

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

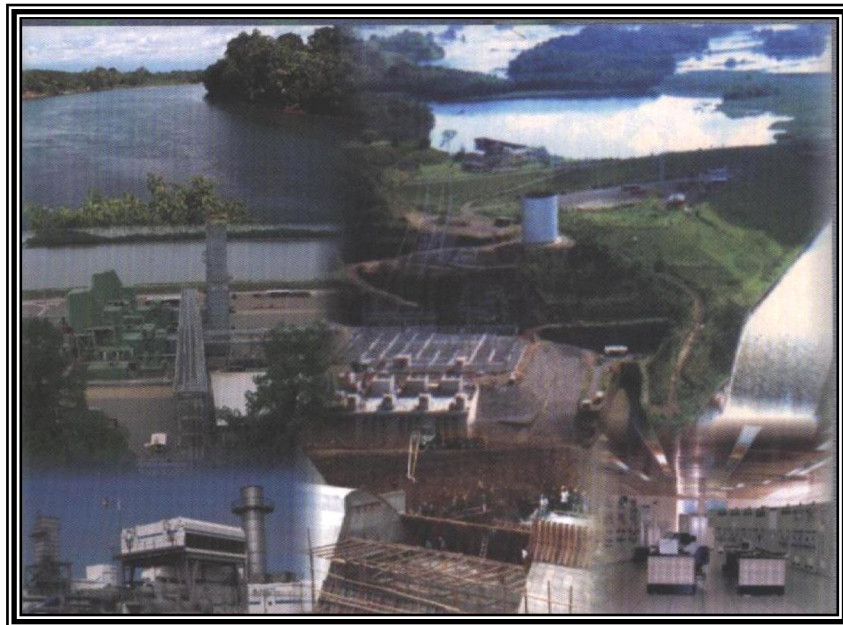
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS HIDROLÓGICOS Y COSTO  
DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO "CHESPI"**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE: INGENIERA CIVIL**

**ELABORADO POR:**

**MAYRA CENTENO AGUILAR**



**SANGOLQUÍ, MARZO 2008**

## EXTRACTO

El sector eléctrico en el Ecuador es uno de los más críticos debido a la falta de represas que generen electricidad. Eso ha obligado al estado a la compra de energía a países como Colombia y Perú, mediante la interconexión que le cuesta anualmente al país miles de dólares.

Datos que revelan la urgente necesidad del país de crear nuevas centrales para generación de energía, un objetivo que podría lograrse con la puesta en marcha de la construcción de la represa Chespi, cuyo estudio hidrológico y actualización de costos son suministrados por el trabajo realizado en esta tesis y que de llegar a concretarse podría ahorrar al Ecuador miles de dólares.

El proyecto de tesis: “ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS HIDROLÓGICOS Y COSTO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI” se basa en una comparación entre el proyecto existente en el CONELEC a nivel de factibilidad vs. las actuales condiciones, tanto hidrológicas como de costos.

Datos que permitirán conocer la situación real del proyecto en la parte hidrológica y nos darán una idea clara de la rentabilidad del mismo.

## EXTRACT

In Ecuador, the electric area is one of the most weak because it did not have enough reservoirs that reason the government has to buy the energy to other countries: Colombia and Peru, but the annual cost is too high.

According with the corresponding census it is necessary to build new central plants to the generation of energy.

A certain objective could be achieved with the construction of the “Reservoir Chespi”, which hydrologic study and cost actualization are summarized with the stated job in this thesis. If our country can take this opportunity it can save a lot of money.

The thesis Project: “Actualization of the hydrologic studies and the Hydroelectric Chespi Project Costs” is based on a comparison between the present project probabilities in the CONELEC and the current circumstances: economic and hydrologic.

Information that lets us know the real situation of the Project in the hydrologic part, could give us a clear idea of the profitable opportunity.

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por la **SRTA. MAYRA CENTENO AGUILAR** como requerimiento parcial a la obtención del título de **INGENIERA CIVIL.**

Sangolquí 2008

---

**Ing. Milton Silva**  
**DIRECTOR**

---

**Ing. Ricardo Durán.**  
**CODIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo va dedicado al ser de mí ser, a mi hija Valeria, quien sembró en mí el espíritu de lucha, de valentía y de esfuerzo. A ella, a su inocencia, a sus ojos profundos que entregan todo el amor que un ser terrenal podría desear. A su sonrisa abierta, a sus locuras de niña, a su pasión por la vida y por las cosas más simples y complejas que me hacen cada día trabajar por ser lo mejor para ella.*

*A mis papás, Chari y Luis, por ser el pilar que siempre me sostuvo, la mano que me sacó del abismo, el amor que me enseñó a amar, el ejemplo para ser hija, hermana y madre.*

*A mis hermanas Vivi y Katy, dos mujeres diferentes que me aman a su manera. Por su tiempo, por su espacio, por sus vidas.*

*A mi amado Dios que es el motor de mi vida, que me da las fuerzas para levantarme cada día y para luchar por conseguir cada uno de mis anhelos.*

***Mayra Centeno Aguilar***

## AGRADECIMIENTO

*A la Escuela Politécnica de Ejército que me acogió en sus aulas y me enseñó que la lucha diaria y constante es el mejor camino para llegar a la meta propuesta.*

*Al Sr. Ing Jorge Zúñiga, Director de Carrera, quien me ha brindado su apoyo incondicional.*

*A mis Directores Ings. Milton Silva y Ricardo Durán por ofrecerme en cualquier instante que lo requería, todos sus conocimientos y experiencias, demostrando de esta manera el alto grado de profesionalismo cultivado en las aulas de nuestra prestigiosa Escuela Politécnica.*

*A todos los profesores de la Facultad por haber dedicado su tiempo y esfuerzo en la enseñanza de sus cátedras y por haberme dado sus vidas como ejemplo de que no hay mejor triunfo que el del sacrificio, en especial a los Ing. Ignacio Dávila, Roberto Aguiar y Jorge Zúñiga que me enseñaron no solo a ser profesional sino ser humano.*

*A los infaltables amigos Luis, Javier, Henry, Byron, Joy, Sol, Viví, Oscar, que están siempre pero sobre todo cuando uno cae y cree no tener el suficiente valor para levantarse. A mi querida amiga Verónica Rea, quien estuvo siempre para reír conmigo, para secar mis lágrimas y para celebrar mis triunfos.*

*Mayra Centeno Aguilár*

*A mi hija VALERIA*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PGS.</b>
- ANTECEDENTES	1
- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER	4
- OBJETIVOS GENERALES	6
- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
- BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7

### **CAPÍTULO I**

#### **1. ESTUDIOS Y GENERALIDADES DE HIDROLOGÍA**

1.1	IMPORTANCIA DE LA HIDROLOGÍA EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS.	10
1.2	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS NECESARIOS PARA UN PROYECTO HIDROELÉCTRICO.	15
1.3	LISTADO DE ESTUDIOS EXISTENTES EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI.	24
1.4	DATOS ACTUALES DEL PROYECTO CHESPI	31
1.5	DATOS HIDROLÓGICOS OBTENIDOS EN CAMPO	39
1.6	TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN CAMPO	40

### **CAPÍTULO II**

#### **ESTUDIOS Y GENERALIDADES DE COSTOS**

2.1	IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE COSTOS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS.	42
2.2	ANÁLISIS DE COSTOS NECESARIOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PROYECTO HIDROELÉCTRICO.	47



2.3	DETALLE DE COSTOS EXISTENTES EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI.	54
-----	---	----

### **CAPÍTULO III**

## **3. ACTUALIZACIÓN DE DATOS HIDROLÓGICOS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO**

### **CHESPI**

3.1	INTRODUCCIÓN	76
3.1.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO CHESPI	76
3.1.2	ALCANCE DEL ESTUDIO	76
3.1.3	INFORMACIÓN DISPONIBLE	77
3.2	DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA	78
3.2.1	ASENTAMIENTOS HUMANOS Y EXPLOTACIÓN AGRO-INDUSTRIAL	78
3.2.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS GENERALES DE LA CUENCA	79
3.3	METEOROLOGÍA	82
3.3.1	RED DE MEDICIONES METEOROLÓGICAS	83
3.3.2	CLIMATOLOGÍA GENERAL DE LA CUENCA	85
3.3.3	TEMPERATURA EN EL SITIO DE OBRA	86
3.3.4	HUMEDAD RELATIVA EN LAS ESTACIONES	89
3.3.5	EVAPORACIÓN	89
3.3.6	VIENTOS EN LOS SITIOS DE OBRA	92
3.4	PLUVIOMETRÍA	93
3.4.1	DESCRIPCIÓN DE LA RED	93
3.4.2	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LLUVIA	95
3.4.2.1	VARIACIÓN ESPACIAL	

3.4.2.2	LLUVIAS ANUALES EN LAS ESTACIONES Y SITIOS DE OBRA	97
3.4.2.3	LLUVIAS MENSUALES EN LAS ESTACIONES Y SITIOS DE OBRA	97
3.4.2.4	LLUVIAS DIARIAS EN LAS ESTACIONES Y SITIOS DE OBRA	98
3.4.2.5	TENDENCIA A LARGO PLAZO	100
3.4.2.6	LLUVIA EN LA ZONA DE APROVECHAMIENTO	101
3.5	HIDROMETRÍA	101
3.5.1	DESCRIPCIÓN DE LA RED	101
3.5.2	REGISTROS DISPONIBLES	102
3.5.3	CURVAS DE DESCARGA LIQUIDA EN LAS ESTACIONES	103
3.5.4	CURVAS DE DURACIÓN GENERAL EN LAS ESTACIONES	105
3.6	CAUDALES E HIDROGRAMAS	107
3.6.1	CAUDALES EN LAS ESTACIONES FLUIVOMÉTRICAS	107
3.6.2	CAUDALES DE LA CUENCA INTERMEDIA ENTRE LAS DOS ESTACIONES DEL GUAYLLABAMBA	111
3.6.3	CAUDALES EN EL SITIO DE APROVECHAMIENTO	111
3.6.4	HIDROGRAMAS EN EL SITIO DE APROVECHAMIENTO	116
3.6.5	RELACIÓN LLUVIAS - ESCURRIMIENTO	116
3.7	CRECIDAS Y AFORO EN LA CUENCA DEL GUAYLLABAMBA	117
3.7.1	GENERALIDADES	117
3.7.2	INFORMACIÓN DISPONIBLE	117
3.7.3	METODOLOGÍA DE CÁLCULO	118
3.7.4	CAUDAL ESPECÍFICO EN LA CUENCA AFORADA	118
3.7.5	ELECCIÓN DEL PERIODO DE RETORNO PARA LAS CRECIDAS DE DISEÑO	121
3.7.6	DISTRIBUCIÓN DE LLUVIAS MÁXIMAS EN CRECIDAS	123
3.7.7	DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE CAUDALES MÁXIMOS	124

3.7.8 CAUDALES INSTANTÁNEOS MÁXIMOS EN LAS ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS	124
3.7.9 ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN EL SITIO DE LA PRESA	125
3.7.10 HIDROGRAMA CARACTERÍSTICO DE CRECIDAS	127
3.8 SEDIMENTOLOGÍA	128
3.8.1 GENERALIDADES	128
3.8.2 ECUACIONES BÁSICAS	129
3.8.3 SECUENCIA DE CÁLCULO	132
3.9 OBSERVACIONES	
3.10 TABLAS ANUALES DE DATOS HIDROLÓGICOS INICIALES DEL PROYECTO HASTA 1986	157
3.10.1 DATOS INICIALES DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO "CHESPI"	157
3.10.2 DATOS HIDROLÓGICOS ACTUALES DEL PROYECTO "CHESPI"	161
3.11 COMPARACIÓN DE DATOS INICIALES CON DATOS ACTUALES	168
3.11.1 RESUMEN DE DATOS	168
3.11.2 DATOS COMPARATIVOS	169
3.11.3 GRÁFICOS DE CURVAS E HIDROGRAMAS	176
3.11.4 COMPARACIÓN DE GRÁFICOS INICIALES CON GRÁFICOS ACTUALES	194
3.12 CAUDAL DE DISEÑO	206

**CAPÍTULO IV****4. ACTUALIZACIÓN DE COSTOS, UTILIZANDO SISTEMAS COMPUTACIONALES****EXISTENTES**

4.1	ANÁLISIS DE COSTOS	211
4.1.1	GENERALIDADES	211
4.1.2	ESTIMACIÓN DE COSTOS	212
4.2	APLICACIÓN DEL PROGRAMA ARES	213
4.2.1	ELABORACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS	214
4.2.2	COSTO FINAL DEL PROYECTO	303
4.3	APLICACIÓN DEL MICROSOFT PROJECT	304
4.3.1	ELABORACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE OBRA.	305
4.3.1.1	CRONOGRAMA GANTT.	305
4.3.1.2	DIAGRAMA PERT – CPM.	306
4.4	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO	307
4.4.1	INTRODUCCIÓN	307
4.4.2	POTENCIA Y ENERGÍA DE LA CENTRAL	308
4.4.3	COSTO DEL CAPITAL INVERTIDO	311
4.4.4	BENEFICIOS	313
4.4.5	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA RENTABILIDAD	314
4.4.6	PARÁMETROS ECONÓMICOS	316
4.5	ACTUALIZACIÓN DE DATOS CON FÓRMULAS POLINÓMICAS	319

**CAPÍTULO V****CONCLUSIONES , RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS**

CONCLUSIONES	325
RECOMENDACIONES	329
COMENTARIOS	330

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	331
---------------------	-----

<b>ANEXOS</b>	333
---------------	-----

A. BREVE GLOSARIO DE TÉRMINOS

B. TABLA DE CONVERSIÓN DE SUCRES A DÓLARES

C. CÁLCULO DE VERIFICACIÓN DE CANTIDADES DE OBRA

D. FOTOGRAFÍAS DEL SITIO DEL PROYECTO Y ESTACIONES DE MEDICIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA

**LISTADO DE TABLAS****CAPÍTULO I****ESTUDIOS Y GENERALIDADES DE HIDROLOGÍA**

Tabla 1.1	Temperatura en la Base del Proyecto Datos Existentes
Tabla 1.2	Evaporación en la Base del Proyecto Datos Existentes
Tabla 1.3	Lluvia Media Mensual Proyecto “Chespi” Datos Existentes
Tabla 1.4	Caudal Medio Mensual Estación A.J. Cubi Datos Existentes
Tabla 1.5	Caudal Medio Mensual Estación D.J. Alambí Datos Existentes
Tabla 1.6	Temperatura Media Estación Viña del Chespi
Tabla 1.7	Temperatura en la Base del Proyecto Temperatura Máxima Estación Viña del Chespi
Tabla 1.9	Evaporación Estación Viña del Chespi
Tabla 1.10	Precipitación Media Estación Viña del Chespi
Tabla 1.11	Humedad Relativa Estación Viña del Chespi
Tabla 1.12	Caudal Medio Mensual Estación D. J. Alambi
Tabla 1.13	Caudal Medio Mensual Estación A. J. Cubi

**CAPÍTULO II****ESTUDIOS Y GENERALIDADES DE COSTOS**

Tabla 2.1	Costo Estimado de Construcción
Tabla 2.2	Vías de Acceso
Tabla 2.3	Investigación de Campo
Tabla 2.4	Trabajos de Preparación
Tabla 2.5	Obras Civiles
Tabla 2.6	Desviación del Río
Tabla 2.7	Túnel de Carga
Tabla 2.8	Chimenea de Equilibrio
Tabla 2.9	Tubería de Presión
Tabla 2.10	Potencia y Toma corriente
Tabla 2.11	Arquitectura
Tabla 2.12	Acceso de Túnel
Tabla 2.13	Trabajos Miscelaneos
Tabla 2.14	Equipo Hidráulico
Tabla 2.15	Rejilla
Tabla 2.16	Tubería de Presión
Tabla 2.17	Equipo Electromecánico
Tabla 2.18	Línea de Transmisión
Tabla 2.19	Costos de Compensación

