

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES EN EL SECTOR DEL
CENTRO POBLADO DE GORGOR, DISTRITO DE GORGOR,
PROVINCIA DE CAJATAMBO, LIMA”**

Presentado por:

BACH. JHONY ANIBAL CCONISLLA QUISPE

**TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

**Lima – Perú
2017**

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Diagnóstico de la situación Actual	2
1.2.	Justificación Técnica del Proyecto.....	3
II.	OBJETIVOS	6
2.1.	Objetivos Generales	6
2.2.	Objetivos Específicos	6
III.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	7
3.1.	Consideraciones de Hidráulica Fluvial	7
3.2.	Clasificación Morfológica de los Ríos.....	7
3.3.	Erosión	8
3.4.	Transporte de sedimentos	8
3.5.	Socavación	8
3.5.1.	Fórmula de Lischtván – Levediev para socavación General.....	8
3.6.	Avenida	10
3.6.1.	Máxima Avenida	10
3.6.2.	Método de determinación de Máximas Avenidas	10
3.7.	Periodo de Retorno	12
3.8.	Inundación	13
3.9.	Cauce Estable.....	14
3.9.1.	Método de Altunin	14
3.9.2.	Método de Blench	14
3.9.3.	Formula de Lacey.....	15
3.9.4.	Formula de Pettis.....	15
3.10.	Obras de Protección Ribereña	15
3.10.1.	Medidas Agronómicas.....	15
3.10.2.	Medidas Estructurales	16
3.11.	Diseño de un Enrocado	18
3.11.1.	Características de la Roca	18
3.11.2.	Diseño de Peso del Enrocado	18
3.11.3.	Método de Estabilidad de Momento o del Factor de Seguridad	20
IV.	DESARROLLO DEL TEMA	21
4.1.	Información de la Zona del Proyecto.....	21
4.1.1.	Ubicación del Proyecto	21
4.1.2.	Vías de Acceso	22

4.1.3.	Metas Físicas	23
4.1.4.	Estudio de la Zona.....	23
4.1.5.	Características de los parámetros climáticos.....	25
4.1.6.	Relieve del Terreno	27
4.2.	Descripción de los Trabajos realizados.....	28
4.2.1.	Limpieza del Cauce del Río	28
4.2.2.	Conformación de Dique	29
4.2.3.	Enrocado de Dique	29
V.	RESULTADOS.....	31
5.1.	Parámetros Hidráulicos.....	31
5.1.1.	Determinación del Caudal de Diseño.....	33
5.1.2.	Determinación del Ancho Estable de Cauce	33
5.1.3.	Tirante Hidráulico	39
5.1.4.	Profundidad de Socavación.....	43
5.2.	Parámetros Estructurales.....	44
5.2.1.	Profundidad de Uña.....	44
5.2.2.	Diseño del Dique Enrocado.....	45
5.2.3.	Altura del Dique	46
5.2.4.	Talud del Dique.....	46
5.2.5.	Análisis de Estabilidad de Talud.....	47
5.2.6.	Diámetro Mínimo del Enrocado.....	51
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
6.1.	CONCLUSIONES	52
6.2.	RECOMENDACIONES.....	53
VII.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	54
VIII.	ANEXOS	55

RESUMEN

En el presente trabajo monográfico se realizó el análisis para el planteamiento del diseño físico de un enrocado del río Gorgor, para la protección del centro poblado de Gorgor, ubicado en el Departamento Lima, Provincia de Cajatambo. Esto debido a los múltiples acontecimientos climatológicos sucedidos en nuestro país, como El Niño Costero, el cual ha dejado al poblado de Gorgor vulnerable a inundaciones; como consecuencia del desborde del río. El objetivo del proyecto es el planteamiento de un diseño físico de enrocado como defensa riverense, con apoyo de softwares como el RIVER y HEC RAS. Para el dimensionamiento del enrocado se trabajó con un caudal máximo de 69.95 m³/seg., para un tiempo de retorno de 50 años, el cual dio como resultado una altura de dique de 4.30m, para los tramos vulnerables (margen izquierda y derecha) identificados con el software HEC RAS; por lo que se recomienda la verificación de dimensionamiento y tramos in situ; debido a que, el cauce del río puede variar por factores como la erosión.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el territorio peruano ha sufrido la agresividad de las condiciones climáticas; como por ejemplo el Niño Costero, el cual trajo muchas pérdidas económicas para el Perú.

El centro poblado de Gorgor, no ha sido la excepción; ya que dicho poblado al encontrarse a laderas de río Gordor, se convierte en una zona altamente vulnerable a las inundaciones que se pueden generar; es por esta razón que se tiene la necesidad de realizar el planteamiento, para la construcción de una protección contra inundaciones, permitiendo así, el buen reencauzamiento del río.

En el presente trabajo monográfico se realizó el análisis para el planteamiento de una protección con enrocado en el centro poblado de Gorgor, el cual se ubica en la región Lima, Provincia de Cajatambo.

Con el objetivo de la protección al centro poblado, se requirió de carácter urgente un planteamiento de defensa en las riberas del río, protegiendo así gran parte del centro poblado y hectáreas de zonas agrícolas. Para la solución a este problema se planteó la construcción de una defensa ribereña con dique enrocado en aproximadamente un kilómetro de la ribera del río, las cuales se vieron afectados en los últimos años por las crecidas del río ocasionando la erosión e inundación de zonas aledañas, con grandes pérdidas económicas.

Para la obtención del diseño de la defensa ribereña con dique enrocado, se realizó la recopilación de información necesaria del río Gordor, para luego realizar los cálculos en gabinete y el modelamiento con software computarizados como: HEC RAS y RIVER. Obteniendo como resultado los tramos del río a proteger, para que en una eventual avenida el centro poblado Gordo no sea afectado.

Dicho planteamiento permitió la protección de aproximadamente mil doscientos treinta y cinco personas (pobladores), los cuales se dedican a la actividad agrícola en un 69% y la protección de un puente, el cual es la única vía de entrada y salida hacia el poblado.

1.1. Diagnóstico de la situación Actual

Situación Actual

El área del proyecto se encuentra ubicada en el distrito de Gorgor, provincia de Cajatambo de la región Lima, en el puente vehicular que une el Centro Poblado de Gorgor con la carretera Pativilca y está ubicada a una altura de 3,035 m.s.n.m.

Al analizar el estado actual del río y el centro poblado de Gorgor se determinó que existe riesgo de pérdidas por erosión e inundación de las Unidades Productoras de bienes y servicios públicos en el Centro Poblado de Gorgor, como: terrenos agrícolas, caminos de acceso, puente, central hidroeléctrica, etc., como ya se ha dado anteriormente al producirse desbordes que dañaron las viviendas, los terrenos de cultivos, caminos de acceso a diferentes sectores, servicios de agua potable, etc.

La situación actual es vulnerable y esta descrita en función de las condiciones actuales en que se encuentra el cauce del río Gorgor en el área de influencia, dicha área atraviesa al poblado donde se puede apreciar dos sectores: aguas arriba del Puente de Gorgor y aguas abajo.

Recursos hídricos

La Cordillera de los Andes divide geográficamente al país en dos vertientes principales que drenan sus aguas hacia los Océanos Pacífico y Atlántico; existe también una tercera vertiente constituida por la alta cuenca interandina, cuyas aguas drenan al Lago Titicaca.

La sub cuenca de la quebrada Gorgor forma parte de la cuenca del río Pativilca y vertiente del Pacífico.

El relieve general de la cuenca es el que caracteriza prácticamente a la mayoría de los ríos interandinos, es decir el de hoyas hidrográficas alargadas, de fondo profundo y

quebrado con fuerte pendiente; presenta una fisiografía escarpada y en las partes abruptas cortadas por quebradas de fuertes pendientes y estrechas gargantas macizas.

Familias Beneficiadas

El número de familias beneficiadas es de 459 familias, 1,235 pobladores que se verán favorecidas considerablemente en la seguridad de sus vidas y su inversión en diferentes bienes, así como pequeños agricultores y ganaderos.

Área agrícola y cultivos

El Centro poblado de Gorgor, del distrito de Gorgor tiene 9.30 has expuestas de las cuales 5.48 hectáreas que se encuentran en ambas márgenes se perjudicarían al producirse una inundación por estar al borde del río y muy expuestas; la superficie de cultivo dañada sería afectada e inclusive destruida.

Los principales cultivos agrícolas son: Papa, Frutales, Olluco Cebada Maíz, Habas. A consecuencia de ello se vería interrumpida la producción agrícola en ambas márgenes del río Gorgor.

1.2. Justificación Técnica del Proyecto

La población beneficiaria tiene la característica principal de tener como actividad generadora de su economía a la agricultura y ganadería. Esta actividad en la actualidad es conducida en forma precaria, sin tener en cuenta los criterios básicos de manejo y uso racional de recursos, los niveles de capacitación son mínimos, no existiendo innovaciones con tecnologías adecuadas para las condiciones actuales.

El recurso suelo presenta diferentes características edafológicas, limitados por la topografía accidentada de la zona, los pocos recursos hídricos existentes en la zona son utilizados de manera irracional, no existe una capacitación adecuada para el uso de los suelos por su capacidad actual, continuamente se vienen afectando al recurso suelo por la erosión creciente debido a las aguas de riego, deficientes sistemas de manejo, falta de protección y alta erosión por las aguas de escorrentía producto de las precipitaciones; estos debido al desconocimiento del uso racional y sostenido de los recursos.

La alerta de la posible presencia del Fenómeno de El Niño en el año 2017 al 2018, pone en alerta nuevamente el tema de actividades de prevención que mitiguen los efectos negativos del Fenómeno de El Niño, siendo uno de ellos las fuertes precipitaciones pluviales que inundan las ciudades y la presencia de huaycos en las quebradas y ríos, y como consecuencia se produce desbordes e inundaciones en las zonas de riesgo.

Del Análisis del Diagnóstico de la Situación Actual, se puede apreciar que el río Gorgor en los sectores de interés, presenta vulnerabilidad a la inundación debido a tres causas principales:

✓ **Erosión de las Márgenes del Río**

La erosión de las márgenes en el río Gorgor se presenta básicamente por la alta velocidad del flujo y la no existencia de un revestimiento en la estructura de encauzamiento. La Inundación por erosión se da por rompimiento de la estructura de protección o por desbordamiento.

✓ **Colmatación del Cauce del Río**

En la parte alta y media de la sub cuenca del río Gorgor, la pendiente es alta y ocasiona arrastre de sedimentos de fondo, estos sedimentos son depositados en la parte baja, colmatando así los cauces de los ríos; adicionalmente la erosión de las laderas aguas arriba de la zona de estudio contribuye a la colmatación de los cauces aguas abajo. La Inundación por colmatación de cauce se presenta básicamente por desbordamiento.

✓ **Alineamiento Irregular del Río**

La ausencia de encauzamiento en el río Gorgor es una de las principales causas de debilitación de las estructuras de protección (Diques), debido a que la irregularidad de la topografía ocasiona distorsión de las líneas de flujo e incremento de las velocidades, atacando a las zonas de mayor vulnerabilidad.

Las obras de encauzamiento permiten direccionar las líneas de flujo y así controlar los fenómenos hidráulicos locales.

