la geología de la Zona del Proyecto (Señalar en grafico adjunto):





7.2 Descripción de la geología del cauce o Quebrada (Señalar en grafico anterior) :

7.4 Descripción de la geología aguas abajo del eje de la obra (Señalar en gráfico anterior) :

SECCION 8 . Canteras o Materiales de Préstamo

8.1 Descripción de la zona de canteras:

8.2 Descripción de los volúmenes de material disponible:

8.3 Descripción del programa de investigaciones propuesto para las canteras (considerar la envergadura de la obra):

SECCION 9. Conclusiones y Recomendaciones

ANEXO C

Las Metodología expuesta en este Anexo, no es limitativa, el especialista podrá elegir la metodología que se ajuste a caso analizado.

ANEXO C-1. HIDROLOGIA.

C-1.1 Objetivos del Estudio Hidrológico.

C-1.2 Evaluación de la Hidrología en Cuencas con Información escasa.

 A. Precipitación.

 B. Descargas Máximas e Hidrograma de Avenidas

 B.1 Estimación del Volumen escurrido.

 B.1.1. Coeficiente de Escurrimiento

 B.2. Estimación del Caudal Máximo de Avenidas para Cuencas sin información.

 B.3. Determinación del Hidrograma de Avenidas en una Cuenca NO AFORADA.

 B.4 DISTRIBUCION DE EVENTOS EXTREMOS TIPO I – GUMBEL

 B.4.1. Base Teórica

 B.4.2. Distribución Probabilística de las descargas anuales máximas.

 B.4.3. Relación del caudal máximo anual con la Probabilidad de Ocurrencia.

 B.5. Laminación del Flujo en el cauce considerando obras de Retención.

 C. Transporte de Sedimentos.

ANEXO C

ANEXO C-2. HIDRAULICA FLUVIAL

C-2.1 Sistema Fluvial.

C-2.2 Morfología Fluvial.

C-2.3 Otras formaciones en cauces naturales.

C-2.4 Velocidades en un Río

ANEXO C-3. SOCAVACION EN EL CAUCE DEL RIO

C-3.1 Tipos de Socavación.

C-3.2 Socavación General del Cauce.

C-3.3 Otras Ecuaciones usadas para el cálculo de Socavación en cauces.

ANEXO C-1 HIDROLOGIA ^{1 2}



C-1.1. OBJETIVOS

- (a) La determinación del régimen climatológico en el área objeto del proyecto
- (b) Variación de la Precipitación.
- (c) Caudales de las avenidas en los tramos de interés del proyecto.
- (d) Hidrograma de Avenidas para los períodos de retorno requeridos en la zona de estudio.
- (e) Tránsito de la avenida en cauces.
- (f) Transporte de Sedimentos

¹ Hidrología para Ingenieros. Linsley.

² Planificación y Diseño de Obras Hidráulicas. Notas de Clase. T. Velásquez. UNALM

C-1.2. EVALUACION DE LA HIDROLOGIA EN CUENCAS CON INFORMACION ESCASA.

A .PRECIPITACION

La descripción del régimen climatológico del área del proyecto es de suma importancia. Esta información debe de ser contrastada con la Cartografía e Hidro- Meteorología ya que los rendimientos hídricos en las Cuencas en el país están directamente relacionados con el sitio de la Cuenca que se desea evaluar. Por ejemplo, en las partes altas de la Cuenca, los rendimientos son mayores que en las partes bajas y situación que va ligada a las precipitaciones suscitadas a diferentes altitudes y algunas veces al aporte de los glaciares existentes. Una forma de describir la información Climatológica y Precipitaciones en una cuenca con información escasa, es mediante el reconocimiento de campo, conversaciones con los lugareños y el apoyo en información de trabajos existentes cercanos a la zona del Proyecto. La precipitación puede ser determinada a través señales dejadas en el área del Proyecto y complementada su evaluación con la información regional de lluvias en la cual es posible contar con la magnitud de la misma a diferentes altitudes. De este modo, se podrá contar con una evaluación de la precipitación media Anual aproximada y sus tendencias mensuales para definir meses más lluviosos o más secos. Estos estimativos se complementan con registros de estaciones pluviométricas, aun cuando estos registros sean deficientes.

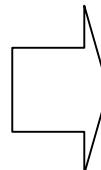
B. DESCARGAS MAXIMAS E HIDROGRAMA DE AVENIDAS.³

B .1. Estimación del Volumen Escurrido.

Se puede realizado en forma directa o en forma indirecta.

El **método directo** se basa en la observación de la serie histórica de caudales obtenidos en la estaciones de aforo del río en donde a mayor longitud de registro, se obtendrán mejores resultados. En caso de obtener aforos alejados del lugar del Proyecto, pero en la misma cuenca, se hará una corrección de acuerdo a la Superficie de las Cuencas en estudio.

El **método indirecto** es muy útil en cuencas pequeñas en los que no se tienen estaciones de aforo y por consiguiente se carece de datos; está basado en tres factores: **la intensidad de precipitación, el área de la cuenca y el coeficiente de Escurrimiento.**



$$V_m = AP_m C$$

V_m = Volumen medio anual escurrido en m³.

P_m = Precipitación media anual en metros. Obtenida de Estaciones cercanas.

C = Coeficiente de escurrimiento, obtenido en forma directa o por comparación.

A = Área de la cuenca de captación en m². El área de la cuenca de captación es delimitada a partir del sitio identificado para plantear la protección.

³ Manual de Diseño de Pequeñas Presas. Notas de Clase. Ing. Teresa Velásquez B.

B.1.1. Coeficiente de Escurrimiento

La metodología mostrada utiliza el Método de Comparación para el cálculo del Volumen Medio Anual Escurrido. Este método se usa cuando no se disponen de datos hidrométricos y se basa en la determinación del coeficiente de escurrimiento por comparación con cuencas similares teniendo en cuenta el área, geomorfología de la Cuenca, cobertura vegetal, etc. Existen tablas como la que se presenta a continuación que relaciona el coeficiente de escurrimiento con los parámetros mencionados dando un valor de "C" aproximado.

Tabla para el cálculo del coeficiente de escurrimiento tomando en cuenta el Área de la Cuenca, Precipitación y Cobertura Vegetal

Tomando en cuenta el área de la cuenca.

ÁREA DE LA CUENCA (Km ²)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Hasta 10	20 %
Entre 10 y 100	15 %
Entre 100 y 500	10 %
Mayores de 500	5 %

Tomando en cuenta la precipitación :

PRECIPITACIÓN (mm)	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Hasta 800	0 a 5 %
Entre 800 y 1200	5 a 15 %
Entre 1200 y 1500	15 a 35 %
Mayores de 1500	35 %

Tomando en cuenta la vegetación :

CLASES DE TERRENO	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO
Terrenos cultivados	1 a 30 %
Pastos	5 a 20 %
Arenas boscosas	25 a 50 %
Terrenos sin cultivo	

La forma de usar la tabla es como sigue:

Supongamos que tenemos un área de 110 Km². Con una precipitación media anual de 900 mm. y el terreno es sin cultivo. El valor de " C " variará entre 13 % y 25 % ; se adoptará el valor de " C " de acuerdo a las características físicas del lugar ; a menor pendiente menor será el valor de " C " a mayor pendiente mayor será el valor de " C ".

Según el área	C =	10 a 15
Según la precipitación	C =	5 a 15
Por cobertura vegetal	C =	25 a 50
	Sumando	40 a 75
	Promedio	13 a 25

B.2. Estimación del Caudal Máximo de Avenidas para Cuencas sin información.

1

Uno de los escasos Estudios realizados en el Perú relacionado al calculo de caudales máximos históricos, es el elaborado por la Misión Alemana en el Perú para la Evaluación Potencial Hidroeléctrico Nacional, en la que se determinaron las curvas envolventes de caudales máximos históricos y curvas de Creager para 7 regiones del País (Fig 1 y 2) estas se encuentran graficadas en papel doble Log. Teniendo como ordenados los caudales específicos en $m^3/\text{seg}/\text{Km}^2$ y como abscisas las áreas en Km^2 . Por lo tanto si se tiene una cuenca sin datos, lo que se debe hacer es determinar su área de drenaje, la región a la que pertenece, usar la curva correspondiente y estimar el caudal máximo, para mayores detalles remitirse a la evaluación de máximas avenidas de la evaluación del potencial hidroeléctrico nacional. La figura 2 presenta las envolventes de la región 6.

2

Determinación del caudal máximo de avenidas por el método sección - pendiente.

Este método permite conocer el caudal máximo en forma semidirecta, se basa en la Ecuación de Manning y servirá de comparación con el caudal determinado en las curvas envolventes. Con la ayuda un nivel de ingeniero se puede obtener el perfil del fondo y el perfil de las huellas dejadas por las máximas avenidas además de la sección transversal. Ver Fig 3 y 4 de los que se puede obtener los datos necesarios para aplicar la Fórmula de Manning.

La pendiente es la del lecho y se puede obtener del perfil calculando la pendiente promedio. El coeficiente de rugosidad (n), se estima utilizando los valores propuestos por Norton, Cuadro No 1. Se puede calcular tantos caudales como secciones transversales se tomen, el caudal máximo será el promedio de estos. Este valor obteniendo puede incrementar en un porcentaje conservador de 1.3 para tener el valor de la avenida máxima probable.

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

Q	=	caudal en m^3/s
n	=	coeficiente de rugosidad
R	=	radio hidráulico
R	=	A/P
A	=	área en m^2 .
P	=	perímetro mojado en metros
S	=	pendiente por metro

Cuadro No 1 -COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (n) PROPUESTOS POR NORTON

SUPERFICIE	CONDICIONES DE LAS PAREDES			
	PERFECTAS	BUENAS	MEDIANAMENTE BUENAS	MALAS
CORRIENTES NATURALES:				
1. Limpios, bordos rectos llenos de hendiduras ni charcos profundos	0.025	0.0275	0.030	0.033
2. Igual a (1) pero con algo de hierbas y piedras	0.030	0.033	0.035	0.040
3. Sinuoso, algunos charcos y escollos limpios.	0.033	0.035	0.040	0.045
4. Igual al (3), de poco tirante, con pendiente y sección menos eficiente.	0.040	0.045	0.050	0.055
5. Igual al (3), algo de hierbas y piedras.	0.035	0.040	0.045	0.050
6. Igual al (4), secciones pedregosas.	0.045	0.050	0.055	0.060
7. Ríos perezosos, cauce con hierbas o con charcos profundos.	0.050	0.060	0.070	0.080
8. Playas con muchas hierbas.	0.075	0.100	0.125	0.150

FIGURA 1.
Estudios realizados en el Perú relacionado al cálculo de caudales máximos históricos, elaborado por la Misión Alemana en el Perú para la Evaluación Potencial Hidroeléctrico Nacional.



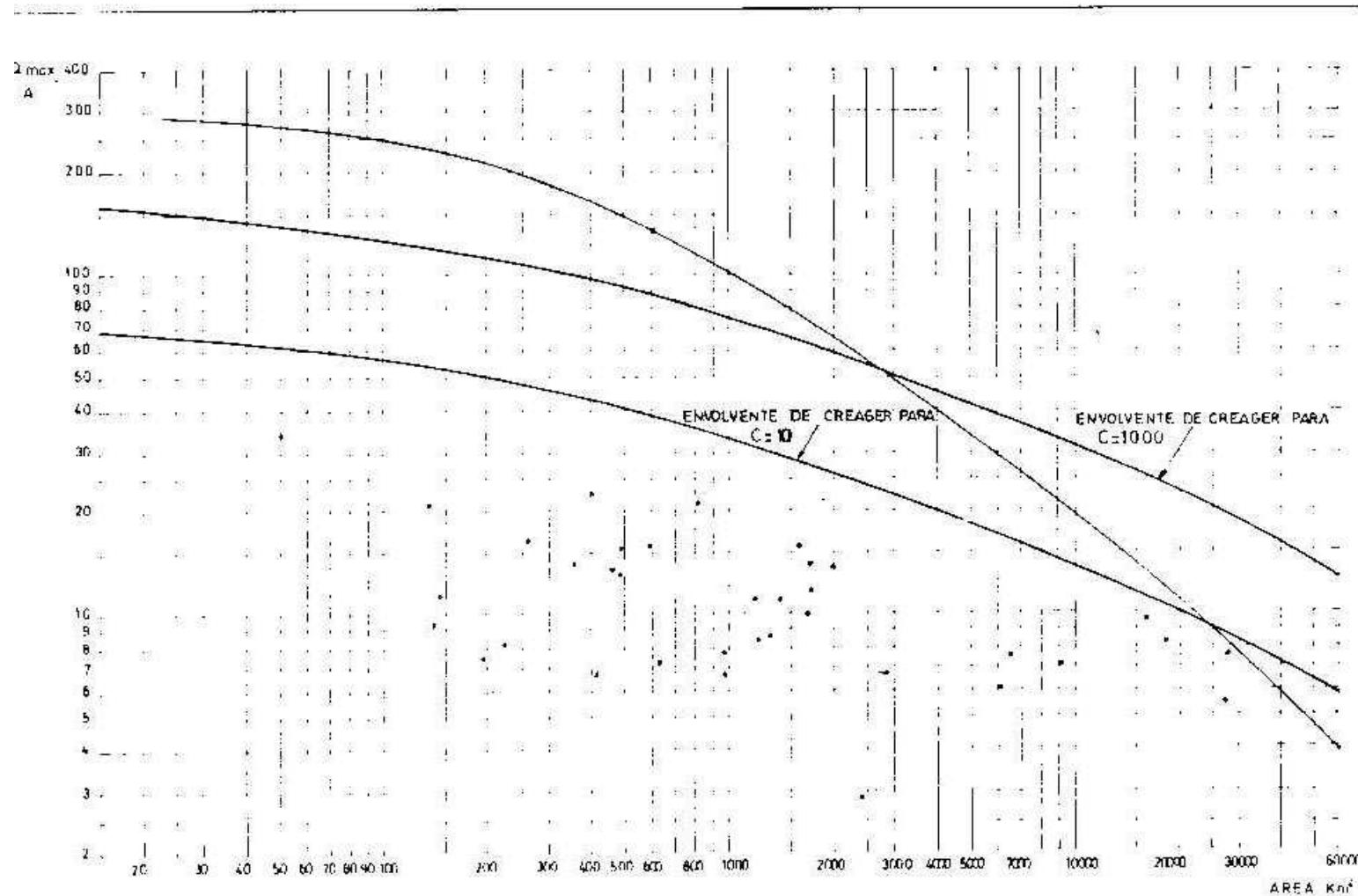
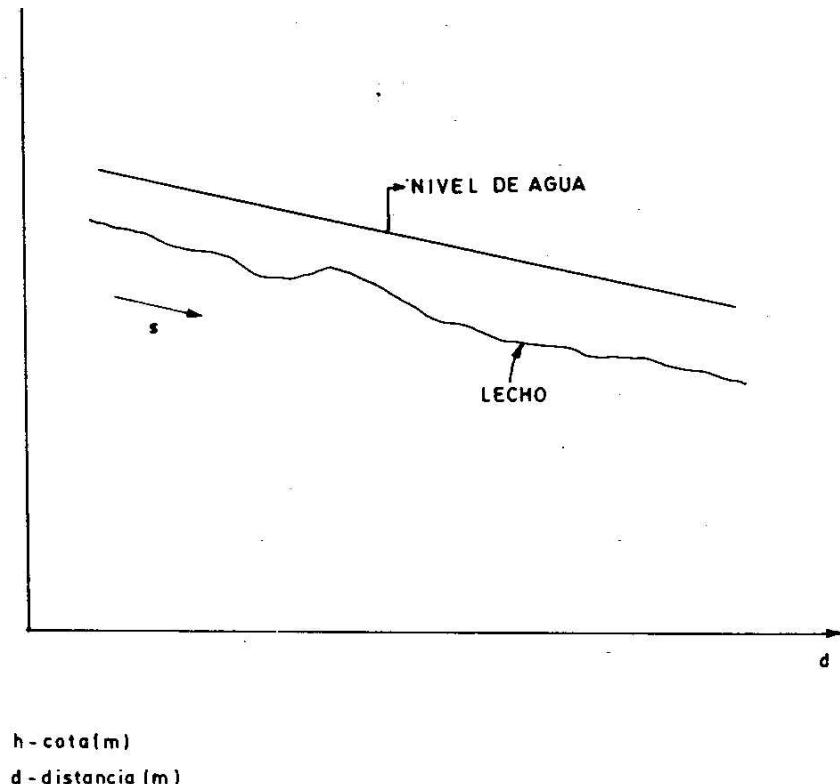
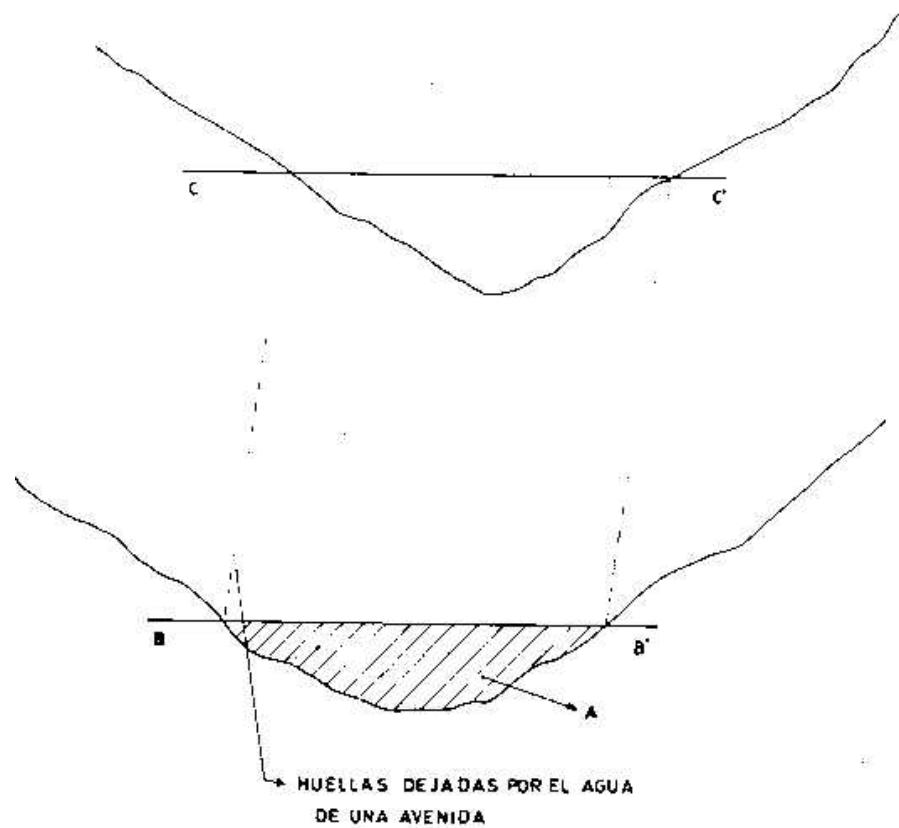


FIGURA 2.
Curvas envolventes de caudales máximos históricos y curvas de Creager para la Región 6 del País.



B.3. Determinación del Hidrograma de Avenidas en una Cuenca NO AFORADA.

Para determinar del Hidrograma de Avenidas existen diferentes metodologías, como por ejemplo las citadas en: (a) Aparicio M. F., Fundamentos de Hidrología Superficial. Limusa – Noriega Editores, 1997, (b) Ven Te Chow – David R. Maidment, Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill, 1994, y otros autores.

El especialista adoptara la metodología mas adecuada de acuerdo al caso.

