

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**T E S I S**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**“ESTUDIO HIDROLOGICO PARA DETERMINAR EL  
CAUDAL DE DISEÑO DE LA PRESA DEL SISTEMA DE  
RIEGO CUÑUMBUZA - LEDOY”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**WALTHER ALONSO GUERRERO RAMÍREZ**

**Asesor:**

**ING° JORGE ISAACS RIOJA DIAZ**

**TARAPOTO - PERU**

**2010**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**T E S I S**

**“ESTUDIO HIDROLOGICO PARA DETERMINAR EL  
CAUDAL DE DISEÑO DE LA PRESA DEL SISTEMA DE  
RIEGO CUÑUMBUZA – LEDOY”**

**PRESENTADO PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**POR:**

**BACH. WALTHER ALONSO GUERRERO RAMIREZ**

**SUSTENTADO Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO:**

**Presidente:** MSc. Ing° . José del C. Pizarro Baldera .....

**Secretario :** Ing°. Carlos E. Chung Rojas .....

**Miembro :** Ing° Wilton Célis Angulo .....

**Asesor :** Ing° Jorge Isaacs Rioja Díaz .....

## **DEDICATORIA:**

*A mi padre que en vida fue y a mi madre, por su sacrificado esfuerzo para ver realizada la culminación de mis estudios superiores.*

*A mis hermanas y hermano, por su gratitud y apoyo en los momentos difíciles.*

*A mis amigos que con su apoyo desinteresado y desmedido, hicieron realidad la culminación de este proyecto.*

## **AGRADECIMIENTO**

A mi asesor Ing°. JORGE ISAACS RIOJA DIAZ y a los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martín, por la formación impartida en las aulas.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>PÁG.</b>
Contracarátula	I
Aprobación de Texto	II
Dedicatoria	III
Agradecimiento	IV
Índice General	V-IX
Índice de cuadros	X
Índice de cuadros y tablas - Anexo	XI
Índice de gráficos	XII
Índice de planos	XIII
<b>Capítulo I. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. LIMITACIONES	3
1.3. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO	3
1.3.1. Ubicación	3
Figura 1.1. Mapa de Ubicación General del Proyecto	4
1.3.2. Clima	5
1.3.3. Geología Superficial	5
1.3.4. Topografía	5
1.3.5. Ecología	6
<b>Capítulo II. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. ANTECEDENTES	7
2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	9
2.3. OBJETIVOS	9
2.3.1. Objetivo General	9
2.3.2. Objetivos Específicos	10
2.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	10
2.5. MARCO TEÓRICO	11
2.5.1. Concepto de Cuenca	11
a. Grado de ramificación de los cursos de agua	11
b. Unidades hidrográficas y rangos	12

2.5.1.1	<b>Parámetros Morfométricos De Una Cuenca</b>	13
	✓ Área de la Cuenca	13
	✓ Pendiente Media del Cauce Principal	13
	✓ Índice de Compacidad (Kc)	14
	✓ Índice de Forma (Ff)	15
	✓ Elevación media de la Cuenca (hm)	16
	✓ Red de Drenaje	16
	✓ Clases de Corrientes	16
	a. Efémeras	16
	b. Intermitente	16
	c. Perennes	16
	✓ Orden de Corriente	17
	✓ Razón de las Bifurcaciones	17
	✓ Longitud Media de la Corriente (Lu)	18
	✓ Densidad de Corriente (Dc)	18
	✓ Densidad de Drenaje (Dd)	19
	✓ Perímetro de la Cuenca	20
	✓ Tiempo de Concentración	20
	<b>2.5.2. Almacenamiento y Tránsito de Vasos y Cauces</b>	21
	<b>2.5.2.1. Tipos de Almacenamiento y sus Características</b>	21
	<b>2.5.2.2. Determinación de Caudales</b>	25
	<b>2.5.2.2.1. Hidrología del Área del Proyecto</b>	25
	<b>2.5.2.2.2. Aspectos Generales Para el Cálculo de los Caudales Máximos y Caudales Medios Mensuales</b>	26
	<b>2.5.2.2.2.1. Métodos Estadísticos</b>	27
	<b>2.5.2.2.2.2. Métodos Hidrometereológicos</b>	28
	a). Método de ISZKOWSKI	29
	b). Método del US Soil Conservation Service (SCS)	30
	<b>2.5.2.2.2.3. Método Hidráulico o Directo</b>	33
2.6.	<b>HIPÓTESIS</b>	36

### **Capítulo III. MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>37</b>
	a) Brigada de Topografía	37
	b) Equipo	37
	c) Materiales	37
<b>3.2.</b>	<b>MÉTODOS</b>	<b>38</b>
	3.2.1. Metodología de la Investigación	38
	3.2.1.1. Tipo y Nivel de la Investigación	38
	3.2.1.2. Cobertura del Estudio	38
	3.2.1.2.1. Universo y/o Muestra	38
	3.2.1.2.2. Ámbito Geográfico	38
	3.2.1.3. Fuentes Técnicas e Instrumentos de Selección de datos	38
	3.2.1.4. Procesamiento y Presentación de Datos	39
<b>3.3.</b>	<b>METODOLOGÍA Y FORMULACIÓN DEL ESTUDIO</b>	<b>39</b>
	3.3.1. Metodología	39
	3.3.2. Formulación del Estudio	40
<b>3.4.</b>	<b>RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>40</b>
	3.4.1. Información Cartográfica y Topográfica	41
	3.4.2. Información Hidroclimática	41
	3.4.3. Registro de Caudales	43
	3.4.4. Estudios Anteriores	43
	3.4.5. Versión de los Pobladores	43
<b>3.5.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA CUENCA</b>	<b>44</b>
	3.5.1. Topografía	44
	3.5.2. Hidrografía	44
	3.5.3. Área de la Cuenca	44
	3.5.4. Perímetro de la Cuenca	45
	3.5.5. Factor de Forma	45

	3.5.6. Índice de Compacidad	46
	3.5.7. Longitud del Cauce Principal	46
	3.5.8. Pendiente Media del Cauce Principal	46
	3.5.9. Tiempo de Concentración	47
3.6.	<b>CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA DEL PROYECTO</b>	48
	3.6.1. Precipitación	48
	3.6.2. Temperatura	49
	3.6.3. Humedad Relativa	49
	3.6.4. La Evaporación	49
	3.6.5. Velocidad del Viento	50
3.7.	<b>DETERMINACIÓN DE CAUDALES</b>	50
	3.7.1. Hidrología del Área del Proyecto	50
	3.7.2. Calculo de Caudales Máximos y Caudales Medios Mensuales	52
	3.7.2.1. Método de ISZKOWSKI	52
	3.7.3. Método del US SOIL Conservation Service (SCS)	56
	3.7.4. Método Hidráulico o Directo	61
	3.7.4.1. Área Hidráulica Máxima	61
	3.7.4.2. Rugosidad del Cauce del Río Cuñumbuzá	61
	3.7.4.3. Pendiente del Cauce en la Sección de Interés	62
	3.7.4.4. Perímetro Hidráulico Máximo	63
	3.7.4.5. Radio Hidráulico Máximo	64
	3.7.5. Avenidas Para el Diseño de la Presa	65
	3.7.5.1. Cálculo del Caudal de Diseño	66
	a. Vida Útil de la Obra (n)	66
	b. Riesgo de Falla (R)	66
	c. Cálculo de Período de Retorno (T)	67
	d. Caudal de Diseño Para la Presa Cuñumbuzá	67
	3.7.6. Determinación de Caudales Medios Mensuales	68
3.8.	<b>VOLÚMEN DE AGUA ALMACENABLE EN EL EJE DE PRESA</b>	70



<b>Capítulo IV.</b>	<b>RESULTADOS</b>	
4.1.	PARÁMETROS CALCULADOS EN EL CAUCE DEL RIO CUÑUMBUZA EN EL PUNTO DE INTERÉS O EJE DE UBICACIÓN DE LA PRESA	72
4.2.	CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS SEGÚN MÉTODOS UTILIZADOS	72
	4.2.1. Método de Iszkowski	72
	4.2.2. Método Hidráulico o Directo	72
	4.2.3. Método del US Soil Conservation Service	72
4.3.	CAUDAL DE DISEÑO	73
4.4.	CAUDALES MEDIOS MENSUALES DEL RÍO CUÑUMBUZA EN EL EJE DE PRESA	73
4.5.	VOLÚMEN DE AGUA ALMACENABLE EN LA PRESA CUÑUMBUZA	74
<b>Capítulo V.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	
5.1.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	75
5.2.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	76
<b>Capítulo VI.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1.	CONCLUSIONES	77
6.2.	RECOMENDACIONES	80
<b>Capítulo VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	81
<b>Capítulo VIII.</b>	<b>ANEXOS</b>	82

## ÍNDICE DE CUADROS

	PÁG.
Cuadro N° 1 Precipitación máxima de caída en 24 hr. (m.m.) Estación C.O. Bellavista	42
Cuadro N° 2 Calculo de la descarga máxima inst. En el punto de interés - método de Iszkowski (estación CO Bellavista)	54
Cuadro N° 3 Calculo de la descarga máxima inst. En el punto de interés - método de Iszkowski (estación Juanjui – CORPAC)	55
Cuadro N° 4 Valores ordenados de precipitación máxima caída en 24 horas	57
Cuadro N° 5 Precipitaciones de diseño por diferentes periodos de retorno	58
Cuadro N° 6 Distribución porcentual de la precipitación	58
Cuadro N° 7 Valores de escorrentía por diferentes periodos de retorno	59
Cuadro N° 8 Caudales según periodo de retorno – usando fórmula $Q_{max} = E_i \times q \times A$	60
Cuadro N° 9 Caudal máximo y caudal máximo instantáneo en el Rio Cuñumbuzo	60
Cuadro N° 10 Caudal máximo según método SCS	66
Cuadro N° 11 Caudales medios mensuales del rio Cuñumbuzo en el eje de presa	69
Cuadro N° 12 Caudales medios mensuales seleccionados para el rio Cuñumbuzo en el eje de presa	70
Cuadro N° 13 Volumen de agua almacenable	71
Cuadro N° 14 Caudal máximo según método SCS	73
Cuadro N° 15 Caudales medios mensuales seleccionados para el rio Cuñumbuzo en el eje de presa	73
Cuadro N° 16 Volumen de agua almacenable	74

## ÍNDICE DE TABLAS ANEXO

	<b>PÁG.</b>
Tabla N° 1	Número de Curva N Para Complejos Hidrológicos de Suelo y Cobertura 83
Tabla N° 2	Gasto Unitario $q$ ( $m^3/s/mm/Km^2$ ), en Función del Tiempo de Concentración $T_c$ (horas) 84
Tabla N° 3	Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad mediante la ecuación. 85

## ÍNDICE DE CUADROS ANEXO

	<b>PÁG.</b>
Cuadro N° 1	Datos de: Precipitación Total Mensual (mm) Datos de: Precipitación Máxima en 24 HS. (mm) 86
Cuadro N° 2	Datos de: Temperatura Media Promedio Mensual ( $^{\circ}C$ ) Datos de: Humedad Relativa Promedio Mensual % 87
Cuadro N° 3	Estación: Juanjui-CORPAC - Precipitación Total Mensual (mm) 88
Cuadro N° 4	Cálculo De Los Caudales Medios Mensuales En M3/Seg Para El Río Cuñumbuza - A Partir De La Precipitación Efectiva Al 75% 89
Cuadro N° 5	Cálculo De Los Caudales Medios Mensuales En M3/Seg Para El Río Cuñumbuza - A Partir De La Precipitación Efectiva Al 75% 90

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>PÁG.</b>
Figura N° 1.1 Mapa de ubicación general del proyecto	4
Figura N° 2.1 Tipos de cuencas	12
Figura N° 2.2 Área de cuenca	13
Figura N° 2.3 Pendiente del caudal principal	13
Figura N° 2.4 Cuenca hidrológica	19
Figura N° 2.5 Hidrograma	22
Figura N° 2.6 Principales componentes de un vaso	23
Figura N° 2.7 Familia de curvas N	30
Figura N° 2.8 Determinación en campo de la sección llena (Dunne y Leopold, 1978)	33

## ÍNDICE DE PLANOS

		<b>PÁG.</b>
PU	Plano de de ubicación	92
PC	Plano de la Cuenca del Rio Cuñunbuza	93
PT	Plano Topográfico del Rio en la Sección de Interés.	94
PL	Plano del Perfil Longitudinal del Rio en la Sección de Interés.	95
ST	Sección del Rio en Ubicación de la Presa.	96



## **CAPITULO I.**

### **INTRODUCCION**

#### **1.1. INTRODUCCIÓN**

El agua es el elemento más abundante en la Tierra, es el principal constituyente de todos los seres vivos y es una fuerza importante que constantemente está cambiando en la superficie terrestre. También es un elemento clave en la climatización de nuestro planeta que favorece la existencia humana y tiene capital influencia en el progreso de la civilización.

Los cambios en la distribución, la circulación o la temperatura de las aguas en la tierra pueden tener efectos de largo alcance; las glaciaciones, por ejemplo, fueron una manifestación de tales efectos. Las actividades humanas pueden causar algunos cambios. Los seres humanos aran el suelo, irrigan cultivos, fertilizan tierras, deforestan bosques, bombean aguas subterráneas, construyen presas, arrojan desechos en ríos y lagos, y hacen muchas otras cosas constructivas o destructivas que afectan la circulación y la calidad del agua en el planeta.

El agua, pese a ser uno de los recursos naturales más importantes, es a la vez el más escaso y variable en el territorio de nuestro país, especialmente en la costa y en la sierra, que son paradójicamente las regiones donde se asentaron con predominancia las culturas humanas y se desarrolló la agricultura bajo riego.

Esta escasez y variabilidad se deben a nuestras particulares condiciones geográficas, extremadamente diversas y accidentadas, y a nuestras fluctuantes condiciones climáticas uno de cuyos resultados son los ciclos periódicos de inundaciones y sequias.



El riego constituye un adelanto significativo en la evolución de la humanidad en la medida que género las bases para el establecimiento de la civilización.

Podemos definir al riego como la aplicación del agua por el hombre a los campos de cultivo. Posee características de técnica, pues existiendo leyes del movimiento del agua, del desarrollo de las plantas y otras concurrentes, el hombre es capaz de dosificar las cantidades que aplica considerando principios científicos. Presenta también características de arte, sobre todo en el riego por gravedad y al momento de su aplicación, en cuanto a la capacidad operativa del regante.

El agua usada para regadío proviene de fuentes naturales. Las Fuentes naturales incluye el agua de lluvia y superficial de escorrentía (lagos y ríos). Estos recursos deben ser usados de una manera responsable y sostenible.

La cantidad de agua que proviene de la lluvia depende de las condiciones atmosféricas de la zona. El agua superficial es un recurso limitado y, normalmente, requiere de la construcción de embalses y presas para su aprovechamiento con un significativo impacto ambiental.

La eficiencia en el uso del agua en el riego se integra por varios componentes, considerando las pérdidas de éste recurso desde su almacenamiento, conducción hasta su aplicación a las parcelas de los regantes. Es importante conocer como se definen estos componentes, así como la forma en que pueden mejorarse para lograr la optimización en el uso de este importante y escaso recurso, en la mayoría de las zonas agrícolas.

Los cambios hidrológicos en los últimos años han ocasionado variaciones en el comportamiento hidrológico de las cuencas de los ríos, especialmente en el Perú, y en la región de ceja de selva. En este sentido la irregularidad en la disponibilidad de agua de los principales

ríos, obliga a que se tenga que ejecutar obras para el aprovechamiento del agua y que este alcance a satisfacer los requerimientos o demanda a lo largo de todo el año, aún en época de escasez de lluvias. Para ello será necesario la planificación, diseño, construcción e implementación de infraestructura apropiada, la misma que para su dimensionamiento durante la fase de diseño necesita conocer el comportamiento del régimen hidrológico del río, sobre todo en lo que concierne a eventos externos o avenidas, de allí la prioridad de determinar el caudal de diseño correspondiente, siendo éste el caso del río Cuñumbuzo, en la región San Martín.

## **1.2. LIMITACIONES**

Cabe indicar que, debido a la escasa disponibilidad de información hidrometeorológica en la cuenca del río Cuñumbuzo, se ha tenido que recurrir a diversos procedimientos basados en la utilización de registros de estaciones ubicadas en cuencas vecinas, lo que ha permitido determinar los parámetros de interés, siendo necesario que en adelante, se efectúen mediciones para verificar y consensuar los resultados del presente estudio.

## **1.3. ASPECTOS GENERALES DEL ESTUDIO**

### **1.3.1. UBICACIÓN**

#### **UBICACIÓN POLITICA DEL AREA DEL PROYECTO.**

El lugar donde se emplazará la Presa del Sistema de Irrigación Cuñumbuzo - Ledoy,, se ubica políticamente en :

Localidades	:	Ledoy y Víveres.
Distrito	:	Huallaga
Provincia	:	Bellavista.
Región	:	San Martín.





### **1.3.2. CLIMA**

El clima predominante es cálido húmedo con estación sin lluvias que corresponde al invierno austral. Sin embargo, las noches son relativamente frescas. En las áreas limítrofes con los departamentos de Amazonas, La Libertad y Huánuco, el clima varía con la altitud que modifica el clima tropical hasta convertirlo en un agradable clima templado-cálido.

La temperatura media anual en el área del proyecto, es de 25.50 °C; la temperatura máxima de 38 °C y la mínima de 11 °C. Las láminas de precipitación anual, en promedio, son superiores a 1000 mm pero inferiores a 1500 mm.

### **1.3.3. GEOLOGIA SUPERFICIAL**

La zona del proyecto, forma un valle amplio, con presencia de terrazas escalonadas, que han sido formadas por el río Huallaga y sus principales afluentes. Este valle constituye el sector agropecuario por excelencia y en él se ha concentrado la población de Ledoy y Víveres.