**CAPÍTULO III****ACTUALIZACIÓN DE DATOS HIDROLÓGICOS DEL PROYECTO CHESPI**

Tabla 3.1	Listado de Estaciones Metereológicas , Pluviográficas y Pluviom.
Tabla 3.2	Temperatura Base del Proyecto Datos actuales
Tabla 3.3	Evaporación en la Base del Proyecto Datos Actuales
Tabla 3.4	Lluvia Media Mensual Proyecto “Chespi” Datos Actuales
Tabla 3.5	Intensidades de Lluvia Estaciones Cercanas al Aprovechamiento
Tabla 3.6	Resumen de Archivos de Crecidas Estación A.J. Cubi
Tabla 3.7	Caudal Medio M. Est. D.J. Alambi Datos Actuales
Tabla 3.8	Caudal Medio M. Est. A.J. Cubi Datos Actuales
Tabla 3.9	Caudal Medio M. y Anual Cuenca del Guayllabamba
Tabla 3.10	Caudal Callculado con el Periodo de Retorno
Tabla 3.11	Valores para el Hidrograma de Crecida
Tabla 3.12	Distribución de Granulometría
Tabla 3.13	Componentes del Río Guayllabamba
Tabla 3.14	Cantidades de Flujo de Entrada Anuales
Tabla 3.15	Evaporación Base del Proyecto D. comparativos
Tabla 3.16	Lluvia Media Mensual
Tabla 3.17	Caudal Medio M. Est. A.J. Cubi
Tabla 3.18	Caudal Medio M. Est. D.J. Alambi
Tabla 3.19	Temperatura Base del Proyecto Datos actuales
Tabla 3.20	Temperatura Míima en la Base del Proyecto Datos Actuales
Tabla 3.21	Evaporación en la Base del Proyecto
Tabla 3.22	Humedad Relativa D. actuales
Tabla 3.23	Caudal Medio M. Est. D.J. Alambi Datos Actuales
Tabla 3.24	Caudal Medio M. Est. A.J. Cubi Datos Actuales
Tabla 3.25	Precipitación Mensual Viña del Chespi
Tabla 3.26	Temperatura Viña del Chespi y Quito Observat. Datos actuales
Tabla 2.27	Evaporación Viña del Chespi y Quito Observat. Datos actuales
Tabla 3.28	Temperatura Viña del Chespi Datos Comparativos
Tabla 3.29	Temperatura Est. Quito Observatorio Datos Comparativos
Tabla 3.30	Evaporación Base del Proyecto Datos Comparativos
Tabla 3.31	Evaporación Est. Quito – Observatorio Datos Comparativos
Tabla 3.32	Lluvia M.M. Base del Proyecto Datos Comparativos
Tabla 3.33	Lluvia M.M. Quito Observatorio Datos Comparativos
Tabla 3.34	Caudal Medio M. Est. A.J. Cubi Datos Comparativos
Tabla 3.35	Caudal Medio M. Est. D.J. Alambi Datos Comparativos
Tabla 3.36	Caudal Mínimo M. Est. A.J. Cubi Datos Comparativos
Tabla 3.37	Caudal Mínimo M. Est. D.J. Alambi Datos Comparativos
Tabla 3.38	Caudal . Est. D.J. Alambi Datos Comparativos
Tabla 3.39	Caudal. Est. A.J. Cubi Datos Comparativos
Tabla 3.40	Caudal Mínimo M. Est. D.J. Alambi Datos Comparativos
Tabla 3.41	Caudal Medio Mensual Mes de Mayo
Tabla 3.42	Caudal Medio Mensual Multianual

**CAPÍTULO VI****ACTUALIZACIÓN DE COSTOS**

Tabla 4.1	Valor Presente durante el Periodo de Construcción
Tabla 4.2	Ingreso por Venta de Energía
Tabla 4.3	Tasa Interna de Retorno

**LISTADO DE FIGURAS****CAPÍTULO I****ESTUDIOS Y GENERALIDADES DE HIDROLOGÍA**

Figura 1.1	Catálogo de Proyectos Hidroeléctricos Potencia Mayor a 100MW.
Figura 1.2	Hoja Topográfica Central Hidroeléctrica Chespi.
Figura 1.3	Tipos de Sistemas de Generación Hidrológicos
Figura 1.4	Modelo de Generación de Caudales

**CAPÍTULO III****ACTUALIZACIÓN DE DATOS HIDROLÓGICOS DEL PROYECTO  
HIDROELÉCTRICO CHESPI**

Figura 3.1	Ubicación General del Proyecto Chespi
Figura 3.2	Hoja Topográfica Cuenca del Guayllabamba
Figura 3.3	Relación Temperatura – Evaporación
Figura 3.4	Relación Evaporación – Elevación
Figura 3.5	Mapa de Ubicación de Estaciones
Figura 3.6	Mapa de Isoyetas de la Cuenca del Guayllabamba
Figura 3.7	Curvas de Duración en las Est. A.J. Cubi y D.J. Alambi
Figura 3.8	Constante de Karman
Figura 3.9	Curva de Distribución del Tamaño del Grano
Figura 3.10 – 3.18	Fotografías Microscópicas Aumentadas Comp. Del Guayll.

**LISTADO DE FOTOGRAFÍAS**

Fotografía 01	Vista Panorámica de la Cuenca del Río Guayllabamba.
Fotografía 02	Equipo de Sondeo en la Cercanía al Sitio del Proyecto.
Fotografía 03	Equipo de Trabajo para Sondeos en el Sitio de la Presa.
Fotografía 04	Vista del Margen Derecho del Río Guayllabamba.
Fotografía 05	Vista de la Ladera y Posibles Erosiones causadas por el Viento
Fotografía 06	Vista General de las Laderas y Pendientes en el Proyecto.
Fotografía 07	Ladera del Guayllabamba con posibles erosiones de viento
Fotografía 08	Limpieza Manual en el sitio del Campamento
Fotografía 09	Vista desde la Parte superior de la ladera del R. Guayllabamba



Fotografía 10	Vista general del Río Guayllabamba
Fotografía 11	Fotografía Existente de la ladera del R. Guayllabamba
Fotografía 12	Equipo y maquinaria para sondeos
Fotografía 13	Equipo y maquinaria para sondeos Vista General
Fotografía 14	Río Guayllabamba Estación D.J. Alambí
Fotografía 15	Río Guayllabamba tomado Aguas abajo Zona de Perucho
Fotografía 16	Río Guayllabamba cercanías estación A.J. Cubi
Fotografía 17	Estación G. A.J. Cubi sección del Aforo realizado por JICA
Fotografía 18	Estación Guayllabamba A.J. Cubi
Fotografía 19	Río Cubi en el puente de camino de herradura hacia Chespi
Fotografía 20	Río Guayllabamba en el pte del camino de Perucho a Chespi
Fotografía 21	Vista general de la Cuenca del Río Guayllabamba
Fotografía 22	Trasporte del Equipo al sitio del Proyecto
Fotografía 23	Movilización del Equipo de prueba al Sitio de la Presa
Fotografía 24	Sondeo realizado en el sitio de la implantación del camp.
Fotografía 25	Testigos para la inspección de profundidad
Fotografía 26	Equipo de Sondeo en el Sitio del Proyecto
Fotografía 27	Inspección de la profundidad S-2
Fotografía 28	Vista General Sitio de la Presa
Fotografía 29	Ladera de la Cuenca del Guayllabamba
Fotografía 30	Sector de la Cuenca del Guayllabamba aguas abajo
Fotografía 31	Río Alalmbí estación A.J. Saguangal
Fotografía 32	Río Guayllabamba Cercano al puente Chacapata
Fotografía 33	Vista Panorámica estación Guayllabamba A.J. Cubi
Fotografía 34	Est. Guayllabamba A.J Cubi Secciones limimétricas y limnig.
Fotografía 35	Estación Guayllabamba Puente Chacapata
Fotografía 36	Río Alambí estación D.J. Saguangal
Fotografía 37	Sitio de la Presa Margen Izquierdo Río Guayllabamba
Fotografía 38	Sitio del Campamento de JICA
Fotografía 39	Vista panorámica del Sitio del Proyecto Chespi
Fotografía 40	Margen Izquierda del Sitio del Proyecto
Fotografía 41	Margen Derecha del Sitio del Proyecto
Fotografía 42	Medidor de Profundidad utilizado en el aforo
Fotografía 43	Molinete A. OTT Kempten utilizado en el aforo
Fotografía 44	Equipo para realizar el aforo Hélice 2-33888
Fotografía 45	Polea con contador de vueltas para el descenso del equipo
Fotografía 46	Molinete descendiendo al Río Guayllabamba
Fotografía 47	Vista del Río Guayllabamba
Fotografía 48	Estación Pluviométrica
Fotografía 49	Regleta Ubicada el la Margen derecha del Sitio del Aforo

**LISTADO DE GRÁFICOS****CAPITULO III**

Gráfico 3.1-3.5	Perfiles de Sedimentación Río Guayllabamba
Gráfico 3.6-3.33	Gráficos de Curvas de Gastos e Hidrogramas
Gráfico 3.34	Caudal Medio Anual (f) Tiempo incluido Aforo
Gráfico 3.35	Gráfico Q 90%
Gráfico 3.36	Caudal Medio Mensual Multianual

**LISTADO DE ESQUEMAS**

Esquema 1 / 9	Presa, Elevaciones y Secciones
Esquema 2 / 9	Toma, Perfil y Secciones
Esquema 3 / 9	Túnel de Carga Planta Perfil y Secciones
Esquema 4 / 9	Chimenea de Equilibrio Perfil Y Secciones
Esquema 5 / 9	Tubería de Presión Planta
Esquema 6 / 9	Tubería de Presión Características de Blindaje
Esquema 7 / 9	Tubería de Presión Perfil y Secciones
Esquema 8 / 9	Casa de Máquinas Perfil y secciones
Esquema 9 / 9	Presa Planta General y Sitio de la Presa

## ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS HIDROLÓGICOS Y COSTO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO “CHESPI”

### A.- ANTECEDENTES

El sector Eléctrico Ecuatoriano se encuentra en una etapa de transición en la cual se están llevando a cabo cambios trascendentales. La industria de la energía eléctrica ecuatoriana ante el continuo aumento de la demanda de Energía en el Ecuador, y a su vez el CONELEC se ve en la necesidad de actualizar proyectos hidroeléctricos que se encuentran archivados.

El Ecuador dispone de abundantes recursos hidroeléctricos para atender las necesidades energéticas actuales y futuras del país.

El aprovechamiento de estos recursos hídricos, implica proyectos simples o complejos en la construcción de centrales hidroeléctricas, que deben proporcionar el medio de obtener el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales.

La [Ley de Régimen del Sector Eléctrico, \(LRSE\)](#) creó “El Consejo Nacional de Electricidad”, y según lo que establece el artículo 1 de esta ley: “es deber del Estado satisfacer directa o indirectamente las necesidades de energía eléctrica del país, mediante el aprovechamiento óptimo de recursos naturales, de conformidad con el Plan Nacional de Electrificación”. Por lo tanto le corresponde al CONELEC- “Elaborar el plan de electrificación, para lo cual mantendrá actualizado el inventario de los recursos energéticos del país, con fines de producción eléctrica”; y, para ello, es necesario realizar estudios y evaluación de posibles proyectos, especialmente proyectos hidroeléctricos, para agregar al catálogo de proyectos que se encuentran disponibles al momento.

Dentro de este listado de proyectos que tienen como finalidad el aprovechamiento hidroeléctrico en la cuenca del río Esmeraldas se encuentra el proyecto Chespi, cuyo estudio de Factibilidad, que fue elaborado a comienzos de los años 80. Este proyecto fue realizado por la Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA).

Con los estudios de factibilidad actualizados se pondría en marcha el Proyecto Chespi generando 167 MW, este aumento de kilowatios mejoraría en gran manera la generación de energía eléctrica a nivel nacional, además de verse beneficiados los moradores de los sectores aledaños al sitio del proyecto.

El aumento de kilowatios se lograría a través de las siguientes obras: Presa de hormigón a gravedad, que crea un embalse de regulación, toma, conducción en túnel, chimenea de equilibrio, tubería de presión, central semienterrada y obras de restitución. En la casa de máquinas mediante la utilización de turbinas tipo Francis se lograría una Potencia Instalada de 167,00 MW.

Lamentablemente este proyecto, al igual que muchos otros realizados por el EX-INECEL, tuvieron que quedar relegados por falta de inversión privada, y el alto costo que representa la ejecución del mismo; es por eso, que surge la necesidad por parte del CONELEC, ante el continuo aumento de la demanda de Energía en el Ecuador, de estudiar y actualizar los costos de dichos proyectos, que definitivamente variarán ante un incremento de accesos a los sitios de proyecto, y la utilización de innovación tecnológica; por lo que se lograría la reducción de los costos, para volverle al proyecto Chespi atractivo a la Inversión Privada.

Todo lo anterior, estará orientado fundamentalmente a brindar un óptimo servicio a los consumidores y a precautelar sus derechos.



Figura No. 1.1

**B.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA A RESOLVER.**

La Actualización de los Estudios Hidrológicos y Costo Total del Proyecto “CHESPI”, es de considerable importancia ya que el sector eléctrico del país tiene una demanda cada vez mayor de producción de Energía Eléctrica.

Mediante la realización de este proyecto, se logrará estudiar y actualizar los costos del mismo; además, se conseguirán valores reales de los materiales y la mano de obra que se utilizarían para llevar adelante el proyecto Chespi, y en algunos casos la reducción de esos costos que a mediano o largo plazo atraerán la inversión privada.

Estos costos definitivamente variarán por diferentes factores como son: el incremento o mejoramiento de accesos a los sitios de proyecto, el uso de maquinaria moderna y técnicas constructivas más eficientes que reducirá el tiempo de construcción; además de la utilización de innovación tecnológica, como por ejemplo programas computacionales, Internet, etc.

En lo referente a la parte hidrológica la información actualizada es muy necesaria porque se debe conocer si el caudal de diseño calculado de 76,1 m<sup>3</sup>/s, elaborado en el año 1986, no ha variado. Esto, por diferentes factores como la utilización del caudal para otros fines tales como riego, consumo humano, etc.

También debemos tomar en cuenta las condiciones físicas del río. Condiciones tales como la velocidad, la sedimentación en el sitio donde se formará el embalse y otras condiciones que permitirán verificar si hubo cambio entre los estudios iniciales y los actuales y así concluir si es recomendable la utilización del río Guayllabamba.

Para realizar la Actualización de los Estudios Hidrológicos y Costo Total del Proyecto “CHESPI” se hará uso de sistemas computacionales eficaces y versátiles que permitan actualizar el proyecto en su totalidad, apoyados de los Software existentes.

Un estudio de esta naturaleza ofrecerá una alternativa que permitirá la obtención de datos reales y actualizados, que finalmente ayudarán al CONELEC a lograr datos de costos reales de proyectos archivados durante varios años y que son de suma importancia para el desarrollo del Ecuador.

**C.- OBJETIVO GENERAL.**

- Actualizar los Estudios Hidrológicos y el Costo del Proyecto Hidroeléctrico "Chespi".

**D.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Actualizar la información Hidrológica del Proyecto Chespi, partiendo de datos iniciales existentes, mediante la medición de caudales, aforos en el sitio del proyecto para obtener datos reales, además con información actualizada sobre lluvias mensuales, precipitación máxima anual, descarga de diluvio, etc.
- Comparar los datos hidrológicos iniciales con los actuales para evidenciar cambios significativos que nos permitan emitir criterios de viabilidad técnica.
- Hacer uso de los programas ARES y MICROSOFT PROJECT para obtener costos reales y actualizados del Proyecto Hidroeléctrico Chespi, así como realizar una programación de obra, cálculo de ruta crítica y fórmula de reajuste de precios, para que el país consiga de esta forma volverlos interesantes para la inversión privada;
- Relacionar los costos iniciales del proyecto Chespi con los costos reales obtenidos y así verificar su viabilidad económica.



## **E.- BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

En el tramo del curso medio del río Guayllabamba, el EX – INECEL ha identificado y estudiado una serie de aprovechamientos dentro de los cuales el Proyecto Chespi por su accesibilidad al mercado eléctrico y la infraestructura básica existente para su desarrollo, hacen que sea una ventaja que facilita e incentiva su aprovechamiento.