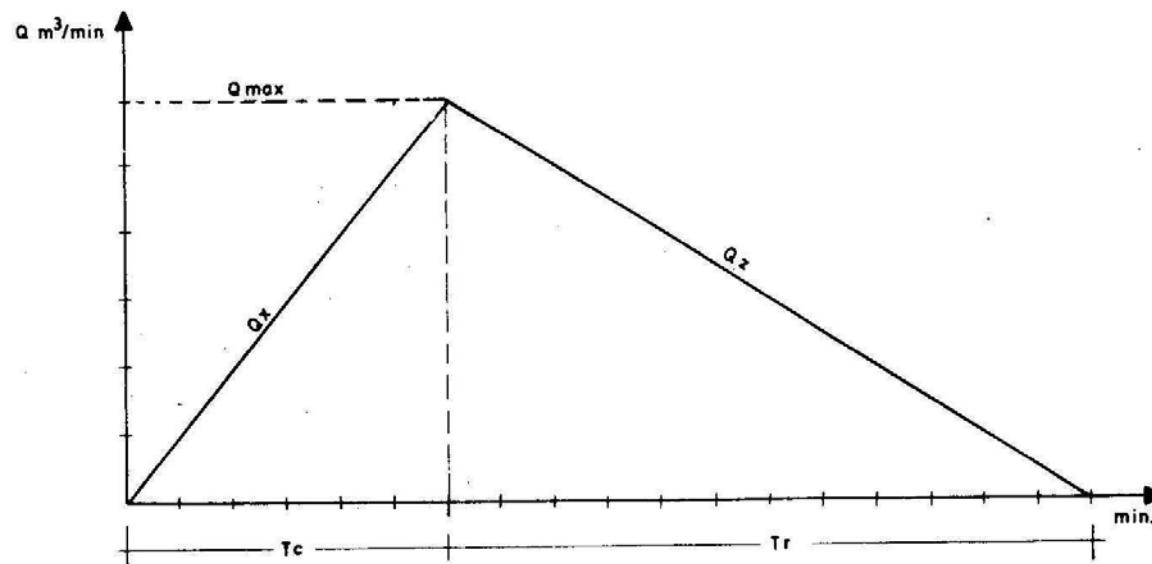


FIGURA 5. Hidrograma Triangular Unitario obtenido con la metodología a ser seleccionada.

B.4 DISTRIBUCION DE EVENTOS EXTREMOS TIPO I –GUMBEL

Se ha considerado importante el desarrollo de la Distribución de Eventos Extremos, por ser una de las metodologías más usadas para el análisis de Caudales de Máximas avenidas Anuales. La Probabilidad de Ocurrencia de un evento se determina conociendo el Período de Retorno, sin embargo, el usuario también podría partir su análisis contando con una serie de caudales para la zona en estudio, es entonces que puede aplicar la metodología de Distribución de Eventos Extremos Tipo I – GUMBEL y calcular la Probabilidad de Ocurrencia del evento, valor sumamente representativo en el cálculo de los Beneficios Anuales de un Proyecto^{4 5 6}.

B.4.1. Base Teórica.

Si: X_1, X_2, \dots, X_n son valores extremos observados en “n” muestras de igual tamaño “N”, entonces, cuando “n” y “N” tienden al infinito, “X”, es una variable distribuida exponencialmente y la probabilidad acumulada “P” de que cualquiera de los n extremos será menor que “X” puede expresarse como:

$$P = e^{-e^{-y}} \quad (1)$$

donde:

$$y = a(x - x_f) \quad (2)$$

$$x_f = x - 0.45005 * s_x \quad (3)$$

$$a = \frac{1.28255}{s_x} \quad (4)$$

En estas expresiones, “y” es la variable reducida, “ s_x ” es la desviación standard de los eventos extremos ocurridos.

La relación (1) expresa una probabilidad de no ocurrencia del evento cuya magnitud es “X”. En este caso el periodo de retorno puede calcularse por la siguiente relación:

⁴ Cost- Benefit análisis for Proposed Major Stormwater Infraestructure. City of Charles Sturt.

⁵ Disaster Loss Assessment Guideline. Economic and Social Cost of the Noth of Queensland January 1998 Floods.

⁶ Making Benefit Estimation Useful. Leonard Shabman

$$T_r = \frac{1}{1 - P} \quad (5)$$

donde $1-P$, expresa la probabilidad de que si ocurra “X” (**probabilidad de ocurrencia**).

En la práctica, los períodos de retorno tienen que calcularse de muestras de tamaño limitado, en cuyo caso las ecuaciones (3) y (4) no pueden ser estrictamente aplicadas.

GUMBEL basado en análisis de mínimos cuadrados sugiere usar:

$$x_f = \bar{x} - s_x \frac{y_n}{s_n} \quad (6)$$

$$a = \frac{s_n}{s_x} \quad (7)$$

donde “ y_n ” y “ s_n ” son variables que dependen del número de años de registro y cuyos valores pueden verse en el Cuadro 2.

B.4.2. Distribución Probabilística de las descargas anuales máximas.

En general la serie anual de un río tiene la propiedad de estar compuesta por los valores extremos de una serie de observaciones efectuadas durante un año. Esto quiere decir que se pueden aplicar la teoría de distribución de extremos tal como ha sido elaborado por GUMBEL y hacer predicciones contando con la información de un cierto número de años.

Por ejemplo si se tiene una serie de serie de descargas anuales máximas; para encontrar la distribución de ellas podemos entonces recurrir a la relación (1) donde vemos que la probabilidad acumulativa de ocurrencia de una cierta magnitud es función del parámetro “y” el que a su vez depende de “ x_f ” y los que pueden ser determinados conociendo el número de años de registro “n”, la desviación standard “ s_x ” de los valores observado y su promedio \bar{x} . Entonces con estos tres valores conocidos, es posible determinar la curva de distribución de las descargas máximas de un río con fines de diseño de cualquier obra de ingeniería de control, almacenamiento o conducción de las aguas de avenidas.

Conociendo “P”, **probabilidad de no ocurrencia**, podemos calcular la **probabilidad de ocurrencia** del evento, es decir $(1-P)$, así también el tiempo de retorno, usando la relación (5).

GUIA METODOLOGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRICOLAS O URBANAS

En la práctica se usa el papel especial de probabilidades de extremos, denominado papel de GUMBEL ó papel GUMBEL aritmético (Ver Figura 6). Para el ploteo de los valores de una serie de descargas anuales máximas, estas deben de ser ordenadas en forma decreciente (de mayor a menor) y luego calcular para cada valor ordenado su correspondiente tiempo de retorno usando la relación:

$$T_r = \frac{n+1}{m} \quad (8)$$

donde:

Tr : período de retorno en años

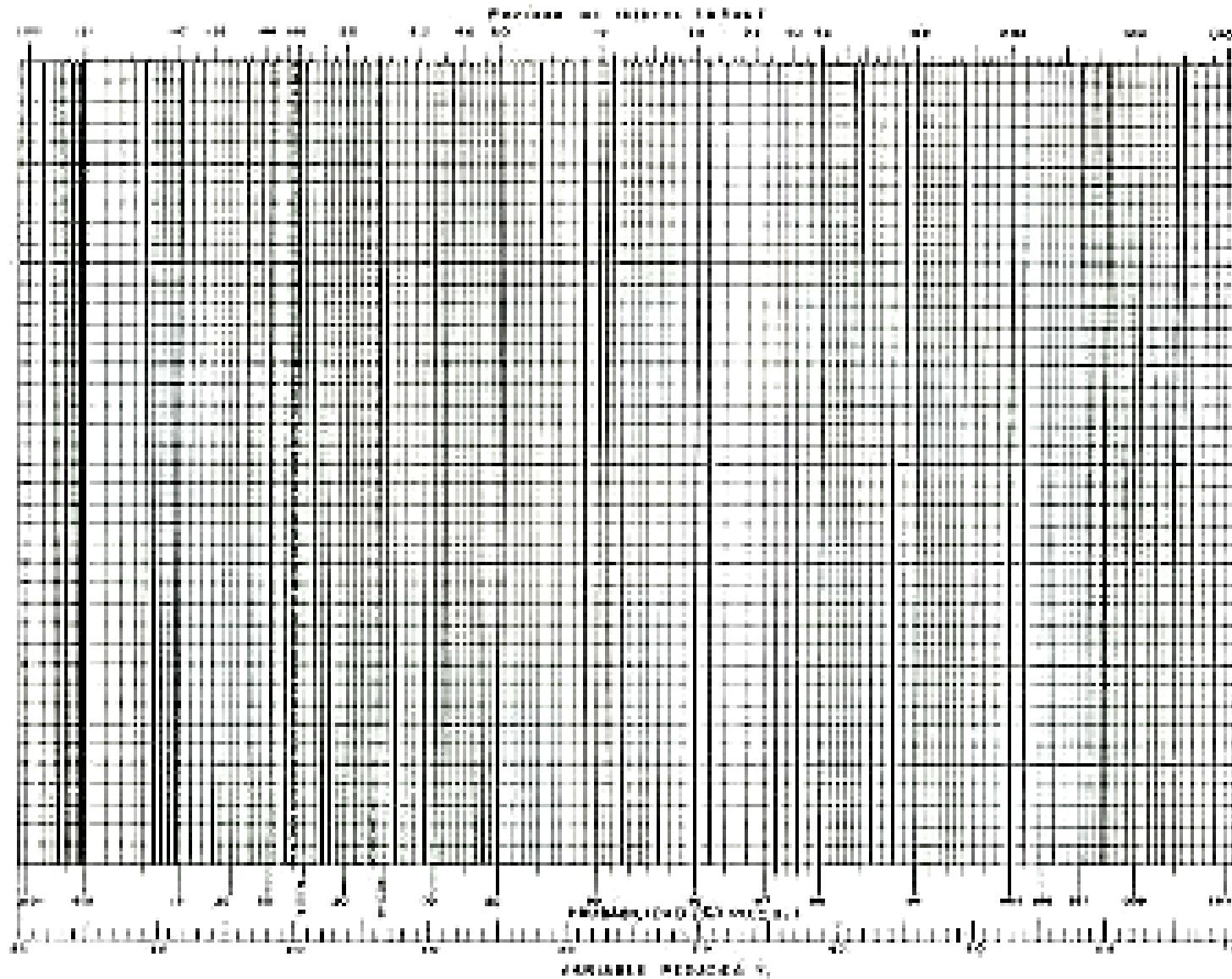
n : número total de máximas descargas anuales observadas o sea el número de años de registro

m : es el número de orden de la magnitud dada cuando todas las descargas anuales observadas son ordenadas en forma decreciente.

Luego se procede a plotear en el papel de GUMBEL, cada valor ordenado con su correspondiente período de retorno. Para determinar la recta teórica de distribución en el papel de GUMBEL, se tomará dos valores cualesquiera dentro del rango de los valores ploteados y haciendo uso de las relaciones encontradas para “y” calculamos la “P” y su periodo de retorno, con lo cual se tendrán las coordenadas de dos puntos a través de los cuales se trazara la recta teórica de distribución.

También se suele usar en forma teórica, una vez determinado el valor de “y”, se puede obtener la probabilidad de ocurrencia, considerando las áreas bajo la función de GUMBEL, las que se muestran en el Cuadro 3.

Figura 6. Papel de GUMBEL Aritmético



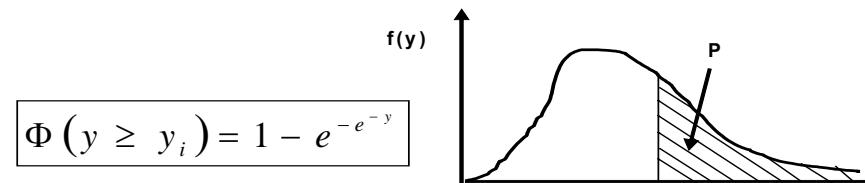
Cuadro 2. Método de GUMBEL, valores de Y_n y S_n

n	Y_n	S_n	n	Y_n	S_n	N	Y_n	S_n
2	0.4043	0.4984	37	0.5418	1.1339	84	0.5576	1.1967
3	0.4286	0.6435	38	0.5424	1.1363	86	0.5580	1.1980
4	0.4458	0.7315	39	0.5430	1.1388	88	0.5583	1.1994
5	0.4588	0.7928	40	0.5436	1.1413	90	0.5586	1.2007
6	0.4690	0.8388	41	0.5442	1.1436	92	0.5589	1.2020
7	0.4774	0.8749	42	0.5448	1.1458	94	0.5592	1.2032
8	0.4843	0.9043	43	0.5453	1.1480	96	0.5595	1.2044
9	0.4902	0.9288	44	0.5458	1.1499	98	0.5598	1.2055
10	0.4952	0.9497	45	0.5463	1.1519	100	0.5600	1.2065
11	0.4996	0.9676	46	0.5468	1.1538	150	0.5646	1.2253
12	0.5035	0.9833	47	0.5473	1.1557	200	0.5672	1.2360
13	0.5070	0.9972	48	0.5477	1.1574	250	0.5688	1.2429
14	0.5100	1.0095	49	0.5481	1.1590	300	0.5699	1.2479
15	0.5128	1.0206	50	0.5485	1.1607	400	0.5714	1.2545
16	0.5157	1.0316	51	0.5489	1.1623	500	0.5724	1.2588
17	0.5181	1.0411	52	0.5493	1.1638	750	0.5738	1.2651
18	0.5202	1.0493	53	0.5497	1.1653	1000	0.5745	1.2685
19	0.5220	1.0566	54	0.5501	1.1667			
20	0.5236	1.0628	55	0.5504	1.1681			
21	0.5252	1.0696	56	0.5508	1.1696			
22	0.5368	1.0754	57	0.5511	1.1708			
23	0.5283	1.0811	58	0.5515	1.1721			
24	0.5296	1.0864	59	0.5518	1.1734			
25	0.5309	1.0915	60	0.5521	1.1747			
26	0.5320	1.0961	62	0.5527	1.1770			
27	0.5332	1.1004	64	0.5533	1.1793			
28	0.5343	1.1047	66	0.5538	1.1814			
29	0.5353	1.1086	68	0.5543	1.1834			
30	0.5262	1.1124	70	0.5548	1.1854			
31	0.5371	1.1159	72	0.5552	1.1873			
32	0.5380	1.1193	74	0.5557	1.1890			
33	0.5388	1.1226	76	0.5561	1.1906			
34	0.5396	1.1255	78	0.5565	1.1923			
35	0.5403	1.1285	80	0.5569	1.1938			
36	0.5410	1.1313	82	0.5572	1.1953			

Fuente: Hidrología en la ingeniería, Germán Monsalve Saénz. 1998.

Cuadro 3

AREAS BAJO LA FUNCION DE GUMBEL



$\Phi(\%)$	y	$\Phi(\%)$	y	$\Phi(\%)$	y
0.01	9.210	14.0	1.892	90.00	-0.834
0.02	8.517	16.0	1.746	91.00	-0.879
0.04	7.824	18.0	1.617	92.00	-0.927
0.06	7.145	20.0	1.500	93.00	-0.928
0.08	7.131	22.0	1.393	94.00	-1.034
0.10	6.908	24.0	1.293	95.00	-1.097
0.15	6.502	26.0	1.201	95.50	-1.097
0.20	6.215	28.0	1.113	96.00	-1.132
0.30	5.809	30.0	1.031	96.50	-1.205
0.40	5.519	32.0	0.952	97.00	-1.255
0.50	5.296	34.0	0.878	98.00	-1.364
0.60	5.113	36.0	0.807	98.20	-1.391
0.70	4.959	38.0	0.738	98.40	-1.42
0.80	4.825	40.0	0.671	98.60	-1.451
0.90	4.706	42.0	0.607	98.80	-1.487
1.00	4.600	44.0	0.545	99.00	-1.527
1.20	4.417	46.0	0.484	99.10	-1.55
1.40	4.261	48.0	0.425	99.20	-1.574
1.61	4.127	50.0	0.367	99.30	-1.602
1.80	4.009	52.0	0.309	99.40	-1.632
2.00	3.902	54.0	0.253	99.50	-1.667
2.50	3.677	56.0	0.197	99.60	-1.709
3.00	3.492	58.0	0.142	99.70	-1.759
3.50	3.335	60.0	0.087	99.80	-1.827
4.00	3.199	62.0	0.033	99.85	-1.872
4.50	3.078	64.0	-0.021	99.90	-1.933
5.00	2.970	66.0	-0.076	99.92	-1.964
6.00	2.782	68.0	-0.131	99.94	-2.004
7.00	2.626	80.0	-0.476	99.96	-2.057
8.00	2.486	82.0	-0.539	99.98	-2.142
9.00	2.361	84.0	-0.606	99.99	-2.22
10.00	2.270	86.0	-0.676		
12.00	2.058	88.0	-0.752		

Fuente: Estadística Aplicada a la Hidrología, Ing. Abel Mejia M. 1985.

Se ha efectuado el análisis de caudales máximos anuales de La Achirana utilizando el método de GUMBEL. Esta estación esta en el río ICA, y cuenta con un período de información de caudales máximos anuales de 77 años, correspondientes al período 1922 a 1998 (Ver Cuadro 4).