El proyecto se justifica por cuanto las obras a desarrollar protegerán los terrenos de cultivo asentados en las riberas contiguas a las márgenes a reforzar, a la población del distrito de Gorgor, la infraestructura vial, la infraestructura deportiva, el cementerio ubicado en la margen derecha, entre otros.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivos Generales

- ✓ Diseño físico de una defensa ribereña con dique enrocado, en las laderas del río Gorgor del Centro Poblado de Gorgor.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Identificación de los tramos a proteger con una defensa ribereña con dique enrocado en el río Gorgor del Centro Poblado de Gorgor.
- ✓ Protección del río Gorgor en el Centro Poblado de Gorgor, con obras de defensa ribereña en ambas márgenes aguas arriba y aguas abajo.
- ✓ Protección de áreas de cultivo, población aledaña e infraestructura de riego y vial del centro Poblado Gorgor.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Consideraciones de Hidráulica Fluvial

La hidráulica fluvial, es una parte esencial de la hidráulica general, donde estudia componentes de los ríos como, el movimiento del agua y los sedimentos; además la influencia de la vegetación y deformación del cauce, sin incluir la influencia de vegetación y vida acuática (Ochoa, 2011).

Martín (2002) indicó que se conoce como hidráulica fluvial, al estudio de cómo se presentan los caudales de un río de régimen hidrológico.

3.2. Clasificación Morfológica de los Ríos

Apaclla (2014), mencionó que los ríos se clasifican de tres formas de acuerdo a su geometría, los cuales son: Rectos, trezados y meandros.

- **Ríos Rectos:** Siguen una alienación recta. Existen en planicies que son inadecuadas para permitir velocidades erosivas, o en pendiente pronunciadas donde se pueden alcanzar altas velocidades.
- **Ríos Trezados:** Son aquellos ríos que se encuentran conectados aleatoriamente por diversos canales, generalmente se hayan en sectores donde la pendiente es relativamente fuerte. También este tipo de ríos generan barras formadas por los depósitos de sedimentos, los cuales se puede producir por vegetación.
- **Ríos con Meándro:** Un río con meandro es aquella donde existen diversas curvas consecutivas, los cuales pueden surgir por los diversos cambios que presenta durante el tiempo, este tipo de cambios se generan generalmente por el tipo de material de las márgenes.

3.3. Erosión

La forma de la corteza terrestre es gracias a la erosión que se da progresivamente desde los tiempos geológicos. Además la erosión de las cuencas dan lugar a los sedimentos fluviales (Rocha, 1998)

Martin (2001) indicó que el descenso del fondo o retroceso de las orillas en un cauce es consecuencia de la erosión.

3.4. Transporte de sedimentos

Ochoa (2011), el volumen de los sedimentos transportados por el flujo de un cauce es de gran importancia; ya que, puede influir en el comportamiento de las diversas estructuras hidráulicas. Además puede variar el cauce de un río e influir en la optimización de la navegabilidad.

3.5. Socavación

Las tramos de un río se encuentran sujetas a un proceso de erosión y sedimentación, el cual ya sea producido por un proceso natural u obra del hombre se llega a reducir el ancho del cauce en el fondo se producirá una erosión, debido a esto se puede incrementar la pendiente, el cual producirá una socavación local y si se produce algún cambio en diferentes tramos es posible que el cauce se aceleren en otros puntos (Apacla, 2014)

3.5.1. Fórmula de Lischtván – Levediev para socavación General

Levediev en 1959 utiliza este método para determinar la socavación general en cauces con material granular. Dicho método utiliza una fórmula para determinar las condiciones de equilibrio entre la velocidad media de la corriente y la velocidad media de flujo que se requiere para erosionar un material de diámetro y densidad conocida, es decir los que forman estratos de distintos tipos de material.

La condición de equilibrio está dada por:

$$U_e = U_r$$

Donde:

U_e = la velocidad media que debe tener la corriente para erosionar el material del fondo (inicio de arrastre), m/s.

U_r = Velocidad media real de la corriente, m/s.

Para poder aplicar este método se requiere los siguientes datos:

- Q_d = Caudal máximo de diseño
- Elevación del agua en el río (en la sección en estudio) para el gasto anterior.
- La sección transversal de la sección en estudio durante el estiaje anterior.
- Si el suelo es granular, se necesita la granulometría del material del fondo, de donde se calcula el diámetro medio, D_m .
- Si el suelo es cohesivo, se requiere el peso volumétrico Y_m de la muestra seca.

U_r se calcula asumiendo la hipótesis que el gasto unitario que pasa por cualquier franja de la sección permanente constante mientras dura el proceso de erosión. Entonces se tiene:

$$U_e = 0.68B(dm)(dm)^{0.28}(H_s)^x$$

$$U_r = a(H_o)^{\frac{5}{3}}(H_s)$$

Donde:

- H_s = Profundidad inicial que existe en una determinada vertical de la sección entre el nivel de agua al pasar la avenida y el nivel del fondo obtenido durante el estiaje (m).
- H_s = Profundidad después de producirse la socavación del fondo (m)
- B = Coeficiente que toma en cuenta el periodo de retorno con que se presenta el gasto de diseño en años.
- X = Exponente variable que tiene diferente valor en cada una de las formulas.
- dm = Diámetro medio de los granos del fondo.

3.6. Avenida

Algunas condiciones naturales como las hidrometeorológicas, producen grandes avenidas (Rocha, 1998).

3.6.1. Máxima Avenida

Las avenidas son caudales extraordinarios, los cuales tiene una recurrencia interanual, el cual se mide por el periodo de retorno de dicha avenida. Sin embargo estas aguas altas tiene una frecuencia baja (Martin, 2001)

3.6.2. Método de determinación de Máximas Avenidas

Terán (1998), mencionó los diferentes métodos para el cálculo de máximas avenidas:

- Método Empíricos
- Método Histórico
- Método de Correlación Hidrológica
- Método Directo o Hidráulico
- Método Estadístico Probabilístico
- Método Hidrológico

De estos métodos los más usados son los probabilísticos.

Métodos Probabilísticos

La estimación de máximas avenidas se da gracias a un registro histórico de todas las máximas avenidas en un periodo de retorno determinado. Se presentan dos casos:

- Con registro aceptable de 50 años, en este periodo se han dado avenidas de moderadas a bajas y al extrapolar un periodo de retorno, lo más probable es que dé un valor bajo.
- Para las mismas condiciones de 50 años, se presentan avenidas extraordinarias.

La excesiva extrapolación puede acarrear errores de apreciación en ambos extremos (Terán, 1998).

a.- Gumbell

Este método, es mayormente empleado para los proyectos de defensa ribereña con bastante aceptación.

En base a la fórmula de Gumbel, propuesta para valores extremos observados en muestras, y que sirve para predecir magnitudes máximas de variables hidrológicas, asumiendo que estos son independientes, se calcula la distribución teórica de la serie anual y la fundación de los valores estadísticos teórica de la serie anual y la función de los valores estadísticos de la serie empírica, mediante las siguientes relaciones:

$$P = e^{-e^{-y}}$$

Donde:

P = Probabilidad de recurrencia

e = Base de los logaritmos Neperianos

y = Variable reducida que está dada por la relación:

$y = a (X - X_f) \rightarrow$ Variable reducida

$X_f = (1 - CV Y_n / \sigma_n) X$

$a = \sigma_n / \sigma_x$

(X_f) es el modelo de distribución, (a) medida de dispersión, (σ_n) y (Y_n), valores teóricos que son funciones sólo del valor de la muestra.

b.- Los Pearson Tipo III

Esta ley probabilística tiene un comportamiento exponencial en el infinito, gráficamente presenta mejor ajuste y se adapta muy bien a los valores que se producen.

Esta dada por la función:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-(\ln x - x_0/B)}}{x B^\gamma (\gamma)^\gamma}$$

Donde:

γ : Parámetros de forma.

B : Parámetro de escala, que está en función de sesgo ó Coeficiente de asimetría y el tiempo de retorno

De manera rápida es utilizando una forma simplificada del modelo y utilizando tablas especialmente elaboradas las cuales relaciona el coeficiente de asimetría con la probabilidad y periodo de retorno, entablándose la siguiente ecuación:

$$X = X + SB$$

$$\text{Log } Q = Q_{oy} + \sigma y B$$

Donde:

B = Parámetro de Escala

σy = Desviación Estándar

Q_{oy} = Media

$$Cs = \text{Sesgo} = \frac{N \sum (\ln x - X \ln x)^3}{(N-1)(N-2) S \ln x^3}$$

3.7. Periodo de Retorno

Villón (2002), mencionó que para el caso de caudales de diseño, el periodo de retorno se define, como el intervalo de tiempo dentro del cual un evento de magnitud Q , puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio.

Si un evento igual o mayor a Q , ocurre una vez en T años, su probabilidad de ocurrencia P , es igual a $1/T$ en T casos, es decir:

$$P = 1/T \text{ ó } T = 1/P$$

Donde:

P = Probabilidad de ocurrencia de un caudal Q

T = Periodo de retorno

Periodo de retorno de diseño recomendado para estructuras menores. Cuadro N°01

Cuadro N°01
PERIODOS DE RETORNO SEGÚN EL TIPO DE ESTRUCTURA

Estructura	Periodo de Retorno (años)
Puente sobre carreteras importantes	50 – 100
Puente sobre carretera menos importantes o alcantarillas sobre carreteras importantes	25
Alcantarilla sobre camino secundario	5 – 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde puede tolerarse encharcado con lluvia de corta duración	1 – 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje Urbano	2 – 10
Drenaje Agrícola	5 – 10
Muro de Encauzamiento	2 - 50

Fuente: Hidrología Máximo Billón Bejar

El periodo de retorno se da en intervalos de promedio en años (5, 10, 20, 50, 100, 1000, 5000, 10000 e intermedios), dentro de esos puede ocurrir o ser superada por la máxima avenida correspondiente a dicho periodo de tiempo (Velásquez, 2014).

3.8. Inundación

Rocha (1998), las inundaciones pueden ocurrir sin que una crecida o evento hidrometeorológico extraordinario. Además una inundación se puede definir como un aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce. Teniendo en cuenta que un nivel normal es la elevación de la superficie del agua que no cause daños (Rocha, 1998).

Vide (2002), mencionó que una inundación es un encauzamiento, el cual es cualquier arreglo o intervención que toma un tramo del río.

3.9. Cauce Estable

Se necesita un valor representativo de varios caudales, para así poder realizar un acción modeladora del rango completo de caudales, los cuales nos permitirán modelar las diferentes relaciones geométricas hidráulicas del cauce aluvial en condiciones de equilibrio dinámico (Basile, 2018).

3.9.1. Método de Altunin

Con este método se estableció el ancho del cauce en función de la zona dentro del desarrollo del río. Se recomienda para cauces de material granular. Está basado en datos y observaciones en la Unión Soviética, aplicables a ríos de grava y material aún más grueso.

$$B = (A * Q^{0.5}) / (S^{0.2})$$

Donde:

B = Ancho

$$A = (n * k^{5/3})^{(3/(3+5m))}$$

S = Pendiente del río

Q = Caudal

n = Coeficiente de Rugosidad

m = Coeficiente que depende del tipo de río, varía de 0.5 para río de montaña, 1 para cauces aluviales y 0.7 para cauces arenosos.

K= Coeficiente que depende de las resistencias de las orillas (8 – 12 para materiales aluviales)

3.9.2. Método de Blench

Este método se recomienda para cauces con material cohesivo o formados en arena fina ($D_m < 1\text{mm}$), para diámetros mayores de empiezan a tener resultados absurdos. La ecuación para determinar el ancho de un cauce estable está dada por la relación.

$$B = 1.81 * (Q * F_b / F_s)^{0.5}$$

Donde:

$Q =$ Caudal (m^3/seg)

$F_b =$ Factor de redondeo, cuyos valores promedios son: 0.8 para material fino y 1.2 para material grueso.