El Proyecto Hidroeléctrico Chespi se halla ubicado en el río Guayllabamba que se localiza en la parte noroeste de Ecuador, su vertiente, está en las Montañas de los Andes y se une a su parte posterior como el Río Esmeraldas que descarga en el Océano Pacífico. Las obras se localizan en la provincia de Pichincha, cantón Quito, a 40 km de la capital, entre las poblaciones de Calacalí y San José de Minas, muy cerca a la red del Sistema Nacional Interconectado.

Se ha determinado que para el aprovechamiento del Proyecto Chespi-Guayllabamba, lo más apropiado es la construcción de una presa de 60 m de altura y embalse de regulación diaria, la Toma se implanta 2,5 km aguas debajo de la confluencia de los ríos Perlabí y Guayllabamba en la cota 1390m. Con una caída neta de 237m. ; La central está ubicada 500 m aguas arriba de la confluencia de los ríos Canbugán y Guayllabamba.

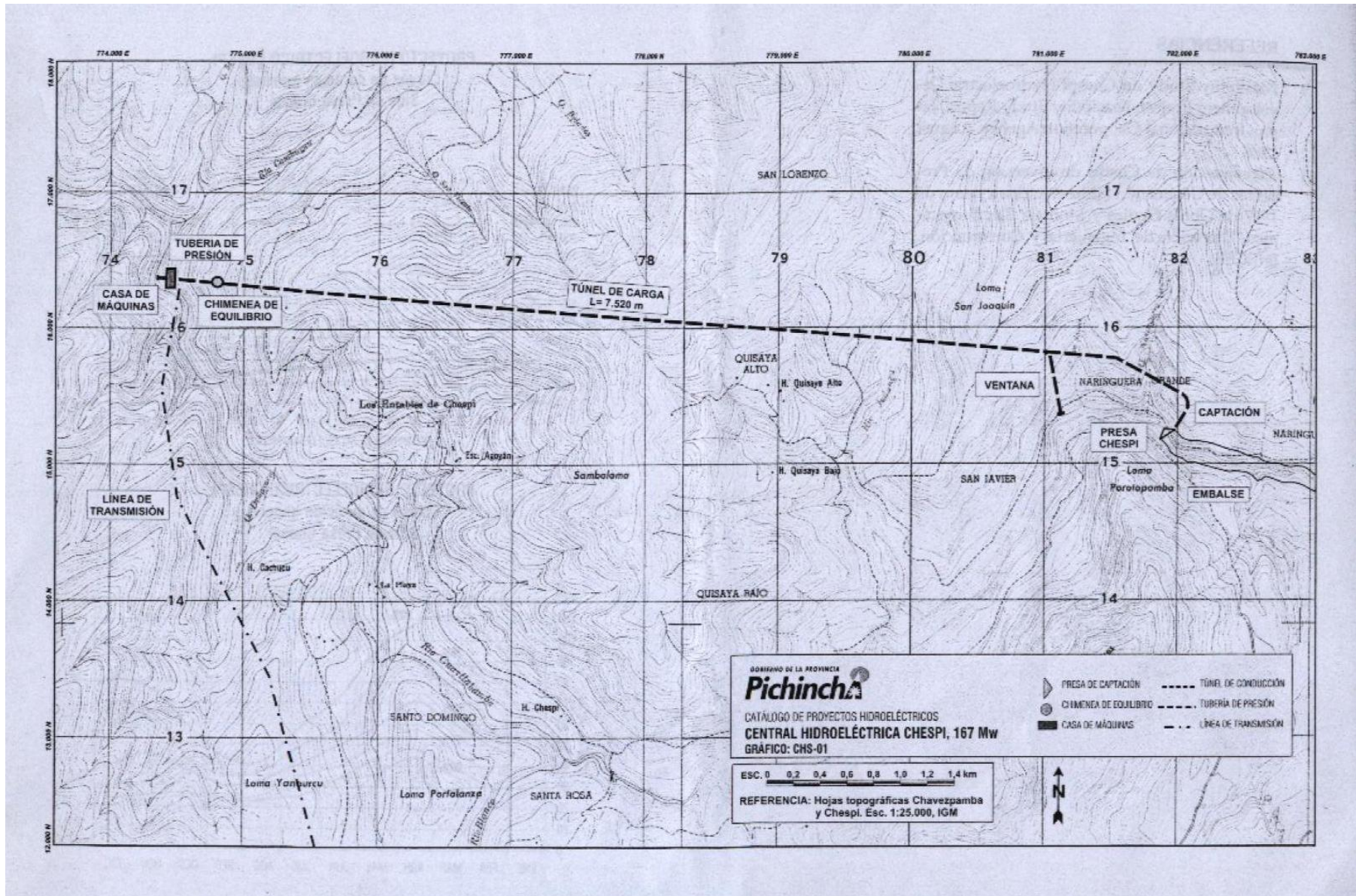


Figura No. 1.2

## **CAPÍTULO I**

### **1. ESTUDIOS Y GENERALIDADES DE HIDROLOGÍA**

1.1 IMPORTANCIA DE LA HIDROLOGÍA EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS.

1.2 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS NECESARIOS PARA UN PROYECTO HIDROELÉCTRICO.

1.3 LISTADO DE ESTUDIOS EXISTENTES EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI.

1.4 DATOS ACTUALES DEL PROYECTO CHESPI

1.4.1 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS A PARTIR DEL AÑO DE 1983 HASTA EL AÑO 2003.

1.5 DATOS HIDROLÓGICOS OBTENIDOS EN CAMPO.

1.5.1 TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN CAMPO.

## 1. ESTUDIOS Y GENERALIDADES DE HIDROLOGÍA

Durante su vida sobre la tierra el hombre ha sido testigo, muchas veces sin entenderlo, del desarrollo del ciclo del agua en la naturaleza. La distribución de los climas, la formación de las nubes y su inestabilidad, la producción de las lluvias, la variación de los niveles de los ríos, y el almacenamiento de agua en depósitos superficiales o subterráneos son temas en cuyo estudio se ha venido profundizando a lo largo de los años, conformando una rama de la física que se conoce como Hidrología.

La Hidrología en su definición más simple es la ciencia que estudia la distribución, cuantificación y utilización de los recursos hídricos que están disponibles en el globo terrestre.

Como ha ocurrido con otras ciencias, a medida que los estudios hidrológicos se fueron desarrollando fue necesario dividir el tema general en una serie de tópicos especializados e interdisciplinarios que se agruparon bajo el nombre de Planeamiento de los Recursos Hidráulicos. En el planeamiento se incluyen como temas principales la Meteorología, la Hidrología Superficial y la Hidrología del Agua Subterránea.

La Hidrología Básica estudia los conceptos físicos del ciclo hidrológico, los métodos de recolección de información hidrológica y los procedimientos clásicos de procesamiento de datos estadísticos. Las técnicas que permiten la utilización de los recursos hidráulicos en proyectos de Ingeniería pertenecen al campo de la Hidrología aplicada.

## **HIDROLOGÍA APLICADA.**

La Hidrología Aplicada utiliza la información básica y la procesa de acuerdo con las necesidades de los proyectos de aprovechamiento de los recursos hidráulicos, empleando las herramientas que ofrece la tecnología moderna.

Entre los temas que desarrolla la Hidrología Aplicada están los siguientes:

- Hidrología en cuencas pequeñas con información escasa
- Drenaje de aguas lluvias
- Hidrología en Proyectos de Riego y Drenaje
- Hidrología en Proyectos de Acueducto y Alcantarillado
- Hidrología en Proyectos de generación de Energía Hidráulica
- Diseño y Operación de embalses
- Hidrología para estudios de aprovechamiento de Aguas Subterráneas
- Control de inundaciones
- Estimativo de los volúmenes de sedimentos que pueden afectar el funcionamiento de las estructuras hidráulicas.

### **Hidrología en Proyectos de Generación de Energía Hidráulica.**

El producto que entrega un proyecto de Generación de Energía Hidráulica es Energía en un tiempo dado. La Energía se expresa en Kilovatios-hora y tiene una formula matemática que responde a la siguiente expresión:

$$E = K*Q*H$$

Donde:

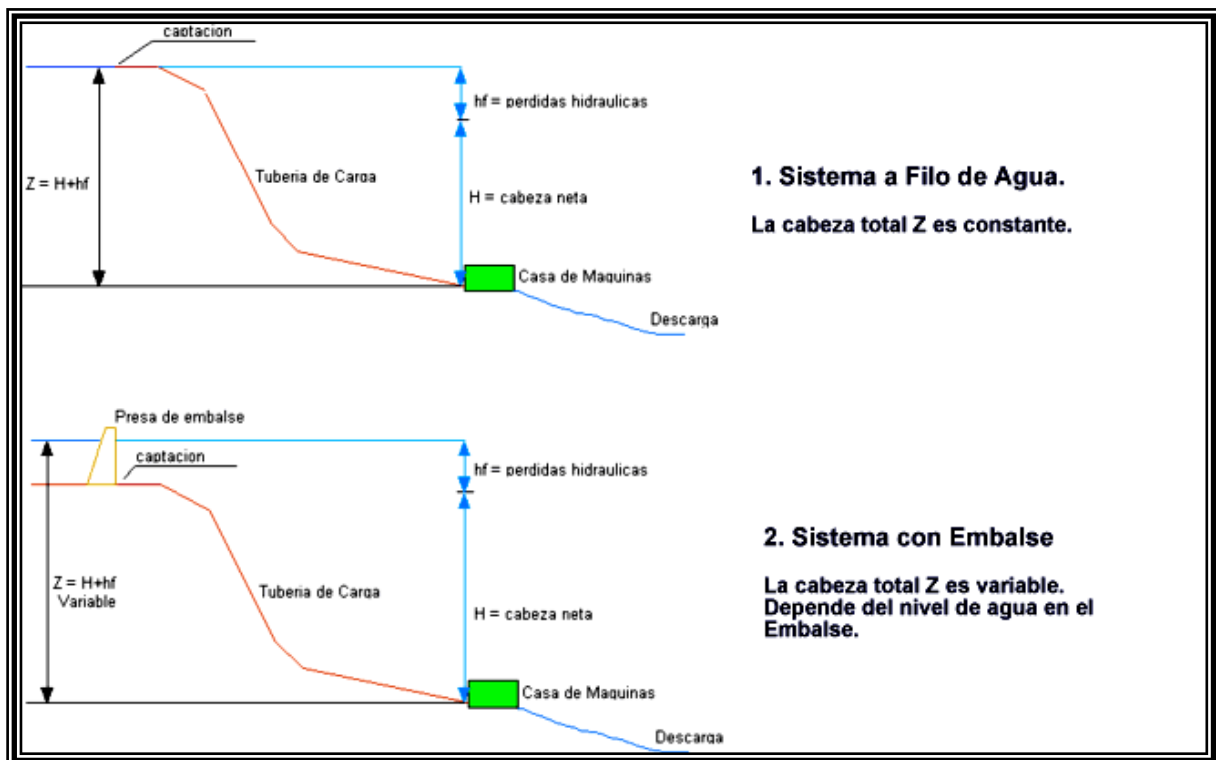
**K:** incluye el Tiempo, la Densidad del Agua y las Dimensiones,

**Q:** representa el Caudal y

**H:** representa la Cabeza Neta del Sistema Hidrológico de Generación.

El Sistema Hidrológico de Generación puede ser a:

- Filo de Agua o
- con Embalse:

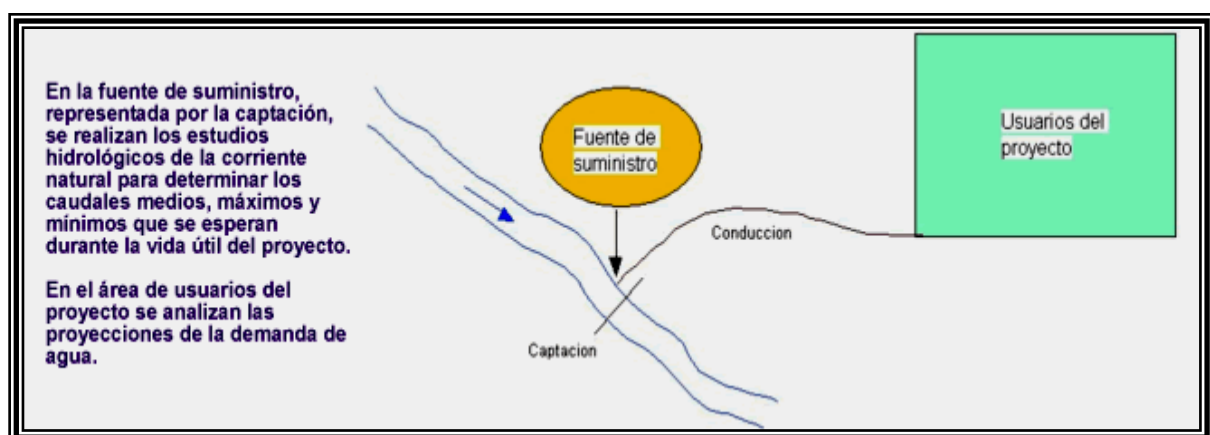


**Figura No. 1.3**

Los estudios hidrológicos determinan la capacidad que tiene la fuente para suministrar la demanda de energía, analizan las magnitudes de las crecientes que pueden afectar la estabilidad de las obras civiles, cuantifican los procesos de sedimentación y determinan las condiciones de la descarga.

Para cumplir con estos propósitos los estudios hidrológicos se realizan en coordinación con los estudios de Potencia y Energía.

La necesidad de utilizar embalses en los proyectos de suministro de agua se analiza inicialmente con la [Curva de duración](#) de Caudales y posteriormente se utiliza un Modelo de generación estocástica de caudales para afinar los resultados.



**Figura No. 1. 4**

Cuando la fuente tiene capacidad suficiente para suministrar la demanda durante el ciento por ciento del tiempo no es necesario utilizar embalses. Algunas veces, a pesar de que la fuente no tenga la capacidad suficiente, se asume el riesgo de que se presenten deficiencias en el suministro y se programan racionamientos de energía eléctrica para evitar los costos adicionales que representa la construcción de un embalse. Esta decisión puede ser factible en los suministros para riego o para generación de energía hidráulica.

La operación de un embalse o de una serie de embalses se simula mediante un modelo matemático que tiene como componentes las estructuras de descarga y las características geométricas de los embalses, y como variables las entradas de caudal, las entregas al proyecto, los niveles en el embalse y las pérdidas por evaporación e infiltración.

### 1.1 IMPORTANCIA DE LA HIDROLOGÍA EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS.

Los [proyectos](#) que usan el agua como componente principal para el suministro de Energía Hidráulica, tienen como objetivos los siguientes puntos:

- Captar caudales (Q) de corrientes superficiales y aprovechar diferencias de cota (H) para entregar Energía Hidráulica a las Turbinas de las Centrales Hidroeléctricas.
- Convertir a través de turbinas la Energía Hidráulica en Energía Mecánica la cual se transmite a los Generadores; éstos transforman la Energía Mecánica en Energía Eléctrica.

Los datos mencionados se deben revisar con cierta periodicidad, cuidadosamente y ampliarse con detalle si fuera necesario antes de realizar el proyecto. A menudo se pueden obtener nuevos datos sobre tormentas, riadas, sequías, cambios de caudal, etc., en el período comprendido entre los estudios de factibilidad y el comienzo de la construcción y cuando estos cambios sean importantes se deberán revisar y poner al día dichos estudios, para de esta manera emitir conclusiones reales.



## 1.2 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS NECESARIOS PARA UN PROYECTO HIDROELÉCTRICO.

En el desarrollo de estos proyectos, los estudios hidrológicos recolectan y procesan información histórica, programan y ejecutan programas de campo en topografía, batimetrías, aforos líquidos y sólidos, toma y análisis de muestras de sedimentos. Los resultados de los estudios producen información sobre los siguientes aspectos:

- Características climatológicas y morfométricas de las zonas que tienen influencia sobre el área del proyecto.
- Selección y capacidad de la fuente que suministrará el caudal que se entregará a los beneficiarios del proyecto. Se incluyen aquí los análisis sobre necesidad de almacenamiento.
- Magnitud de los eventos extremos, Crecientes y Sequías, que pueden poner en peligro la estabilidad de las obras civiles, o los procesos de navegación o el suministro confiable de agua a los usuarios.
- Transporte de sedimentos hacia las obras de captación y almacenamiento.

