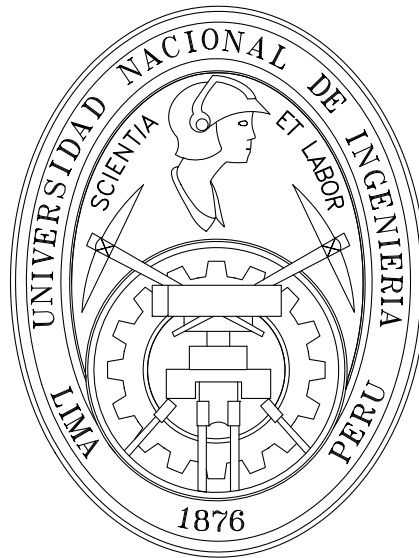


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**ESTUDIO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE  
TABLACHACA, DISTRITO DE SANTA ROSA, PROVINCIA  
DE PALLASCA, DEPARTAMENTO DE ANCASH**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE :**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**EDWIN MARCO ANTONIO PALOMINO ROJAS**

**PROMOCIÓN : 1995 - II**

# ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**ÍNDICE**

**PROLOGO**

**INTRODUCCIÓN**

## **CAPITULO I**

### **ESTUDIO HIDROLÓGICO**

1.1	RECURSO HÍDRICO .....	10
1.2.	CAUDALES FIRMES MENSUALES .....	10
1.3	AVENIDAS .....	11
1.4.	OBSERVACIONES .....	12
1.5	CONCLUSIONES .....	13
1.6.	ANEXOS .....	14

## **CAPITULO 2**

**ESTUDIO PRELIMINAR GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DEL PROYECTO**

**CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE TABLACHACA**

2.1	OBJETIVO .....	51
2.2	ESQUEMA DEL PROYECTO .....	51

2.3.	CONDICIONES GEOLÓGICAS GENERALES	.....	52
2.3.1	Geomorfología	.....	52
3.2	Estratigrafía	.....	52
3.3	Geodinámica externa	.....	55
3.4	Estructuras geológicas	.....	56
3.5	Condiciones geológicas de las Obras	.....	57
3.6	Investigaciones de Campo	.....	61

### **CAPITULO 3**

#### **CALCULOS JUSTIFICATIVOS DEL DISEÑO HIDRÁULICO ESTRUCTURAL A NIVEL DE INGENIERÍA BÁSICA DE LOS DIFERENTES COMPONENTES DE LAS OBRAS CIVILES**

3.1.	Diseño hidráulico del canal de enlace	.....	64
3.2	Cálculo hidráulico del desarenador	.....	65
3.3	Diseño de la cámara de carga	.....	68
3.4	Cálculo hidráulico de la tubería forzada (Tramo I)	.....	71

### **CAPITULO 4**

#### **DISEÑO ELECTROMECAÁNICO**

4.1	Diseño y selección del equipamiento		
	Electromecánico	.....	77
4.1.1	Pique Vertical	.....	77
4.1.2	Turbinas Hidráulicas	.....	83
4.1.3	Alternador	.....	86
4.1.4	Gobernador de Velocidad	.....	88

4.1.5 Transformador de Potencia	88
4.1.6 Barras	89
4.1.7 Sistemas de Protección y Sincronización	90
4.1.8 Casa de Máquinas	92
<b>4.2.ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS ELECTROMECAÑICAS</b>	
.....	94
4.2.1 Suministro de Materiales y Equipos Electromecánicos	94
4.2.2 Tuberías de Presión	98
4.2.3 Válvulas	101
4.2.4 Accesorios	102
4.2.5 Turbina hidráulica	103
4.2.6 Gobernador de Velocidad	104
4.2.7 Alternador	104
4.2.8 Patio de Llaves en 10 kV	108
4.2.9 Patio de Llaves en 138 kV	112
4.2.10 Sistemas de Protección	115
2.11 Equipos de Medición	117
2.12 Cables y accesorios en 10 kV	118
2.13 Puente Grúa	121
<b>4.3.0 PRUEBAS DE RECEPCIÓN DE LOS ELEMENTOS Y/O EQUIPO</b>	
<b>ELECTROMECAÑICO</b>	121
3.1 Pruebas de Recepción en Fábrica	121
3.2 Pruebas de Recepción en Sitio	123

## **CAPITULO 5**

### **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

5.1.	Principales Impactos Ambientales	.....	127
5.2.	Descripción de Impactos	.....	128
5.3.	Medidas Correctivas y Preventivas	.....	135

## **CAPITULO 6**

### **EVALUACION ECONOMICA**

6.1	Resumen Económico del Proyecto	.....	140
6.2	Indicadores Económicos	.....	142
6.3	Valor Actual Neto VAN	.....	145
6.4	Tasa Interna de Retorno TIR	.....	145
6.5	Calculo Beneficio Costo B/C	.....	146
6.6	Comparación Económica con una Central Térmica a Gas	.....	146

<b>CONCLUSIONES</b>	.....	148
---------------------	-------	-----

<b>RECOMENDACIONES</b>	.....	150
------------------------	-------	-----

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	.....	152
---------------------	-------	-----

<b>APENDICE</b>	.....	154
-----------------	-------	-----

## PRÓLOGO

Si bien el diseño de una central hidroeléctrica tiene un patrón ya definido, en esta tesis incluimos actualizaciones legislativas, como es la inclusión del estudio de impacto ambiental como un aporte a lo que será el diseño definitivo de la central hidroeléctrica; la construcción de una represa es común a toda central hidroeléctrica, pero esta oportunidad lo estoy reemplazando con canales colectores (que significa menor costo en comparación con una represa), se incluye los cálculos de obras civiles y la promoción de tecnología nacional entre otros.

Existe un proyecto para transvasar el río marañón a la cuenca del río Tablachaca, lo que hace mas atractiva esta inversión, por eso es nuestro deber proponer este diseño como base para una etapa inicial que podría ampliarse posteriormente o bien sobre esta base hacer el estudio de una central de mayor capacidad.

En este momento, donde se habla mucho del calentamiento global, causado entre otros factores por la quema indiscriminada de hidrocarburos para diferentes procesos y uno de los cuales es para la obtención de energía eléctrica mediante centrales térmicas a diesel, gas, y/o carbón, debido al bajo costo de instalación en comparación con las centrales hidroeléctricas, proponemos el diseño de una central hidroeléctrica en la cuenca del río Tablachaca.

La ejecución de Obras como ésta contribuye al desarrollo de la tecnología nacional por cuanto crea condiciones atractivas favorables para la fabricación de maquinarias y equipos hidroeléctricos, así como la construcción y montaje de plantas. Durante la construcción se podrían desarrollar nuevas técnicas de procedimientos no

convencionales y de tecnología nacional con el fin de reducir los costos que normalmente tendría la realización de este proyecto.

La cuenca del río Tablachaca es una cuenca rica en minerales, por lo que la demanda de energía eléctrica en esa zona se va incrementando. Hay proyectos del ministerio de energía y minas para ampliar las redes de distribución, a la par la generación de energía eléctrica en la región Ancash es limitada en comparación con el consumo y la proyección de ésta. Con éste proyecto se logrará tener un equilibrio entre la producción y el consumo, y porque no exportar para las otras regiones contiguas mediante el sistema interconectado ya existente.

## INTRODUCCIÓN

### ANTECEDENTES

Veamos un extracto del plan referencial de electricidad del Ministerio de energía y minas y del proyecto de la universidad nacional andina de Pallasca, como marco referencial para establecer la importancia de la construcción de una central hidroeléctrica en el distrito de Santa Rosa, Provincia de Pallasca, Departamento de Ancash.

“La prolongación de la línea troncal de la Sierra, partiría de la subestación Derivación Antamina, pasando por una subestación intermedia denominada Huallanca Nueva 220 kV, que facilitaría la conexión de la línea troncal de la Sierra con la Costa en Chimbote , a través de la Central del Cañón del Pato, y llegar hasta la subestación comprometida Cajamarca 220 kV. Se requeriría completar el enlace troncal por la Sierra para los escenarios Base y Optimista después del año 2005. Para el escenario Base se requiere un solo circuito, mientras que para el escenario Optimista se requiere dos circuitos debido a la gran demanda minera en el Norte.”<sup>1</sup>

“La región es rica en minerales metálicos y no metálicos; es así que sus yacimientos auríferos fueron aprovechados desde la época precolombina por culturas que allí se desarrollaron. Durante el periodo del Tahuantinsuyo en esta zona existió grandes templos con enormes cantidades de oro, recaudados en tributo al tercer Dios en orden de importancia como lo fue el Dios de esta zona; el Catequilla.

---

<sup>1</sup> PLAN REFERENCIAL DE ELECTRICIDAD 2001 - 2010  
Ministerio de Energía y Minas  
Oficina Técnica de Energía



En la actualidad se destaca la explotación de tungsteno en la zona de Pelagatos, en las vetas que se extienden hasta las alturas de los distritos de Lacabamba, Huandoval y Pallasca, y por el oriente hasta la cordillera de Jongos, alcanzando un área mayor a los 110 km<sup>2</sup>.

También destacan las minas de cobre, plata, zinc, tungsteno y oro de Pushas, Huacchara y Conzuzo. El tungsteno es del tipo habnerita, de gran pureza, que sirvió para endurecer las aleaciones metálicas con los que se construyó el Apolo II que llegó a la Luna.

En el distrito de Conchucos, la mina Magistral, de cobre, plata y oro, en sus explotaciones ha cubicado una reserva de 500 TM diarias para 50 años de producción.

En las cuencas del Tablachaca – Chuquicara. se encuentra la antracita más pura del mundo, en cantidades que superan los 100 mil millones de TM, según el Ing. Emilio Carranza Ruiz de la Sociedad Nacional de Minería.

Las provincias vecinas de Corongo y Sihuas, también son ricas en minerales metálicos y no metálicos. Sihuas tiene recursos calcáreos como cal, yeso y arcilla para la industria del cemento en un área de 300 km<sup>2</sup>.

En la vecina provincia de Santiago de Chuco, la empresa canadiense Baric Misquichilca viene implementando la infraestructura de una mina de oro, que será similar o mejor a la empresa Antamina de Ancash.

Esta amplia zona totaliza una superficie de 7,031.57 km<sup>2</sup>, con una superficie agrícola de 87,304.83 Ha y una población de 138,666 habitantes, hasta el 2,002. Se encuentran conformados por 36 distritos. De las cuales 31,229 habitantes corresponden a la Provincia de Pallasca, distribuidos en 11 distritos en un área de

2,101.21 km<sup>2</sup>. Sus actividades principales son la Agropecuaria y Minera, contando además con un ingente recurso aún no explotado de naturaleza turística, tanto vivencial, paisajista como histórico.

Respecto al estratégico tema de interconexión vial, por esta zona está proyectado el paso de la gran vía interoceánica: Chimbote – Pallasca – Tocache – Brasil, la misma que implica una distancia de 547.5 km desde Chimbote hasta Tocache y 1,100 km hasta Cruceiro Do Sul Brasil, constituyéndose en la más corta de todas las rutas. Esta importante vía beneficiará a un millón 572 mil habitantes ubicados en las provincias de Santa, Pallasca y Sihuas, en Ancash; Santiago de Chuco y Patate en la Libertad y Tocache en San Martín. Esta importante vía se encuentra construida y transitada en un 85%, con 150 km asfaltada, 100 km afirmada, 229.5 km trocha carrozable y 68 km por construir (18 km en Ancash, 30 km en Patate y 20 km en Tocache). Todo este potencial en infraestructura favorece y crea mejores condiciones geopolíticas y de desarrollo para la existencia de la Proyectada Universidad Andina.

Respecto al recurso hídrico, es importante señalar que el río Tablachaca, es alimentada por sus 115 lagunas, cuyos orígenes se encuentran en la laguna Pelagatos, hace un gran recorrido, siendo sus tributarios : el Conchucos, Sacycacha, río Boca de Cabana por la margen izquierda y los ríos Angasmarca, Santiago, Patarata por la margen derecha.

El río Tablachaca se une con el río Santa en el poblado de Chuquicara a una altura de 440 m.s.n.m.

Geográficamente dentro de la cuenca se puede distinguir las áreas definidas en la cuenca baja o de valle y la cuenca alta o cuenca húmeda, donde las ciudades más importantes son: Cátao, Ticapampa, Recuay, Huaraz, Jangas, Taricá, Yungay,

Pariahuanca, Anta, Carhuaz, Mancos, Yungay, Caraz, Huallanca, Chuquicara, Corongo, Pallasca, Cabana, Conchucos, etc.”<sup>2</sup>

De lo antes mencionado concluyo que:

Se dispone de un caudal de agua permanente para el funcionamiento de la central.

Hay una demanda creciente de energía eléctrica en la región lo que hace factible la ejecución final de la central.

Se va ubicar en un corredor importante.

Se va incrementar la producción de energía eléctrica regional, para no tener la necesidad de transportar la energía de otros lugares lo que eleva su costo final debido a las pérdidas inherentes al transporte.

Además debo señalar, que la cuenca a utilizarse tiene poco terreno cultivable, lo que nos permitiría tomar más agua de la cuenca para usarlo en la central.

Por lo tanto, creo conveniente hacer un diseño de una central hidroeléctrica para esta región, que ayudara a cubrir las necesidades propias de consumo de la región y de la futura expansión industrial.

## **OBJETIVOS**

El objetivo de esta tesis es el diseño a nivel de ingeniería básica de la Central Hidroeléctrica que servirá para:

Cubrir parte de la demanda creciente de energía eléctrica en la región.

Reducir los costos de transporte de energía, y

---

<sup>2</sup> PROYECTO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL ANDINA DE LA PROVINCIA DE PALLASCA -ANCASH- U.N.A.P.  
FUNDAMENTO GEOPOLÍTICO Y RECURSOS NATURALES.  
Dr. Arnulfo Moreno

Aprovechar el caudal del río Tablachaca.

## **UBICACIÓN**

El proyecto se encuentra ubicado en el distrito de Santa Rosa, Provincia de Pallasca, Departamento de Ancash, delimitada en este estudio preliminar por las siguientes coordenadas UTM:

- Norte: 9 042 600 (zona de casa de máquinas)
- Este: 807 000 (zona bocatoma) y 803 400 (tramos III y IV del túnel y zona de la casa de máquinas).

El acceso terrestre desde Lima se da a través de la carretera Panamericana Norte (a nivel de asfaltado) hasta el kilómetro 440 donde se ubica la ciudad de Chimbote y desde allí por una carretera a nivel de afirmado en la ruta hacia la mina La Galgada.

## **DESCRIPCION**

En la presente tesis: DISEÑO DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE TABLACHACA, DISTRITO DE SANTA ROSA, PROVINCIA DE PALLASCA, DEPARTAMENTO DE ANCASH, estudio y analizo el diseño de dicha central para una producción de energía anual de 555 GWh, de los cuales 438 GWh serian en horas base y 117 GWh en horas punta

Esta tesis está dividida en seis capítulos: en el primero me ocupo del estudio hidrológico, en el segundo de un estudio preliminar geológico-geotécnico, en el tercero de los cálculos justificativos del diseño hidráulico estructural a nivel de ingeniería básica, en el cuarto del diseño electromecánico, en el quinto del estudio de impacto ambiental y en el sexto y último hago una evaluación económica.

En el primer capítulo estudio el recurso hídrico para este Proyecto el cual proviene del río Tablachaca y de los embalses de las Presas Pájaros, Chalhuacocha, Magullo

Grande, Huachumachay y Oscura. Todas las curvas de duración han sido elaboradas en base a los datos cronológicos de caudales diarios en los doce meses del año, a fin de obtener una a mayor precisión de valores, la cual es necesario en el estudio de Centrales Hidroeléctricas, concluyendo que el caudal firme del río Tablachaca mes a mes en un año hidrológico es muy variable, desde 5,20 m<sup>3</sup>/s. en estiaje hasta 52,00 m<sup>3</sup>/s. en época de avenida.

En el capítulo dos hago una evaluación preliminar “in situ” de las características geológico-geotécnico de las zonas donde se ubicarán los diferentes componentes del proyecto Central Hidroeléctrica de Tablachaca, que son: bocatoma – desarenador, desarenador, canal de enlace desarenador – boca de entrada al túnel, túnel de aducción, cámara de carga, tubería forzada, pique y casa de máquinas. La casa de máquinas se ha proyectado en caverna. Para una correcta y adecuada ubicación de los diferentes componentes del proyecto, propongo un programa de investigaciones para cuantificar las propiedades geotécnicas de las rocas y suelos que tengan relación directa con el proyecto.

En el capítulo tres me ocupo de los cálculos en sí, a nivel de ingeniería básica correspondiente a las obras civiles de cada uno de los componentes mencionados en el capítulo anterior.

En el capítulo cuatro realizo los cálculos correspondientes a los componentes electromecánicos como son: turbina, alternador, gobernador de velocidad, transformador de potencia, barras, sistemas de protección y sincronización y de la casa de máquinas. Las especificaciones técnicas de los diferentes componentes que se detallan tienen por objeto definir las principales características técnicas y requerimientos que deben satisfacer los equipos o elementos electromecánicos que

conforman la Central Hidroeléctrica. Para las pruebas de recepción propongo un sistema ordenado y coherente que permita verificar el estado de operación de los elementos y/o equipos adquiridos.

En el capítulo cinco incluyo el estudio de impacto ambiental ya que con la nueva legislación necesariamente debe incluirse. Hago una relación de impactos en la construcción y operación; asimismo describo los diferentes posibles impactos para finalmente dar algunas medidas correctivas y preventivas.

En el capítulo seis y último hago una evaluación económica del proyecto incluyendo los indicadores económicos y finalmente establezco una comparación económica con respecto a una central térmica; incluyo las conclusiones y recomendaciones.

Finalmente, agradezco al Ing. Reynaldo Villanueva Ure, quien ha sido mi asesor para cristalizar este trabajo.

## **CAPITULO I**

### **ESTUDIO HIDROLÓGICO**

#### **1.1 RECURSO HÍDRICO**

El recurso hídrico para este Proyecto es proveniente del río Tablachaca y de los embalses de las Presas Pájaros, Chalhuacocha, Magullo Grande, Huachumachay y Oscura (ver "Estudio de vasos de almacenamiento en microcuencas del río Tablachaca", elaborado por la firma JAPEVI S.A. INGENIEROS CONSULTORES en Setiembre de 1997).

#### **1.2 CAUDALES FIRMES MENSUALES**

Se ha evaluado la información de caudales diarios del río Tablachaca registrada en la estación hidrológica de Chuquicara desde el año 1991 hasta el mes de Marzo del año 1996.

Los resultados de dicha evaluación determinan los caudales firmes mensuales (persistencia al 75% en la Curva de Duración) que se señalan a continuación

Enero	:	15,00 m <sup>3</sup> /seg.
Febrero	:	30,00 m <sup>3</sup> /seg.
Marzo	:	52,00 m <sup>3</sup> /seg.
Abril	:	37,00 m <sup>3</sup> /seg.
Mayo	:	16,50 m <sup>3</sup> /seg.
Junio	:	07,20 m <sup>3</sup> /seg.
Julio	:	05,40 m <sup>3</sup> /seg.
Agosto	:	05,20 m <sup>3</sup> /seg.
Setiembre	:	08,00 m <sup>3</sup> /seg.
Octubre	:	09,50 m <sup>3</sup> /seg.
Noviembre	:	12,00 m <sup>3</sup> /seg.
Diciembre	:	10,50 m <sup>3</sup> /seg.

Teniendo en cuenta la capacidad máxima de almacenamiento de las cinco (05) Presas que es de 35 990 500 m<sup>3</sup>, se ha determinado que para cumplir las metas de generar en base (20 horas) una potencia de 60 Mw. y en horas punta (04 horas) una potencia de 80 Mw., se requerirá afianzar hídricamente con 700 000 m<sup>3</sup> de agua el volumen de almacenamiento mediante la construcción de canales colectores.

### **1.3 AVENIDAS**

De los valores registrados en la Estación de Chuquicara de caudales medios (años 1954-1996) y de caudales diarios (años 1991-1996) se puede afirmar que el máximo caudal se produjo el 25 de Marzo de 1993, con un valor de 524,84 m<sup>3</sup>/seg.



En el anexo G del Estudio Integral para el Aprovechamiento de la Cuenca del río Santa, elaborado por la firma consultora HIDROSERVICE Engenharia de Projetos Ltda. en el año 1984, para el río Tablachaca en base a hidrogramas y áreas de drenaje se estimó picos de crecientes (avenidas) con los valores siguientes:

<b>Período de retorno (años)</b>	2	5	15	20	50	100	1 000
<b>Avenida (m<sup>3</sup>/seg.)</b>	229	373	522	559	677	766	1 059

Para fines del diseño de la Bocatoma y teniendo en cuenta la envergadura del proyecto se tomará en cuenta la avenida para un periodo de retorno de 50 años, es decir, el caudal de máxima avenida será de 677,00 m<sup>3</sup>/seg.

#### **1.4 OBSERVACIONES**

Se ha asumido que dentro de los valores diarios registrados desde 1991 a 1996 (año hidrológico de la década de los 90) se ha producido un mes "seco" que no debe ser procesado porque distorsionaría dentro de la curva de duración el cálculo del caudal firme mensual; este mes "seco" por lo general se ha dado dentro de los valores mensuales registrados en los años 1991, 1992 ó 1993.

Los meses de estiaje se presentan desde Junio a Octubre de cada año hidrológico.

Los meses de avenida se presenten desde Noviembre a Mayo de cada año hidrológico.

## 1.5 CONCLUSIONES

- El caudal firme del río Tablachaca mes a mes en un año hidrológico es muy variable, desde 5,20 m<sup>3</sup>/seg. en estiaje hasta 52,00 m<sup>3</sup>/seg. en época de avenida.
- La producción de energía anual sería de 555 Gwh, de los cuales 438 Gwh serían en horas base y 117 Gwh en horas punta
- La potencia efectiva (promedio anual) sería de 79,17 Mw., es decir, la Central operaría en promedio con una potencia efectiva igual al 79,17 % de la potencia máxima instalada (80 Mw.).

## 1.6 ANEXOS

TABLA 1.1.

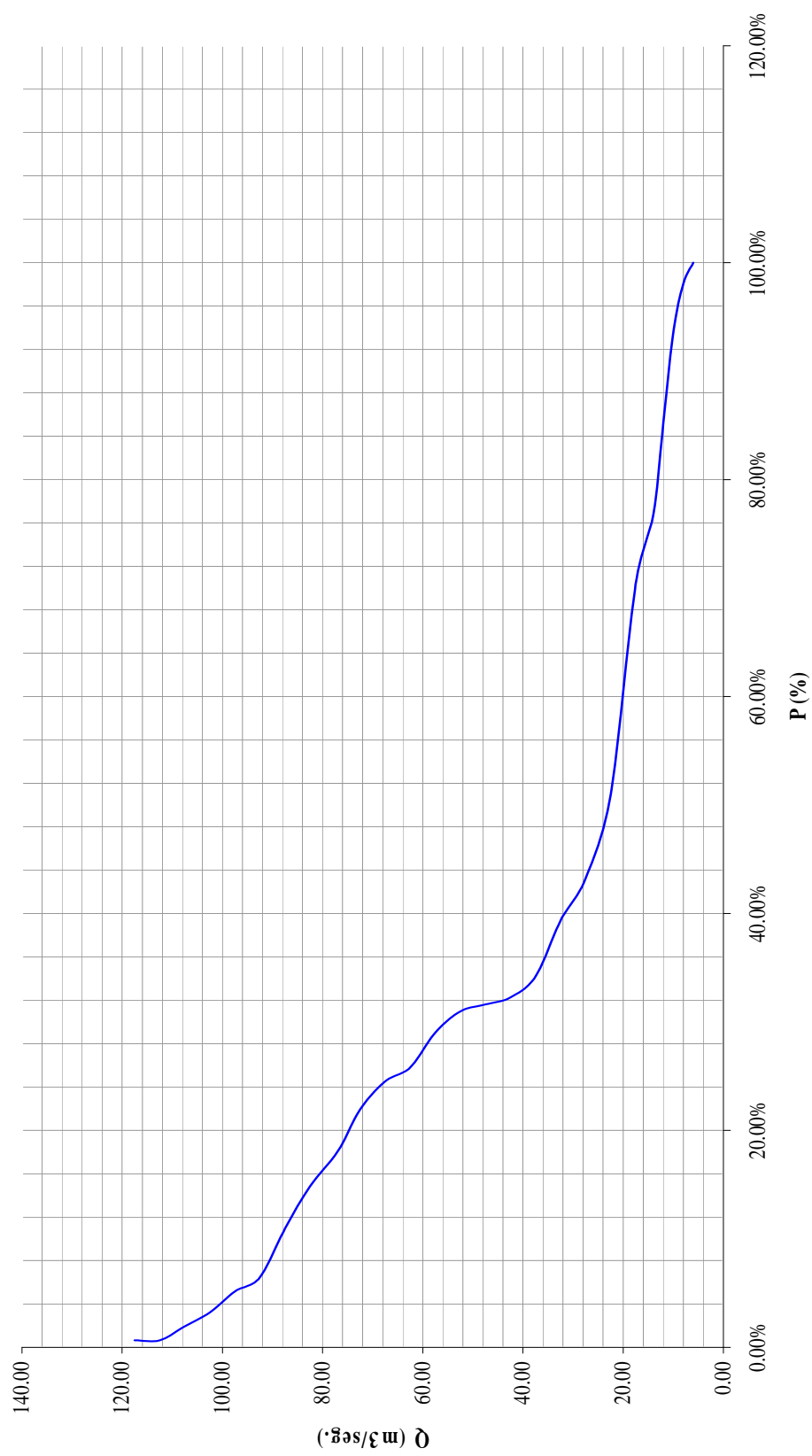
## TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR AÑOS MES DE ENERO

DÍA	1991	1992	1994	1995	1996
1	19.85	16.23	65.98	23.76	52.28
2	20.68	19.92	79.27	34.01	55.35
3	20.12	15.57	118.93	50.43	70.61
4	18.74	12.34	98.27	38.70	68.73
5	17.35	10.99	79.83	27.31	59.50
6	16.30	15.38	72.39	23.68	53.40
7	15.65	16.80	73.67	22.19	57.72
8	15.54	16.47	85.74	24.85	59.07
9	14.79	14.62	107.77	19.78	62.02
10	13.79	13.54	98.92	18.10	74.06
11	12.78	11.59	92.51	15.24	71.77
12	11.81	10.46	100.45	15.24	88.58
13	10.90	10.24	93.80	14.75	99.03
14	10.02	9.13	81.15	13.47	78.93
15	9.35	8.25	83.39	11.79	64.82
16	8.69	7.59	81.90	11.00	55.45
17	8.47	7.19	82.58	11.43	48.07
18	8.69	6.82	86.12	12.09	43.18
19	8.91	6.63	81.09	11.82	39.72
20	9.41	6.70	89.43	13.90	36.81
21	11.40	9.24	86.99	12.84	34.30
22	14.79	9.80	88.44	12.26	32.26
23	17.70	11.67	102.51	13.83	30.33
24	17.63	14.90	106.10	15.73	28.72
25	17.08	20.56	87.03	17.49	27.75
26	17.01	22.56	79.88	19.16	27.86
27	18.51	21.28	82.91	18.98	31.86
28	19.57	16.65	72.56	20.30	34.39
29	18.18	12.81	76.59	20.89	30.65
30	16.57	10.68	69.97	20.69	27.75
31	16.15	9.87	67.76	25.58	31.08