### **1.3.4. TOPOGRAFIA**

La topografía del relieve de la cuenca del río Cuñumbuzo, está caracterizada de acuerdo a las áreas ubicadas en las partes alta, media y baja. Las que condicionan el escurrimiento del agua durante la caída de las precipitaciones, especialmente en las partes alta y media. Siendo esta última lugar de emplazamiento del Vaso de Almacenamiento que se ha proyectado como componente del Proyecto de Riego, así mismo a ambas márgenes del río se pueden apreciar cerros que sobre pasan los 600 y 800 m.s.n.m. y que constituyen la delimitación perimétrica del ámbito de influencia de la cuenca del río Cuñumbuzo.



### 1.3.5. ECOLOGIA

La cubierta vegetal de la cuenca, está conformada por bosque alto en sus nacientes y a medida que se aproxima hacia la parte media y baja, el bosque se torna de menor altura, pues éste, ha sido aprovechado para la extracción de madera, así mismo en las partes media y baja de la cuenca, la cubierta vegetal natural está constituida por purmas altas que vienen siendo eliminadas para dar paso al desarrollo de cultivos en limpio (cacao, cítricos maíz, algodón, pastizales y productos de panllevar).

Desde el punto de vista de clasificación de vida, pertenece al Bosque Semi Húmedo Tropical.



## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. ANTECEDENTES

El aprovechamiento de los recursos agua y tierra para el desarrollo de agricultura intensiva, exige la necesidad de su cuantificación ya que en lo que respecta al recurso agua, éste viene experimentando cambios que afectan su disponibilidad y por tanto su aprovechamiento.

En las últimas tres décadas, en la región de San Martín, se han intensificando cambios climáticos de consideración, que vienen alterando el comportamiento hidrológico de las cuencas y sub cuencas que conforman la red hidrográfica de la región, el mismo que se traduce en descargas violentas y sequías cada vez mas prolongadas.

Estos volúmenes de descarga en los últimos treinta años vienen sufriendo variaciones bruscas en sus extremos, como consecuencia de los cambios que también presentan los demás ríos tributarios de la red, siendo las descargas extremas, tanto máximas como mínimas cada vez más acentuadas, hechos que de por sí afectan su aprovechamiento tanto por la población urbana como rural.

En lo que respecta a la red hidrográfica de San Martín, el río Huallaga, en su largo recorrido antes de su desembocadura en el río Marañón, recibe las aguas de un sin número de ríos tributarios en cada una de sus márgenes, siendo el río Cuñumbuzo, uno de los afluentes por la margen derecha. La cuenca colectora del río Cuñumbuzo, en los últimos años viene experimentando cambios hidroclimáticos, debido al uso que se le viene dando a sus recursos naturales, como es el caso del suelo, con el desarrollo de áreas ganaderas y la instalación de pastos, la flora, con la extracción de madera, así como también el desarrollo de



agricultura migratoria en secano dedicada al cultivo de maíz en pequeñas áreas ubicadas en las laderas y parte alta de los cerros, así como también cultivos permanentes como cacao, plátano, cítricos, etc.

El amplio valle del Huallaga Central, especialmente en la parte media de la cuenca comprendida entre las desembocaduras de los ríos Huallabamba y Mayo, tiene un importante potencial agrícola y ganadero que viene siendo desarrollado por el Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo (PEHCBM) desde los inicios del año 1980, con la ejecución y puesta en servicio de las Irrigaciones Sisa y Saposoa, habiendo ampliado la frontera agrícola bajo riego en 14,250 ha.

A la fecha el PEHCBM, continúa realizando trabajos con la elaboración de estudios y proyectos tendientes a incorporar el potencial agrícola que aún sigue siendo explotado en secano y que se ubica en la margen derecha del río Huallaga, constituido por los valles de Cuñumbuzá-Ledoy, Biavo, Ponaza, Mishquiyacu, etc. En tal sentido, se ha proyectado el desarrollo del proyecto "Sistema de Riego Cuñumbuzá - Ledoy", que considera entre sus componentes la construcción de un embalse.

Conscientes de que se hace necesario el aprovechamiento de los recursos hídricos para la ampliación de la frontera agrícola bajo riego en este importantísimo sector del valle del Huallaga Central, se ha realizado la elaboración de la presente Tesis intitulada "**ESTUDIO HIDROLOGICO PARA DETERMINAR EL CAUDAL DE DISEÑO DE LA PRESA DEL SISTEMA DE RIEGO CUÑUMBUZA - LEDOY**" la misma que formará parte de los Estudios Básicos de Ingeniería necesarios para la consolidación del referido proyecto.

Durante la fase o proceso de planificación y diseño de los proyectos de riego, se hace necesario conocer el comportamiento hidrológico del curso de agua que servirá como fuente, tanto para determinar su



disponibilidad, así como para facilitar el dimensionamiento de las diferentes estructuras que será necesario proyectar y construir para su aprovechamiento, como quiera que el Sistema de Irrigación Cuñumbuz Ledoy considera obras de regulación entre sus componentes, el presente estudio, tendrá como objetivo realizar la cuantificación del recurso agua en el lugar donde se ha proyectado el emplazamiento de la Presa.

## **2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El presente estudio ha sido formulado para determinar el caudal de diseño de la presa del Sistema de riego Cuñumbuz – Ledoy, así como la determinación de los caudales medios mensuales. Para calcular los caudales máximos para diferentes períodos de retorno y determinar los caudales medios mensual se desarrollaron los métodos hidrometeorológicos, tales como del US Soil Conservation Service y el método de Iszkowski, también se ha aplicado el método hidráulico o directo para el cálculo del caudal máximo instantáneo.

En tal sentido el presente trabajo de investigación busca responder la siguiente interrogante:

**¿Cuál es el caudal de diseño para el dimensionamiento de la Presa del Sistema de Riego Cuñumbuz – Ledoy?**

## **2.3. OBJETIVOS**

### **2.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar los parámetros hidrológicos de la Cuenca del río Cuñumbuz en la sección donde se emplazará la Presa y obras de captación del sistema de riego Cuñumbuz - Ledoy.



### **2.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los principales parámetros hidrofisiográficos que permitan la caracterización de la cuenca del río Cuñumbuzo.
  
- Mediante la aplicación de metodología existente, determinar los caudales máximos para diferentes períodos de retorno que permitan el dimensionamiento de la Presa. Así mismo, determinar los caudales medios mensuales, que permite calcular el volumen de agua almacenable para el embalse.

### **2.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El agua es un elemento vital que afecta significativamente todos los aspectos de la vida, tanto en el mundo entero como en América Latina. El manejo adecuado del agua puede conducir a excelentes resultados en el desarrollo económico y social de los pueblos del Perú. En la agricultura, el agua es de suma importancia no sólo para alcanzar las cosechas esperadas, sino para garantizar la alimentación de las poblaciones.

San Martín cuenta con una gran cantidad de recursos hídricos, sin embargo su población crece en forma exponencial y por tanto aumenta la demanda de agua. El incesante incremento de la producción agrícola demanda a su vez, la ampliación de áreas de riego. Por ello y para alcanzar un desarrollo agrícola sostenido, el riego necesita planearse y manejarse con criterios de conservación y que se considere el concepto de uso eficiente del agua.

Con esta finalidad, el presente trabajo de investigación, se justifica, en la medida que su resultado constituye el Estudio Hidrológico para determinar el caudal de diseño de la Presa del Sistema de Riego Cuñumbuzo – Ledoy.

## 2.5. MARCO TEORICO

Considerando el nivel del estudio y en concordancia con el Perfil del Proyecto de Investigación, se ha revisado la siguiente información básica.

### 2.5.1. CONCEPTO DE CUENCA <sup>(5)</sup>

Cuenca hidrográfica es el ámbito geográfico natural donde ocurre en su integridad el ciclo biológico. Una cuenca recibe agua de la atmósfera, la retiene; una parte es devuelta a la atmosfera desde la superficie de la cuenca, otra parte es retenida por la cuenca para sus diferentes demandas y una parte es entregada al océano.

El funcionamiento de una cuenca hidrográfica depende de diversos factores que debe estudiarse y comprenderse antes de formular un programa para su ordenación, entre estos factores están las formas y dimensiones de la cuenca, la topografía y la pendiente del ámbito, la geología, la geomorfología, la cantidad, intensidad y frecuencia de las tormentas, el uso del suelo, las clases y condiciones de la cubierta vegetal.

Algunos de estos factores pueden ser alterados o regulados por el hombre, para modificar o influir en la dirección, velocidad o volumen del movimiento del agua dentro de la cuenca, la manipulación deliberada de estos factores, para obtener el funcionamiento adecuado de la cuenca se denomina, manejo y ordenación de cuencas hidrográficas.

#### a. Grado de ramificación de los cursos de agua.

Cursos 1er., 2do.,y 3er. Orden corresponden a las microcuencas; del 4to. Y 5to. Orden de las sub-cuencas y del 6to. Orden o más de las cuencas.

---

(5) SOTO CHÁVEZ, Victorio.- Manejo de Cuencas y Conservación de Laderas.

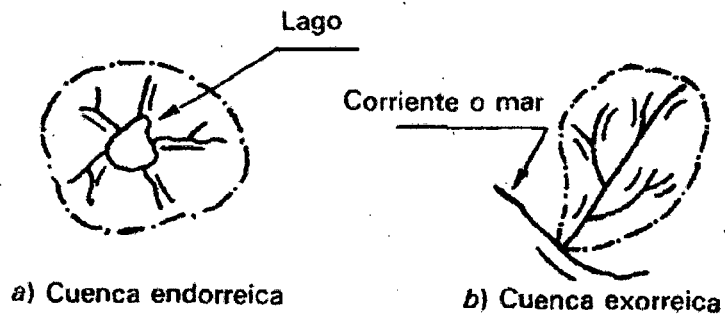


El número de orden de un río o grado de ramificación se inicia a partir del cauce más pequeño en los límites del divortium aquarum, línea divisoria de aguas, que es el punto más alto donde el agua comienza a discurrir y la línea divisora que lo separa de otro curso de agua en el flanco contrario.

**b. Unidades hidrográficas y rangos. <sup>(1)</sup>**

UNIDAD HIDROGRÁFICA	ÁREA		N° DE ORDEN DEL CURSO DE AGUA
	Km <sup>2</sup> .	Has.	
Microcuenca	10 – 100	1,000 – 10.000	1°, 2°, 3°
Subcuenca	100 – 700	10,000 – 70,000	4° y 5°
Cuenca	700 – 6,000	70,000 – 600,000	6° ó más

Desde el punto de vista de su salida, existen fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas. En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en las segundas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar. (ver figura 2.1).



**Figura 2.1** Tipos de cuencas

(1) APARICIO MIJARES, Francisco Javier.- Fundamentos de Hidrología de Superficie. Pág. 19.

### 2.5.1.1. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE UNA CUENCA <sup>(5)</sup>

✓ **Área de la Cuenca:** Es la superficie que comprende la unidad hidrográfica que puede ser microcuenca, subcuenca o cuenca, se expresará en Kilómetros cuadrados y hectáreas.

Se define la superficie en proyección horizontal, por la delimitación del parteaguas (ver figura 2,2).

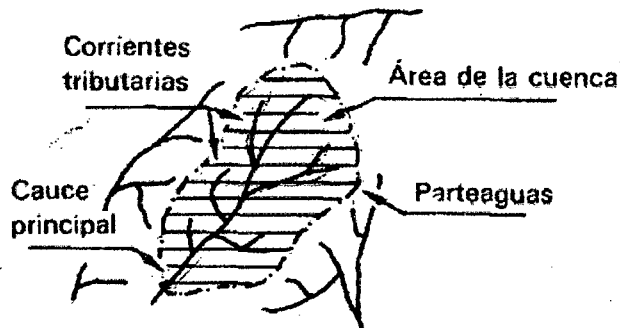


Figura 2.2 Área de cuenca

✓ **Pendiente Media del Cauce Principal:** Es el desnivel entre líneas medias de las curvas de nivel (valor constante) considerando la longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca. (ver figura 2.3).

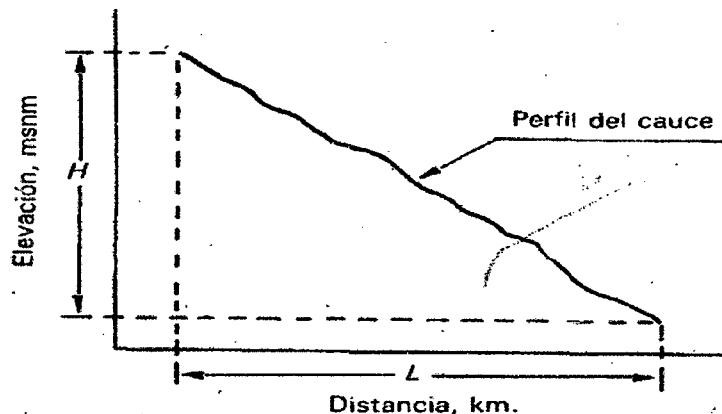


Figura 2.3 Pendiente del cauce principal

(5) SOTO CHÁVEZ, Victorio.- Manejo de Cuencas y Conservación de Laderas.

$$S = \frac{(HM - Hm)}{L} \quad (2.5)$$

Donde :

S = pendiente media del río.

L = Longitud del cauce principal en m

HM = Altura máxima msnm

Hm = Altura mínima msnm.

✓ **Índice de Compacidad (Kc)**: Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo cuya área será igual al de la cuenca.

Con este parámetro se trata de explicar la influencia del contorno de la cuenca y su área en la escurrentía.

Particularmente en la caracterización de hidrogramas cuando los valores son más próximos a la unidad significa que las cuencas se aproximan a una cuenca circular y las descargas están representadas por hidrogramas de cortos tiempos de concentración y pronunciados picos que indican máximas crecidas.

La fórmula utilizada se define así:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi \times A}} \quad (2.4)$$

Donde:

Kc : Coeficiente de compacidad o coeficiente de Gravelius.

P : Perímetro de la cuenca.

A : Área de la cuenca.

$\pi$  : 3.1416

---

(5) SOTO CHÁVEZ, Victorio.- Manejo de Cuencas y Conservación de Laderas.

✓ **Índice de Forma (Ff)**: Es la relación entre el ancho medio de la cuenca y la longitud del curso de agua más largo. El ancho medio de la cuenca se obtiene dividiendo el área de la cuenca entre la longitud del curso más largo.

La forma de la cuenca afecta a los hidrogramas de escurrentía y a las tasas de flujo máximo; con factor de forma de 0.7854 indica una cuenca circular. Para valores menores la cuenca es más estrecha y alargada, en este caso los cauces que captan las precipitaciones llegan a lo largo del cauce principal en varios puntos atenuándose de este modo las posibles crecientes.

En caso de cuencas circulares, las concentraciones se producen en un solo punto.

El factor de forma es un indicativo de la tendencia de las avenidas en el cauce; una cuenca con un factor de forma bajo (menor al límite 0.7854) está menos sujeta a crecientes debida a la precipitación, que otra de igual área para un factor de forma mayor.

La fórmula utilizada para su determinación es:

$$Ff = \frac{Am}{L} = \frac{A/L}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

Ff : Factor de forma.

Am : Ancho medio de la cuenca (Km).

L : Longitud del curso de agua principal (Km.)

---

(5) SOTO CHÁVEZ, Victorio.- Manejo de Cuencas y Conservación de Laderas.

- ✓ **Elevación Media de la Cuenca (hm)**: En ocasiones es necesario conocer la elevación media o la variación en elevación de una cuenca. Este parámetro está definido por:

$$hm = \frac{hi}{n}$$

Donde:

hm : Elevación media de la cuenca.

hi : Elevación de cada intersección.

n : Número de intersecciones.

- ✓ **Red de Drenaje**: Es el arreglo de los cauces. La red de drenaje es una indicación de la naturaleza del suelo y de las condiciones superficiales que existe en la cuenca ya que el carácter de los cauces está formado a través de procesos erosivos está definitivamente relacionado y restringido por el tipo de materiales de los cuales estos cauces están hechos.

- ✓ **Clases de Corrientes**: Las corrientes se clasifican dependiendo del tipo de escurrimiento, características físicas y condiciones climáticas existentes.

- a. **Efimeras**: Considerada porque conducen agua cuando llueven e inmediatamente después de las lluvias, sólo captan escurrimiento superficial.
- b. **Intermitente**: Llevan agua la mayor parte del tiempo, especialmente en épocas de lluvia, su aportación cesa cuando el nivel freático desciende por debajo del fondo del cauce.
- c. **Perennes**: Son aquellas que conducen agua todo el tiempo durante la época de estiaje es abastecida por escurrimiento subterráneo debido a que siempre el nivel teórico se ubica por encima del nivel canal.

---

(5) SOTO CHÁVEZ, Victorio.- Manejo de Cuencas y Conservación de Laderas.



- ✓ **Orden de Corriente:** Cada río de gran longitud tiene sus tributarios importantes, cada uno de los cuales tiene a su vez propios tributarios, así sucesivamente hasta llegar a las últimas ramas de la red de drenaje.

Como regla general, mientras más grandes sean los cauces mayor es el número de bifurcaciones.

El procedimiento más común es designar todos los tributarios que no se bifurcan como de primer orden.

Los cauces que reciben solamente tributarios de primer orden son considerados como de segundo orden. Los del tercer orden serán formados por la unión de tributarios de segundo orden y así sucesivamente.

De esta manera el número del cauce principal indica la extensión de bifurcaciones de sus tributarios y en general es una medida directa del tamaño y extensión de la red de drenaje.

- ✓ **Razón de las Bifurcaciones:** Es la relación entre número de corriente de orden dado y el número de corrientes de orden inmediato superior.

Al graficar la relación de orden de ríos versus el número de los mismos en un papel semilogarítmico se observa que se ajusta a una curva exponencial del siguiente tipo:

$$N = Ae^{Bu}$$

---

(5) SOTO CHÁVEZ, Victorio.- Manejo de Cuencas y Conservación de Laderas.

Donde:

- N : Número de tributarios o cauces.  
A, B : Constantes.  
e : Base de Logaritmo Natural.  
u : número de Orden del Cause.