Los pasos que se siguen en un [estudio hidrológico](#) son los siguientes:

1. Localización del proyecto
2. Recolección de información
3. Trabajos de campo
4. Análisis de la información

## **1. Localización**

En los proyectos de ingeniería se define inicialmente la zona de estudio que es el área de influencia del proyecto. En esta zona se delimitan tanto las áreas que van a ser beneficiadas por el proyecto como las hoyas vertientes de las corrientes naturales que las cruzan y de las que se seleccionan para ser utilizadas como captaciones.

A continuación se realiza la monografía de la zona, la cual incluye aspectos geográficos, históricos, sociales, de uso de la tierra y de características de los suelos.

## **2. Recolección de información**

La información que se recolecta para desarrollar un estudio hidrológico comprende los siguientes aspectos:

1. Cartografía
2. Hidrometeorología
3. Estudios anteriores.

Dentro de la información cartográfica se incluyen los mapas con curvas de nivel a escalas entre 1:100.000 y 1:5.000, las fotografías aéreas y las imágenes de radar y de satélite. Esta información se procesa para determinar las características morfométricas, de capacidad de almacenamiento, y de suelos y uso de la tierra de las hoyas vertientes y de las zonas de importancia dentro del proyecto.

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

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

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

### **3. Trabajos de campo**

Luego de analizar la información recolectada el ingeniero está en capacidad de programar los trabajos de campo que permitan la complementación de la información existente. Entre estos trabajos se cuentan la ejecución de Levantamientos Topográficos y Batimétricos, la recolección y análisis de Muestras de los Sedimentos que transportan las corrientes, la instalación y operación de estaciones Climatológicas y Pluviométricas y la realización de Aforos.

### **4. Análisis de la información hidrológica**

Terminada la etapa de recolección se procede al análisis del clima, la precipitación, los caudales y los sedimentos.

Este análisis se realiza de acuerdo con las necesidades del proyecto y puede incluir uno o varios de los siguientes temas:

### Clima.

Los valores medios de Temperatura, Humedad, Presión y Viento definen el clima de la zona de estudio.

En los proyectos de suministro de agua el clima influye decisivamente en la relación que existe entre la Precipitación, la Hoya vertiente y la formación de los Caudales de las corrientes naturales. Esta relación se expresa matemáticamente por medio de la ecuación del Balance Hidrológico.

Además, el análisis del régimen climatológico es una de las bases fundamentales del estudio de impacto ambiental en todos los proyectos de Ingeniería.

### Precipitación

Los estudios de la precipitación analizan el régimen de lluvias en la región a partir de los datos de estaciones pluviométricas y pluviográficas.

El análisis comprende la variabilidad de la precipitación en el tiempo, su distribución sobre el área de estudio, la cuantificación de los volúmenes de agua que caen sobre la zona y las magnitudes y frecuencias de los aguaceros intensos.

### Caudal medio

El régimen de caudales de una corriente está relacionado con las lluvias y con las características de su hoya vertiente.

Este régimen define los estados de caudales mínimos, medios y máximos en los sitios que han sido seleccionados para captación de agua o para construcción de obras hidráulicas.

La metodología que se utiliza depende de la información disponible y de las necesidades del proyecto. Pueden utilizarse análisis estadísticos y probabilísticos de series históricas de caudales o balances hidrológicos.

### Balance Hidrológico

El Balance Hidrológico relaciona las variables que intervienen en el ciclo hidrológico:

- Precipitación
- Evapotranspiración
- Caudal Superficial
- Almacenamiento superficial y subterráneo
- Flujo de Agua subterránea

Se aplica en todos los casos que tienen que ver con la distribución de los recursos hidráulicos a nivel global, o en cuencas particulares. Es imprescindible en los estudios de regulación de embalses y en los proyectos de suministro de agua para acueducto, riego y generación hidroeléctrica.

La ecuación general del Balance Hidrológico en una cuenca determinada tiene la siguiente forma:

$$P + Qa + G = ET + Q + dS$$

Donde:

- **P** es la precipitación en el período seleccionado.
- **Qa** es el aporte superficial de cuencas vecinas.
- **G** constituye el flujo neto de aguas subterráneas desde y hacia cuencas vecinas.
- **ET** representa la evapotranspiración real en la cuenca.
- **Q** es el caudal superficial que sale de la cuenca que se analiza.
- **dS** es el cambio en almacenamiento superficial y subterráneo. Incluye almacenamiento en cauces, embalses, suelo y acuíferos.

### Crecientes

En los estudios de crecientes se analizan las magnitudes de los caudales máximos extraordinarios y la frecuencia con que ocurren. Junto con los análisis de las avalanchas son importantes en los diseños de puentes, drenajes y obras de control de inundaciones.

### Estiajes

Durante algunas épocas del año las corrientes naturales presentan períodos de caudales bajos o de estiaje. Estos estiajes pueden ser críticos cuando las magnitudes de los caudales resultan tan bajas que las captaciones de acueductos, de sistemas de riego y de sistemas de generación de energía pueden verse afectadas en su operación normal.

## Aguas subterráneas

Los depósitos de Aguas Subterráneas se denominan Acuíferos y son abastecidos con parte del agua de lluvia que cae en zonas de recarga dentro de su hoya vertiente.

El agua se infiltra a través de la superficie del suelo y luego se mueve verticalmente hasta cuando encuentra una capa impermeable que no permite el paso y obliga a la formación de un almacenamiento de agua en los espacios vacíos del suelo. El límite superior de este almacenamiento se denomina Nivel Freático.

El volumen de agua que se almacena por debajo del Nivel Freático es el Agua Subterránea. Este volumen constituye la fuente principal de alimentación de manantiales, lagos y ríos en períodos de estiaje.

A nivel global el volumen de Aguas Subterráneas existente es muy superior al de Aguas Superficiales, pero en muchos casos, principalmente cuando los acuíferos se encuentran a gran profundidad, su captación resulta difícil y costosa. En aquellas regiones donde las Aguas Superficiales son escasas o no existen cerca a los sitios de consumo las Aguas Subterráneas pueden resolver los problemas de suministro de agua. El estudio de los acuíferos y del movimiento de las Aguas Subterráneas se llama Hidrogeología.

## **Estudios Hidrológicos**

Existe una gran cantidad de datos hidrológicos de que se puede disponer, pero los estudios necesarios para un proyecto hidroeléctrico, deben incluir la determinación de los siguientes puntos:

- ✓ Régimen de caudales
- ✓ Rendimiento del embalse
- ✓ Necesidades de agua para los fines del proyecto
- ✓ Sedimentos que se depositarán en el embalse
- ✓ Caudales de avenidas
- ✓ Datos de lluvias mensuales
- ✓ Precipitación máxima anual
- ✓ Descarga de diluvios
- ✓ Coeficiente de escurrimiento
- ✓ Datos considerando el escurrimiento total anual
- ✓ Lluvia, temperatura, viento en el sitio del proyecto.

El rendimiento del embalse es la cantidad de agua que, para un volumen dado, puede aportar durante un período crítico de sequía. La capacidad de embalse y el rendimiento de éste se deben determinar a partir de las curvas de caudales acumulados en relación con la demanda fija de agua, o de estudios detallados del sistema de explotación del embalse; se deben tener en cuenta la evaporación y otras pérdidas accidentales para calcular su rendimiento neto.

Se entiende por período crítico de caudales mínimos al año, a una serie de años de sequía que se han dado durante el tiempo en el que se tienen los datos del río.



Hay que determinar el promedio anual de sedimentación, para asegurarse de que se dispone de capacidad suficiente, para no entorpecer el funcionamiento del embalse durante la vida útil del proyecto o del período económico de aprovechamiento que, normalmente, varía entre cincuenta y cien años. El método para determinar el volumen de sedimento y el tipo de depósito que se produzca dependerá de los datos hidrológicos disponibles.

Para la producción de energía mediante centrales hidroeléctricas se debe tener en cuenta además factores como las condiciones climatológicas del sector donde se encuentra el proyecto y las necesidades de carga y su incremento.

En general, durante la etapa de planificación se establece si la planta hidroeléctrica trabajará:

- Aislada, caso en que las máquinas seguirán la curva de demanda; en este caso la potencia instalada corresponderá a la potencia del pico de la demanda; el factor de planta será igual al factor de carga.
- Interconectada a un sistema eléctrico: podrá trabajar en la base de la curva de demandas, o como planta de picos.

También se tendrán en cuenta los caudales mínimos y medios anuales y las magnitudes de las avenidas relativamente frecuentes, con períodos de retorno de hasta 10 años, ya que su conocimiento es esencial durante la construcción para fines tales como la desviación del cauce, las ataguías y el plan de obras.

Son importantes también los datos hidrológicos que nos permiten calcular el beneficio de la cuenca, el dato de escurrimiento para almacenar la producción de energía, y los datos que intervienen con costos que son: datos de diluvio

relacionados con el diseño de estructuras como diques, vertedero, desviación del río, rejas y así sucesivamente.

Antes de la preparación de los datos mencionados, se lleva a cabo la recolección de datos básicos, además de los ya existentes.

### 1.3 LISTADO DE ESTUDIOS EXISTENTES EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI.

#### 1.3.1 ANTECEDENTES

El proyecto hidroeléctrico Chespi fue estudiado por EX-INECEL a partir de la década de 1970 dentro de los estudios del desarrollo hidroeléctrico del río Guayllabamba. Posteriormente, La Agencia Japonesa de Cooperación Internacional (JICA) realizó los estudios del proyecto a nivel de factibilidad, los que concluyeron en Agosto de 1986.

El proyecto Chespi fue considerado dentro de los proyectos a ser desarrollados en el mediano plazo por el EX-INECEL; actualmente, se encuentra considerado dentro del inventario de los proyectos del Plan Nacional de Electrificación que dispone el país.

#### 1.3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

El Proyecto Hidroeléctrico Chespi se halla situado en la cuenca del río Esmeraldas, sub cuenca del río Guayllabamba, entre las cotas 1.394 y 1.148 msnm, a 2,5 Km. aguas debajo de la confluencia del río Peralbí. El proyecto está constituido por una presa de hormigón a gravedad, un túnel de carga, chimenea de equilibrio, tubería de presión y casa de máquinas semi

enterrada que dispondrá de una potencia instalada de 167 Mw a ser evacuados hacia el Sistema Nacional de Transmisión.

El proyecto está localizado a 40 Km de la Ciudad de Quito. A la zona del proyecto se puede acceder desde San Antonio de Pichincha mediante una carretera hacia Rumícucho, Hacienda Nieblí, localizada en la margen izquierda del río Guayllabamba, cerca del sitio de la presa. Un sendero que parte desde la carretera Quito-Guayllabamba-San José de Minas permite acceder a la margen derecha del río Guayllabamba en donde se localizan las obras de captación alcanzando el sitio en el cual se ubicarán las obras de la casa de máquinas.

### 1.3.3 INFORMACIÓN BÁSICA EXISTENTE

#### 1.3.3.1 Cartografía y Topografía

El Proyecto Hidroeléctrico Chespi dispone de la siguiente información cartográfica y topográfica:

- Carta Nacional Hojas Calacalí y Mojanda. Escala 1:50.000.
- Carta Nacional Hojas Chespi y Chavezpamba. Escala 1:25.000
- Cartografía 1:10.000 de la zona del proyecto.
- Levantamientos topográficos 1:1.000 de los sitios de obras.

#### 1.3.3.2 Geología y Geotécnica

El Proyecto Hidroeléctrico Chespi dispone de la siguiente información geológica:

- Interpretación fotogeológica
- Geología de superficie 1: 5000 y 1: 1000

- Cinco perforaciones sitio de presa, chimenea de equilibrio, tubería de presión y casa de máquinas.
- Prospección sísmica del sitio del embalse, chimenea de equilibrio, tubería de presión y casa de máquinas.
- Estudio de riesgo sísmico.

### 1.3.3.3 Hidrología

Para el Río Guayllabamba, en el sitio de ubicación de la presa del Proyecto Chespi, se dispone de los valores característicos de caudales naturales, de crecida y las curvas de duración general y variación estacional para el periodo 1964 – 1997.

En el cálculo de caudal en el sitio del proyecto se obtuvo los datos de la Estación de Aforo Chacapata, luego se agregaron los datos de las estaciones de Aforo A.J. Cubi y D. J. Alambí.

Con respecto a los análisis de diluvio, el cálculo de la probabilidad fue usado para considerar en el diseño preliminar un dique a gravedad que regula el tipo de represa y los efectos en el área de la misma. Sin embargo existe una diferencia entre la estimación realizada y basada en los archivos de diluvio de un periodo aproximado de un año y de los datos de lluvia de Aforo de Quito en un periodo de 92 años. Para el proyecto se decidió adoptar el último valor más alto desde el punto de vista del estudio de viabilidad por el lado conservador.

Considerando que la sedimentación del embalse es un problema del proyecto Chespi, durante la etapa de factibilidad, se realizó el estudio del

modo de sedimentación en el embalse y el manejo de la evacuación de los sedimentos.

#### 1.3.3.4 Estudios y Tablas

Los últimos estudios correspondientes a los de factibilidad desarrollados por la JICA que concluyeron en 1986.

A continuación se detallan las tablas de valores característicos para un Proyecto Hidroeléctrico:

<i>TEMPERATURA EN LA BASE DEL PROYECTO</i>	<i>DATOS EXISTENTES</i>
--	-------------------------

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 1.1</b>
---------------------------------------	---------------------

SITIO MESES	VIÑA DEL CHESPI ' 78 ' 81			QUITO OBSERVATORIO ' 68 ' 83		
	mínima	Media	máxima	mínima	Media	máxima
Enero	12,1	18,9	25,3	2,4	13,6	25,5
Febrero	12,1	19,2	25,2	2,7	13,5	25,4
Marzo	14,1	19,5	27,2	3	13,7	25
Abril	13,2	19,7	28,2	3,6	13,6	24,8
Mayo	13	19,9	31	3,2	13,9	25
Junio	9,1	19,6	29,4	3,6	13,6	25
Julio	11	19,1	30,4	3,5	13,7	24,8
Agosto	10,1	19,5	33,2	2,2	13,8	26,6
Septiembre	11,1	19,2	28	3	13,8	26,1
Octubre	12,1	19,5	30,1	2,5	13,3	26,2
Noviembre	12	19,2	28,1	3,2	13,2	25
Diciembre	13,1	19,2	27	2,2	13,4	25,5
<b>TOTAL</b>		19,4			13,6	

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 1.2</b>
<i>EVAPORACIÓN EN LA BASE DEL PROYECTO</i>	DATOS EXISTENTES

UNIDAD: mm./ meses

SITIO MESES	VIÑA DEL CHESPI		QUITO OBSERVATORIO	
	' 78	' 81	' 68	' 83
enero	79,5		86,2	
Febrero	72,2		71,6	
Marzo	75,3		81,1	
Abril	74,8		66,7	
Mayo	90,9		78,9	
Junio	100,6		93,7	
Julio	124,8		125,7	
Agosto	138,9		124,9	
Septiembre	120,6		98,1	
Octubre	131,0		78,2	
Noviembre	97,9		65,9	
Diciembre	89,3		80,9	
<b>TOTAL</b>	1.195,8		1.051,9	

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 1.3</b>
<i>LLUVIA MEDIA MENSUAL</i>	DATOS EXISTENTES

UNIDAD: mm. /meses

MESES	VIÑA DEL CHESPI		QUITO OBSERVATORIO	
	' 78	' 83	1891	1982
enero	99,8		114,3	
febrero	112,6		130,8	
marzo	104,5		156,5	
abril	134,2		177,8	
mayo	55,8		125,2	
junio	10,8		49,4	
julio	13,8		20,3	
agosto	16,5		25,5	
septiembre	30,5		80,3	
octubre	47,3		133,2	
noviembre	92,4		111,7	
diciembre	100,9		103,6	
<b>TOTAL</b>	819,1		1.228,6	

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No 1.4***CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN A.J. CUBI*