<b>PROM</b>	14.72	24.55	270.91	9.02	61.61
<b>MAXIM</b>	20.68	22.56	118.93	50.43	99.03
<b>MINIM</b>	8.47	6.63	65.98	11.00	27.75

**TABLA 1.2 TABLA DE FRECUENCIA DE CAUDALES DIARIOS****MES DE ENERO**

RANGO			Qp (m3/seg.)	n	N	P(%)
5	a	7	6.00	3	155	100.00%
7	a	9	8.00	7	152	98.06%
9	a	11	10.00	13	145	93.55%
11	a	13	12.00	13	132	85.16%
13	a	15	14.00	10	119	76.77%
15	a	20	17.50	30	109	70.32%
20	a	25	22.50	12	79	50.97%
25	a	30	27.50	6	67	43.23%
30	a	35	32.50	8	61	39.35%
35	a	40	37.50	3	53	34.19%
40	a	45	42.50	1	50	32.26%
45	a	50	47.50	1	49	31.61%
50	a	55	52.50	3	48	30.97%
55	a	60	57.50	5	45	29.03%
60	a	65	62.50	2	40	25.81%
65	a	70	67.50	4	38	24.52%
70	a	75	72.50	6	34	21.94%
75	a	80	77.00	5	28	18.06%
80	a	85	82.50	6	23	14.84%
85	a	90	87.50	7	17	10.97%
90	a	95	92.50	2	10	6.45%
95	a	100	97.50	3	8	5.16%
100	a	105	102.50	2	5	3.23%
105	a	110	107.50	2	3	1.94%
110	a	115	112.50	0	1	0.65%
115	a	120	117.50	1	1	0.65%
				155		

**CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO TABLACHACA EN EL MES DE ENERO EN BASE A CAUDALES DIARIOS**

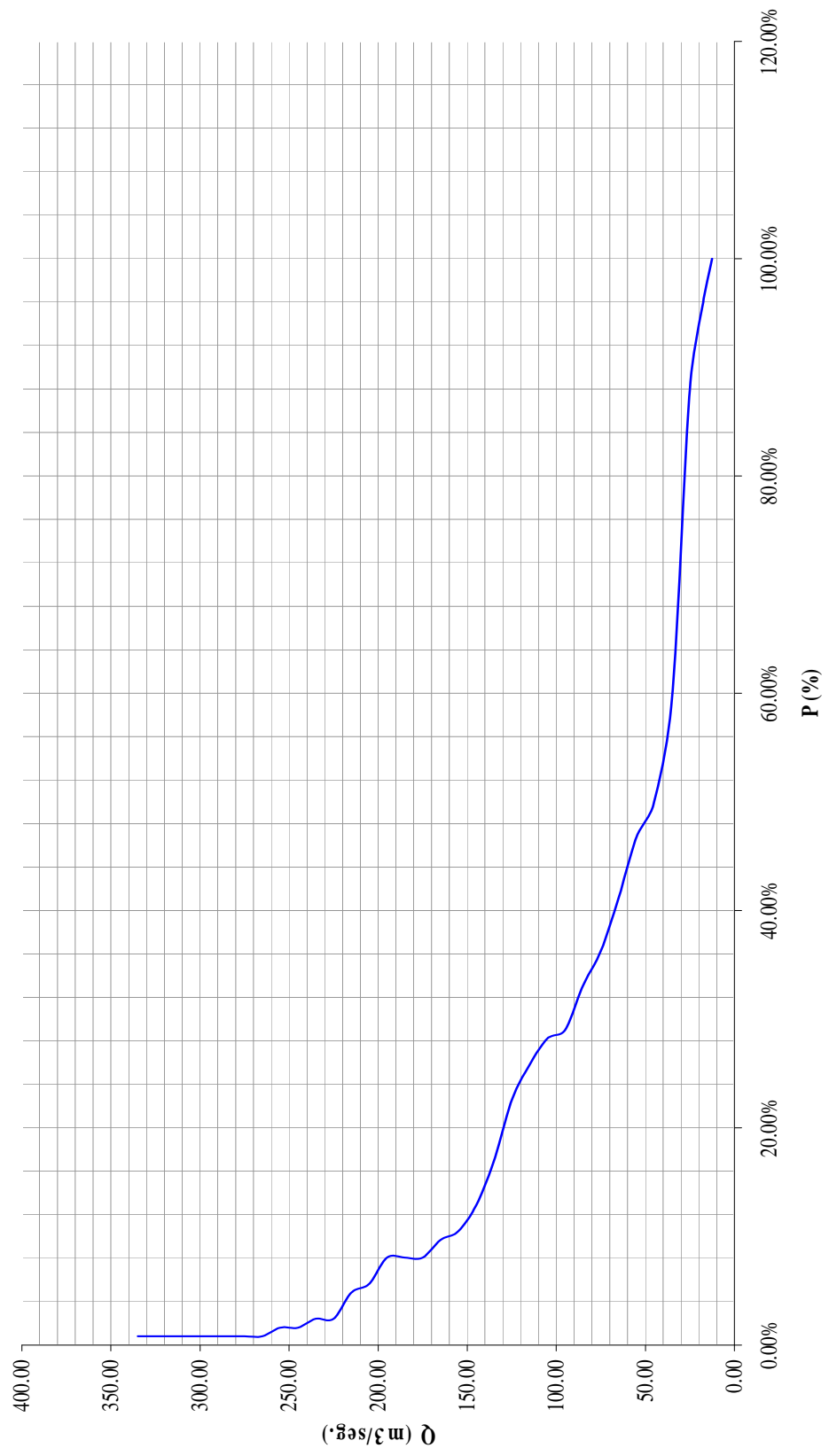
**TABLA 1.3. TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR AÑOS**  
**MES DE FEBRERO**

<b>DÍA</b>	<b>1991</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>
1	18.74	19.09	66.37	29.88	38.41
2	21.23	26.27	61.21	27.72	51.11
3	22.64	36.20	61.35	25.93	58.67
4	25.20	39.39	78.98	28.06	56.66
5	26.21	54.69	138.51	33.31	52.13
6	24.15	70.20	210.42	25.02	45.96
7	21.81	71.87	192.82	21.51	41.63
8	19.57	113.70	138.53	28.61	37.53
9	17.38	82.49	128.43	21.41	37.08
10	15.80	126.50	121.40	18.98	128.28
11	14.79	147.89	123.79	18.04	195.43
12	14.04	135.29	130.48	16.47	202.18
13	14.04	151.23	124.13	25.45	196.53
14	13.79	106.55	111.63	24.11	233.63
15	14.32	87.19	123.37	21.41	-1.00
16	18.54	76.34	116.66	18.98	-1.00
17	-1.00	-1.00	110.05	24.22	-1.00
18	23.87	-1.00	105.08	26.83	-1.00
19	30.69	-1.00	89.39	30.58	-1.00
20	32.57	-1.00	147.63	44.77	-1.00
21	30.63	-1.00	334.58	54.48	-1.00
22	27.79	-1.00	216.94	56.67	-1.00
23	25.36	-1.00	133.38	47.94	106.66
24	24.07	-1.00	164.69	37.62	88.35
25	24.45	22.79	256.51	30.31	82.81
26	23.55	21.35	217.25	25.49	69.27
27	22.36	25.10	160.46	22.80	64.98
28	21.84	29.24	147.61	21.68	62.10
29	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	90.11
<b>PROM</b>	21.83	72.17	143.27	28.87	92.36
<b>MAXIM</b>	32.57	151.23	334.58	56.67	233.63
<b>MINIM</b>	13.79	19.09	61.21	16.47	37.08

**TABLA 1.4. TABLA DE FRECUENCIA DE CAUDALES DIARIOS**  
**MES DE FEBRERO**

RANGO			Qp (m3/seg.)	n	N	P(%)
10	a	15	12.50	5	124	100.00%
15	a	20	17.50	10	119	95.97%
20	a	30	25.00	35	109	87.90%
30	a	40	35.00	12	74	59.68%
40	a	50	45.00	4	62	50.00%
50	a	60	55.00	7	58	46.77%
60	a	70	65.00	6	51	41.13%
70	a	80	75.00	4	45	36.29%
80	a	90	85.00	5	41	33.06%
90	a	100	95.00	1	36	29.03%
100	a	110	105.00	3	35	28.23%
110	a	120	115.00	4	32	25.81%
120	a	130	125.00	7	28	22.58%
130	a	140	135.00	5	21	16.94%
140	a	150	145.00	3	16	12.90%
150	a	160	155.00	1	13	10.48%
160	a	170	165.00	2	12	9.68%
170	a	180	175.00	0	10	8.06%
180	a	190	185.00	0	10	8.06%
190	a	200	195.00	3	10	8.06%
200	a	210	205.00	1	7	5.65%
210	a	220	215.00	3	6	4.84%
220	a	230	225.00	0	3	2.42%
230	a	240	235.00	1	3	2.42%
240	a	250	245.00	0	2	1.61%
250	a	260	255.00	1	2	1.61%
260	a	270	265.00	0	1	0.81%
270	a	280	275.00	0	1	0.81%
280	a	290	285.00	0	1	0.81%
290	a	300	295.00	0	1	0.81%
300	a	310	305.00	0	1	0.81%
310	a	320	315.00	0	1	0.81%
320	a	330	325.00	0	1	0.81%
330	a	340	335.00	1	1	0.81%
				124		

**CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO TABLACHACA EN EL MES DE FEBRERO EN BASE A CAUDALES DIARIOS**



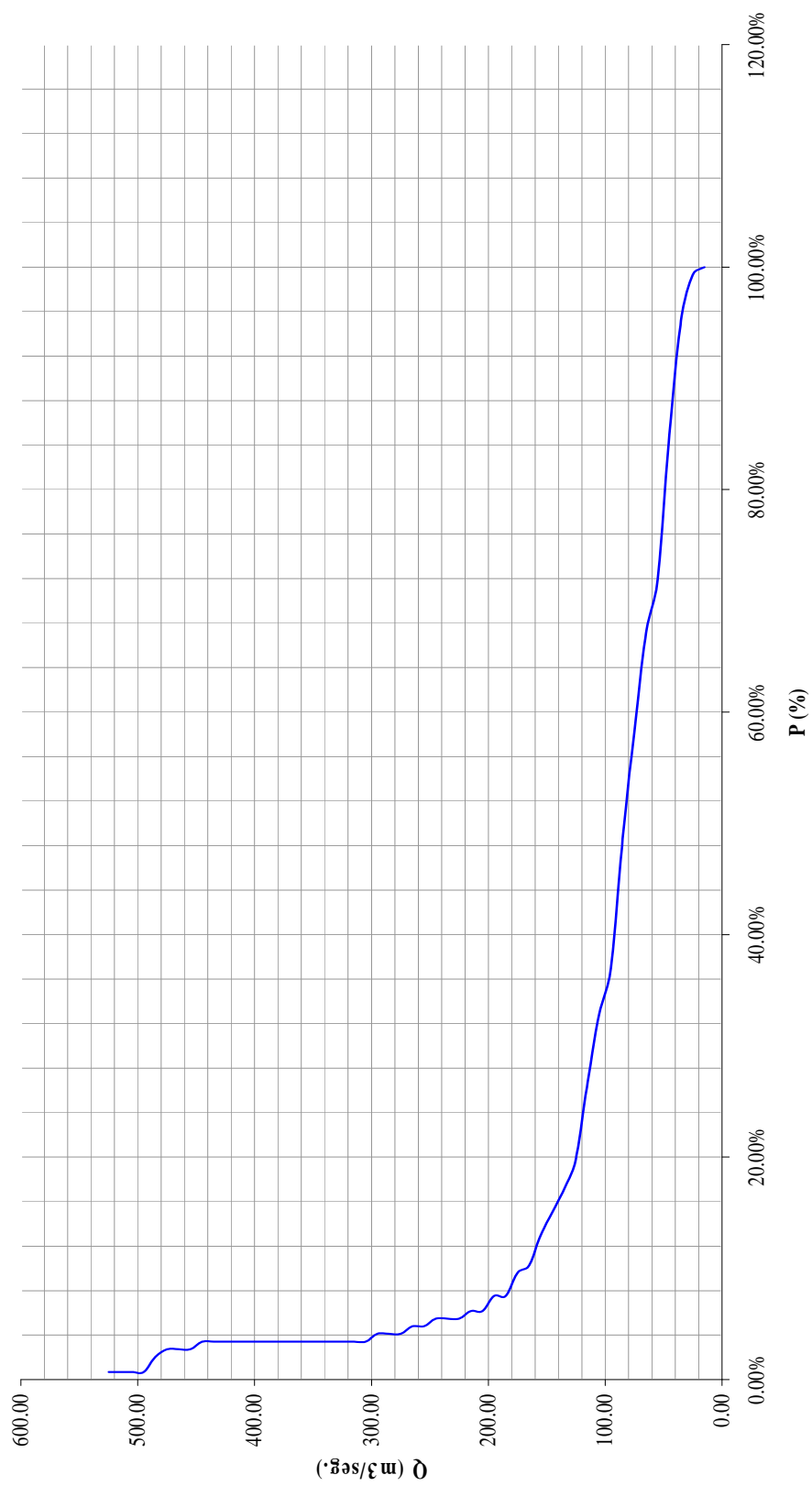


**TABLA 1.5. TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR AÑOS**  
**MES DE MARZO**

<b>DÍA</b>	<b>1991</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>
1	27.62	59.15	114.51	26.83	106.70
2	33.86	87.15	105.00	21.48	122.10
3	34.51	77.94	117.42	20.98	154.69
4	34.32	132.66	117.02	18.98	177.06
5	37.45	245.76	137.50	20.91	131.36
6	47.65	192.56	171.04	20.15	104.10
7	58.34	441.94	145.60	30.29	87.49
8	61.88	264.08	142.78	34.12	82.33
9	60.04	216.31	119.52	34.26	81.10
10	61.53	199.75	108.40	37.97	80.31
11	72.99	157.72	93.03	34.24	87.89
12	77.81	114.55	94.31	63.00	89.07
13	69.09	86.40	93.00	46.24	85.97
14	60.52	71.26	112.43	41.65	83.84
15	66.32	64.66	121.56	34.74	87.99
16	76.63	74.55	126.93	31.23	119.97
17	79.97	68.59	107.86	30.22	114.88
18	78.87	83.53	154.30	32.40	102.08
19	70.40	90.37	162.69	41.22	105.63
20	61.92	99.39	100.94	49.89	85.96
21	60.93	152.01	94.52	39.16	77.99
22	59.18	119.80	77.98	44.76	75.37
23	57.92	102.34	69.68	41.94	81.82
24	57.62	292.31	76.96	43.96	82.49
25	53.90	524.84	73.50	45.45	83.93
26	51.23	481.05	67.02	40.68	-1.00
27	48.24	486.19	88.18	39.23	-1.00
28	44.96	477.97	113.11	44.71	-1.00
29	41.74	-1.00	124.9	44.31	-1.00
30	40.33	-1.00	170.57	44.23	-1.00
31	40.33	-1.00	145.29	42.30	-1.00
<b>PROM</b>	55.75	195.17	114.44	36.82	99.68
<b>MAXIM</b>	79.97	524.84	171.04	63.00	177.06
<b>MINIM</b>	27.62	59.15	67.02	18.98	75.37

**TABLA 1.6. TABLA DE FRECUENCIA DE CAUDALES DIARIOS  
MES DE MARZO**

	RANGO		Qp (m3/seg.)	n	N	P(%)
10	a	20	15.00	1	146	100.00%
20	a	30	25.00	6	145	99.32%
30	a	40	35.00	15	139	95.21%
40	a	50	45.00	19	124	84.93%
50	a	60	55.00	7	105	71.92%
60	a	70	65.00	13	98	67.12%
70	a	80	75.00	14	85	58.22%
80	a	90	85.00	17	71	48.63%
90	a	100	95.00	6	54	36.99%
100	a	110	105.00	9	48	32.88%
110	a	120	115.00	10	39	26.71%
120	a	130	125.00	4	29	19.86%
130	a	140	135.00	3	25	17.12%
140	a	150	145.00	3	22	15.07%
150	a	160	155.00	4	19	13.01%
160	a	170	165.00	1	15	10.27%
170	a	180	175.00	3	14	9.59%
180	a	190	185.00	0	11	7.53%
190	a	200	195.00	2	11	7.53%
200	a	210	205.00	0	9	6.16%
210	a	220	215.00	1	9	6.16%
220	a	230	225.00	0	8	5.48%
230	a	240	235.00	0	8	5.48%
240	a	250	245.00	1	8	5.48%
250	a	260	255.00	0	7	4.79%
260	a	270	265.00	1	7	4.79%
270	a	280	275.00	0	6	4.11%
280	a	290	285.00	0	6	4.11%
290	a	300	295.00	1	6	4.11%
300	a	310	305.00	0	5	3.42%
310	a	320	315.00	0	5	3.42%
320	a	330	325.00	0	5	3.42%
330	a	340	335.00	0	5	3.42%
340	a	350	345.00	0	5	3.42%
350	a	360	355.00	0	5	3.42%
360	a	370	365.00	0	5	3.42%
370	a	380	375.00	0	5	3.42%
380	a	390	385.00	0	5	3.42%
390	a	400	395.00	0	5	3.42%
400	a	410	405.00	0	5	3.42%
410	a	420	415.00	0	5	3.42%
420	a	430	425.00	0	5	3.42%
430	a	440	435.00	0	5	3.42%
440	a	450	445.00	1	5	3.42%
450	a	460	455.00	0	4	2.74%
460	a	470	465.00	0	4	2.74%
470	a	480	475.00	1	4	2.74%
480	a	490	485.00	2	3	2.05%
490	a	500	495.00	0	1	0.68%
500	a	510	505.00	0	1	0.68%
510	a	520	515.00	0	1	0.68%
520	a	530	525.00	1	1	0.68%

**CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO TABLACHACA EN EL MES DE MARZO EN BASE A CAUDALES DIARIOS**

**TABLA 1.7. TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR AÑOS****MES DE ABRIL**

<b>DÍA</b>	<b>1991</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
1	39.30	-1.00	177.60	55.79
2	36.89	-1.00	158.48	66.20
3	34.20	-1.00	175.58	54.23
4	31.28	-1.00	312.62	51.25
5	28.71	-1.00	163.52	57.83
6	27.16	-1.00	197.05	43.21
7	25.96	-1.00	251.73	44.89
8	24.45	-1.00	241.30	60.51
9	23.85	-1.00	156.15	88.77
10	24.75	-1.00	128.55	87.17
11	25.05	-1.00	120.97	72.55
12	26.56	-1.00	104.95	55.75
13	30.75	157.99	99.35	54.08
14	33.22	159.03	91.23	65.60
15	33.54	147.24	84.76	58.99
16	33.86	136.96	89.07	59.41
17	33.54	131.03	88.79	56.21
18	32.57	124.11	78.81	53.04
19	32.25	120.61	72.21	48.73
20	32.89	111.91	68.44	43.22
21	35.21	104.06	69.11	38.07
22	35.86	97.46	-1.00	34.01
23	33.86	85.23	-1.00	30.93
24	31.60	74.48	-1.00	28.54
25	29.04	77.06	53.58	26.10
26	26.56	75.35	50.40	23.95
27	25.49	42.20	49.34	22.22
28	24.22	74.02	50.04	20.60
29	22.41	-1.00	76.41	18.71
30	26.15	-1.00	75.82	17.40

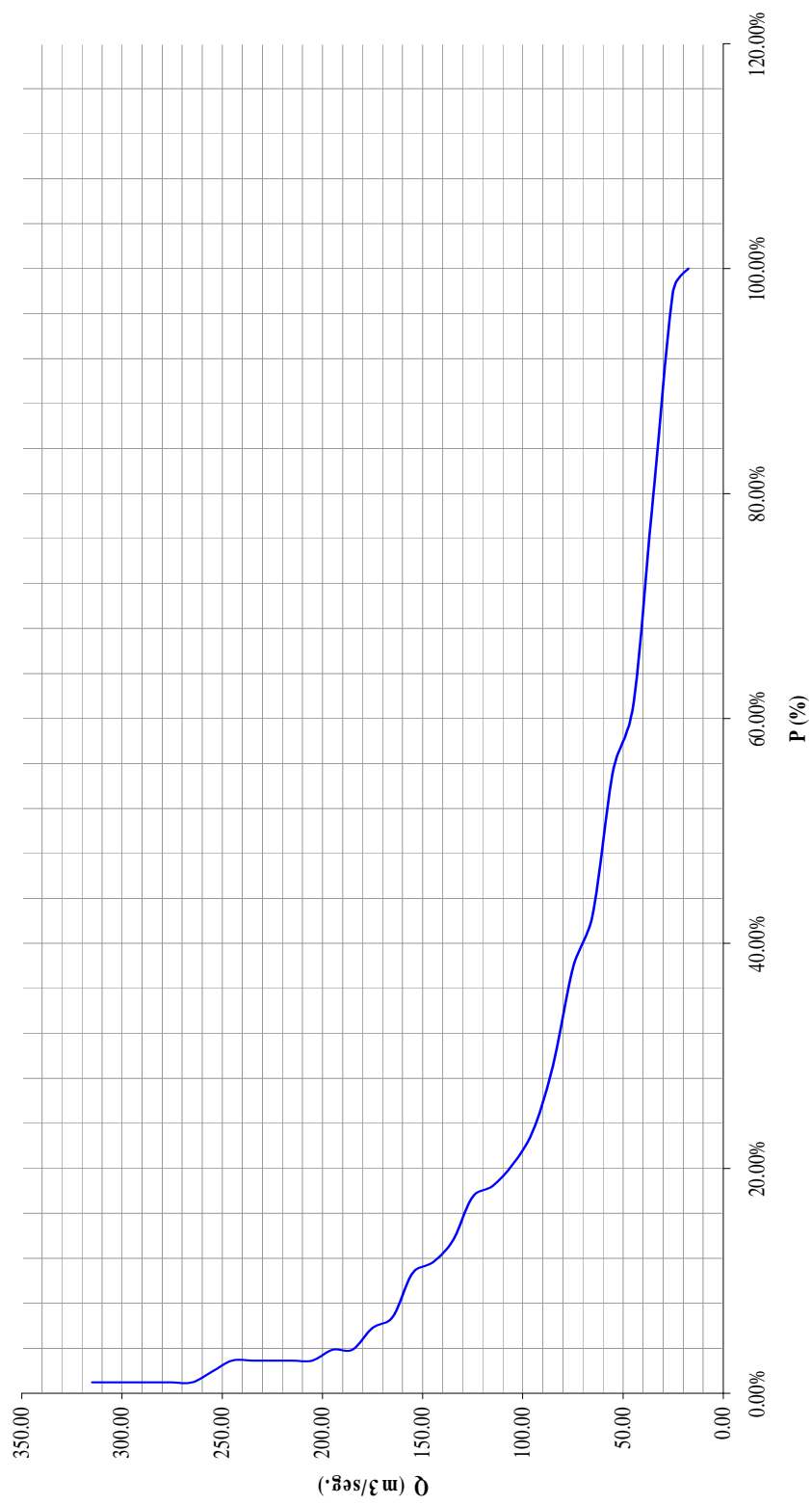
<b>PROM</b>	30.04	107.42	121.70	47.93
<b>MAXIM</b>	39.30	159.03	312.62	88.77
<b>MINIM</b>	22.41	42.20	68.44	17.40

**TABLA 1.8. TABLA DE FRECUENCIA DE CAUDALES DIARIOS****MES DE ABRIL**

RANGO			Qp (m3/seg.)	n	N	P(%)
15	a	20	17.50	2	103	100.00%
20	a	30	25.00	19	101	98.06%
30	a	40	35.00	19	82	79.61%
40	a	50	45.00	6	63	61.17%
50	a	60	55.00	13	57	55.34%
60	a	70	65.00	5	44	42.72%
70	a	80	75.00	9	39	37.86%
80	a	90	85.00	6	30	29.13%
90	a	100	95.00	3	24	23.30%
100	a	110	105.00	2	21	20.39%
110	a	120	115.00	1	19	18.45%
120	a	130	125.00	4	18	17.48%
130	a	140	135.00	2	14	13.59%
140	a	150	145.00	1	12	11.65%
150	a	160	155.00	4	11	10.68%
160	a	170	165.00	1	7	6.80%
170	a	180	175.00	2	6	5.83%
180	a	190	185.00	0	4	3.88%
190	a	200	195.00	1	4	3.88%
200	a	210	205.00	0	3	2.91%
210	a	220	215.00	0	3	2.91%
220	a	230	225.00	0	3	2.91%
230	a	240	235.00	0	3	2.91%
240	a	250	245.00	1	3	2.91%
250	a	260	255.00	1	2	1.94%
260	a	270	265.00	0	1	0.97%
270	a	280	275.00	0	1	0.97%
280	a	290	285.00	0	1	0.97%
290	a	300	295.00	0	1	0.97%
300	a	310	305.00	0	1	0.97%
310	a	320	315.00	1	1	0.97%

103

### CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO TABLACHACA EN EL MES DE ABRIL EN BASE A CAUDALES DIARIOS



**TABLA 1.9. TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR AÑOS****MES DE MAYO**

<b>DÍA</b>	<b>1991</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
1	33.02	-1.00	81.78	16.70
2	30.63	-1.00	56.77	18.63
3	31.83	-1.00	51.46	18.98
4	37.28	-1.00	57.86	18.55
5	33.73	-1.00	46.98	17.03
6	33.68	-1.00	46.66	16.20
7	26.16	-1.00	44.44	14.88
8	32.59	-1.00	42.71	14.68
9	44.17	-1.00	48.39	16.04
10	29.06	-1.00	44.59	20.34
11	26.79	-1.00	49.42	21.12
12	24.45	45.38	41.80	17.98
13	22.97	53.58	39.09	14.37
14	20.85	39.50	38.01	13.01
15	20.19	36.54	38.28	12.68
16	18.67	36.16	38.41	11.91
17	17.10	39.11	35.86	11.86
18	16.05	38.86	32.90	12.04
19	15.04	34.84	31.51	12.18
20	14.04	39.06	29.88	11.89
21	14.00	33.57	28.45	11.33
22	14.04	33.87	31.90	13.26
23	13.29	32.65	34.37	13.30
24	12.86	29.57	30.61	13.47
25	12.28	27.79	28.13	11.91
26	11.34	26.90	38.27	11.43
27	10.68	26.01	8.78	10.32
28	10.24	24.92	27.78	10.22
29	9.80	26.27	29.26	9.18
30	9.35	26.31	33.22	8.75
31	8.91	30.44	29.64	8.40