$F_s =$ Factor de orilla, cuyos valores son: 0.1 para materiales sueltos, 0.2 para materiales ligeramente cohesivo y 0.3 para materiales cohesivos.

3.9.3. Formula de Lacey

Este método se ajustó con canales en fondo de arena hasta 0.4mm. La expresión para la determinación del ancho está dada por:

$$B = 4.84 * Q^{0.2}$$

Donde:

$B =$ Ancho superficial (m)

$Q =$ Caudal en (m^3/seg)

3.9.4. Formula de Pettis

La expresión de diseño está dada por:

$$B = 4.44 * Q^{0.5}$$

Donde:

$B =$ Ancho Superficial (m)

$Q =$ Caudal (m^3/seg)

3.10. Obras de Protección Ribereña

Son las diversas medidas tomadas para evitar los problemas generados por la energía erosiva del agua. Entre las medidas de prevención y control se tiene: medidas agronómicas y medidas estructurales (Terán, 1998)

3.10.1. Medidas Agronómicas

Entre las medidas agronómicas se tiene a las defensas vivas:

- a) **Defensas Vivas – Naturales:** Estas son las mejores defensas contra la inundación y la erosión del río, y viene a ser el conjunto de variedades de árboles y arbustos de buena densidad, que existe en ambas márgenes del lecho de río, manteniendo espesores de 30 – 40m, que es la garantía de su protección
- b) **Defensas Vivas – Forestales:** Está basado en la plantación de arbustos y árboles de raíces profundas, la cual se realiza una vez determinada la sección estable del río. Su densidad debe ser en función a las características de las especies.

3.10.2. Medidas Estructurales

Son aquellas medidas que consisten en estructuras diseñadas en base a los principios de la ingeniería. Para controlar la erosión producto de la escorrentía superficial. En el aspecto de diseño se toma en cuenta la hidrología e hidráulica.

- a) **Permanentes:** Son aquellas estructuras que se construyen en base a concreto armado, ciclópeo, rocas y gaviones. Su diseño y ejecución requieren conocimientos y experiencia especializada. Se emplean para prevenir y controlar la erosión hídrica de terrenos de cultivos y otros efectos.
- **Diques Enrocados:** Son estructuras conformadas en base a material de río dispuesto en forma trapezoidal y revestido con roca pesada en su cara húmeda; pueden ser continuos o tramos priorizados donde se presentan flujos de agua que actúan con gran poder erosivo.
 - **Enrocado con Roca al Volteo:** Son los revestidos con roca pesada al volteo o colocado en forma directa por los volquetes, puede ser en forma parcial, sólo la cara húmeda o en forma total, uña y cara húmeda. El volumen de roca empleado es mayor y su talud de acabado no es muy estable.
 - **Enrocado con Roca Colocada:** Cuando la roca es colocada con empleo de cargador frontal, excavadora o pala mecánica, en la uña y

cara húmeda de terraplén. El volumen de roca empleada es menor y el talud que se logra es estable y guarda las especificaciones de diseño.

- **Estructuras de Concreto:** Estas obras son construidas en base a concreto y sirven para la protección de la acción erosiva del río, sobresalen dentro de estas obras los muros de encauzamiento, destacándose los siguientes:

- ✓ Muros de Concreto ciclópeo
- ✓ Muros de Concreto Armado
- ✓ Dados
- ✓ Losas
- ✓ Colchones
- ✓ Presas de Regulación
- ✓ Gaviones

b) Temporales: Son aquellas estructuras cuyo costo son menores y su construcción no requiere mayormente de conocimientos técnicos especializados. Su finalidad es desviar el flujo de agua en forma relativa de los terrenos de cultivo, a fin de protegerlos. Dentro de estas estructuras temporales se tiene:

- **Espigones:** Dentro de las obras de carácter temporal son las que demuestran mayor eficiencia de trabajo de control. En si vienen a ser acumulaciones de material de río dispuestos en forma trapezoidal, revestidos con roca pesada.
- **Rayados o Terraplenes:** Consiste en la acumulación de materiales de río mediante maquinaria pesada, por lo general tractores de oruga; esta acumulación se hace con el objeto de desviar el flujo y proteger terrenos de cultivo.
- **Limpieza de Cauce:** Consiste en la limpieza y uniformización del cauce del río mediante el empleo de maquinaria pesada para obtener así una sección estable, tratando de recuperar la pendiente de equilibrio del río en el tramo crítico.

3.11. Diseño de un Enrocado

Para realizar un diseño de enrocado se toma en cuenta diferentes factores como, evaluación de infraestructuras de riego y drenaje de áreas agrícolas, infraestructuras viales (puentes, caminos, etc), abastecimiento de agua para la población, etc.; es decir todas las estructuras sujetas a erosión en función a máxima avenidas (Terán, 1998).

3.11.1. Características de la Roca

Las piedras que serán usadas en el enrocado, deben tener características como: ser duras, durables en forma angulares en lo posible, resistente a los temporales y acción del agua,

libre de sobrecarga, escombros, limos y arcillas o material orgánico y reunir las especificaciones de graduación. Las piedras que contienen diferentes materiales encima como, polvo, tierra y arcillas, tienen que ser lavadas antes de usarse. Las especificaciones para piedras usadas en enrocados, incluyendo el peso específico, forma, dureza y durabilidad.

La durabilidad de la roca se determina mediante los siguientes ensayos (Casafranca, 2005):

- Prueba de abrasión de los Angeles (AASHTO Test T-96): 40% para 500 revoluciones.
- Sulfato de sodio (AASHTO Test T-104): <10% después de 5 ciclos.

3.11.2. Diseño de Peso del Enrocado

Casafranca (2005), mencionó que la estabilidad de las rocas utilizadas en los enrocados, están en función de:

- La magnitud y dirección de la velocidad del cauce.
- El ángulo de talud de la ribera.
- Características de las piedras incluyendo la geometría, angularidad y gravedad específica.

Para el diseño del peso de la roca se tiene varias fórmulas, entre las más comunes tenemos:

a) Fórmula de R.A. Lopardo

Lopardo utilizó una formula el cual fue mencionado en una publicación en el VII congreso Latinoamericano de Hidráulica (Chile), donde llega a la expresión siguiente:

$$D = 0.44 \frac{V^3}{V^{\frac{1}{2}} \left(g * \frac{ts - tw}{tw} \right)^{\frac{3}{2}} ((1 - \frac{\text{sen}^2 \theta}{\text{sen}^2 \emptyset})^{1/2})^{3/2}}$$

Donde:

D=Diámetro de partículas uniformes (m)

V=Velocidad media del flujo (m/s)

θ = Angulo del talud respecto a la horizontal

\emptyset = Angulo de reposo del material

d = Profundidad de escurrimiento (m)

ts = Peso específico de las partículas (kg/m³)

tw= Peso específico del fluido (kg/m³)

b) Fórmula de California

Propone calcular el tamaño del enrocado de la siguiente manera:

$$W = \frac{0.011314 \left(\frac{ts}{tw} \right) V^6}{(ts - tw/tw)^{\frac{3}{2}} * \text{sen}^2(\emptyset - 0)}$$

Donde:

W= Peso mínimo del enrocado (kg)

V = Velocidad media (m/s)

0= Angulo del talud respecto a la horizontal

\emptyset = Angulo reposo del material

La relación anterior permite calcular el peso mínimo para que el enrocado de la cara húmeda no sea dañada.

c) Fórmula de Maynard

Desarrolla el cálculo del diámetro de la roca en función al diámetro medio, usando constantes según el talud y según la forma en planta del río. Utiliza la siguiente expresión:

$$\frac{d_{20}}{y} = C_1 F^3$$

$$F = C_2 V / \sqrt{gy}$$

Donde Valores de C_1

Fondo Plano = 0.28

Talud 1V:3H = 0.28

Talud 1V:2H = 0.32

Donde Valores de C_2

Tramo en curva = 1.50

Tramos rectos = 1.25

En el extremo de espigones = 2.00

3.11.3. Método de Estabilidad de Momento o del Factor de Seguridad

Para la estabilización del enrocado se tiene en cuenta diversos criterios, como la determinación analítica de esfuerzos cortantes los cuales son generados el flujo del cauce y la capacidad del enrocado para soportar dichos esfuerzos. Para lograr la estabilidad se asumen las taludes en el dique, los cuales mediante el análisis de estabilidad se verificará la estabilidad correspondiente. Para esto se deben tener en consideración los siguientes aspectos (Maldonado, 2016):

- Esfuerzo cortante promedio
- Esfuerzo cortante local en un canal muy ancho
- Esfuerzo cortante en curvas
- Esfuerzo cortante para diseño de enrocado
- Factor de seguridad al deslizamiento (Se toma como criterio que el valor del factor de seguridad sea mayor a 1.5).

IV. DESARROLLO DEL TEMA

4.1. Información de la Zona del Proyecto

4.1.1. Ubicación del Proyecto

El área del proyecto geográficamente se enmarca entre las siguientes coordenadas:

SECTOR	COORDENADA	COTA	E	N
Gorgor	UTM Zona 18	3,050-3,005	277,250.96	8'824,872.53
	Sur	msnm	276,287.41	8'824,966.19

*Datos registrados mediante GPS MAP 60 CSX marca Garmin

Cuenca : Río Pativilca

Sub Cuenca : Río Gorgor

El proyecto políticamente se ubica en:

Región : Lima

Departamento : Lima

Provincia : Cajatambo

Distrito : Gorgor

Sector : Gorgor



4.1.2. Vías de Acceso

La red vial que se encuentra en el Distrito de Gorgor cuenta con una carretera de carácter vecinal dentro de su territorio, la misma que permite acceder a la capital de la Provincia de Cajatambo, así como a Barranca y Lima a través de la ruta Lima – Pativilca - Cahua – Pamplona - Gorgor.

El transporte terrestre articula el distrito principalmente con Barranca (centro de consumo) y Cajatambo (centro político y administrativo) a través del sistema de la red vial (Pativilca – Gorgor), que registra 107.50 km de trocha carrozable y 202 km de carretera asfaltada (Lima – Pativilca): cuyo cuadro desagregado de tiempo, distancia y flujo de vehículos se muestra a continuación.

VIAS DE ACCESO

DESCRIPCIÓN (TRAMOS)	PROGRESIVAS	CAMIONETA	OMNIBUS
LIMA - PATIVILCA	Km 0+000 km 202+000	3h + 30'	4h+00'
PATIVILCA - PAMPLONA	Km 0+000 km 78+000	2h + 00'	2h+30'
PAMPLONA - GORGOR	Km 0+000 km 34+ 700	1h+30'	2h+00'
TOTAL	314.70 km	7h+00'	8h+30'

4.1.3. Metas Físicas

- ✓ Limpieza de cauce del río Gorgor en el centro poblado de Gorgor, en una longitud de 821.93 metros lineales.
- ✓ Conformación de dique seco semicompactado en una longitud de 1,216.46 metros lineales, 821.93 m a la margen derecha y 394.53 m a la margen izquierda.
- ✓ Instalación de 1,520.00 metros lineales de dique enrocado en ambas márgenes del río Gorgor aguas arriba y aguas abajo del puente de acceso al distrito de Gorgor en cuatro tramos:
 - Tramo I: longitud de 821.93 m aguas arriba del puente margen derecha.
 - Tramo II: longitud de 394.53 m aguas arriba del puente en la margen izquierda.
 - Tramo III: longitud de 122.43 m aguas abajo en la margen derecha.
 - Tramo IV: longitud de 181.11 m aguas abajo del puente margen izquierda.
- ✓ Instalación de 1,000 metros lineales de plantones de sauces, caña brava, entre otros a lo largo del cauce aguas arriba del puente Gorgor, 600 ml. En la margen derecha y 400 ml en la margen izquierda.