DATOS EXISTENTES

## SERIE DE DATOS HIDROLÓGICOS

PERIODO: 1964 1983

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1964						64.995	41.011	38.626	48.093	37.570	39.137	35.024	304.45	50.742
1965	32.431	32.125	33.107		73.620	45.380	38.236	31.732	29.076	40.254	110.588	58.960	525.509	47.774
1966	61.489	55.823	72.393	53.858	47.746	35.155	41.807	29.062	36.418	40.520	45.046		519.317	47.211
1967			68.194	36.721	31.163	52.449	46.785	30.415	21.152	30.799	33.813		351.491	39.055
1968	30.966	47.420	66.863			33.764	44.755	26.029	30.339	48.851	40.328	34.136	403.451	40.345
1969	36.724	44.488	38.214	89.177			35.601	38.490	33.352	54.790	61.950	67.213	499.999	50.000
1970	67.128	109.935	90.937	64.519	85.054			147.884	153.242	142.873	193.991	161.169	1.216.73	121.673
1971					54.164	42.683	35.892	21.299		48.293	59.489	51.861	313.681	44.812
1972											54.983	51.092	106.075	53.038
1973	38.873	42.556	49.766	110.903									242.098	60.525
1975	99.997	102.601	108.180	86.788	102.113	99.573	102.442	64.130	55.876	60.537		65.681	947.918	86.174
1976	59.554	68.097	72.781	79.581	77.875	84.660	73.874	48.362	25.389	29.223	52.834	47.260	719.490	59.958
1977	29.861	31.282	44.313	47.893	50.822			35.001					239.172	39.862
1978	33.425	27.823	45.056	68.555	50.572	47.448	36.309	33.085	36.037	33.670	30.491	42.294	484.765	40.397
1979	32.467	25.166	57.202	58.809	53.824	52.549	30.076	17.477	22.061	27.528	27.056	24.924	429.139	35.761
1980	30.545	56.564	66.374	81.564	61.031	51.943	27.401	22.745	21.465	38.791	36.729	33.949	529.101	44.091
1981	27.102	32.792	54.893	69.315	50.478	26.504	39.959	22.065	23.029	25.507	39.027	27.521	438.192	36.516
1982	51.868	42.936	45.562	55.133	65.781	32.365	27.284	27.815	26.907	43.414	58.264	91.051	568.380	47.365
1983	68.595	70.190	84.568	95.280	81.387	43.965	29.659	29.892	29.063	32.079	33.876	47.660	646.214	53.851

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No 1.5***CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN D.J. ALAMBÍ*

DATOS EXISTENTES

SERIE DE DATOS HIDROLÓGICOS

PERIODO: 1966 1983

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1966	156.534	156.871	155.604	159.593	168.307	107.307	91.241	65.654	64.488	93.900	114.590	156.567	1.490.65	124.221
1967	156.200	337.735	252.734	142.955	167.608	129.813	97.830	73.789	49.116	62.695	61.800	63.329	1.595.60	132.967
1968	82.757	146.389	208.974	231.044	126.399	87.107	107.575	61.588	64.384	98.437	95.782	72.343	1.382.77	115.231
1969	107.225	151.420	136.960	313.551	208.956	149.937	93.289	70.438	81.366	105.387	153.613	140.138	1.712.28	142.690
1970	152.827	269.726	340.471	210.530	252.721	234.119	87.723	88.859					1.636.97	204.622
1971						139.860	106.480	65.712	71.331	104.778	130.764	107.136	726.061	103.723
1972	209.586	286.200	245.861	261.116	219.471	166.071	113.042	88.850	74.001	85.207	134.531	116.272	2.000.20	166.684
1973	92.016	127.161	143.199	233.058	184.104	126.710	110.975	94.888	95.441	104.363	80.973	77.768	1.470.65	122.555
1974	148.950	365.237	358.734	203.228								221.834	1.297.98	259.597
1975	224.144	325.845	359.979	325.414									1.235.38	308.846
1976					213.554	169.200	150.227	102.536	72.211	64.991			772.719	128.787
1977	84.749	100.152	103.000	131.279	105.288	120.589	83.642		56.356	77.055	64.474	65.114	991.698	90.154
1978	100.922	97.567	108.583	202.183	184.167	123.382	106.545	65.004	67.351	51.274	52.075	84.154	1.243.20	103.600
1979	84.284	73.602	198.567	178.618	168.811	149.480	81.826	80.685	136.02	79.438	62.953	65.742	1.360.02	113.335
1980	92.241	278.276	188.338	281.124	118.438	115.534	53.864	29.049	32.406	47.297	77.967	77.842	1.392.37	116.031
1981	109.497	161.881	157.012	405.974	84.200	66.751	57.991	48.063	50.278	40.981	58.845	59.095	1.300.56	108.380
1982	188.751	221.705	212.455	251.636	246.780	128.137	90.268	64.804	50.688	95.412	193.298	309.117	2.053.05	171.087
1983	188.946	221.612	212.471	258.826	270.530	128.137	90.253	90.262	50.687	95.413	193.228	181.416	1.981.78	165.148



## 1. 4 DATOS ACTUALES DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO "CHESPI"

### 1.4.1 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS A PARTIR DEL AÑO DE 1983 HASTA EL AÑO 2001.

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 1.6</b>
---------------------------------------	---------------------

<i>TEMPERATURA MEDIA ESTACIÓN VIÑA DEL CHESPI</i>	DATOS ACTUALES
---	----------------

PERIODO: 1982-1990

DATOS MENSUALES

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1982	12,1	13,1	14,0	14,1	14,0	13,0	11,0	11,0	12,0	13,1	14,0	14,0	155,4	12,95
1983	15,0	13,2	15,0	14,2	15,0	13,1	12,1	12,0	12,0	12,4	12,4	13,2	159,5	13,29
1984	11,2	13,2	13,0	14,2	13,2	13,1	11,0	10,3	11,3	12,2	12,1	13,1	147,9	12,33
1985	13,0	11,2	12,4	13,0	12,2	10,2	10,1	11,0	10,0	11,0	11,0	10,2	135,3	11,28
1986	11,0	11,4	12,2	12,4	11,2	10,2	9,2	9,4	10,2	10,0	10,1	10,4	127,7	10,64
1987	12,0	9,8	12,2	11,4	10,4	10,4	10,0	9,2	10,2	11,2	10,0	11,0	127,8	10,65
1989	8,4	8,2	7,2	9,3	9,0	8,0	6,1	6,4	7,4	8,2	8,2	8,0	94,4	7,87
1990	9,0	9,0	9,0	9,1	9,2	8,6	7,8	6,8	7,3	7,9	8,4	8,3	100,4	8,37
suma	91,7	89,1	95,0	97,7	94,2	86,6	77,3	76,1	80,4	86,0	86,2	88,2	1048,4	87,37
media	11,5	11,1	11,9	12,2	11,8	10,8	9,7	9,5	10,4	10,8	10,8	11,0	131,4	10,95
mínima	8,4	8,2	7,2	9,1	9,0	8,0	6,1	6,4	7,4	7,9	8,2	8,0	93,9	7,83
máxima	15,0	13,2	15,0	14,2	15,0	13,1	12,1	12,0	12,0	13,1	14,0	14,0	162,7	13,56
amplit	6,6	5,0	7,8	4,9	6,0	5,1	6,0	5,6	4,6	4,9	5,8	6,0	68,3	5,69

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 1.7</b>
---------------------------------------	---------------------

<i>TEMPELATURA EN LA BASE DEL PROYECTO</i>	<i>DATOS ACTUALES</i>
--	-----------------------

PERIODO: 1982-1990

VALORES MENSUALES

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1982	18,8	19,2	19,2	19,7	19,4	19,6	19,5	198,5	19,8	19,4	19,7	19,7	412,5	34,4
1983	20,4	20,4	20,4	20,1	20,4	20,3	20,2	19,6	19,3	19,5	19,1	18,9	238,6	19,9
1984	18,4	18,5	18,9	19,2	19,4	18,7	18,5	18,7	18,5	19,4	19,2	18,9	226,3	18,9
1985	18,2	18,4	19,2	19,3	19,1	19,0	18,6	18,7	18,9	19,3	19,2	18,9	226,8	18,9
1986	18,8	18,8	19,1	19,3	19,4	19,0	19,2	19,2	19,6	19,1	19,4	19,5	230,4	19,2
1987	19,5	18,6	20,4	20,0	19,7	20,3	19,5	19,8	20,0	20,2	20,2	20,0	238,2	19,8
1989	18,3	18,3	18,8	19,0	19,0	18,6	18,6	18,8	18,9	18,9	19,2	18,8	225,2	18,8
1990	18,7	19,1	19,1	19,0	19,1	19,1	19,0	18,9	18,8	19,0	19,1	18,9	227,8	19,0
suma	151,1	151,3	155,1	155,6	155,5	154,6	153,1	332,2	153,8	154,8	155,1	153,6	2025,7	168,8
media	18,9	18,9	19,4	19,5	19,4	19,3	19,1	41,5	19,2	19,4	19,4	19,2	253,2	21,1
mínima	18,2	18,3	18,8	19,0	19,0	18,6	18,5	18,7	18,5	18,9	19,1	18,8	224,4	18,7
máxima	20,4	20,4	20,4	20,1	20,4	20,3	20,2	198,5	20,0	20,2	20,2	20,0	421,1	35,1
amplit	2,2	2,1	1,6	1,1	1,4	1,7	1,7	1,1	1,5	1,3	1,1	1,2	18,0	1,5

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No 1.8***TEMPERATURA MÁXIMA ESTACIÓN VIÑA DEL CHESPI*

DATOS ACTUALES

**PERIODO:1982-1990****VALORES MENSUALES**

<b>AÑOS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
1982	25,1	26,2	26,4	29,2	26,4	28,1	31,3	28,2	29,3	31,2	26,4	32,2	340,0	28,3
1983	27,1	27,2	27,4	27,1	28,1	29,1	30,3	32,0	27,2	27,0	26,4	26,0	334,9	27,9
1984	25,2	25,3	26,0	26,2	26,4	25,2	26,1	27,0	27,4	26,4	27,2	26,2	314,6	26,2
1985	25,0	25,3	26,3	27,0	26,4	26,0	26,4	26,3	26,4	27,1	29,2	27,1	318,5	26,5
1986	25,0	24,4	29,0	26,2	27,1	26,0	31,0	31,4	33,1	28,0	27,4	27,0	335,6	28,0
1987	25,4	24,3	27,4	27,4	27,0	31,4	28,4	26,4	27,2	27,2	29,1	29,2	330,4	27,5
1989	27,0	24,2	26,2	26,4	26,2	27,4	28,0	27,4	28,4	27,3	27,0	27,2	322,7	26,9
1990	25,3	27,4	25,4	25,2	25,0	26,1	27,2	27,3	27,9	27,2	26,8	27,0	317,8	26,5
Suma	205,1	204,3	214,1	214,7	212,6	219,3	228,7	226,0	226,9	221,4	219,5	221,9	2614,5	217,9
Media	25,6	25,5	26,8	26,8	26,6	27,4	28,6	28,3	28,4	27,7	27,4	27,7	326,8	27,2
Mínima	25,0	24,2	25,4	25,2	25,0	25,2	26,1	26,3	26,4	26,4	26,4	26,0	307,6	25,6
Máxima	27,1	27,4	29,0	29,2	28,1	31,4	31,3	32,0	33,1	31,2	29,2	32,2	361,2	30,1
Amplit	2,1	3,2	3,6	3,0	1,9	6,2	5,2	5,7	6,7	4,8	2,8	6,2	51,4	4,3

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 1.9</b>
---------------------------------------	---------------------

<i>EVAPORACIÓN POTENCIAL ESTACIÓN VIÑA DEL CHESPI</i>	<b>DATOS ACTUALES</b>
---	-----------------------

**PERIODO:1985-1989****VALORES MENSUALES**

<b>AÑOS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
1985	69,6	78,1	94,8	94,7	94,3	100,3	92,0	93,5	86,1	96,4	96,0	95,5	1091,3	90,9
1986	91,0	76,6	101,2	101,6	95,4	89,1	105,0	105,9	103,3	92,3	96,8	97,0	1155,2	96,3
1987	92,6	78,1	92,2	90,1	93,9	91,9	94,4	105,0	97,6	96,6	97,7	97,8	1127,8	94,0
1989	79,5	79,5	88,6	78,5	96,4	91,5	103,8	101,2	90,0	91,2	95,1	107,3	1102,6	91,9
suma	386,9	367,1	434,8	422,3	435,0	435,6	457,8	469,6	443,2	438,9	444,0	462,0	5197,1	433,1
media	55,3	52,4	62,1	60,3	62,1	62,2	65,4	67,1	63,3	62,7	63,4	66,0	742,4	61,9
mínima	2,1	3,2	3,6	3,0	1,9	6,2	5,2	5,7	6,7	4,8	2,8	6,2	51,4	4,3
máxima	92,6	79,5	101,2	101,6	96,4	100,3	105,0	105,9	103,3	96,6	97,7	107,3	1187,4	99,0
amplit	23,0	2,9	12,6	23,1	2,5	11,2	13,0	12,4	17,2	5,4	2,6	11,8	137,7	11,5

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 1.10</b>
---------------------------------------	----------------------

<i>PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL ESTACIÓN VIÑA DEL CHESPI</i>	<b>DATOS ACTUALES</b>
---	-----------------------

**PERIODO:1980-1990****VALORES MENSUALES**

<b>AÑOS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
1980	131,5	196,1	29,0	161,9	21,5	16,7	2,7	14,1	7,1	67,3	63,2	30,4	741,5	61,8
1981	37,5	66,0	131,2	137,3	49,4	9,6	25,1	28,1	13,9	39,9	51,5	85,1	674,6	56,2
1982	182,5	126,0	96,1	186,1	108,4	7,8	25,1	1,8	11,9	82,9	255,7	265,9	1350,2	112,5
1983	53,8	128,4	143,6	98,1	41,8	14,6	3,4	20,0	10,0	71,3	78,6	211,5	875,1	72,9
1984	123,9	138,0	129,4	112,3	60,6	34,3	18,1	6,9	86,9	53,4	66,0	32,2	862,0	71,8
1985	61,6	64,1	93,8	145,7	94,3	11,3	9,0	26,5	39,1	28,4	25,0	69,5	668,3	55,7
1986	91,0	134,0	143,2	68,6	59,4	4,1	0,0	2,9	11,3	93,3	39,8	36,5	684,1	62,2
1987	125,6	111,8	123,2	84,3	96,9	1,9	17,4	13,0	49,6	19,6	33,7	7,8	684,8	57,1
1989	138,5	89,5	345,4	62,6	52,4	58,5	9,8	6,2	47,0	83,2	25,1	86,3	1004,5	83,7
1990	26,7	113,9	35,8	39,6	96,0	45,2	30,4	28,4	64,5	79,5	75,2	98,5	733,7	61,1
suma	803,6	905,7	1110,5	797,3	609,8	177,7	113,2	105,7	320,3	511,6	599,1	808,2	6862,7	571,9
media	100,5	113,2	138,8	99,7	76,2	22,2	16,2	13,2	40,0	64,0	74,9	101,0	859,9	71,7
mínima	26,7	64,1	35,8	39,6	41,8	1,9	3,4	1,8	10,0	19,6	25,0	7,8	277,5	23,1
máxima	182,5	138,0	345,4	186,1	108,4	58,5	30,4	28,4	86,9	93,3	255,7	265,9	1779,5	148,3
amplit	156,2	132,0	316,8	123,5	86,9	56,6	25,1	26,3	79,8	73,7	230,7	258,1	1565,7	130,5

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 1.11</b>
---------------------------------------	----------------------