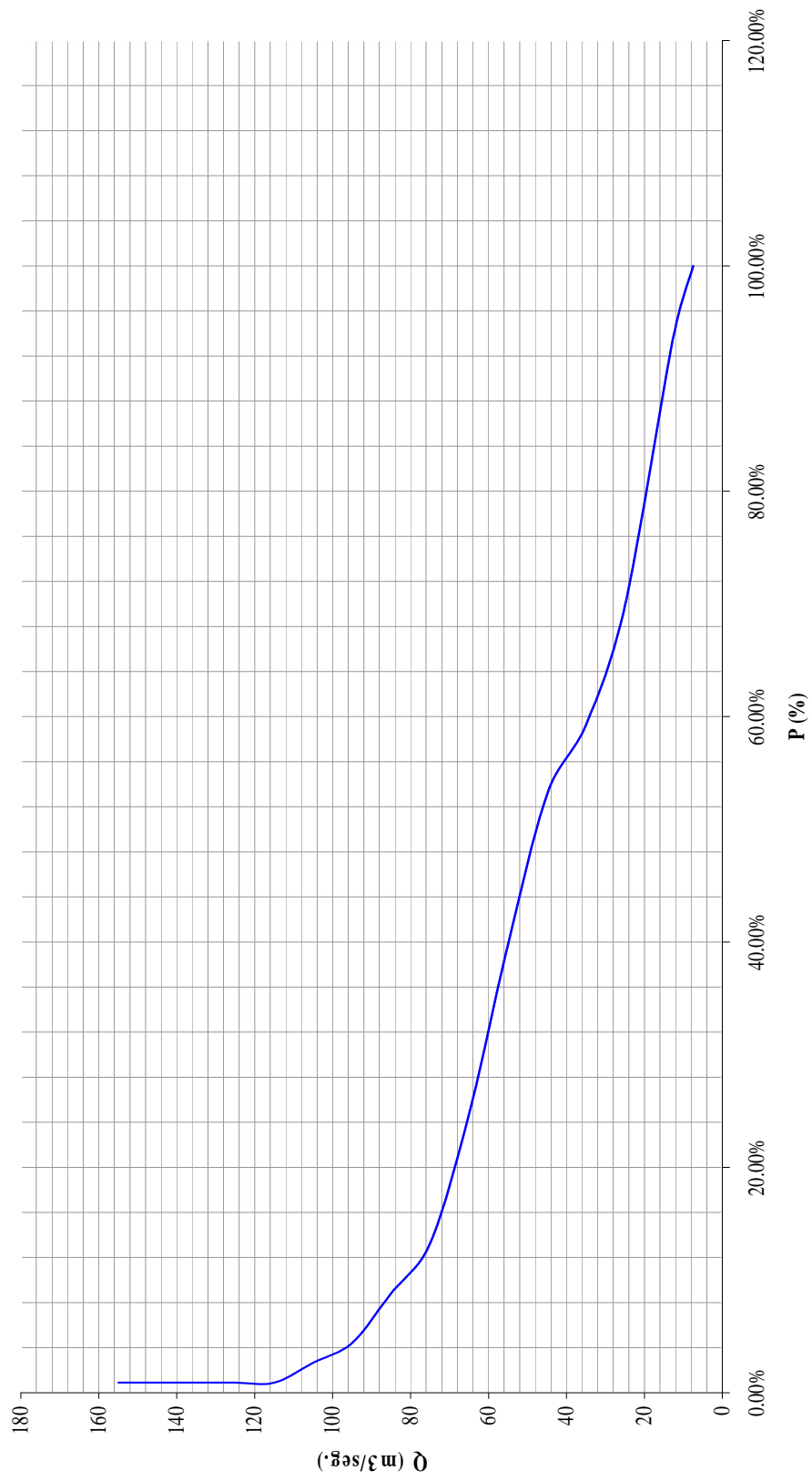
<b>PROM</b>	21.13	34.07	39.26	13.96
<b>MAXIM</b>	44.17	53.58	81.78	21.12
<b>MINIM</b>	8.91	24.92	8.78	8.40

**TABLA 1.0. TABLA DE FRECUENCIA DE CAUDALES DIARIOS****MES DE MAYO**

<b>RANGO</b>			<b>Qp (m3/seg.)</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>P(%)</b>
5	a	10	7.5	7	113	100.00%
10	a	15	12.50	27	106	93.81%
15	a	20	25.00	12	79	69.91%
20	a	25	35.00	7	67	59.29%
25	a	30	45.00	15	60	53.10%
30	a	35	55.00	17	45	39.82%
35	a	40	65.00	13	28	24.78%
40	a	35	75.00	5	15	13.27%
35	a	50	85.00	5	10	8.85%
50	a	55	95.00	2	5	4.42%
55	a	60	105.00	2	3	2.65%
60	a	65	115.00	0	1	0.88%
65	a	70	125.00	0	1	0.88%
70	a	75	135.00	0	1	0.88%
75	a	80	145.00	0	1	0.88%
80	a	85	155.00	1	1	0.88%
				113		



**CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO TABLACHACA EN EL MES DE MAYO EN BASE A CAUDALES DIARIOS**



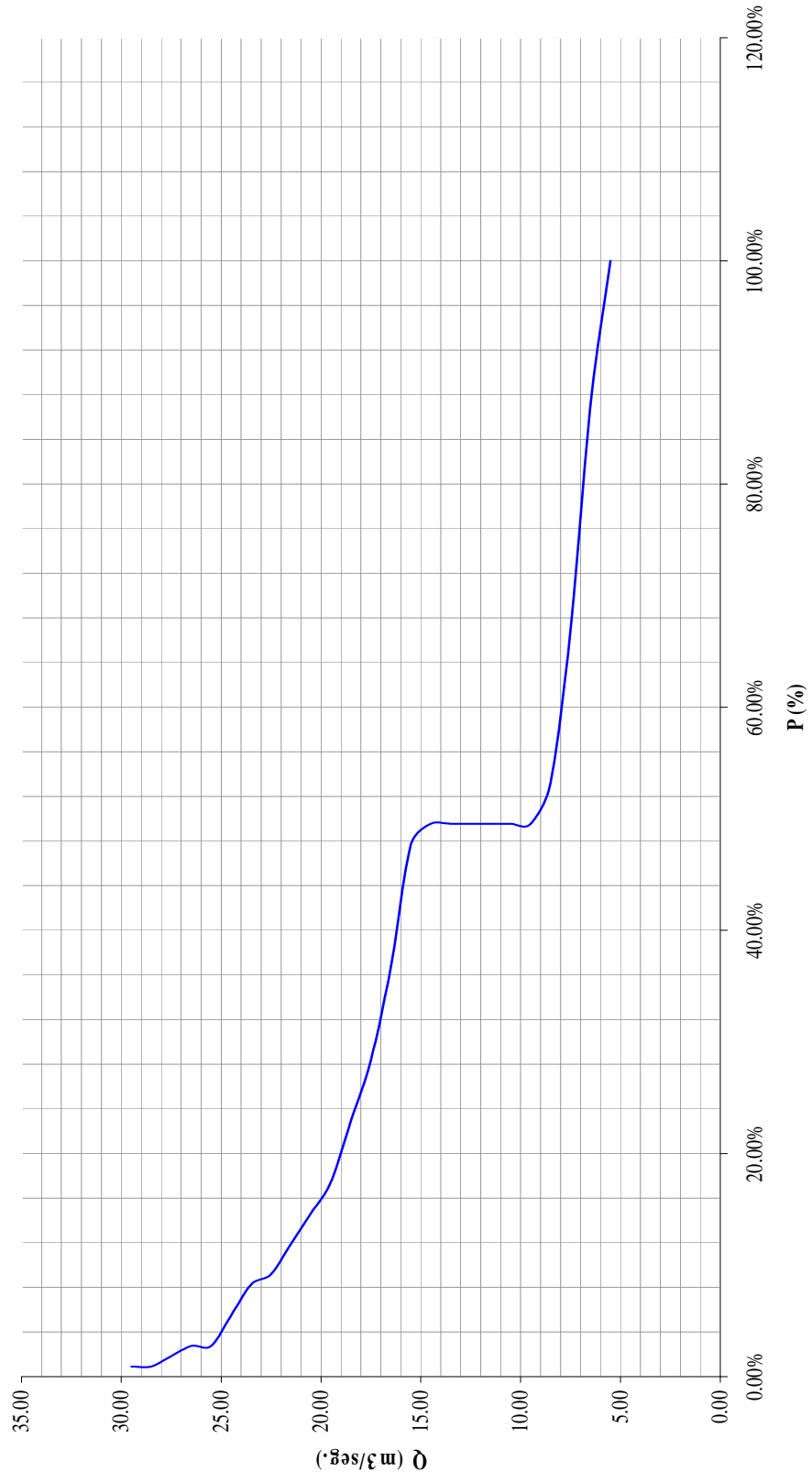
**TABLA 1.11. TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR AÑOS****MES DE JUNIO**

<b>DÍA</b>	<b>1991</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
1	8.47	29.57	27.21	8.24
2	8.03	26.31	24.80	8.17
3	7.81	24.32	24.46	7.76
4	7.59	23.05	23.56	-1.00
5	7.19	21.78	23.31	7.42
6	7.00	21.01	22.14	7.27
7	6.82	20.25	21.22	7.27
8	6.63	19.74	20.57	7.27
9	6.63	19.52	20.02	7.33
10	6.45	18.94	19.43	7.25
11	6.26	18.37	18.40	7.06
12	6.08	18.29	18.10	6.95
13	5.89	-1.00	17.72	6.63
14	5.71	18.00	17.28	6.79
15	5.52	17.79	16.74	6.71
16	5.52	17.63	16.36	6.59
17	5.52	17.24	16.00	6.58
18	5.52	17.14	15.49	6.37
19	5.52	16.66	15.49	6.37
20	5.52	16.27	16.09	6.39
21	-1.00	16.27	16.01	7.49
22	-1.00	15.93	15.49	6.79
23	-1.00	15.72	15.08	6.71
24	-1.00	15.50	14.74	6.83
25	5.34	15.67	14.49	6.46
26	5.52	16.05	-1.00	6.31
27	5.52	15.72	-1.00	6.36
28	5.34	15.56	-1.00	6.79
29	5.16	15.56	-1.00	7.38
30	5.16	15.4	-1.00	7.06
<b>PROM</b>	6.22	18.60	18.81	6.99
<b>MAXIM</b>	8.47	29.57	27.21	8.24
<b>MINIM</b>	5.16	15.40	14.49	6.31

**TABLA 1.2. TABLA DE FRECUENCIA DE CAUDALES DIARIOS****MES DE JUNIO**

	<b>RANGO</b>		<b>Qp (m3/seg.)</b>	<b>N</b>	<b>N</b>	<b>P(%)</b>
5	a	6	5.5	14	109	100.00%
6	a	7	6.50	22	95	87.16%
7	a	8	7.50	15	73	66.97%
8	a	9	8.50	4	58	53.21%
9	a	10	9.50	0	54	49.54%
10	a	11	10.50	0	54	49.54%
11	a	12	11.50	0	54	49.54%
12	a	13	12.50	0	54	49.54%
13	a	14	13.50	0	54	49.54%
14	a	15	14.50	2	54	49.54%
15	a	16	15.50	12	52	47.71%
16	a	17	16.50	9	40	36.70%
17	a	18	17.50	6	31	28.44%
18	a	19	18.50	6	25	22.94%
19	a	20	19.50	3	19	17.43%
20	a	21	20.50	3	16	14.68%
21	a	22	21.50	3	13	11.93%
22	a	23	22.50	1	10	9.17%
23	a	24	23.50	3	9	8.26%
24	a	25	24.50	3	6	5.50%
25	a	26	25.50	0	3	2.75%
26	a	27	26.50	1	3	2.75%
27	a	28	27.50	1	2	1.83%
28	a	29	28.50	0	1	0.92%
29	a	30	29.50	1	1	0.92%
				109		

**CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO TABLACHACA EN EL MES DE JUNIO EN BASE A CAUDALES DIARIOS**



**TABLA 1.13. TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR AÑOS**

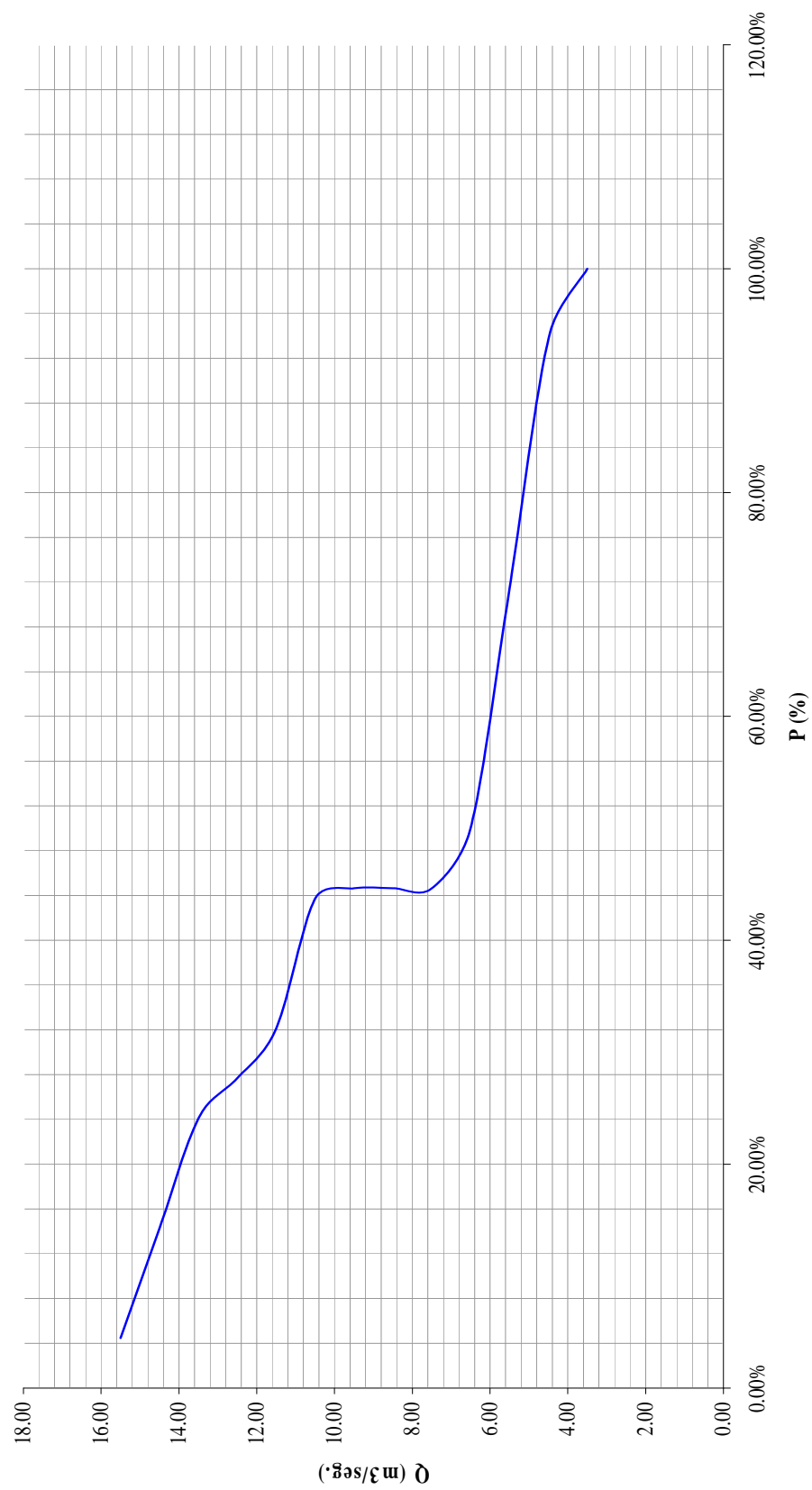
**MES DE JULIO**

<b>DÍA</b>	<b>1991</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
1	4.97	15.49	-1.00	6.74
2	4.79	15.22	-1.00	6.59
3	4.79	15.20	-1.00	6.43
4	4.79	15.04	-1.00	3.68
5	4.79	14.69	-1.00	6.31
6	4.60	15.07	-1.00	6.31
7	4.42	14.93	-1.00	5.99
8	4.42	14.67	-1.00	5.94
9	4.60	14.58	-1.00	5.94
10	4.60	14.58	-1.00	5.95
11	4.42	14.67	-1.00	5.96
12	4.42	14.67	-1.00	5.94
13	4.42	14.49	11.83	5.95
14	4.42	14.39	11.43	5.95
15	4.23	14.55	11.02	5.77
16	4.05	14.11	11.02	5.60
17	4.05	13.94	11.02	5.62
18	4.05	13.66	10.92	5.71
19	4.05	13.58	10.62	5.68
20	4.05	13.58	10.62	5.66
21	3.86	13.29	10.62	5.70
22	3.68	13.22	10.52	5.83
23	3.68	13.09	10.21	6.03
24	4.36	13.22	10.41	5.88
25	4.42	13.11	10.20	5.83
26	4.42	13.00	10.50	5.62
27	4.23	13.03	10.50	5.58
28	4.05	12.96	10.52	5.58
29	3.86	12.85	10.41	5.37
30	3.68	12.56	10.01	5.33
31	3.68	12.67	9.81	5.33

<b>PROM</b>	4.29	14.00	10.64	5.80
<b>MAXIM</b>	4.97	15.49	11.83	6.74
<b>MINIM</b>	3.68	12.56	9.81	3.68

**TABLA 1.14. TABLA DE FRECUENCIA DE CAUDALES DIARIOS  
MES DE JULIO**

RANGO			Qp (m3/seg.)	n	N	P(%)
3	a	4	3.50	7	112	100.00%
4	a	5	4.50	25	105	93.75%
5	a	6	5.50	24	80	71.43%
6	a	7	6.50	6	56	50.00%
7	a	8	7.50	0	50	44.64%
8	a	9	8.50	0	50	44.64%
9	a	10	9.50	1	50	44.64%
10	a	11	10.50	13	49	43.75%
11	a	12	11.50	5	36	32.14%
12	a	13	12.50	4	31	27.68%
13	a	14	13.50	11	27	24.11%
14	a	15	14.50	11	16	14.29%
15	a	16	15.50	5	5	4.46%
				112		

**CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO TABLACHACA EN EL MES DE JULIO EN BASE A CAUDALES DIARIOS**

**TABLA 1.15. TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR AÑOS**  
**MES DE AGOSTO**

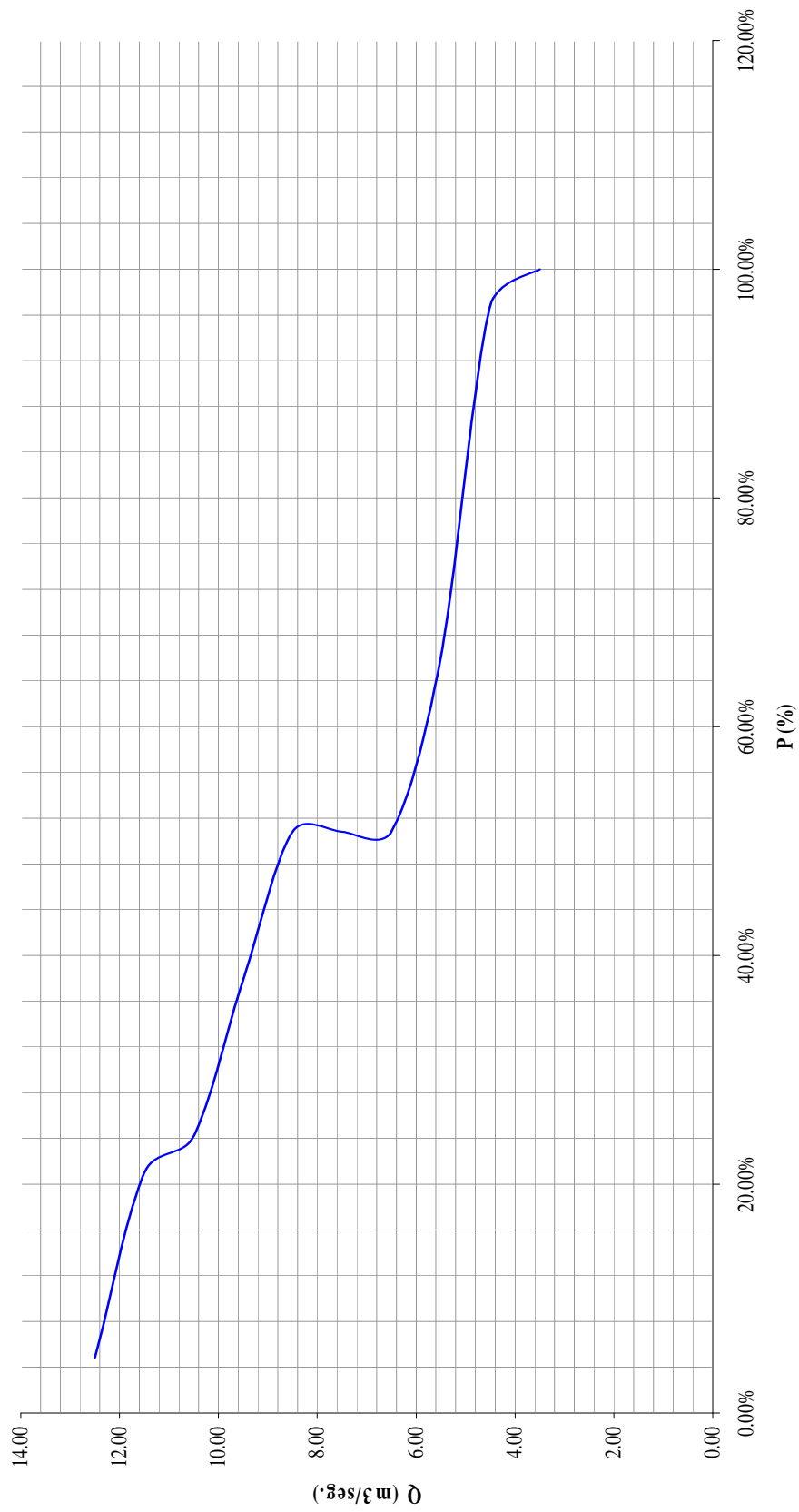
<b>DÍA</b>	<b>1991</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
1	3.54	12.49	9.69	5.33
2	3.41	12.49	9.60	5.33
3	3.41	12.49	9.40	5.33
4	4.00	12.49	9.40	5.21
5	5.08	12.31	9.60	5.08
6	5.52	12.12	9.40	5.08
7	5.52	11.83	9.90	5.08
8	5.34	11.76	9.71	5.08
9	5.16	11.76	9.60	5.08
10	5.34	11.61	9.60	5.08
11	5.16	11.30	9.40	4.96
12	5.16	11.34	9.60	4.83
13	5.16	11.59	9.32	4.83
14	4.97	11.46	9.42	4.83
15	4.97	11.46	9.81	4.83
16	4.79	11.31	9.45	4.83
17	4.79	11.31	8.56	4.83
18	4.60	11.31	8.84	4.71
19	4.42	11.46	8.72	4.59
20	4.42	11.46	8.72	4.71
21	4.42	11.20	8.72	4.83
22	4.60	11.16	8.56	4.71
23	4.60	11.01	8.51	4.59
24	4.60	11.16	8.72	4.59
25	4.60	11.16	8.52	4.59
26	4.79	11.01	8.68	4.59
27	4.60	10.86	8.50	4.46
28	4.60	10.86	8.41	4.34
29	4.79	10.64	8.41	4.34
30	4.6	10.56	8.25	4.34
31	4.6	8.01	8.09	9.77
<b>PROM</b>	4.70	11.39	9.07	4.99
<b>MAXIM</b>	5.52	12.49	9.90	9.77
<b>MINIM</b>	3.41	8.01	8.09	4.34



**TABLA 1.16 TABLA DE FRECUENCIA DE CAUDALES DIARIOS****MES DE AGOSTO**

<b>RANGO</b>			<b>Qp (m3/seg.)</b>	<b>n</b>	<b>N</b>	<b>P(%)</b>
3	a	4	3.50	4	124	100.00%
4	a	5	4.50	38	120	96.77%
5	a	6	5.50	19	82	66.13%
6	a	7	6.50	0	63	50.81%
7	a	8	7.50	0	63	50.81%
8	a	9	8.50	16	63	50.81%
9	a	10	9.50	17	47	37.90%
10	a	11	10.50	4	30	24.19%
11	a	12	11.50	20	26	20.97%
12	a	13	12.50	6	6	4.84%
				124		

**CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO TABLACHACA EN EL MES DE AGOSTO EN BASE A CAUDALES DIARIOS**



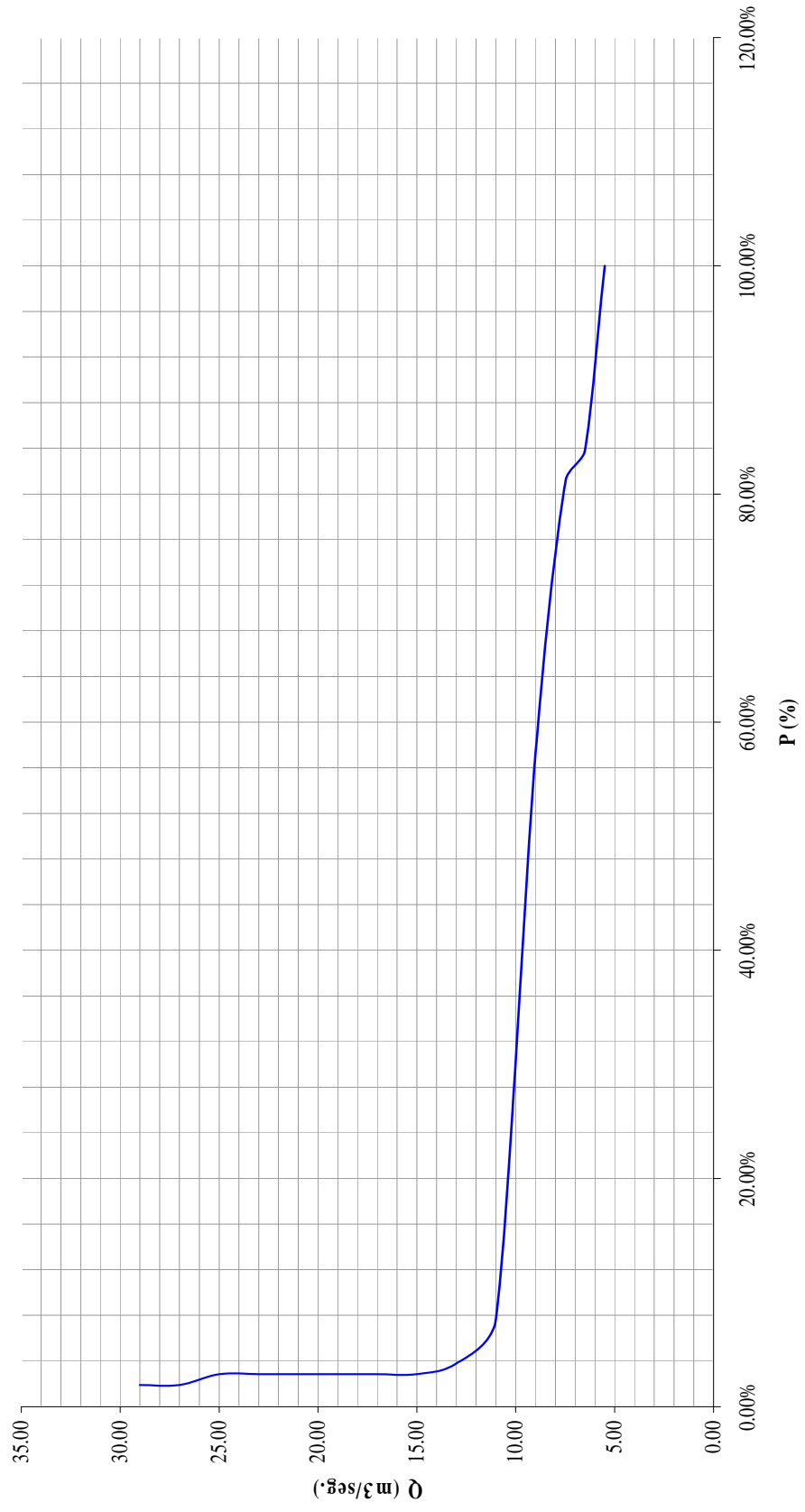
**TABLA 1.17. TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR AÑOS****MES DE SETIEMBRE**