Cuadro 4

**ANALISIS DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO ICA
LA CHIRANA, PERIODO 1922 - 1998**

No.	Año	Caudal Máximo Anual (M ³ /s)	No.	Año	Caudal Máximo Anual (M ³ /s)	No.	Año	Caudal Máximo Anual (M ³ /s)	No.	Año	Caudal Máximo Anual (M ³ /s)
1	1922	204	21	1942	275	41	1962	116	61	1982	133
2	1923	207	22	1943	237	42	1963	300	62	1983	350
3	1924	136	23	1944	227	43	1964	112	63	1984	100
4	1925	158	24	1945	79	44	1965	168	64	1985	115
5	1926	109	25	1946	297	45	1966	140	65	1986	155
6	1927	140	26	1947	44	46	1967	350	66	1987	48
7	1928	102	27	1948	134	47	1968	46	67	1988	101
8	1929	141	28	1949	198	48	1969	80	68	1989	99
9	1930	112	29	1950	59	49	1970	180	69	1990	107
10	1931	76	30	1951	213	50	1971	55	70	1991	126
11	1932	220	31	1952	134	51	1972	114	71	1992	16
12	1933	320	32	1953	275	52	1973	146	72	1993	104
13	1934	320	33	1954	164	53	1974	103	73	1994	167
14	1935	171	34	1955	246	54	1975	165	74	1995	370
15	1936	153	35	1956	104	55	1976	188	75	1996	141
16	1937	79	36	1957	153	56	1977	167	76	1997	54
17	1938	162	37	1958	41	57	1978	38	77	1998	817
18	1939	153	38	1959	80	58	1979	79			
19	1940	64	39	1960	69	59	1980	66			
20	1941	51	40	1961	68	60	1981	127			

1998 : Obtenida por método Pendiente

Fuente : PETACC-WOL, 1998

Siguiendo la metodología de GUMBEL se ha procedido con el análisis de las descargas máximas anuales de la estación La Achirana, los cálculos efectuados se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5**ESTACION LA ACHIRANA - ANALISIS DE CAUDALES MAXIMOS ANUALES POR METODOD DE GUMBEL : PERIODO 1022-1998**

Año	Q max (m ³ /s)	m	Q max Ord. Decr. (m ³ /s)	Tr=(n+1)/m (años)	Prob.(%) De Ocur.
1922	204	1	817	78.00	1.28
1923	207	2	370	39.00	2.56
1924	136	3	350	26.00	3.85
1925	158	4	350	19.50	5.13
1926	109	5	320	15.60	6.41
1927	140	6	320	13.00	7.69
1928	102	7	300	11.14	8.97
1929	141	8	297	9.75	10.26
1930	112	9	275	8.67	11.54
1931	76	10	275	7.80	12.82
1932	220	11	246	7.09	14.10
1933	320	12	237	6.50	15.38
1934	320	13	227	6.00	16.67
1935	171	14	220	5.57	17.95
1936	153	15	213	5.20	19.23
1937	79	16	207	4.88	20.51
1938	162	17	204	4.59	21.79
1939	153	18	198	4.33	23.08
1940	64	19	188	4.11	24.36
1941	51	20	180	3.90	25.64
1942	275	21	171	3.71	26.92
1943	237	22	168	3.55	28.21
1944	227	23	167	3.39	29.49
1945	79	24	167	3.25	30.77
1946	297	25	165	3.12	32.05
1947	44	26	164	3.00	33.33

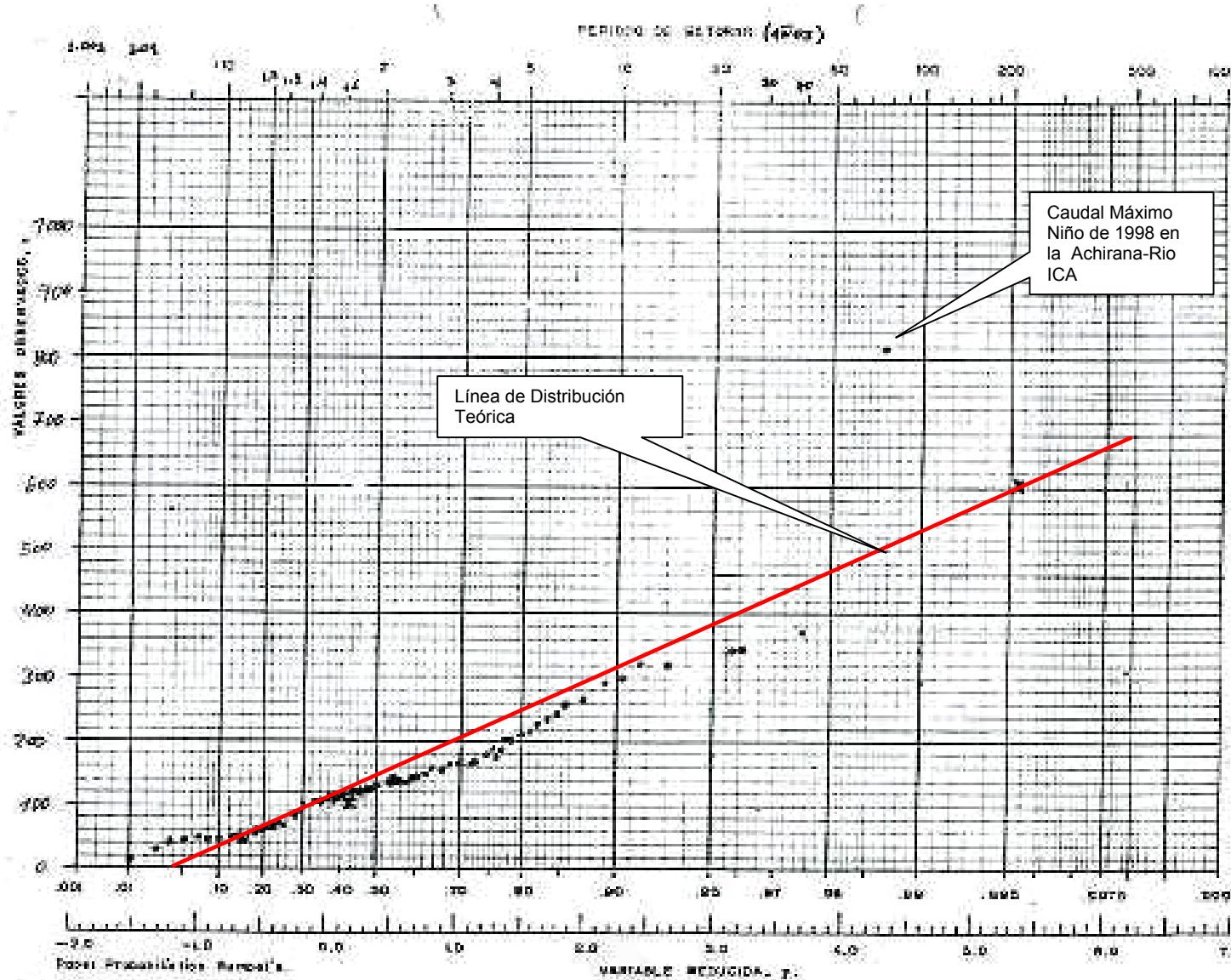
n = 77	Prom $\bar{x}_i = 154.7792$
Desv. Standat = 111.6401	n + 1 = 78

Año	Q max (m ³ /s)	m	Q max Ord. Decr. (m ³ /s)	Tr=(n+1)/m (años)	Prob.(%) De Ocur.
1948	134	27	162	2.89	34.62
1949	198	28	158	2.79	35.90
1950	59	29	155	2.69	37.18
1951	213	30	153	2.60	38.46
1952	134	31	153	2.52	39.74
1953	275	32	153	2.44	41.03
1954	164	33	146	2.36	42.31
1955	246	34	141	2.29	43.59
1956	104	35	141	2.23	44.87
1957	153	36	140	2.17	46.15
1958	41	37	140	2.11	47.44
1959	80	38	136	2.05	48.72
1960	69	39	134	2.00	50.00
1961	68	40	134	1.95	51.28
1962	116	41	133	1.90	52.56
1963	300	42	127	1.86	53.85
1964	112	43	126	1.81	55.13
1965	168	44	116	1.77	56.41
1966	140	45	115	1.73	57.69
1967	350	46	114	1.70	58.97
1968	46	47	112	1.66	60.26
1969	80	48	112	1.63	61.54
1970	180	49	109	1.59	62.82
1971	55	50	107	1.56	64.10
1972	114	51	104	1.53	65.38
1973	146	52	104	1.50	66.67

Año	Q max (m ³ /s)	m	Q max Ord. Decr. (m ³ /s)	Tr=(n+1)/m (años)	Prob.(%) De Ocur.
1974	103	53	103	1.47	67.95
1975	165	54	102	1.44	69.23
1976	188	55	101	1.42	70.51
1977	167	56	100	1.39	71.79
1978	38	57	99	1.37	73.08
1979	79	58	80	1.34	74.36
1980	66	59	80	1.32	75.64
1981	127	60	79	1.30	76.92
1982	133	61	79	1.28	78.21
1983	350	62	79	1.26	79.49
1984	100	63	76	1.24	80.77
1985	115	64	69	1.22	82.05
1986	155	65	68	1.20	83.33
1987	48	66	66	1.18	84.62
1988	101	67	64	1.16	85.90
1989	99	68	59	1.15	87.18
1990	107	69	55	1.13	88.46
1991	126	70	54	1.11	89.74
1992	16	71	51	1.10	91.03
1993	104	72	48	1.08	92.31
1994	167	73	46	1.07	93.59
1995	370	74	44	1.05	94.87
1996	141	75	41	1.04	96.15
1997	54	76	38	1.03	97.44
1998	817	77	16	1.01	98.72

Con los resultados expuestos en el Cuadro 4, se ha graficado en el papel de distribución de GUMBEL los caudales máximos anuales ordenados en forma decreciente versus y su tiempo de retorno correspondiente, tal como se presenta en la Figura 7.

Figura 7 : Análisis de Máximas Descargas Anuales de La Achirana por método de GUMBEL



En la Figura 7, se ha trazado la línea teórica de distribución de los caudales máximos anuales observados en la estación La Achirana del río Ica. Esta curva de tendencia nos permite determinar las descargas máximas del río Ica a la altura de La Achirana con fines de diseño de cualquier obra de ingeniería de control, almacenamiento o conducción de las aguas de avenidas.

B.4.3. Relación del caudal máximo anual y el Período de Retorno.

En las Figura 8, se muestra la relación entre el caudal máximo anual y el Período de Retorno, aquí se puede apreciar que los caudales máximos de mayor valor con el del niño de enero de 1998 (817 m³/s) tienen un período de retorno de 78 años, es decir que se presentaran con menor frecuencia que los caudales máximos que sean menores a 50 m³/s, que se presentaran cada año.

De igual manera en la Figura 9, que relaciona el caudal máximo y su probabilidad de ocurrencia, indica que los caudales máximos tienen una probabilidad de ocurrencia menor que los caudales máximos de menor valor, como es el caso del caudal ocurrido en el niño de 1998, que tiene una probabilidad de ocurrencia de 1.28%.

Figura 8

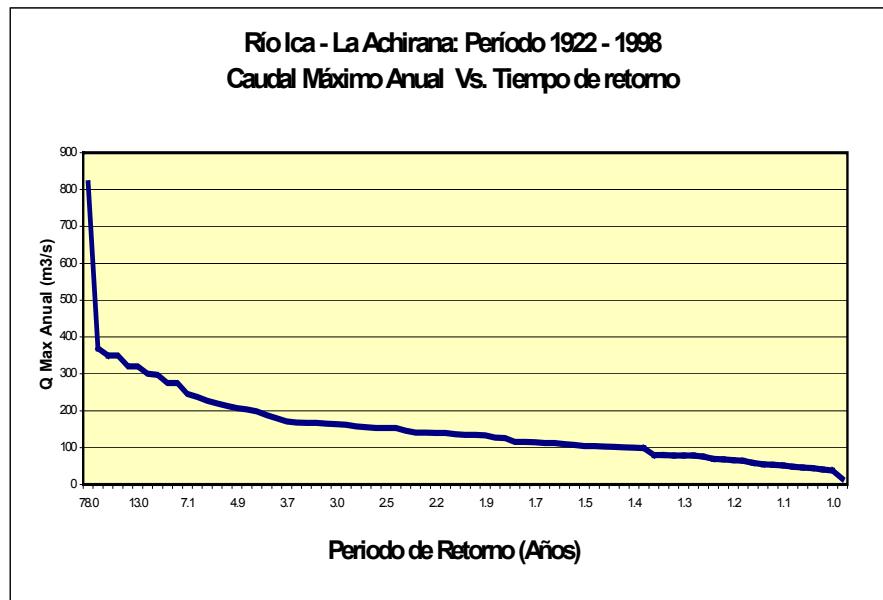
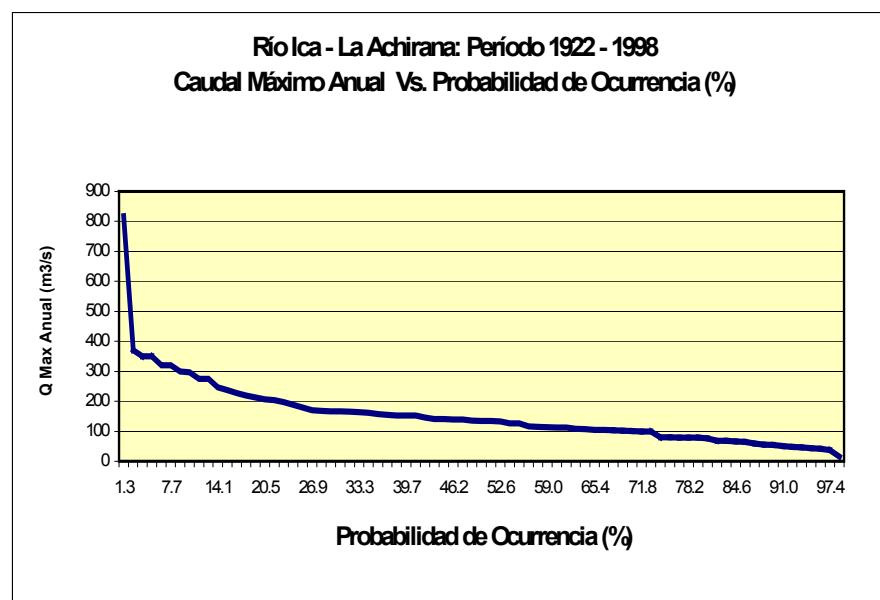


Figura 9



B.5. Laminación del flujo en el cauce considerando obras de retención.

LAMINACION EN VASOS

Ecuación Básica :

$$\text{Ingreso} - \text{Egreso} = \text{Almacenamiento}$$

$$I - O = S$$

Cuando Δt es razonablemente pequeña, el Hidrograma puede aproximadamente a incrementa el caudal representados por líneas rectas :

$$\frac{1}{2} (I_1 + I_2) \Delta T - \frac{1}{2} (O_1 + O_2) \Delta T = V_2 - V_1,$$

ó

$$\frac{V_2}{\Delta T} + \frac{O_2}{2} = \frac{V_1}{\Delta T} - \frac{O_1}{2} + \frac{1}{2} (I_1 + I_2)$$

V Volumen Almacenado (m^3).

I Caudal Máximo de Avenidas y de Ingreso del Hidrograma (m^3/s), calculado en b.3.

O Caudal de Salida (m^3/s).

ΔT Intervalo de tiempo.

INTRODUCIENDO EL PARAMETRO N :

$$N = \frac{V}{\Delta T} + \frac{O}{2}$$

Se obtiene :

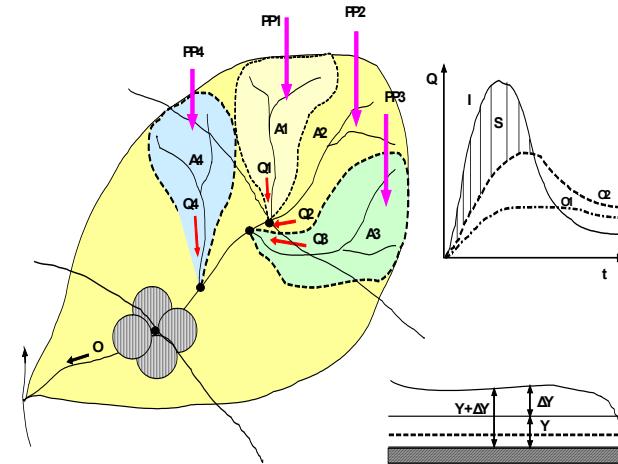
$$N_2 = N_1 + \frac{1}{2} (I_1 + I_2) - O_1$$

ó

$$\Delta N = N_2 - N_1 = I - O_1$$

I, es el caudal máximo de Avenidas Medio de entrada.

A continuación, se realizan los cálculos para obtener el parámetro N y Gráficar N vs el caudal de salida O.



Este diagrama proporciona la información necesaria para el tránsito y nos dà la relación referida entre el tiempo y el caudal de descarga (O). Finalmente, se gráficá el Hidrograma de salida y se determina el tiempo entre picos de ingreso y picos descarga.

La Tabla de solución para el Tránsito se explica como sigue :

1. Se elige un valor adecuado de intervalo de tiempo Δt (Δt debe ser el mismo valor elegido desde el Inicio)
2. Se calculan los datos conocidos del Cuadro del tránsito (Hidrograma de Avenidas)
3. Se calcula, $\Delta N_1 - 2 = I_1 - 2 - O_1$
4. Se calcula, $N_2 = N_1 + \Delta N_1 - 2$
5. Con el valor de N_2 , ingresar al Gráfico N vs el caudal salida hallar O_2
6. Se repitan los ítems 3,4 y 5. Hasta que el flujo de salida corte al Hidrograma de avenidas.

C. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.^{7 8}

La determinación de la carga de sedimentos que puede llegar al lugar donde se proyectará una OBRA DE CONTROL Y/O PROTECCION DE INUNDACIONES, constituye uno de los problemas que se presentan en el estudio hidrológico porque la información sobre sedimentos es inexistente.

Para estimar la carga de sedimentos se presentan dos procedimientos, existen otros métodos que el especialista podría utilizar dependiendo del caso:

PROCEDIMIENTO 1. Asignar una carga específica (toneladas por Km2 por año) de transporte de sedimentos⁹ de la corriente hasta el sitio de captación, de acuerdo con las características de la lluvia (pluviosidad media anual) y de la cuenca (Cobertura vegetal, existencia de zonas potencialmente erosionables, pendiente de la vertiente), y de la composición granulométrica del material del lecho del cauce. Mediante el análisis de estas características se alta o baja productora de corriente como de alta o baja asignación de la carga se hace características de la cuenca con hayan efectuado mediciones

Cobertura Vegetal	n	^a Q _s en Toneladas
Variada, Coníferas	1.02	117
Floresta, pastos altos	0.82	3,523
Pastos Altos y Arbustos	0.65	19,260
Desierto y Arbustos	0.72	37,370

puede clasificar la cuenca como sedimentos por erosión pluvial, y la capacidad de transporte. La luego de comparar las las de otras cuencas en donde se directas de los sedimentos.

PROCEDIMIENTO 2. Aplicar fórmulas empíricas. Fleming¹⁰, que utilizó datos de producción anual de sedimentos de más de 250 Cuencas alrededor del mundo para obtener la ecuación:

$$Q_s = a Q^n$$

Q_s= Tasa Media Anual de Transporte en suspensión en Toneladas.

Q= Caudal Medio Anual en piescúbicos por seg. Para varios tipos de cobertura.

(*) Error esperado 50% aprox.

⁷ Hidrología para Ingenieros. Linsley.

⁸ Hidrología con información escasa. Dr. Gustavo Silva Medina. Colombia. <http://geocities.com>

⁹ Transporte de Sedimentos. Dr. Gustavo Silva Medina. Colombia. <http://geocities.com>

¹⁰ Hidrología para Ingenieros. Linsley

ANEXO C-2. HIDRAULICA FLUVIAL

La hidráulica fluvial de un Río nos da las pautas para proyectar las Obras de Control y/o Protección. En este ítem se vierten algunos conceptos a ser tomados en cuenta ya que todos los ríos están sujetos en mayor o menor grado a procesos de erosión, equilibrio o sedimentación. Un río se considera en estado de equilibrio cuando no varía el perfil del fondo y de las márgenes del cauce y por lo tanto existe compensación entre los sedimentos que son transportados hacia el sitio y desde el sitio; está en estado de erosión o degradación, si el nivel del lecho baja o si las márgenes se desplazan hacia fuera, lo que se presenta cuando la carga de sedimentos es inferior a la capacidad de transporte del flujo de agua, está en estado de sedimentación o gradación, si el nivel del lecho se eleva o si las márgenes se desplazan hacia el interior del cauce y ocurre cuando hay excesos de sedimentos en el cauce.

C-2.1. Sistema Fluvial ¹¹

El sistema fluvial está conformado por la franja por donde transcurre un río desde que nace hasta que muere en el mar, un lago o en otro río. Por simplicidad y conveniencia el sistema fluvial se ha dividido en tres zonas por las que pasa un río al menos una vez a lo largo de su recorrido, (Figura N°10):

- La zona 1, de montaña o de juventud de un río. Corresponde a la parte más alta de la cuenca hidrográfica en donde se originan el caudal y los sedimentos. Está caracterizada por tener fuertes pendientes, velocidades altas y caudales bajos. El cauce transcurre por relieves escarpados y estratos rocosos principalmente. La energía del río se consume en profundizar el cauce.
- La zona 2, intermedia o de madurez de un río. Es la transferencia o transporte de agua y sedimentos de la zona 1 a la zona 3. La energía del río se consume en profundizar y ampliar el cauce. El río forma meandros y entrenamientos.
- La zona 3, aluvial o de vejez de un río. Corresponde a la parte baja en donde el sedimento se deposita. Se caracteriza por tener pendientes bajas, velocidades bajas y altos caudales. El cauce transcurre en estratos aluviales de gran espesor. La tendencia del cauce es a ampliarse.