4.1.4. Estudio de la Zona

✓ Localización

El proyecto se localiza en:

Región : Lima

Departamento : Lima
Provincia : Cajatambo
Distrito : Gorgor
Sector : Gorgor

✓ **Clima**

El clima es un poco frío y sus terrenos no muy fértiles, templado - frío, se presenta a partir de los 2,400 hasta los 3,074 m.s.n.m., con temperaturas medias que varían entre los 9° a 18°C. En la época invernal, ésta desciende hasta a 0° de temperatura.

Las temperaturas medias mensuales, aparte de ser uniformes en su régimen, presentan una escasa oscilación entre el mes más cálido (21.4°C Marzo) y el mes más frío (15.2°C Agosto). La temperatura promedio anual ha alcanzado 17.7°C, con valores a la altura de 2,000 m.s.n.m. la temperatura es de 18°C y a los 3,000 m.s.n.m. alcanza 12°C.

✓ **Hidrografía**

El afluente principal de la Cuenca Gorgor, es el río Gorgor que tiene su origen en la precipitación estacional que ocurre en las cuencas altas y los deshielos existentes en la cumbre de la línea divisoria continental; ambos cuentan con un régimen de escurrimiento muy irregular y de carácter torrencioso concentrándose las descargas durante 3 a 4 meses del año (diciembre a marzo), durante el cual se estima discurre el 60% al 70% de la descarga total anual.

✓ **Recurso Suelo**

En el distrito de Gorgor, tiene una superficie de 309.95 Km² de las cuales 5,662.77 has son consideradas agrícolas, 24,133.57 has son consideradas no agrícolas lo que hace un total de 25,321.47 has como superficie total, si lo comparamos con la superficie de la provincia de Cajatambo esta abarca una superficie territorial de 1,515.21 Km², con un área total censada de 91,127.21 has., de los cuales 5,672.77 has. Son unidades con superficie agrícola y 81,464.44 has unidades con superficie no agrícola.

La actividad agrícola se desenvuelve dentro de un marco socio-cultural y técnico muy especial, no estando muchas veces su producción regida a las leyes de la oferta y la demanda sino a otros factores de carácter utilitario, especialmente de autoconsumo, siendo llevada por lo general, en forma tradicional y empírica, presentando su desarrollo muchas limitaciones.

Respecto a la ubicación física de las parcelas, están situadas generalmente en terrenos de laderas con pendiente empinadas a muy empinadas y en menor proporción en terrenos planos a inclinados situados en los fondos del valle.

4.1.5. Características de los parámetros climáticos

✓ Precipitación pluvial

El escurrimiento natural se origina como consecuencia de las precipitaciones estacionales que ocurren en la cuenca alta y del deshielo de los nevados.

La precipitación pluvial varía desde escasos milímetros en la costa árida y desértica, próxima al mar, hasta alrededor de los 1,500 mm, en las nacientes del río Quichas, por encima de la cota 4,800 m.s.n.m.

✓ Temperatura

Al igual que la precipitación pluvial y tal vez con mayor nitidez, la temperatura es el elemento meteorológico cuya variación espacial está ligada al factor altitudinal.

Estudios efectuados por el ONERN dentro de la cuenca del río Gorgor han permitido establecer variaciones medias anuales que van desde los 20°C en la Costa hasta los 6°C en las partes más altas. En costa, y hasta unos 800 m.s.n.m., la temperatura aumenta a medida que se avanza tierra dentro, a partir de los 800 m.s.n.m., temperatura desciende a medida que se gana en altitud.

En el sector altitudinal comprendido entre los 1,800 y 2,800 m.s.n.m. la gradiente térmica disminuye con la altitud, el promedio de temperatura es de 14°C.

En el sector inmediato, comprendido entre 2,800 y 3,700 m.s.n.m. se ha estimado un valor promedio de 10°C.

Finalmente, en el área comprendida entre los 3,700 y 4,200 m.s.n.m., sobre los 4,200 m.s.n.m. la temperatura promedio anual es de 8°C.

✓ **Humedad relativa**

La humedad relativa es mayor en la costa (85%) que en la sierra (64%). Igualmente se ha establecido que mientras en la costa es mayor durante el invierno, en la sierra es mayor en verano.

✓ **Evaporación**

Como patrón de comportamiento dentro de la cuenca del río Gorgor, se puede indicar que la evaporación es mayor a medida que avanza en nivel, pero hasta una altitud, es decir, en cierta medida, este elemento meteorológico tiene una relación directa con la temperatura y una relación inversa con la humedad relativa.

✓ **Población Beneficiada**

El número de familias beneficiadas es de 459 familias, 1,235 pobladores que se verán favorecidas considerablemente en la seguridad de sus vidas y su inversión en diferentes bienes, así como pequeños agricultores y ganaderos.

La población afectada directamente lo constituyen los productores de la localidad de Gorgor, para determinar la población y zona afectada se ha considerado tomar como radio de influencia, lo siguiente: el trazo de la defensa ribereña a construir que va a beneficiar a los pobladores con la construcción de la infraestructura planteada.

4.1.6. Relieve del Terreno

✓ **Relieve del Cauce Principal**

El relieve del cauce principal se representa mediante el perfil longitudinal y puede ser cuantificado mediante parámetros que relacionan la altitud con la longitud del cauce principal.

✓ **Relieve del Cuenca**

El relieve de la cuenca se representa mediante la curva hipsométrica y puede ser cuantificado con parámetros que relacionan la altitud con la superficie de la cuenca. Los principales son el rectángulo equivalente, la altitud media de la cuenca y la pendiente media de la cuenca.

✓ **Topografía**

Geomorfología

La zona donde se ubica el proyecto comprende el valle propiamente dicho, planicies a manera de terrazas eriazas aledañas y algunas quebradas laterales. El valle se presenta contiguo al río en dirección este - oeste, con una mayor extensión e importancia hacia la margen izquierda, a través de un relieve y pendientes suaves; mientras que las planicies y quebradas se localizan al norte y sur del valle, con relieves llanos a ondulados y pendientes variables pero moderadas.

Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico ha sido efectuado por coordenadas rectangulares absolutas, donde es fácil localizar un punto específico en el plano, asimismo el replanteo para ubicar y definir el proyecto de construcción. Los puntos de control definitivo están ubicados al inicio de la ejecución del proyecto en la margen izquierda. Se han tomado todos los detalles del río, así como las variaciones del lecho. Se consideró ambos márgenes del río, su colindancia con las áreas agrícolas afectadas, infraestructura existente, asentamientos humanos rurales de ser el caso, etc.

✓ Geología

Formaciones Geológicas

La estructura de drenaje que existe actualmente en el valle, se formó como resultado de la elevación de los Andes a finales del período Cretáceo y los procesos de glaciación de entonces. Las distintas corrientes comenzaron a excavar por acción erosiva profundos y estrechos canales hasta llegar al océano, atravesando anteriores depósitos de acarreo glacial.

4.2. Descripción de los Trabajos realizados

Las obras de encauzamiento y defensa ribereña se ejecutó en el sector Gorgor, en una longitud de 822.00 metros de limpieza de cauce y 1,520.00 m de enrocado en ambas márgenes del río Gorgor aguas arriba y aguas abajo del Puente de ingreso a distrito de Gorgor.

4.2.1. Limpieza del Cauce del Río

Se ejecutó en el sector Gorgor aguas arriba del puente del mismo nombre en una longitud de 822.00 metros lineales.

Consistirá en dotar al río de una sección de geometría uniforme y estable, para que permita un flujo regular del agua desde las primeras avenidas y sus manifestaciones máximas, de tal modo que pueda devenir en la formación de un cauce no erosivo y de escasa colmatación cuando disminuyan nuevamente las descargas.

Para ello y según la amplitud que ofrece el lecho, donde el curso principal de agua debe discurrir al centro del cauce, se ha proyectado el eje de encauzamiento en función a estos aspectos y en donde es factible su trazo mediante tramos rectos, por lo que la sección proyectada que contendrá un caudal extraordinario para 50 años de retorno, tendrá el ancho mínimo estable definido en 40 m; con pendiente variable en la rasante de diseño por debajo del fondo existente y una configuración trapezoidal con taludes de 1:1 en la cara húmeda

4.2.2. Conformación de Dique

La construcción del dique propuesto se hizo de manera longitudinal al encauzamiento del río, en la margen derecha una longitud de 821.93m para proteger a la zona urbana del distrito de Gorgor, vías de comunicación e infraestructura deportiva, 394.53m a la margen izquierda también aguas arriba del puente de acceso al distrito de Gorgor como protección del cementerio y vías de acceso del distrito, respondiendo a los aspectos señalados de proteger a los terrenos que ya han sufrido inundaciones en esta zona, que es la más vulnerable pero también la de mayor importancia en la producción del valle.

Su conformación se hizo de manera homogénea empleando el propio material de lecho que se removerá al constituir la sección estable del río, mediante el empleo de maquinaria pesada que lo arrimó desde el cauce hacia la cara húmeda que tendrá el dique en ambas márgenes, donde será compactado por capas de manera transversal al cuerpo del dique para ir dándole la forma trapezoidal a su sección. El material a extraerse fue suficiente para su conformación, donde además habrá un volumen adicional proveniente de la excavación de la uña, que también podría utilizarse.

De este modo quedará establecido un prisma con una plataforma superior o corona de 5.00 m, paredes laterales con talud a ambos lados de 1:1, altura de 2.30 m y una base de apoyo de 9.76 m en el lecho del río.

4.2.3. Enrocado de Dique

El enrocado comprende la colocación de piedra grande seleccionada en la cara húmeda del dique que estará en contacto con el agua del río. Previamente se tuvo que construir la uña de estabilidad, extrayendo con excavadora de manera paralela al cuerpo del dique el material ubicado al pie de éste y a partir de la rasante dada al río en el encauzamiento, siguiendo el talud de la cara húmeda y las dimensiones de profundidad ($P_u = 2.00$ m) y ancho ($A_u = 3.00$ m), determinadas para la cimentación o uña.

Dicha sección tendrá la forma de un trapecio rectangular invertido, cuya base mayor será de 5.14 m. Este material de excavación podrá ser depositado en el terraplén formando parte de éste o en la parte externa a modo de reforzamiento adicional. El espacio liberado será ocupado por rocas de cantera que servirán de sustento a manera de uña (como se le viene denominando), el enrocado se colocará sobre el talud del dique en contacto con el agua, de tal modo que se proteja al material compactado y en su conjunto sea una estructura de defensa más sólida y duradera.

El revestimiento con enrocado se hizo empleando roca uniforme que fue colocada o acomodada mediante excavadora, cuidando que tenga un acabado uniforme y fijo. El llenado de la uña se hizo al pie del dique, en un ancho de 3.00 m. en el fondo y de 5.14 m. a nivel de la rasante; para continuar con el revestimiento del talud, que puede ser culminado o atacado también desde la plataforma o corona del dique, en donde el enrocado terminará con un espesor mínimo de 1.00 m, siendo de 5.14 m. en la base al pie del dique o sea en su apoyo en la uña, con una altura de 2.00 m.