- ✓ **Longitud Media de la Corriente (Lu)**: La longitud media de las corrientes de orden u es la suma de todas las longitudes divididas entre el número de corrientes de orden u, la ecuación que determina este valor es el siguiente:

$$Lu = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n}$$

Donde:

- Lu : Longitud media de la corriente.  
 $\sum_{i=1}^n l_i$  : Sumatoria de las Longitudes de Corrientes.

- ✓ **Densidad de Corriente (Dc)**: Esta característica es un indicador de la eficiencia de drenaje de una cuenca, pero debe manejarse con criterio, debido a que puede ocurrir que se tenga dos cuencas diferentes con la misma densidad de corriente y estar drenados en diferentes formas dependiendo de la longitud y dispersión de sus corrientes. La densidad de corriente se representa como la relación existente entre el número de corrientes y el área drenada.

$$Dc = \frac{Mc}{A}$$

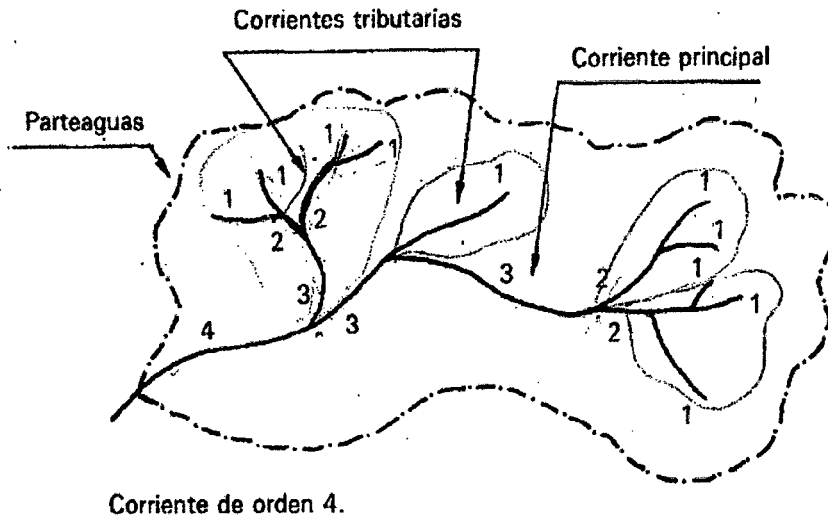
Donde:

- Dc : Densidad de corriente.  
Mc : Número Total de Corrientes (Km).  
A : Área de la Cuenca (Km<sup>2</sup>).

---

(5) SOTO CHÁVEZ, Victorio.- Manejo de Cuencas y Conservación de Laderas.

✓ **Densidad de Drenaje (Dd):** Es la relación entre la longitud de corriente por unidad de área, es más real y confiable que la densidad de corriente (ver figura 2.4).



**Figura 2.4** Cuenca hidrológica

$$Dd = \frac{Lc}{A}$$

Donde:

Dd : Densidad de Drenaje.

Lc : Longitud Total de la corriente (Km).

A : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

Una densidad alta refleja una cuenca muy bien drenada que deberá responder relativamente rápido del influjo de la precipitación. Una cuenca con baja densidad refleja un área pobremente drenada, con respuestas hidrológicas muy lentas. La densidad de drenaje también es un índice de erosión.

(5) SOTO CHÁVEZ, Victorio.- Manejo de Cuencas y Conservación de Laderas.



✓ **Perímetro de la Cuenca.**-<sup>(4)</sup> es la longitud del límite exterior de la cuenca y depende principalmente del área y la forma de la cuenca. la medida del perímetro equivale al trazo que se realiza sobre el parteaguas o divortium aquarum de la cuenca hidrográfica. Trabajando directamente sobre el mapa esta medición puede ser realizada con un curvómetro u obtenido directamente por una consulta a la información que contiene el polígono que conforma la cuenca dentro de un Sistema de Información Geográfico (carta nacional). La medición del perímetro es útil para calcular otros parámetros de superficie y relieve de las cuencas.

✓ **Tiempo de Concentración.**-<sup>(9)</sup> Se denomina tiempo de concentración, al tiempo transcurrido, desde que una gota de agua cae, en el punto más alejado de la cuenca hasta que llega a la salida de esta (estación de aforo). Este tiempo es en función de ciertas características geográficas y topográficas de la cuenca.

El tiempo de concentración debe incluir los escurrimientos sobre terrenos, canales, cunetas y sobre la misma estructura.

Para la cuenca del río Cuñumbuzá, el Tiempo de concentración, se ha calculado utilizando la fórmula empírica de Kirpich, que es la siguiente:

$$T_c = 0.0195(L^3 / H)^{0.385}$$

Donde:

T<sub>c</sub>= Tiempo de concentración en minutos.

L = Longitud máxima de recorrido en m.

H = Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en m.

(4) PIZARRO BALDERA, José del Carmen.- Apuntes del Curso de Hidrología.

(9) VILLÓN BÉJAR, Máximo.- Hidrología. Pág. 251

## **2.5.2. ALMACENAMIENTO Y TRÁNSITO EN VASOS Y CAUCES. <sup>(1)</sup>**

En este acápite, se hace referencia a los conceptos hidrológicos fundamentales necesarios para el diseño de vasos y al tránsito de avenidas en cauces, los cuales, aunque relativamente simples, son de gran importancia en hidrología, pues en gran parte constituyen las bases sobre las que se sustenta el dimensionamiento de las presas y otras obras de aprovechamiento y protección contra inundaciones.

### **2.5.2.1. Tipos de almacenamiento y sus características. <sup>(1)</sup>**

La siguiente descripción se refiere a los tipos de almacenamiento y sus características de interés en la hidrología. Los detalles restantes corresponden a otras materias, como obras hidráulicas e hidráulica fluvial.

Un vaso de almacenamiento sirve para regular los escurrimientos de un río, es decir, para almacenar el volumen de agua que escurre en exceso en las temporadas de lluvia para posteriormente usarlo en las épocas de sequía, es decir, cuando los escurrimientos son escasos. En la figura 2.7, se ha dibujado, en forma muy esquemática, el hidrograma anual de escurrimiento en un río y una determinada demanda. En este caso, la demanda de agua es constante durante todo el año y es mayor de lo que aporta el río en los meses de diciembre a junio, pero menor de lo que aporta el río de julio a noviembre. Es necesario, entonces, almacenar el volumen sobrante para poder satisfacer la demanda cuando el escurrimiento en el río no es suficiente, para lo cual se requiere un vaso de almacenamiento.

---

(1) APARICIO MIJARES, Francisco Javier.- Fundamentos de Hidrología de Superficie. Pág. 69

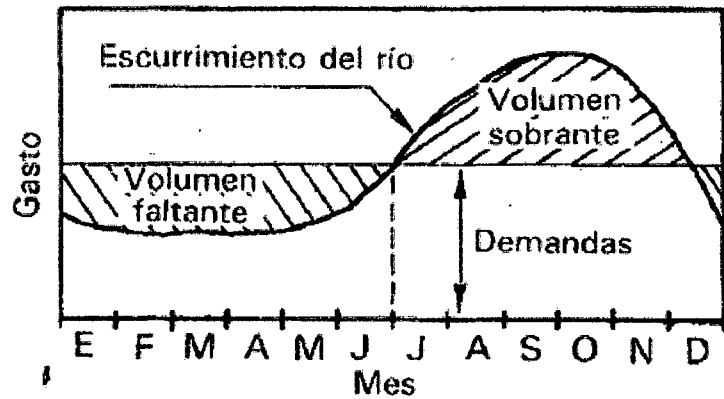
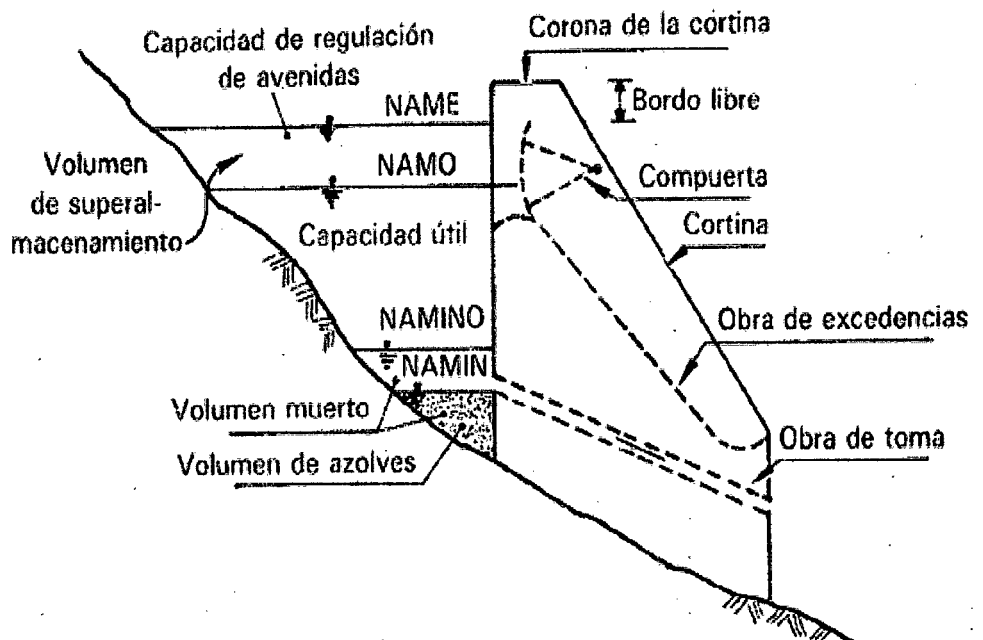


Figura 2.5 Hidrograma

Un vaso de almacenamiento puede tener uno o varios de los siguientes propósitos:

- a) Irrigación de tierras agrícolas.
- b) Generación de energía eléctrica.
- c) Control de avenidas.
- d) Abastecimiento de agua potable.
- e) Navegación.
- f) Acuicultura.
- g) Recreación.
- h) Retención de sedimentos.

Los principales componentes de un vaso de almacenamiento se muestran en la siguiente figura:



**Figura 2.6** Principales componentes de un vaso

El **NAMINO** (*nivel de aguas mínimas de operación*) es el nivel más bajo con el que puede operar la presa. Cuando ésta es para irrigación y otros usos, el **NAMINO** (también llamado en este caso **NAMin** o *nivel de aguas mínimas*) coincide con el nivel al que se encuentra la entrada de la obra de toma. En el caso de presas para generación de energía eléctrica, el **NAMINO** se fija de acuerdo con la carga mínima necesaria para que las turbinas operen en buenas condiciones. El *volumen muerto* es el que queda abajo del **NAMINO** o **NAMin**; es un volumen del que no se puede disponer. El *volumen de azolves* es el que queda abajo del nivel de la toma y se reserva para recibir el acarreo de sólidos por el río durante la vida útil de la presa.

(1) APARICIO MIJARES, Francisco Javier.- Fundamentos de Hidrología de Superficie. Pág. 70

Es conveniente hacer notar que el depósito de sedimentos en una presa no se produce como está mostrado en la figura 2.8 -con un nivel horizontal- sino que los sedimentos se reparten a lo largo del embalse, teniéndose los más gruesos al principio del mismo y los más finos cerca de la cortina. De hecho, en algunos casos existe movimiento de los sedimentos depositados dentro del vaso, fenómeno que se conoce como *corriente de densidad*. La operación de la presa se lleva a cabo entre el NAMINO o NAMin y el NAMO (nivel de aguas máximas ordinarias o *de operación*). El NAMO es el máximo nivel con que puede operar la presa para satisfacer las demandas; cuando el vertedor de excedencias (estructura que sirve para desalojar los volúmenes excedentes de agua que pueden poner en peligro la seguridad de la obra) no es controlado por compuertas, el NAMO coincide con su cresta o punto más alto del vertedor. En el caso de que la descarga por el vertedor esté controlada, el NAMO puede estar por arriba de la cresta e incluso puede cambiar a lo largo del año. Así, en época de estiaje es posible fijar un NAMO mayor que en época de avenidas, pues la probabilidad de que se presente una avenida en la primera época es menor que en la segunda. El volumen que se almacena entre el NAMO y el NAMin o NAMINO se llama *volumen o capacidad útil* y es con el que se satisfacen las demandas de agua.

El NAME (*nivel de aguas máximas extraordinarias*) es el nivel más alto que debe alcanzar el agua en el vaso bajo cualquier condición.

---

(1) APARICIO MIJARES, Francisco Javier.- Fundamentos de Hidrología de Superficie. Pág. 71

El volumen que queda entre este nivel y el NAMO, llamado súper almacenamiento, sirve para controlar las avenidas que se presentan cuando el nivel en el vaso está cercano al NAMO. El espacio que queda entre el NAME y la máxima elevación de la cortina (*corona*) se denomina *bordo libre* y está destinado a contener el oleaje y la marea producidos por el viento, así como a compensar las reducciones en la altura de la cortina provocadas por sus asentamientos.

En resumen, existen cuatro volúmenes principales en toda presa que es necesario determinar para diseñar el vaso: el volumen de azolves, el volumen muerto, el volumen útil y el volumen de super almacenamiento. La determinación de los dos primeros esta fuera del enfoque de esta tesis; el volumen de azolves es materia de la hidráulica fluvial y el volumen muerto, en el caso de plantas hidroeléctricas, depende, entre otras cosas, del tipo de turbina que se use.

A continuación se estudiarán métodos para evaluar el volumen útil que debe tener una presa para satisfacer las demandas y el volumen de súper almacenamiento necesario para que la presa no corra peligro.

## **2.5.2.2. Determinación de caudales**

### **2.5.2.2.1. Hidrología del área del Proyecto.**

En el aspecto hidrometeorológico se recolecta información sobre las variables del clima, la precipitación, los caudales y niveles de las corrientes naturales y los sedimentos que transportan las corrientes.

---

(1) APARICIO MIJARES, Francisco Javier.- Fundamentos de Hidrología de Superficie. Pág. 71.

Por lo general esta información se recolecta en forma de SERIES DE TIEMPO HISTORICAS, las cuales se procesan con métodos estadísticos y probabilísticos para determinar regímenes medios y proyecciones futuras. El tratamiento de estas series se realiza de acuerdo con el tipo de proyecto que se va a desarrollar y para ello se utilizan los conceptos de Hidrología Aplicada e Hidrología Estocástica.

El análisis de los Estudios que se han desarrollado con anterioridad en la zona del proyecto permite complementar la información recolectada. Este análisis tiene capital importancia cuando el proyecto se desarrolla en varias fases porque en la segunda fase debe analizarse cuidadosamente lo que se hizo en la primera, y así sucesivamente.

#### **2.5.2.2. Aspectos generales para el cálculo de caudales máximos y caudales medios mensuales.<sup>(9)</sup>**

Para el diseño de obras hidráulicas a emplazarse en el cauce de los ríos, se debe calcular o estimar el caudal de diseño, que para esos casos, son los caudales máximos.

La magnitud del caudal de diseño, es función directa del período de retorno que se le asigne, el que a su vez depende de la importancia de la obra y de la vida útil de ésta y a partir de esto se determina los coeficientes de seguridad que se dará a la misma o los años de vida probable.

---

(1) APARICIO MIJARES, Francisco Javier.- Fundamentos de Hidrología de Superficie. Pág. 71

(9) VILLÓN BÉJAR, Máximo.- Hidrología. Pág. 241.

Pero esto puede significar grandes dimensiones de la obra y lógicamente, hay un límite después del cual, los gastos ya no compensan los riesgos que se pretende cubrir.

Entonces en la práctica, no se busca una protección absoluta, sino la defensa contra una avenida de características definidas o de una determinada probabilidad de ocurrencia.

Existen varios métodos para el análisis y determinación de los caudales máximos y la avenida de diseño, así como de los caudales medios mensuales, entre los que se cuentan, los métodos estadísticos y los métodos hidrometeorológicos.

#### **2.5.2.2.1. Métodos Estadísticos. <sup>(3)</sup>**

Estos métodos, están basados en la utilización o empleo de los datos disponibles de una estación de aforos determinada para calcular el caudal máximo que puede tener lugar en dicha estación, para un período de retorno dado.

Los datos a utilizar son los máximos caudales registrados cada año en la estación hidrométrica ubicada más próxima al punto de interés, con los que se conforma una serie más o menos larga de caudales máximos anuales. El máximo caudal anual puede considerarse como una variable aleatoria continua e ilimitada de la que puede estudiarse su distribución mediante la Ley Teórica de Gumbell, que es una de las más empleadas en estos casos y que está en relación directa al registro histórico.

(3) HIDROCONSULT EIRL.- Estudio de Prefactibilidad del Sistema de Irrigación Cuñumbuzo-Ledoy.



Para el presente estudio, no ha sido posible la aplicación de estos métodos ya que a lo largo del recorrido del cauce del río Cuñumbuzo, no existe ninguna estación de aforo, por tanto no se dispone de información hidrométrica.

#### **2.5.2.2.2. Métodos hidrometeorológicos.**

Estos métodos que se utilizan a falta de información hidrométrica o como contraste para la verificación de los resultados obtenidos con los métodos estadísticos, están basados en el empleo de ciertos parámetros meteorológicos especialmente de la precipitación y depende de las condiciones y/o características físicas de la cuenca como son: área colectora de lluvia, tamaño y forma de la cuenca, topografía, tipo de suelos y cubierta vegetal. Así como también las condiciones de humedad ante la caída de precipitaciones sucesivas.

Para el presente Proyecto de Tesis, se han empleado dos métodos hidrometeorológicos, el Método de ISZKOWSKI, desarrollado en Polonia y empleado por el Servicio Hidrológico Austriaco, el mismo que se basa en la correlación del caudal máximo probable con el módulo pluviométrico medio anual y el Método del US. SOIL CONSERVATION SERVICE, del Cuerpo de Ingenieros de los EEUU, muy utilizado en estudios hidrológicos realizados por el diseño de diferentes estructuras hidráulicas en ríos de la Región San Martín.

---

(3) HIDROCONSULT EIRL.- Estudio de Prefactibilidad del Sistema de Irrigación Cuñumbuzo-Ledoy.

La información pluviométrica utilizada, se ha tomado de la Estaciones: CO Bellavista, que está a cargo del SENAMHI y de la Estación Juanjuí que está a cargo de CORPAC, ambas ubicadas en las inmediaciones del área del proyecto.