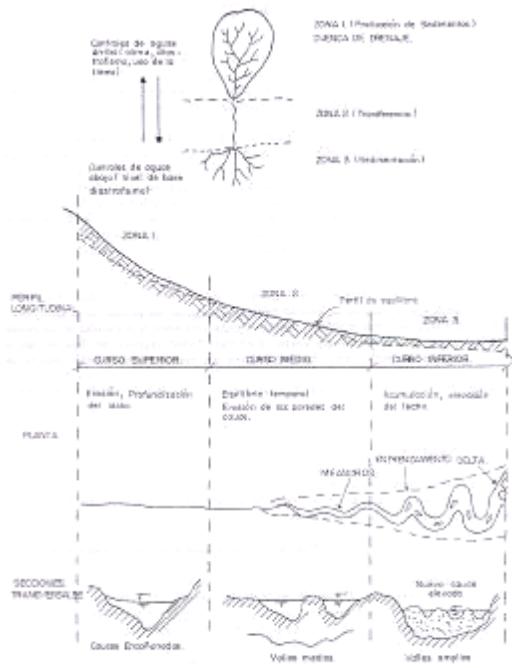


Figura N° 10. Sistema Fluvial según Schumm.

¹¹ Fuente, Socavación de Puentes. Ing. María Elvira Guevara. Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Hidráulica. Universidad del Cauca. 2001.

C-2.2. Morfología Fluvial¹²

El entendimiento de la morfología fluvial se facilita mediante el estudio del alineamiento del cauce y de sus secciones transversales. Las formas de las corrientes de agua son muy variadas y son el resultado de la interacción de muchas variables (caudal, velocidad, pendiente, ancho, profundidad, suelos, etc). Cambios pequeños en una variable llegan a afectar el cauce con consecuencias para la carretera o el sitio de cruce. Así mismo, una carretera o un puente pueden cambiar el comportamiento y el entorno de un río. El cauce de un río presenta tres formas básicas: recto, meandrífico o entrenzado.

- **Si el cauce es recto**

Los cauces rectos se consideran en un estado de transición hacia cauces meandríficos.

- **Cauce meandrífico**

En cauces meandríficos, el talud se mueve transversalmente y origina la formación de curvaturas en forma de S, las que en general, se deben a procesos de erosión y de sedimentación. Las velocidades son más bajas en la parte interna de las curvas dando lugar a sedimentación o formación de barras.

- **Cauce entrenzado**

Un cauce entrenzado consiste de múltiples canales que se entrelazan y separan en el cauce principal. Una causa del entrenamiento es la gran cantidad de carga de lecho que la corriente no es capaz de transportar, siendo la cantidad de material más importante que su tamaño.

El Especialista debe de tomar en cuenta estas características para proyectar las estructuras.

C-2.3. Otras formaciones en cauces naturales¹³

Otras formaciones de sedimentos en los cauces naturales se ilustran en la Figura N° 11.

Rápidos y piscinas, Los cauces naturales pueden presentar caídas y pozos cuando las pendientes del cauce son muy altas. Los coeficientes n de Manning son altos, con valores de aproximadamente 0.035.

Barras, Las barras son formaciones que pueden tener longitud igual al ancho del cauce y alturas comparables a la profundidad media del agua. Varias clases de barras se distinguen: barras formadas en la parte interna de las curvas de un cauce; barras alternadas que se presentan en tramos rectilíneos del cauce; barras transversales que ocupan prácticamente todo el ancho del cauce; barras aguas debajo de confluencias de dos cauces.

¹² Fuente, Socavación de Puentes. Ing. María Elvira Guevara. Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Hidráulica. Universidad del Cauca. 2001.

¹³ IDEM 12.

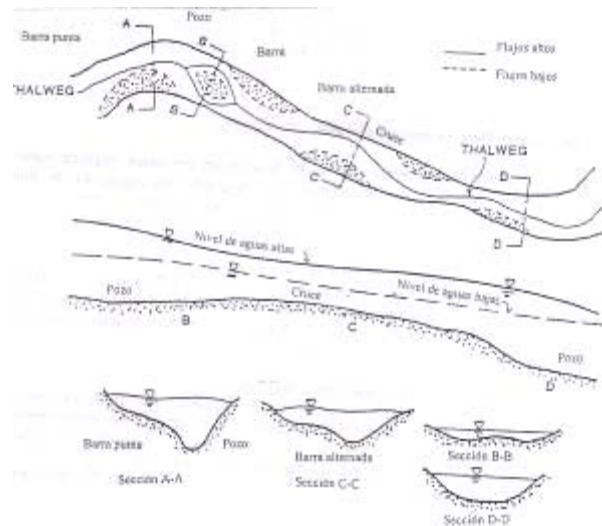


Figura N° 11. Formaciones de barras, pozos, y rápidos en cauces meandríficos.
HEC-20,1991.

C-2.4. Velocidades en un Río.

La Hidráulica de un río debe de ser estudiada considerando los niveles tirantes de agua correspondientes a los períodos de Retorno, pendientes del río, las velocidades de flujo, velocidad del arrastre de sedimentos, socavación a ser considerada en el cauce del río producto de las diferentes velocidades ocurridas en el cauce. Estas variables influyen predominantemente, en las afectaciones del cauce en los diversos tramos del recorrido del río. Es este el caso que se debe de analizar para conseguir atenuar las velocidades ocurridas en las partes altas y medias de la Cuenca. Experiencias de trabajos realizados en Cuencas como la del Río Ica, nos han demostrado que no todas las Sub-Cuencas aportantes al río mencionado tienen los mismos rendimientos, resultando en este caso, la Sub-Cuenca de la Quebrada de Cansas la que concentra los mayores rendimientos. Es así que la ATDR y otros estamentos involucrados concentraron los esfuerzos para la formulación de un proyecto en esta Cuencas que incluya un manejo Integral de la Cuenca de la Quebrada de Cansas. Las Obras realizadas esta Cuenca ha considerado acciones Integrales, que van desde la Reforestación de la Sub-Cuenca de Cansas, hasta la construcción de diques transversales al cauce de la Quebrada. Estas Obras ya fueron expuestas a los caudales suscitados en el año 2002, que fueron los correspondientes a un fenómeno del Niño moderado, no habiéndose tenido repercusiones en la parte baja del Río Ica, principalmente en el tramo que cruza la Ciudad mencionada. Los Cuadros que se adjuntan a continuación son un apoyo para conocer las velocidades medias no erosivas para suelos (Cuadro N° 6 y 7), características de los sedimentos (Cuadro N°8) y ecuaciones para el cálculo de la socavación del cauce (C-3).

Cuadro No 6. Velocidades Medias No erosionables para Surelos Granulares.

**Velocidades medias no erosionables para suelos
granulares (m/s) según Lishtvan - Levediev. Maza J. A., 1987.**

Diámetro Medio (mm)	Profundidad media del Flujo (m)					
	0.40	1.00	2.00	3.00	5.00	Más de 10
0.005	0.15	0.20	0.25	0.30	0.40	0.45
0.05	0.20	0.30	0.40	0.45	0.55	0.65
0.25	0.35	0.45	0.55	0.60	0.70	0.80
1.0	0.50	0.60	0.80	0.75	0.85	0.95
2.5	0.65	0.75	0.80	0.90	1.00	1.20
5.0	0.80	0.85	1.00	1.10	1.20	1.50
10	0.90	1.05	1.15	1.30	1.45	1.75
15	1.10	1.20	1.35	1.50	1.65	2.00
25	1.25	1.45	1.65	1.85	2.00	2.30
40	1.50	1.85	2.10	2.30	2.45	2.70
75	2.00	2.40	2.75	3.10	3.30	3.60
100	2.45	2.80	3.20	3.50	3.80	4.20
150	3.00	3.35	3.75	4.10	4.40	4.50
200	3.50	3.80	4.30	4.65	5.00	5.40
300	3.85	4.35	4.70	4.90	5.50	5.90
400		4.75	4.95	5.30	5.60	6.00
Más de 500			5.35	5.50	6.00	6.20

GUIA METODOLOGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRICOLAS O URBANAS

Cuadro No 7. Velocidades No erosivas para Suelos.

Velocidades no erosivas para suelos (m/s)

Adaptada de Richardson E. V., Simons D. B. y Julien P. Y. 1993.

Clase de Suelo	Tamaño (mm)	Profundidad del agua (m)			
		0.4	1.0	2.0	3.0
Piedras grandes	> 256	4.60	5.09	5.79	6.19
Piedras medianas	256 - 128	3.60	4.08	4.69	5.00
Piedras pequeñas	128 - 64	2.29	2.71	3.11	3.41
Grava muy gruesa	64 - 32	1.58	1.89	2.19	2.50
Grava gruesa	32 - 16	1.25	1.43	1.65	1.86
Grava mediana	16 - 8	1.01	1.13	1.25	1.40
Grava fina	8 - 4	0.79	0.91	1.01	1.16
Grava muy fina	4 - 2	0.67	0.76	0.85	0.94
Arena muy gruesa	2 - 1	0.55	0.64	0.73	0.82
Arena gruesa	1 - 0.5	0.46	0.55	0.64	0.70
Arena media	0.5 - 0.25	0.37	0.46	0.55	0.61
Arena fina	0.25 - 0.125	0.30	0.40	0.49	0.55
Limo arenoso		1.01	1.19	1.40	1.49
Suelos tipo loes en la condición de sedimentación final		0.79	1.01	1.19	1.31
Conglomerado, marga, pizarra y caliza porosa.		2.0	2.5	3.0	3.5
Conglomerado compacto, caliza laminada, arenosa o masiva.		3.0	3.5	4.0	4.5
Arenisca, caliza muy compacta.		4.0	5.0	6.0	6.5
Granito, basalto y cuarcita.		15.0	18.0	20.0	22.0

Cuadro No 8. Clasificación de los Sedimentos por Tamaño.

Clasificación de los sedimentos por tamaño según la American Geophysical Union (Adaptada de Maza J. A., 1987).

Grupo	Clase	Tamaño (mm)
Piedras	Muy grande	2000 a 4000
	Grande	1000 a 2000
	Mediana	500 a 1000
	Pequeña	250 a 500
Guijarros	Grande	130 a 250
	Pequeña	64 a 130
Grava	Muy gruesa	32 a 64
	Gruesa	16 a 32
	Mediana	8 a 16
	Fina	4 a 8
	Muy fina	2 a 4
Arena	Muy gruesa	1 a 2
	Gruesa	0.5 a 1
	Mediana	0.250 a 0.500
	Fina	0.125 a 0.250
	Muy fina	0.062 a 0.125
Limo	Gruesa	0.031 a 0.062
	Mediana	0.016 a 0.031
	Fina	0.008 a 0.016
	Muy fina	0.004 a 0.008
Arcilla	Gruesa	0.002 a 0.004
	Mediana	0.001 a 0.002
	Fina	0.0005 a 0.001
	Muy fina	0.00025 a 0.0005

ANEXOC-3. SOCAVACION EN EL CAUCE DEL RIO¹⁴

La velocidad y las diferentes pendientes que se presentan en el cauce de un río generan socavaciones a lo largo del curso, estas varían según el caso, es por ello que en este ítem se resumen algunos criterios vertidos en la Literatura relacionada a este tópico.

C-3.1 TIPOS DE SOCAVACION

A. SOCAVACION NORMAL O GENERAL

... "Se entiende por socavación Normal el descenso del fondo de un río que se produce al presentarse una creciente y es debida al aumento de la capacidad de arrastre de material sólido que en ese momento adquiere la corriente en virtud de su mayor velocidad" ... (13) , este fenómeno es usual en las partes altas y medias de la cuenca, sin embargo, experiencias de diagnósticos realizados en cuencas diversas de la Costa y Sierra Peruana, han dado resultado de pendientes promedio de 5 a 7 % en la mayoría de los casos, esta pendiente genera de hecho un flujo supercrítico que en su desplazamiento en el cauce del río lleva consigo sedimentos, en este caso expreso de SOCAVACION NORMAL , este transporte es de fondo y con arrastre de material.

B. SOCAVACION EN ESTRECHAMIENTOS

.. "Se entiende por socavación por estrechamientos la que se produce por aumento en la capacidad de arrastre de sólidos que adquiere una corriente cuando su velocidad aumenta por efecto de una reducción de Área Hidráulica de su cauce" ... (13), Esta situación se ve reflejada por diversas situaciones, entre ellas mencionaremos: (1) Presencia de una Obra construida en el cauce de un río, un puente por ejemplo, (2) Asentamiento de una Población a la Ribera de un cauce que es manejado para evitar la erosión con muros de encauzamientos u otra estructura de protección, (3) En Áreas Agrícola donde pobladores manejan el cauce para evitar la erosión con muros de encauzamientos u otra estructura de protección (4) Ganancia de terrenos con fines urbanos y/o Agrícolas (5) En forma natural por la geomorfología del Río. En cualesquiera de los casos citados, el cauce disminuye su Área Hidráulica y por ende se incrementan las velocidades del flujo, este efecto se incrementa en época de avenidas.

C. SOCAVACION EN CURVAS

..."Cuando un río describe una curva existe una tendencia en los filetes líquidos situados más lejos del centro de curvatura a caminar más aprisa que los situados hacia el interior, como consecuencia, la capacidad de arrastre de sólidos de los primeros es mayor en la parte del cauce exterior a la curva que en la interior" (13)

¹⁴ Mecánica de Suelos III. Juárez Badillo.

D. SOCAVACION EN PILAS

... ” Cuando se coloca una pila de puente en la corriente de un río se produce un cambio en las condiciones hidráulicas de esta, y, por lo tanto, en su capacidad para producir el arrastre sólido”....^{15 16 17}

C-3.2 SOCAVACION GENERAL DEL CAUCE

Para la determinación de la SOCAVACION GENERAL DEL CAUCE, se presenta el criterio propuesto por L.L.Lischtván –Lebediev....” *Para aplicar este método, es preciso hacer una serie de clasificaciones ...”¹⁸*, según:

■ CAUCE DEFINIDO

Material Cohesivo: (1) Distribución de materiales Homogeno (2) Distribución de materiales Heterogeneo.

Material No Cohesivo: (1) Distribución de materiales Homogeno (2) Distribución de materiales Heterogeneo.

■ CAUCE NO DEFINIDO

Material Cohesivo: (1) Distribución de materiales Homogeno (2) Distribución de materiales Heterogeneo.

Material No Cohesivo: (1) Distribución de materiales Homogeno (2) Distribución de materiales Heterogeneo.

A. SOCAVACION GENERAL EN CAUCES DEFINIDOS

El cauce es estable y presenta una sección transversal uniforme, el aporte de material en dichas secciones se presenta uniforme....” *La condición para que haya arrastre en las partículas en un punto del fondo es que la velocidad media de la corriente sobre ese punto, denominada velocidad real, v_r , sea más que la velocidad media que se requiere para que el material existente en tal punto sea arrastrado, denominada velocidad erosiva”...¹⁹* , esta situación no se presenta muy comúnmente en los cauces de los ríos ya que normalmente la pendiente de los ríos de la Costa y Sierra Peruana, tienen cambios muy bruscos y fuertes de pendientes en su recorrido. Sin embargo, en los tramos estables donde se podría calificar como CAUCE DEFINIDO, en la mayoría de los ríos peruanos se encuentra material heterogeneo lo que responde al transporte continuo de sedimentos por arrastre de fondo y suspensión debido a las paltas pendientes que conforman los ríos. En la Costa peruana se ha encontrado por lo general material no cohesivo, característica innata de estratos fluviales.

A.1.) Análisis de la socavación general para suelos cohesivos en cauces definidos con rugosidad uniforme

$$v_e = 0.60 \gamma_d^{1.18} \beta H_s^x$$

¹⁵ Mecánica de Suelos III. Juárez Badillo.

¹⁶ Socavación en Puentes. María Elvira Guevara. Universidad del Cauca. Colombia.

¹⁷ Flujo en Canales abiertos . Ven Te Chow.

¹⁸ IDEM 14

¹⁹ River Hydraulics. Novak.

Siendo:

v_e = velocidad erosiva, condición de equilibrio (m/seg) : $V_e = V_r$

γ_d = peso volumetrico del material seco que se encuentra a la profundidad H_s , en ton/m³

β = peso volumetrico del material seco que se encuentra a la profundidad H_s , en ton/m³

H_s = tirante considerado, a cuya profundidad se desea conocer que valor de V_e se requiere para arrastrar y levantar el material, en m.

X = coeficiente variable que esta en función del peso volumétrico γ_d del material seco, en ton/m³. Ver Cuadros No 9 y 10 a continuación.

Cuadro No 9. Probabilidad Anual en que se presenta el Gasto de Diseño.

Probabilidad anual (en %) de que se presente el gasto de diseño	Coeficiente B
100	0.77
50	0.82
20	0.86
10	0.9
5	0.94
2	0.97
1	1.00
0.3	1.03
0.2	1.05
0.1	1.07

VALORES DE X y $1/(1+x)$ PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS

Cuadro No 10.
Valores de X y $1/(1+x)$ para
Suelos Cohesivos y No
Cohesivos.

SUELOS COHESIVOS						SUELOS COHESIVOS					
γ_d (mm)	x	$1/(1+x)$	γ_d (mm)	x	$1/(1+x)$	d (mm)	x	$1/(1+x)$	d (mm)	x	$1/(1+x)$
0.80	0.52	0.66	1.20	0.39	0.72	0.05	0.43	0.70	40.00	0.30	0.77
0.83	0.51	0.66	1.20	0.38	0.72	0.15	0.42	0.70	60.00	0.29	0.78
0.86	0.50	0.67	1.28	0.37	0.73	0.50	0.41	0.71	90.00	0.28	0.78
0.88	0.49	0.67	1.34	0.36	0.74	1.00	0.40	0.71	140.00	0.27	0.79
0.90	0.48	0.67	1.40	0.35	0.74	1.50	0.39	0.72	190.00	0.26	0.79
0.93	0.47	0.68	1.46	0.34	0.75	2.50	0.38	0.72	250.00	0.25	0.80
0.96	0.46	0.68	1.52	0.33	0.75	4.00	0.37	0.73	310.00	0.24	0.81
0.98	0.45	0.69	1.58	0.32	0.76	6.00	0.36	0.74	370.00	0.23	0.81
1.00	0.44	0.69	1.64	0.31	0.76	8.00	0.35	0.74	450.00	0.22	0.83
1.04	0.43	0.70	1.71	0.30	0.77	10.00	0.34	0.75	570.00	0.21	0.83
1.08	0.42	0.70	1.80	0.29	0.78	15.00	0.33	0.75	750.00	0.20	0.83
1.12	0.41	0.71	1.89	0.28	0.78	20.00	0.32	0.76	1000.00	0.19	0.84
1.16	0.40	0.71	2.00	0.27	0.79	25.00	0.31	0.76			

A.2.) Análisis de la socavación general para suelos no cohesivos en cauces definidos con rugosidad uniforme

$$V_e = \frac{\alpha H_{\sigma}^{5/3}}{H_s} , \quad v_e = 0.60 \beta d_m^{0.28} H_s^x$$

Siendo:

v_e = velocidad erosiva, en m/seg

H_s = tirante considerado, a cuya profundidad se desea conocer que valor de V_e , en m.

X = exponente variable que depende del diámetro del material

d_m = diámetro media (en mm), de los granos del fondo obtenido por la expresión:

$$d_m = 0.01 \sum d_i p_i$$

d_m = diámetro media (en mm), de una fracción de la curva granulométrica de la muestra que se analiza

p_i = peso como porcentaje de esa misma porción, comparada con respecto al peso de la muestra.