<i>HUMEDAD RELATIVA (%) ESTACIÓN VIÑA DEL CHESPI</i>	<b>DATOS ACTUALES</b>
--	-----------------------

PERIODO:1982-1990

VALORES MENSUALES

MENSUALI

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1982	84,0	83,0	82,0	81,0	80,0	80,0	79,0	77,0	79,0	82,0	82,0	83,0	972,0	81,0
1983	82,0	80,0	81,0	81,0	80,0	78,0	77,0	80,0	82,0	82,0	85,0	84,0	972,0	81,0
1984	86,0	86,0	85,0	84,0	83,0	84,0	83,0	83,0	85,0	84,0	83,0	85,0	1011,0	84,3
1985	87,0	85,0	84,0	84,0	84,0	82,0	80,0	81,0	81,0	79,0	82,0	85,0	994,0	82,8
1986	87,0	86,0	85,0	86,0	84,0	83,0	81,0	80,0	80,0	83,0	82,0	81,0	998,0	83,2
1987	84,0	85	80,0	82,0	82,0	77,0	79,0	79,0	79,0	78,0	77,0	79,0	876,0	79,6
1989	87,0	86,0	84,0	85,0	84,0	83,0	77,0	78,0	80,0	84,0	82,0	81,0	991,0	82,6
1990	84,0	85,0	84,0	83,0	85,0	81,0	80,0	79,0	81,0	81,0	83,0	85,0	991,0	82,6
suma	681,0	591,0	665,0	666,0	662,0	648,0	636,0	637,0	647,0	653,0	656,0	663,0	7805,0	650,4
media	85,1	84,4	83,1	83,3	82,8	81,0	79,5	79,6	80,9	81,6	82,0	82,9	986,2	82,2
mínima	82,0	80,0	80,0	81,0	80,0	77,0	77,0	77,0	79,0	78,0	77,0	79,0	947,0	78,9
máxima	87,0	86,0	85,0	86,0	85,0	84,0	83,0	83,0	85,0	84,0	85,0	85,0	1018,0	84,8
amplit	5,0	6,0	5,0	5,0	4,0	7,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0	70,0	5,8

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No 1.12***CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN D.J. ALAMBÍ*

DATOS ACTUALES

PERIODO: 1984-2001

SERIE DE DATOS HIDROLÓGICOS

<b>AÑOS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
1984	147.48	277.04	231.25	310.70	221.41	167.93	108.23	76888	108.07	129.98	110.14	119,3	2.008.45	167,37
1985	180.97	140.02	123.72	150.16	170.16	109.96	85566,	69335	63212,0	61456	51136	827,5	1.288.45	107,37
1986	146.35	180.31	275.24	227.87	169.82	103.30	82665,	48450	52553,0	64670	76293	692,7	1.496.82	124,74
1987	110.20	104.36	137.80	111.67	184.03	93632	66626,	48839	55603,0	63727	46881	412,6	1.064.65	887,21
1988	90.01	96.74	78.20	174.99	151.32	106.32	105.36	66671	73515,0	6458	164.84	998,7	1.272.43	106,04
1989	236,9	283,1	259,7	175,6	226,6	126,9	953,7	614,5	615,8	854,6	662,8	796,7	5806,7	483,89
1990	130,2	132,0	133,1	171,1	135,0	831,7	654,1	594,9	420,7	701,7	446,7	594,6	4815,6	437,78
1991	77,7	79,0	166,9	134,0	135,6	896,9	801,6	608,2	482,1	384,5	527,3	759,6	5053,3	421,11
1992	62,1	88,4	95,3	132,5	104,1	776,6	642,3	621,4	645,4	573,1	420,8	392,8	889568,0	741,30
1993	103.07	155.37	133.46	143.03	135.94	125.83	113.64	806,0	39080,0	630,1	102.38	105,2	1.300.69	108,39
1994	214.02	255.96	340.60	368.52	223.36	123.66	868,6	81551	640,4	725,8	933,0	125,1	2.049.61	170,80
1995	124.35	110.38	135.21	205.21	140.55	123.65	93216	86532	66784,0	884,1	149.71	990,0	1.423.01	118,58
1996	127,3	246,7	317,0	199,5	252,7	197,6	139,9	103,0	820,3	780,1	645,1	589,7	4418,9	368,24
1997	153,2	151.50	179.60	197,0	166,9	138,1	100,7	74,4	857,9	798,5	185,1	159,6	1.671.70	139,31
1998	104,1	127.41	136.77	287,4	269,1	164,8	96,9	359,0	785,0	690,2	317,6	445,0	3518,9	351,89
2000	234,1	255,6	373,76	377,8	371,3	191,5	93,1	643,5	712,1	581,8	450,0	730,3	2.209.03	184,09
2001	106,5	116,42	170,24	172,3	171,2	87,23	42,41	29,33	35,45	32,16	35.36	38,46	106,5	106,50
suma	4.397.9	6.005.2	6.500.5	6.670.3	5.508.2	4.001.0	2.903.7	2.073.9	1.994.4	2.282.4	2769.9	5968,0	5968,0	5968,00
media	137.43	187.66	203.14	222.34	183.60	129.06	93669	71513	66480,0	76082	95515	103.65	403259,0	130848,00
Mín.	62.06	73.60	78.20	111.67	84.20	66751,	53864	29049	32406,0	38449	42076	39283	301878,0	29049,00
Max.	236,9	365,2	373,7	406,0	371,3	234,1	150,2	103,0	136,0	130,0	193,3	309,1	3008,8	405974,00

ampli	174.83	291.63	295.5	294.29	287.09	167.36	96363	73923,	103.61	91532	151.22	269.83	261818,0	376925,00
-------	--------	--------	-------	--------	--------	--------	-------	--------	--------	-------	--------	--------	----------	-----------

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 1.13</b>
---------------------------------------	----------------------

<i>CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN A.J. CUBI</i>	DATOS ACTUALES
--	----------------



AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1984	50,52	73,54	59,42	83,46	72,74	60,17	45,35	34,26	50,83	55,01	50,56	43,00	678,86	56,57
1985	37,55	29,94	33,40	36,52	46,14	38,29	37,50	41,07	33,15	30,23	25,41	28,57	417,77	34,81
1986	35,11	37,52	79,94	60,27	43,79	35,91	39,62	22,11	24,02	35,83	44,77	29,38	488,27	40,69
1987	33,61	38,82	46,67	50,26	65,37	28,28	35,25	29,22	23,55	34,96	25,95	23,09	435,03	36,25
1988	22,24	23,04	25,44	57,25	44,47	38,94	52,97	24,36	26,89	35,40	44,26	61,38	456,63	38,05
1989	26,45	30,65	68,25	42,14	58,28	51,74	41,07	19,77	25,22	35,18	35,11	42,24	476,08	39,67
1991	28,72	38,26	59,13	43,44	31,67	45,34	47,02	22,07	18,77	27,37	41,83	40,46	444,07	37,01
1992	29,20	34,45	63,69	42,79	44,98	18,04	44,05	12,96	11,35	86,16	10,02	88,78	397,68	36,15
suma	263,39	306,21	435,94	416,13	407,44	316,71	342,83	205,82	213,78	340,13	277,91	268,12	3794,39	316,20
media	32,92	38,28	54,49	52,02	50,93	39,59	42,85	25,73	26,72	42,52	34,74	38,30	479,09	39,92
minim	22,24	23,04	25,44	36,52	31,67	18,04	35,25	12,96	11,35	27,37	10,02	23,09	276,99	23,08
maxim	50,52	73,54	79,94	83,46	72,74	60,17	52,97	41,07	50,83	86,16	50,56	61,38	763,34	63,61
ampli	77,75	86,90	82,73	74,39	70,95	81,52	75,15	134,91	14,18	134,25	183,96	152,29	1168,98	97,41

## 1.5 DATOS HIDROLÓGICOS OBTENIDOS EN CAMPO

Dist. Del Pto inicial en mts.	Profundid. Vertical Media (h)	Distancia Vertical a la superf del agua(a)	Prof medi da con a rrastr de Escand(hf)	Angulo con la vertical (oc)	Profundid de la observac En mts.	Número de inter valo	Tiempo en segundos	OBSERVACIONES
0,00	CP					CV.	30 "	O.I.
1,70	2,65				2,45	106	30 "	
					2,16	126	30 "	
					1,59	132	30 "	
					1,06	144	30 "	
					0,53	132	30 "	
					0,08	148	30 "	
3,40	2,55				2,35	27	30 "	
					2,05	119	30 "	
					1,53	139	30 "	
					1,02	137	30 "	
					0,51	135	30 "	
					0,08	145	30 "	
5,40	2,00				1,80	93	30 "	
					1,60	100	30 "	
					1,20	128	30 "	
					0,80	129	30 "	
					0,40	130	30 "	
					0,08	129	30 "	
7,40	1,55				1,35	48	30 "	
					1,24	35	30 "	REMOLINO
					0,93	100	30 "	
					0,62	104	30 "	
					0,31	86	30 "	
					0,08	92	30 "	
9,10	1,20				1,00	45	30 "	
					0,72	77	30 "	
					0,48	72	30 "	
					0,24	65	30 "	
					0,08	64	30 "	
11,10	1,30				1,10	8	30 "	REMOLINO
					0,78	49	30 "	
					0,52	37	30 "	
					0,26	36	30 "	
					0,08	17	30 "	
13,10	0,56				0,36	14	30 "	
					0,22	22	30 "	
					0,08	18	30 "	
14,10	CP					CV.	30 "	

**1.5.1 TABULACIÓN DE DATOS OBTENIDOS EN CAMPO.****INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA 05/17/06**

<b>CÁLCULO DE AFOROS</b>		
<b>ESTACIÓN:</b> H145 GUAYLLABAMBA AJ CUBI		
<b>FECHA DEL AFORO:</b> 2006 5 17		
<b>HÉLICE:</b> 2-33888	<b>MOLINETE:</b> A.OTT KEMPTEN	
<b>SUSPENDIDO POR:</b> 50KG		
<b>LECTURAS LIMNIMÉTRICAS :</b>		
Inicial : 0.70 m. 11 : 25	Final : 0.70 m. 13 : 15	Promedio: 0.7000

<b>RESULTADOS DEL AFORO</b>		
ANCHO DE LA SECCIÓN	(m)	: 14.100
<b>CAUDAL LÍQUIDO CALCULADO</b>	<b>(m<sup>3</sup>/seg.)</b>	<b>: 36.420</b>
ÁREA DE LA SECCIÓN	(M <sup>a</sup> )	: 22.771
VELOCIDAD MEDIA	(m/s)	: 1.599
VELOCIDAD MÁXIMA	(m/s)	: 2.567
PROFUNDIDAD MÁXIMA	(m)	: 2.650
PERÍMETRO MOJADO	(m)	: 16.375
RADIO HIDRÁULICO	(M)	: 1.390
TIRANTE		: 1.614
<b>VELOCIDAD SUPERFICIAL MEDIA</b>	<b>(m/s )</b>	<b>: 1.314</b>

<b>FACTORES</b>	
MANNING F. Hidráulico :	1.283
MANNING F. Geometric:	28.368
CHEZY Hidráulico :	1.356
STEVENS:A(D)**0.5 :	28.937
STEVENS:A**0.5 :	26.851
GRASHANING:F. Cause :	0.917
GRISHANING:F. caudal :	1.760
GRISHANING:F. Tirante:	30.658
NÚMERO DE FROUDE :	0.402

**AFORO REALIZADO POR:** ING. GERMAN SUBÍA

## **CAPÍTULO II**

### **2. ESTUDIOS Y GENERALIDADES DE COSTOS**

2.1 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE COSTOS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS.

2.2 ANÁLISIS DE COSTOS NECESARIOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PROYECTO HIDROELÉCTRICO.

2. 2.1 COMPONENTES DEL COSTO DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

2.3 DETALLE DE COSTOS EXISTENTES EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI.

## 2. ESTUDIOS Y GENERALIDADES DE COSTOS

### 2.1 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS DE COSTOS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

El estudio de los Costos en los Proyectos de Ingeniería es de suma importancia puesto que este es un factor preponderante para su posterior viabilidad y ejecución, indispensable para proyectos que requieren de inversión extranjera como es el caso de proyectos hidroeléctricos.

El cálculo del costo es esencial a lo largo del proceso de planificación. Si se hace bien, puede relacionar las expectativas de los patrocinadores del proyecto con los presupuestos reales mucho antes que llegue la primera orden de cambio.

Es importante tener en claro que los estimativos de costos, según los propósitos y los grados de precisión podemos clasificarlos en:

Aproximado o “de orden de magnitud”, que se obtiene aún sin poseer un proyecto detallado, con los denominados modelos paramétricos, que consisten en obtener el costo en función de alguna o algunas características, tales como la obra a implantarse en un área determinada , la construcción de una vía, la potencia a generar, luz de un puente, etc.

Intermedio o presupuesto del propietario, que emplea éste para prever sus requerimientos financieros y enfrentar la ejecución sin retrasos por insuficiencia monetaria.

Presupuesto Definitivo, es el que presenta el contratante a licitación o no, para comprometerse contractualmente a respetarlo en monto, condiciones, calidad y tiempo, se basa ya en un proyecto completo, especificaciones y estudios campo.

Antes de empezar el diseño, se debe desarrollar un presupuesto del proyecto que consiste en determinar los costos indirectos (pagos de diseños, permisos, pagos de abogado, etc.) y los costos directos (equipo, material y mano de obra) que ponen los recursos de todos los que van a pagar por el proyecto dentro de un cuadro donde el diseñador del proyecto y todos los otros participantes del mismo deben estar de acuerdo. Cuanto más detallado y realista sea el cálculo del costo menos probable serán las sorpresas a medida que el proyecto se va acercando a su ejecución.

Para cuando el proyecto alcance su faceta de construcción, el diseñador del proyecto habrá tenido originalmente un presupuesto preliminar de sus gastos, preparado por el ingeniero del proyecto. El cálculo del costo preliminar está típicamente basado en los costos de proyectos de diseño similar construido dentro de la misma región. Si es un proyecto público, puede haber registros de costos reales que permitirán al director del proyecto desarrollar una base.

El cálculo del gasto preliminar es frecuentemente usado para obtener compromisos de fondos gubernamentales o para arreglar el financiamiento preliminar. Cuanto más cerca esté la ejecución del proyecto, más seguro se vuelve el presupuesto, debido a que una considerable cantidad de tiempo puede pasar entre el momento que se proponga el proyecto y el tiempo en que sea construido.

Es por esta razón que el cálculo final debe ser actualizado y estará basado en estudios posteriores, realizados simultáneamente al pliego de condiciones, y deben ser lo suficientemente detallados para servir de guía al establecer las ofertas o la adjudicación del proyecto en construcción.

El cálculo del gasto preliminar necesitará incluir un fondo de emergencia, hasta 30 por ciento, para cubrir incertidumbres en el proceso de licitación. Si el proyecto es propuesto durante un tiempo de alza de la tierra, material y mano de obra, el fondo puede necesitar ser mayor por el costo fluctuante de los artículos en el proyecto.

El análisis de costos es diferente para cada proyecto, esto se debe a que al no existir dos procesos constructivos iguales, al intervenir la habilidad personal del operario, y el basarse en condiciones “promedio de consumo”, insumos y desperdicios, permite asegurar que la evaluación monetaria del costo, no puede ser matemáticamente exacta y tampoco la misma para diferentes proyectos.

En consecuencia, si cada proceso constructivo se integra en base a sus condiciones periféricas de tiempo, lugar y secuencia de eventos, el costo no puede ser genérico.

El cálculo del costo generalmente se hace, durante los estudios previos, un cálculo aproximado del costo del proyecto con el fin de poder comparar las distintas soluciones de emplazamiento y determinar la magnitud y el objeto del aprovechamiento. Los cálculos más detallados y necesarios para la construcción de un proyecto, en los que se incluyen mediciones y precios

unitarios, se necesitan para los informes de factibilidad, en los que se basa la autorización o aprobación para la construcción.

El mejoramiento constante de materiales, equipos, procesos constructivos, técnicas de planeación, organización, dirección, control, incrementos de costos de adquisiciones, perfeccionamiento de sistemas impositivos, de prestaciones sociales, etc., nos permite recomendar la necesidad de una actualización constante de los análisis de costos.

El ingeniero de costos, más allá del problema de valuación para efecto de presupuestos, debe aplicar su experiencia y buen juicio en los análisis de rentabilidad, costos financieros, organización administrativa y en el control de costos y de las propias obras. La estimación de costos puede definirse como la determinación predicha de los costos en que se incurrirá para erigir una obra de infraestructura, en función de los proyectos, especificaciones y alcance del caso, así como de la experiencia pasada.