<b>DÍA</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
1	6.03	8.34	8.09	9.77
2	5.93	8.09	8.30	9.77
3	5.93	8.09	8.09	9.59
4	5.93	7.93	7.98	9.42
5	5.93	7.93	7.89	9.42
6	5.93	7.93	7.93	9.42
7	5.93	7.93	7.68	9.42
8	5.84	7.77	7.53	9.42
9	5.74	7.77	7.68	9.42
10	5.74	7.93	7.27	9.42
11	5.74	8.23	7.19	9.42
12	5.74	-1.00	7.03	9.42
13	5.64	9.20	7.40	9.59
14	5.54	9.04	7.29	9.77
15	5.54	8.88	-1.00	9.77
16	5.54	8.56	-1.00	9.77
17	5.45	8.09	6.81	9.77
18	5.35	8.03	7.13	9.77
19	-1.00	8.57	7.21	9.77
20	-1.00	9.04	7.13	9.59
21	-1.00	8.56	6.97	9.24
22	-1.00	8.25	7.72	9.18
23	-1.00	8.88	7.93	9.30
24	-1.00	10.64	8.01	9.13
25	-1.00	10.92	8.48	9.24
26	-1.00	11.77	8.31	9.18
27	-1.00	12.81	7.77	9.21
28	-1.00	25.81	7.61	9.42
29	-1.00	28.01	9.74	9.44
30	-1.00	29.20	10.97	9.67
<b>PROM</b>	5.75	10.37	7.83	9.49
<b>MAXIM</b>	6.03	29.20	10.97	9.77
<b>MINIM</b>	5.35	-1.00	6.81	9.13

**TABLA 1.18. TABLA DE FRECUENCIA DE CAUDALES POR AÑOS  
MES DE SETIEMBRE**

RANGO			Qp (m3/seg.)	N	N	P(%)
5	a	6	5.50	17	105	100.00%
6	a	7	6.50	3	88	83.81%
7	a	8	7.50	25	85	80.95%
8	a	10	9.00	52	60	57.14%
10	a	12	11.00	4	8	7.62%
12	a	14	13.00	1	4	3.81%
14	a	16	15.00	0	3	2.86%
16	a	18	17.00	0	3	2.86%
18	a	20	19.00	0	3	2.86%
20	a	22	21.00	0	3	2.86%
22	a	24	23.00	0	3	2.86%
24	a	26	25.00	1	3	2.86%
26	a	28	27.00	0	2	1.90%
28	a	30	29.00	2	2	1.90%
				105		

**CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO TABLACHACA EN EL MES DE SEPTIEMBRE EN BASE A CAUDALES DIARIOS**



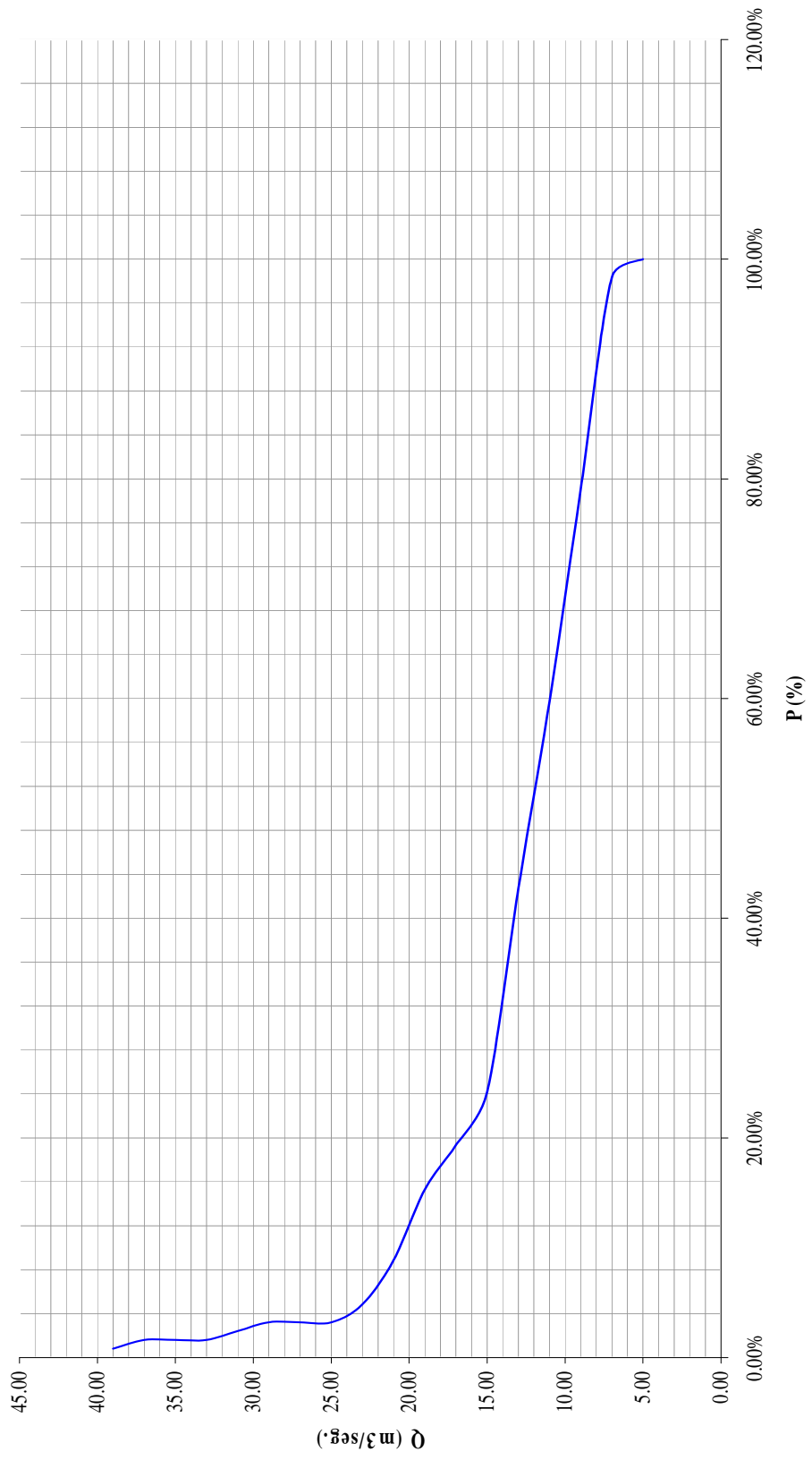
**TABLA 1.19. TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR AÑOS**  
**MES DE OCTUBRE**

<b>DÍA</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
1	5.93	23.14	9.12	9.89
2	6.03	20.10	9.44	10.98
3	6.22	18.86	8.83	10.13
4	6.46	18.26	8.83	9.59
5	10.84	19.69	8.53	9.59
6	12.96	17.78	8.09	9.65
7	13.44	15.74	7.77	9.68
8	12.65	14.25	7.61	9.59
9	13.16	13.09	7.45	9.21
10	13.03	12.24	7.13	9.69
11	12.78	11.63	7.03	9.50
12	15.23	11.02	6.45	9.24
13	13.76	10.82	6.40	9.09
14	13.85	10.92	6.81	9.33
15	12.85	11.43	7.62	9.77
16	12.31	13.74	8.43	9.87
17	11.84	14.35	9.21	9.77
18	12.00	16.51	9.24	10.13
19	12.12	17.21	7.82	14.08
20	11.61	21.75	7.61	13.19
21	11.18	22.42	6.97	11.94
22	11.01	21.28	6.61	11.60
23	10.71	18.63	6.78	11.25
24	10.59	16.57	6.46	11.64
25	13.61	13.88	6.71	18.06
26	12.67	18.33	7.29	13.62
27	13.44	21.26	6.92	13.94
28	18.43	21.97	6.36	11.85
29	17.14	30.95	6.18	11.42
30	15.29	37.90	5.90	18.62
31	13.40	38.04	6.63	28.58
<b>PROM</b>	12.15	18.51	7.49	11.76
<b>MAXIM</b>	18.43	38.04	9.44	28.58
<b>MINIM</b>	5.93	10.82	5.90	9.09

**TABLA 1.20 TABLA DE FRECUENCIA DE CAUDALES DIARIOS**  
**MES DE OCTUBRE**

RANGO			Qp (m3/seg.)	N	N	P(%)
4	a	6	5.00	2	124	100.00%
6	a	8	7.00	24	122	98.39%
8	a	10	9.00	24	98	79.03%
10	a	12	11.00	21	74	59.68%
12	a	14	13.00	23	53	42.74%
14	a	16	15.00	6	30	24.19%
16	a	18	17.00	5	24	19.35%
18	a	20	19.00	8	19	15.32%
20	a	22	21.00	5	11	8.87%
22	a	24	23.00	2	6	4.84%
24	a	26	25.00	0	4	3.23%
26	a	28	27.00	0	4	3.23%
28	a	30	29.00	1	4	3.23%
30	a	32	31.00	1	3	2.42%
32	a	34	33.00	0	2	1.61%
34	a	36	35.00	0	2	1.61%
36	a	38	37.00	1	2	1.61%
38	a	40	39.00	1	1	0.81%
				124		

**CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO TABLACHACA EN EL MES DE OCTUBRE EN BASE A CAUDALES DIARIOS**





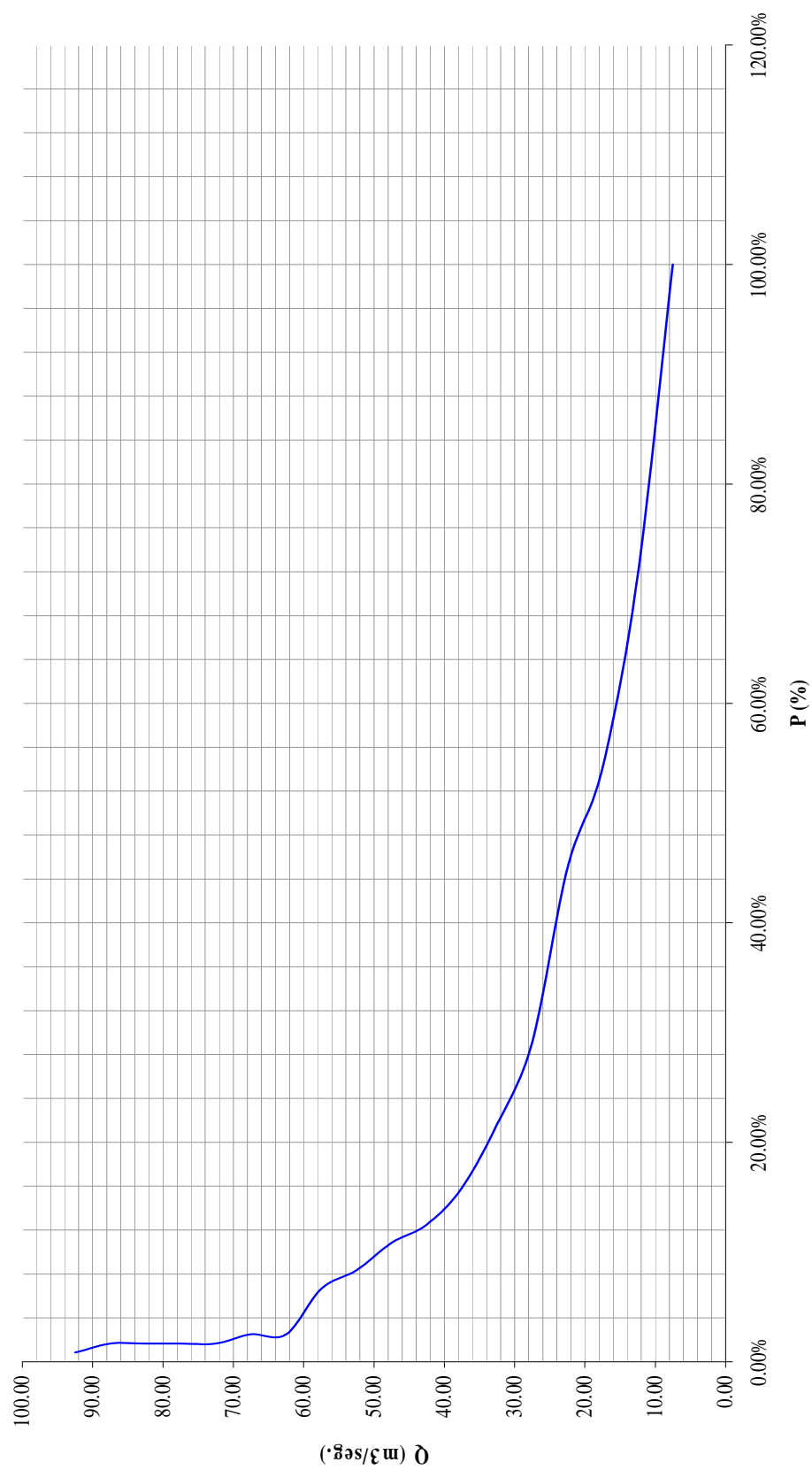
**TABLA 1.21. TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR AÑOS****MES DE NOVIEMBRE**

<b>DÍA</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
1	12.12	32.19	7.07	37.75
2	11.46	31.56	7.29	31.12
3	10.86	44.04	7.19	24.66
4	10.25	55.00	8.41	20.23
5	9.80	55.35	14.57	16.98
6	9.50	47.64	10.97	17.53
7	9.05	45.37	9.94	18.88
8	8.75	47.84	20.53	22.63
9	8.63	56.94	21.30	23.31
10	8.39	91.68	20.49	21.45
11	8.14	89.04	21.57	19.13
12	8.02	68.63	16.36	20.89
13	8.02	55.46	14.45	29.44
14	8.02	50.50	12.53	28.55
15	8.02	43.19	13.70	28.70
16	8.02	37.45	13.57	54.57
17	7.90	32.19	12.36	59.60
18	7.78	28.44	10.81	38.24
19	10.87	26.33	9.42	31.65
20	11.72	24.62	9.07	38.95
21	12.85	22.42	7.73	33.30
22	12.85	20.92	7.68	28.94
23	12.31	20.44	8.08	24.23
24	11.79	22.47	7.58	21.43
25	11.31	26.56	7.09	19.62
26	10.86	28.56	7.05	17.89
27	10.41	30.90	7.42	16.70
28	9.95	27.03	8.44	15.69
29	9.50	23.67	8.68	15.09
30	9.20	21.22	8.85	15.76

<b>PROM</b>	9.88	40.26	11.34	26.43
<b>MAXIM</b>	12.85	91.68	21.57	59.60
<b>MINIM</b>	7.78	20.44	7.05	15.09

**TABLA 1.22. TABLA DE FRECUENCIA DE CAUDALES DIARIOS**  
**MES DE NOVIEMBRE**

RANGO			Qp (m3/seg.)	N	N	P(%)
5	a	10	7.50	34	120	100.00%
10	a	15	12.50	21	86	71.67%
15	a	20	17.50	11	65	54.17%
20	a	25	22.50	19	54	45.00%
25	a	30	27.50	9	35	29.17%
30	a	35	32.50	7	26	21.67%
35	a	40	37.50	4	19	15.83%
40	a	45	42.50	2	15	12.50%
45	a	50	47.50	3	13	10.83%
50	a	55	52.50	2	10	8.33%
55	a	60	57.50	5	8	6.67%
60	a	65	62.50	0	3	2.50%
65	a	70	67.50	1	3	2.50%
70	a	75	72.50	0	2	1.67%
75	a	80	77.50	0	2	1.67%
80	a	85	82.50	0	2	1.67%
85	a	90	87.50	1	2	1.67%
90	a	95	92.50	1	1	0.83%
				120		

**CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO TABLACHACA EN EL MES DE NOVIEMBRE EN BASE A CAUDALES DIARIOS**

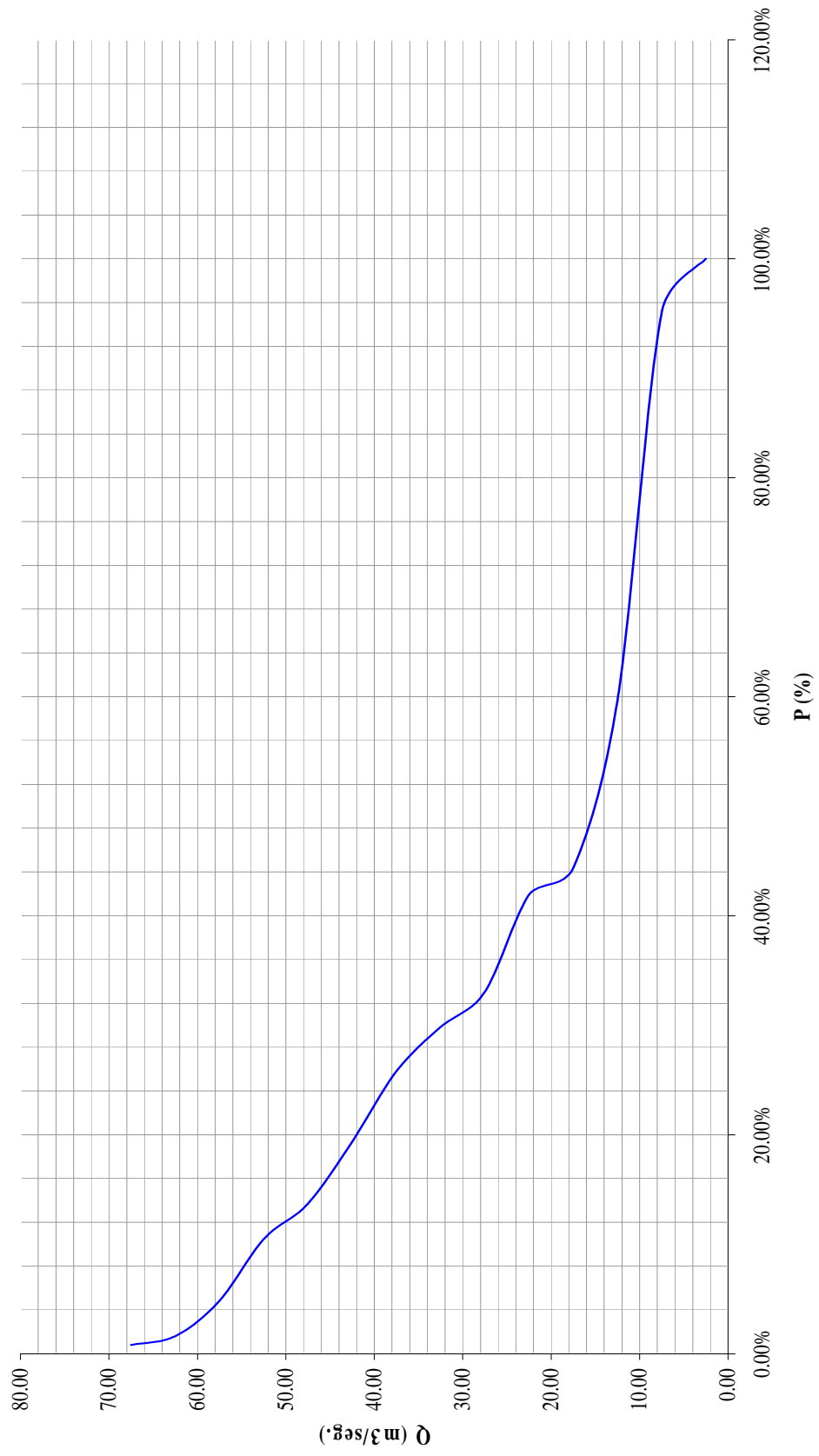
**TABLA 1.23 TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES POR AÑOS****MES DE DICIEMBRE**

<b>DÍA</b>	<b>1991</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>
1	11.72	20.50	8.46	7.92
2	23.65	19.67	11.98	8.18
3	20.32	19.36	11.01	9.56
4	18.35	21.94	10.38	10.91
5	10.02	24.07	10.65	11.12
6	8.03	33.16	14.83	8.97
7	7.00	35.66	11.66	8.14
8	6.45	36.33	11.22	7.70
9	6.08	36.14	10.25	7.76
10	5.89	39.66	9.28	7.27
11	5.71	50.03	8.78	6.79
12	5.34	46.84	8.54	6.31
13	5.16	40.28	8.94	5.99
14	5.16	38.10	10.30	5.71
15	5.09	34.94	9.32	5.62
16	4.79	36.33	9.24	5.61
17	4.79	41.68	8.77	5.71
18	4.60	52.35	10.02	5.71
19	4.60	44.93	14.10	5.71
20	4.79	42.44	27.05	5.60
21	4.79	37.36	23.19	8.90
22	5.10	40.89	29.80	9.48
23	5.16	49.34	50.06	24.29
24	5.16	58.01	32.70	20.87
25	5.22	54.12	25.08	24.13
26	6.95	54.34	43.19	30.78
27	7.37	48.89	51.78	56.62
28	10.65	55.00	33.95	40.78
29	14.43	67.14	27.74	55.89
30	10.93	61.36	23.85	47.58
31	11.43	58.88	23.01	39.69
<b>PROM</b>	8.22	41.93	19.00	16.30
<b>MAXIM</b>	23.65	67.14	51.78	56.62
<b>MINIM</b>	4.60	19.36	8.46	5.60

**TABLA 1.24. TABLA DE FRECUENCIA DE CAUDALES DIARIOS**  
**MES DE DICIEMBRE**

RANGO			Qp (m3/seg.)	n	N	P(%)
0	a	5	2.50	6	124	100.00%
5	a	8	7.50	44	118	95.16%
10	a	15	12.50	19	74	59.68%
15	a	20	17.50	3	55	44.35%
20	a	25	22.50	11	52	41.94%
25	a	30	27.50	4	41	33.06%
30	a	35	32.50	5	37	29.84%
35	a	40	37.50	8	32	25.81%
40	a	45	42.50	7	24	19.35%
45	a	50	47.50	4	17	13.71%
50	a	55	52.50	7	13	10.48%
55	a	60	57.50	4	6	4.84%
60	a	65	62.50	1	2	1.61%
65	a	70	67.50	1	1	0.81%
				124		

**CURVA DE DURACIÓN DEL RÍO TABLACHACA EN EL MES DE DICIEMBRE EN BASE A CAUDALES DIARIOS**



Todas las curvas de Duración han sido elaboradas en base a los datos cronológicos de caudales diarios en los doce meses del año, a fin de obtener una a mayor precisión de valores, la cual es necesario en el estudio de Centrales Hidroeléctricas.

## **CAPITULO 2**

### **ESTUDIO PRELIMINAR GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DEL PROYECTO CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE TABLACHACA**

#### **2.1 OBJETIVO**

En función a la evaluación “in situ” desarrollada desde el 18.07.98 al 23.07.98 se realizó un estudio preliminar geológico-geotécnico de las zonas donde se ubicarán los diferentes componentes del proyecto Central Hidroeléctrica de Tablachaca.

#### **2.2. ESQUEMA DEL PROYECTO**

El proyecto básicamente comprende de los siguientes componentes:

- Obras de captación (Bocatoma) sobre la margen derecha del río Tablachaca, a una altitud aproximada de 1 225 m.s.n.m., a poca distancia aguas debajo de la confluencia de la quebrada Potrero Grande.
- Canal de enlace Bocatoma - Desarenador, desde el Km. 0+000 al Km. 0+500.



- Desarenador, desde el Km. 0+500 al Km. 0+560.
- Canal de enlace Desarenador - Túnel1, con funcionamiento hidráulico a pelo libre (gravedad), desde el Km. 0+560 al 6+960.
- Túnel de perfil nórdico tipo Baúl, desde el Km. 06+960 al Km. 31+100 - Cámara de carga, desde el Km. 31+100 al Km. 32+100.
- Tubería de presión.
- Casa de Máquinas en caverna.

## **2.3 CONDICIONES GEOLÓGICAS GENERALES**

### **2.3.1 Geomorfología**

Geomorfológicamente el río Tablachaca es afluente por la margen derecha del río Santa; el recorrido del río Tablachaca es mayormente Norte-Sur y es el colector principal del drenaje de este sector. El río Tablachaca ha labrado su cauce en rocas sedimentarias, volcánicas e intrusivas de Edad Mesozoico, es un valle juvenil que se caracteriza por la presencia de rápidas y cañones, su característica principal es que presentan flancos de fuerte pendiente y fondo estrecho.

### **2.3.2 Estratigrafía**

En la zona de interés del proyecto se presentan los siguientes tipos de formaciones rocosas:

#### **2.3.2.1 Formación Chimu (ki-chim)**

Litológicamente esta formación está compuesta por bancos de cuarcitas de color blanco a gris claro, contienen intercalaciones de lutitas negras, presentan

estratificación cruzada, y superficialmente se presentan intensamente diaclasadas, esta formación en algunos sectores contiene mantos lenticulares de carbón con espesores variables de unos centímetros hasta 2 a 3 mts.

En el sector del proyecto esta formación se presenta mayormente en la margen izquierda del río Tablachaca en el paraje denominado La Galgada, formando el núcleo del anticlinal La Galgada; en la margen derecha se encuentra en contacto fallado con la formación Santa-Carhuas a través de la falla La Galgada.

#### **2.3.2.2 Formación Santa-Carhuas (ki-sa ca)**

En la zona del proyecto estas dos formaciones se ha mapeado como una sola en razón de que la formación Santa es muy delgada, además de la discordancia que existe entre ambas formaciones no está diferenciada en gran parte de la zona en mención.

Litológicamente la formación Santa está conformada por limolitas de color gris, amarillentas y oscuras, intercaladas con lutitas arenosas de color gris a negro en la base y calizas negras en capas delgadas en los niveles superiores.

La formación Carhuas está conformada por una secuencia de lutitas de color marrón, gris oscuras hasta negras intercaladas con capas delgadas de calizas gris oscura.

Estas formaciones se presentan aguas arriba de la Falla La Galgada en ambos flancos del río Tablachaca y formando los flancos del anticlinal La Galgada, aguas debajo de la falla homónima.

### **2.3.2.3 Formación Huaylas (ks-h)**

Litológicamente esta formación está conformado por conglomerados estratificados en bancos gruesos; los componentes son calizas, areniscas y lutitas, algunas veces se presentan capas de areniscas arcillosas, los colores son verdosos a rojizas.

En la zona de interés afloran por el sector donde se ubicarían la captación y el desarenador, también frente al río Ancos que desagua al río Tablachaca.

### **2.3.2.4 Volcánico Calipuy (kti-vca)**

Esta formación consiste de bancos de brechas y aglomerados volcánicos bastante compactos y lavas de composición mayormente andesíticos, riolíticos a riodacíticos, presentan una pseudo estratificación en bancos gruesos de forma ondulada.

En el sector del proyecto ocupan la parte central del mismo y está en relación directa con el túnel de aducción.

### **2.3.2.5 Depósitos Cuaternarios (Q-al; Q-co)**

Con esta denominación se describen a depósitos inconsolidados que se encuentran en los flancos de los cerros (Q-co) y rellenando el fondo de los ríos y quebradas (Q-al). Estos materiales están relacionados con algunos sectores del trazo del canal de aducción.

### **2.3.2.6 Rocas Intrusivas (kti-gd)**

Con este nombre se distingue a un gran afloramiento de rocas ígneas que están directamente relacionados con el tramo final del túnel, cámara de carga, tubería forzada y la caverna para la casa de máquinas.