**a). Método de ISZKOWSKI.**

Este método utiliza ciertos parámetros de la cuenca en estudio hasta el punto de interés, así como la precipitación promedio anual ocurrida en un punto representativo de dicha cuenca.

El método posee la siguiente expresión :

$$Q = m . C . P . A . (10)^{-3} \text{ m}^3/\text{seg.} \quad (2.6)$$

Donde :

Q = Descarga máxima en m<sup>3</sup>/seg.

m = Factor determinado por el tamaño de la cuenca.

C = Coeficiente de escorrentía, que depende de la Topografía, tipo de suelo y cobertura vegetal del área de la cuenca colectora.

P = Precipitación total anual promedio multianual en mm.

A = Área de la cuenca colectora hasta el punto de interés en Km<sup>2</sup>.

(3) HIDROCONSULT EIRL.- Estudio de Prefactibilidad del Sistema de Irrigación Cuñumbuzo-Ledoy.

### b). Método del US Soil Conservation Service (SCS).

Este método ha sido desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos y tiene muchas ventajas, pues se aplica a cuencas medianas, así como también a pequeñas (caso de río Cuñumbuzo).

Su principal aplicación, es la estimación del escurrimiento en el Estudio de Avenidas.

Este método, denominado también como de Número de Curva, deriva de una serie de curvas, cada una de las cuales lleva el número de N, que varía de 1 a 100. Los números de curvas representan coeficientes de escorrentía, pues así un número de curva  $N = 100$ , indica que toda la lluvia se escorre y un número  $N = 1$ , indica que toda la lluvia se infiltra (ver fig. 2.9). <sup>(1)</sup>

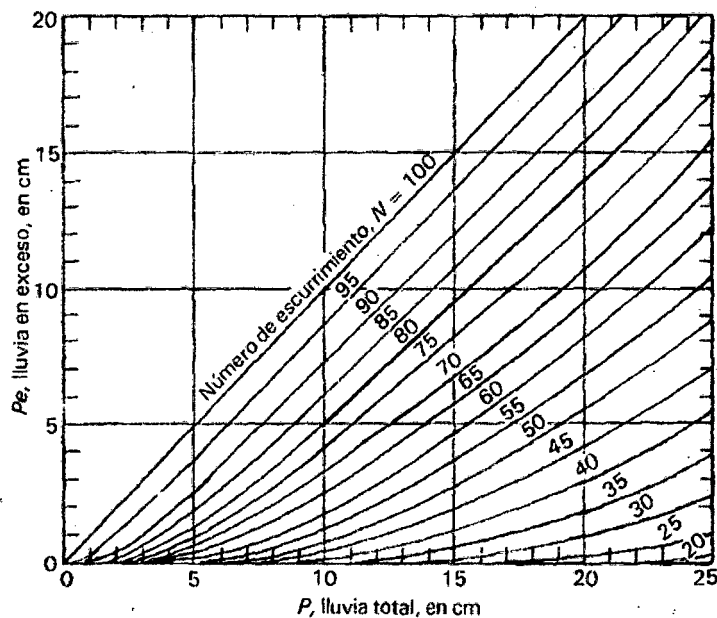


Figura 2.7 Familia de curvas N

(1) APARICIO MIJARES, Francisco Javier.- Fundamentos de Hidrología de Superficie. Pág. 71

(3) HIDROCONSULT EIRL.- Estudio de Prefactibilidad del Sistema de Irrigación Cuñumbuzo-Ledoy.



Este método es utilizado para estimar la escorrentía total a partir de datos de precipitación, conociéndose su intensidad, duración, que son empleados para calcular el caudal pico de una avenida de determinado período de retorno, para lo cual se debe tener presente los valores de la tabla N° 1, la misma que ha sido elaborada para una duración de tormenta de seis (6) horas y relaciona el tiempo de concentración en horas, con el llamado gasto unitario (  $q$  ), cuyas unidades son : (  $m^3/seg.$  ) / (  $mm./Km^2$  ).

Se calculan previamente, las siguientes características fisiográficas:

$A$  = área de la cuenca colectora en  $Km^2$

$T_c$  = Tiempo de concentración en horas

$N$  = Número de curva de escurrimiento, para la condición media de humedad en la cuenca, es adimensional. Se calcula teniendo en consideración los aspectos de condición hidrológica (buena, regular y pobre), grupo hidrológico de suelo (A: bajo potencial de escorrentía, B: moderado bajo potencial de escorrentía, C: moderado alto potencial de escorrentía y D: alto potencial de escorrentía), uso de la tierra (cultivada, cubierta de pastos y cubierta de bosques y arboledas).

---

(3) HIDROCONSULT EIRL.- Estudio de Prefactibilidad del Sistema de Irrigación Cuñumbuzo-Ledoy.

(1) Se calculan los valores de precipitación (P) de duración 6 horas y períodos de retorno de acuerdo a las avenidas del proyecto. Lo anterior en base a la precipitación máxima en 24 horas (Tabla N° 1 del Anexo).

Con el valor de N, se calcula la escorrentía (Ei) para cada una de las precipitaciones, con duración de 6 horas, y diferentes períodos de retorno determinadas en el paso anterior, aplicando la siguiente fórmula:

$$Ei = \frac{[N(P + 50.80) - 5,080]^2}{N[N(P - 203.2) + 20,320]} \quad , \text{ en mm.}$$

Como paso final, se calculan los caudales máximos para diferentes valores de (T), aplicando la siguiente relación:

$$Q_{max} = Ei \times q \times A \quad (2.7)$$

Donde:

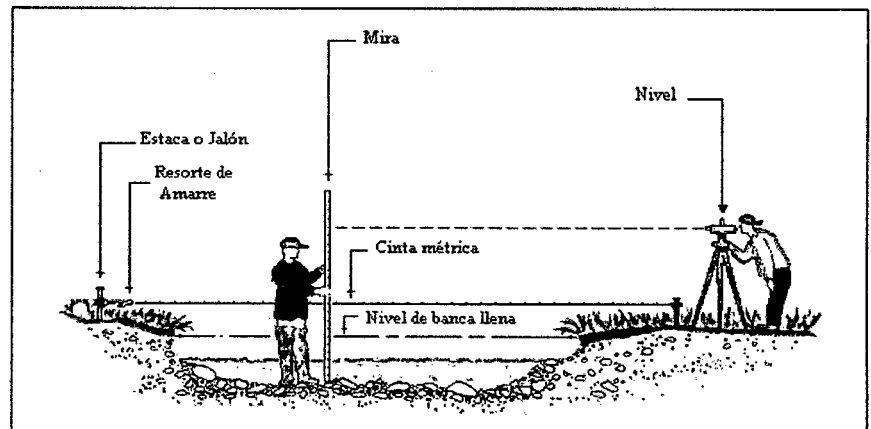
Ei = Escorrentía para diferentes períodos de retorno.

q = Caudal unitario (se calcula con el Tc en la Tabla N° 2 del Anexo).

A= Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>

### 2.5.2.2.3. Método Hidráulico o Directo<sup>(8)</sup>

Existen zonas donde no hay ningún tipo de registro hidrológico, ya sean de lluvias o de caudales, presentándose, aparentemente un problema insoluble para el diseño hidrológico. Sin embargo en estas ocasiones se puede recurrir a métodos apoyados en geomorfología fluvial para tratar de obtener estimativos de los caudales extremos. Estos se apoyan fundamentalmente en la fórmula de Leopold y Skibitzke (1967) que relacionan parámetros de la geometría del cauce del río con el comportamiento hidrológico del cauce. Uno de éstos parámetros es la sección a banca llena, que define a su vez el caudal a banca llena que puede considerarse como la media de los caudales máximos instantáneos (representativa de la descarga dominante o formativa del cauce), parámetro necesario y utilizado en varios métodos hidrológicos de diseño con información escasa.



**Figura 2.8** Determinación en campo de la sección llena (Dunne y Leopold, 1978)

(8) VEN TE CHOW, Ph. D.- Hidráulica de Canales Abiertos.

Una vez que se tiene definida la sección llena es posible con la ecuación de Manning determinar el caudal correspondiente. Esta ecuación tiene la forma:

$$Q = \frac{A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (2.8)$$

Donde:

Q : caudal máximo en m<sup>3</sup>/s

A : área de la sección del flujo del agua en m<sup>2</sup>

R : radio Hidráulico en m

S : pendiente de la línea de energía

n : coeficiente de rugosidad de Manning (rugosidad del cauce).

### **Área Hidráulica.** <sup>(8)</sup>

Es el área en m<sup>2</sup> que corresponde al nivel máximo (sección llena) alcanzado por las aguas en época de avenidas.

### **Radio hidráulico** <sup>(8)</sup>

Es un parámetro importante en el dimensionado de obras hidráulicas, generalmente es representado por la letra R, y expresado en m, es la relación entre:

El **área mojada** (A, en m<sup>2</sup>).

El **perímetro mojado** (P, en m).

Es decir:

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

Las expresiones que permiten su cálculo son función de la forma geométrica de la sección transversal del canal.

(3) HIDROCONSULT EIRL.- Estudio de Prefactibilidad del Sistema de Irrigación Cufumbuzza-Ledoy.

**Rugosidad del cauce.** <sup>(8)</sup>

Al aplicar la ecuación de Manning, la mayor dificultad está en la determinación del coeficiente de rugosidad  $n$ , ya que no existe un método exacto para la selección del valor de  $n$ . Con el nivel de conocimiento actual, seleccionar un valor de  $n$  significa estimar la resistencia de flujo en un cauce determinado, lo cual es un asunto de intangibles.

A partir del reconocimiento de varios factores primordiales que afectan el coeficiente de rugosidad, Cowan desarrolló un procedimiento para estimar el valor de  $n$ . Mediante este procedimiento, el valor de  $n$  puede calcularse por:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

donde  $n_0$  es un valor básico de  $n$  para un cauce recto, uniforme y liso en los materiales naturales involucrados,  $n_1$  es un valor que debe agregarse al  $n_0$  para corregir el efecto de las rugosidades superficiales,  $n_2$  es un valor para considerar las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del cauce,  $n_3$  es un valor para considerar las obstrucciones,  $n_4$  es un valor para considerar la vegetación y las condiciones de flujo, y  $m_5$  es un factor de corrección de los efectos por meandros en el cauce. Los valores apropiados de  $n_0$  a  $n_4$  y  $m_5$  pueden seleccionarse en la **Tabla N° 3** del Anexo de acuerdo con las condiciones dadas.

---

(8) VEN TE CHOW, Ph. D.- Hidráulica de Canales Abiertos. Pág. 98



Es el valor de la rugosidad de manning, que se ha obtenido utilizando el Método de Cowan, el cual relaciona la sinuosidad del cauce, la pendiente, el tipo de material, la cobertura vegetal así como las obstrucciones que pudieran presentarse en el cauce.

***Pendiente del cauce en la sección de interés.***

El valor de la pendiente ha sido obtenido de la siguiente manera:

$$s = \frac{HM - Hm}{L}$$

Donde:  $HM$  = Nivel aguas arriba del tramo.  
 $Hm$  = Nivel aguas abajo del tramo.  
 $L$  = Longitud del tramo (m).

## 2.6. HIPOTESIS

“El estudio Hidrológico para determinar el caudal de diseño de la presa del sistema de riego Cuñumbuzo – Ledoy, facilitará el dimensionamiento de las estructuras de almacenamiento”.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 MATERIALES

Para el presente trabajo se ha hecho uso de lo siguiente:

##### **a) Brigada de topografía:**

- a.- 1 Jefe (Responsables de la Tesis)
- b.- 2 Auxiliares (Topógrafo y dibujante)
- c.- 2 Ayudantes de topografía
- d.- 3 Peones
- e.- 1 Guía (Personal de la zona de trabajo)

##### **b) Equipo:**

- 01 Computadora
- 01 Impresora
- 01 Plotter
- 01 Tablero de dibujo
- 01 Calculadoras científicas
- 01 Teodolito Marca Kern
- 01 Nivel de Ingeniero Marca Wild
- G.P.S. (Instrumento que ubica las coordenadas geográficas, recepcionando información satelital.)
- 01 Brújula

##### **c) Materiales:**

- Carta Nacional a escala 1: 100,000
- Papel bon A-1
- Papel bon A-4
- Libretas de Topografía
- Juego de escuadras
- Portaminas
- 01 Eclímetro
- 01 Eclímetro



- 01 Wincha 50 metros ,
- Machetes en número necesarios,
- Todo el personal equipados de botas de jebe
- Ponchos impermeables.

## **3.2 MÉTODOS**

### **3.2.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.2.1.1. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN:**

**TIPO** : Investigación Aplicada  
**NIVEL** : Tesis Pre-Grado

#### **3.2.1.2. Cobertura del estudio:**

##### **3.2.1.2.1. Universo y/o muestra**

- El universo está constituido por toda la red de 18 ríos tributarios ubicados a lo largo de la cuenca del Río Cuñumbuzo.
- La muestra está conformada por los registros de precipitaciones registradas en la Estación C.O. Bellavista para el cálculo de caudales máximos.

##### **3.2.1.2.2. Ámbito geográfico**

- Localidad de Ledoy - Víveres, en el Distrito de Huallaga, Provincia de Bellavista, Región San Martín.

#### **3.2.1.3. Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos.**

Las fuentes de recolección de datos está conformada por la información disponible en los organismos gubernamentales tales como el Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo (PEHCBM), Ministerio de Agricultura, CORPAC y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).



Para la determinación de los caudales medios mensuales se aplicó el Método hidrometeorológico de Iszkowski, Método del US Soil Conservation Service (USCS) y el Método Hidráulico o Directo. Así mismo, se ha revisado información bibliográfica de la biblioteca especializada de la Facultad de Ingeniería Civil y otras dependencias donde existe información científica vinculada al tema del proyecto.

Las técnicas e instrumentos que se utilizarán son la observación, la recopilación y el procesamiento.

#### **3.2.1.4. Procesamiento y presentación de datos.**

El procesamiento de los datos recopilados se ha realizado de forma computarizada, para el cálculo del caudal de diseño de la presa.

La presentación de los resultados se hace utilizando gráficos, y cuadros estadísticos, finalmente se ha calculado el caudal de diseño.

### **3.3. METODOLOGIA Y FORMULACION DEL ESTUDIO.**

#### **3.3.1. Metodología.**

La metodología que se ha seguido para la elaboración del presente Estudio, ha consistido básicamente en la recopilación, análisis y procesamiento de la Información existente acerca del área del proyecto como es : Mapas de ubicación Provincial, Carta Nacional, registros de precipitación mensual en mm , Precipitación Máxima en 24 horas (mm) , Temperatura Promedio mensual en °C, Humedad Relativa Promedio Mensual en % registradas en la Estación CO Bellavista, durante el período : 1995 – 2005 . También, se han empleado para los cálculos hidrológicos la información pluviométrica registrada en la Estación Juanjuí – Corpac, para el período 1995 – 2004.

Esta fase ha sido acompañada con la visita de campo realizada al lugar donde se ejecutará el proyecto, hecho que nos ha permitido tener una mayor visualización del proceso de ocupación de las áreas de la parte baja de la cuenca, así como de sus características principales.

Así mismo, con la información debidamente procesada y haciendo uso de la metodología existente, se ha realizado el cálculo de los diferentes parámetros tanto de la cuenca así como de los parámetros hidrológicos para determinar los caudales máximos para diferentes períodos de retorno, así como los caudales medios mensuales y el caudal máximo instantáneo utilizando el método hidráulico o directo.

### **3.3.2. Formulación del estudio.**

El presente trabajo de investigación, ha sido formulado de tal manera de alcanzar el objetivo principal que es el de calcular los caudales máximos para diferentes períodos de retorno que permita seleccionar el Caudal de Diseño de la Presa, así como la determinación de los caudales medios mensual, para lo cual ha sido necesario el desarrollo de métodos hidrometeorológicos, tal como del US Soil Conservation Service desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los EEUU, método de Iszkowski, también se ha aplicado el método hidráulico o directo para el cálculo del caudal máximo instantáneo, etc.

No ha sido posible la aplicación de Métodos Estadísticos, debido a la no existencia de información hidrométrica o de aforos del río Cuñumbuza.

### **3.4. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN**

Considerando el nivel del presente trabajo de investigación, se ha recopilado la siguiente información básica.

### **3.4.1. Información cartográfica y topográfica.**

La información cartográfica, ha sido recopilada para la determinación de los parámetros hidrofisiográficos de la cuenca del río Cuñumbuzo y la información topográfica en el eje de presa, para la determinación de ciertos parámetros en la sección de interés, como son: nivel de aguas máximas alcanzados en la sección, pendiente del curso de agua en el tramo de interés, área hidráulica máxima, etc.

Se ha recopilado la siguiente información que ha sido proporcionada por la Dirección de Estudios del Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo:

- Mapa Provincia de Bellavista, IGN, a escala 1: 250,000
- Carta Nacional IGN Escala 1:100,000 (ámbito de cuenca río Cuñumbuzo).
- Levantamiento Topográfico a curvas de nivel del lugar del río donde se ha proyectado el emplazamiento de la Presa, a escala 1:1, 000.

En el **Plano PT** del Anexo, se presenta el levantamiento Topográfico a curvas de nivel. Así mismo, en el **Plano PC**, se presenta el plano de la cuenca del río Cuñumbuzo.

### **3.4.2. Información hidroclimática.**

La cuenca del río Cuñumbuzo, dispone de información hidroclimática registrada en las estaciones vecinas de Juanjuí y Bellavista tanto para el control pluviométrico así como para los diferentes parámetros climáticos. Ambas estaciones, se encuentran en las proximidades del área del proyecto, por lo que se ha tenido que adquirir información de la estación climatológica Ordinaria CO de Bellavista, de propiedad y operada por el SENAMHI, así como de la estación Juanjuí de propiedad y

operada por CORPAC. La información hidroclimática, se presenta en los cuadros N° 1, N° 2 y N° 3 del Anexo.

La información recopilada, comprende los registros de:

- Lámina de precipitación mensual en mm
- Precipitación máxima caída en 24 horas en mm.
- Temperatura Promedio Mensual en °C.
- Humedad Relativa Promedio Mensual en %.