La condición de equilibrio para la socavación será también: $V_r = V_e$

B. SOCAVACION GENERAL EN CAUCES NO DEFINIDOS

..” en el caso de un río carente de un cauce bien formado, por ejemplo aquellos en que se tienen varias corrientes pequeñas que se entrecruzan y en donde esas corrientes cambian de posición con relativa facilidad, se tiene una cavidad erosiva más reducida”...²⁰...”En estos ríos se cumplen por definición las siguientes condiciones: $Q_p/Q_a \leq 0.25$, donde, Q_p es el gasto que pasa por el mayor cauce formado en estiaje que se denomina cauce principal. Y Q_a , gasto suma de los que pasan por los otros cauces, otra condición es que $B_o/B_r = 0.80$, Donde B_o es la anchura del cauce para un nivel normal de agua, B_r , es el ancho total del nivel de agua máximo comprendido entre los bordos del cauce de avenidas, en los cauces indefinidos la SOCAVACION se puede calcular dentro de la teoría de L.L.Lischvan-Lebediev, con una secuela igual a la que se uso en los definidos, sin embargo, la velocidad real v_r , se compara ahora con v_e (velocidad erosiva), sino con una velocidad que los autores llaman “no erosionante, v_c ”.

²⁰ Mecánica de Suelos. Juarez Badillo.

La velocidad vc depende de la naturaleza del material del fondo y del tirante de la corriente.

$$V_e = V_{c1} H_s^{0.2}$$

V_c = velocidad no erosionable para el tirante H_s

H_s = tirante, en m, existente en el punto de estudio en el momento para el que se calcula la socavación.

V_{c1} = velocidad no erosionable correspondiente a un tirante de un metro". Ver Cuadros No 11 y 12 a continuación.

VALORES DE V_{c1} PARA SUELOS COHESIVOS EN M/SEG

Cuadro No 11. Valores para V_{c1} para Suelos Cohesivos.

Tipo de Suelos	1.20 =< γ_d < 1.66 ton / m ³	1.66 =< γ_d < 2.40 ton / m ³	2.04 =< γ_d < 2.14 ton / m ³
Arcillas Francas	0.85	1.20	1.70
Suelos arcillosos y limos plásticos	0.80	1.20	1.70
Arcillas margosas	0.70	1.00	1.30

VALORES DE V_{c1} PARA SUELOS NO COHESIVOS, EN M/SEG
 $H = 1$ m.

Cuadro No 12. Valores para Suelos V_{c1} para Suelos No Cohesivos.

Tipo de suelo	D _m (mm)	Valores de V_{c1} (m / seg)
Límos no plásticos	0.005 - 0.05	0.20 - 0.30
Arena fina	0.05 - 0.25	0.30 - 0.45
Arena media	0.25 - 1.00	0.45 - 0.60
Arena gruesa	1.00 - 5.00	0.60 - 0.85
Grava fina y media	5.00 - 25.00	0.85 - 1.45
Grava gruesa	25.00 - 75.00	1.45 - 2.40
Fragmentos chicos	75.00 - 200.00	2.40 - 3.80
Fragmentos medianos	200.00 - 400.00	3.80 - 4.75

C-3.3 OTRAS ECUACIONES USADAS PARA EL CÁLCULO DE LA SOCAVACION EN CAUCES

ECUACIONES PARA CALCULAR SOCAVACION POR CONTRACCIONES

Autor	Fecha	Ecuación	Parámetros
Lischtvan – Levediev		Sedimentos no cohesivos $H_s = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta \mu \varphi D_m^{0.28}} \right]^{\frac{1}{1+Z}}$ Sedimento cohesivo $H_s = \left[\frac{\alpha h^{5/3}}{0.60 \beta \mu \varphi \gamma_s^{1.18}} \right]^{\frac{1}{1+X}}$	Profundidad de flujo, coeficiente de distribución de gasto, período de retorno, contracción del cauce, forma de transporte de sedimentos, tamaño de sedimento. Peso específico del sedimento
Straub		$H_s = \left(\frac{B_1}{B_2} \right)^{0.642} h_1$	Ancho de la superficie libre del cauce aguas arriba de la contracción, ancho de la superficie libre del cauce en la contracción, tirante de agua hacia aguas arriba de la contracción.
Laursen	1960	Lecho móvil $\frac{H_s}{h_1} \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^{\frac{6}{7}} \left(\frac{B_1}{B_2} \right)^{k_1}$ Agua clara $H_s = \left(\frac{0.025 Q_2^2}{D_m^{5/3} B_2^2} \right)^{\frac{3}{7}}$	Profundidad media del flujo aguas arriba y en el puente, caudal en la sección aguas arriba y en el puente, ancho del cauce principal y laderas en la sección aguas arriba y en el puente, modo de transporte de sedimento, velocidad cortante aguas arriba del puente y velocidad de caída del material del lecho, en la zona que transporta sedimentos. Profundidad media del flujo aguas arriba y en el puente, caudal en la sección del puente, ancho del cauce en el puente, tamaño del sedimento en la zona que no transporta sedimentos.

ANEXO D

MEDIDAS PARA EL CONTROL Y PROTECCION DE INUNDACIONES – CRITERIOS

Las Metodología expuesta en este Anexo, no es limitativa, el especialista podrá elegir la metodología que se ajuste a caso analizado.

- D-1 Introducción.**
- D-2 Objetivos.**
- D-3 Clasificación.**
- D-4 Áreas Susceptibles a la Erosión.**
- D-5. Información Base.**
- D-6 Obras Ejecutadas en el Perú.**
- D-7 Obras tradicionales realizadas en las regiones.**
- D-8 Algunas Vistas- Proyecto PERPEC-INRENA.**
- D-9 Resumen de los criterios Hidrológicos e Hidráulicos a ser considerados para el diseño de Obras de Protección y/o Control de Inundaciones.**
- D-10 Diseño de Diques de Retensión.**
- D-11 Diseño de Enrocados de Protección.**
- D-12 Diseño de Gaviones.**

ANEXO D. MEDIDAS DE CONTROL Y PROTECCION DE INUNDACIONES

D-1. INTRODUCCION²¹

El diseño de las obras apropiadas a cada caso debe hacerse luego de realizar los análisis de los tramos que resulten con mayor posibilidad de erosión y posibles desbordes en el cauce.

Es entonces donde se debe de proceder con los Estudios HIDROLOGICO Y GEOMORFOLOGICO de las propuestas planteadas. Los resultados de los estudios realizados, presentarán pronósticos sobre la probabilidad de Ocurrencia del evento y estimativos sobre magnitudes de los caudales medios, mínimos y de creciente, niveles mínimos, máximos y medios, posibles zonas de inundación, velocidades de flujo, capacidad de transporte de sedimentos, socavación.

D-2 OBJETIVOS

- . Proteger Poblaciones, Áreas de Cultivo, Infraestructura, Industrias, etc.
- . Previene la socavación del cauce y/o Fondo del Río en épocas de Avenidas Normales o Extremas.
- . Los materiales normalmente utilizados son propios de la zona.

D-3 CLASIFICACION.

a) Medidas Agronómicas, son Barreras Vivas o Naturales. Las que pueden ser: **Defensas Vivas o Naturales** logradas a través de un conjunto de variedades de árboles y arbustos de buena intensidad en ambas márgenes del río y **Defensas Vivas Forestadas**, con plantaciones de arbustos y árboles de raíces profundas.

b) Medidas Estructurales, en base a estructuras diseñadas con principios de Ingeniería, pueden ser:

Permanentes construidas con materiales de concreto armado, ciclópeo, rocas y gaviones. Estas estructuras son: ENROCADADO CON ROCA COLOCADA, ESTRUCTURAS DE CONCRETO, ENROCADADO CON ROCA COLOCADA, LOSAS, COLCHONES, GAVIONES, PRESAS DE RETENSION, PRESAS DE REGULACION.

Temporales con plantaciones de arbustos y árboles de raíces profundas, ESPIGONES, TERRAPLENES, LIMPIEZA DE CAUCE, CABALLETES, OTRO TIPO DE OBRA PROPIA DEL LUGAR.

²¹ ANEXO C-DISEÑOS

D-4 ÁREAS SUSCEPTIBLES A LA EROSION

- . Áreas que se encuentran en evidente estado de erosión.
- . Áreas que han sufrido deslizamientos y/o desborde causados por las avenidas.
- . Cursos de ríos con curvas y bajas pendientes.
- . Zonas Urbanas y Agrícolas que se encuentran aledañas al cauce del río.

D-5 INFORMACION BASE.

- . Cartas Nacionales en Escala 1:100,000, 1:25,000 y otras procedentes de Estudios realizados en la zona. IGN.
- . Perfiles del Lugar afectado y secciones transversales del mismo.
- . Datos de la Faja Marginal (zonas bajas del Valle)
- . Estudios Hidrológicos disponibles de la Cuenca. De no existir, tomar en cuenta criterios del ítem III.
- . Estudios Geológicos de la Cuenca. IMGEMET.
- . Población Beneficiada.
- . Unidad Formuladora y Ejecutora.
- . Datos de la Población: Censo, Historia, Noticias, Costumbres y otros alusivos.

D-6 OBRAS EJECUTADAS EN EL PERU

En el Perú, la mayoría de Obras se ejecutan a través del Programa de Encauzamiento de Ríos y Protección de Estructuras de Captación-PERPEC²². Las estructuras consideradas son:

- a. Conformación de DIQUES (marginales o de orilla)
- b. DIQUE con enrocado
- c. DIQUE con revestimiento de colchones
- d. Descolmatación del cauce del río.
- e. Conformación de caja de un Río (arrimado de material)
- f. Muros con gaviones.
- g. Construcción de Espigones de roca.
- h. Espigones con gaviones
- i. Espigones con revestimiento de gaviones

²² PROGRAMA DE ENCAUZAMIENTO DE RIOS Y PROTECCION DE ESTRUCTURAS DE CAPTACION-2006. PERPEC. Resumen Ejecutivo. Enero 2006.

Estas Obras son ejecutadas en la parte baja del Valle, donde se tienen pendientes bajas y la abertura de la Cuenca, los caudales obtienen su mayor valor y los impactos son en algunas ocasiones de lamentar. El propósito principal de las Estructuras citadas (PERPEC), es la protección de los taludes del cauce frente al rompimiento o desborde que se originan por el impacto de las descargas. Es así que las acciones van dirigidas a estructuras de protección y de disminución de las velocidades, tal es el caso de los espigones, descolmatación del cauce del río, diques y otros.

D-7 OBRAS TRADICIONALES REALIZADAS EN LAS REGIONES.

En diversas Regiones del país es usual considerar los materiales propios de la zona para proteger el cauce del río.

Entre ellos citaremos:

- AYACUCHO (Protección al cauce con Caballetes llenos con piedras)
- AREQUIPA (Protección del cauce con los llamados Gallineros)
- SAN MARTIN (Protección del cauce con DADOS DE CONCRETO de 1 m³)
- AMAZONAS (Protección del cauce con sacos llenos con hormigón amarrados con alambrón)
- PUNO (Protección del cauce con Diques de Champas)
- MOQUEGUA-ILO (Protección del cauce con Anillos de Concreto llenos con piedras troncos separados 1 metro)
- CUSCO (Espigones de rollizos de eucalipto)



Obra: "Encauzamiento en la Cuenca del Mapacho: tramo Marjupata - Ccapana"
Espigones de rollizos de eucaliptos terminado

"Encauzamiento en la Cuenca del Mapacho.
Tramo Marjupata. Ccapana. Espigón de rollizos
terminado". Cusco.



Obra: "Encauzamiento en la Cuenca del Mapacho: tramo Marjupata - Ccapana"
Espigón de rollizos, terminado.

"Encauzamiento en la Cuenca del Mapacho.
Tramo Marjupata. Ccapana. Espigón de
rollizos terminado". Cusco.

D-8 Algunas Vistas-PROYECTO PERPEC-INRENA.²³

Por cortesía del PERPEC, adjuntan algunas de las fotografías facilitadas por este Programa, estas Obras han sido ejecutadas en diferentes partes del país.



**PROTECCION DE RIBERA
Espigón Sector PLATEROS II
Tumbes
Cortesía PERPEC**



**PROTECCION DE RIBERA
Gaviones Sector PALMA I
Zarumilla.
Cortesía PERPEC**

²³ Fotografías facilitadas por el PERPEC.



Protección de Ribera-San Juan de la Virgen-PERPEC



Encauzamiento –Yapatera – Sector Pampas Chapica II-PERPEC



Encauzamiento-Río Moche, La Juanita, Margen Izquierda-PERPEC.



Encauzamiento-Río Santa, Sector San Gabriel-PERPEC

D-9 RESUMEN DE LOS CRITERIOS HIDROLOGICOS E HIDRAULICOS A SER CONSIDERADOS PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES

Sin ser limitativo, se recomienda lo siguiente:

- (1) Considerar que los mayores aportes en una Cuenca se producen en las Sub- Cuenca que se encuentran en Elevaciones mayores a 1000 msnm. Para el caso de lluvias en épocas del Fenómeno del Niño, este criterio puede cambiar, será necesario recurrir a la información de lluvias ocurridas en estos casos.
- (2) Considerar que los cambios de pendientes en el cauce determinan cambios de velocidad en el flujo. Por ejemplo, en la confluencia de los afluentes de las Sub-Cuenca y el cauce principal las velocidades del flujo podrían darse cambios de velocidad importantes.
- (3) Considerar que existe una relación entre el riesgo, la vida esperada del Proyecto y el Período de Retorno para calcular la Descarga de Máximas Avenidas. De NO EXISTIR INFORMACION de descargas, ES RELEVANTE considerar en las observaciones de campo las marcas dejadas por los eventos de máximas Ocurrencias.
- (4) Considerar los estudios de Holdridge, en su Diagrama para la clasificación de Zonas de Vida en el mundo, donde la Precipitación de más de 500 a 1000 mm se presenta desde las provincias de Humedad Semiáridas a Per-Húmedas. Corresponde a estas características los pisos Altitudinales Pre-

Montano a Nival, con Elevaciones de 1000 a 4750 msnm respectivamente.

- (5) Determinar en una Cuenca, la Sub- Cuenca con mayor aporte de descargas. Es entonces donde se deberá prestar mayor atención para ubicar las zonas que requieren Obras de Control y/o Protección de Inundaciones.
- (6) Considerar el criterio de RETENSION DEL FLUJO en los puntos críticos de cambios bruscos de pendiente. Experiencias han demostrado que una Obra de Retención podría atenuar el Volumen de Avenidas hasta en un 60%, dependiendo de la magnitud de la Obra.
- (7) Tomar en cuenta otros estudios realizados y donde se considera el criterio de la RETENSION DEL FLUJO a través de diques de control de Avenidas. Por ejemplo, el Estudio "Protección de las crecidas de los eventos EL NIÑO en el río Piura"- 2001 del Dr.Ulrick Maniak, patrocinado por la GTZ, considera la proyección de diques en contorno (Polders) donde se espera una acumulación de 300, 70, 500 y 300 MMC respectivamente.
- (8) Considerar la legalidad existente respecto a delimitación de la FAJA MARGINAL, los linderos de esta Faja han sido evaluados por las ATDR.
- (9) En las partes altas de la Cuenca la pendiente es alta y se logra alcanzar tirantes críticos y supercríticos que colaboran con el arrastre de las partículas y sólidos. A este nivel es importante considerar obras de control del cauce que aminoren las velocidades. La Obras de RETENSION DE FLUJO son una alternativa.
- (10) Los materiales a considerar en las Obras de protección de cauce deben de tomar en cuenta los materiales disponibles en la zona. El Tipo de material disponible en la zona del Proyecto

será relevante para seleccionar el tipo de Obra de Control y/o Protección de Inundaciones.

- (11) Consideración de propuestas de diseños de Obras de protección resaltando la disponibilidad de material en cada una de las Zonas a ser estudiada y el desarrollo de Obras diseñadas con la posibilidad de ser ampliadas en etapas las que deberán considerar alternativas optimas y de bajo Costo.
- (12) La consideración de otras alternativas de solución a ser propuestas como Obras de Protección del cauce de los ríos, experiencias utilizando material de protección de los taludes del cauce con arcillas en el Bajo Piura o el caso de material de espigones construidos en algarrobo en CUSCO, ya han dado resultados favorables como estructuras de protección y control de velocidades.
- (13) Tratamientos Ecológicos del Río también podría propiciar importante reducción de la erosión en las márgenes de los ríos, sin embargo, el tiempo de crecimiento de las especies vegetales o forestales constituyen que la propuesta sea una solución a mediano Plazo.
- (14) Consideración de otras formas TRADICIONALES DE PROTECCION llevadas a cabo en diversas partes del país como : AYACUCHO (Caballete con piedras) , AREQUIPA (Gallineros), SAN MARTIN (DADOS DE CONCRETO), AMAZONAS (sacos llenos con hormigón amarrados con alambre), PUNO (Diques con Champa), MOQUEGUA-ILO (Anillos de Concreto llenos con piedras).

D-10. DISEÑO DE DIQUES DE RETENSIÓN

D-10.1 INTRODUCCION

Una de las prácticas más usadas en el control de la erosión, son los diques de retención; llamadas también obras de estabilización de cauces. A nivel de perfil se realiza un Dimensionamiento Preliminar, Ver Figura No15, en el que se trata de determinar las dimensiones de la estructura en lo referente a altura total, ancho de la base y el ancho de la corona, Ver Figura No12.

En niveles superiores, el dique dimensionado, se debe de proceder con las pruebas de estabilidad externa e interna para comprobar si cumple los criterios estáticos de acuerdo a los coeficientes de seguridad elegidos; sino fuera así será necesario ajustar las dimensiones de la estructura, por un procedimiento iterativo, hasta conseguir un cuerpo que con el volumen menor sea estáticamente estable e hidráulicamente funcional. (Ver Figuras 1 y 2).

D-10.2 OBJETIVOS

Plantear como solución a uno de los problemas en control de la erosión, la construcción de diques de retención, diseñando a si mismo la mencionada estructura tanto en su fase preliminar como definitiva.

D-10.3 MATERIALES

- Cartas nacionales del IGN (Instituto Geográfico Nacional), escalas 1/100,000, 1/25,000, y otras si se dispone.
- Información Hidrometeorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Caudales históricos, precipitaciones medias anuales, precipitaciones máximas diarias.
- Información, inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales (ONERN).
- Datos de reconocimiento de campo sobre las zonas de erosión del cauce.

- Vistas de la comunidad.

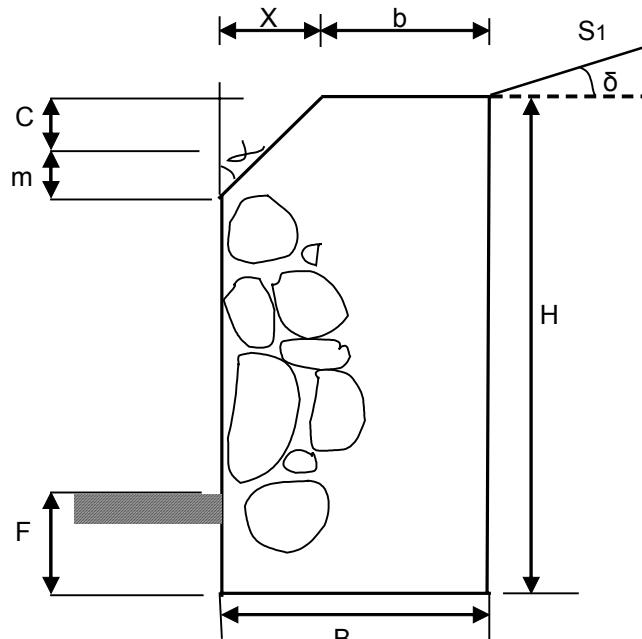
D-10.4 PROCEDIMIENTO

a. Dimensionamiento a nivel de perfil

Se trata de obtener el ancho de la base y ancho de la corona en función de la altura del dique. Ver Figura No12.