Esta roca se presenta de color gris claro, textura equigranular, holocristalina, de granos gruesos a medianas. La granodiorita es la que más abunda aunque se pueden encontrar gradaciones a granito y dioritas y diques de andesitas.

### 2.3.3 Geodinámica externa

Se han identificado procesos geodinámicos contemporáneos que ocurrieron o que pudieran ocurrir dentro del área de influencia del proyecto, evaluándose la magnitud de sus efectos en relación a las obras a proyectarse.

El pronóstico de ocurrencia así como sus efectos resulta difícil, solo es posible tratar el tema en términos cualitativos por analogía de casos históricos registrados especialmente en este sector del territorio Peruano, como son:

- Desprendimiento de bloques (zona del canal de aducción y de la tubería forzada).
- Deslizamientos (depósitos cuaternarios relacionados al canal de aducción).
- Flujos de lodo e inundaciones; en este sector del país es frecuente la ocurrencia de este tipo de fenómenos, como son: huaycos, desborde de lagunas, desprendimiento de masas de hielo relacionados a la acción de los sismos (aluvión del año 1970) que podría afectar a la casa de máquinas si ésta se ubicase en superficie; tal como ocurrió recientemente en el valle de Aobamba, donde un alud de lodo y piedras represó el río Vilcanota inundando las instalaciones de la casa de fuerza de la Central Hidroeléctrica de Machupicchu.

#### **2.3.4 Estructuras geológicas**

La zona del presente estudio se puede dividir geológicamente en dos (02) grandes sectores, como son:

##### **Sector Norte**

Con área de influencia desde la quebrada Ancos hacia el Norte, donde se presentan las rocas sedimentarias, que regionalmente se muestran formando anticlinales y sinclinales, con presencia de fallas de carácter regional como la falla La Galgada y la falla Ancos.

La falla La Galgada tiene orientación SO-NE y cruzará diagonalmente al canal de aducción frente a la quebrada El Carbón, esta falla pone en contacto rocas sedimentarias de las formaciones Santa-Carhuas del bloque superior, con rocas de las formaciones Chimú, Santa-Carhuas del bloque inferior.

La falla Ancos, no tiene influencia en el proyecto por afectar únicamente la margen izquierda del río Tablachaca mientras que la totalidad del proyecto se desarrolla por la margen derecha del río en mención.

El anticlinal La Galgada tiene orientación NO-SE y cruza la quebrada de Marin, en esta estructura se ubica la boca de entrada del túnel de aducción, estando el núcleo conformado por rocas areniscas de la formación Chimú.

##### **Sector Sur**

Con área de influencia desde la quebrada Ancos hacia aguas abajo, está conformado principalmente por rocas volcánicas e intrusivas; no presentan en superficie estructuras de importancia, solo el contacto discordante entre el intrusivo granodiorítico y las rocas del volcánico Calipuy que se presentan onduladas.

## **2.3.5 Condiciones geológicas de las obras**

### **2.3.5.1 Obras de Captación**

Esta estructura estará ubicada en un tramo donde el río Tablachaca presenta dos curvas casi en ángulo recto, la obra de captación está en la primera curva del río ubicada entre las quebradas Potrero Grande y Las Chicheras, a una altitud aprox. de 1 225,00 m.s.n.m.

En dicho sector afloran en ambas márgenes rocas de la formación Huaylas que están conformadas por bancos de conglomerados, cuya características estratigráficas son azimuth N 215° y buzamiento 45° NW, es decir, el azimuth es subperpendicular a la dirección de la corriente del río y el buzamiento hacia aguas arriba, lo que garantiza que se puede captar la mayor capacidad acuífera del río y por las buenas condiciones geomecánicas de las rocas que afloran en ambas márgenes del río Tablachaca la cimentación del barraje, muros de encauzamiento, losas, etc. están garantizadas.

El ancho promedio del río en este sector es de aprox. 40,00 mts.

Estimativamente se asumen las siguientes propiedades geomecánicas para las rocas del conglomerado Huaylas:

Densidad : 1,70 a 2,20 Kg /cm<sup>3</sup>

Resistencia a la compresión : 200 a 500 Kg / cm<sup>2</sup>

### **2.3.5.2 Canal de enlace Bocatoma – Desarenador**

Este canal con longitud de 500,00 mt., se desarrollará en su totalidad dentro de los conglomerados de la formación Huaylas.

### **2.3.5.3 Desarenador**

Esta estructura estará ubicada en la 2da. Curva, sobre una terraza en la margen derecha del río Tablachaca, la roca basal de esta terraza está conformada por los conglomerados de la formación Huaylas cuyas características y propiedades geotécnicas están mencionadas en el acápite anterior, por lo que consideramos que la cimentación está garantizada.

### **2.3.5.4 Canal de enlace Desarenador-Boca de entrada al Túnel**

En una longitud de 6 400,00 mts. se recorre los siguientes tipos de suelos y/o rocas:

Del Km. 0+560 al Km. 0+840, depósitos coluviales poco cohesivos en superficie, el basamento está conformado por la formación Huaylas, es decir, conglomerados en bancos gruesos, la posición estratigráfica de estas rocas son diagonales al trazo del canal y el buzamiento de fuerte ángulo, lo que confiere cierta estabilidad, en este sector se recomienda canal tapado.

Del Km. 0+840 al Km. 6+050, la cimentación del canal estará mayormente sobre depósitos coluviales y como basamento rocas compuestas por lutitas y calizas en capas delgadas de la formación Santa-Carhuas; algunos sectores están cubiertos por depósitos de naturaleza aluvial; es necesario mencionar que deberán construirse algunos puentes-canales para cruzar quebradas, como por ejemplo: la quebrada Chuquicarita, los estribos de estas estructuras se cimentarán en rocas de la formación Santa-Carhuas (ver fotos N° 03 y 04).

Del Km. 6+050 al 6+250, en este tramo el canal cruzará la falla La Galgada en forma diagonal; será necesario realizar un estudio detallado de dicha falla

para precisar la longitud del canal que está relacionada a la traza de la falla y así poder diseñar una estructura adecuada

Del Km. 6+250 al 6+960, el canal se fundará sobre rocas de la formación Chimu que son areniscas duras con buenas condiciones geomecánicas, siendo que en la progresiva 6+960 estará ubicada la boca de entrada al túnel de aducción.

#### **2.3.5.5 Túnel de Aducción**

Esta estructura hidráulica en una longitud de 24 140 mts cortara los siguientes tipos de rocas:

Del Km. 06+960 al Km. 08+220, cortará rocas de la formación Chimu, cuya inclinación de los buzamientos es del orden de  $35^{\circ}$  -  $40^{\circ}$ , el túnel deberá ser revestido en sección completa (100%), por presentarse las rocas muy fracturadas debido a la poca cobertura (encampane) de aprox. 50 mts.

Del Km. 08+220 al Km. 10+000, en este tramo el túnel está conformado por rocas de la formación Santa-Carhuas, es decir, por lutitas y calizas en capas delgadas, la inclinación de los estratos es de  $30^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  y diagonales al rumbo del túnel, deberá ser revestido en sección completa (100%).

Del Km. 10+000 al Km. 10+300, en este tramo se encontrará rocas conglomerádicas de la formación Huaylas, es este sector es posible la presencia de aguas subterráneas con ciertos caudales.



Del Km. 10+300 al Km. 23+200, este tramo por la interpretación de la geología de superficie debe excavarse en rocas volcánicas de la formación Calipuy, pero es posible que a la rasante del túnel se encuentren rocas sedimentarias tanto de la formación Huaylas como de la formación Santa-Carhuas, ya que estas volcánicas suprayacen con discordancia a las formaciones anteriormente mencionadas, es probable la presencia de aguas subterráneas con ciertos caudales.

Del Km. 23+200 al Km. 31+100, este tramo está relacionado con las rocas intrusivas de naturaleza granodiorítica, granítica y diorítica, estos intrusivos en superficie se presentan fracturados, pero en profundidad se presentarían frescos con buenas condiciones geomecánicas para la excavación del túnel.

**Cuadro N° 01- Proyección estimada de las condiciones Litológicas del Túnel**

Progresivas		Dist.parcial (mts)	%	Condiciones geológicas	Clasif. Macizo Rocoso			Gases
Del	Al				Mala	Regular	Buena	
06+960	08+220	1 260,00	5,22	Formación Chimú, areniscas, cuarzosas con intercalación de lutitas y mantos de carbón, se encuentra fracturado.	25%	50%	25%	Si
08+220	10+000	1 780,00	7,37	Formación Santa-Carhuas limolitas y lutitas con calizas en capas delgadas	80%	20%		Si
10+000	10+300	300,00	1,24	Formación Huaylas, conglomerados en bancos gruesos		50%	50%	No
10+300	23+200	12 900,00	53,44	Volcánico Caplipuy, bancos de derrames, brechas y aglomerados compactos	15%	60%	25%	No
23+200	31+100	7 900,00	32,73	Roca intrusiva, granodioríticas, granitos, regularmente fracturada con eventuales diques	10%	15%	75%	No
<b>Total</b>		<b>24 140,00</b>	<b>100,00</b>					

Cuadro N° 02- Proyección estimada de elementos de sostenimiento

Formación	Litología	Longitud (mts)	Elementos de sostenimiento primario			
			Shotcrete e = 2~3	Malla y/o Anclaje	Cimbras metálicas	Prerevestimiento y/o blindaje
Chimu	Areniscas, lutitas	1 260,00	50%	20%		
Santa-Carhuaz	Limolitas, lutitas, calizas	1 780,00		10%	40%	50%
Huaylas	Conglomerados	300,00	60%			
Calipuy	Derrames, brechas volcánicas	12 900,00	40%	20%		
Intrusivo	Granodioritas y granitos	7 900,00	20%	20%		

### 2.3.5.6 Cámara de Carga, Tubería Forzada, Pique y Casa de Máquinas

Estas cuatro estructuras están relacionadas directamente con la roca intrusiva que superficialmente se encuentra diaclazada pero en profundidad mejoran notoriamente en sus propiedades físicas y geotécnicas, la roca fracturada estará en relación con la tubería forzada. Para la correcta ubicación de las estructuras: cámara de carga, pique y casa de maquinas, se deberá programar la ejecución de investigaciones geognósticas.

La casa de máquinas se ha proyectado en caverna en vista de que en superficie no existen áreas adecuadas y tendría que realizarse excesivo movimiento de roca.

Las pequeñas terrazas aluviales son zonas expuestas a inundación por acción de fenómenos de geodinámica como el ocurrido en mayo de 1970, cuyas marcas actualmente se muestran en el lecho del río Santa.

### 2.3.6 Investigaciones de campo

Para una correcta y adecuada ubicación de los diferentes componentes del proyecto, es necesario realizar un programa de investigaciones para cuantificar las propiedades geotécnicas de las rocas y suelos que tengan relación directa con el proyecto, por lo que tentativamente se propone el siguiente programa de investigaciones.

Cabe mencionar que este programa puede ser ajustado después de un levantamiento geológico detallado de la zona de interés del proyecto a una escala adecuada (1: 5 000 a 1:10 000).

#### **2.3.6.1 Excavación de calicatas y trincheras**

Se deberán realizar en los depósitos sueltos que estén relacionados con la excavación del canal con ensayos de campo (permeabilidad y densidad) y obtención de muestras para ensayos de laboratorio.

Numero de calicatas = 10

Profundidad de 2,00 a 3,00 mts.

También se deberán investigar canteras para materiales de construcción, en las playas del río Santa.

#### **2.3.6.2 Exploración Geofísica**

Para conocer el espesor de depósitos cuaternarios, grado de meteorización de los substratos rocosos, ubicación y características de la falla La Galgada relacionada con el trazo del canal estimativamente se recomienda:

- 1 000,00 mts. de sísmica de refracción.
- 20 sondajes eléctricos verticales.

#### **2.3.6.3 Sondeos**

Estas investigaciones directas en campo proporcionaran información muy valiosa, por lo que su distribución debe ser cuidadosamente programado y adecuado; tentativamente se propone el siguiente programa de investigaciones:

- **Obras de Captación**

Tres (03) perforaciones de 15 a 20 mts. de profundidad distribuidas de la siguiente manera: una en la margen derecha, una en la margen izquierda y una en el lecho del río Tablachaca.

- **Desarenador**

Dos (02) perforaciones de 10 a 15 mts. donde estén las mayores cargas estructurales (cimentación de los muros).

- **Túnel de Aducción**

Cuatro (04) perforaciones de 100 mts. cada una, siendo dos (02) en las zonas de las ventanas de trabajo donde la cobertura rocosa bordea los 100 mts., una en la boca de entrada y otra en la boca de salida.

- **Cámara de Carga**

Una (01) perforación de 80 mts.

- **Pique de la Tubería Forzada**

Una (01) perforación de 130 a 160 mts.

Todas las perforaciones serán con diámetro mínimo Nx y con recuperación continua de testigos para su evaluación de propiedades geotécnicas.

#### **2.3.6.4 Socavones exploratorios**

Se recomienda efectuar un socavón exploratorio de 150 a 200 mts, para conocer las características geotécnicas de la casa de máquinas en caverna.

### CAPITULO 3

## CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DEL DISEÑO HIDRÁULICO ESTRUCTURAL A NIVEL DE INGENIERÍA BÁSICA DE LOS DIFERENTES COMPONENTES DE LAS OBRAS CIVILES

### 3.1 DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL DE ENLACE

Será del tipo rectangular y estará ubicado sobre la cota de rasante de la plataforma de excavación. El diseño hidráulico se realizará sobre la base de una sección de canal donde el ancho sea igual al del túnel con revestimiento a sección completa ( $b = 3,10\text{m}$ ).

Luego se tendrá:

Área	A	=	b x d	=	3,1 d
Perímetro	P	=	b + 2d	=	3,10 + 2d
Radio hidráulico	Rh	=	(A/P)	=	(3,1d)/(3,1 + 2d)
Pendiente	S	=	0,001		
Coef. de rugosidad	n	=	0,016		

Aplicando la fórmula de Manning se obtiene:

$$\begin{aligned}
 d &= 2,38 \text{ mts.} \\
 bl &= 0,22 \text{ mts.} \\
 h &= 2,60 \text{ mts.} \\
 V &= 1,90 \text{ m/seg.}
 \end{aligned}$$

### Calculo del tirante para un caudal de $Q = 10,50 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Aplicando la fórmula de Manning se tendrá:

$$K = \frac{Q \times n}{B^{8/3} \times S^{1/2}}$$

$$K = \frac{10,50 \times 0,016}{(3,10)^{8/3} \times (0,001)^{1/2}}$$

$$d = 1,90 \text{ mts.}$$

$$K = 0,260 \rightarrow A = 5,89 \text{ m}^2$$

$$V = 1,78 \text{ m / seg.}$$

### 3.2 CÁLCULO HIDRÁULICO DEL DESARENADOR

Se diseñará tres (03) naves, de las cuales dos (02) serán para conducir un caudal (Q) de  $3,00 \text{ m}^3/\text{seg.}$  cada una y la tercera tendrá capacidad de conducir un caudal de  $8,00 \text{ m}^3/\text{seg.}$

#### Calculo de las dimensiones de la nave con $Q = 8,00 \text{ m}^3/\text{s.}$

Tendrá un funcionamiento de lavado intermitente, debiendo permitir la sedimentación de partículas con diámetro superior o igual a  $0,25 \text{ mm.}$

Para  $d = 0,25 \text{ mm.}$ , según Arkhangelski la velocidad de sedimentación (W) debe tener un valor de  $0,027 \text{ m/seg.}$

Asumiendo que la velocidad del agua en la nave central es igual a  $V = 0,25$  m/seg., la sección transversal (A) sería de:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{8,00}{0,25} = 32m^2$$

Definiendo para las paredes de la nave central una relación ancho/tirante (b/d) igual a 2,00, se obtiene:

$$A = b \times d = 2d \times d = 2,0 \times d^2$$

Luego:  $32 = 2,0 \times d^2 \rightarrow d = 4,0mts. \rightarrow b = 8,0mts.$

La longitud activa de la nave se calcula con la fórmula siguiente:  $L = 1,2 \times (dV / W)$

Luego:  $L = \frac{1,20 \times 4,00 \times 0,25}{0,027} = 44,44mts.$  Se tomará:  $L = 45,00$  mts.

### **Cálculo de las dimensiones de las dos (02) naves con $Q = 3,00$ m<sup>3</sup>/s.**

El área necesaria en cada nave será de:  $A = Q / V = 3,00 / 0,25 = 12,00m^2$

Para no modificar la longitud activa del Desarenador se tomará para el tirante (d) un valor de 4,00 mts., con lo cual se obtiene:

$$A = b \times d = b \times 4,00 = 12$$

Luego se tendrá:  $b = 3,00$  mts.

### **Cálculo del tirante normal en el canal para un caudal de 8,00 m<sup>3</sup>/s.**

Aplicando la fórmula de Manning se tendrá:

$$K = \frac{Q \times n}{B^{8/3} \times S^{1/2}}$$

$$K = \frac{8,00 \times 0,016}{(3,10)^{8/3} \times (0,001)^{1/2}}$$

$$d = 1,55 \text{ mts.}$$

$$K = 0,198 \rightarrow A = 4,805 \text{ m}^2$$

$$V = 1,66 \text{ m / seg.}$$

### **Cálculo de la longitud de los dos (02) vertederos laterales**

Considerando que el umbral de ambos vertederos laterales tendrá la misma inclinación que el fondo del canal y que éste sea de ancho constante, se usará para el cálculo de la longitud de cada umbral la fórmula de ENGELS, que se muestra a continuación:

$$Q = (2/3)\mu(2g)^{1/2}(l^{5/2} \times h^5)^{1/3}$$

Donde, h es la altura máxima que pueden alcanzar las aguas sobre la coronación de cada vertedero lateral.

Datos:

$$Q = 3,00 \text{ m}^3/\text{seg.}, \quad \mu = 0,45, \quad g = 9,81 \text{ m/seg}^2, \quad h = 0,45 \text{ m.}$$

Reemplazando valores en la fórmula se obtiene:

$$8,54 = l^{5/6} \rightarrow l = 13,12 \rightarrow \text{Se tomará: } l = 13,50 \text{ mts.}$$

### **Cálculo de la longitud de la transición de ingreso**

La transición de ingreso será diseñada con un ángulo de 15°00' respecto al eje del canal de enlace, para evitar la separación de las aguas en gran escala o mayor turbulencia.

$$\text{Ancho del canal de enlace: } b_1 = 3,10 \text{ mts.}$$



Ancho efectivo de la nave

central del Desarenador:  $b_2 = 8,00\text{mts.}$

$L_i =$  Longitud de la transición de ingreso

$$L_i = \left(\frac{b_2 - b_1}{2}\right) \text{Ctg}15^\circ00' = \left(\frac{8,00 - 3,10}{2}\right) \text{Ctg}15^\circ00'$$

$L_i = 9,4\text{mts.} \rightarrow$  Se tomará:  $L_i = 9,50\text{mts.}$

### **Cálculo de la longitud de la transición de salida**

La transición de salida será diseñada con un ángulo de  $25^\circ00'$  respecto al eje del canal de enlace.

Ancho del canal de enlace:  $b_1 = 3,10\text{mts.}$

Ancho efectivo de la nave

central del Desarenador:  $b_2 = 8,00\text{mts.}$

$L_i =$  Longitud de la transición de salida

$$L_i = \left(\frac{b_2 - b_1}{2}\right) \text{Ctg}15^\circ00' = \left(\frac{8,00 - 3,10}{2}\right) \text{Ctg}15^\circ00'$$

$L_i = 5,25\text{mts.} \rightarrow$  Se tomará:  $L_i = 5,50\text{mts.}$

### **3.3 DISEÑO DE LA CÁMARA DE CARGA**

La Cámara de Carga es una estructura hidráulica que estará ubicada al final del túnel de conducción y que será diseñada para cumplir las siguientes funciones:

Permitir el almacenamiento de 50 400,00 m<sup>3</sup> de agua, que permitan satisfacer las necesidades de las turbinas durante 04 horas (desde las 18:00 hasta las 22:00 horas) para generar una potencia máxima de 80 Mw.

Servir de transición para el paso del caudal desde el túnel de conducción hacia la tubería forzada.

Dotar a la tubería forzada de un nivel mínimo de agua de forma que exista una carga constante y poder controlar las variaciones de caudal hacia las turbinas.

Eliminar el agua no utilizada en las turbinas por medio de un vertedero y canal de demasías.

Impedir la entrada a la tubería forzada de materiales sólidos de arrastre y flotantes como piedras, arenas o basura.

### **Cálculo del volumen mínimo**

Se aplicará la formula de E. J. Low:  $V_{min} = (0,693 \times A \times V_o^2) (s \times g)$

donde:

Vmin.	Volumen mínimo de la Cámara de Carga	
A	Área hidráulica en el túnel con el Q de 14.00 m <sup>3</sup> /seg.	= 9,66 m <sup>2</sup> .
s	Pendiente del túnel de conducción	= 0,002
G	Aceleración de la gravedad	= 9,81 m/seg <sup>2</sup> .
Vo	Velocidad del agua en el túnel de conducción	= 1,45 m/seg.

Luego se tendrá que  $V_{min} = 1,035 \text{ m}^3$ .

### **Cálculo de la carga mínima de agua sobre la tubería forzada**

A fin de evitar el ingreso de aire a la tubería forzada y posteriores remolinos, es que se hace necesario mantener una carga (H) mínima de agua sobre el eje de dicha tubería, la misma que se calculara con la formula siguiente:

$$H = K x (V_{tp}^2/2g)$$

donde:

$$V_{tp} = \text{Velocidad en la tubería forzada} = 6,00 \text{ m/seg.}$$

$$K = \text{Factor de carga} = 2,50$$

Luego se tendrá que:  $H = 4,59 \text{ mts.} \rightarrow H = 4,60 \text{ mts.}$

### **Cálculo de la longitud del vertedero de demasías**

Asumiendo una carga de agua de 0,10 mts. sobre la cresta del vertedero para el caso extremo de evacuar todo el caudal de 14,00 m<sup>3</sup>/seg., se necesitara una longitud de:

$$L = Q/1,8h^{3/2} = (14,00/1,8 x 0,10^{3/2}) = 246 \text{ mts.}$$

Se asumirá:  $L = 250 \text{ mts.}$

### **Cálculo de la longitud de la transición de ingreso**

La transición de ingreso será diseñada con un ángulo de 12°30' respecto al eje del Túnel (tramo IV), para evitar la separación de las aguas en gran escala o mayor turbulencia.

$$\text{Ancho del Túnel (tramo N):} \quad b1 = 3,60 \text{ mts.}$$

$$\text{Ancho efectivo de la Cámara} \quad b2 = 10,00 \text{ mts.}$$

$L_i$  = Longitud de la transición de ingreso

$$L_i = ((b_2 - b_1) / 2) \operatorname{Ctg} 12^\circ 30' = ((10,00 - 3,60) / 2) \operatorname{Ctg} 12^\circ 30'$$

$L_i = 14,43\text{mts.}$  → Se tomará:  $L_i = 15,00\text{mts.}$

### 3.4 CÁLCULO HIDRÁULICO DE LA TUBERÍA FORZADA (Tramo I)

La tubería forzada en el tramo I será diseñada para una velocidad de 6 m/seg., luego para el caudal de 14,00 m<sup>3</sup>/seg. Se requerirá una tubería con diámetro de:

$$\phi = (4Q / \pi \times V)^{1/2} = (4 \times 14 / 3,1416 \times 6)^{1/2} = 1,72\text{mts.}$$

El espesor de la tubería forzada tipo PG-E35 desde el punto ITF hasta el A-6 será variable desde 8,00 mm. hasta 25,00 mm., con alturas (H), longitudes (L) y pesos siguientes:

e(mm)	8,00	9,50	12,50	16,00	20,00	25,00	Peso total (kg)
D(mts)	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	
1,30H(mts)	122,00	152,00	213,00	284,00	366,00	425,00	
H(mts)	94,00	117,00	164,00	219,00	281,00	327,00	
L(mts)	191,00	238,00	333,00	445,00	572,00	665,00	
Peso(kg)	65,084	96,69	178,427	305,129	491,51	717,25	1854,09

Cabe mencionar que para el cálculo del tramo I se ha estimado un golpe de ariete del orden del 30% de la caída bruta.

#### Cálculo del peso total de la tubería (tramos I y IV)

En el tramo IV se empleará tubería con  $\phi = 1,80$  mts. y espesor de 25 mm., con lo cual el peso de este tramo será de 153 711,00 Kg. Después del punto de bifurcación (PB) se emplearán dos (02) tuberías con  $\phi = 1,30$  mts., y espesor de 25 mm, con lo

cual el peso de ambas será de 32 282,00 Kg. y el peso total del tramo IV será de 185 993,00 Kg.

Es decir, que el peso total de la tubería de los tramos I y IV será de 2 040 084,00 Kg.

Tabla 3.1

**CALCULO DE LA LONGITUD DE LA TUBERIA FORZADA (tramo I)**

PROGRESIVA	DISTANCIA HORIZONTAL (mts)	COTA (m.s.n.m.)	DISTANCIA VERTICAL (mts.)	LONGITUD (mts.)
0+000		1 174,65		
0+030	30,00	1 174,65	0,00	30,00
0+184.35	154,35	1 077,00	97,65	182,65
0+284.35	100,00	1 023,50	53,50	113,41
0+384.35	100,00	966,00	57,50	115,35
0+484.35	100,00	913,00	53,00	113,18
0+580.99	96,64	859,00	54,00	110,70
LONGITUD TOTAL (mts.)				665,29

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL TÚNEL SIN REVESTIMIENTO**

$$s = 0,002 \quad n = 0,030$$

B(mts.)	R(mts.)	h(mts.)	d(mts.)	bl(mts.)	ANGULO	P(mts.)	A(m2)	Rh(mts.)	Q(m3/seg.)	V(m/seg.)
3,60	1,80	1,35	2,91	0,24	59,85	10,07	9,66	0,96	14,00	1,45
3,60	1,80	1,35	2,05	1,10	134,23	7,74	7,31	0,95	10,50	1,44

Tabla 3.3.