Toda la información recopilada ha sido registrada durante el período 1995 – 2005 de la Estación Bellavista y 1995 – 2004 de la Estación Juanjuí.

A continuación, se presenta el resumen de la información correspondiente a la precipitación máxima caída en 24 horas, durante el período: 1995 – 2005, extraída del Cuadro N° 1 del Anexo.

**Cuadro N° 1** Precipitación máxima de caída en 24 hr. (m.m.)  
Estación C.O. Bellavista

N°	AÑO	PRECIPITACION MAXIMA CAIDA EN 24 Hr. (mm)
1	1995	66.40
2	1996	51.30
3	1997	40.50
4	1998	109.00
5	1999	86.50
6	2000	78.90
7	2001	85.20
8	2002	49.80
9	2003	83.80
10	2004	71.90
11	2005	89.40

### **3.4.3. Registro de caudales.**

Este parámetro no ha sido controlado dentro de la cuenca del río Cuñumbuzo, por lo tanto para el cálculo del caudal máximo no ha sido posible el empleo de Método Estadístico alguno.

### **3.4.4. Estudios anteriores.**

En relación a la zona del Proyecto, anteriormente no se ha realizado estudio hidrológico alguno que permita tenerlo en consideración como referencia.

### **3.4.5. Versión de los pobladores.**

Según versión de los pobladores de las localidades de Ledoy y Víveres, así como de los vecinos asentados en las inmediaciones de la sección de Interés, o lugar donde se emplazará la Presa, los niveles de agua en el río varían sensiblemente a lo largo del año tanto a nivel diario, semanal así como mensual.

La variación de los niveles de agua en la sección de interés, tienen relación directa con la ocurrencia de precipitaciones dentro de la cuenca. Esta información ha sido tomada como referencia ya que ha sido necesaria la verificación en campo al haber ubicado en el cauce, las trazas o niveles dejados por las aguas máximas.

La información que ha sido empleada en la determinación del caudal máximo instantáneo, aplicando el Método hidroeteorológico de Iszkowski, es la referida a la precipitación. Así mismo para la determinación de los caudales máximos para diferentes períodos de retorno, así como de los caudales Medios Mensuales, se ha aplicado el Método del US Soil Conservation Service.



### **3.5. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA CUENCA**

Las características principales de la cuenca del río Cuñumbuzo, están referidas a:

#### **3.5.1. TOPOGRAFÍA.**

La topografía de la cuenca, es representativa y condiciona el escurrimiento del agua durante la caída de precipitaciones especialmente en las partes alta y media. En esta última, se ubica el emplazamiento del Vaso Regulador que se ha proyectado como componente del Sistema de Riego Cuñumbuzo - Ledoy.

#### **3.5.2. HIDROGRAFÍA.**

El río Cuñumbuzo, es un afluente de la margen derecha del río Huallaga y su sistema hidrográfico, se caracteriza por una red de dieciocho tributarios, trece (13), por la margen derecha y cinco (05), por la margen izquierda, ubicados a lo largo de toda la cuenca. La longitud total de la red hidrográfica o de drenaje de la cuenca del río Cuñumbuzo es de 167.50 Km.

El curso principal en sus nacientes, se encuentra a una altitud aproximada de 399.00 msnm, y en el lugar donde se emplazará la presa a una altitud aproximada de 260.00 msnm.

En el Plano PC, se puede observar la configuración hidrográfica de la cuenca del río Cuñumbuzo.

#### **3.5.3. AREA DE LA CUENCA.**

El área total del ámbito de influencia de la cuenca es de 397.81Km<sup>2</sup>, la misma que ha sido determinada en función a la delimitación realizada sobre la Carta Nacional. El área colectora hasta el punto de interés o lugar donde se emplazará la Presa Cuñumbuzo, es de 376.23 Km<sup>2</sup>, tal como se puede apreciar en el Plano PC.

### 3.5.4. PERÍMETRO DE LA CUENCA.

La Cuenca del río Cuñumbuzo, presenta un perímetro de 118.19 Km. ver plano PC en Anexo.

### 3.5.5. FACTOR DE FORMA.

Este parámetro representa la relación entre el ancho medio de la cuenca ( $A_{mc}$ ) y longitud del curso de agua más largo ( $L$ ). El ancho medio de la cuenca se obtiene dividiendo el área de la misma entre la longitud del curso de agua más largo.

Lo descrito líneas arriba se puede presentar en la siguiente fórmula:

$$Ff = A / L^2$$

Donde :

$Ff$  = Factor de forma (adimensional)

$L$  = Longitud del curso de agua más largo en Km

$A$  = Área de la cuenca en  $Km^2$

Reemplazando valores :

$$Ff = 397.81 / (65.70)^2$$

$$\underline{Ff = 0.092}$$

Es preciso indicar que, una cuenca con factor de forma bajo, está sujeta a menos crecientes que otra del mismo tamaño pero con Factor de Forma mayor. Es adimensional, al igual que el índice de compacidad.



El Factor de Forma para la cuenca del río Cuñumbuzo es de 0.092, el cual nos indica que la oportunidad de presencia de crecientes violentas es baja.

### **3.5.6. ÍNDICE DE COMPACIDAD.**

Representa la relación entre el perímetro de la cuenca y el área de la misma.

El índice de compacidad de la cuenca del río Cuñumbuzo es de 1.66 lo que demuestra que su forma es alargada. Este parámetro, nos evidencia que la respuesta de transformación de la precipitación en escorrentía es lenta.

### **3.5.7. LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL.**

El curso principal del río Cuñumbuzo, presenta una longitud de 65.70 Km hasta el punto de interés y de 70.90 Km hasta su desembocadura en el río Huallaga.

### **3.5.8. PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL.**

El agua superficial concentrada en los lechos fluviales, escurre con una velocidad que depende directamente del declive de éstos, así a mayor declividad habrá mayor velocidad de escurrimiento. La pendiente media del río Cuñumbuzo, es un parámetro empleado para determinar la declividad del curso de agua entre dos puntos, que generalmente lo constituye la naciente y su desembocadura en el río Huallaga.

La fórmula es la siguiente:

$$S = (HM - Hm) / (L)$$

Donde:

S = pendiente media del río Cuñumbuzo

L = Longitud del cauce principal en m = 70,900 m

HM = Altura máxima msnm. = 399.00



$$H_m = \text{Altura mínima msnm.} = 260.00$$

Reemplazando valores, se tiene:

$$S = (399 - 260) / (70,900) = 0.002$$

$$\underline{S = 0.002}$$

La pendiente media del río Cuñumbuzo es de 2.00 m por cada kilómetro de longitud, es decir presenta un bajo declive, el cual influye en el comportamiento del escurrimiento del agua a lo largo del río.

### **3.5.9. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.**

Se denomina así, al tiempo que transcurre desde que una gota de agua cae en el punto más alejado de la cuenca, hasta que llega a la estación de aforo, o punto de interés alguno o a la salida de ésta (desembocadura).

Este tiempo, está en función de las características geológicas y topográficas de la cuenca.

Para la cuenca del río Cuñumbuzo, el Tiempo de concentración, se ha calculado utilizando la fórmula empírica de Kirpich, que es la siguiente :

$$T_c = 0.0195 (L^3 / H)^{0.385}$$

Donde :

$T_c$  = Tiempo de concentración en minutos.

$L$  = longitud máxima de recorrido en m.  $L = 70,900$  m.

$H$  = Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal en m.  $H = 139.00$  m.

Reemplazando valores, se tiene:

$$T_c = 1,168 \text{ min.} = 19.50 \text{ hr.}$$

$$\underline{T_c = 19.50 \text{ hr.}}$$

### **3.6. CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA DEL PROYECTO**

La cuenca del río Cuñumbuzo, tiene una conformación geomorfológica e hidrofisiográfica propia de Ceja de Selva, constituida por planicies, lomadas y colinas que forman pequeñas cadenas de montañas que los separan de las cuencas vecinas.

Estas irregularidades en la fisiografía de la cuenca dan lugar a un clima heterogéneo que varía con la altitud y la época del año y que en general, presenta las siguientes características básicas: En los sectores de planicie y lomadas es ligeramente seco y cálido con precipitaciones bajas y con temperaturas elevadas. En los sectores de colinas altas y estribaciones montañosas, el clima es ligeramente húmedo y semi-cálido.

#### **3.6.1. PRECIPITACIÓN.**

La precipitación es el principal parámetro que determina el escurrimiento dentro de una cuenca. En la cuenca del río Cuñumbuzo, el régimen de precipitaciones es variable, tanto espacial ( dentro de la cuenca ), así como temporal, es decir a lo largo de los doce meses del año. De la información pluviométrica registrada durante el período: 1995 - 2005 en la Estación CO Bellavista de propiedad del SENAMHI, se puede apreciar que existen debidamente marcadas dos estaciones, la de mayor precipitaciones durante los meses de Noviembre a Abril, con láminas que van hasta los 121.50 mm mensuales y de sequías comprendida entre los meses Mayo - Octubre con láminas hasta de 45.80 mm. La lámina Promedio Anual de agua llovida en la cuenca según los datos registrados en la Estación Bellavista, es de 969.80 mm, para el período estudiado (1995 – 2005). Sin embargo para el mismo período la Estación Juanjuí – Corpac, la Lámina Promedio Anual es de 1,721.10 mm.

### **3.6.2. TEMPERATURA.**

En la zona del Proyecto, este parámetro es controlado también a través de la Estación CO Bellavista. En el cuadro N° 2, se presentan los registros de Temperatura del período 1995 – 2005, donde se puede apreciar que la Temperatura Media Promedio es de 26.60 °C y los valores máximos y mínimos son de 27.40 °C y de 25.60 °C respectivamente. Así mismo, se observa una variación mínima a lo largo del año.

Pese a no existir información de estaciones que controlen este parámetro a altitudes mayores de los 300 msnm se estima que la relación con la altitud es inversa en la cuenca del río Cuñumbuzá, es decir, a mayor altitud se presentan menores temperaturas.

### **3.6.3. HUMEDAD RELATIVA.**

Este parámetro, también es controlado desde la Estación CO Bellavista por su cercanía al área de estudio. La humedad Relativa Promedio Mensual es de 81 % y presenta como valores máximos y mínimos los valores de 84 % y 78 % respectivamente. Así mismo se puede apreciar una variación mínima a lo largo del año.

En el Cuadro N° 2, se presentan los registros de Humedad Relativa Promedio de la Estación Bellavista - SENAMHI.

### **3.6.4. LA EVAPORACIÓN.**

Según los Estudios realizados por ONERN en el año 1984, En cuanto a los valores de Evaporación, de acuerdo a la información existente en la Estación Bellavista, ésta se encuentra alrededor de los 847.60 mm anuales, con una distribución mensual de dos épocas bien marcadas. Así, entre Febrero y Junio, la evaporación es relativamente baja, oscilando entre los 50.40 a 69.90 mm, en cambio, entre Julio y Enero, la evaporación es notoriamente alta,

variando entre los 71.80 y 87.70 mm. (Estudio de Evaluación de los Recursos Naturales y Plan de Protección Ambiental, Pag.51).

### **3.6.5. VELOCIDAD DEL VIENTO.**

Según los Estudios realizados por ONERN, en el año 1984, en lo que respecta a los vientos, éste presenta una característica especial. De los datos registrados en la Estación CORPAC de Juanjuí, éstos presentan direcciones persistentes E, S y O a través de todo el año. Las velocidades medias alcanzadas por los vientos son mayores a los 6.80 Km/hora vientos Noreste, de 6.90 Km/hora vientos Este y de 5.10 Km/hora de vientos Sur. Así mismo no se descarta la ocurrencia de vientos fuertes aunque esporádicos y acompañados de fuertes precipitaciones, cuyas consecuencias pueden ser funestas.

## **3.7. DETERMINACIÓN DE CAUDALES**

### **3.7.1. HIDROLOGÍA DEL ÁREA DEL PROYECTO.**

En el ámbito de influencia de la cuenca del río Cuñumbuzá, donde se ubica el proyecto, la hidrología se caracteriza por presentar dos épocas hidrológicas bien definidas a lo largo del año, una de ellas referida a la época de invierno, con marcada presencia de lluvias continuas que generalmente se presentan durante el período comprendido entre los meses de Noviembre - Abril. La otra época de escasa o limitada ocurrencia de precipitaciones, generalmente ocurre entre los meses de Mayo a Octubre.

Según la información registrada en la Estación CO de Bellavista a cargo del SENAMHI y ubicada en las inmediaciones del área del Proyecto, la lámina promedio anual de agua llovida es de 969.80 mm, con máximas que alcanzan valores de hasta los 1,345.70 mm y mínimas de 572.50 mm.



El proceso de ocupación de tierras con aptitud agrícola ubicadas en la parte alta, media y con mayor intensidad en la parte baja de la cuenca del río Cuñumbuzo, viene ocasionando la eliminación paulatina de la cobertura vegetal de las áreas que se están incorporando tanto a la ganadería, agricultura de secano, así como la extracción forestal, que vienen generando condiciones favorables para el incremento paulatino del valor del coeficiente de escorrentía (C).

Estos hechos, ocasionan el paso de caudales extraordinarios, motivando cambios geométricos en el cauce del río Cuñumbuzo especialmente en la parte baja de la cuenca, en el tramo comprendido entre el Punto de Interés o lugar de emplazamiento de la Presa y la desembocadura en el río Huallaga.

Como resultado de la hidrología estudiada en el ámbito del proyecto, se puede afirmar que en la época de invierno o húmeda, la lámina de agua llovida, supera la lámina de evaporación diaria y además que, ante el proceso de deforestación iniciado en las diferentes partes de la cuenca, hace posible que el comportamiento de los regímenes de escorrentía hayan variado de manera significativa en los últimos años debido a que gran parte (mas del 40 %) de la precipitación caída se transforma en escorrentía, favoreciendo la ocurrencia de eventos que superan a los normales presentados muchos años atrás.

**Los cálculos hidrológicos** efectuados, nos ha permitido estimar los caudal máximos instantáneos que pueden ocurrir en el río Cuñumbuzo en el punto de interés en el cual se ha proyectado el emplazamiento de la Presa del Sistema de Riego, empleando métodos hidrometeorológicos y directos, para lo cual ha sido necesario caracterizar el cauce del río y establecer una sección hidráulica que nos ha facilitado realizar una estimación del caudal, teniendo como referencia las marcas o trazas dejadas por



los eventos extraordinarios ocurridos y que han sido corroborados por versión de los pobladores vecinos del lugar.

### **3.7.2. CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS Y CAUDALES MEDIOS MENSUALES.**

Para el análisis y determinación de los caudales máximos y la avenida de diseño se han empleado dos métodos, el Método de ISZKOWSKI, desarrollado en Polonia y el Método del US. SOIL CONSERVATION SERVICE, del Cuerpo de Ingenieros de los EEUU. La información pluviométrica utilizada, se ha tomado de la Estaciones : CO Bellavista, que está a cargo del SENAMHI y de la Estación Juanjuí que está a cargo de CORPAC, ambas ubicadas en las cercanías del área del Proyecto que registran la lámina de precipitación mensual, así como de la precipitación máxima en 24 horas (Estación CO Bellavista) que ocurre en el ámbito de influencia de la cuenca colectora del río Cuñumbuzo, lugar donde se emplazará la Presa del Sistema de Riego..

#### **3.7.2.1. Método de ISZKOWSKI.**

Dado que el método utiliza parámetros de la cuenca, así como la precipitación promedio anual de la cuenca. Se utilizara la información pluviométrica registrada tanto en la Estación CO Bellavista, ubicada en el distrito de Bellavista, así como de la Estación Juanjuí, ya que ambas se encuentran ubicadas en puntos muy cercanos a la zona del proyecto.



El método posee la siguiente expresión :

$$Q = m . C . P . A . (10)^{-3} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Donde:

Q = Descarga máxima en m<sup>3</sup>/seg.

m = Factor determinado por el tamaño de la cuenca.

C = Coeficiente de escorrentía, que depende de la Topografía, tipo de suelo y cobertura vegetal del área de la cuenca colectora.

P = Precipitación total anual promedio multianual en mm.

A = Área de la cuenca colectora hasta el punto de interés en Km<sup>2</sup>.

En las siguientes dos páginas, se presentan los cuadros en los cuales se realiza, el cálculo de la descarga máxima instantánea en el punto de Interés, aplicando el Método de Iszkowski, tanto con la información de la Estación Bellavista, así como de la Estación Juanjuí – Corpac.

**Cuadro N° 2 CALCULO DE LA DESCARGA MAXIMA INST. EN EL PUNTO DE INTERES - METODO DE ISZKOWSKI  
(Estación CO Bellavista)**

<b>PARAMETROS</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b><i>m</i></b>	<b>2.10</b>	Las respuestas a las precipitaciones son más lentas cuanto más grandes (alargadas) son las cuencas.
<b><i>C</i></b>	<b>0.30</b>	Corresponde a zonas de montaña de baja pendiente, suelos ligeramente impermeables con cubierta vegetal en proceso de deforestación.
<b><i>P (*)</i></b>	<b>969.80</b>	En mm. Total anual promedio multi anual del período: 1995 – 2005. Estación CO Bellavista.
<b><i>A (**)</i></b>	<b>376.23</b>	En Km <sup>2</sup> , hasta el punto de interés, o lugar donde se emplazara el eje de la presa del Sistema de Riego: Cuñumbuzo – Ledoy.
<b><i>Q</i></b>	<b>229.90</b>	En m <sup>3</sup> /seg. Descarga máxima esperada.

(\*) Ver cuadro N° 1 del Anexo.

(\*\*) Ver PLANO PC del Anexo.