V. RESULTADOS

5.1. Parámetros Hidráulicos

✓ Caudal de Diseño

El diseño del enrocado de dique en el tramo crítico, se llevó a cabo de acuerdo con los siguientes criterios de diseño:

Se realizó tomando en cuenta el caudal de diseño calculado para un periodo de retorno de 50 años, $Q = 69.95 \text{ m}^3/\text{seg}$.

✓ Evaluación Hidráulica del Río Gorgor

Progresivas 0-000 – 0+822 Margen derecha

Progresivas 0-000 – 0+395 Margen izquierda

Progresivas 0-000 – 0+181 Margen izquierda

Progresivas 0-000 – 0+122 Margen derecha

De acuerdo con la forma de las secciones transversales del río Gorgor, los cuales son variables e irregulares la simulación del flujo en el río, y evaluación de las referentes magnitudes hidráulicas, se ha llevado a cabo por medio del paquete de programas computarizados HEC-RAS y "River Análisis System".

El programa consiste en la solución de la ecuación energética de Bernoulli, que tiene la siguiente forma:

$$Z_1+h_1+(v_1)^2/2g= Z_2+h_2+(v_2)^2/2g$$

Donde:

- $Z(i,2)$ (m) : Nivel topográfico del fondo de las secciones transversales que delimitan el tramo de evaluación:
- $h(1,2)$, (m) : Tirante de agua en las diferentes secciones transversales;
- $v(1,2)$, (m/s): Velocidad del flujo en las diferentes secciones transversales.

- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$: Aceleración de la gravedad;
- AE, (m): Pérdidas energéticas del tramo de evaluación entre las diferentes secciones transversales.

La solución de la ecuación indicada se lleva a cabo por medio de la evaluación de las pérdidas energéticas (AE), tanto lineales, por rozamiento y locales, debidos a las formas de la sección transversal del río.

De acuerdo con las propiedades geológicas de los contornos del cauce, para la evaluación de las pérdidas energéticas lineales se ha considerado el coeficiente rugosidad de Manning, $n = 0.035$.

Para la evaluación de las pérdidas locales por expansión y contracción se ha considerado los coeficientes de 0.30 y 0.01 respectivamente la evaluación hidráulica se muestra en el anexo.

✓ **Morfología Fluvial**

El río Gorgor según la clasificación morfológica, tiene varios brazos separados por islas fluviales sumergibles, en general es inestable y afecta con mayor incidencia a los terrenos colindantes a ambas márgenes, los cuales se encuentra parcialmente protegido en un tramo por diques enrocados.

Estas propiedades morfológicas en general se deben a los siguientes factores naturales a lo largo del curso del río:

- En el sector se presenta un lecho móvil con una pendiente longitudinal del cauce, por encima de 0.261 %.
- El flujo es torrencioso y muy erosivo en este sector, especialmente durante las crecidas.
- Irregular régimen hidrológico y enorme diferencia entre el régimen de escorrentías de las temporadas de avenidas y de estiaje.
- Ilimitada alimentación con los sólidos gruesos, tanto de las orillas como del fondo, lo que se debe a la composición de las formaciones geológicas del Valle y las propiedades litológicas del cauce.

Por lo indicado, el principal problema del Río Gorgor en su curso está constituido por la inestabilidad de sus orillas y el fondo de su cauce, que afecta tanto los terrenos colindantes, como las obras ubicadas en las márgenes del río.

5.1.1. Determinación del Caudal de Diseño

Se han aplicado 5 métodos para determinar el caudal máximo:

- a) Método IILA, se determinó para un periodo de retorno de 50 años un caudal máximo de 69.95 m³/seg.
- b) Método Tirante máximo en función del caudal máxima avenida, se determinó un caudal máximo de 64.81 m³/seg.
- c) Método de la Velocidad y Área, se determinó un caudal de avenida en 63.51 me/seg.
- d) Método de la Formula Racional, se determinó un caudal de avenida de 65.04 m³/seg.
- e) Método de Brouwer y Heibloem, se determinó un caudal de avenida de 69 m³/seg.

En base a los valores máximos de todos esos caudales estimados, se determina seleccionar como caudal máximo para el diseño el caudal de **69.95 m³/seg.**

5.1.2. Determinación del Ancho Estable de Cauce

La morfología trezada que presenta el rio es generada por la pendiente y el estrechamiento del puente generado por la cantidad de sedimentos lo que ocasiona varias formas del cauce natural y diferentes anchos por lo cual por seguridad debemos realizar el cálculo del ancho del rio utilizando varios parámetros de métodos distintos los que se describirán a continuación.

Para el cálculo de la sección estable Ingresaremos el Caudal, de 69.95m³/seg, y la pendiente en m/m; cálculo del ancho estable del cauce (B), y calcularemos con cinco Métodos:

a) **Método de Petits**, está fórmula está en función del caudal de diseño.

$$B = 4.44Q^{0.5}$$

Donde:

B = Ancho estable

Q = Caudal para tiempo de retorno 50 años = 69.95 m³/seg.

$$B = 4.44 * Q^{0.5}$$

$$B = 4.44 * (69.95)^{0.5}$$

$$B = 37.13 \text{ m.}$$



b) **Método de Simons y Henderson**, está basado en la teoría de régimen estable y está en función del caudal de diseño y de las condiciones de fondo del río. Se debe acceder a la tabla de valores ala siguiente tabla.

CUADRO N° 01
Método de Simons Y Henderson

$B = K_1 Q^{1/2}$	
Fondo y Orillas de Arena	$K_1 = 5.70$
Fondo Arena y Orillas de Material Cohesivo	$K_1 = 4.20$
Fondo y Orillas de Material Cohesivo	$K_1 = 3.60$
Fondo y Orillas del Cauce de Grava	$K_1 = 2.90$
Fondo Arena y Orillas de Material No Cohesivo	$K_1 = 2.80$

Incluye condiciones del tipo de fondo y orilla del río. Obtenemos un cálculo final del ancho “B”.

Fórmula de Simons y Henderson

$$B = K Q^{1/2}$$

Donde:

B = Ancho estable (m)

K = Condiciones de fondo de río (2.9 Para fondo y orillas del cauce de grava).

$$B = K Q^{1/2}$$

$$B = 2.9 *(69.95)^{1/2}$$

$$B = 24.25 \text{ m.}$$



- c) **Método de Blench y Altunin**, basado en la teoría de régimen estable y en función del caudal de diseño, factor de fondo (Fb) y en el factor de orilla (Fs). Fb y Fs, tienen en cuenta la concentración del material transportado en suspensión, el diámetro de las partículas de fondo y la resistencia de las orillas a ser erosionada. Un factor de orilla (Fs) puede tomar los siguientes valores:

- Orilla de barro y arena toma el valor de Fs: 0.1.
- Orilla de barro, arcilla, fangosa toma un valor de Fs: 0.2.
- Orilla de material muy cohesivo, toma un valor de fs: 0.3.
- El factor de fondo Fb, es evaluado mediante las expresiones siguientes:

Si el canal arrastra poco sedimento y el fondo es arenoso, emplear la siguiente expresión: $Fb = 1.9\sqrt{D}$, donde “D” es el diámetro medio de las partículas, en mm.

Si existe arrastre de sedimentos y el fondo es arenoso, emplear la siguiente expresión:

$$Fb = 1.9\sqrt{D}(1 + 0.012Cs) \quad \circ \quad Fb = (d_{50})^{\frac{1}{3}}$$

Los valores recomendables de Fb y Fs, se usarán los valores apropiados:

Método de Blench y Altunin

$B = 1.81(Q Fb/Fs)^{1/2}$	
FACTOR DE FONDO (FB)	FACTOR DE ORILLA (FS)
0.80 – MAT. FINOS (DM<0.50 MM)	0.10 – MAT. SUELTOS
1.20 – MAT. GRUESOS (DM>0.50 MM)	0.20 – MAT. LIGERAMENTE COHESIVOS
	0.30 – MAT. COHESIVOS

Fórmula de Blench Altunin (basado en un régimen estable)

Donde:

B = Ancho estable (m)

Q = Caudal de diseño (m³/s)

Fb = Factor de fondo (1.20 para material grueso)

Fs = Factor de orilla (0.1 para material suelto - arenoso)

$B=1.81 (Q Fb/ Fs)$

$B=1.81 10*0.8/0.1)^{1/2}$ m.

B= 42.82m.



d) **Método de Manning Strickler.** Este método incluye como parámetros de cálculo a los coeficiente de rugosidad (n), tipo de material (k) y de cauce (m), tomando valores de 0.035, 16 y 0.50 respectivamente, el ancho estable es 34.64 m.



- e) **La recomendación práctica**, esta opción está en función del caudal. Para acceder utilizamos la tabla de valores, siguiente:

Tabla de Valores: Recomendación Práctica

Recomendación Practica	
Q (m ³ /s)	ANCHO ESTABLE (B2)
3000.00	200.00
2400.00	190.00
1500.00	120.00
1000.00	100.00
500.00	70.00
69.95	21.14

Esta opción está en función del caudal

B = Ancho estable

Q = Caudal para tiempo de retorno 50 años = 69.95 m³/seg.

B = 21.14 m.

PROYECTO: PROTECCION CONTRA INUNDACIONES EN EL RIO GORGOR - CAJATAMBO

Información Inicial

Caudal (Q)	P. Retorno	Pendiente
69.95	50.00	0.02610

Ancho Estable del Cauce (B)

Recomendación Práctica	20.14
Método de Ferte	37.13
Método de Simons y Henderson	24.25
Método de Papan y Abuna	42.82
Método de Maysa y Shickler	

RECOMENDACIÓN PRACTICA

Q (M ³ /S)	ANCHO ESTABLE (B2)
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70

En resumen tenemos que, el ancho estable para un periodo de retorno de 50 años puede variar desde los 20.14 hasta 42.82 metros; para fines prácticos, se adopta el ancho del cauce de 40 m como ancho estable del río por adaptarse a la zona de estudio; pudiendo éste variar según la geomorfología del río.

Tabla de Valores de Ancho Estable 5 Métodos

Método	Ancho Estable B (m)
Método de Petits	37.13
Método de Simons y Henderson	24.25
Método de Blench y Altunin	42.82
Método de Manning Strickler	34.64
Recomendación Práctica	20.14
B = Ancho estable promedio	32.00

Se asume el valor de 40 m como ancho estable (Es un valor más cercano al ancho real del río en la actualidad).