El ancho de la base puede aproximarse por cualquiera de las distintas fórmulas existentes.

b. Dimensionamiento. Figura No 12. Grafico de la Sección del Dique.



c. DATOS:

D_H : Distancia horizontal entre diques (Figura No 14)

H : Altura del Dique

S_0 : Pendiente del terreno (Figura 2)

$$b = B - X$$

S_1 : Pendiente del Terreno

$$X = (C + m) \tan g \alpha$$

m : Talud muro aguas abajo
En mampostería se recomienda 1 H : 8 V
(inicio de cálculos)

$$m = BS_0$$

b : Ancho de la corona

h. Estabilidad del Dique.- Comienza al definirse las fuerzas actuantes sobre la estructura de dimensiones preliminares y termina al calcularse los elementos adicionales.
Análisis de Fuerzas

B : Base del dique

X, C, m : Longitudes del talud del muro

δ : Angulo pendiente relleno

F : Profundidad de la cimentación

e. ALTURA DEL DIQUE

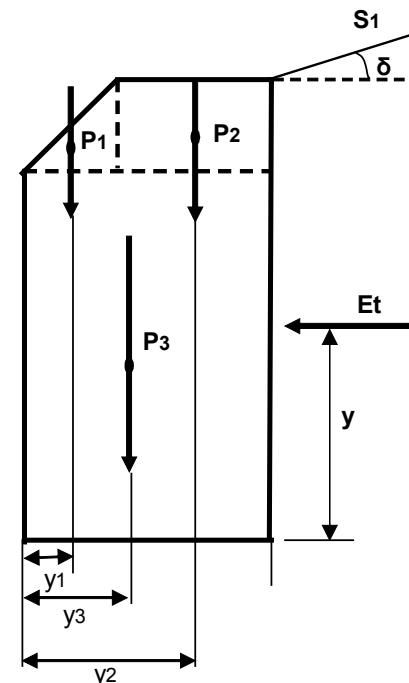
$$H = \frac{2C + F}{1 - 0.7S_1}$$

Dónde :

$$C = \frac{D_H}{2} (S_0 - S_1)$$

f. BASE DEL DIQUE

$$B = 0.7H$$



g. ANCHO DE LA CORONA

B : Ancho de la base del Dique

Et : Empuje de tierra

P1,P2,P3: Peso del Dique

γ : Peso específico del relleno (1800 – 2000 Kg/m³)

H : Altura del Dique

h^1 : Sobre carga

ϕ : Angulo de fricción

δ : Angulo pendiente relleno

Ka : Coeficiente para fuerza activa del suelo

Z1 : Talud relleno

h.1 Determinación de las fuerzas actuantes

Fuerza Et (empuje de tierra)

$$E_t = \frac{1}{2} \gamma K_a (H^2 + 2Hh^1)$$

$$K_a = \cos \delta \frac{\cos^2 \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}}{\cos \delta + \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \phi}}$$

$$S = \text{ArcTang} \frac{1}{Z_1}$$

VALORES DE Φ (Angulo de Fricción del Material)

MATERIAL	Φ
Piedra compacta	39 ⁰ - 40 ⁰
Grava compacta	34 ⁰ - 45 ⁰
Grava suelta	33 ⁰ - 34 ⁰
Conglomerado	33 ⁰ - 35 ⁰
Arena compacta	31 ⁰ - 32 ⁰
Arena suelta	30 ⁰ - 31 ⁰

$$h^1 = C$$

- Brazo de aplicación de la fuerza (y) con respecto al punto A

$$y = \frac{H}{3} \left(\frac{H + 3H_1}{H + 2h^1} \right)$$

Cálculo de los pesos (P₁,P₂,P₃)

- Aplicación de las fuerzas con respecto al punto A. Brazos y₁, y₂, y₃.

h.2 Análisis de estabilidad

Volcamiento

Condición

$$FS_v = \frac{M_v}{M_H} > 1.5$$

FSv : Factor de seguridad de volcamiento

M_v : Momento de volcamiento por fuerzas verticales

M_h : Momento de volcamiento por fuerzas horizontales

Deslizamiento

Condición

$$FS_d = f \frac{\sum F_v}{\sum F_H} > 1.5$$

FSd : Factor de seguridad de deslizamiento

$\sum F_v$: Suma de fuerzas verticales

$\sum F_H$: Suma de fuerzas horizontales

$f = 0.05$ (Coeficiente de fricción al deslizamiento)

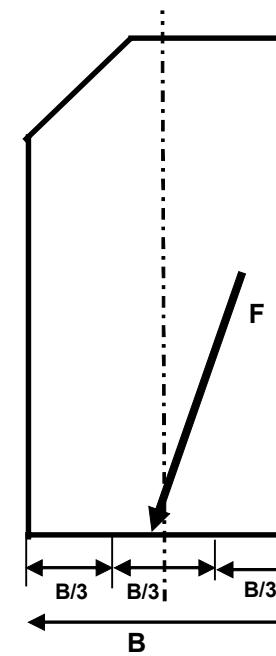
CALCULO DEL COEFICIENTE f

MATERIAL DEL DIQUE	CIMENTACION	f
Mampostería	Arcilla y Arena	0.60
	Arcilla seca	0.50
	Arcilla dura	0.30 – 0.50
	Limo	
	Arena o arena gruesa	0.50 – 0.70
	Arena o grava fina	0.40 – 0.60

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M}{\sum F_v}$$

F : Fuerza que debe pasar por el tercio medio de la base

$\sum M$: Suma de todos los momentos

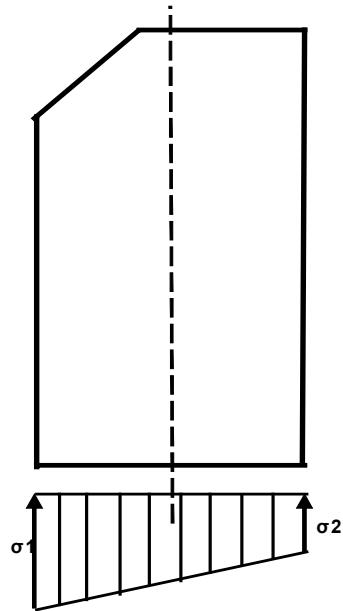


Asentamiento

Cálculo de la excentricidad (e)

Esfuerzos de tensión y compresión

$$\sigma = \frac{\sum F_v}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$



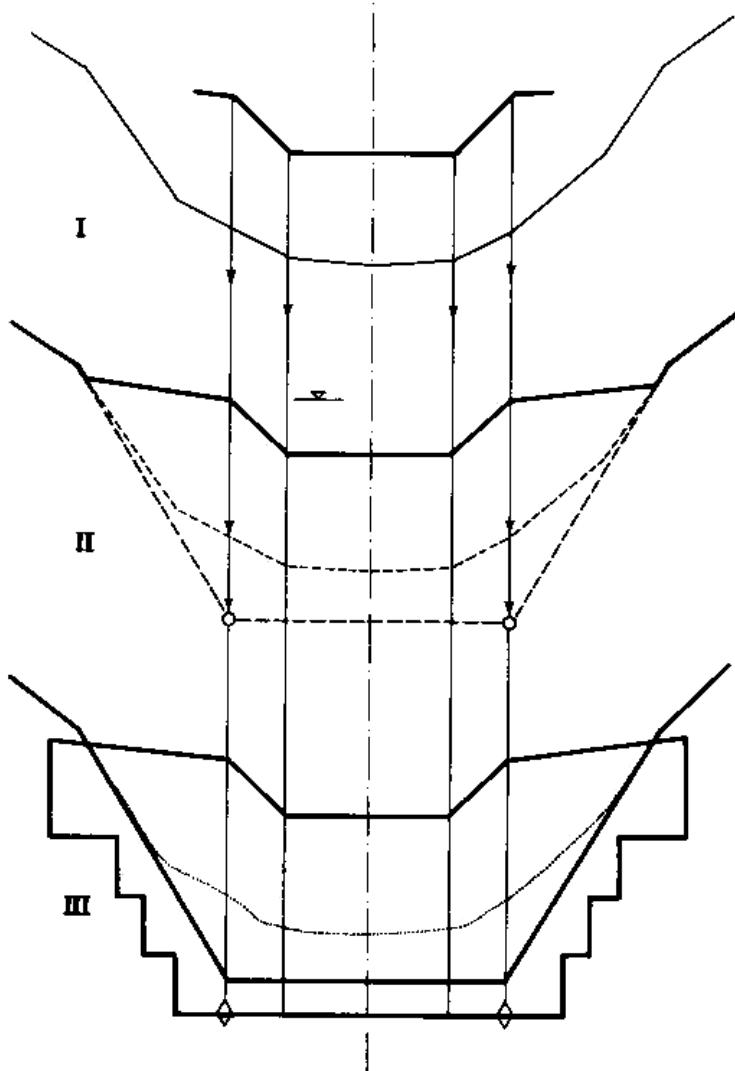
CARGAS ADMISIBLES POR EL SUELO (σ_{adm})

MATERIAL DEL SUELO	σ_{adm} (Kg/cm ²)
Rocas sanas	35
Rocas descompuestas, areniscas	10
Grava compacta confinada	5
Grava suelta, arena gruesa confinada	4
Arena gruesa suelta, arena fina confinada	3
Arcilla blanda, arena fina suelta	1

D-10.5 REFERENCIAS

- Ven Te Chow, "Open Channel Hydraulics". Mc. Graw - Hill Book Company. Inc. Tokyo.
- Design of Small canal structure united states. Department of the Interior. Bureau of Reclamation.
- Obras Hidráulicas. Ing. Luis Razuri. CIDIAT. Mérida- Venezuela.

Figura No 13. Sección Transversal de un Dique de Retención.



CORTE LONGITUDINAL DE ESCALONAMIENTO

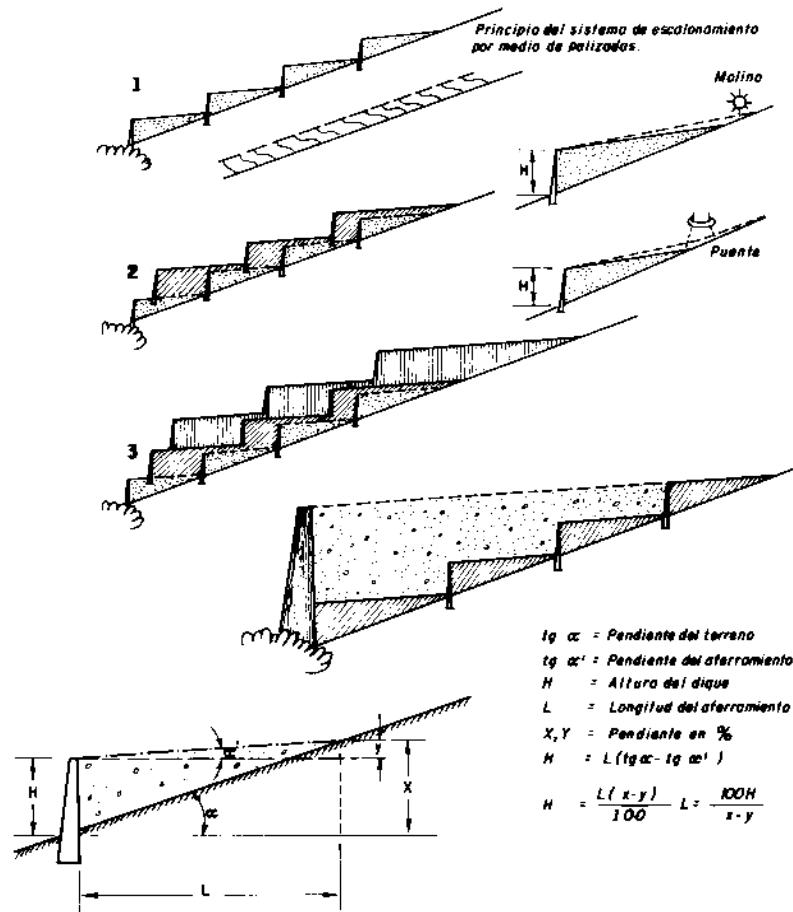


Figura No 14. Sección Longitudinal de Dique de Retención y Espaciamiento entre Diaues.

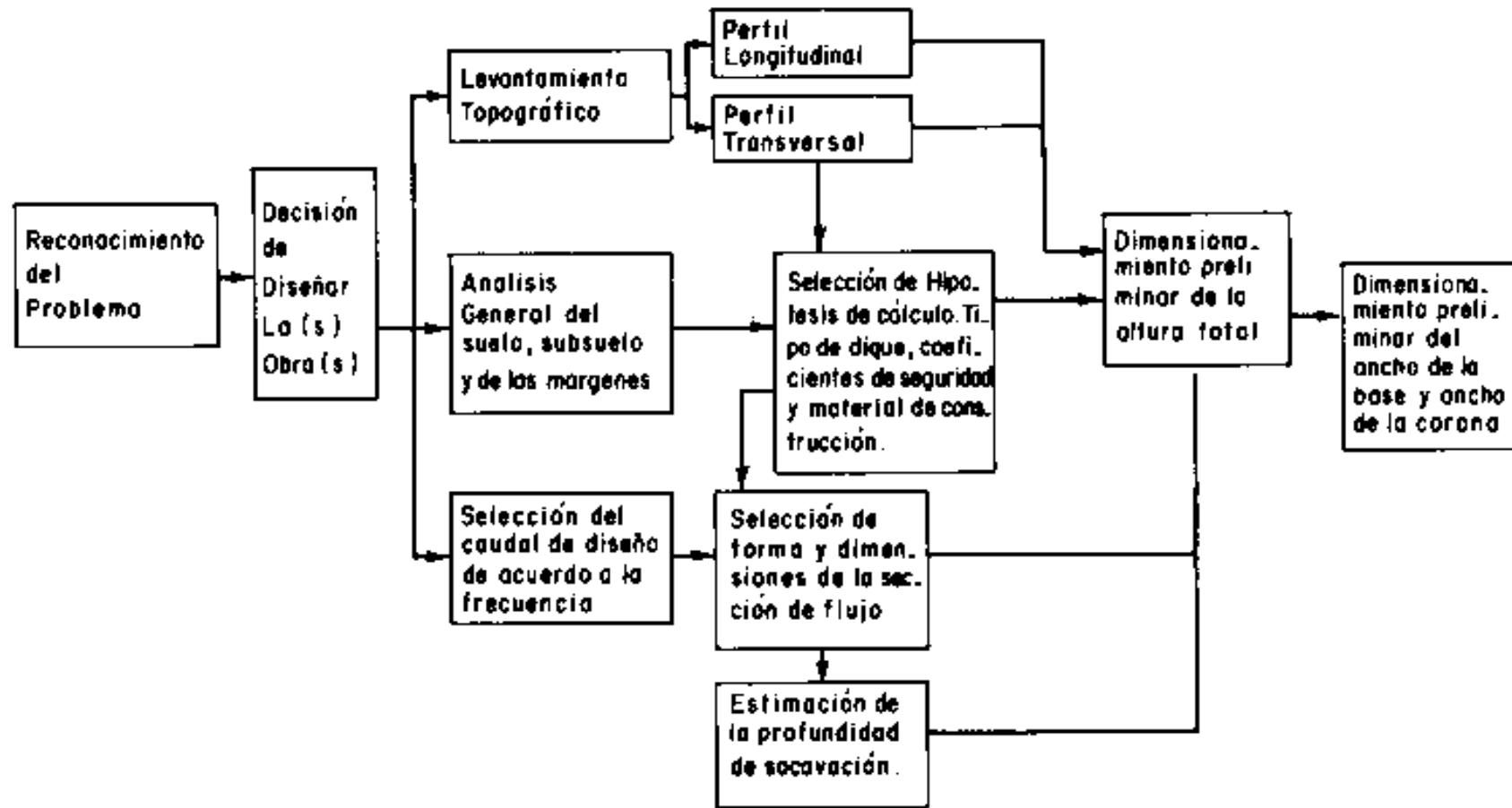


Figura No 15. Secuencia de DISEÑO de un Dique de RETENSION (DIMENSIONAMIENTO PRELIMINAR). Fuente. Notas CIDIAT. Luis Rázuri.

D-11 DISEÑO DE ENROCADO DE PROTECCION

D-11.1 INTRODUCCION

En el área de los ríos, las márgenes están constituidas principalmente por arena y limo, de tal manera que es importante mantener el agua alejada de sus márgenes fácilmente erosionables. Esas márgenes son severamente atacadas por las crecientes en aumento, las que también aumentan los tirantes de agua y consecuentemente aumenta la fuerza de arrastre, cruzando su erosión. Será por consiguiente necesario estudiar y conocer el esfuerzo cortante en las curvas del cauce, ya que es de espesor que algunas crecientes aumenten la erosión de las márgenes.

D-11.2 OBJETIVOS

Hacer el estudio de control de torrentes a nivel de las márgenes de un río y plantear soluciones específicas.

D-11.3 MATERIALES

- Cartografía cartas nacionales del IGM (Instituto Geográfico Militar), escalas 1/100,000 ó 1/25,000.
- Información hidrometeorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).
- Datos de reconocimiento de campo.

D-11.4 PROCEDIMIENTO

a. Ubique las zonas donde las crecientes aumentan la erosión de las márgenes.

b. Para el enrocado a colocar considerar lo siguiente:

b.1 Esfuerzo cortante promedio en buen funcionamiento de una protección con enrocado, está relacionada con las fuerzas hidrodinámicas de arrastre y levantamiento del flujo y son proporcionales al esfuerzo cortante promedio,

que actúa sobre el perímetro mojado de una sección de canal, donde al flujo es uniforme y el canal es recto, esta dado por;

$$\bar{\tau}_o = \gamma r s$$

Donde :

$\bar{\tau}_o$: Esfuerzo cortante promedio (kg/m^2)

r : Peso específico del agua (kg/m^3)

R : Radio hidráulico (m)

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

Sí :

$$V = C(RS)^{1/2}$$

$$RS = \frac{V^2}{C^2}$$

Para canales rugosos:

$$C = 18 \log_{10} \frac{12.2R}{K}$$

$$\tau_o = \frac{\gamma V^2}{\left(18 \log_{10} \frac{12.2R}{K}\right)^2} \quad (1)$$

Donde:

V: Velocidad media del agua (m/s)

R: Radio Hidráulico (m)

K: Rugosidad equivalente de la superficie del canal (m)

C: Coeficiente de Chezy

b.2 Esfuerzo cortante local en un canal muy ancho, el radio hidráulico se aproxima al tirante ($R = y$), si en la ecuación (I) se constituye la velocidad V por \bar{V} promedio de velocidad en una vertical, y el valor K por el diámetro promedio de la roca D_{50} , tenemos :

$$\tau_o = \frac{\gamma \bar{V}^2}{\left(18 \log_{10} \frac{12.2y}{D_{50}} \right)^2} \quad (II)$$

$$\tau_o = K_2 \bar{V}^2$$

$$K_2 = \frac{\gamma}{\left(18 \log_{10} \frac{12.2y}{D_{50}} \right)^2}$$

Esta ecuación representa el esfuerzo cortante en cualquier punto sobre el perímetro mojado, Ver Figura No 16.

b.3 Esfuerzo cortante en curvas (τ_b)

Los valores de esfuerzo cortante locales obtenidos por la ecuación (II) deberán ser multiplicados por la relación τ_b / τ_a obtenido de la Figura 17.

τ_a : Esfuerzo cortante promedio en el canal aguas arriba.

τ_b : Esfuerzo cortante local afectado por la curva.

b.4 Esfuerzo cortante para diseño de enrocado

Es el esfuerzo cortante local que una roca de determinado tamaño resiste con condiciones de seguridad.