Factores que intervienen en los Costos

El costo de construcción o inversión de un Proyecto Hidroeléctrico depende de varios factores como son:

- características físicas del Proyecto
  - Geometría
  - Tipo de Presa
  - Diámetro de las tuberías
  - Longitudes
  - Tipo de Casa de Máquinas
  - Tipo de Turbina



- Número de turbinas
  - Tipo de Materiales a utilizar
  - Zona Geográfica
  - etc., etc.
- Tiempo de construcción.

## 2.2 ANÁLISIS DE COSTOS NECESARIOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PROYECTO HIDROELÉCTRICO.

El análisis económico necesario para a la elaboración de proyectos de ingeniería se denomina Costo de Construcción, y se define como la suma de todos los costos, directos e indirectos, inherentes en la conversión de un plano de diseño, para materiales y equipamiento en un proyecto terminado (listo para puesta en marcha), o sea; la suma de: labor de campo, supervisión, administración, herramientas, gastos de oficina de campo, materiales y equipo.

### 2. 2.1 COMPONENTES DEL COSTO DE OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

#### Precio Unitario

Se denomina "precio unitario" al valor presupuestado o real que se pacta por los servicios que tiene relación con las unidades de medida, tales como costo de materiales, mano de obra, depreciación de maquinarias y equipo que proporciona el contratista, multiplicados por la unidad de concepto de obra.

Los precios unitarios son estimados por los profesionales ingenieros y arquitectos de acuerdo a la naturaleza de la obra, y determinan el costo por metro lineal, metro cuadrado, metro cúbico, según corresponda.

La composición del precio unitario por lo general necesita los siguientes componentes:

- 1.- Costos directos de Construcción.
- 2.- Costos Indirectos

## **1.- COSTO DIRECTO**

Se denomina como Costo Directo, a aquellos cargos relacionados o imputables, en forma inherente, en la ejecución de un ítem. Son los directamente involucrados en la ejecución física de una unidad de obra es decir: la suma de material, mano de obra, equipo, servicios, equipo instalado, y herramientas necesarias para la realización de un proceso productivo. Es decir el análisis de precios unitarios en el lugar mismo de construcción, que incluye todos los gastos.

Costo Directo Preliminar.

Es la suma de gastos de material, mano de obra y equipo, necesarios para la realización de un subproducto.

Costo Directo Final.

Es la suma de gastos de material, mano de obra, equipo y subproductos para la realización de un producto.

**MANO DE OBRA.-**

Es el costo que deriva de las erogaciones que hace el contratista por el pago de salarios al personal que interviene exclusiva y directamente en la ejecución del concepto de trabajo que se trate. Es el costo del personal empleado directamente para la producción de una unidad de obra.

El costo de los recursos se los maneja por jornal o por hora e incluye todas las prestaciones sociales y las consideraciones por tiempos inactivos.

El costo directo por mano de obra se calcula dividiendo el costo real de ésta por hora, entre el rendimiento o producción de unidades de obra por hora efectiva.

No se consideran dentro de este cargo a los técnicos, personal administrativo, de control, supervisión y vigilancia, que corresponden a los costos indirectos.

## **2.- COSTO INDIRECTO.**

La Asociación Americana de Ingeniería de Costos, define este concepto, como: todos los costos que no llegan a ser una parte final de la instalación, pero que son requeridos para ello y que pueden incluirse en forma no limitada a la administración de campo, supervisión directa, herramientas mayúsculas, costos de arranque, cuotas, seguros, impuestos, etc. En este rubro se tienen costos inmediatos y diferidos contabilizados en partidas que posteriormente se prorratan a la obra y frente de acuerdo a criterios particulares de cada empresa.

Son los gastos generales requeridos por la organización de campo y de oficina central y que no pueden ser imputables en forma directa a una unidad de obra.

Como en los presupuestos de obra se expresan los costos indirectos como porcentaje de los directos, se ha caído en el defecto de manejarlos casi como una fórmula o receta.

Debe tenerse muy presente que los costos indirectos llegan a representar más del 20 % de los directos y otro tanto por ciento del precio de venta, cualquier error de sobre o subvaluación tendrá repercusión en la competitividad empresarial.

Las áreas más significativas del costo indirecto son:

- Administración Central
- Administración de Campo
- Imprevistos
- Costo Financiero

De los primeros destaca la componente personal, ya que los sueldos, salarios, honorarios y prestaciones representan alrededor de 80% del total, por lo cual es fundamental fijar la atención en ello; la causa de este efecto, está en el tamaño y características de la organización de la empresa.

Invocando el criterio de Apretó, habrá de concretarse en determinar el tamaño de la organización de campo y central que será capaz de manejar la obra del caso. Si lo hace con certeza podrá garantizar que el 80% de la preevaluación del directo en términos absolutos, estará en orden.

Es necesario poseer una flexibilidad extraordinaria para adecuarse tanto a la demanda explosiva como a las situaciones de acentuada escasez de obra.

#### ADMINISTRACIÓN CENTRAL

Analistas de varios países, estiman este costo en el orden del 8% del costo directo (6 a 10%) formado por:

- |   |             |
|---|-------------|
| ▪ Sueldos, salarios y prest. del personal de las oficinas centrales | 3.7%        |
| ▪ Depreciaciones, mantenimiento y rentas                            | 0.5%        |
| ▪ Gastos de oficina y promoción                                     | 0.5%        |
| ▪ Finanzas  | 0.3%        |
| ▪ SUMAN   | <b>5.0%</b> |

#### ADMINISTRACIÓN DE CAMPO

Este renglón se considera de alrededor del 8% del costo directo (6 a 10 %).

- |  |      |
|--|------|
| ▪ Sueldos de residentes, contadores, almacenistas, chóferes, veladores | 6.0% |
| ▪ Gastos oficinas de campo   | 1.0% |

- |                 |             |
|-----------------|-------------|
| ▪ Instalaciones | 1.0%        |
| ▪ SUMAN         | <b>8.0%</b> |

### IMPREVISTOS.

Aunque sean de naturaleza “previsible”, en este rubro caben como costos no reconocidos (probablemente) por el contratante. En definitiva, son las eventualidades que en la construcción quedan fuera de un posible reconocimiento por parte del cliente, como mínimo se considera un 2% sobre el costo directo.

Un imprevisto no tan usual, lo constituyen los incobrables, riesgo que gravita sobre el contratista y quizá deba manejar probabilística, estadística y subjetivamente bajo parámetros.

### COSTO FINANCIERO

La determinación de este costo, deberá considerar los gastos financieros en que se incurre en el flujo de efectivo de la obra, por la cantidad de anticipo, forma, frecuencia y lapso de pago y la tasa de interés del caso.

Por su relevancia actual, este renglón se estudia con mayor detalle que los anteriores con el objeto de hacer conciencia de sus alcances.

### PRESUPUESTO.

Un paso previo para la contratación de obras es el relacionado con el presupuesto de cada obra a efectuarse. El Presupuesto es la previsión de gastos e ingresos para un determinado período de tiempo.

Luego de realizado el estudio o proyecto definitivo que regularmente comprende diseños, planos, especificaciones técnicas y demás aspectos relacionados con la

obra o servicio a ejecutarse, se procede a la elaboración del llamado "presupuesto".

El presupuesto constituye un elemento muy importante para la adjudicación, pues se refiere a la estimación detallada del costo total de la obra, por etapas, actividades, etc.

La elaboración del presupuesto requiere de muy buena información y datos que tengan respaldo desde el punto de vista legal, comercial, financiero, documentación, etc. Así para estimar los costos de mano de obra se tomará en cuenta la legislación que regula los mínimos sectoriales, remuneraciones adicionales y beneficios sociales de Ley.

Para estimar costos de materiales se pedirán cotizaciones de distintos proveedores a fin de elegir la más conveniente en términos de calidad, precio, forma de pago, etc.

Para estimar gastos de administración deberá hacerse proyecciones de gastos de personal y gastos de operación y en que medida podría contribuir el proyecto a financiarlos parcial o totalmente.

El éxito en la elaboración del presupuesto depende fundamentalmente de la calidad y oportunidad de la información relacionada con la obra. Es importante destacar que al hacer un presupuesto además de contar con los justificativos pertinentes, debe considerarse que el presupuesto es sometido a revisión o análisis de las instituciones o empresas interesadas.

En resumen, la calidad y consistencia del presupuesto de la obra depende de la buena información de las justificaciones de cada uno de los rubros considerados, y del conocimiento y habilidad para elaborarlo.

El presupuesto es un documento que permite a los gobiernos, las empresas, las organizaciones privadas establecer prioridades y evaluar la consecución de sus objetivos. Para alcanzar estos fines puede ser necesario incurrir en déficit o, por el contrario, ahorrar, en cuyo caso el presupuesto presentará un superávit.

El presupuesto más difícil de elaborar es el público del Estado, que es una previsión de ingresos para cubrir los gastos necesarios para llevar a cabo las políticas sociales, económicas y militares de la administración.

En nuestro país el presupuesto del Estado no es suficiente para invertir en la generación de energía eléctrica, por lo que es necesario buscar la inversión privada; para ello es indispensable que los proyectos Hidroeléctricos que se encuentran a nivel de factibilidad presenten valores de costos actualizados, reales y sobre todo no muy elevados para mostrarse atractivos a los inversionistas.



2.3 DETALLE DE COSTOS EXISTENTES EN EL PROYECTO  
HIDROELÉCTRICO CHESPI.

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>TABLA No 2.1</b>
--------------------------------	---------------------

<i>COSTO ESTIMADO DE CONSTRUCCIÓN</i>	DATOS EXISTENTES
---------------------------------------	------------------

Unidad : 10<sup>3</sup> US \$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	L. C.	F. C.	TOTAL	NOTAS
1.	Trabajo de Preparación	9.340		9.340	ver tab. 5-3
2.	Obras Civiles				
	Presa y Bocatoma	12.713	11.080	23.793	
	Túnel de Carga	42.019	39.741	81.760	
	Chimenea de Equilibrio	1.864	1.739	3.603	
	Tubería de Presión	1.429	1.195	2.624	
	Casa de Máquinas	4.408	5.265	9.673	
	Arquitectura	962	1.516	2.478	
	Acceso a los túneles	872	593	1.465	
	Trabajos Varios	2.229	2.064	4.293	
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>66.496</b>	<b>63.193</b>	<b>129.689</b>	
3.	Equipo hidráulico	7.765	13.803	21.568	ver tab. 5-4
4.	Equipo Electro Mecánico	7.057	26.549	33.606	
5.	Línea de la transmisión	1.477	4.189	5.666	
6.	Compensación	104		104	
	<b>TOTAL (1 - 6 )</b>	<b>92.239</b>	<b>107.734</b>	<b>199.973</b>	
7.	Servicios De Ingeniería	2.500	7.500	10.000	sobre el 5%(1-6)
8.	Costo de administración	10.000		10.000	sobre el 5%(1-6)
	<b>TOTAL (7 - 8 )</b>	<b>12.500</b>	<b>7.500</b>	<b>20.000</b>	
9.	Imprevistos	10.474	11.523	21.997	sobre el 10%(1-8)
10.	Interés durante el periodo del construcción	43.570	13.590	57.160	Interés (LC) 15% (Fc.) 5%
	<b>GRAN TOTAL</b>	<b>158.783</b>	<b>140.347</b>	<b>299.130</b>	

L. C. : Costo Local  
F. C. : Costo Extranjero

## 1. VÍAS DE ACCESO

Unit: S/.(Suces)

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	unidad	cantidad	P. unitario	P. total	comentario
1.	Puente (Perucho)-Campamento Nariguera	Km.	12			equiv US \$
	Limpieza	M <sup>2</sup>	50	120.000	6.000.000	
	Excavación (común)	M <sup>3</sup>	200	234.840	46.968.000	
	Excavación (roca)	M <sup>3</sup>	800	156.560	125.248.000	
	Pavimento	M <sup>2</sup>	580	81.600	47.328.000	
	Expropiación de Tierra	L.S.	1		24.435.000	
	<b>sub. Total</b>					
2.	Campamento "Nariguera"—Sitio de Presa	Km.	2,3			449.800,0
	Limpieza	M <sup>2</sup>	50	23.000	1.150.000	
	Excavación (común)	M <sup>3</sup>	200	38.280	7.656.000	
	Excavación (roca)	M <sup>3</sup>	800	25.520	20.416.000	
	Pavimento	M <sup>2</sup>	580	15.640	9.071.200	
	Expropiación de Tierra	L.S.	1		5.113.000	
	<b>sub. Total</b>					
3.	Camp. Nariguera—Camp "Cabugan"	Km.	13,6			555.800,0
	Limpieza	M <sup>2</sup>	50			
	Excavación (común)	M <sup>3</sup>	200			
	Excavación (roca)	M <sup>3</sup>	800			
	Pavimento	M <sup>2</sup>	580	92.480	53.638.400	
	Expropiación de Tierra	L.S.	1			
	<b>Sub Total</b>					
4.	Camp "Cabugan"—Casa de Máquinas	Km.	4,2			1.136.100
	Limpieza	M <sup>2</sup>	50	42.000	2.100.000	
	Excavación (común)	M <sup>3</sup>	200	106.910	21.382.000	
	Excavación (roca)	M <sup>3</sup>	800	71.280	57.024.000	
	Pavimento	M <sup>2</sup>	580	28.560	16.564.800	
	Expropiación de Tierra	L.S.	1		12.564.000	
	<b>Sub Total</b>					
5.	Costo de mantenimiento (cerca del 6% de lo anterior)	l.s.	1		27.000.000	279.800
	<b>TOTAL</b>				<b>483.658.400</b>	<b>5.012.000</b>

<b>TRABAJOS DE PREPARACIÓN EN CAMPO</b>	<b>TABLA No 2.3</b>
---	---------------------

## 2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

1.	trabajos de perforación	1500(m) *S/.40000/m	11.500,0 C
2.	pruebas de acceso túnel	1000(m) *S/.30000/m	30.000,0 (10 <sup>3</sup> S/.)
3.	pruebas de material	L.S.	15.000,0 (10 <sup>3</sup> S/.)
4.	inspección topográfica	L.S.	10.000,0 (10 <sup>3</sup> S/.)
	Trabajos Misceláneos	cerca del 10% de los anteriores	11.500,0 (10 <sup>3</sup> S/.)
		<b>TOTAL</b>	<b>78.000,0 (10<sup>3</sup> S/.)</b>
		<b>Equivalente US \$</b>	<b>1.310.000</b>

## 3. FACILIDADES DEL CAMPAMENTO

1.	Sitios de Oficinas	125(M) *10 (m2/M) *S/.20000	25.000,0 (10 <sup>3</sup> S/.)	
2.	Facilidades de campo	ingenero ( s )	50(M) *15 (m2/M) *S/.25000	18.750,0 (10 <sup>3</sup> S/.)
		adm. y supervisor ( s )	75(M) *10 (m2/M) *S/.20000	15.000,0 (10 <sup>3</sup> S/.)
3.	Accesorios	50% ítem 1 y 2	29.380,0 (10 <sup>3</sup> S/.)	
4.	Misceláneos	50% ítem 1 y 2	29.370,0 (10 <sup>3</sup> S/.)	
		<b>TOTAL</b>	<b>117.500,0 (10<sup>3</sup> S/.)</b>	
		<b>Equivalente US \$</b>	<b>1.218.000,0</b>	

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>TRABAJOS DE PREPARACIÓN</b>	<b>TABLA No 2.4</b>
--------------------------------	--------------------------------	---------------------

**1. TRABAJOS DE PREPARACIÓN**

(ver tabla 5-3 )

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precios x unidad		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	divisa
1	Vías de acceso	L.S.	1			5.012.000	
2	Investigación de campo	L.S.	1			1.310.000	
3	Campamentos	L.S.	1			1.218.000	
4	Proporciones de Suministro Power	L.S.	1			1.350.000	
5	Trabajos misceláneos (aproximadamente 5% del ítem 1-4)	L.S.	1			450.000	
	<b>TOTAL</b>					9.340.000	