**Cuadro N° 3 CALCULO DE LA DESCARGA MAXIMA INST. EN EL PUNTO DE INTERES - METODO DE ISZKOWSKI (Estación Juanjui – CORPAC)**

<b>PARAMETROS</b>	<b>VALOR</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b><i>m</i></b>	<b>2.10</b>	Las respuestas a las precipitaciones son más lentas cuanto más grandes (alargadas) son las cuencas.
<b><i>C</i></b>	<b>0.30</b>	Corresponde a zonas de montaña de baja pendiente, suelos ligeramente impermeables con cubierta vegetal en proceso de deforestación.
<b><i>P (*)</i></b>	<b>1,721.10</b>	En mm. Total anual promedio multi anual del período: 1995 – 2004. Estación Juanjuí. CORPAC.
<b><i>A (**)</i></b>	<b>376.23</b>	En Km2, hasta el punto de interés, o lugar donde se emplazara el eje de la presa del Sistema de Riego: Cuñumbuzza – Ledoy.
<b><i>Q</i></b>	<b>407.90</b>	En m3/seg. Descarga máxima esperada.

(\*) Ver cuadro N° 1 del Anexo.

(\*\*) Ver PLANO PC del Anexo.



### 3.7.2.2 MÉTODO DEL US SOIL CONSERVATION SERVICE (SCS).

Este método tiene la metodología siguiente:

a).- Se han calculado previamente, las siguientes características hidrofisiográficas:

A = área de la cuenca colectora en Km<sup>2</sup> = 376.23 Km<sup>2</sup>.

T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración en horas = 19.50 horas.

N = Número de curva de escurrimiento, para la condición media de humedad en la cuenca, es adimensional. Se ha calculado teniendo en consideración los aspectos de condición hidrológica (buena, regular y pobre), grupo hidrológico de suelo (A: bajo potencial de escorrentía, B: moderado bajo potencial de escorrentía, C: moderado alto potencial de escorrentía y D: alto potencial de escorrentía), uso de la tierra (cultivada, cubierta de pastos y cubierta de bosques y arboledas).

Teniendo en consideración todas estas características para la cuenca del río Cuñumbuzo, se determinó que N = 60.

b).- Se calculan los valores de precipitación (P) de duración 6 horas y períodos de retorno de acuerdo a las avenidas del proyecto. Lo anterior en base a la precipitación máxima en 24 horas (Cuadro N° 1 del Anexo).

**Cuadro N° 4 VALORES ORDENADOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA CAÍDA EN 24 HORAS**

N°	Pmax. 24 hr (mm)	<sup>2</sup> (Pmax.i – Pmax.p)
1	109.00	1,232.01
2	89.40	240.25
3	86.50	158.76
4	85.20	127.69
5	83.80	98.01
6	78.90	25.00
7	71.90	4.00
8	66.40	56.25
9	51.30	510.76
10	49.80	580.81
11	40.50	1,115.56
<b>Sumatoria</b>	<b>812.70</b>	<b>4,149.10</b>

- **Precipitación máxima media.**

$$P_{max.p} = 812.70/11 = 73.90 \text{ mm.}$$

**Pmax.p = 73.90 mm**

- **Desviación Standard (Ds):**

$$Ds = (4,149.10/10)^{1/2}$$

**Ds = 20.37 mm**

Se ha realizado el procesamiento de la información y aplicando el Método de Gumbell, se ha calculado la precipitación máxima caída

en 24 horas para diferentes periodos de retorno (T). Los resultados son los siguientes:

**Cuadro N° 5 PRECIPITACIONES DE DISEÑO POR DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO**

PERIODO DE RETORNO T (en años)	PRECIPITACION DE DISEÑO (mm)
5	88.60
10	100.50
20	111.90
25	115.60
50	126.70
100	137.80
200	148.90
500	163.40

Luego, se ha realizado la distribución porcentual de la precipitación en 6, 12 y 24 horas respectivamente.

Los resultados se muestran a continuación:

**Cuadro N° 6 DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA PRECIPITACION**

PERIODO DE RETORNO T (en años)	6 HORAS (75%)	12 HORAS (85%)	24 HORAS (100%)
5	66.50	75.30	88.60
10	75.40	85.40	100.50
20	83.90	95.10	111.90
25	86.70	98.30	115.60
50	95.00	107.70	126.70
100	103.40	117.10	137.80
200	111.70	126.60	148.90
500	122.60	138.90	163.40

c).- Con el valor de  $N = 60$ , se calcula la escorrentía ( $E_i$ ) para cada una de las precipitaciones, con duración de 6 horas, y diferentes períodos de retorno determinadas en el paso anterior, aplicando la siguiente fórmula:

$$E_i = \frac{(N(P+50.80) - 5,080)^2}{N(N(P - 203.20) + 20,320)}, \text{ en mm.}$$

En el siguiente Cuadro, se presentan los valores de  $E_i$ , para diferentes períodos de retorno.

**Cuadro N° 7 VALORES DE ESCORRENTÍA POR DIFENTES PERIODOS DE RETORNO**

PERIODO DE RETORNO TR (Años)	VALOR DE LA CURVA N = 60	Pmax de diseño (mm)	ESCORRENTIA ( $E_i$ ), mm
5	60	66.50	5.30
10	60	75.40	8.20
20	60	83.90	11.40
25	60	86.70	12.60
50	60	95.00	16.20
100	60	103.40	20.20
200	60	111.70	24.50
500	60	122.60	30.50

d).- Con el valor de tiempo de concentración ( $T_c$ ), calculado anteriormente, se determina el caudal unitario ( $q$ ), según los valores de la Tabla N° 2 del Anexo, cuyo valor obtenido es:

$$q = 0.021 (m^3/seg) / (mm-Km^2).$$

e).- Como paso final, se calculan los caudales máximos para diferentes valores de ( $T$ ), aplicando la siguiente relación:

$$Q_{max} = E_i \times q \times A$$



En el siguiente Cuadro, se presentan los valores de  $Q_{max}$ , para diferentes períodos de retorno.

**Cuadro N° 8 CAUDALES SEGÚN PERIODO DE RETORNO –  
USANDO FÓRMULA  $Q_{max} = E_i \times q \times A$**

PERIODO DE RETORNO TR (Años)	CAUDAL UNITARIO $q_i$	ESCORRENTIA ( $E_i$ ), mm	AREA CUENCA COLECTORA Km <sup>2</sup>	CAUDAL MAXIMO m <sup>3</sup> /seg.	$Q_{m\acute{a}x.}$ Instantáneo m <sup>3</sup> /seg.
5	0.021	5.30	376.23	41.90	50.30
10	0.021	8.20	376.23	64.80	77.80
20	0.021	11.40	376.23	90.10	108.10
25	0.021	12.60	376.23	99.60	119.50
50	0.021	16.20	376.23	128.00	153.60
100	0.021	20.20	376.23	159.60	191.50
200	0.021	24.50	376.23	193.60	232.30
500	0.021	30.50	376.23	241.00	289.20

A continuación, se presentan los valores obtenidos de caudal máximo y caudal máximo instantáneo:

**Cuadro N° 9 CAUDAL MÁXIMO Y CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO EN EL RÍO CUÑUMBUZA**

PERIODO DE RETORNO TR (Años)	CAUDAL MAXIMO m <sup>3</sup> /seg.	CAUDAL MAXIMO INSTANTANEO (1.20x $Q_{max}$ ).
5	41.90	50.30
10	64.80	77.80
20	90.10	108.10
25	99.60	119.50
50	128.00	153.60
100	159.60	191.50
200	193.60	232.30
500	241.00	289.20

### **3.7.3. MÉTODO HIDRÁULICO O DIRECTO.**

Para determinar el caudal máximo, utilizando el presente método, ha sido necesario conocer ciertos parámetros, los mismos que se han obtenido directamente en el campo, es decir en el lugar de emplazamiento de la Presa, para lo cual ha sido necesario, disponer del levantamiento topográfico a curvas de nivel (tal como se presenta en el *PLANO PT* del Anexo) y luego determinar los siguiente parámetros:

#### **3.7.3.1. Área Hidráulica máxima.**

Es el área en m<sup>2</sup> que corresponde al nivel máximo alcanzado por las aguas en época de avenidas en el cauce del río Cuñumbuzo en la sección de interés. En el presente estudio, **el área hidráulica máxima es 56.674 m<sup>2</sup>**. Se presenta en el *PLANO ST* del Anexo.

#### **3.7.3.2. Rugosidad del cauce del río Cuñumbuzo.**

Es el valor de la rugosidad de Manning, que se ha obtenido utilizando el Método de Cowan, el cual relaciona la sinuosidad del cauce, la pendiente, el tipo de material, la cobertura vegetal así como las obstrucciones que pudieran presentarse en el cauce. El valor de "n", se ha obtenido en base a los siguientes cálculos:



<b>CONDICION DEL CAUCE.</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>VALOR</b>
<b>Material : Grava</b> <i>Fina y algo de tierra</i>	<i>no</i>	<b>0.024</b>
<b>Irregularidad: Liso</b>	<i>n1</i>	<b>0.000</b>
<b>Variación de la sección Transversal: Ocasional- mente alternante.</b>	<i>n2</i>	<b>0.005</b>
<b>Efecto de obstrucciones:</b> <i>Despreciable.</i>	<i>n3</i>	<b>0.000</b>
<b>Vegetación : baja.</b>	<i>n4</i>	<b>0.005</b>
<b>Presencia de mean- dros : Menor.</b>	<i>n5</i>	<b>1.000</b>

Desarrollando el método se tiene :

$$n = (no + n1 + n2 + n3 + n4) m5$$

Reemplazando valores, se tiene :

$$n = \underline{0.034}$$

### **3.7.3.3. Pendiente del cauce en la sección de interés.**

Corresponde a la pendiente del río Cuñumbuzo calculada en el ámbito de influencia del lugar donde se emplazará la Presa, en un tramo ubicado tanto aguas arriba como aguas abajo del mismo. Como se puede apreciar en el levantamiento topográfico, la pendiente no es muy pronunciada, es baja y condiciona el escurrimiento del agua (ver **PLANO PL** del

Anexo ). La pendiente, ha sido estudiada en un tramo de 3,971.932 m de longitud, teniendo en consideración la diferencia de nivel entre un punto en el eje de Presa y un punto aguas arriba, dividido entre la longitud del tramo estudiado. No ha sido necesario utilizar el método de Taylor Schwartz.

El valor de la pendiente ha sido obtenido de la siguiente manera:

$$s = \frac{HM - Hm}{L}$$

Donde :  $HM$  = Nivel aguas arriba del tramo.

$Hm$  = Nivel aguas abajo del tramo.

$L$  = Longitud del tramo (m).

Reemplazando valores, se tiene :

$$s = \frac{298.911 - 290.799}{3,971.932}$$

Luego :

$$s = 0.002$$

#### **3.7.3.4. Perímetro hidráulico máximo.**

Corresponde al perímetro de la sección hidráulica que comprende hasta el nivel máximo alcanzado por las aguas en época de avenidas. El perímetro se ha determinado en base a

la sección hidráulica establecida según el levantamiento topográfico de detalle que se presenta (ver **PLANO ST** del Anexo).

El valor del perímetro hidráulico es:

$$**P = 28.28 m.**$$

### **3.7.3.5. Radio Hidráulico máximo.**

Corresponde al valor de la relación área hidráulica máxima y perímetro hidráulico máximo expresado en m.

El valor del Radio Hidráulico es:

$$**R = A/P**$$

Donde :

A = Área hidráulica máxima en m<sup>2</sup>.

P = Perímetro hidráulico máximo en m.

Reemplazando valores, se tiene :

$$R = ( 56.674 \text{ m}^2 ) / ( 28.28 \text{ m} )$$

$$**R = 2.00 m.**$$

Hecho los cálculos respectivos, según la sección hidráulica en el punto de interés (lugar de emplazamiento de la estructura), se calcularon el valor de cada uno de los parámetros descritos, los cuales se presentan a continuación:

$$A = 56.674 \text{ m}^2.$$

$$n = 0.034$$

$$S = 0.002$$

$$P = 28.28 \text{ m.}$$

$$R = 2.000 \text{ m.}$$

Luego, estos valores se reemplazaron en la ecuación de Manning – Strickler :

$$Q_{max.} = \frac{(A)^{2/3} (R)^{1/2}}{n} (S).$$

Habiéndose obtenido que :

$$\underline{Q_{max.} = 118.50 \text{ m}^3/\text{seg.}}$$

Los resultados obtenidos mediante el desarrollo de los dos (02) métodos (Iszkowski e Hidráulico), presentan una diferencia numérica que está dentro de un rango aceptable, toda vez que son estimaciones, una hidrometeorológica y la otra determinada por factores hidrofisiográficos ( topográficos e hidráulicos ).

#### **3.7.4. Avenidas para el diseño de la Presa..**

De acuerdo a los cálculos realizados y los resultados obtenidos en los ítems precedentes, las avenidas de diseño serán las obtenidas mediante los diferentes períodos de retorno, sin embargo los resultados obtenidos, tanto por el método de Iszkowski, así como por el método Hidráulico o Directo, sus valores (caudales instantáneos), han servido para contrastar ambos resultados , los cuales presentan cierta relación y/o aproximación de sus valores. En tal sentido, el valor de los caudales máximos o avenidas de

diseño, se presentan a continuación en base a los resultados obtenidos mediante la aplicación del método US Soil Conservation Service:

**Cuadro N° 10 CAUDAL MÁXIMO SEGÚN MÉTODO SCS**

PERIODO DE RETORNO TR (Años)	CAUDAL MAXIMO INSTANTANEO (Qmaxi).
5	50.30
10	77.80
20	108.10
25	119.50
50	153.60
100	191.50
200	232.30
500	289.20

#### 3.7.4.1.- Cálculo del caudal de diseño.

Para el cálculo del caudal de diseño, será necesario, primero definir la vida útil de la obra, luego, el riesgo de falla y posteriormente el período de retorno, con el cual, se obtendrá el caudal de diseño.

##### a. Vida útil de la obra (n).

Teniendo en consideración que la obra a proyectarse es una presa para el almacenamiento de agua para riego, se considera la vida útil de 50 años.

$$n = 50$$

##### b. Riesgo de falla (R).

Teniendo en consideración que el tipo de obra es una presa (estructura mayor), el riesgo de falla debe ser mínimo, por tanto la seguridad debe ser alta. En tal sentido, se considera un riesgo de falla de 10%.

Por lo tanto :

$$R = 1 - (1 - 1/T)$$

$$R = 0.10$$

**c. Cálculo de período de retorno (T).**

Para el caso de la determinación del caudal de diseño de la presa, el período de retorno (T) 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.

De la ecuación anterior, el período de retorno se puede determinar mediante la siguiente relación:

$$T = 1 / (1 - (1 - R)^{1/n})$$

**Reemplazando valores, se tiene:**

T = 475 años, Para mayor seguridad optamos por un período de retorno igual a 500 años.

**T = 500 años**

**d. Caudal de diseño para la presa Cuñumbuzo.**

El caudal de diseño para el dimensionamiento de la Presa del Sistema de Irrigación Cuñumbuzo, es el que corresponde para un período de retorno (T) de 500 años.

En tal sentido el **caudal de diseño es 289.20 m<sup>3</sup>/seg.**

Así mismo, los valores de caudales máximos instantáneos obtenidos por los otros métodos son los siguientes:

<b>METODO</b>	<b>VALOR DE Q<sub>max i</sub></b> <b>( m<sup>3</sup>/seg.)</b>
ISZKOWSKI ( Estac. Bellavista).	229.90
ISZKOWSKI ( Estac. Juanjuí).	407.90
<b>Promedio</b>	<b>318.90</b>





Por lo tanto el **Caudal Máximo instantáneo** aplicando el Método de Iszkowski considerado para el río Cuñumbuzo, es de **318.90 m<sup>3</sup>/seg.**

<b>METODO</b>	<b>VALOR DE <math>Q_{max i}</math> ( m<sup>3</sup>/seg.)</b>
ISZKOWSKI	318.90
HIDRAULICO	118.50

### **3.7.5. Determinación de Caudales Medios Mensuales.**

Como un cálculo adicional al presente Trabajo de Investigación, se ha realizado la determinación de los caudales medios mensuales, los mismo que se han calculado utilizando la información pluviométrica mensual de los datos registrados tanto en la Estación CO Bellavista, así como de la Estación Juanjuí – CORPAC, tal como se puede apreciar en los Cuadros N° 1 y N° 3.

El método utilizado, ha sido el de Iszkowski, para lo cual, ha sido necesario procesar toda la información, de tal manera de determinar su probabilidad de ocurrencia (f). Así mismo, se ha tenido en consideración lo establecido por el Método del Bureau Of Reclamation en lo que respecta a la persistencia (50%) y precipitación efectiva (75%).

El valor de los parámetros fisiográficos de la cuenca empleados, son los mismos a los utilizados para el cálculo de caudales máximos.