El esfuerzo cortante local permisible sobre el fondo de un canal se expresa como:

$$\tau = a(\gamma_s - \gamma)D_{50} \quad (III)$$

Donde:

- γ_s : Peso específico de la roca
- γ : Peso específico del agua
- a : Coeficiente, canales anchos asumir 0.04
- D_{50} : Diámetro promedio de la roca.
- τ : Esfuerzo cortante local en el fondo del canal.

El esfuerzo cortante de diseño para el enrocado, Ver Figura 18, colocado en los taludes de un canal es dado por la relación:

$$\tau' = \tau \left(1 - \frac{\operatorname{Sen}^2 \theta}{\operatorname{Sen}^2 \phi} \right)^{1/2}$$

$$K_1 = \frac{\tau'}{\tau} = \left(1 - \frac{\operatorname{Sen}^2 \theta}{\operatorname{Sen}^2 \phi} \right)^{1/2}$$

Donde:

- τ' : Esfuerzo cortante de diseño en los taludes
- θ : Angulo del talud con la horizontal, (Figura 19).
- ϕ : Angulo de reposo del enrocado, generalmente es 40^0 .

El esfuerzo cortante local en cualquier punto de la sección de un canal revestido con roca no deberá exceder el valor de diseño permisible.

El valor mínimo para Cotangente θ debe ser 2, es decir, $m = 2$.

c. Espesor de la capa de enrocado.

c.1 Para una colocación práctica no deberá ser menor de 30 cm.

c.2 El espesor deberá aumentarse en un 50% cuando el enrocado sea colocado bajo agua.

c.3 Un incremento de 15 a 40 cm. acompañado con un incremento apropiado del tamaño de la roca, deberá proveerse donde al revestimiento estará sujeto al ataque de olas, Ver Figura No 19 y 20.

d. Colocación del enrocado.

Se hará volteado al material sobre al talud preparado y sobre el filtro de manera tal que no se produzca segregación. El enrocado debe de ser de roca bien gradada y los intersticios deben ser llenados el menor porcentaje de vacíos.

El enrocado deberá ser colocado a su espesor total en una sola operación de manera de evitar al deslizamiento del material que se encuentra abajo, no debe colocar en el enrocado por capas.

D-11.5 REFERENCIAS

- Ven Te Chow, "Open Channel Hidraulics". Mc. Graw - Hill Book Company. Inc. Tokyo.
- Design of Small canal estructure united states. Departement of the Interior. Bureau of Reclamation.
- Obras Hidráulicas. Ing. Luis Razuri. CIDIAT.

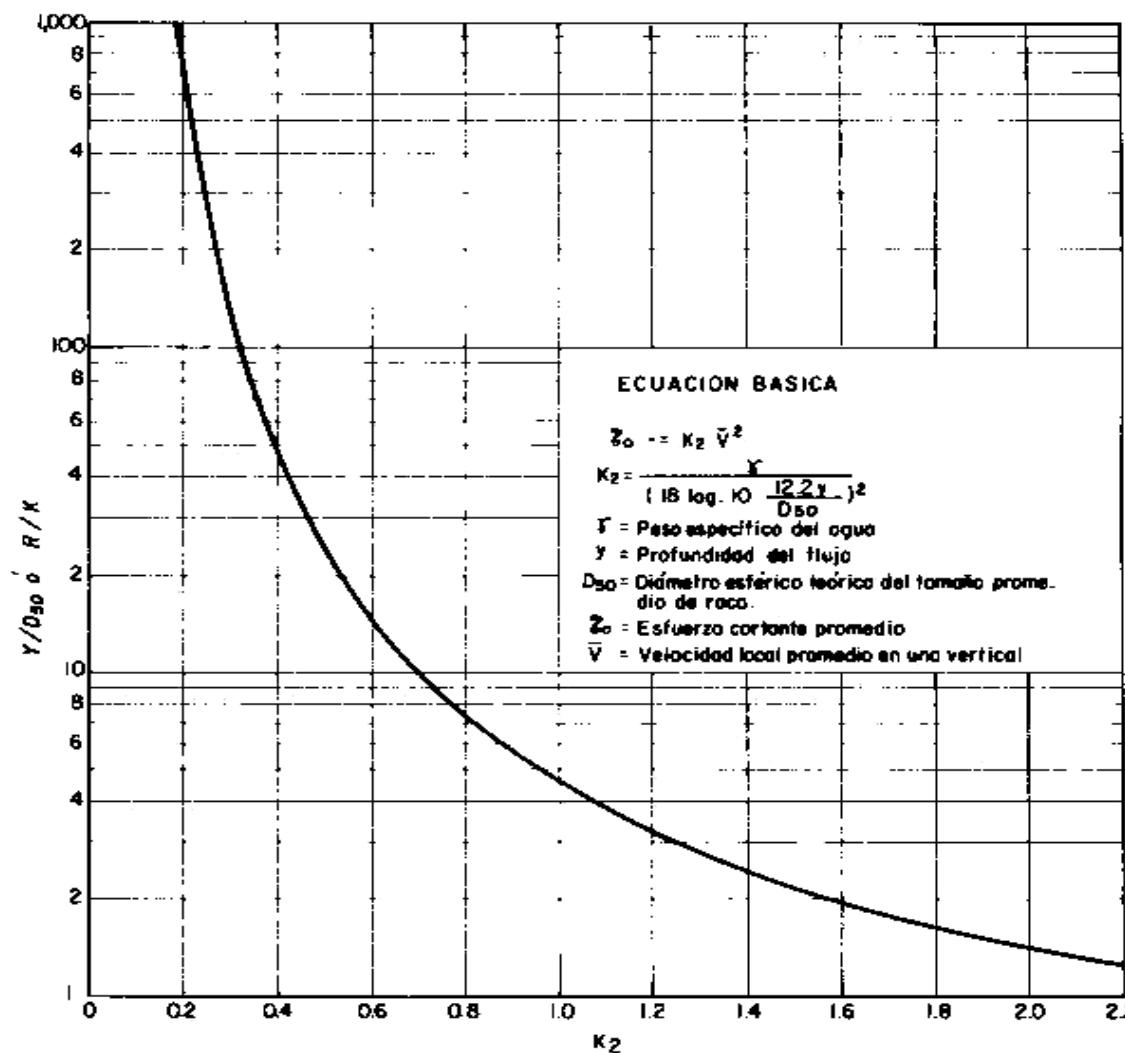


Figura No 16. Esfuerzo cortante en relación al D50 y K2

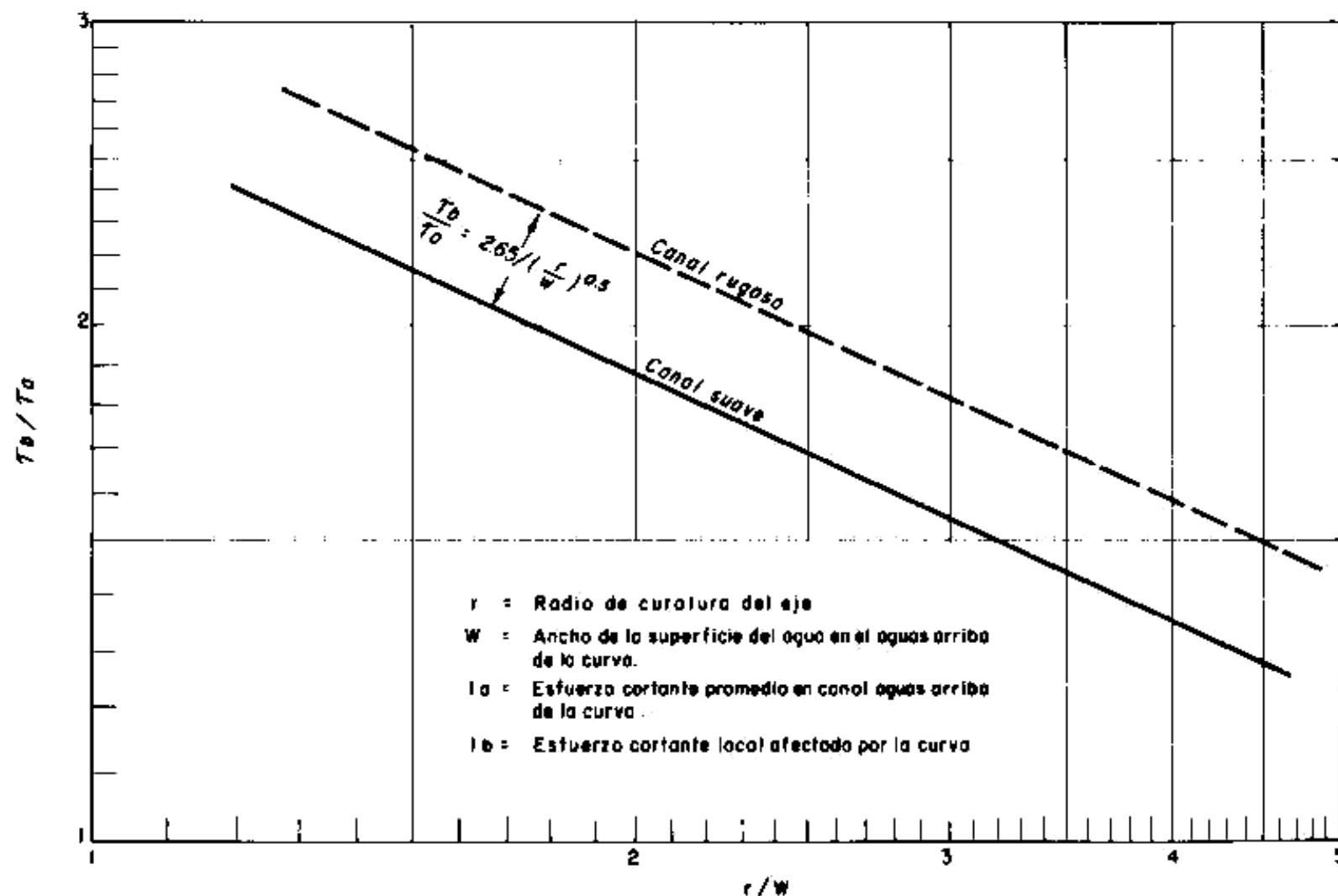
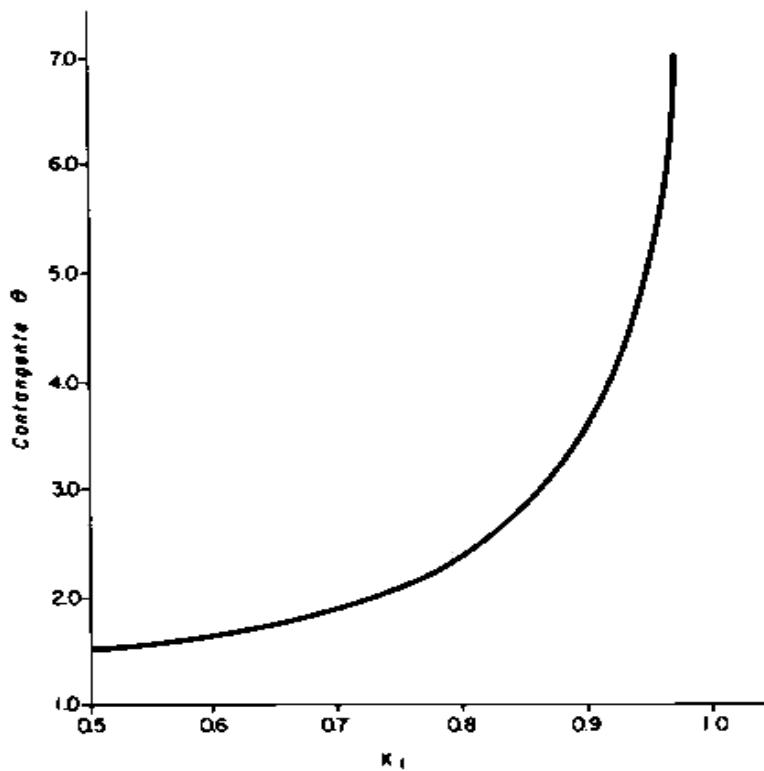


Figura No 17. Corte en Curvas de Canales.



θ = Ángulo de talud con lo Horizontal.

$$K_1 = \frac{T'}{T} = \left(1 - \frac{\operatorname{Sen}^2 \theta}{\operatorname{Sen}^2 \phi} \right)^{1/2}$$

ϕ = Ángulo de reposo del material: 40°

T = Esfuerzo cortante de diseño en fondo del canal.

Relación entre esfuerzos cortantes de diseño de fondo y talud para canales trapezoides.

T' = Esfuerzo cortante de diseño en talud del canal.

Figura No 18. Cotangente de θ en relación a K1

GUIA METODOLOGICA PARA PROYECTOS DE PROTECCION Y/O CONTROL DE INUNDACIONES EN ÁREAS AGRICOLAS O URBANAS

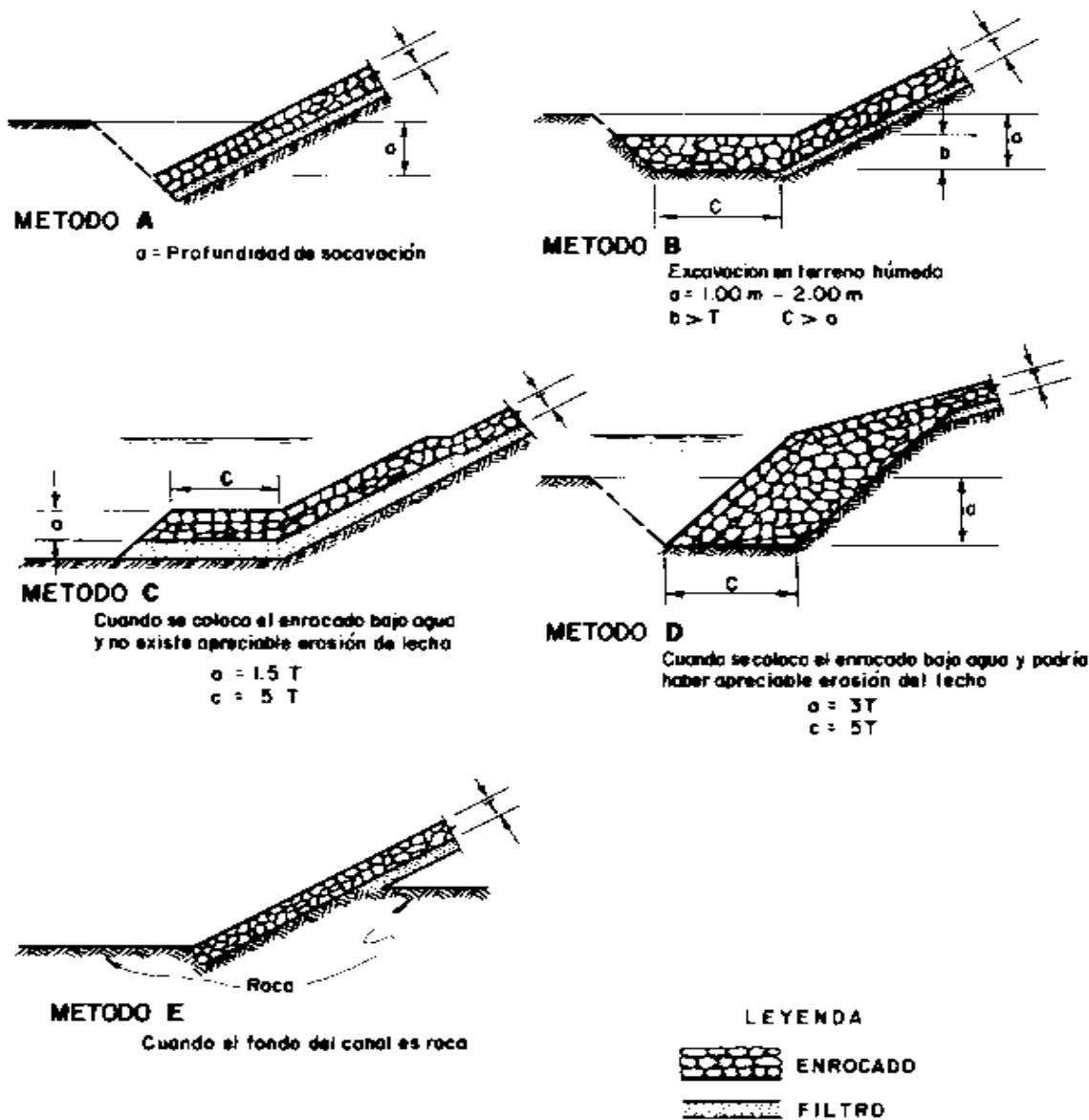


Figura No 19. Características de ENROCADOS.

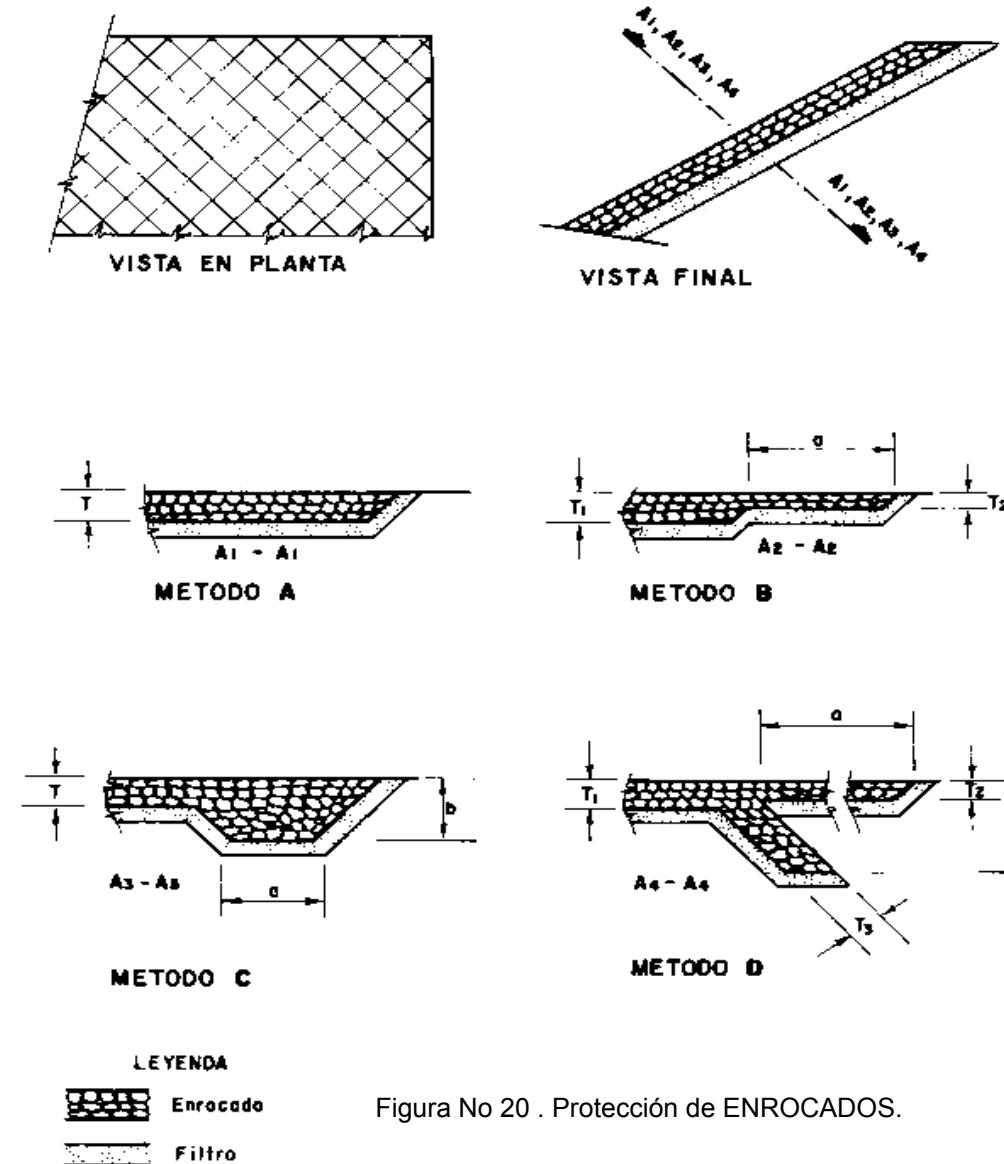


Figura No 20 . Protección de ENROCADOS.