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DEL TÚNEL CON CONCRETO SHOTCRETE**

$$s = 0,0011 \quad n = 0,020 \quad \text{Espesor del concreto rociado (shotcrete) en mts. = 0,05}$$

B(mts.)	R(mts.)	h(mts.)	d(mts.)	bl(mts.)	ANGULO	P(mts.)	A(m2)	Rh(mts.)	Q(m3/seg.)	V(m/seg.)
3,50	1,75	1,25	2,78	0,22	58,08	9,72	8,93	0,92	14,00	1,57
3,50	1,75	1,25	1,95	1,05	132,99	7,44	6,75	0,91	10,50	1,57

**Tabla 3.4**

**ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DEL TUNEL CON  
CONCRETO F'C=210 Kg/cm<sup>2</sup>**

s= 0,0012

n= 0,016

**Espesor del concreto en mts. = 0,25**

<b>B(mts.)</b>	<b>R(mts.)</b>	<b>h(mts.)</b>	<b>d(mts.)</b>	<b>bl(mts.)</b>	<b>ANGULO</b>	<b>P(mts.)</b>	<b>A(m<sup>2</sup>)</b>	<b>Rh(mts.)</b>	<b>Q(m<sup>3</sup>/seg.)</b>	<b>V(m/seg.)</b>
3,10	1,55	1,25	2,43	0,37	80,84	8,28	7,14	0,86	14,00	1,96
3,10	1,55	1,25	1,79	1,01	138,99	6,71	5,52	0,82	10,50	1,90

Tabla 3.5

**DETERMINACIÓN DE LA SECCIÓN DEL TÚNEL SIN REVESTIMIENTO PARA Q = 14m<sup>3</sup>/seg.**

s= 0.002

n= 0.030

<b>B(mts.)</b>	<b>R(mts.)</b>	<b>h(mts.)</b>	<b>d(mts.)</b>	<b>bl(mts.)</b>	<b>ÁNGULO</b>	<b>P(mts.)</b>	<b>A(m<sup>2</sup>)</b>	<b>Rh(mts.)</b>	<b>Q(m<sup>3</sup>/seg.)</b>	<b>V(m/seg.)</b>	<b>H(mts.)</b>	<b>A excav. (m<sup>2</sup>)</b>
3.50	1.75	1.50	2.87	0.38	77.27	9.64	9.49	0.98	14.00	1.48	3.25	10.06
3.60	1.80	1.35	2.91	0.24	59.85	10.07	9.66	0.96	14.00	1.45	3.15	9.95
3.70	1.85	1.25	2.79	0.31	67.30	9.84	9.57	0.97	14.00	1.46	3.10	10.00
3.80	1.90	1.15	2.71	0.34	69.62	9.76	9.54	0.98	14.00	1.47	3.05	10.04
3.90	1.95	1.05	2.65	0.36	70.24	9.74	9.53	0.98	14.00	1.47	3.00	10.07
4.00	2.00	0.95	2.60	0.35	68.82	9.78	9.55	0.98	14.00	1.47	2.95	10.08
4.10	2.05	0.85	2.57	0.34	66.44	9.86	9.58	0.97	14.00	1.46	2.90	10.09

donde:	B	:	Ancho del túnel
	R	:	Radio de la bóveda del túnel
	h	:	Altura de las hástiales
	d	:	Tirante hidráulico
	bl	:	Borde libre
	ÁNGULO	:	Ángulo de referencia del tirante hidráulico
	P	:	Perímetro mojado
	A	:	Área mojada
	Rh	:	Radio hidráulico
	Q	:	Caudal (flujo de agua)
	V	:	Velocidad del flujo en el túnel
	H	:	Altura total del túnel
	A excav.	:	Área total de excavación
	s	:	Pendiente del túnel
	n	:	Coefficiente de rugosidad de manning

**En conclusión, se elije la sección de túnel con ancho B=3,60 mts, altura total H=3,15 mts y área de excavación total de 9,95m<sup>2</sup>**



Tabla 3.6

**CÁLCULO DEL VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO NECESARIO PARA OPERAR EN HORAS BASE  
CON POTENCIA MÍNIMA DE 60 MW Y EN HORAS PUNTA CON POTENCIA MÁXIMA DE 80 MW**

MES	CAUDAL FIRME Q(m3/seg.)	CAUDAL NECESARIO EN HORAS BASE		CAUDAL NECESARIO EN HORAS PUNTA		VOL. NECESARIO EN H.B. (m3)	VOL. NECESARIO EN H.P. (m3)	VOL. TOTAL NECESARIO (m3)
		Q(m3/seg.)	(%)	Q(m3/seg.)	(%)			
ENERO	15.00	10.50	93.00	14.00	76.77	0.00	0.00	0.00
FEBRERO	30.00	10.50	100.00	14.00	98.00	0.00	0.00	0.00
MARZO	52.00	10.50	100.00	14.00	100.00	0.00	0.00	0.00
ABRIL	37.00	10.50	100.00	14.00	100.00	0.00	0.00	0.00
MAYO	16.50	10.50	97.00	14.00	88.00	0.00	0.00	0.00
JUNIO	7.20	10.50	49.54	14.00	49.54	3 596 788.80	1 482 312.96	5 079 101.76
JULIO	5.40	10.50	43.75	14.00	19.00	6 196 500.00	3 009 312.00	9 205 812.00
AGOSTO	5.20	10.50	24.19	14.00	0.00	8 678 728.80	3 801 600.00	12 480 328.80
SEPTIEMBRE	8.00	10.50	20.00	14.00	3.35	4 320 000.00	2 505 168.00	6 825 168.00
OCTUBRE	9.50	10.50	65.00	14.00	34.00	756 000.00	1 283 040.00	2 039 040.00
NOVIEMBRE	12.00	10.50	82.00	14.00	65.00	0.00	302 400.00	302 400.00
DICIEMBRE	10.50	10.50	72.50	14.00	53.00	0.00	710 640.00	710 640.00
						<b>23 548 017.60</b>	<b>13 094 472.96</b>	<b>36 642 490.56</b>

## CAPITULO IV

### DISEÑO ELECTROMECAÁNICO

#### 4.1 DISEÑO Y SELECCIÓN DEL EQUIPO ELECTROMECAÁNICO

##### 4.1 PIQUES VERTICALES

Los dos (02) piques verticales serán los que permitirán el flujo del agua desde el Reservorio de Regulación con dirección hacia las Turbinas Pelton, ubicadas en la Casa de Máquinas.

##### 4.1.1.1 Cálculo del diámetro de los Piques y de las Tuberías Forzadas

Los diámetros de cada uno de los Piques y de las Tuberías Forzadas será calculado considerando una velocidad máxima de 5 m/s, es decir, que el diámetro interior será  $\varnothing_{INT} = 1,335 \text{ m}$ .

##### 4.1.1.2 Espesores de la Tuberías Forzadas

Una vez determinado el diámetro del tubo y con la altura bruta conocida, obtendremos el espesor máximo de la pared de la tubería de presión aplicando la siguiente ecuación.

$$e = 0.05 + \frac{0.65 \times tw \times He \times D}{\left(\frac{\sigma}{FS}\right)E}$$

tw : Peso específico del agua;  $tw = 1000 \text{ Kg/m}^3$

He : Altura estática o bruta;  $He = 618,80 \text{ m}$

$\sigma$  : Esfuerzo de tracción plancha ASTM A-36;

$\sigma = 4100 \times 10^4 \text{ Kg/m}^2$

FS = Factor de seguridad;  $FS = 3$

E = eficiencia de la junta de soldadura a tope, juntas inspeccionadas por muestreo;  $E = 0,85$ .

Reemplazando valores obtenemos:  $\rightarrow e_{\max.} = 51 \text{ mm}$

#### 4.1.1.3 ALTURA NETA

$$H_n = H_e - \Sigma \Delta h (\text{m})$$

Donde:

$H_n$  : Altura neta en m

$H_e$  : Altura bruta en m ;  $H_e = 618,80 \text{ m}$

$\Sigma \Delta h$  : Perdidas totales (se asume 4% de la altura bruta);  $\Sigma \Delta h = 24,8 \text{ m}$

Reemplazando se obtiene :

$H_n = 594 \text{ m}$

#### 4.1.1.4 Anclajes de la tubería

Los Anclajes son bloques de concreto que impiden el movimiento de la tubería y son colocados en cada cambio de dirección o donde existe cambios de sección.

### **Cálculo de la estabilidad en las estructuras de anclaje.**

Las condiciones de estabilidad del anclaje son las tres siguientes :

1.-Ubicación del punto de intersección de la fuerza resultante con la base del anclaje.

El punto de intersección debe estar dentro del tercio central.

$$e = \frac{\Sigma M}{\Sigma V}$$

e : excentricidad

$\Sigma M$  : momento total

$\Sigma V$  : fuerza vertical total

2.-Relación de fuerzas horizontal y vertical, en el caso de la fundación de roca, esta relación debe ser menos de 0,5 y en el caso de tierra debe ser menos de 0,35.

$$f = \frac{\Sigma H}{\Sigma V}$$

f : relación de fuerzas horizontales y verticales

$\Sigma H$  : fuerza total horizontal

$\Sigma V$  : fuerza total vertical

3.- Esfuerzo admisible de apoyo.

En el caso de roca, el esfuerzo admisible debe ser menor de 100 ton / m<sup>2</sup> y en el caso de tierra debe ser menor de 15 ton / m<sup>2</sup>.

$$\sigma = \frac{V}{A} \cdot \left( 1 + \frac{6 \cdot e}{L} \right)$$

$\sigma$  : esfuerzo de compresión

V : fuerza total vertical

L : longitud del anclaje

A : área de la base del anclaje

Datos :

$$H = 315,70 \text{ m}$$

$$Q = 7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 1,26 \text{ m}$$

$$De = 1,286 \text{ m}$$


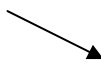
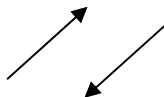
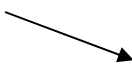
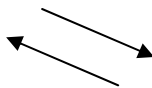
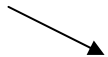
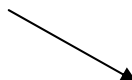
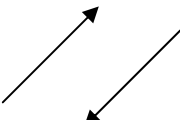
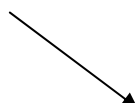
$$t = 0,026 \text{ m}$$

$$\gamma_c = 7860 \text{ Kg-f / m}^3$$

$$\gamma_a = 1000 \text{ Kg-f / m}^3$$

### GRAFICA 4.1

#### Fuerzas que intervienen en el cálculo de la estabilidad de los anclajes

FUERZA	DIRECCIÓN	FORMULA
Peso de la tubería con agua.		$F1 = (W_t + W_a) \cdot L_1 \cdot \cos \alpha_1$
Fuerza de fricción entre la tubería y los apoyos		$F2 = (W_t + W_a) \cdot L_2 \cdot \cos \alpha_2$
Fuerza en los cambios dirección debido a presión hidrostática.		$F3 = 1600 \cdot H \cdot D^2 \cdot \sin(\alpha_2 - \alpha_1) / 2$
Componente del peso de la tubería paralela a ella.		$F4 = W_t \cdot L_4 \cdot \sin \alpha_1$
Fuerza debida a cambios de temperatura		$F5 = 31 \cdot D \cdot t \cdot E \cdot \alpha \cdot \Delta T$
Fuerza de fricción de la junta de dilatación.		$F6 = 3 \cdot 1 \cdot D \cdot C$
Fuerza debida presión hidrostática dentro de las juntas expansión.		$F7 = 3 \cdot 1 \cdot H \cdot D \cdot t$
Fuerza debido al cambio de dirección de la cantidad de movimiento.		$F8 = 250 \cdot (Q/D)^2 \cdot \sin(\alpha_2 - \alpha_1) / 2$
Fuerza debido al cambio de diámetro cuando hay reducción.		$F9 = 1000 \cdot H \cdot \Delta A$

$\alpha_1$  = ángulo de la intersección de la horizontal con la línea del eje de tubo de aguas arriba del anclaje.

$\alpha_2$  = ángulo de la intersección de la horizontal con la línea del eje de tubo de aguas abajo del anclaje.

$$\theta = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}$$

L1 : Distancia del anclaje al punto medio del tramo.

L2 : Longitud de la tubería sujeto al movimiento.

H : Presión estática en la tubería a la altura del anclaje en m.

D : Diámetro interno de la tubería en m.

L4 : Longitud de la tubería a considerar en cada tramo, generalmente es el tramo entre la junta de dilatación y el anclaje.

T : espesor de la pared del tubo.

a : Coeficiente de dilatación lineal de la tubería.

$\Delta T$  : Máxima variación de la temperatura ( $^{\circ} C$ )

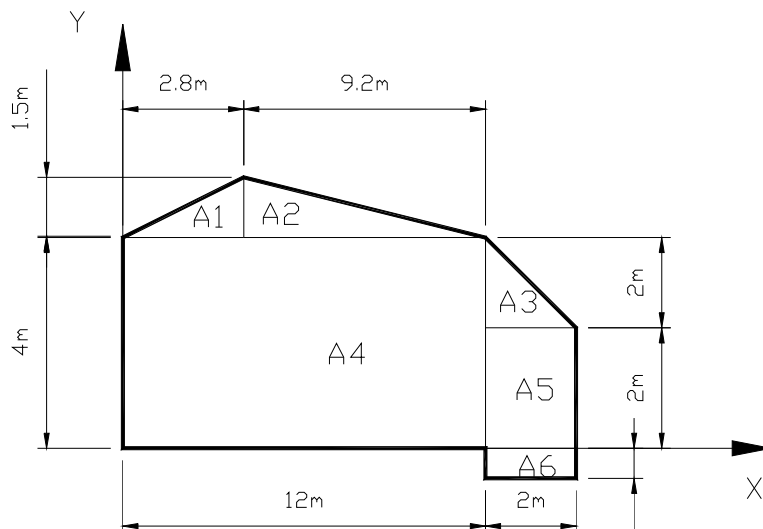
E : Modulo de elasticidad de Young (Kg-f / cm<sup>2</sup>)

C : coeficiente de fricción en la junta de expansión por unidad de longitud de circunferencia (Kg-f / m)

Q : caudal (m<sup>3</sup> / s)

$\Delta A$  : cambio de áreas de las tuberías en m<sup>2</sup>.

### **Geometría del anclaje estándar**



Ancho anclaje = 6,0m

#### 4.1.2 TURBINA HIDRÁULICA

Las turbinas hidráulicas son máquinas que transforman la energía potencial y cinética del agua, en energía mecánica de rotación.

Se pueden clasificar básicamente, atendiendo a su funcionamiento en turbinas de acción y reacción.

El grupo generador contará con dos turbinas pelton, por lo tanto se realizará el cálculo de la turbina con la mitad del caudal de diseño.

$$Q = Q_d / 2$$

$$Q = 14 \text{ m}^3/\text{s} / 2$$

$$Q = 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

Altura total neta

$$H_{tn} = 594 \text{ m}$$



### Cálculo de la potencia nominal de cada Turbina

$$P_{\text{turbina}} = 9800 \cdot Q \cdot H_{\text{tn}} \cdot \eta_{\text{tur}} \text{ (W)}$$

La eficiencia  $\eta_{\text{tur}}$  será estimada en 87%.

Reemplazando datos :

$$P_{\text{turbina}} = 9800 (7,0)(594)(0,87)$$

$$\mathbf{P_{turbina} = 35 \text{ Mw.}}$$

### Calculo del tipo de turbina

Para esto calcularemos el numero especifico de revoluciones de potencia mediante la siguiente formula :

$$n_s = N \cdot \frac{P_t^{\frac{1}{2}}}{H_n^{\frac{5}{4}}}$$

Donde:

Pt : Potencia al eje de la turbina en HP

Hn : Altura neta en m

N : Velocidad del giro de la turbina

La velocidad angular está limitada por la fuerza centrífuga que solicita el material a la periferia de la rueda (o del rotor del generador) al alcanzar la velocidad máxima posible.

Esta velocidad máxima se llama velocidad de embalamiento, que es la velocidad de la turbina cuando el distribuidor (admisión) está abierto al máximo y la carga es nula. Si la central se quedase bruscamente sin carga, sin que los órganos de regulación intervengan, la velocidad aumenta hasta un valor máximo llamado velocidad de embalamiento o de fuga. Por lo expuesto es necesario determinar la velocidad máxima permisible a la cual puede girar la turbina, sin que se origine deformaciones u distorsiones en su eje motriz; queda expresado por la siguiente ecuación.

$$N_e = K \cdot N \text{ (RPM)}$$

Donde:

$N_e$  : Velocidad de embalamiento en RPM

$N$  : Velocidad de operación de la turbina.

$K$  : Coeficiente de embalamiento;  $K = 1,8$  a  $1,9$  para turbina Pelton.

Para nuestro caso  $K = 1,9$

La velocidad periférica es un parámetro que nos guía para la selección de las RPM y el diámetro de la turbina, tiene como máximo valor para el acero especial 100 m/s.

$$V_p = \pi \cdot D \cdot N / 60$$

Donde :

$D$  : diámetro de la turbina

$$D = 39 \times \sqrt{H} / N$$

TABLA 4.4

# p	D(m)	N(RPM)	Ne(RPM)	Vp(m/s)	ns	# chorros
2	0,3	3600	6840	102	180	
4	0,6	1800	3420	102	90	
6	0,9	1200	2280	102	60	6
8	1,1	900	1710	102	45	4
10	1,4	720	1368	102	36	2
12	1,7	600	1140	102	30	1

De acuerdo a la tabla, elegimos :

Turbina Pelton, 4 chorros , 900 RPM y diámetro 1,1 m

### 4.1.3 ALTERNADOR

El alternador es una máquina electromecánica que transforma la energía mecánica de rotación adquirida por la turbina, en energía eléctrica disponible para su uso.

#### Cálculo del número de polos

$$p = 120.f / N$$

Donde:

p : Número de polos

f : frecuencia; f = 60 Hz

N : Velocidad de sincronismo; N = 900 RPM

Reemplazando datos tenemos:

$$p = 8 \text{ polos}$$

### **Cálculo de la eficiencia**

Para esto necesitamos calcular antes la potencia aparente; mediante la siguiente

formula :

$$S = P / f.p$$

Donde :

P : potencia total del grupo de turbinas (70 MW)

f.p : factor de potencia, se asume igual a 0,85

Reemplazando :

$$S = 82,35 \text{ MVA}$$

De la tabla # 25, del manual de Nozaki.

Con los datos de “S” y el # polos tenemos :

$$\eta_{\text{gen}} = 95 \%$$

### **Cálculo de la Potencia del generador**

$$P_{\text{generador}} = P_{\text{turbina}} \cdot \eta_{\text{gen}} \cdot \eta_{\text{acople}}$$

Donde :

$P_{\text{turbina}}$  = : potencia total de las turbinas (70 MW)

$\eta_{\text{gen}}$  : eficiencia del generador al 100% de carga (95%)

$\eta_{\text{acople}}$  : eficiencia del acople directo (99%)

Reemplazando datos :

$$P_{\text{generador}} = 65 \text{ MW}$$

### Potencia Aparente

Esta dado por :

$$S = P_{\text{generador}} / f.p$$

Considerando  $f.p = 0,85$

**$S_{\text{generador}} = 76 \text{ MVA}$**

#### **1.4 GOBERNADOR DE VELOCIDAD**

El gobernador de velocidad deberá ser automático apto para sincronizar el generador para el funcionamiento con las dos turbinas.

El gobernador contará con un actuado amplificador y una fuente de poder hidráulica accionada por una electrobomba de aceite, autocebada. La fuente de poder hidráulica deberá prever además, una bomba hidráulica de accionamiento manual que permita la operación de la turbina en caso de falla del gobernador de velocidad.

#### **1.5 TRANSFORMADOR DE POTENCIA**

La selección del transformador será de acuerdo a la potencia y la tensión de salida en bornes del generador.

Características:

- Relación de transformación : 220 / 13,8 kV
- BIL lado de alta tensión : 550 kV
- BIL lado baja tensión : 200 kV
- Frecuencia : 60 Hz
- Potencia de salida normal  
con refrigeración natural : 40 MVA  
con refrigeración forzada : 47 MVA
- Refrigeración : OA / FA
- Grupo de conexión : YNd5

- Elevación promedio de la temperatura del arrollamiento a temperatura ambiente de  $30\text{ }^{\circ}\text{C} = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Taps :  $\pm 2 \times 2,5\%$  s / carga
- Voltaje de cortocircuito referido a 47 MVA : 12,5 %
- Pérdidas sin carga a voltaje nominal : 31 KW
- Pérdidas con carga a voltaje nominal y 47 MVA de carga : 226 KW
- Nivel audible de sonido 76 / 78 dB, OA / FA
- Relación de corriente de los transformadores de corriente instalado :  
 En el lado de alta : 200 / 5 A, 30 VA 5P20  
 En el lado de baja : 3000 / 5 A, 30 VA 5P20  
 En el lado neutro : 150 / 5 A, 30 VA 10P20

## 1.6 BARRAS

Para el diseño de las barras se debe tener en cuenta los siguientes factores :

- Corriente nominal
- Esfuerzos electrodinámicos producidos por la corriente de cortocircuito
- Efectos térmicos, producidos por las corrientes nominales y las corrientes de cortocircuito.
- Resonancia
- Flecha

### Corriente nominal

Las barras deben ser capaces de transportar permanentemente la corriente requerida.

$$I_n = \frac{S \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot V}$$

Donde :

S : Potencia aparente (76000 KVA)

V : Tensión en bornes del generador (13,8 kV)

Reemplazando valores:

$I_n = 3180 \text{ A}$

Según la norma DIN 43671

Intensidad permanente en barras colectoras de cobre, sección rectangular.

$T_{\text{amb}} = 35 \text{ °C}$ ,  $T_{\text{funcionamiento}} = 65 \text{ °C}$

Ancho x grosor (mm) = 120 x 10

Sección (mm<sup>2</sup>) = 1200

Peso = 10,7 Kg / m

Intensidad permanente doble barra = 3280 A

$J \text{ (cm}^4\text{)} = 144$

$W \text{ (cm}^3\text{)} = 24$

Por capacidad de corriente las barras colectoras mencionada son aceptadas.

#### **4.1.7 SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y SINCRONIZACIÓN**

El sistema de protección necesario para un generador depende de muchos factores, como el tamaño del generador, tipo de fuerza motriz, sistema de puesta a tierra, de la conexión de la red, etc.

El sistema de protección debe detectar y actuara en forma segura, rápida y selectiva en el caso de presentarse:

- Corto circuitos internos y/o debido a fallas a tierra
- Fallas externas en otros circuitos (protección de respaldo)
- Condiciones normales de servicio que eventualmente causarán fallas

El sistema de protección de un generador tiene requerimientos máximos en cuanto a confiabilidad, es decir, todas las fallas deben ser detectadas y separadas por el sistema de protección.

#### **Características del sistema de protección:**

- Cada módulo de relé conforma un relé de protección completo con los correspondientes transformadores, elementos de medición y temporización, contactos de disparo y alarma.
- Fuente de poder autoregulado que posibilita el uso del relé en un amplio rango de tensiones DC, desde las baterías de la estación.
- Alta resistencia a la interferencia entre todos los puntos de entrada / salida y las partes electrónicas.
- Bajo consumo de energía en los circuitos de medición, esto reduce la carga sobre los transformadores de corriente disminuyendo así el efecto de saturación de los mismos.
- Larga estabilidad de los ajustes comprobada, baja dependencia de la temperatura ambiente y dependencia despreciable de las variaciones de voltaje del suministro.
- No requerir de herramientas especiales para su montaje, ni tampoco de cables especiales para hacer el cableado de entrada o salida de los circuitos de relé.



#### **4.1.8 CASA DE MÁQUINAS**

La casa de máquinas se encuentra en una plataforma adyacente a la quebrada en la cota de 500 m.s.n.m aproximadamente.

Área de la casa máquinas = 200 m<sup>2</sup>

Se contempla los siguientes ambientes:

- Sala de máquinas
- Celdas
- Almacén / dormitorio (22 m<sup>2</sup>)
- Baño (8 m<sup>2</sup>)

#### **Disposición de la casa de maquinas**

Esta distribuida de la siguiente manera:

- Sala de máquinas.

Lugar donde se instalarán la turbina con su respectivo alternador, el panel de la turbina con un sistema de protección y control y servicios auxiliares.

- Celda de Transformación

Se ha previsto la ubicación del transformador de potencia, contigua a la zona del tablero de control.

- Almacén / Taller

En el interior se tendrá un área conveniente para almacenar materiales y repuestos que serán necesarios en su reparación y / o mantenimiento del grupo de la central.

Así mismo esta área servirá para efectuar los trabajos antes indicados.

### **Puesta a tierra de la casa de máquinas**

Esta destinada a conducir y dispersar diversos tipos de corriente eléctrica cumpliendo dos objetivos importantes:

- Evitar gradientes peligrosos entre la infraestructura de superficie y suelo para la protección de las personas, mediante tensiones de toque y paso de baja magnitud y protección de los equipos, evitando potenciales nocivos y descargas.
- Propiciar un circuito conductor / dispersador de baja impedancia a un menor costo para la correcta operación de la protección por redes manteniendo los potenciales referenciales y la dispersión rápida de elevadas corrientes, evitando sobretensiones de rayo o deterioros por corrientes de corto circuito.

La resistencia a tierra debe ser lo mas baja posible, por normas se recomienda la resistencia máxima a tierra debe ser  $20 \Omega$ .

### **Pozo de tierra**

Se utilizará electrodo vertical de Cu de  $\phi 5/8$  " x 2,4 m de longitud, enterrados 0,30 m.

La Resistividad de la puesta a tierra se calcula con la ecuación:

$$R=0,366.\delta/L.\log (2L/d.\sqrt{((4h+3L)/(4h+L))}) (\Omega)$$

Donde :

$\delta$  : Resistividad del suelo (mejorado),  $\delta=15\Omega\text{-m}$

L : Longitud del electrodo, L = 2,4m

d : Diámetro del electrodo, d = 5/8"

h : Profundidad de enterramiento del electrodo, h = 0.30m

Reemplazando :

$$R = 6,08 \, \Omega < 20 \, \Omega$$

## **4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS OBRAS ELECTROMECAÑICAS**

### **4.2.1 SUMINISTRO DE MATERIALES Y EQUIPOS**

Las especificaciones técnicas que a continuación se describen tienen por objeto definir las principales características técnicas y requerimientos que deben satisfacer los equipos o elementos electromecánicos que conforman la Central Hidroeléctrica.

Todo el equipamiento hidromecánico y sus partes serán nuevos y de la mejor calidad, con diseños modernos que incluyen las últimas técnicas de manufactura y construcción a fin de garantizar un equipo confiable y de larga vida de operación.

Los equipos estarán diseñados para trabajos bajo las siguientes condiciones de servicio :

- Instalación : interior
- Altitud de operación : 500 m.s.n.m.
- Temperatura de operación : Max. 30 ° C  
Min. -10 ° C
- Humedad relativa : Max. 90 %  
Min. 50 %
- Condiciones sísmicas : 0,5 g, horizontal  
0,3 g, vertical  
10 ciclos / s

### **Alcance**

Las presentes condiciones cubren aspectos genéricos de las especificaciones técnicas de los materiales y/o equipos electromecánicos a utilizarse en la implementación de los equipos electromecánicos.

### **Unidades de medida**

Todas las dimensiones y medidas que aparezcan en la documentación técnica del equipo, serán dadas en unidades del sistema internacional SI.

### **Normas**

Las especificaciones técnicas señalan en forma directa o implícita las normas generales para los equipos a suministrarse, relativas a su fabricación y garantías requeridas.

#### **Normas de fabricación:**

Los equipos cumplirán con las normas y publicaciones de las siguientes instituciones:

- Comisión Electrotécnica Internacional (CEI)
- British Estándar (BS)
- ASTM
- Especificaciones para fundición de acero para maquinas hidráulicas CCH-70-2
- American Welding Society AWG
- ISO
- ANSI

### **Documentación técnica**

Los fabricantes y/o proveedores deberán presentarse adjunto a la oferta, los folletos descriptivos, esquemas, pesos y dimensiones generales, instrucciones de servicio y mantenimiento, y cualquier otra información que se considere necesaria para la identificación y operación del material y/o equipo suministrado.

Después de otorgar la Buena Pro a un fabricante y/o postor, éste está obligado a proporcionar dibujos, esquemas y descripciones detalladas, así como folletos de instalación y mantenimiento del equipo suministrado, incluyendo listas de repuestos completas.

### **Ensayos y pruebas**

El fabricante de los materiales y/o equipos suministrados deberá efectuar durante la etapa de fabricación todas las pruebas normales señaladas directa o implícitamente, en las especificaciones técnicas particulares. Así mismo deberá prever un protocolo de pruebas antes de la puesta en marcha de la central.