Los resultados se presentan en los Cuadros N° 4 y N° 5 del Anexo, sin embargo, a continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos, utilizando información de ambas estaciones:

**Cuadro N° 11 CAUDALES MEDIOS MENSUALES DEL RIO CUÑUMBUZA EN EL EJE DE PRESA**

<b>MES</b>	<b>CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN m3/seg.</b>	
	<b>Estación Bellavista</b>	<b>Estación Juanjuí</b>
<b>Enero</b>	<b>0.229</b>	<b>0.483</b>
<b>Febrero</b>	<b>0.690</b>	<b>0.875</b>
<b>Marzo</b>	<b>0.691</b>	<b>0.937</b>
<b>Abril</b>	<b>0.558</b>	<b>1.051</b>
<b>Mayo</b>	<b>0.205</b>	<b>0.728</b>
<b>Junio</b>	<b>0.321</b>	<b>0.497</b>
<b>Julio</b>	<b>0.192</b>	<b>0.401</b>
<b>Agosto</b>	<b>0.270</b>	<b>0.387</b>
<b>Septiembre</b>	<b>0.326</b>	<b>0.647</b>
<b>Octubre</b>	<b>0.598</b>	<b>0.883</b>
<b>Noviembre</b>	<b>0.467</b>	<b>0.870</b>
<b>Diciembre</b>	<b>0.857</b>	<b>0.912</b>

Vistos los resultados obtenidos y teniendo en consideración la información utilizada en la elaboración del Estudio a Nivel de Perfil del Sistema de Riego Cuñumbuzo - Ledoy, así como de la Constancia de disponibilidad de agua otorgada por la ATDR Huallaga Central, donde certifica que en Julio de 2005, en aforo realizado in situ se determinó un caudal de 0.60 m<sup>3</sup>/seg, valor muy próximo al obtenido 0.401 m<sup>3</sup>/seg en el cuadro anterior. Por tal razón los caudales medios mensuales seleccionados a ser utilizados en los cálculos hidrológicos, serán los calculados utilizando la información de la estación Juanjuí – Corpac. Los resultados, se muestran a continuación:

**Cuadro N° 12 CAUDALES MEDIOS MENSUALES SELECCIONADOS  
PARA EL RIO CUÑUMBUZA EN EL EJE DE PRESA**

<b>MES</b>	<b>CAUDAL MEDIO MENSUAL M3/seg.</b>
<b>Enero</b>	<b>0.483</b>
<b>Febrero</b>	<b>0.875</b>
<b>Marzo</b>	<b>0.937</b>
<b>Abril</b>	<b>1.051</b>
<b>Mayo</b>	<b>0.728</b>
<b>Junio</b>	<b>0.497</b>
<b>Julio</b>	<b>0.401</b>
<b>Agosto</b>	<b>0.387</b>
<b>Septiembre</b>	<b>0.647</b>
<b>Octubre</b>	<b>0.883</b>
<b>Noviembre</b>	<b>0.870</b>
<b>Diciembre</b>	<b>0.912</b>

**3.8. VOLUMEN DE AGUA ALMACENABLE EN EL EJE DE PRESA**

El volumen almacenable en el eje de Presa, se ha determinado en función a los caudales medios mensuales, para lo cual ha sido necesario tener en consideración la siguiente información:

- Número de días que tiene cada mes.
- Número de segundos por cada 24 horas del día.
- Caudal medio en m3/seg.

En el cuadro siguiente, se presentan los cálculos del volumen o masa de agua almacenable en Millones de metros cúbicos (MMC) en el vaso del embalse Cuñumbuzo.



**Cuadro N° 13 VOLUMEN DE AGUA ALMACENABLE**

<b>MES</b>	<b>NUMERO DIAS</b>	<b>CAUDAL MEDIO m3/seg.</b>	<b>VOLUMEN ALMACENABLE (MMC)</b>	<b>VOLÚMEN ALMACENABLE ACUMULADO. (MMC).</b>
<i>Enero</i>	31	0.483	1.293	1.293
<i>Febrero</i>	28	0.875	2.116	3.409
<i>Marzo</i>	31	0.937	2.509	5.918
<i>Abril</i>	30	1.051	2.724	8.642
<i>Mayo</i>	31	0.728	1.948	10.521
<i>Junio</i>	30	0.497	1.288	11.879
<i>Julio</i>	31	0.401	1.074	12.953
<i>Agosto</i>	31	0.387	1.036	13.989
<i>Septiembre</i>	30	0.647	1.677	15.666
<i>Octubre</i>	31	0.883	2.365	18.031
<i>Noviembre</i>	30	0.870	2.255	20.286
<i>Diciembre</i>	31	0.912	2.442	22.728



## CAPITULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Parámetros calculados en el cauce del rio Cuñumbuzo en el punto de interés o eje de ubicación de la presa

A	=	56.674 m <sup>2</sup>	área hidráulica máxima.
n	=	0.034	rugosidad del cauce.
S	=	0.002	pendiente del cauce.
P	=	28.28 m.	perímetro hidráulico máximo
R	=	2.000 m.	Radio hidráulico máximo.

### 4.2.- Caudales máximos instantáneos según métodos utilizados.

#### 4.2.1.- Método de Iszkowski.

<i>METODO</i>	<i>VALOR DE Qmax i</i> <i>( m3/seg.)</i>
ISZKOWSKI	318.90

#### 4.2.2.- Método hidráulico o directo.

<i>METODO</i>	<i>VALOR DE Qmax i</i> <i>( m3/seg.)</i>
HIDRAULICO	118.50

#### 4.2.3.- Método del US Soil Conservation Service.

El valor de los caudales máximos o avenidas máximas, se presentan a continuación en base a los resultados obtenidos mediante la aplicación del método US Soil Conservation Service:

**Cuadro N° 14 CAUDAL MÁXIMO SEGÚN MÉTODO SCS**

<b>PERIODO DE RETORNO</b>	<b>CAUDAL MAXIMO INSTANTANEO</b>
<i>En años.</i>	<i>m<sup>3</sup>/seg.</i>
5	50.30
10	77.80
20	108.10
25	119.50
50	153.60
100	191.50
200	232.30
500	289.20

**4.3.- CAUDAL DE DISEÑO:**

El caudal de diseño para el dimensionamiento de la presa del Sistema de Irrigación Cuñumbuzo – Ledoy es de 289.20m<sup>3</sup>/seg. Que corresponde a un período de retorno de 500 años, para una vida útil de la presa de 50 años y un riesgo de falla de 10%.

**4.4.- CAUDALES MEDIOS MENSUALES DEL RÍO CUÑUMBUZA EN EL EJE DE PRESA.**

Los caudales medios mensuales a ser utilizados en los cálculos hidrológicos para atender la demanda del proyecto, serán los calculados utilizando la información de la estación Juanjuí – Corpac. Los resultados, se muestran a continuación:

**Cuadro N° 15 CAUDALES MEDIOS MENSUALES SELECCIONADOS PARA EL RIO CUÑUMBUZA EN EL EJE DE PRESA**

<b>Enero</b>	<b>0.483</b>
<b>Febrero</b>	<b>0.875</b>
<b>Marzo</b>	<b>0.937</b>
<b>Abril</b>	<b>1.051</b>
<b>Mayo</b>	<b>0.728</b>
<b>Junio</b>	<b>0.497</b>
<b>Julio</b>	<b>0.401</b>
<b>Agosto</b>	<b>0.387</b>
<b>Septiembre</b>	<b>0.647</b>
<b>Octubre</b>	<b>0.883</b>
<b>Noviembre</b>	<b>0.870</b>
<b>Diciembre</b>	<b>0.912</b>

#### 4.5. VOLUMEN DE AGUA ALMACENABLE EN LA PRESA CUÑUMBUZA.

La masa acumulada almacenable es de 22.728 mmc, en el cuadro siguiente, se presentan los cálculos del volumen mensual o masa de agua almacenable en Millones de metros cúbicos (MMC).

**Cuadro N° 16 VOLUMEN DE AGUA ALMACENABLE**

<b>MES</b>	<b>NUMERO DIAS</b>	<b>CAUDAL MEDIO m3/seg.</b>	<b>VOLUMEN ALMACENABLE (MMC)</b>	<b>VOLUMEN ALMACENABLE ACUMULADO. (MMC).</b>
<b>Enero</b>	<b>31</b>	<b>0.483</b>	<b>1.293</b>	<b>1.293</b>
<b>Febrero</b>	<b>28</b>	<b>0.875</b>	<b>2.116</b>	<b>3.409</b>
<b>Marzo</b>	<b>31</b>	<b>0.937</b>	<b>2.509</b>	<b>5.918</b>
<b>Abril</b>	<b>30</b>	<b>1.051</b>	<b>2.724</b>	<b>8.642</b>
<b>Mayo</b>	<b>31</b>	<b>0.728</b>	<b>1.948</b>	<b>10.521</b>
<b>Junio</b>	<b>30</b>	<b>0.497</b>	<b>1.288</b>	<b>11.879</b>
<b>Julio</b>	<b>31</b>	<b>0.401</b>	<b>1.074</b>	<b>12.953</b>
<b>Agosto</b>	<b>31</b>	<b>0.387</b>	<b>1.036</b>	<b>13.989</b>
<b>Septiembre</b>	<b>30</b>	<b>0.647</b>	<b>1.677</b>	<b>15.666</b>
<b>Octubre</b>	<b>31</b>	<b>0.883</b>	<b>2.365</b>	<b>18.031</b>
<b>Noviembre</b>	<b>30</b>	<b>0.870</b>	<b>2.255</b>	<b>20.286</b>
<b>Diciembre</b>	<b>31</b>	<b>0.912</b>	<b>2.442</b>	<b>22.728</b>

## CAPITULO V: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1.- Análisis y discusión de los resultados.

a).- Los valores de caudales máximos instantáneos obtenidos por el método de ISZKOWSKI utilizando información pluviométrica de las Estaciones de Bellavista y Juanjuí, fueron de 229.90 m<sup>3</sup>/seg y de 407.90 m<sup>3</sup>/seg. Ambos resultados difieren, debido a las diferencias en los registros de precipitación en ambas estaciones, a pesar de que se ha calculado para el mismo período de registro.

Para realizar el análisis comparativo de resultados, se ha optado por tomar un valor promedio, con respecto al caudal máximo, siendo este de **318.90 m<sup>3</sup>/seg**.

b).- El valor del caudal máximo, empleando el método Hidráulico fue de **118.50 m<sup>3</sup>/seg**

c).- Los resultados obtenidos mediante el desarrollo de los dos (02) métodos (Iszkowski e Hidráulico), presentan una diferencia numérica que está dentro de un rango aceptable, **toda vez que son estimaciones**, una hidrometeorológica y la otra determinada por factores hidrofisiográficos ( topográficos e hidráulicos ).

d).- Los resultados de valores de caudales máximos obtenidos para diferentes períodos de retorno aplicando el Método del US Soil Conservation Service, son los más aceptables, pues consideran no solo los parámetro hidrofisiográficos (Tiempo de concentración, escorrentía, cobertura vegetal, tipo de suelo, etc) sino también hidrológicos (precipitación máxima caída en 24 horas).



- e).- En lo que se refiere al riesgo de falla en la estructura hidráulica (Presa), cuanto menor es el riesgo, el período de retorno es mayor, por lo tanto, el valor del caudal de diseño también aumenta, trayendo consigo el aumento en las dimensiones de la presa y por consiguiente incremento en el costo económico. En tal sentido, se tiene que tener en cuenta el grado de seguridad óptima de la estructura (90%), a fin de no diseñar una estructura muy costosa que a la larga puede ser inviable su construcción.

## **5.2 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.**

El estudio hidrológico realizado mediante el presente trabajo de investigación ha permitido determinar el caudal de diseño para la presa del sistema de irrigación Cuñumbuzo – Ledoy, y debe tomarse en consideración para el dimensionamiento de dicha estructura.

Así mismo, el presente estudio, puede considerarse como parte de los estudios básicos de ingeniería del referido proyecto de riego.



## CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- No existe información hidrométrica o aforos del río Cuñumbuzo salvo la información pluviométrica registrada en las Estaciones de Bellavista y Juanjuí, ubicadas en las inmediaciones del área del proyecto.
- Para el desarrollo del presente estudio, se ha utilizado la información pluviométrica registrada en la Estación Bellavista durante el período 1995 – 2005 y de la Estación Juanjuí - Corpac durante el período 1995 – 2004. Así mismo la Carta Nacional elaborada por el IGN, referida a la parte que corresponde a la provincia de Bellavista y Juanjuí. Así mismo el levantamiento topográfico de detalle del lugar donde se emplazará la Presa, ha sido actualizado y proporcionado por el PEHCBM.
- Desde el punto de vista hidrológico, la cuenca del río Cuñumbuzo, es propia de la región de Ceja de Selva, caracterizada por dos períodos de precipitaciones bien diferenciados, el período de altas precipitaciones ( Noviembre – Abril ) y el período de bajas precipitaciones o de estiaje (Mayo – Octubre ).
- La pendiente media del río Cuñumbuzo en las inmediaciones de la sección de interés o eje de Presa es de  $S = 0.002$ , lo que evidencia una respuesta lenta al escurrimiento a consecuencia de las precipitaciones.
- La precipitación media anual caída en la cuenca es de 969.80 mm. y 1,721.10 mm. tal como se registra en las Estaciones Bellavista y Juanjuí respectivamente.



- Según los pobladores asentados en las inmediaciones de la sección de interés, durante el período de avenidas no se producen desbordes ni inundaciones hacia las zonas aledañas por parte del río Cuñumbuzo en el lugar donde se ha proyectado el emplazamiento de la presa.
- El caudal o avenida de diseño para el dimensionamiento de los diferentes componentes de la Presa del Sistema de Riego Cuñumbuzo – Ledoy, será seleccionado por el proyectista, teniendo en consideración el período de retorno, vida útil de obra y el riesgo de falla. Sin embargo se recomienda el caudal de diseño de 289.20 m<sup>3</sup>/seg.
- Los caudales medios mensuales, presentan valores próximos a los normales que ocurren durante los doce meses del año, tal como se ha contrastado con el caudal determinado por la ATDR Huallaga Central, para el mes de Julio.
- Los volúmenes mensuales almacenables en el eje de presa, han sido calculados utilizando láminas de precipitación para una persistencia del 50% y una precipitación efectiva al 75%.
- El volumen disponible anual de almacenamiento de agua en el lugar de emplazamiento de la presa es de 22.728 MMC.
- El caudal máximo instantáneo calculado con el método de Iszkowski es de 318.90 m<sup>3</sup>/seg, y por el método hidráulico es de 118.50m<sup>3</sup>/seg.
- El río Cuñumbuzo hasta el punto de interés o lugar donde se emplazará la Presa, presenta las siguientes características:

Área de cuenca : 376.23 Km<sup>2</sup>.  
Longitud cauce principal : 65.70 Km.

Pendiente media cauce principal : 0.002  
 Factor de Forma : 0.092  
 Índice de compacidad : 1.64  
 Coeficiente de escorrentía : 0.30

- Los caudales de avenidas en m<sup>3</sup>/seg para diferentes períodos de retorno (T) en el río Cuñumbuzo, en el lugar donde se emplazará la Presa son:

<b>Período de retorno (T).</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>
<b>Método US SCS. (m<sup>3</sup>/seg)</b>	<b>50.30</b>	<b>77.80</b>	<b>108.10</b>	<b>119.50</b>	<b>153.60</b>	<b>191.50</b>	<b>232.30</b>	<b>289.20</b>

- En la zona del proyecto las condiciones geológicas y geomorfológicas son normales, no existiendo fallas geológicas que amenace la estabilidad de las obras del proyecto.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- Debido a la escasez de información hidrometeorológica básica en la cuenca del río Cuñumbuzo y teniendo en consideración la magnitud del Proyecto de Riego, se recomienda instalar un mínimo de dos (02) estaciones climatológicas, una en la parte media y otra en la parte alta de la cuenca así como también dos (02) estaciones hidrométricas, una en la parte media y otra en el lugar donde se emplazará la Presa.
- Como una acción inmediata, se recomienda instalar una mira limnimétrica en el eje de Presa, disponiéndose tres (03) lecturas diarias y un aforo mensual como mínimo. Dicha información servirá para complementar y/o contrastar los resultados hidrológicos que se presentan en el presente Estudio.
- Es necesario la elaboración del Estudio Sedimentológico, de tal manera que el Proyectista pueda, realizar el dimensionamiento de la capacidad total del embalse , sin embargo, como una referencia, se presenta el caso de la Irrigación Ponaza, en la cual se calculó un transporte total de sedimentos de 408,300 Tn/año, para un área de cuenca de 363.30 Km<sup>2</sup>, suponiendo la misma tasa de sedimentación pero corrigiendo por el área de la cuenca para el río Cuñumbuzo, ésta sería de 423,249 Tn/año, que para un peso específico promedio de material de 2.65 Tn/m<sup>3</sup>, equivaldría a 160,000 m<sup>3</sup>/año.
- El presente proyecto presenta resultados que son aplicables solo en el área y zona del estudio donde se desarrolla el mismo, no se garantiza el uso de estos resultados para otros proyectos similares aun en la misma zona de influencia.



## VII.- BIBLIOGRAFÍA

1. **APARICIO MIJARES, Francisco Javier.**- Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa S.A. de C.V. Primera Edición, México. 1989.
2. **CHEREQUE MORÁN, Wendor.** Hidrología Para Estudiantes de Ingeniería. Fotomecánica Montasi Impresión. Segunda Imp. Lima, Perú. 1991.
3. **HIDROCONSULT EIRL.** Estudio de prefactibilidad del Sistema de Irrigación Cuñumbuzo – Ledoy. Tarapoto. 2006.
4. **PIZARRO BALDERA, José del Carmen.**- Apuntes del Curso de Hidrología. Semestre 1998-II. UNSM-T.
5. **SOTO CHÁVEZ, Victorio.**- Manejo de Cuencas y Conservación de Laderas. Ediciones Copi-CIP. Lima, Perú. 2004.
6. **ISRAEZESEN O.W. Y HANSEN V.E.**- Principios y Aplicaciones de Riego. Editorial REVERTÉ S.A. Segunda Ed. Barcelona, España. 1985.
7. **VEN TE CHOW.**- Hidrología Aplicada. Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICA S.A. . Colombia 1988.
8. **VEN TE CHOW, Ph. D.**- Hidráulica de Canales Abiertos. Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICA S.A.. Colombia 1994.
9. **VILLÓN BÉJAR, Máximo.**- Hidrología. Taller de Publicaciones Del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Primera Ed. Cartago, Costa Rica. 2002.