D-12 DISEÑO DE GAVIONES.

D-12.1 INTRODUCCION

La mampostería gavionada, apta para la construcción de diques de alturas no superiores a 10 m., tiene la característica propiedad de poseer flexibilidad, que permita soporte asientos desiguales. En emplazamientos de mala cimentación las obras monolítizar de hormigón o mampostería hidráulica, al precisar buenas fundaciones, pueden dar lugar a volúmenes de obra no útil, que las negar prohibitiva, siendo la mampostería gavionada mucho más idóneas en estos casos. Una ventaja adicional del engavio nado en relación a la mampostería hidráulica y hormigón, se que en estas elevando el costo de la obra, lo que se evita con el uso de mampostería gavionada.

D-12.2 OBJETIVOS

Establecer otro criterio de construcción en obras de sedimentación y propiciar su diseño y construcción, haciendo el planeamiento sobre todo para lugares donde el material grueso es escaso.

D-12.3 MATERIALES

Se debe contar con la siguiente información:

- Cartas nacionales del IGN (Instituto Geográfico Nacional), escalas 1/100,000 ó 1/25,000.
- Información hidrometeorológica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Caudales históricos, Precipitaciones medias anuales, precipitaciones máximas diarias
- Datos de reconocimiento de campo sobre las zonas de erosión del cauce.

D-12.4 PROCEDIMIENTO

- a. Ubicar en el plano las zonas del cauce donde se protegerán con gaviones.

b. Tomar en cuenta las siguientes consideraciones de diseño.

b.1.Gaviones - Definición

Los gaviones son estructuras que consisten de una caja de forma prismática regular construida con enrejado metálico, confeccionado con alambre especialmente galvanizado reforzado. Estos gaviones se rellenan con canto rodado, piedra de cantera o el material más adecuado que se disponga, pero teniendo la precaución de no emplear piedras o materiales que contengan óxido de Fe, excesiva alcalinidad o compuestos salinos ya que cualquiera de esos elementos puede tascar al alambre a pesar de su fuerte protección de Zinc.

Las gaviones son armados en el lugar de su emplazamiento.

b.2 Partes de un Gavión (Figura No21)

a. Base de la Fundación.

Es la parte de la obra que deberá tenerse mayor cuidado ya que sobre ésta deberá asentarse la estructura; la base protege la obra de un modo eficaz contra excavaciones, constituida por gaviones de 50 cm. de espesor como máximo, que sobre sale en su posición del parámetro exterior formado por otros gaviones a aquellos sobre puestos.

b. Cuerpo de la Obra.

Constituido por gaviones de dimensiones variables, adecuados a cada caso particular y dispuesto en una o varias hilares, según la altura que debe alcanzar la obra y el empuje que deba soportar.

b.3 Constitución del Gavión.

Los gaviones rectangulares están formados por un enrejado metálico a triple torsión. La malla de alambre es de forma de un hexágono alargado en el sentido de una de sus diagonales.

Los diámetros de los alambres que forman la malla, varían según las dimensiones de estas; siendo el peso por metro cuadrado de malla, prácticamente cortante.

Los tipos de malla de triple torsión con los cuales se confeccionan los gaviones son los siguientes:

Malla 5 x 7 cm, con alambre No. 13

Malla 8 x 10 cm, con alambre No. 15

Malla 12 x 14 cm, con alambre No. 17

(Figura No 22)

No.de Alambre	13	14	15	16	17	18	19
Diámetro (mm)	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.4	3.9

b.5 Construcción del Gavión.

El gavión es definido por tres parámetros:

- 1) Longitud en metros de sus tres aristas convergentes al mismo vértice, que expresarán el largo, ancho del gavión.
- 2) Por las dimensiones del ancho de la malla en centímetros.
- 3) El grosor del alambre galvanizado reforzado, expresado en número comercial o milímetro (Figura No 23)

TIPOS DE GAVIONES RECTANGULARES

LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	CAPACIDAD (m ³)	PESO PROMEDIO +/- 5% (Kg)
2	1	0.50	1.00	8.40
3	1	0.50	1.50	11.50

4	1	0.50	2.00	14.80
5	1	0.50	2.50	18.00
2	1	1.00	2.00	11.40
3	1	1.00	3.00	15.60
4	1	1.00	4.00	20.50
5	1	1.00	5.00	25.30

El relleno debe realizarse de tal manera que se consiga la mayor densidad posible, en tanto que la piedra no se salga del gavión, pero lo cual se debe colocar la piedra de mayor tamaño que la malla.

b.6 Fuerzas a considerar en el dimensionamiento.

1) Peso de las piedras.

Es la fuerza que va a tener mayor influencia en favor de la estabilidad del dique; por esta razón, es conveniente utilizar la piedra de mayor peso específico posible y que el volumen que las piedras forman entre sí, se reduzcan al mínimo.

La fuerza está dada por la relación:

$$P = \frac{100 - c}{100} V\gamma$$

Donde :

V = volumen del dique

γ = Peso específico de la piedra

c = porcentaje de huecos.

2) Empuje hidrostática sobre la pared aguas arriba.

Este empuje se calculado por la fórmula tradicional de $(1/2 \gamma h^2)$

3) Efectos ejercidos por el agua al introducirse en el cuerpo de la obra.

En los diques de gaviones, el agua se introduce en el cuerpo del dique circulando por los huecos que las piedras forman entre sí.

El peso de la piedras, disminuye en el empuje de Arquímedes, pero afectado de un coeficiente menor que la

unidad y se puede admitir como peso específico efectivo de la mampostería en compendio entre 1400 - 1700 Kg./m³

D-12.5 REFERENCIA

- Ven Te Chow, "Open Channel Hydraulics". Mc. Graw - Hill Book Company. Inc. Tokyo.
- Design of Small Canal Estructure United States. Department of the Interior. Bureau of Reclamation.
- Obras Hidráulicas. Ing. Luis Razuri. CIDIAT

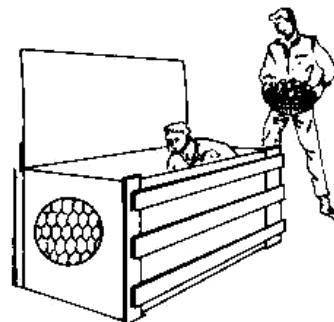
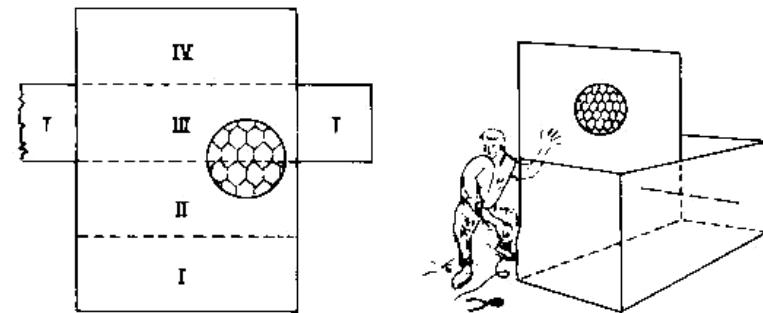


Figura No 21. Partes de un Gavión.

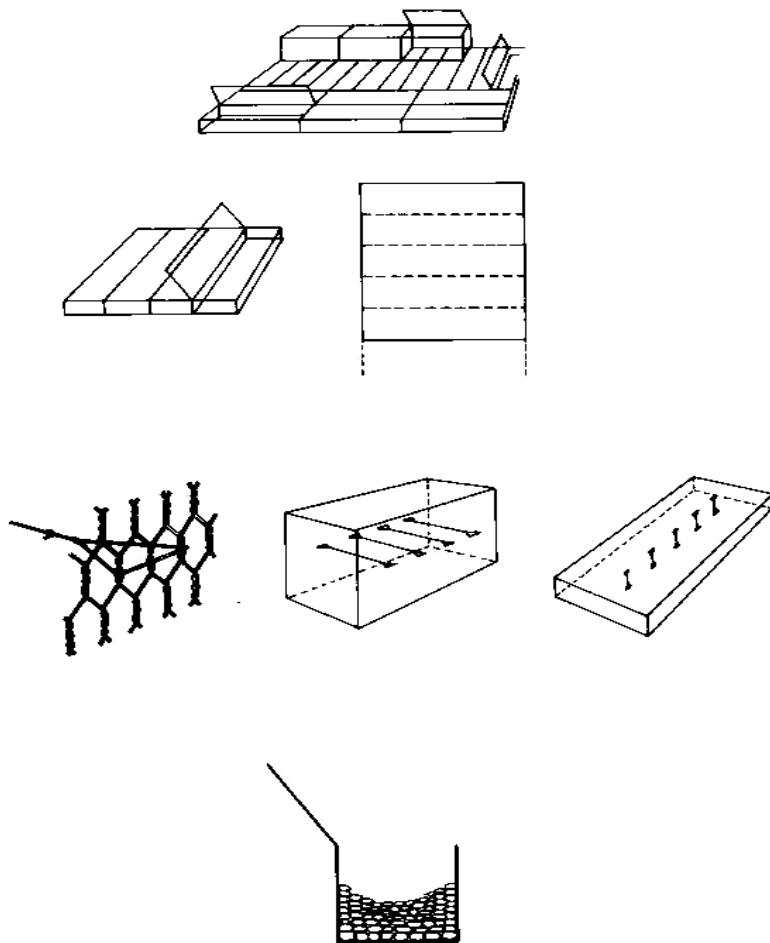


Figura No 23. Construcción de Gaviones.

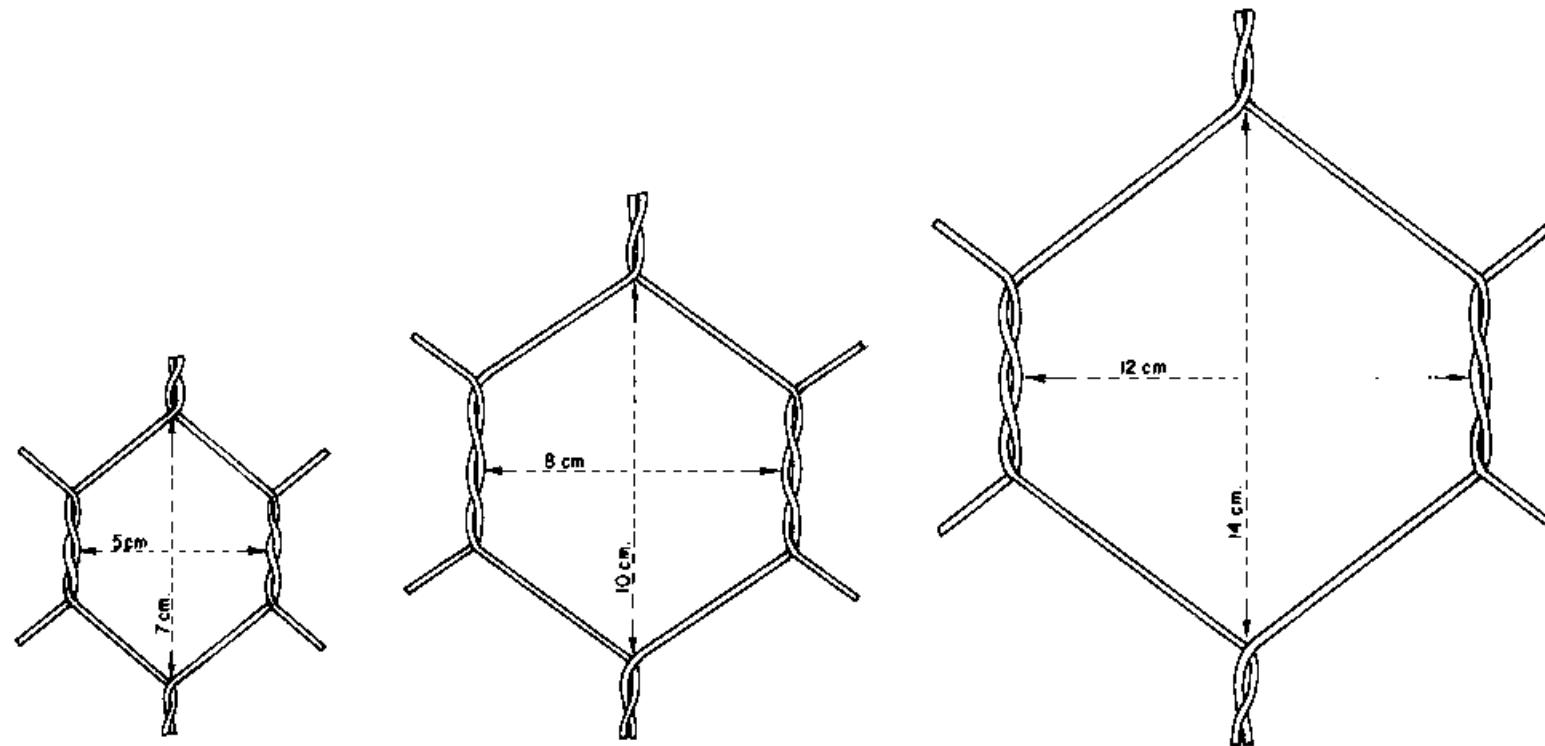


Figura No 22. Tamaño de tres mallas típicas.

ANEXO E

COSTOS UNITARIOS

PROGRAMA DE ENCAUZAMIENTO DE RÍOS Y PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN - PERPEC¹ -2005

VALORES PROMEDIO DE COSTOS EN PRINCIPALES ACTIVIDADES

(Nuevos Soles)

01-01-2005

Nº	DEPARTAMENTO	DESCOLMATAÇÃO DE CAUCE DE RÍO (\$/m ³)		CONFORMACIÓN DE CAJA DE RÍO (\$/m)		DIQUE REVESTIDO CON COLCHÓN (Tipo RENO) (\$/m ³)		DIQUE REVESTIDO CON ROCA (\$/m ³)		DIQUE CON GAVIÓN (\$/m ³)		ESPIGÓN CON GAVIÓN (\$/m ³)		ESPIGÓN CON ROCA (\$/m ³)		ESPIGÓN CON MADERA (\$/m ³)		CONSTRUCCIÓN DE CABALLETES (\$/m)	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9	
		(m ³)	(m)	(m ³)	(m)	(m ³)	(m)	(m ³)	(m)	(m ³)	(m)	(m ³)	(m)	(m ³)	(m)	(m ³)	(m)	(C/U)	(m)
1	TUMBES	-	-	2.27	280.00	650.00	1,560.00	100.00	1,000.00	180.00	1,800.00	230.00	2,300.00	160.00	3,000.00	-	-	-	-
2	PIURA	5.00	500.00	3.00	300.00	620.00	1,500.00	85.00	850.00	1,450.00	1,450.00	120.00	1,400.00	75.00	1,500.00	-	-	-	-
3	LAMBAYEQUE	5.00	200.00	3.00	250.00	-	-	60.00	600.00	-	-	-	-	50.00	500.00	-	-	-	-
4	LA LIBERTAD	5.00	200.00	3.00	250.00	-	-	60.00	600.00	-	-	-	-	45.00	500.00	-	-	-	-
5	ANCASH	-	-	3.17	380.00	400.00	800.00	55.00	550.00	-	-	-	-	40.00	400.00	-	-	-	-
6	LIMA	-	-	5.00	150.00	-	-	60.00	600.00	-	-	-	-	40.00	450.00	-	-	-	-
7	ICA	5.00	300.00	3.00	120.00	400.00	800.00	70.00	700.00	90.00	900.00	100.00	1,100.00	50.00	500.00	-	-	-	-
8	AREQUIPA	5.00	400.00	3.00	250.00	-	-	75.00	750.00	-	-	-	-	40.00	450.00	-	-	-	-
9	MOQUEGUA	5.00	200.00	3.45	120.00	-	-	60.00	600.00	100.00	1,000.00	80.00	880.00	30.00	440.00	-	-	-	-
10	CUSCO	5.00	250.00	3.00	150.00	-	-	65.00	650.00	120.00	1,200.00	150.00	1,500.00	60.00	1,100.00	700.00	-	-	-
11	PUNO	5.00	250.00	3.00	150.00	-	-	40.00	400.00	-	-	-	-	30.00	400.00	-	-	-	-
12	JUNÍN	5.00	400.00	3.00	240.00	-	-	70.00	700.00	-	-	-	-	30.00	550.00	-	-	-	-
13	AYACUCHO	5.00	150.00	3.00	90.00	-	-	30.00	400.00	125.00	1,000.00	70.00	700.00	30.00	400.00	-	60.00	40.00	-
14	HUÁNUCO	5.00	300.00	3.00	180.00	-	-	100.00	1,100.00	115.00	900.00	80.00	880.00	40.00	700.00	-	-	-	-
15	SAN MARTÍN	5.00	250.00	3.00	170.00	460.00	1,100.00	100.00	1,200.00	-	-	130.00	1,300.00	90.00	800.00	-	-	-	-
16	AMAZONAS	5.00	250.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	TACNA	5.00	125.00	3.00	75.00	-	-	40.00	400.00	125.00	1,000.00	-	-	40.00	600.00	-	-	-	-
18	CAJAMARCA	5.00	125.00	3.00	75.00	-	-	55.00	550.00	115.00	900.00	-	-	45.00	700.00	-	-	-	-
19	APURIMAC	5.00	125.00	3.00	75.00	-	-	40.00	400.00	115.00	900.00	-	-	40.00	600.00	-	-	-	-
20	HUANCAVELICA	5.00	125.00	3.00	75.00	-	-	40.00	400.00	100.00	800.00	-	-	25.00	330.00	-	-	-	-

1.- Descolmatacion de Cauce: Esta referido a trabajos de movimiento de material de lecho del río para ser eliminados fuera del cauce

2.- Conformaton de Caja : Trabajo referido al movimiento de material del cauce del río hacia las margenes de mismo y fuera del cauce

3.-Dique revestido con colchones: Dique con material de prestamo revestido con colchones antisocavantes en la cara humeda del dique

4.-Dique revestido con roca o Muro Longitudinal: Dique con material de prestamo revestido con rocas de diametros de 0.5 a 1.20 m, en la cara humeda del dique

5.-Dique con gavion: Dique con gavion caja de diferentes dimensiones comerciales y que son armados, colocados y llenados con piedras de diametros de 4 - 10 pulgadas.

6.-Espigón con gavion: Espigones constituidos de cajas de gaviones y colchones antisocavantes llenados con piedras de diametros de 4 - 10 pulgadas.

7.-Espigón de roca: Son construcciones cuyo cuerpo de la estructura esta integralmente conformado de roca y con una antisocavante de estabilidad.

8.-Espigón con madera tipo rollizo(troncos): Estructura constituido por rollizos transversales y parantes, llenado con piedras de diametros 7 - 12 pulgadas

9.-Construcción de caballetes:Son construcciones forestales hechas con madera(troncos) seleccionada resistente al agua, los cuales se fijan mediante roca en los margenes del cauce



Cuadro No 24. Secciones Típicas más usadas en el PERPEC de Piura, Lambayeque y La Libertad.