5.1.3. Tirante Hidráulico

Cálculo del tirante de Método de Manning y Strickler

Finalmente se podrá apreciar los valores del ancho estable del río “B”, mediante los 5 métodos. Sección teórica del cauce, comprende calcular el tirante (Y), ancho (T), área (A), Perímetro, velocidad y N° Fraude; mediante el método de Manning y Strickler.

$$V = KsR^{2/3} S^{1/2}$$

$$Y = (Q / (Ks * b * S^{0.5}))^{3/5} \quad \text{t}$$

$$F = V / (g * A / T)^{1/2}$$

Dónde:

Ks, inversa del coeficiente de rugosidad,

V, velocidad en m/s,

R, radio hidráulico,

S, pendiente

Y, tirante hidráulico,

Q, caudal en m³/s,

b, ancho medio de la sección estable

A, área mojada (m²)

Valores para Ks

VALORES DEL COEFICIENTES DE Ks

Descripción	Ks
Lechos naturales de río con fondo sólido sin irregularidades	40
Lechos naturales de río con acarreo regular	33-35
Lechos naturales de río con vegetación	30-35
Lechos naturales de río con derrubio e irregularidades	30
Lechos naturales de río con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con derrubios gruesos (piedras $\varphi = 0.20\text{m}$ con acarreo inmóvil)	25-28
Torrentes con derrubio grueso con acarreo móvil	19-22

FUENTE: ACI-UNI, DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS, 1994

Antes del procesamiento, el programa pide ingresar los siguientes datos:
 Ancho del Cauce “B”, por defecto se tiene el promedio de los métodos anteriores. Talud (Z).

Valores del Coeficientes Φ

Caudal Máximo m³/s		φ
3,000.00	4,000.00	2
2,000.00	3,000.00	1.7
1,000.00	2,000.00	1.4
500.00	1,000.00	1.2
100.00	500.00	1.1

Calculo del tirante:

$$t = (Q / K_s B S^{1/2})^{3/5} \text{ m.}$$

DONDE:

t = Tirante

B = Ancho estable

Ks = Coeficiente de rugosidad que depende del lecho del río

S = Pendiente del río

$$t = Q / K_s B S^{1/2}$$

$$t = (69.95 / 33 * 40 * 0.02610^{1/2})^{3/5} = 0.512 \text{ m}$$

CALCULO DE BORDO LIBRE DE LA DEFENSA (BI ₁)		
He = V²/2g		
V _m = Velocidad del Caudal de Diseño (m/s)		
g = Aceleracion de la Gravedad		
He = 0.57	Energia Cinetica (m)	
BI = ϕ He		
Caudal maximo m ³ /s	ϕ	
3000.00	4000.00	2
2000.00	3000.00	1.7
1000.00	2000.00	1.4
500.00	1000.00	1.2
100.00	500.00	1.1
ϕ =		1.00
BI₁ = 1.14		
Recomendaciones Practicas:		
m ³ /s	BI	
> 200	0.60	
200 a 500	0.80	
500 a 2000	1.00	
BI₂ = 0.60		
Bordo libre Calculado	BI₁ = 0.60	
Bordo libre Recomen. Practica	BI₂ = 1.14	
Selección	BI = 1.14	

Altura de Encauzamiento (Calculo Hidráulico 50 años de retorno)

$$H = t + BL$$

DONDE:

H = Altura de encauzamiento

Bl= Borde Libre

$H = 0.51 + 1.14 = 1.65$ m. se asumirá 2.00 por existir pendientes en el tramo bajas y el sector es de alta colmatación y seguridades de la repetición de fenómenos del niño.

CALCULO DE ALTURA DEL DIQUE	
H_b = t + BI	
t = 0.51	Tirante de diseño (m)
BI = 1.14	Bordo libre
Hd = 1.65	m.

DESCRIPCION	Calculado	Ajustado
Altura dique Hd (m) =	1.65	2.30
Tirante t (m) =	0.51	1.00
Bordo Libre BI (m) =	1.14	1.30
Altura uña Hu (m) =	2.00	2.00
Altura total Ht (m) =	3.65	4.30

5.1.4. Profundidad de Socavación

Finalmente para la estimación de la socavación general se aplica la metodología de Lichtvan-Levediev. Como resultado se tiene una local de 2.08 m de profundidad.

$$H_s = t_s - t$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (69.95 m³/s)

t = Tirante normal

B = Coeficiente que depende de la frecuencia de la avenida (B=0.94; para una probabilidad del 5%)

Según el cuadro de coeficientes B para socavación de Picandex Kreimer.

bo = Sección estable

t_s = Tirante que corresponde a la profundidad que desea evaluar la velocidad erosiva

D_m = Diámetro medio (D_m = 1.60mm)

x = exp. Para material no cohesivo (x = 0.316; suelos no cohesivos de D = 5 mm; según Picandex Kreimer).

METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV	
$a = Q/(t^{5/3} B \mu)$	
$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.68 D^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$	
$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.60 w^{1.18} \beta))^{1/(x+1)}$	
Q = 69.95	Caudal (m ³ /s)
t = 0.51	Tirante hidraulico (m)
B = 40.00	Ancho del Cauce (m)
μ = 0.97	Coeficiente Contraccion (Tabla)
a = 5.50	
D =	Diámetro Medio de las partículas (mm)
w =	Peso Especifico suelo (Tn/m ³)
x =	Valor obtenido de la Tabla
1/(x+1) =	Valor obtenido de la Tabla
β =	Coeficiente por Tiempo de Retorno

Según estudio de la granulometría del cauce.

PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN:

$$H_s = t_s - t$$

$$H_s = 1.11 - 0.51$$

H_s = 0.60 = 1.50 Por criterio práctico de acuerdo a la inspección de campo.

PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (Hs) EN TRAMOS RECTOS		
Hs = ts - t		
ts = 1.11	Tirante de socavacion (m)	
t = 0.51	Tirante hidraulico con avenida de diseño (m)	
Hs1 = Profundidad de socavacion		
Hs = 0.60	m.	
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (t _{MAX}) ALTUNIN		
Metodo de Altunin		
t_{MAX} = e dr		
B = 40.00	Ancho del cauce del Rio	
R =	Radio de curva del Cauce del Rio	
INGRESE >>>>	>>>>> R =	170
R/B = 4.25	Valor de Ingreso a tabla	
Valores Coeficiente "e"		
R/B =	4.25	El Proposito de esta prueba es determinar un radio de curvatura maximo en el tramo de la obra, sin incrementar la profundidad de socavacion calculada anteriormente
R/B	e	
Infinito	1.27	
6.00	1.48	
5.00	1.84	
4.00	2.20	
3.00	2.57	
2.00	3.00	
e = 2.11		
dr = t = 0.51	Tirante de diseño	
t_{MAX} = 1.08	m	
H_S = t_{MAX} - t		
H_S = Profundidad de socavacion en curva		
H_S = 0.57	m	

5.2. Parámetros Estructurales

5.2.1. Profundidad de Uña

$$H_s = t_s - t$$

DONDE:

Q = Caudal de diseño (69.95m³/s)

t = Tirante normal

B = Coeficiente que depende de la frecuencia de la avenida (B=0.94; para una probabilidad del 5%)

Según el cuadro de coeficientes B para socavación de Picandex Kreimer.

bo = Sección estable

t_s = Tirante que corresponde a la profundidad que desea evaluar la velocidad erosiva

K = Coeficiente que para rocas redondeadas varía de 0.86 a 1.20, para velocidades mínima y máxima respectivamente

YR = Peso específico de las rocas (Kg/m³), 2750 Kg/m³

YW = Peso específico del agua (Kg/m³), 1000 Kg/m³

Remplazando el valor de K

$$V_{lim} = kmx \left(\frac{2gx Dx (Yr - Yw)}{Yw} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\left(\frac{3.03}{1.20} \right)^2 = \left[(19.62 x Dx (2750 - 1000) / 1000)^{1/2} \right]^2$$

$$(2.53)^2 = \left[(19.62 x Dx (1750) / 1000)^{1/2} \right]^2$$

$$6.40 = \left[(19.62 x Dx 1.75)^{1/2} \right]^2$$

$$6.40 = \left[(19.62 x Dx 1.75)^{1/2} \right]^2$$

$$6.40 = 19.62 x D x 1.75$$

$$D = \frac{6.40}{34.335}$$

$$D = 0.19m$$

$$\text{Por seguridad } D = 3.3 * 0.19 = 0.63 = 0.8$$

$$V = \frac{4 \pi x D^3}{3} = \frac{3.1416 x (0.8)^3}{3} = 0.26m^3 = 0.8 \text{ por estabilidad de roca.}$$

5.2.3. Altura del Dique

Para la evaluación del nivel de cresta del borde superior del dique de encauzamiento se ha considerado los datos obtenidos en la simulación hidráulica con el software HEC RAS siendo la altura del dique nivel promedio de la línea de energía de agua máximo del correspondiente caudal de diseño.

5.2.4. Talud del Dique

Para definir la estabilidad de los componentes del Dique, referido al prisma de anclaje y del propio cuerpo, se ha diseñado con taludes de estabilidad comprobada en inclinaciones de taludes menores de 39° (37°26' el más usado)

para el enrocado, cumplen satisfactoriamente los requerimientos de estabilidad. El ángulo de reposo del material de río o del llenado del prisma, conserva una estabilidad con un talud de 1V:1H para el enchape o enrocado el talud exterior o expuesto a la corriente del agua debe ser 1V:2H. Estas inclinaciones de los taludes que obedecen a observaciones reales, se comparan mediante los análisis de estabilidad.

5.2.5. Análisis de Estabilidad de Talud

Para el análisis de estabilidad se supone en las condiciones más críticas que podrían tener el enrocado y el prisma de anclaje. Para analizar el talud inferior se asumirá que la situación más desfavorable del círculo de falla, es cuando su centro está sobre la proyección del pie de talud y tangente al plano de la cimentación. Los datos para el análisis son los siguientes:

Para el material de río.

$$H = 2.00 \text{ m}$$

$$\gamma = 1800 \text{ Kg/m}^3$$

$$\phi = 30.7^\circ$$

$$c = 0$$

Para el enrocado:

$$\gamma_R = 2500 \text{ Kg/m}^3$$

$$\phi = 73^\circ 18' 2.72''$$

Analizando un segmento de falla

$$\sigma = \frac{w \times \cos \theta}{AL}$$

La resistencia al corte S_s , está dada por la ecuación de Coulomb:

$$S_s = c + \sigma \times \text{tg} \phi$$

El Momento Resistente es igual a:

$$Mr = \sum Ss \times AL \times r$$

Dónde:

- c = Cohesión del material
- ϕ = Angulo de fricción interna
- σ = Presión efectiva de contactos entre las partículas de suelo a lo largo del arco de falla
- AL = Longitud de un segmento del arco de falla
- r = Radio del círculo de falla

Para un segmento remplazando valores tendremos:

$$Mr = W \times \cos \theta \times tg \phi$$

El factor de seguridad para cualquier círculo de falla que se analice se determina con:

$$FS = \frac{Mr}{Ma}$$

Ma = Momento actuante

Analizando los resultados obtenidos, con factores de seguridad positivos, queda pues comprobado que el valor de los taludes que se analizó son los apropiados, los cuales son:

Talud exterior de roca: 1: 2

Talud seco del terraplén: 1: 1

Cálculo de estabilidad del Prisma

a) Deslizamiento

La fuerza que se opone al deslizamiento del prisma está definida mediante la relación:

$$R = W \times tg \phi$$

$$P = \frac{\gamma W \times y^2}{2}$$

Donde:

R = Fuerza resistente (Kg/m)

P = Presión del agua sobre el terraplén (Kg/m²)

W = Peso del terraplén (Kg)

ϕ = Angulo de fricción interna (30.7°)

γ_w = Peso específico del material (Kg/m³)

γ_m = Peso específico del material (Kg/m³)

V = Volumen (m³)

y = Tirante del agua (m)

Remplazando en la ecuación, los valores de las dimensiones de la sección típica del dique propuesto:

$$W = V \times \gamma_m = \left(\frac{3 + 8}{2}\right) \times 2 \times 1800 = 19,800 \text{ kg/m}$$

$$R = W \times \tan \phi = 11,756.38 \text{ kg/m}$$

Cálculo de la Presión

La presión del agua ejercida al prisma es:

$$P = \frac{\gamma_{H_2O} \times y^2}{2} = \frac{1000 \times 0.51^2}{2} = 130.05 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo del Factor de Seguridad

El factor de seguridad al deslizamiento (FR); se determina comparando los resultados obtenidos, la fuerza resistente es mayor que la fuerza de presión que ejerce el agua sobre el dique, lo que significa que el dique es lo suficientemente estable a la presión del agua.

$$FR = \frac{R}{P} = \frac{11,756.38}{130.05} = 90.40$$

b) Hundimiento

El hundimiento de una estructura se produce cuando la presión que ejerce el peso de la estructura supera la capacidad de carga del terreno. De la estructura propuesta, solo el enrocado es susceptible a hundimiento.