## VIII.- ANEXO



## TABLA N° 1

### NÚMERO DE CURVA N PARA COMPLEJOS HIDROLÓGICOS DE SUELO y COBERTURA

(para condición de humedad antecedente II e  $Ia = 0.2S$ )

Cobertura			Número de Curva			
Uso de la tierra	Tratamiento o práctica	condición hidrológica	A	B	C	D
Descuidado, en descanso, sin cultivos	surcos rectos	—	77	86	91	94
Cultivos	surcos rectos	pobre	72	81	88	91
	surcos rectos	buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	buena	65	75	82	86
	Curvas de nivel y en terrazas	pobre	66	74	80	82
	Curvas de nivel y en terrazas	buena	62	71	78	81
Pequeños granos	Surcos rectos	pobre	65	76	84	88
	surcos rectos	buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	pobre	63	74	82	85
	Curvas de nivel	buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y en terrazas	pobre	61	72	79	82
	Curvas de nivel y en terrazas	buena	59	70	78	81
Sembrios cerrados, legumbres o sembríos en rotación	surcos rectos	pobre	66	77	85	89
	surcos rectos	buena	58	72	81	85
	curvas de nivel	pobre	64	75	83	85
	curvas de nivel	buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y en terrazas	pobre	63	73	80	83
	Curvas de nivel y en terrazas	buena	51	67	76	80
Pastizales o similares		pobre	68	79	86	89
		regular	49	69	79	84
		buena	39	61	74	80
	curvas de nivel	pobre	47	67	81	88
	curvas de nivel	regular	25	59	75	83
	curvas de nivel	buena	6	35	70	79
Pradera		buena	30	58	71	78
Bosques		pobre	45	66	77	83
		regular	36	60	73	79
		buena	25	55	70	77
Patios		—	59	74	82	86
Camino; incluyendo derecho de vía	cieno	—	72	82	87	89
	superficie firme	—	74	84	90	92

Fuente : Maximo Villon Bejar. Hidrología



**TABLA N° 2**  
**GASTO UNITARIO  $q$  ( $m^3/s/mm/km^2$ ), EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN  $T_c$  (horas)**

<b><math>T_c</math> (hr)</b>	<b><math>q</math></b>
0,10	0,337
0,20	0,300
0,30	0,271
0,40	0,246
0,50	0,226
0,60	0,208
0,70	0,195
0,80	0,190
0,90	0,168
1,00	0,158
1,50	0,120
2,00	0,100
2,50	0,086
3,00	0,076
4,00	0,063
5,00	0,054
6,00	0,048
7,00	0,043
8,00	0,039
10,00	0,034
12,00	0,030
14,00	0,027
16,00	0,025
18,00	0,023
20,00	0,021
22,00	0,020
24,00	0,019

Fuente: *Máximo Villón Bejar. Hidrología*

**TABLA N°3**  
**VALORES PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD**  
**MEDIANTE LA ECUACIÓN**

Condiciones del canal		Valores	
Material involucrado	Tierra	$n_0$	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	$n_1$	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	$n_2$	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	$n_3$	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	$n_4$	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	$m_5$	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Fuente : Ven Te Chow - Hidráulica de Canales Abiertos.



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA**  
**DIRECCIÓN REGIONAL DE SAN MARTÍN**  
**INFORMACIÓN METEOROLOGICA**  
**PARA: PROYECTO ESPECIAL HUALLAGA CENTRAL Y BAJO MAYO**  
**SEGÚN PROFORMA N° 041-DRE-9/2006**  
**ESTACION: CO "BELLAVISTA"**

Latitud : 07° 03'  
 Longitud : 76° 33'  
 Altura : 247 m.s.n.m.

Departamento : SAN MARTÍN  
 Provincia : BELLAVISTA  
 Distrito : BELLAVISTA

**CUADRO N° 1**

DATOS DE: PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	72,0	96,3	253,4	25,1	14,5	18,1	16,6	22,7	51,8	104,2	64,1	96,6	835,4
1996	41,8	124,9	92,9	87,0	30,1	11,8	63,6	71,4	23,7	137,9	32,6	93,4	811,1
1997	27,7	108,6	49,1	35,6	66,0	7,0	9,4	56,7	90,6	4,4	76,8	40,6	572,5
1998	22,5	98,4	157,9	43,8	35,9	67,2	33,5	47,1	78,5	252,0	38,2	149,6	1024,6
1999	242,3	210,3	46,6	116,6	165,6	79,9	38,5	46,6	89,5	38,2	117,1	154,5	1345,7
2000	71,9	193,1	124,9	134,0	13,6	108,7	90,6	37,3	30,0	33,0	78,8	163,9	1079,8
2001	74,7	135,5	143,5	94,2	53,3	54,3	27,5	41,5	83,6	158,5	116,6	131,6	1114,8
2002	11,8	15,3	151,5	80,9	79,0	61,6	70,5	68,4	91,0	130,6	17,3	18,5	796,4
2003	40,0	73,0	79,3	123,3	171,3	100,7	8,9	76,9	38,5	97,0	152,6	156,5	1118,0
2004	36,9	32,5	61,7	99,5	17,1	50,1	122,3	49,6	55,0	105,7	135,5	156,0	921,9
2005	26,4	145,0	120,7	121,1	34,0	25,9	22,7	43,9	10,8	45,1	276,6	175,2	1047,4
<b>TOTAL</b>	<b>668,0</b>	<b>1232,9</b>	<b>1281,5</b>	<b>961,1</b>	<b>680,4</b>	<b>585,3</b>	<b>504,1</b>	<b>562,1</b>	<b>643,0</b>	<b>1106,6</b>	<b>1106,2</b>	<b>1336,4</b>	<b>10667,6</b>
<b>MEDIA</b>	<b>60,7</b>	<b>112,1</b>	<b>116,5</b>	<b>87,4</b>	<b>61,9</b>	<b>53,2</b>	<b>45,8</b>	<b>51,1</b>	<b>58,5</b>	<b>100,6</b>	<b>100,6</b>	<b>121,5</b>	<b>969,8</b>

DATOS DE: PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HS. (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1995	26,6	43,9	66,4	16,4	6,1	12,0	8,2	18,6	33,8	52,1	31,8	29,5	28,8
1996	16,6	51,3	19,5	21,8	16,6	10,0	26,6	27,8	10,5	37,0	17,2	39,3	24,5
1997	18,3	40,5	17,2	14,9	19,9	7,0	5,4	25,5	21,6	1,4	36,8	36,8	20,4
1998	9,6	46,5	45,0	16,1	14,3	34,7	24,3	19,0	46,8	75,1	13,2	109,0	37,8
1999	78,7	61,6	19,5	29,3	28,0	41,8	33,3	40,8	32,8	12,0	28,6	86,5	41,1
2000	23,2	78,9	40,5	32,0	4,8	67,8	28,9	33,0	15,4	15,3	45,6	72,4	38,2
2001	24,4	62,7	30,0	32,0	10,6	35,5	15,1	16,6	54,0	85,2	69,1	34,6	39,2
2002	9,4	3,7	45,8	35,7	27,1	27,5	27,5	29,0	49,8	35,9	9,8	8,0	25,8
2003	26,5	19,2	18,0	35,0	75,3	61,3	5,2	35,0	12,0	83,8	63,8	48,9	40,3
2004	27,2	10,2	20,5	59,1	8,8	17,8	71,9	24,2	21,2	33,8	52,2	36,2	31,9
2005	10,8	89,4	31,4	27,5	11,8	17,7	10,3	21,6	3,2	12,2	88,8	64,7	32,5
<b>MÁXIMA</b>	<b>78,7</b>	<b>89,4</b>	<b>66,4</b>	<b>59,1</b>	<b>75,3</b>	<b>67,8</b>	<b>71,9</b>	<b>40,8</b>	<b>54,0</b>	<b>85,2</b>	<b>88,8</b>	<b>109,0</b>	<b>41,1</b>
<b>MEDIA</b>	<b>24,7</b>	<b>46,2</b>	<b>32,2</b>	<b>29,1</b>	<b>20,3</b>	<b>30,3</b>	<b>23,3</b>	<b>26,5</b>	<b>27,4</b>	<b>40,3</b>	<b>41,5</b>	<b>51,4</b>	<b>32,8</b>

NOTA : LA PRESENTE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA SOLO SERÁ EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL.

Tarapoto, 03 de Mayo del 2006



**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SAN MARTÍN  
INFORMACIÓN METEOROLOGICA**

PARA: PROYECTO ESPECIAL HUALLAGA CENTRAL Y BAJO MAYO  
SEGÚN PROFORMA N° 041-DRE-9/2006

**ESTACION: CO "BELLAVISTA"**

Longitud : 76° 33'  
Altura : 247 m.s.n.m.

Departamento : SAN MARTÍN  
Provincia : BELLAVISTA  
Distrito : BELLAVISTA

**CUADRO N° 2**

DATOS DE: TEMPERATURA MEDIA PROMEDIO MENSUAL (°C)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1995	27,4	26,6	25,8	26,8	26,1	26,3	26,7	27,2	27,2	27,2	27,5	27,0	26,8
1996	27,1	26,0	26,3	26,1	26,1	25,4	25,5	25,6	26,5	26,5	27,1	26,6	26,2
1997	27,7	26,2	26,5	26,6	25,8	26,8	26,7	26,1	27,7	27,8	27,9	28,0	27,0
1998	28,0	28,1	27,4	27,4	26,6	25,7	26,0	27,4	26,6	27,0	27,4	27,3	27,1
1999	26,3	26,1	26,3	25,3	25,4	25,6	24,8	25,3	26,7	26,4	26,8	27,0	26,0
2000	26,7	26,0	26,3	25,6	26,2	26,2	24,7	26,1	26,4	26,6	27,8	26,6	26,3
2001	26,1	25,9	25,9	25,9	26,4	24,8	25,7	25,8	26,0	27,3	27,4	26,8	26,2
2002	27,4	27,2	26,9	26,5	26,6	25,8	25,2	26,0	26,8	26,8	27,1	27,7	26,7
2003	28,1	27,1	26,3	26,4	25,8	25,8	25,3	26,0	26,6	27,6	27,2	26,6	26,6
2004	28,1	27,0	26,7	27,2	26,8	25,1	25,4	25,3	25,8	27,4	27,5	27,2	26,6
2005	28,0	27,3	27,4	26,5	27,0	26,8	25,9	26,9	27,6	27,6	27,3	27,1	27,1
MEDIA	27,40	26,7	26,5	26,4	26,3	25,8	25,6	26,2	26,7	27,1	27,4	27,1	26,6

DATOS DE: HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO MENSUAL %													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1995	79	81	86	82	82	79	77	77	74	78	78	80	79
1996	77	83	84	84	83	80	78	81	79	81	79	81	81
1997	76	82	83	81	83	79	77	79	75	77	77	76	79
1998	78	79	84	85	82	82	80	76	79	83	80	80	81
1999	83	84	83	86	87	85	84	79	79	80	81	82	83
2000	80	83	83	87	85	84	84	81	78	79	77	82	82
2001	81	84	85	86	83	83	81	80	81	79	81	85	82
2002	79	80	81	84	83	82	85	80	79	81	79	77	81
2003	75	81	85	86	88	85	82	79	78	80	82	85	82
2004	85	82	85	82	83	87	85	83	81	80	81	81	83
2005	79	80	80	85	82	80	78	75	71	75	80	80	79
MEDIA	79	82	84	84	84	82	81	79	78	79	80	81	81

NOTA : LA PRESENTE INFORMACIÓN METEOROLÓGICA SOLO SERÁ EMPLEADA PARA EL PROPÓSITO DE LA SOLICITUD, QUEDANDO PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Tarapoto, 03 de Mayo del 2006



ESTACIÓN: JUANJUI - CORPAC  
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)

Periodo : 1995 - 2004

CUADRO N° 3

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1995	19.80	52.60	279.10	47.90	100.50	37.40	83.60	34.20	68.80	130.00	190.00	130.80	1,174.70
1996	250.30	119.80	140.10	198.10	109.20	54.30	66.30	76.70	74.90	198.70	109.20	159.10	1,637.70
1997	84.30	209.90	163.40	177.00	75.00	10.00	14.10	103.30	109.20	161.70	49.70	96.20	1,253.80
1998	75.20	98.50	211.10	200.60	73.30	65.20	15.20	40.60	125.50	297.10	146.90	125.00	1,474.20
1999	227.20	351.90	140.60	177.50	127.10	83.90	91.90	14.00	85.30	239.80	107.70	203.00	1,849.90
2000	88.80	137.80	55.40	166.60	46.50	176.50	149.90	71.00	141.60	154.10	161.50	453.00	1,802.70
2001	34.30	155.30	421.00	204.50	143.20	92.60	47.40	25.00	223.50	114.90	204.70	199.60	1,866.00
2002	73.90	121.60	113.20	212.00	221.30	88.40	194.50	67.60	97.50	142.10	127.70	66.20	1,526.00
2003	57.20	119.00	273.00	163.60	225.30	203.50	70.00	76.40	142.80	203.40	409.30	624.30	2,567.80
2004	102.00	291.30	156.50	154.80	73.00	199.60	135.00	102.70	166.40	144.70	359.60	172.60	2,058.20
TOTAL	1,013.00	1,657.70	1,953.40	1,702.60	1,275.40	1,011.40	867.90	611.50	1,235.50	1,786.50	1,866.30	2,229.80	17,211.00
Max	250.30	351.90	421.00	212.00	225.30	203.50	194.50	103.30	223.50	297.10	409.30	624.30	2,567.80
Promedio	101.30	165.80	195.30	170.30	127.50	101.10	86.80	61.20	123.60	178.70	186.60	223.00	1,721.10
Min	19.80	52.60	55.40	47.90	46.50	10.00	14.10	14.00	68.80	114.90	49.70	66.20	1,174.70

Fuente: Estudio a Nivel de Perfil del "Sistema de Irrigación Cuñumbuzo - Ledoy" - PEHCBM.  
(2005)

Elaborado por : Hidroconsult eirl.



**CÁLCULO DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN M3/seg PARA EL RÍO CUÑUMBUZA A PARTIR DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA AL 75%**

ESTACIÓN: C.O. BELLAVISTA  
Período: 1995 - 2005

**CUADRO Nº 4**

Nº (m)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	$f = \frac{m}{n+1}$
1	242,30	210,30	253,40	134,00	171,30	108,70	122,30	76,90	91,00	252,00	276,60	175,20	0,0833
2	74,70	193,10	157,90	123,30	165,60	100,70	90,60	71,40	90,60	158,50	152,60	163,90	0,0166
3	72,00	145,00	151,50	121,10	79,00	79,90	70,50	68,40	89,50	137,90	135,50	156,50	0,0250
4	71,90	135,50	143,50	116,60	66,00	67,20	63,60	56,70	83,60	130,60	117,10	156,00	0,0333
5	41,80	124,90	124,90	99,50	53,30	61,60	38,50	49,60	78,50	105,70	116,60	154,50	0,4166
6	40,00	108,60	120,70	94,20	35,90	54,30	33,50	47,10	55,00	104,20	78,80	149,60	0,5000
7	36,90	98,40	92,90	87,00	34,00	50,10	27,50	46,60	51,80	97,00	76,80	131,60	0,5833
8	27,70	96,30	79,30	80,90	30,10	25,90	22,70	43,90	38,50	45,10	64,10	96,60	0,6666
9	26,40	73,00	61,70	43,80	17,10	18,10	16,60	41,50	30,00	38,20	38,20	93,40	0,7500
10	22,50	32,50	49,10	35,60	14,50	11,80	9,40	37,30	23,70	33,00	32,60	40,60	0,8330
11	11,80	15,30	46,60	25,10	13,60	7,00	8,90	22,70	10,80	4,40	17,30	18,50	0,9166
a	40,00	108,60	120,70	94,20	35,90	54,30	33,50	47,10	55,00	104,20	78,80	149,60	
b	30,00	81,50	90,50	70,70	26,90	40,70	25,10	35,30	41,30	78,20	59,10	112,20	
Caudal medio mensual	0,229	0,690	0,691	0,558	0,205	0,321	0,192	0,270	0,326	0,598	0,467	0,857	
MMC	0,613	1,669	1,850	1,446	0,549	0,832	0,514	0,723	0,844	1,601	1,210	2,295	
MMC Acumulado	0,613	2,282	4,132	5,578	6,127	6,959	7,473	8,196	9,040	10,641	11,851	14,146	

a = Persistencia al 50% (\*) e n mm.  
b = Precipitación efectiva 75% en mm  
(\*) = Método del Bureau of Reclamation



**CÁLCULO DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES EN M<sup>3</sup>/seg PARA EL RÍO  
CUÑUMBUZA  
A PARTIR DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA AL 75%**

ESTACIÓN : CORPAC. JUANJUI  
Período : 1995 - 2005

**CUADRO Nº 5**

Nº (m)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	$f = \frac{m}{n+1}$
1	250,30	351,90	421,00	450,30	247,30	203,50	194,50	103,30	223,50	297,10	409,30	624,30	0,0833
2	227,20	291,30	385,20	212,00	225,30	199,60	149,50	102,70	166,40	239,80	359,60	453,00	0,0166
3	102,00	209,90	279,10	204,50	221,30	176,50	135,00	76,70	142,80	203,40	204,70	203,00	0,0250
4	101,00	155,30	273,00	200,60	190,20	92,60	91,90	76,40	141,60	198,70	190,00	199,60	0,0333
5	88,80	145,60	211,10	198,10	143,20	88,40	83,60	71,10	125,50	161,70	161,50	172,60	0,4166
6	84,30	137,80	163,40	177,50	127,10	83,90	70,00	67,60	109,20	154,10	146,90	159,10	0,5000
7	75,20	121,60	156,50	177,00	100,51	65,20	66,30	40,60	97,50	144,70	127,70	130,80	0,5833
8	73,90	119,80	140,60	166,60	75,00	54,30	47,40	34,20	85,30	142,10	109,20	125,00	0,6666
9	57,20	119,00	140,10	163,60	73,30	37,40	15,20	25,00	74,90	130,00	107,70	96,20	0,7500
10	34,30	98,50	113,20	154,80	73,00	10,00	14,10	14,00	68,80	114,90	49,70	66,20	0,8333
11	19,80	52,60	55,40	47,90	46,50								0,9166
a	84,30	137,80	163,40	177,50	127,10	83,90	70,00	67,60	109,20	154,10	146,90	159,10	
b	63,20	103,40	122,60	133,10	95,30	62,90	52,50	50,70	81,90	115,60	110,20	119,30	
Caudal medio mensual	0,483	0,875	0,937	1,051	0,728	0,497	0,401	0,387	0,647	0,883	0,870	0,912	
MMC	1,293	2,116	2,509	2,724	1,949	1,288	1,074	1,036	1,677	2,365	2,255	2,442	
MMC Acumulado	1,293	3,409	5,918	8,642	10,591	11,879	12,953	13,989	15,666	18,031	20,286	22,728	

a = Persistencia al 50% (\*) en m m.

b = Precipitación efectiva 75% en mm

(\*) = Método del Bureau of Reclamation

n = 11



## ANEXO - PLANOS