### **Embalaje**

En las especificaciones técnicas particulares se indica la forma de embalaje en cada caso; de no mencionar explícitamente, el embalaje se hará en cajas, jabs u otra protección adecuada que impida daños o deterioros del material, durante el transporte desde la fabrica hasta el lugar de montaje de la obra.

### **Ofertas Alternativas**

Cada postor presentará una oferta básica que corresponde exactamente a lo especificado; sin embargo, si así lo desea podrá también presentar ofertas alternativas por materiales y/o equipos que ofrezcan resultados similares de comportamiento y seguridad que los descritos en las especificaciones técnicas. Esta alternativa será acompañada de la información técnica suficiente que permita su evaluación al propietario.

### **Garantías**

El fabricante garantizará que los materiales y/o equipos que suministre sean nuevos y aptos para cumplir con las exigencias del servicio a prestar y por lo tanto libres de defectos inherentes a materiales o mano de obra.

### **Alcances del suministro**

El suministro comprende todos los elementos necesarios para un funcionamiento correcto para la generación de energía eléctrica dentro de los límites especificados, cualquier deficiencia e incompatibilidad de las especificaciones y descripciones adverso a este requerimiento el fabricante deberá formularlos en su oferta.

## **2.2 TUBERÍA DE PRESIÓN**

Se fabricará de acuerdo a planos y especificaciones técnicas.

Características de las tubería

Material	: Acero ASTM 36
Diámetro interior	: 1,26m
Espesor	: 26 mm
Longitud tubo	: 5,00 m
Longitud total	: 668 m

### **Especificaciones técnicas**

#### Normas

Calificación de procedimiento de soldadura y de soldadores de acuerdo al código ASME sección VII y IX o la norma ANSI / AWWA C200-86

#### Tolerancia de rolado

Los tubos deberán cumplir con el código ASME UG-8(01). En lo referente a tolerancia en el rolado, el  $D_{\max} - D_{\min} \leq 1\%$  del diámetro nominal y con las normas de la AWWA C200-8G para tuberías de agua.

#### Pruebas destructivas

De acuerdo al código ASME sección V y VIII

- Criterios de aceptación y rechazo
- Procedimiento de reparación de soldadura según procedimiento N° RSR-226.

## **Procedimiento de soldadura**

- Soldadura

Será realizada por soldadores calificados según las normas de AWS y en estricto cumplimiento del procedimiento de soldadura N° PSI – 228.

### Inspección final de soldadura

- Inspección visual : todas las soldaduras realizadas en sitio deben ser visualmente examinadas
- Prueba de tintes penetrantes : esta prueba se efectuara al 100% de la junta soldada.
- Prueba de rayos X : esta prueba se efectuará en todos los extremos de las costuras de cada tubo, en las uniones entre cilindros en no menos del 5% de la longitud soldada.
- Criterios de aceptación de las pruebas no destructivas, criterios de aceptación, clase de soldadura B.

- Acabados

- Pintura final de tubería: según el procedimiento de pintura N° PI – 107.
- Operadores de pruebas no destructivas: las pruebas no destructivas serán realizadas por empresas calificadas.

- Prueba Hidrostática

### Procedimiento

- Se procederá al llenado de la tubería forzada, purgando luego el aire.
- Se aumentara la presión mediante bomba manual hasta la presión de prueba del 50% sobre la presión de diseño.



- Mantener la presión de prueba durante una hora; haciendo registro de presiones en los extremos de la tubería, para lo cual se contará con dos manómetros instalados en cada extremo, previamente calibrados.
- Despresurizar hasta alcanzar la presión de trabajo y mantenerla por 48 horas.
- Vaciado de la tubería.

### **Trabajos a realizarse**

- Soldadura según procedimiento PST-228
- Pintura según procedimiento N° PI-105, excepto en las extremidades que solo se pintarán con una base orgánica en una amplitud de 4 pulgadas
- Terminación de todos los tubos biselados para soldadura en sitio y portando crucetas antimovilizantes de madera.
- Los tubos enterrados se pintarán según procedimiento de pintura especificado para la pintura interior como exterior.

### **Embalaje y transporte**

Deberá portar crucetas antiovalizantes de madera en cada extremo de cada tubería; el contratista será el único responsable directo del embalaje de los diversos componentes de la tubería de presión.

### **4.2.3 VÁLVULAS**

#### **Válvula principal**

Está ubicada a la entrada de la turbina.

Deberá cumplir con las especificaciones técnicas siguientes :

- Altura de columna de diseño : 690 m
- Tipo de apertura : hidráulica – manual
- Tipo de cierre : por gravedad – contrapeso
- Tiempo de cierre : regulable (3 – 25 s)
- Diámetro : 1,26 m
- Tipo : esférica

Será accionado mediante un eje, con apertura tipo hidráulica – manual (de tiempo regulable), por gravedad mediante contrapeso, con sistema de cierre rápido en 24 VDC en caso de falla, bridas de amarre en ambos extremos.

Cuenta con un sistema by-pass de accionamiento manual.

#### **Válvula secundaria**

Esta ubicado a la salida de la cámara de carga.

Deberá cumplir con las especificaciones técnicas siguientes :

- Tipo de apertura : manual
- Diámetro : 1,26 m
- Tipo : mariposa

#### **Pruebas de recepción de fábrica**

- Prueba de operación y estanqueidad válvula

- Presión hidrostática
- Verificación de componentes

#### **4.2.4 ACCESORIOS**

Las juntas de dilatación, bridas, empaquetaduras, pernos y tuercas deberán ser nuevas y empaquetadas por separado.

Para la junta de dilatación el proveedor deberá adjuntar manuales y catálogos para su instalación y mantenimiento.

La empaquetadura deberá garantizar la hermeticidad de la unión y ser resistente al efecto corrosivo del medio ambiente.

Los pernos y tuercas deberán ser fabricados de acero comercial.

#### **4.2.5 TURBINA HIDRÁULICA**

Se ha proyectado la instalación de 2 turbinas tipo Pelton.

Deberán cumplir con las siguientes especificaciones :

Número de unidades : 2

Tipo : Pelton

Eje : horizontal

# ruedas : 2

# inyectores : 2 ó 4

Altura neta : 658 m

Caudal de diseño : 3,5 m<sup>3</sup> /s

Eficiencia al 100% de carga : 91 %

Potencia al eje : 20,54 MW

Velocidad nominal : 900 RPM

Velocidad de embalamiento : 1710 RPM

Número específico revoluciones potencia : 45

Diámetro del rodete : 1,10 m

Procedencia : nacional

El fabricante deberá proveer los accesorios necesarios para el control de funcionamiento de la turbina.

#### Pruebas de recepción de fábrica

- Pruebas no destructivas de rodete según especificaciones de calidad
- Pruebas de balanceo dinámico de rodete
- Pruebas hidrostáticas de elementos sometidos a presión
- Inspección y verificación de componentes

Antes de la entrega de la turbina en fábrica, se simulara el funcionamiento en banco de pruebas, las que constarán en un acta.

#### **4.2.6 GOBERNADOR DE VELOCIDAD**

El gobernador de velocidad deberá ser automático y apto para sincronizar el generador para un funcionamiento con dos turbinas una a cada extremo.

Debe cumplir con un mínimo de especificaciones técnicas siguientes:

Tipo : Regulador Oleomecánico – hidráulico

Rango de control de velocidad: 10 ciclos / s

Velocidad (estatismo) regulable: 10 %

Accionamiento del gobernador: eléctrico desde el alternador

Dispositivo de seguridad: Solenoide para el cierre del distribuidor

#### **4.2.7 ALTERNADOR**

Deberá tener las siguientes características técnicas :

Número de unidades : 1

Posición : horizontal

Tipo : sincrónico

# polos : 8

Potencia aparente : 45 MVA

Potencia activa : 38,25 MW

Eficiencia al 100% carga : 95 % (mínimo)

Velocidad nominal : 900 RPM

Velocidad de embalamiento : 1710 RPM

Factor de potencia : 0,85

Tensión nominal ( $\pm 5$  %) : 10 KV

Corriente nominal : 2600 A

# fases : 3

Regulación de tensión : electrónico ( $\pm 10$  %)

Frecuencia : 60 Hz

Clase de aislamiento (estator / rotor) : F / F

Grado de Protección : IP24

Sistema de refrigeración : aire / agua

Tensión de excitación : 230 V

Corriente de excitación : 430 A

Altitud de operación : 500 m.s.n.m.

El alternador será del tipo sincrónico sin escobillas autorregulado, con rectificadores rotativos, autoexcitado y para operación con carga desequilibrada de 30%.

El alternador estará construido para soportar velocidades en forma continua que irán desde cero hasta la velocidad de embalamiento sin deficiencias ni intervenciones operativas.

Además resistirá sobrecargas de dos veces la corriente nominal durante 20 segundos y a corto circuito en sus bornes durante 3 segundos. El aislamiento de las bobinas será tropicalizado y resistirá del ataque de las termitas.

El nivel de interferencia corresponderá a las exigencias de la norma BS5000.

El generador deberá estar acoplada al generador mediante acoplamiento flexible para fácil montaje y desmontaje de los elementos; deberá permitir un adecuado alineamiento conformando una unidad compacta y funcional.

### **Sistema de refrigeración por aire**

El alternador deberá tener un circuito cerrado de refrigeración por aire, cuya circulación será forzada por acción del mismo rotor.

El aire deberá ser enfriado a través de intercambiadores de calor aire / agua uniformemente distribuidos alrededor de la carcasa del generador.

La elevación de la temperatura al voltaje nominal o al  $\pm 5\%$  del voltaje nominal y a la frecuencia de servicio será :

Temperatura del agua de refrigeración no mayor 25 °C y la temperatura del aire de refrigeración no mayor a 40 °C.

### **Instrumentación**

El generador está provisto de los siguientes instrumentos de medición para efectos de control de los parámetros durante su operación.

Arrollamiento del estator: se ubicarán 12RTD, tipo PT100

Cojinete de empuje: se ubicará 4RTD tipo PT100, uniformemente espaciados dentro de las almohadillas del cojinete, además se tiene un termómetro de indicación de temperatura con dos contactos ajustables de alarma.

Cojinetes guía: Se ubicarán 4RTD tipo PT100, ubicadas diametralmente opuestas a las almohadillas del cojinete guía, mas un termómetro de indicación de temperatura en cada cojinete con dos contactos ajustables para alarma.

Reservorios de aceite : se instalará un RTD PT100, en cada reservorio se tiene un termómetro para medir la temperatura del aceite con dos contactos ajustables para alarma, además tendrá un indicador de nivel en cada reservorio con su respectivos contactos de alarma ajustable, así como mirillas para verificación visual del nivel de aceite en los reservorios.

Sistema de refrigeración de aceite: tendrá un medidor de flujo con dos contactos ajustables de alarma en el tubo de descarga de cada enfriador.

Sistema de refrigeración de aire: deberá tener un RTD PT100 en cada línea de abastecimiento y drenaje de cada enfriador, además tendrá un juego de termómetros que indicarán la temperatura de salida del enfriador de la entrada y salida del agua de refrigeración; además se instalará un medidor de flujo.

**Calentadores de espacio:** se tendrá un termóstato con contactos ajustables para controlar los calentadores de espacio.

Bomba de aceite de alta presión: tendrá un indicador de presión y un interruptor de presión.

### **Calefacción e iluminación**

El generador deberá contar con calefactores eléctricos en su parte interior distribuidos uniformemente a lo largo de la circunferencia interior del anillo de protección. El fin de los calentadores es el de evitar la corrosión producida por condensación de la humedad durante los periodos de parada y para mantener las propiedades dieléctricas del aislamiento, los calefactores eléctricos se cablean hasta una caja terminal montada en la parte externa de la carcasa.

Se pondrán brazos portalámparas para la iluminación dentro de la carcasa del generador y cableadas hacia una caja terminal adosadas a la parte exterior de la carcasa del generador.

### **Pruebas de recepción en fábrica**

- Pruebas eléctricas del alternador
- Verificación de componentes



#### **4.2.8 PATIO DE LLAVES EN 10 KV**

El patio de llaves incluye un dispositivo de apertura del circuito, interruptor bajo carga, transformadores de potencia, transformadores de corriente así como barras colectoras y material auxiliar necesario.

##### **Interruptor del circuito**

El interruptor está ubicado dentro de un panel, será de uso interior y del tipo en vacío; montado sobre un carro que puede tomar las posiciones de servicio desconectado o posición de prueba y capaz de ser retirado del panel.

##### **Transformador de voltaje**

Son transformadores monofásicos de tensión de relación transformación :

115 :  $\sqrt{3}$  V, del tipo inductivo, aislamiento seco de resina moldeada.

##### **Transformador de corriente**

Son del tipo asilado, aislamiento sólido de resina moldeada, tipo poste con un amperaje de 5A en el secundario.

La resina deberá poseer muy buenas características dieléctricas.

##### **Estructura de los cubículos**

Son rígidos autosoportados, serán fabricados de planchas de acero para uso interior según la norma estándar CEI 298, sus características principales son las siguientes :

Voltaje nominal : 10 KV

BIL : 95 KV

Barra colectora principal : 3000 A

Material de la barra colectora : cobre

Corriente de ruptura : 31,5 KA

Frecuencia : 60 hz

Grado de protección ; IP41

### **Panel del interruptor del generador**

Estará conformado por :

- Un interruptor en vacío, extraíble, voltaje nominal 12KV, corriente nominal 3000A y corriente nominal de ruptura 31,5 KA
- Tres transformadores de medición relación de transformación 3000/5 A, 60 VA y clase 0,5
- Tres transformadores de corriente para equipos de protección relación transformación 3000/5 A, 30 VA y clase 5P20

### **Panel de salida hacia el transformador elevador principal**

Este panel incluye 3 transformadores de voltaje de relación de transformación 10000 / 115 :  $\sqrt{3}$  / 115 : 3V, 30VA, clase 0,5 y 30 VA clase 0,2.

### **Panel de salida hacia el transformador de servicio de la estación**

Este panel deberá incluir:

- 3 interruptores con carga, capacidad nominal 400 A
- 3 fusibles de 501A de corriente nominal de ruptura

### **Cubículos de línea**

Serán del tipo autoportado, fabricado de planchas de acero en el que se instalarán el transformador de excitación, los pararrayos y transformadores de voltaje y corriente necesarios para propósitos de medición y protección.

Se fabricarán según las normas CEI 298 y cuyas características principales son las siguientes.

Voltaje nominal : 12 KV

Corriente nominal : 3000 A

Grado de protección : IP41

El cubículo constará de :

- El transformador de excitación cuenta con un interruptor bajo carga
- Dos transformadores de voltaje monofásicos con fusibles para medición, sincronización y para el AVR, relación de transformación  $10000 : \sqrt{3}/115 : \sqrt{3}V$ , 30 VA clase 0,5
- Un transformador de corriente para el equipo de excitación, relación de transformación 3000 / 5A, clase 1
- Tres pararrayos con capacitores para protección contra sobrevoltaje

### **Cubículo de neutro**

Será del tipo autoportado, fabricado de planchas de acero, aquí se realizará la puesta a tierra del neutro del generador.

En este cubículo se encontrará el transformador de puesta a tierra y una resistencia de puesta a tierra.

El sistema de puesta a tierra a través de alto ohmiaje ofrece ventajas bajo condición de falla y limita los sobrevoltajes transitorios a las otras fases durante la falla.

El cubículo constara de :

- Tres transformadores de corriente monofásicos, para protección y medición con relación de transformación 3000 / 5 A, 30 VA, clase 5P20
- Un transformador de corriente para el equipo de excitación, ubicado en el lado del neutro de los terminales del generador.
- Un transformador de puesta a tierra monofásico con relación de transformación 10000 / 115 V
- Una resistencia de puesta a tierra para limitar la corriente de falla a tierra a un valor entre 5-10 A

### **Sistema de barras**

Las barras que conectan al generador con el interruptor principal son barras segregadas por fase mientras que las que conectan al interruptor principal con el transformador son barras no segregadas.

El material del conductor de las barras será de cobre electrolítico de sección rectangular con bordes redondeados y la superficie terminal de los conductores estañada.

Las barras se unirán por medio de amplias placas de traslape de cobre y pernos, la presión del perno se aplica árabs de arandelas planas de gran diámetro, ésta asegura una unión con un mínimo de resistencia eléctrica por contacto.

El aislamiento de las barras serán con resina epoxica ; soportan y transmiten al recinto cualquier esfuerzo electrodinámico por cortocircuito que puedan presentarse como consecuencia de una falla.

El sistema por el cual las barras conductoras se fijan a sus aisladores les permite moverse, evitando así potenciales esfuerzos sobre los aisladores por expansión a la elevación de la temperatura.

### **Transformadores de servicio**

Este transformador proporciona la energía desde el patio de llaves 10KV a todos los sistemas auxiliares de la central.

Características :

- Relación de transformación : 10 / 0,23 KV
- Potencia salida normal : 300 KVA
- Grupo de conexión : Dyn11
- Frecuencia : 60 Hz

### **4.2.9 PATIO DE LLAVES EN 138 KV**

Constará de dispositivos de interrupción y maniobra, además de instrumentos de medición y equipos de protección.

### **Interruptor de potencia**

Se usará el interruptor SF6, ya que este gas sirve como aislante y extintor del arco.

Características :

- Tipo : SF6
- Voltaje Nominal : 138 KV
- Corriente nominal : 2500 A
- Corriente de ruptura : 31,5 KA

### **Seccionador**

Constará de dos columnas giratorias y freno central, las partes expuestas al paso de corriente son de cobre electrolítico, el contacto es puntual y autolimpiante, los contactos para la puesta a tierra están localizados en el contacto fijo.

Las bases rotatorias serán resistentes a las condiciones ambientales y sus cojinetes no deberán requerir de mantenimiento.

Los aisladores estarán montados sobre pernos de fijación, los cuales permiten un ajuste preciso del sistema de contactos una vez que las líneas son armadas y las tolerancias de los aislamientos alcanzados.

Los aterramientos estarán íntegramente montados con los seccionadores y mecánicamente interconectados con las hojas principales.

Características :

- 01 seccionador de 3 polos
- Voltaje nominal : 138 KV

- Corriente nominal : 1250 A
- Corriente corto circuito : 31,5 KA

### **Pararrayos**

Deberán estar selladas herméticamente, cada una conteniendo una columna de ZnO, el sellado final de cada pararrayo consistirá de una plancha de acero pretensado y ajustado con una empaquetadura en forma de “O”.

Características :

- Voltaje nominal : 138 KV
- Corriente nominal de descarga: 10 KA

### **Transformador de voltaje**

Serán del tipo capacitivo y se ubicarán en la línea de salida de la sub estación.

Características :

- Voltaje nominal : 138 KV
- Relación de transformación :  $138 / \sqrt{3}$  KV :  $115 / \sqrt{3}$  V

### **Transformador de corriente**

Serán del tipo capacitivo.

- Voltaje nominal : 138 KV
- Relación de transformación : 200 / 5 A , 30 VA

### **Panel de control y protección**

Será del tipo mimico, de construcción rígida, autosoportada, en el se ubicaran todas las protecciones, conmutadores de control, medición y alarmas.

### **Equipos Adicionales**

- Pórtico de salida línea aérea
- Cables tipo ACSR para las conexiones en 138 KV hacia el pórtico de salida.
- Tubos de aluminio para las conexiones de los terminales de alta tensión del transformador principal.
- Aisladores de porcelana para la línea aérea de salida
- Conexiones de puesta a tierra de todos los equipos
- Malla de puesta a tierra

## **4.2.10 SISTEMAS DE PROTECCIÓN**

### **Generador**

Deberá contar con un relé multifunción el cual incluye las siguientes funciones :

- Oscilógrafo
- Diferencial (87G)
- Relé de frecuencia (81)
- Sobre voltaje (59)
- Sobre corriente controlado por voltaje (51N)
- Secuencia negativa (46)
- Sobrecarga térmica (49)
- Detección de potencia inversa (32)
- Pérdida de excitación (40)



- Relé de sobre / baja frecuencia (80)
- Relé de balance de voltaje (60)
- Relé de multifunción con función de :

Sobrevoltaje (9)

Bajo voltaje (27)

Voltaje residual (51N)

### **Transformador principal de potencia**

- Relé de protección diferencial (87T)
- Relé de Sobrecorriente por falla a tierra (51N)
- Relé multifunción de protección de transformadores con las siguientes funciones:

Oscilógrafo

Relé de distancia (21)

Relé direccional de Sobrecorriente a tierra (67N)

Relé de re-cierre (79)

Relé de sincronización (25)

### **Sub estación 138 KV y transformador de potencia**

- Un relé diferencial para transformador (87G)
- Un relé de Sobrecorriente de falla a tierra (51N)
- Dos relés de sobre voltaje residual (64N)

- Relés de baja / sobre voltaje (27, 59)
- Relé de baja / sobre frecuencia (81)
- Relé de balance de voltaje (60)
- Una unidad multifunción de protección del generador
- Una unidad multifunción de protección de línea

#### **4.2.11 EQUIPOS DE MEDICIÓN**

##### **Generador**

- Medidores de energía clase 1 para medir la energía activa y clase 2 para medir la energía reactiva
- Un megavarímetro (MVAR)
- Un megavatímetro (MW)
- Un medidor del factor de potencia o cosfímetro
- Un amperímetro con selector
- Un frecuencímetro
- Un voltímetro con selector
- Un tacómetro digital (RPM)
- Un medidor de doble frecuencia (para el sincronismo)
- Un doble voltímetro (para el sincronizador)
- Un sincronoscopio (para el sincronizador)
- Un amperímetro (para el sincronizador)
- Un voltímetro (para la excitación)

**Sub estación de 138 KV**

- Medidores de energía clase 1 para medir la energía activa y clase 2 para medir la energía reactiva
- Un megavarímetro (MVAR)
- Un megavatímetro (MW)
- Un amperímetro con selector
- Un voltímetro con selector
- Transductores de señales para las siguientes medidas

Frecuencia

Voltaje

Potencia activa

Potencia reactiva

Factor de potencia

corriente

**Servicios auxiliares**

- Medidores de energía clase 1 para medir la energía activa y clase 2 para medir la energía reactiva
- Un megavarímetro (MVAR)
- Un megavatímetro (MW)
- Un amperímetro con selector
- Un voltímetro con selector

**4.2.12 CABLE Y ACCESORIOS 10 KV**

El cable es de un solo conductor, estarán alojados en canaletas de concreto y conectarán el generador con las barras en cuatro ternas.

### **Cables Subterráneos N2XSY para 8/15 KV**

El cable es del tipo unipolar, cobre electrolítico, temple suave, concéntrico y compactado, capa de polietileno semiconductor extruido, de polietileno reticulado (XLPE) color natural, capa de polietileno semiconductor extruido, pantalla de cinta de cobre recocido aplicada en forma helicoidal y cubierta de PVC color rojo.

- Sección : 500 mm<sup>2</sup>
- Tensión nominal : 12 / 20 KV
- Tipo : N2XSY
- Capacidad nominal : 750 A
- Temperatura de operación : 90 ° C
- Norma de fabricación : IEC 502

### **Terminales de cable**

Los terminales de cable utilizados serán unipolares del tipo termocontraible, para uso interior e exterior con las siguientes características :

- Tensión nominal : 15 KV
- Línea de fuga mínima : 300 mm
- Para conductor : N2XSY de 3 x 300 mm<sup>2</sup>
- Sello de humedad : clase 1

### **Sistema de puesta a tierra**

La subestación debe tener un sistema de puesta a tierra de dos pozos de tierra independientes, para baja tensión y media tensión respectivamente.

Cada pozo de tierra estará compuesto por :

1 varilla de cobre de 5/8" x 2,40 m

15 metros de conductor desnudo cableado de cobre 10 mm<sup>2</sup>

3 unidades de sales químicas para tratamiento de la tierra

3 conectores AB.

2 cajas de registro con tapa

### **Elementos complementarios**

- Aisladores portabarras

Serán del tipo instalación interior, de forma troncocónica y con las siguientes características :

Material : resina

Tensión nominal : 15 KV

Resistencia de rotura : 750 Kg.

Longitud de línea de fuga : 300 mm

- Elementos auxiliares de protección y maniobra

Se deberá contar con los siguientes equipos :

- Pértiga extractora de fusibles de alta tensión

Aislamiento : 24 KV

- Banco de maniobra

Soportará un peso de 100 Kg., con las siguientes características :

Aislamiento : 30 KV

- Guantes aislados

Serán de jebe aislante para uso eléctrico con las siguientes características :

Aislamiento : 24 KV

#### **4.2.13 PUENTE GRUA**

Será instalado en la casa de máquinas, el que permitirá realizar maniobras de montaje, mantenimiento y/o reparaciones del grupo electromecánico.

El puente se traslada en sentido longitudinal por medio de ruedas en carriles que van montados sobre vigas longitudinales a lo largo de la sala de máquinas.

Características :

Carga : 100 ton.

Luz del puente grúa : 10 m

Longitud de los carriles : 15 m

### **4.3. PRUEBAS DE RECEPCIÓN DE LOS ELEMENTOS Y / O EQUIPO ELECTROMECAÁNICO**

#### **4.3.1 PRUEBAS DE RECEPCIÓN EN FÁBRICA**

Los proveedores de los elementos y/o equipo electromecánico realizarán todas las pruebas especificadas en las normas bajo las cuales están especificados los equipos a fin de comprobar las características de los materiales, equipos, calidad de diseño y fabricación.

- Tubería de presión

Deberá cumplir con las normas de fabricación.

- Turbina – Generador, tablero de control y protección

El siguiente listado de pruebas deberán ser efectuadas en los laboratorios de control de calidad de los proveedores.

### **Turbina Pelton**

Pruebas no destructivas de rodete según especificaciones de calidad

Prueba de balanceo dinámico del rodete

Prueba de embalamiento del rodete

Prueba hidrostática de elementos sometidos a presión

Inspección y verificación de componentes

### **Regulador de velocidad**

Simulación de operación

Verificación de los componentes

### **Válvula**

Prueba de operación y estanqueidad de la válvula

### **Alternador**

Prueba del alternador

Verificación de los componentes

### **Tableros de control y protección**

Tableros alternador

Tableros servicios auxiliares CC.

Tablero servicios auxiliares CA.

#### **4.3.2 Pruebas de recepción en sitio**

El objeto del presente procedimiento es establecer un sistema ordenado y coherente que permita verificar el estado de operación de los elementos y/o equipos adquiridos con el objeto de iniciar su operación comercial y definir la fecha de inicio del periodo de garantía.

#### **Inspectores**

Los fabricantes de los equipos designaran a un ingeniero las pruebas a ser ejecutadas.

El cliente designará a un supervisor que para omitir opinión válida deberá demostrar calificación suficiente por medio del título de la especialidad materia de las pruebas.

#### **Procedimientos de pruebas**

El fabricante destacará a su ingeniero de pruebas y al personal de apoyo necesario, suministrando todos los equipos e instrumentos debidamente calibrados para la ejecución de las pruebas.

El cliente destacará a su supervisor o supervisores, los cuales presenciarán las pruebas y tendrán la responsabilidad y obligación de suscribir los protocolos de prueba.

A la finalización de la prueba y de encontrarse dentro de los niveles de aceptación previamente acordados se llenará y firmará el respectivo protocolo de pruebas.



En caso de que el resultado no sea satisfactorio en algún punto específico, éste se identificará y el fabricante procederá a efectuar la reparación correspondiente. La nueva prueba se realizará únicamente en el punto o en los puntos que no resultaron satisfactorios.

El procedimiento se repetirá hasta que el resultado sea satisfactorio.