Calculo de la capacidad de carga del terreno de fundación

Utilizando la Teoría de Terzaghi para cimentaciones continuas:

$$Qd = \frac{2}{3} \times c \times N'_c + \gamma_m \times Df \times N'_q + \frac{1}{2} \times \gamma_m \times B \times N'_\gamma$$

Dónde:

Qd = Capacidad de carga del terreno (Kg/m²)

B = Ancho de la base de la cimentación (1.3 m)

c = Cohesión del material (100 Kg/m²)

γ_m = Peso específico del material (1800 Kg/m³)

Df = Profundidad de cimentación (2.00 m)

φ = Angulo de fricción interna del material (30.7°)

N'_c, N'_q, N'_γ = Coeficientes de capacidad de carga, que dependen de φ' (se determina del gráfico de Terzaghi)

Remplazando valores se tiene:

$$Qd = \frac{2}{3} \times 100 \times 18 + 1800 \times 2.00 \times 8 + \frac{1}{2} \times 1800 \times 1.30 \times 5$$

$$Qd = 35,850.00 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de la presión que ejerce el enrocado:

$$P = \frac{W_r}{A}$$

Dónde:

P_r = Presión del enrocado (Kg/m²)

W_r = Peso del enrocado (Kg.)

A = Área de la base del enrocado (3.00 m)

γ_R = Peso específico de la roca (2,601 Kg/m³)

V = Volumen (m³)

n = Porcentaje de vacíos (12%)

$\beta = \text{Angulo del talud interno } (73^\circ 18')$

El peso del enrocado está compuesto por el peso de la uña y un componente del peso de la cara húmeda, considerando un 12% de vacíos.

Cálculo del peso de la uña:

$$W_{\text{uña}} = V_{\text{xn}} \times \gamma_{\text{R}} = \frac{(3.00 + 2.00)}{2} \times 2.00 \times 0.12 \times 2,601 = 1,560.60 \text{kg}$$

$$W_{\text{r}} = W_{\text{uña}} = 1,560.60 \text{kg}$$

Cálculo de la presión:

$$Pr = \frac{1,560.60}{(3.00 \times 2.00)} = 260.10 \text{kg/m}^2$$

Cálculo del Factor de Seguridad

El factor de seguridad al hundimiento (FS); se determina comparando los resultados obtenidos, la capacidad portante del terreno es 137.83 veces mayor que la fuerza de presión que ejerce el enrocado sobre el terreno, lo que significa que el enrocado del dique no va sufrir hundimiento.

$$FS = \frac{Qd}{P} = \frac{35,850.00}{260.10} = 137.83$$

Volteo

Los Diques por ser estructuras flexibles no confinadas y deleznales, no están sujeto al volteo.

5.2.6. Diámetro Mínimo del Enrocado

Para lograr una labor de disipación de energía máxima, considerando que la fuerza de empuje es función del cuadrado de la velocidad y esto es un máximo en el tercio inferior, considerando un factor de seguridad, este valor lo asumiremos en 3.0 veces el valor de su volumen, obteniendo un volumen unitario mínimo de 0.8 m³ (D = 0.61) y un peso mínimo de 0.8 Toneladas. Las características de esta roca se colocarán en la uña de cimentación y el tercio inferior del Dique.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Para el diseño del dique enrocado se determinó: El Ancho Estable de Cauce fue calculado mediante cinco métodos para un caudal máximo de 69.95 m³/seg., con un tiempo de retorno de 50 años, obteniendo en todos los casos diferentes valores, sin embargos también se tomó en cuenta el ancho del río en la actualidad, por tal motivo se adoptó el valor de 40m. y para la obtención de la Altura Dique en los diferentes tramos se evaluó la simulación obtenida con el software HEC RAS, obteniendo un valor de 4.30m para todos los tramos.
- Se determinó mediante la simulación del software HEC RAS, los tramos que debían ser protegidos con el dique enrocado. Dichos tramos son:
 - ✓ Progresivas 0-000 – 0+822 Margen derecha
 - ✓ Progresivas 0-000 – 0+395 Margen izquierda
 - ✓ Progresivas 0-000 – 0+181 Margen izquierda
 - ✓ Progresivas 0-000 – 0+122 Margen derecha
- Con el diseño del dique enrocado se logró la protección de aproximadamente mil doscientos treinta y cinco personas (pobladores), los cuales se dedican a la actividad agrícola en un 69%.
- La defensa ribereña con dique enrocado permitirá la disminución de la erosión de laderas en ambas márgenes del río Gorgor, reduciendo el ensanchamiento del Ancho de Cauce y la pérdida de vegetación.
- Dicho proyecto permitió la protección de aproximadamente mil doscientos treinta y cinco personas (pobladores), los cuales se dedican a la actividad agrícola en un 69%, la protección de un centro educativo, de un cementerio cerca al río y la protección de un puente el cual es la única vía de entrada y salida hacia el poblado.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el mantenimiento periódico del enrocado; ya que, la estructura puede verse afectado por factores como la erosión, debido a los últimos fenómenos ocurridos como El Niño Costero.
- Además la limpieza del cauce, para el buen encauzamiento del río; debido a que, el aumento del caudal trae consigo materiales de aguas arriba como: gravas, arenas, desechos, etc., pudiendo quedar afectada la estructura del enrocado.

VII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Apacla, R. (2014). Hidráulica Fluvial. Perú: Fondo Editorial – UNALM
2. Barzola, E. (2014). Diseño de defensa ribereña en la margen izquierda del río Huaura sector Carquin Alto, Distrito Caleta de Carquin, Provincia de Huaura. Lima.
3. Basile, Abel. (2018). Transporte de sedimentos y morfodinámica de ríos aluviales. Argentina: UNR Editora.
4. Casafranca, J. (2005). Control de erosión de riberas mediante enrocada en el manejo de cuencas. Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado el 30 de marzo del 2018, de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/2140>
5. Maldonado. G. (2016). Diseño de enrocado de protección de la relavera La Esperanza. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Recuperado el 20 abril del 2018, de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/5241>
6. Martin, J. (2001). Ingeniería de Ríos. España: Alfa Omega Grupo Editor
7. Ochoa, R. (2011). Hidráulica de ríos y procesos morfológicos. Colombia: Ocoe Ediciones
8. Rocha, F. (1998). Introducción a la hidráulica fluvial. (1ª Ed.). Perú: Facultad de Ingeniería Civil Universidad Nacional de Ingeniería.
9. Terán, R. (1998). Diseño y construcción de defensas ribereñas. Perú: Escuela Superior de Administración de Aguas CHARLES SUTTON.
10. Velásquez, Teresa. Diseño de presas de tierra y enrocado en el Perú. Perú: Fondo Editorial – UNALM.

VIII. ANEXOS

CALCULO HIDRÁULICO

"PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES EN EL SECTOR DEL CENTRO POBLADO DE GORGOR, DISTRITO DE GORGOR, PROVINCIA DE CAJATAMBO, LIMA"

SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE (B)

Q DISEÑO (m ³ /seg)	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			MÉTODO DE STRICKLER - MANNING			MÉTODO DE BLENCH		
	B = K ₁ Q ^{1/2}			B = (Q ^{1/2} /S ^{1/5}) (n K ^{5/3}) ^{3/(3+5m)}			B = 1.81(Q F _b /F _s) ^{1/2}		
69.95	Condiciones de Fondo de río	K ₁	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)		B (m)	Factores		B (m)
Pendiente Zona del Proyecto (m/m)	Fondo y orillas de grava	2.9	24.25	Descripción	n	34.64	Factor de Fondo	F _b	52.44
				Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	0.035		Material Grueso	1.2	
MÉTODO DE PETTIS		Descripción	K	Factor de Orilla	F _s				
0.02610	B = 4.44 Q ^{0.5}			Material fácilmente erosionable = 16 a 20	16	34.64	Material Grueso	1.2	52.44
B (m)			Coeficiente de Tipo de Río						
37.13			Descripción	m	34.64	Material Grueso	1.2	52.44	
			Para cauces aluviales	0.50					
MÉTODO DE LACEY			RESUMEN :						
B = 4.831 Q ^{1/2}			MÉTODO			B (m)			
B (m)			MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON			24.25			
40.40			MÉTODO DE PETTIS			37.13			
			MÉTODO DE STRICKLER - MANNING			34.64			
			MÉTODO DE BLENCH			52.44			
			RECOMENDACIÓN PRACTICA			20.14			
			=====> PROMEDIO B :			33.72			

=====> SE ADOPTA B :

40.00

Se elige este ancho por adaptarse a la zona de estudio.

Ancho entre estribos del Puente Gorgor 23.00 m

CALCULO HIDRÁULICO

"PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES EN EL SECTOR DEL CENTRO POBLADO DE GORGOR, DISTRITO DE GORGOR, PROVINCIA DE CAJATAMBO, LIMA"

ALTURA DE DIQUE

CALCULO DEL TIRANTE MÉTODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M) $t = ((Q / (Ks * B * S^{1/2}))^{3/5}$ Valores para Ks para Cauces Naturales (Inversa de n)			t (m)
Descripción	Ks		0.510
Cauces de río con acarreo irregular = 33 - 35	33		
Caudal de Diseño (m ³ /seg)			
Q =	69.95		
Ancho Estable - Plantilla (m)			
B =	40.00		
Pendiente del Tramo de estudio			
S =	0.0261		

Formula de Manning : Velocidad Media (m/s) >>>>> $V = R^{2/3} * S^{1/2} / n$

Radio Hidráulico >>> $R = A / P$ >>>>>>>		R :	Pendiente de Fondo >>> S	
Tirante medio (y)	Taluz de Borde (Z)	0.49	S =	0.02610
y = 0.51	Z = 2		Coficiente de Rugosidad de Manning	
Ancho de Equilibrio (B)			Descripción	n
B = 40.00				
Área (m ²)	Perímetro (m)	Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035		
A = 19.88	p = 40.24	0.035		

>>>>>>> V = 2.87 m/seg

Numero de Froude : $F = V / (g * y)^{1/2}$

Velocidad media de la corriente (m/s)	Aceleración de la Gravedad	Profundidad Hidráulica Media = Área Mojada / Ancho Superficial:	Froude (F)
V = 2.87	g = 9.81	y = A / B >>> y = 0.50	1.30