#### **Plazo de la ejecución de las pruebas**

El plazo de ejecución de las pruebas será acordado y ratificado en el contrato de suministro de las obras y/o equipos materia del proyecto.

#### **Protocolo de recepción provisional**

A la finalización satisfactoria de las pruebas en sitio efectuadas de acuerdo a los procedimientos de pruebas y protocolos que para este fin han sido suministrados por fabricantes o proveedores, aprobadas a la firma del contrato de suministros entre el cliente y el proveedor, del cumplimiento del período de garantía, adjuntando a dicha acta la siguiente información :

Relación de personal que efectuó las pruebas por parte del cliente y proveedor.

Protocolos debidamente llenados de las pruebas efectuadas con los resultados obtenidos.

Lista de pruebas no efectuadas con su descarga correspondiente.

Observaciones de cargo a subsanar por parte del proveedor y el cliente.

### **Pruebas mecánicas**

- Control e inspección de la totalidad de piezas y componentes
- Medición de caudal aproximado del canal de carga
- Operación en vacío de la turbina
- Operación con carga de la turbina
- Estanqueidad de la válvula de mariposa y la válvula esférica
- Simulación de operación del sistema de protección
- Características de regulación de tensión, frecuencia y embalamiento del alternador.
- Estanqueidad agua, aire, aceite.

### **Pruebas eléctricas**

#### **Continuidad**

Se procederá a poner en corto circuito las salidas de las subestaciones y posteriormente probar en cada uno de los terminales de la línea de transmisión la continuidad.

#### **Aislamiento**

La prueba de los niveles de aislamiento deberán ser los especificados según el Código Nacional de Electricidad.

**Secuencia de fases**

El contratista deberá demostrar la posición relativa de los conductores de cada fase y deberán identificarlos mediante un membrete de plástico aislante donde estará indicado la fase.

## **CAPITULO 5**

### **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

#### **5.1. PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES**

##### **Etapa 1: Construcción**

- Aporte de sedimentos
- Erosión anterior al vaso
- Disposición de residuos sólidos
- Contaminación del aire
- Ruido
- Inestabilidad
- Alteración de la vegetación
- Alteración de la fauna
- Alteración del paisaje

**Etapa 2: Operación:****A.- Área inundada.-**

- Impacto en el uso del suelo cercano al vaso
- Pérdida de la velocidad de la corriente
- Pérdida del suelo por inundación
- Impacto del suelo inundado sobre la calidad de agua
- Deficiencias de oxígeno disuelto a causa de la descomposición orgánica
- Pérdida del hábitat silvestre
- Eutrofización
- Sedimentación en el embalse
- Erosión en el borde del vaso
- Cambio en el paisaje
- Alteración del nivel freático
- Alteración de flora y fauna

**B.- Área Agua Abajo.-**

- Impacto sobre los usos del agua
- Impacto a la biota debido a la alteración de la calidad del agua

**5.2.DESCRIPCION DE IMPACTOS****Sobre el Clima y la Atmósfera**

La acumulación de una masa de agua, puede disminuir la continentalidad del agua, es decir la disminución de las temperaturas máximas y aumento de las mínimas, y originar la aparición de brumas y neblinas.

La contaminación acústica generada por la explotación de un embalse, se debe fundamentalmente al funcionamiento de turbinas y generadores. Esto producirá un incremento en los niveles de ruido. Durante la fase de construcción, la utilización de maquinarias tanto en la construcción del embalse como en la explotación de las canteras y tránsito de vehículos, podría afectar a poblaciones cercanas al lugar donde se realizan tales actividades.

Por otra parte, el aumento de partículas sólidas en suspensión, se deberá a la explotación de las canteras, lo cual también podría afectar a la salud de los pobladores cercanos, así como a la flora y fauna del lugar.

Otra fuente de contaminación atmosférica de menor importancia durante la etapa de construcción, es la producida por el tránsito de vehículos.

### **Sobre la Superficie Terrestre y el Suelo**

Los impactos sobre la superficie terrestre podrían darse sobre la geomorfología y el suelo.

- **Geomorfología**

Se refiere a las repercusiones sufridas por la fisiografía, derivadas del ascenso del nivel de agua, que al inundar las tierras del vaso, producen una disminución del rozamiento interno, lo que a su vez produce inestabilidad de laderas y aumenta la posibilidad de derrumbamientos. Esto, no sólo reduce la vida del embalse, sino que puede reportar graves consecuencias para

poblaciones ubicadas aguas abajo, si los volúmenes deslizados fuesen importantes.

Dado que el presente proyecto se encontraría ubicado en una zona sísmica, es importante considerar la previsión del riesgo de sismicidad inducida por el embalse. Este riesgo se hace significativo con presas de gran tamaño, sobre si existen fallas activas.

También se deberá considerar las repercusiones que sobre la forma del terreno, pueden producir la apertura de canteras y la creación de vertederos de materiales sobrantes.

- **Suelo**

El anegamiento donde se instalará el vaso, supondrá una pérdida de suelo fértil, el cual es escaso para la zona del proyecto. Por otra parte, contribuyen a la pérdida del suelo, la construcción de las edificaciones auxiliares, la infraestructura y la construcción de las vías de acceso.

### **Sobre el agua y el curso fluvial**

Las primeras repercusiones sobre la calidad del agua a consecuencia de la construcción de un embalse se concretan en la contaminación de la corriente debido al incremento de partículas en suspensión, por ejemplo durante la limpieza de los desarenadores y por arrastres producidos por la lluvia.

También aunque en menor proporción, es de esperar contaminación producida por aguas servidas de las instalaciones como oficinas, servicios higiénicos, etc.

- **Aguas Superficiales**

Los impactos producidos sobre el agua superficial pueden darse en los siguientes tramos:

Aguas arriba

Volumen de agua embalsada

Tramo aguas abajo

La respuesta del río aguas arriba del embalse, suele ser de poca importancia. Sin embargo, habrá que considerar que la presencia de la lámina de agua que origina el embalsamiento provocará una disminución de la velocidad del flujo, lo que a su vez provocará una aumento o inicio de la deposición de sedimentos sobre algunas partes del lecho del río.

La realización de algún tipo de embalse, producirá la retención de la mayor parte de la carga sólida transportada por el flujo. En embalses pequeños, como es el caso del presente proyecto, sólo se depositarán un porcentaje del total de partículas, de modo que, las granulometrías más finas, suspendidas en la corriente, pueden contaminar aguas abajo.



Si se considera que un embalse puede tener un impacto negativo sobre la calidad de las aguas por tres procesos que son: eutrofización, estratificación y salinización se hace necesario determinar la posible magnitud del mismo para el presente proyecto.

Para el primer caso, se refiere al ingreso de nutrientes al embalse, principalmente Fósforo y Nitrógeno de fuentes puntuales o difusas. Este enriquecimiento anormal de nutrientes transforma el equilibrio del ecosistema acuático, aumentando el fitoplancton, pérdida de transparencia, etc.

La estratificación se refiere al gradiente térmico que se forme en el vaso, esto puede traer como consecuencias la inhibición de transferencias de oxígeno entre la parte superior e inferior del embalse.

Deberá preverse la posible inundación de terrenos salobres que podrían producir una gran salinización de las aguas.

Aguas debajo del embalse, será necesario conservar el caudal mínimo o ecológico para la conservación de la flora, fauna y del paisaje presentes en el tramo siguiente del río.

Así mismo, al disminuir el mayor o menor medida el contenido de sólidos en suspensión, a causa del periodo de sedimentación a la que se somete el agua durante el embalsamiento, a la salida del embalse el agua más clara presenta

una mayor capacidad de arrastre, lo que puede originar fenómenos de erosión, tanto en el propio cause, como sobre los márgenes.

Otra forma de contaminación física, es la modificación de la temperatura del agua, lo que puede repercutir sobre la biocenosis y a los cultivos a los que se destine el agua en cada caso.

- **Aguas Subterráneas**

Se deberá considerar las oscilaciones del nivel freático debido a las filtraciones en el vaso del embalse que podría ocasionar modificaciones en el nivel del manto freático en las zonas, más bajas y llanas de la cuenca.

### **Sobre la Vegetación**

Tanto en la fase de construcción como en la de operación, la escasa vegetación de la zona sufrirá consecuencias del desarrollo de la actividad. En la fase de construcción, las pérdidas más importantes se deberán a la apertura de canteras, movimiento de maquinaria, construcción de accesos, construcción del embalse y reconstrucción vial.

Durante la utilización del embalse la alteración a la vegetación se deberá principalmente al cambio en la disponibilidad del agua, aguas abajo, la disminución del nivel freático causado por el encajonamiento del río puede alejar del agua subterránea a las raíces de las plantas que necesitan humedad freática para vivir.

### **Sobre la Fauna**

Esta puede corresponder tanto a la fauna terrestre afectada por las obras como a las especies acuáticas que viven en los tramos fluviales afectados por el embalse. Entre los posibles impactos identificados se tienen los efectos directos a la fauna local por la destrucción del hábitat y por el efecto barrera. Se debe considerar también, la posible mortandad de aves por peligro de electrocución y el ruido producido por el turbinado del agua que puede afectar a comunidades próximas.

### **Sobre el Paisaje**

La naturalidad del paisaje será uno de los principales impactos ambientales producto del embalse y obras requeridas en el presente proyecto.

### **Sobre la Socio-economía**

Entre las principales alteraciones podemos citar:

- **Sobre el sistema territorial**

Modificación del sistema de relaciones territoriales, alterándose los puntos y radios de influencia de diversos agentes por la creación del embalse que actúa como barrera física y psicológica.

- **Alteración de los usos del suelo**

- a.- Sobre la población

Posible incremento de la población debido a la instalación de la central hidroeléctrica

b.- Sobre el sistema económico

Sobre el sector primario: pérdida de la propiedad del suelo y revalorización de la zona.

Sobre el sector secundario: rentas generadas por las empresas proveedoras, constructoras durante las etapas del proyecto.

## **1. MEDIDAS CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS**

Una vez identificados y evaluados los impactos ambientales, corresponde la proposición de medidas correctoras que aminoren los efectos derivados de la actividad contemplada. La corrección de impactos puede consistir en:

Reducir el impacto

Cambiar la condición del impacto

Compensar el impacto

A continuación se incluye una lista de posibles medidas correctoras, diferenciando las que se pueden aplicarse en la fases de construcción y explotación.

<b>Alteración</b>	<b>Medida preventiva/correctora</b>
Pérdida del suelo por erosión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revegetación de taludes, terraplenes y superficies derivadas con especies nativas de la zona.</li> <li>- Organizar el movimiento de la maquinaria según curvas de nivel para evitar la formación de regueros en los que se encaucen las aguas de escorrentía</li> </ul>
Compactación del suelo por movimientos de maquinaria	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Descompactación y remoción de tierra compactada</li> </ul>
Aparición de taludes inestables	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificar los movimientos de maquinaria por lugares que no produzcan taludes con excesiva pendiente</li> <li>- Sujeción de taludes</li> </ul>
Generación de ruido	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aislamiento mediante instalación de pantallas acústicas</li> <li>- Amortiguamiento mediante el empleo de silenciadores en motores de máquinas y vehículos.</li> </ul>
Contaminación atmosférica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rociado con agua y/o recubrimiento de la superficie expuesta al viento en lugares de acopios y canteras.</li> </ul>

	- Control y monitoreo de partículas en suspensión, según ley.
Destrucción de la vegetación y hábitat de especies de animales	- Reposición de áreas perdidas en el mismo lugar luego de finalizada la actividad o en áreas cercanas al la disturbada.

<b>Alteración</b>	<b>Medida preventiva/correctora</b>
Efectos sobre la calidad de las aguas:	
- Sólidos en suspensión	- Filtrado o decantación de aguas Efluentes
- Desvío de caudales para facilitar la construcción	- Mantenimiento de caudal mínimo
- Vertidos de aguas servidas de la infraestructura instalada	- Depuración de aguas residuales, mediante la instalación de poza de tratamiento de acuerdo a la naturaleza del proyecto
Alteración del paisaje debido a:	
- Pistas de acceso y aporte de materiales	- Consideración de criterios ecológicos en su trazado - Revegetación de pistas usadas al finalizar la obras o entrega a comunidades aledañas

- Construcción del embalse y edificios de infraestructura	- Apantallamiento vegetal (acústico y visual) - Respetar tipología de la zona
- Apertura de canteras, modificaciones fisiográficas	- Ubicación de canteras centro del vaso - Apantallamiento acústico y visual
- Localización del parque de máquinas	- Ubicación en lugares de mínimo impacto visual - Creación de pantallas

<b>FASE DE EXPLOTACIÓN</b>	
- Erosión de las márgenes, aguas abajo del embalse	- Protección de márgenes
- Regulación del flujo o alteración del régimen natural	- Mantenimiento de un caudal ecológico
- Alteraciones de la calidad del agua motivadas por el embalsamiento	- Monitoreo de parámetros de acuerdo a legislación. - Control y depuración de vertidos - Descarga del agua de diferentes estratos del embalse para controlar la temperatura y calidad de aguas vertidas - Dragado, tratamiento de lodos in

	situ.
- Efectos sobre comunidades pisícolas	- Evitar repoblaciones con especies de aguas lentas - Acondicionamiento de arroyos afluentes que permitan la reproducción de especies locales
- Efectos sobre comunidades de animales terrestres	- Creación de bebederos
- Destrucción de servidumbres de paso	- Reposición de vías
- Asenso del nivel freático	- Drenaje
- Descenso del nivel freático	- Recarga artificial - Pantallas de estanqueidad
- Deslizamiento de laderas del vaso	- Obras de drenaje y estabilización
- Efectos sobre las condiciones socioeconómicas de la zona	- Creación de bolsa de empleo para pobladores afectados

#### **FASE DE ABANDONO**

- Aporte de sólidos a la corriente	- Bolsas de decantación
- Impacto visual	- Demolición - Apantallamiento vegetal



## CAPITULO 6

### EVALUACION ECONOMICA

#### 6.1 RESUMEN ECONÓMICO DEL PROYECTO

Para una potencia instalada de 80 MW la inversión será la siguiente:

**Tabla 6.1: Resumen económico del proyecto**

	Fase	Coste Inversión \$(US)
0	OBRAS PRELIMINARES	819 000.00
1	CONSTRUCCIÓN DE PRESAS	6 243 473.00
2	BOCATOMA	1 015 950.00
3	CANAL DE ENLACE BOCATOMA - DESARENADOR	288 221.00
4	DESARENADOR	514 846.00
5	CANAL DE ENLACE DESARENADOR - TÚNEL	5 570 249.60
6	TÚNEL I	9 317 059.40
7	TÚNEL II	6 270 970.40
8	TÚNEL III	6 619 860.00
9	TÚNEL IV	663 780.00
10	CÁMARA DE CARGA	3 475 942.00
11	TUBERÍA FORZADA	9 802 780.00
12	PIQUE DE PRESIÓN	223 450.20
13	TRAMPA DE ROCAS	449 450.00
14	TÚNEL DE PRESIÓN BLINDADO	1 693 515.00
15	CASA DE MÁQUINAS	28 500 000.00
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>	<b>81 468 546.60</b>
	GASTOS GENERALES (15% C.D.)	12 220 281.99
	UTILIDAD (08% C.D.)	6 517 483.73
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>100 206 312.32</b>
	IGV (19%)	19 039 199.34
	<b>COSTO TOTAL US\$</b>	<b>119 245 511.66</b>

Con este valor calculamos el costo unitario

$$\text{costo\_unitario} = \frac{119\,245\,511.66 \text{ US}(\$)}{80000 \text{ kW}}$$

$$\text{Costo unitario} = 1\,490\,568.90 \text{ US}(\$)/\text{kW}$$

Consideremos para un análisis económico:

Intereses : 6 %

Operación : 1 %

Mantenimiento : 2 %

Tasa de Depreciación: 4 %

Vida útil : 70 años

Depreciación

$$D = \frac{d}{\left(1 + \frac{d}{2}\right)^{2n} - 1}$$

d = tasa de depreciación

n = vida útil

$$\text{CF} = \text{Costo fijo}$$

$$D = 0.27 \%$$

$$\text{CF} = \text{I} + \text{O} + \text{M} + \text{D}$$

$$\text{CF} = 6 \% + 1 \% + 2 \% + 0.27 \%$$

$$\text{CF} = 9.27 \%$$

$$P_m = \frac{60 \times 20 + 80 \times 4}{24}$$

$$P_m = 63.33 \text{ MW}$$

$$E = P_m \times t = 63.33 \times 8760 \times 0.99$$

$$E = 549252 \text{ MWh}$$

$C_m$  = Costo medio

$$C_m = 13.27\% \frac{119\,245\,511.66}{549252000} = 0.02012 \text{ US}(\$/\text{kWh})$$

$$C_m = 0.02012 \text{ US}(\$/\text{kWh})$$

Costo de generación anual =  $C_m \times E(\text{anual})$

Costo de generación anual =  $0.02012 \times 549252000 = \$ 11\,054\,058.93$

## 1. INDICADORES ECONÓMICOS

Potencia Instalada	:	80 MW
Potencia media	:	63.3 MW
Nombre del proyecto	:	Central Hidroeléctrica de Tablachaca
Inversión total (\$)	:	119 245 511.66
Factor de Carga	:	0.79
Horas al año	:	8762.4
Energía (kWh) x año	:	549 252 000
Costo medio de generación (\$/kWh)	:	0.02880
Precio en barra (\$/kWh)	:	0.04470
Precio por potencia(\$/kW-año)	:	80.4
% incremento cada 6 meses	:	1.2
Costo total anual de generación (\$)	:	11 054 058.93

Tabla 6.2

Ingresos totales anuales en venta de energía en barra en 20 años

<b>Año</b>	<b>Precio en barra \$/Kwh</b>	<b>Ingreso anual por energía\$(US)</b>	<b>Ingreso anual por potencia\$(US)</b>	<b>Ingreso anual total\$(US)</b>
1	0.04470	24551564.40	5091973.20	29643537.60
2	0.04582	25165353.51	5091973.20	30257326.71
3	0.04696	25794487.35	5091973.20	30886460.55
4	0.04814	26439349.53	5091973.20	31531322.73
5	0.04934	27100333.27	5091973.20	32192306.47
6	0.05057	27777841.60	5091973.20	32869814.80
7	0.05184	28472287.64	5091973.20	33564260.84
8	0.05313	29184094.83	5091973.20	34276068.03
9	0.05446	29913697.20	5091973.20	35005670.40
10	0.05582	30661539.63	5091973.20	35753512.83
11	0.05722	31428078.12	5091973.20	36520051.32
12	0.05865	32213780.08	5091973.20	37305753.28
13	0.06012	33019124.58	5091973.20	38111097.78
14	0.06162	33844602.69	5091973.20	38936575.89
15	0.06316	34690717.76	5091973.20	39782690.96
16	0.06474	35557985.71	5091973.20	40649958.91
17	0.06636	36446935.35	5091973.20	41538908.55
18	0.06802	37358108.73	5091973.20	42450081.93
19	0.06972	38292061.45	5091973.20	43384034.65
20	0.07146	39249362.99	5091973.20	44341336.19

**Tabla 6.3**  
**Flujo de Caja en 20 años**

<b>Año</b>		<b>\$</b>
0	Inversion	-119245511.7
1	ingreso año1	18589478.67
2	ingreso año2	19203267.78
3	ingreso año3	19832401.62
4	ingreso año4	20477263.80
5	ingreso año5	21138247.54
6	ingreso año6	21815755.87
7	ingreso año7	22510201.91
8	ingreso año8	23222009.10
9	ingreso año9	23951611.47
10	ingreso año10	24699453.90
11	ingreso año11	25465992.39
12	ingreso año12	26251694.35
13	ingreso año13	27057038.85
14	ingreso año14	27882516.96
15	ingreso año15	28728632.03
16	ingreso año16	29595899.97
17	ingreso año17	30484849.62
18	ingreso año18	31396023.00
19	ingreso año19	32329975.72
20	ingreso año 20	33287277.26

### 6.3. VALOR ACTUAL NETO

Con el flujo de caja de la tabla 6.3, tomamos un 12% de tasa de descuento, para analizar el proyecto, y procedemos a obtener el VAN (Valores en miles de dólares)

$$VAN(r\%) = -I + \frac{A_1}{r} + \frac{A_2}{r^2} + \frac{A_3}{r^3} + \dots + \frac{A_n}{r^n}$$

n: Numero de años

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ : Beneficio neto anual

I: Inversión

$$VAN(12\%)(US\$) = \$ 50.757.746.62$$

De este análisis, obtenemos nuestro primer indicador dentro del rango de aceptación para proyectos de inversión, es importante la parte técnica, como la parte económica, no obstante el uso del indicador TIR (Tasa Interna de Retorno), es propicia para hacer la comparación de nuestro proyecto con otros similares.

### 6.4 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Con el flujo de caja de la tabla 6.4, procedemos a obtener la TIR.

$$0 = -I + \frac{A_1}{(1+i)^1} + \frac{A_2}{(1+i)^2} + \frac{A_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{A_n}{(1+i)^n}$$

n: Numero de años

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ : Beneficio neto anual

I: Inversión

$$i = 17.66\%$$

La solución de esta ecuación, es sencilla para ella se puede hacer uso de iteraciones, métodos numéricos, etc.

## 6.5 CALCULO DE BENEFICIO/COSTO B/C

Para este cálculo, hacemos el respectivo análisis:

$$VAN(12\%) = -inversión + Beneficios \rightarrow Beneficios = VAN(12\%) + inversión$$

$$B/C = \frac{VAN(12\%) + inversión}{inversión} \rightarrow 1 + \frac{VAN(12\%)}{inversión} \rightarrow B/C = 1 + \frac{50\,757\,746.62}{119\,245\,511.66}$$

$$B/C = 1.425$$

Con este resultado observamos que se encuentra dentro de los estándares de rentabilidad de los proyectos de inversión.

## 6.6 COMPARACION ECONOMICA CON UNA CENTRAL TERMICA A GAS

Consideremos para la central a gas:

Costo unitario = 600 US(\$)/kW

Poder calorífico : 11180 kcal/kg

Eficiencia : 0.4

Costo gas : \$ 0.22/kg

Intereses : 6 %

Operación : 3 %

Mantenimiento : 5 %

Tasa de Depreciación: 4 %

Vida útil : 25 años

Depreciación

$$D = \frac{d}{\left(1 + \frac{d}{2}\right)^{2n} - 1}$$

d = tasa de depreciación

n = vida útil

CF = Costo fijo

$$D = 2.36 \%$$

$$CF = I + O + M + D$$

$$CF = 6 \% + 3 \% + 5 \% + 2.36\%$$

$$CF = 16.36\%$$

$$\text{Poder calorífico} = 11180 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \times \frac{1\text{kWh}}{860\text{kcal}} = 13 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$$

$$\text{Poder calorífico real} = 13 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}} \times 0.4 = 5.85 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}}$$

$$\text{Costo variable} = \$ \frac{0.22}{\text{kg}} \frac{1\text{kg}}{5.85\text{kWh}} = \$0.0376 / \text{kWh}$$

$$\text{Costo fijo} = 0.1636 \frac{\$600 / \text{kW} \times P(\text{kW})}{0.79 \times P(\text{kW}) \times 8762.4\text{h}} = \$0.01418 / \text{kWh}$$

$$\text{Costo medio total} = C_f + C_v = 0.05178 \$ / \text{kWh}$$

Concluimos que el costo medio de generación en la central hidroeléctrica es mayor que en la central térmica.



### CONCLUSIONES

- La ejecución de proyectos de este tipo contribuirán a frenar una serie de problemas socio económico originado por uno de los principales fenómenos: las corrientes migratorias de las zonas rurales hacia las grandes urbes en busca de mejores estándares de vida.
- La ejecución de Obras como ésta contribuye al desarrollo de la tecnología nacional por cuanto crea condiciones atractivas favorables para la fabricación de maquinarias y equipos hidroeléctricos, así como la construcción y montaje de plantas. Durante la construcción se podrían desarrollar nuevas técnicas de procedimientos no convencionales y de tecnología nacional con el fin de reducir los costos que normalmente tendría la realización de este proyecto.
- La importancia del presente informe es el de mostrar la metodología en el desarrollo de una Central, tanto de la parte Eléctrica, así como con los conocimientos adquiridos poder desarrollar criterios generales en las Obras Civiles.

### **RECOMENDACIONES**

- Como el Canal y el Caudal de agua utilizados tienen un doble objetivo, es necesario que deba existir una estrecha colaboración entre el Ministerio de Agricultura y La Empresa Generadora para el uso del agua; no es conveniente por ejemplo que en las horas punta se utilice el agua para fines agrícolas o que si se presenta sequía se tenga que utilizar el agua si hay poca demanda de energía.
- Una vez puesta en servicio la Central se deberá controlar la variación de la máxima demanda de potencia de cada una de las cargas, y a su vez su influencia en el comportamiento de la Central.
- Una vez ejecutado este proyecto, dar a la población charlas de orientación sobre el uso y beneficios de la electricidad, a fin de motivar en las personas el deseo de mayor progreso y desarrollo de su localidad mediante el aprovechamiento adecuado de este nuevo recurso, asimismo prevenirlos de los peligros para la vida humana que

significaría como consecuencia de una mala manipulación de elementos y equipos eléctricos.

- Se debe remarcar la necesidad de cumplir con un programa de mantenimiento preventivo, elaborado por personal experto, que permitan garantizar la continuidad del servicio y prolongar la vida útil de los equipos.
- Los diseños que en las Obras Civiles se precisan, deben ser reajustados, considerando mayores precisiones, como los estudios de suelo, etc.

**ANEXOS**

- A.1. Secciones Típicas del Sistema de Conducción
- A.2. Desarenador
- A.3. Disposición de Equipamiento Electromecánico en la Casa de Máquinas
- A.4. Diagrama Unifilar
- A.5. Servicios Auxiliares de Equipamiento Electromecánico

## BIBLIOGRAFIA

- . LINSLEY, KOHLER AND PAULHUS,  
Hydrology for Engineers,  
Ed. Mc Graw Hill-NY USA,  
1975
- . G. ZOPPETTI, Centrales  
Hidroeléctricas, Ed. G. Gili, Barcelona,  
1979
- . T. CROFT, Manual del Montador  
Electricista Ed. Reverté, Barcelona  
1984
- . G. CASTELFRANCHI,  
Centrales Hidroeléctricas
- . NOSAKI TSUGUO, Guía para la  
elaboración de Proyectos de Pequeñas  
Centrales Hidroeléctricas, destinadas a la  
Electrificación Rural del Perú,  
Ed. Japan International Cooperation  
Agency, Lima, 1985

- . TRANS TECHNO, Desarrollo de Mini centrales Hidroeléctricas, Lima 1986
- . GTZ, Manual para la Planificación y Dimensionamiento de una Mini Central Hidroeléctrica, Alemania, 1986
- . NOSAKI TSUGUO, Datos para la elaboración de Pequeñas y Medianas Centrales Hidroeléctricas, Ed. JJCA, 1985
- . SUB COMISIÓN INTERNACIONAL DE CLASIFICACIÓN ESTRATIGRÁFICA, Guía Estratigráfica International, Ed. Reverté, 1980
- . JAPEVI S.A. INGENIEROS CONSULTORES, Estudio de Vasos de Almacenamiento en Micro Cuencas del Rio Tablachaca, 1997
- . HIDROSERVICE, ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA. Estudio Integral Para el Aprovechamiento de la Cuenca del Rio Santa, 1984