Tipo de Flujo : FLUJO SUPERCRTICO

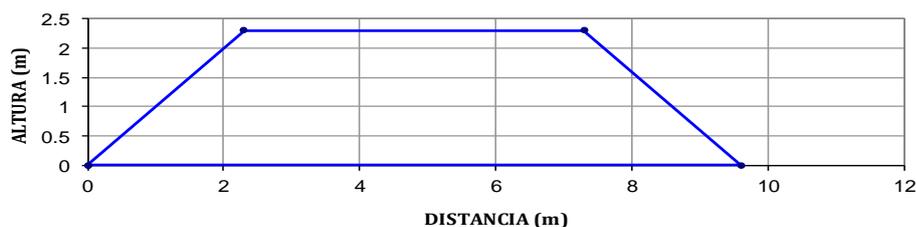
Calculo de la Altura de Dique >>>>>>>

Bordo Libre (BL) = ϵe					ALTURA DE MURO (H _D)
Caudal máximo m ³ /s	ϵ	ϵ	$e = V^2/2g$	BL	H _M = y + BL
3000.00	4000.00	2	1.10	0.42	0.46
2000.00	3000.00	1.7			
1000.00	2000.00	1.4			
500.00	1000.00	1.2			
100.00	500.00	1.1			
Caudal de Diseño (m ³ /seg) : 69.95					>>>>>> H _M = 2.30

Por lo Tanto las características Geométricas del dique a construir son :

ALTURA PROMEDIO DE DIQUE (m)	=	2.30
ALTURA PROMEDIO DE ENROCADO (m)	=	2.30
ANCHO DE CORONA (m)	=	5.00
TALUD	:	H V
	Cara Humeda	1.00 : 1.00
	Cara seca	1.00 : 1.00
AREA (m ²)	=	9.60

SECCION TIPICA DEL DIQUE



CALCULO ESTRUCTURAL: PROFUNDIDAD DE UÑA

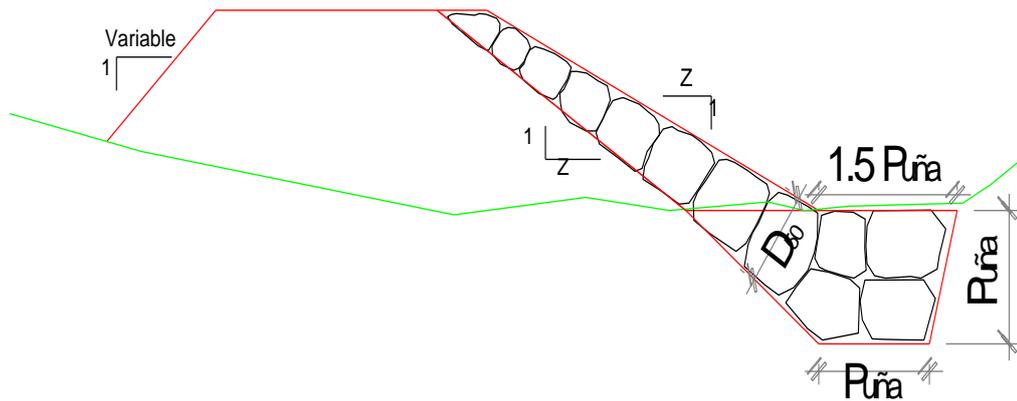
"PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES EN EL SECTOR DEL CENTRO POBLADO DE GORGOR, DISTRITO DE GORGOR, PROVINCIA DE CAJATAMBO, LIMA"

Profundidad de Socavacion (H_s) =	0.69	=====>	Profundidad de Uña ($P_{UÑA}$) =	$FS * H_s$
			FS =	2.8
			$P_{UÑA}$ =	1.92

Por lo Tanto Seleccionamos :

$P_{UÑA}$ =	2.00 m
-------------	--------

PROTECCION DEL PIE DE TALUD



CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H_s)

0

METODO DE LL. LIST VANLEVEDIEV				
Suelos Granulares - No Cohesivos				
$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(1)$				
Suelos Cohesivos				
$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.60 g_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(2)$				
Donde:				
t_s = Tirante despues de producirse la socavacion (m)				
t = Tirante sin socavacion (m)				
$t = 0.51 \text{ m}$				
D_m = Diametro Medio de las particulas (mm)				
$D_m = 18.14 \text{ mm}$				
g_s = Peso Especifico suelo (Kg/m ³)				
μ = Coeficiente de Contraccion				
a = Coeficiente >>>>>				
$a = Q / (t_m^{5/3} B \mu)$				
Tirante medio (t_m) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contraccion (μ) Tabla N° 01	Ancho Estable	a
$t_m = 0.50$	69.95	$\mu = 0.97$	B = 40.00	5.78

1. Perfil antes de la erosión
2. Perfil de equilibrio tras la erosión

PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO(1) :

X : Exponente que depende de : D _m para suelos Granulares No Cohesivos y g _s para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03		Coeficiente por Tiempo de Retorno : β (Tabla N°04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS
X (Tabla N° 03)	1/x+1		$t_s = ((a t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$
x = 0.32	0.76	$\beta = 0.97$	$t_s = 1.20 \text{ m}$

PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H _s)		
H _s	=	t _s - t
H _s	=	0.69 m

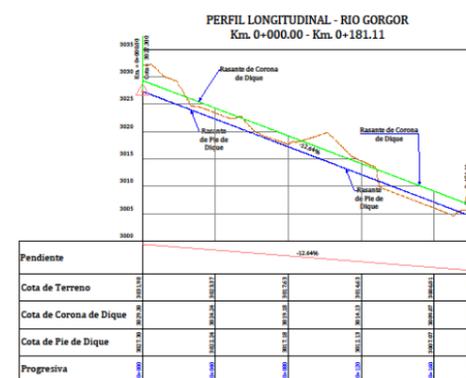
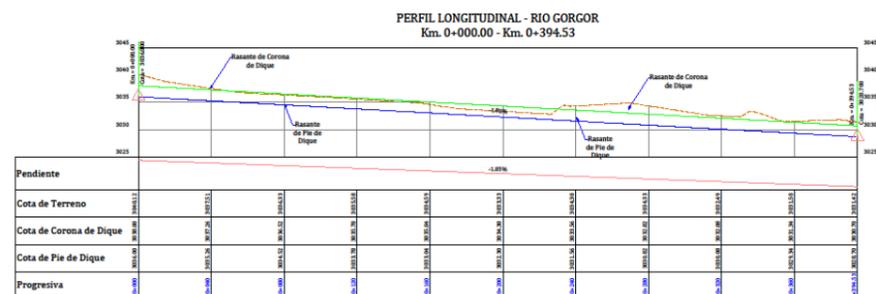
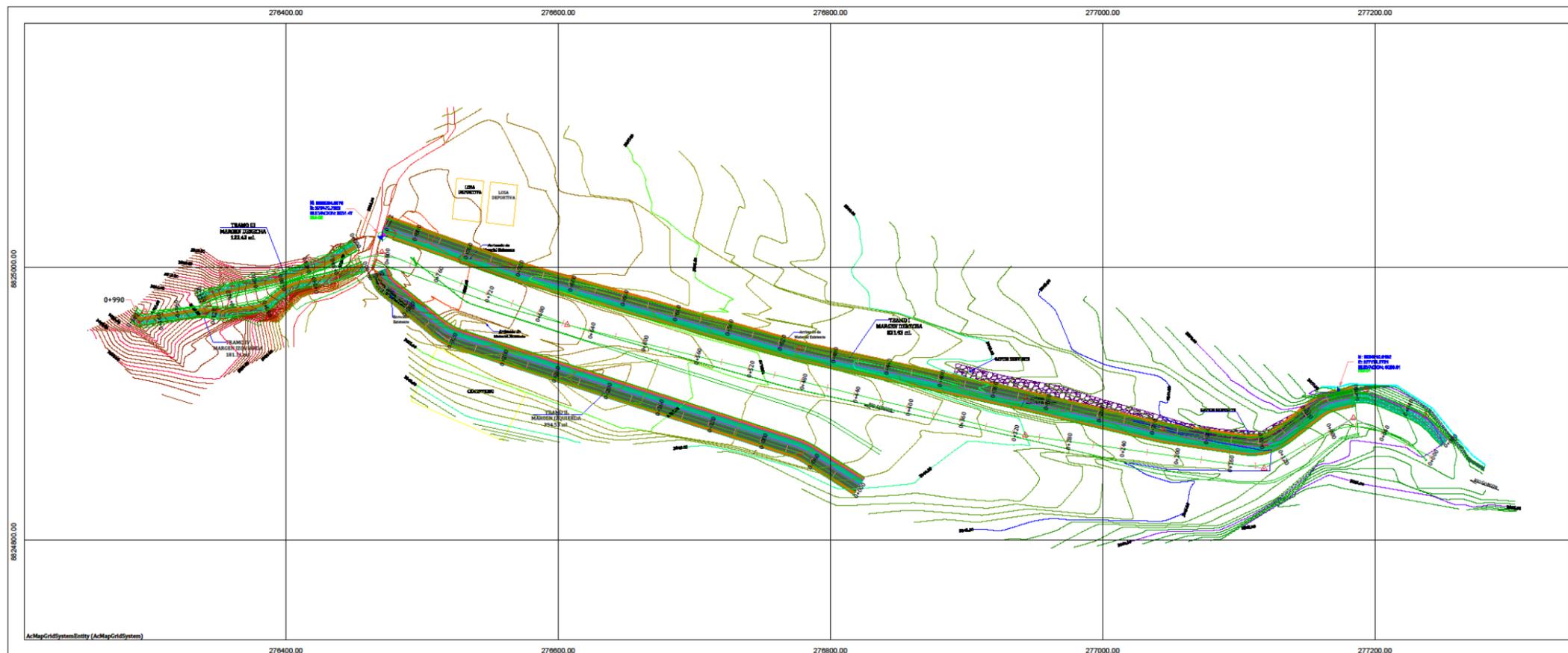
FOTOS



FOTO N°1: Río Gordor en el centro poblado Gorgor, donde se muestra el puente que es única vía de entrada y salida de la población.



FOTO N°2: Río Gordor en el centro poblado Gorgor, donde se observa la pérdida de material en las laderas del río producto de la erosión.



LEYENDA

DESCRIPCION DEL SIMBOLO	PUNTO DE (BM)	POLIGONAL DE APOYO	CURVAS MAYORES A 5.00	CURVAS MENORES A 1.00
SIMBOLO				
DESCRIPCION DEL SIMBOLO	PLANTAS DE SAUCE	CAMINOS DE ACCESO	TERRENOS DE CULTIVO	CAUCATAS
SIMBOLO				
DESCRIPCION DEL SIMBOLO	CAMINO DE ACCESO	CARRETERA	DIQUE ENROCCADO PROYECTADO	ENROCCADO EXISTENTE
SIMBOLO				

PROYECTO: "PROTECCIÓN CONTRA INUNDACIONES EN EL SECTOR DEL CENTRO POBLADO DE GORGOR, DISTRITO DE GORGOR, PROVINCIA DE CAJATAMBO, LIMA"	UBICACION: DISTRITO: GORGOR PROVINCIA: CAJATAMBO REGION: LIMA	NOMBRES Y APELLIDOS: JHONY ANIBAL CCONISLLA QUISPE	PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL Km. 0+000 - Km. 0+394.53 - TRAMO II Km. 0+000 - Km. 0+181.11 - TRAMO IV MARGEN IZQUIERDA	SISTEMA DE COORDENADAS: PROYECCION: UTM ZONA: 18 Sur COORDENADAS: UTM84-16S	ESCALA: 1:1500 FECHA: 2017 CODIGO: p - 02
---	---	--	---	---	--