L. S. = global

**PRESUPUESTO REFERENCIAL****OBRAS CIVILES****TABLA No 2.5****OBRAS CIVILES****1 Presa y Boca Toma**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precio unitario		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	divisa
1	Excavación abierta (Tierra)	m <sup>3</sup>	19.500	3,0	4,0	58.500	78.000
2	Excavación abierta (Roca)	m <sup>3</sup>	77.800	10,0	13,0	778.000	1.011.400
3	Hormigón del dique	m <sup>3</sup>	110.300	66,0	53,0	7.279.800	5.845.900
4	Bocatoma y Otro Hormigón	m <sup>3</sup>	17.350	94,0	61,0	1.630.900	1.058.350
5	Acero de Refuerzo	ton	660	290,0	775,0	191.400	511.500
6	Lechada de consolidación	m.	5.200	88,0	103,0	457.600	535.600
7	Caminos de Acceso	m.	1.000	207,3	-	207.300	-
8	Desviación del Río	L.S.	1			1.157.220	1.133.670
9	Otros	L.S.	1			952.610	905.680
	<b>TOTAL</b>					<b>12.713.330</b>	<b>11.080.100</b>

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>DESVIACIÓN DEL RÍO</b>	<b>TABLA No 2.6</b>
--------------------------------	---------------------------	---------------------

**DESVIACIÓN DEL RÍO (Q =450m3 /s)**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	divisa
1	Excavación abierta (Tierra)	m <sup>3</sup>	300	3,0	4,0	900	1.200
2	Excavación abierta (Roca)	m <sup>3</sup>	1.000	10,0	13,0	10.000	13.000
3	Excavación del Túnel	m <sup>3</sup>	8.300	54,0	37,0	448.200	307.100
4	Desalojo	m <sup>3</sup>	21.700	2,0	4,0	43.400	86.800
5	Hormigón de la presa y Otro Hormigón	m <sup>3</sup>	2.670	88,0	76,0	234.960	202.920
6	Acero de Refuerzo	ton	110	290,0	775,0	31.900	85.250
7	Lechada de consolidación	m.	1.800	88,0	103,0	158.400	185.400
8	Rejillas	ton.	20	3.150,0	4.100,0	63.000	82.000
9	Otros	L.S.	1	-	-	166.460	170.000
	<b>TOTAL</b>					<b>1.157.220</b>	<b>1.133.670</b>

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>TÚNEL DE CARGA</b>	<b>TABLA No 2.7</b>
--------------------------------	-----------------------	---------------------

**TÚNEL DE CARGA**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	divisa
1	Excavación Túnel	m <sup>3</sup>	242.600	54,0	37,0	13.100.400	8.976.200
2	Revestimiento de Hormigón	m <sup>3</sup>	75.090	180,5	110,0	13.553.745	8.259.900
3	Llenado de Hormigón	m <sup>3</sup>	3.410	121,0	80,0	412.610	272.800
4	Refuerzo	ton.	4.510	334,0	775,0	1.506.340	3.495.250
5	Inyección de mortero de cemento	m <sup>3</sup>	5.900	162,0	43,0	955.800	253.700
6	Lechada de consolidación	m.	121.600	88,0	103,0	10.700.800	12.524.800
7	Otros	L.S.	1			1.789.015	5.958.170
	<b>TOTAL</b>					<b>42.018.710</b>	<b>39.740.820</b>

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>CHIMENEA DE EQUILIBRIO</b>	<b>TABLA No 2.8</b>
--------------------------------	-------------------------------	---------------------

**CHIMENEA DE EQUILIBRIO**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	divisa
1	Excavación abierta (Tierra)	m <sup>3</sup>	8.400	3,0	4,0	25.200	33.600
2	Excavación abierta (Roca)	m <sup>3</sup>	19.500	10,0	13,0	195.000	253.500
3	Excavación del Pozo	m <sup>3</sup>	10.100	68,0	48,0	686.800	484.800
4	Excavación del túnel	m <sup>3</sup>	1.400	54,0	37,0	75.600	51.800
5	Llenado de Hormigón	m <sup>3</sup>	1.140	121,0	80,0	137.940	91.200
6	Revestimiento de concreto(poza)	m <sup>3</sup>	2.710	180,5	110,0	489.155	298.100
7	Hormigón de la pared	m <sup>3</sup>	980	78,0	40,0	76.440	39.200
8	Acero de refuerzo	ton.	170	334,0	775,0	56.780	131.750
9	Lechada de consolidación	m.	1.200	88,0	103,0	105.600	123.600
10	Otros	L.S.	1			15.185	231.650
	<b>TOTAL</b>					<b>1.863.700</b>	<b>1.739.200</b>



<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>TUBERÍA DE PRESIÓN</b>	<b>TABLA No 2.9</b>
--------------------------------	---------------------------	---------------------

**TUBERÍA DE PRESIÓN**Unidad:  
US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	divisa
1	Excavación abierta (Tierra)	m <sup>3</sup>	4.600	3,0	4,0	13.800	18.400
2	Excavación abierta (Roca)	m <sup>3</sup>	10.800	10,0	13,0	108.000	140.400
3	Excavación del Túnel	m <sup>3</sup>	4.100	54,0	37,0	221.400	151.700
4	Excavación del Pozo	m <sup>3</sup>	1.200	68,0	48,0	81.600	57.600
5	Llenado de Horm.(túnel y pozo)	m <sup>3</sup>	2.730	121,0	80,0	330.330	218.400
6	Bloque de anclado de horm. Y otro hormg.	m <sup>3</sup>	5.430	85,0	75,0	461.550	407.250
7	Acero de refuerzo	ton.	120	334,0	775,0	40.080	93.000
8	Inyección de mortero de cemento	m <sup>3</sup>	200	162,0	43,0	32.400	8.600
9	Lechada de consolidación	m.	600	88,0	103,0	52.800	61.800
10	Otros	L.S.	1			86.900	38.530
	<b>TOTAL</b>					<b>1.428.860</b>	<b>1.195.680</b>

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>POTENCIA Y TOMA CORRIENTE</b>	<b>TABLA No 2.10</b>
<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>ARQUITECTURA</b>	<b>TABLA No 2.11</b>

**POTENCIA Y TOMA DE CORRIENTE (Incluso el interruptor )**

**Dique y Succión**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	Divisa
1	Excavación abierta (Tierra)	m <sup>3</sup>	33.900	3,0	4,0	101.700	135.600
2	Excavación abierta (Roca)	m <sup>3</sup>	135.400	10,0	13,0	1.354.000	1.760.200
3	Desalojo	m <sup>3</sup>	28.800	2,0	4,0	57.600	115.200
4	Hormigón de fundación y Otro Hormg.	m <sup>3</sup>	33.650	68,0	49,0	2.288.200	1.648.850
5	Acero de Refuerzo	ton.	1.970	290,0	775,0	571.300	1.526.750
6	Otros	L.S.	1			35.500	77.780
	<b>TOTAL</b>					<b>4.408.300</b>	<b>5.264.380</b>

**ARQUITECTURA**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precios x unidad		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	<b>divisa</b>
1	Presa y Bocatoma	Sq.m <sup>3</sup>	1.500	33,0	52,0	49.500	78.000
2	Casa de Máquinas	Sq.m <sup>3</sup>	25.000	33,0	52,0	825.000	1.300.000
3	Otros	L.S.	1			87.450	137.800
	TOTAL					961.950	1.515.800

Nota.- Sq.m<sup>3</sup>: espacio volumen en las estructuras

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>ACCESO DEL TÚNEL</b>	<b>TABLA No 2.12</b>
--------------------------------	-------------------------	----------------------

**ACCESOS DEL TÚNEL**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precios x unidad		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	divisa
	[Acceso No. 1]            L = 250 m						
1	Excavación del Túnel	m <sup>3</sup>	6.800	54	37,0	367.200,0	251.600
2	Hormigón lineado y Otro Hormigón	m <sup>3</sup>	1.100	90	55,0	99.000,0	60.500
3	Acero de refuerzo	ton	10	334	775,0	3.340,0	7.750
4	Otros	L.S.	1			43.960,0	29.610
	Sub-Total					513.500,0	349.460
	[Acceso No. 2]            L = 150 m						
1	Excavación del Túnel	m <sup>3</sup>	4.200	54	37,0	226.800,0	155.400
2	Hormigón lineado y Otro Hormigón	m <sup>3</sup>	1.100	90	55,0	99.000,0	60.500
3	Acero de refuerzo	ton	10	334	775,0	3.340,0	7.750
4	Otros	L.S.	1			29.920,0	19.990
	Sub-Total					359.060,0	243.640
	<b>TOTAL</b>					<b>872.560</b>	<b>593.100</b>

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>TRABAJOS MISCELÁNEOS</b>	<b>TABLA No 2.13</b>
--------------------------------	-----------------------------	----------------------

**TRABAJOS MISCELÁNEOS**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precios x unidad		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	divisa
1	Presa y Bocatoma 3% del Ítem 2.1)	L.S.	1			381.770	332.890
2	Túnel de Carga, Chimenea de Equilibrio, Tubería de Presión y Acceso al túnel (4% del ítem 2.2, 2.3, 2.4, 2.7)	L.S.	1			1.847.350	1.730.750
	Total					2.229.120	2.063.640
	<b>TOTAL</b>					<b>66.496.530</b>	<b>63.192.860</b>

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>EQUIPO HIDRÁULICO</b>	<b>TABLA No 2.14</b>
--------------------------------	--------------------------	----------------------

**EQUIPO HIDRÁULICO****1 REJILLA DE TOMA**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precios x unidad		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	Divisa
1	Succión	ton	30	2.550,0	3.670,0	76.500	110.100
2	Misceláneos (cerca 4% del ítem 1)	L.S.	1			3.060	4.410
	<b>TOTAL</b>					<b>79.560</b>	<b>114.510</b>

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>REJILLA</b>	<b>TABLA No 2.15</b>
--------------------------------	----------------	----------------------

**2 REJILLA**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	Divisa
1	Rejilla del vertedero de dique	Ton	20	3.260,0	4.730,0	65.200	94.600
2	Rejilla del desarenador del dique (crecida)	ton.	1.250	3.260,0	4.730,0	4.075.000	5.912.500
	Rejilla semicilíndrica	ton.	200	3.260,0	4.730,0	652.000	946.000
4	Rejilla de succión	ton.	50	3.260,0	4.730,0	163.000	236.500
5	Rejilla de la toma de corriente	ton.	60	3.260,0	4.730,0	195.600	283.800
6	Misceláneos (aprox 4% del ítem 1-5)	L.S.	1			206.030	298.940
	<b>TOTAL</b>					<b>5.356.830</b>	<b>7.772.340</b>

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>TUBERÍA DE PRESIÓN</b>	<b>TABLA No 2.16</b>
--------------------------------	---------------------------	----------------------

### **3 TUBERÍA DE PRESIÓN Y LÍNEA DE ACERO**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	UNIDAD	CANTIDAD	Precio Unitario		Precio Total	
				dinero local	divisa	dinero local	divisa
1	Línea de acero del túnel de Carga	ton	725	1.220,0	3.100,0	884.500	2.247.500
2	Tubería de Presión	ton	1.110	1.220,0	3.100,0	1.354.200	3.441.000
3	Misceláneos (aprox 4% del ítem 1,2)	L.S.	1			89.550	227.540
	Subtotal					2.328.250	5.916.040
	<b>TOTAL</b>					7.764.640	13.802.890



<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>EQUIPO ELECTROMECAÁNICO</b>	<b>TABLA No 2.17</b>
--------------------------------	--------------------------------	----------------------

**EQUIPO ELECTRO MECÁNICO**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	DINERO LOCAL L. C.				DIVISA F.C.			TOTAL
		INSTALACIÓN	TRANSP(en tierra)	IMPUESTO	Sub total	FOB	INS/TRANS/INST	Sub total	
1	Equipo Mecánico	1.409	704	1.894	4.007	11.731	3.167	14.898	18.905
2	Equipo Eléctrico	948	686	1.417	3.051	9.364	2.287	11.651	14.702
	<b>TOTAL</b>	2.357	1.390	3.311	7.058	21.095	5.454	26.549	33.607

**PRESUPUESTO REFERENCIAL****LÍNEA DE TRANSMISIÓN****TABLA No 2.18****LÍNEA DE TRANSMISIÓN**

Unidad: US\$

ÍTEM	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS	DINERO LOCAL L. C.				DIVISA F.C.			TOTAL
		INSTALACIÓN	TRANSP(en tierra)	IMPUESTO	Sub total	FOB	INS/TRANS/INST	Sub total	
1	Línea de Transmisión	542	303	632	1.477	3.072	1.117	4.189	5.666
	<b>TOTAL</b>	542	303	632	1.477	3.072	1.117	4.189	5.666

<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL</b>	<b>COSTOS DE COMPENSACIÓN</b>	<b>TABLA No 2.19</b>
--------------------------------	-------------------------------	----------------------

Unit: 10 E3 S/.(Suces)

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	unidad	área	precio unitario	precio total	comentario
1.	Campamento “Nariguera”	ha.	41	70,0	2.870,0	Estimado por EX-INECEL
2.	Campamento “Cabugan”	ha.	4	52,5	210,0	Estimado por EX-INECEL
3.	Dique y depósito	ha.	43	49,0	2.107,0	Estimado por EX-INECEL
4.	Casa de Poder (porción baja)	ha.	21	59,5	1.249,5	Estimado por EX-INECEL
5.	Casa de Poder (porción superior )	ha.	34	52,5	1.785,0	Estimado por EX-INECEL
6.	Vías de Acceso	ha.	10	49,0	490,0	A = 2000(m) * 50 (m)
7.	sitio de la cantera	ha.	12	49,0	588,0	A = 300(m) * 200 (m)
8.	Área de disposición y otros	ha.	15	49,0	735,0	
	<b>TOTAL</b>				<b>10.034,5</b>	

NOTA.- Costo total de compensación = 10,035. (10E3 s/.) = 104.(10E3 \$ Equivalente)

## **CAPÍTULO III**

### **3. ACTUALIZACIÓN DE DATOS HIDROLÓGICOS DEL PROYECTO CHESPI.**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

##### **3.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO CHESPI**

##### **3.1.2 ALCANCE DEL ESTUDIO**

##### **3.1.3 INFORMACIÓN DISPONIBLE**

#### **3.2 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA**

##### **3.2.1 ASENTAMIENTOS HUMANOS Y EXPLOTACIÓN AGRO-INDUSTRIAL**

##### **3.2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS GENERALES DE LA CUENCA**

#### **3.3 METEOROLOGÍA**

##### **3.3.1 RED DE MEDICIONES METEOROLÓGICAS**

##### **3.3.2 CLIMATOLOGÍA GENERAL DE LA CUENCA**

##### **3.3.3 TEMPERATURA EN EL SITIO DE OBRA**

##### **3.3.4 HUMEDAD RELATIVA EN LAS ESTACIONES**

##### **3.3.5 EVAPORACIÓN**

##### **3.3.6 VIENTOS EN LOS SITIOS DE OBRA**

#### **3.4 PLUVIOMETRÍA**

##### **3.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA RED**

##### **3.4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LLUVIA**

###### **3.4.2.1 VARIACIÓN ESPACIAL**

###### **3.4.2.2 LLUVIAS ANUALES EN LAS ESTACIONES Y SITIOS DE OBRA**

###### **3.4.2.3 LLUVIAS MENSUALES EN LAS ESTACIONES Y SITIOS DE OBRA**

3.4.2.4 LLUVIAS DIARIAS EN LAS ESTACIONES Y SITIOS DE OBRA

3.4.2.5 TENDENCIA A LARGO PLAZO

3.4.2.6 TENDENCIA A LARGO PLAZO

### 3.5 HIDROMETRÍA

3.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA RED

3.5.2 DESCRIPCIÓN DE LA RED

3.5.3 CURVAS DE DESCARGA LIQUIDA EN LAS ESTACIONES

3.5.4 CURVAS DE DURACIÓN GENERAL EN LAS ESTACIONES

### 3.6 CAUDALES E HIDROGRAMAS

3.6.1 CAUDALES EN LAS ESTACIONES FLUIVOMÉTRICAS

3.6.2 CAUDALES DE LA CUENCA INTERMEDIA ENTRE LAS DOS ESTACIONES DEL GUAYLLABAMBA

3.6.3 CAUDALES EN EL SITIO DE APROVECHAMIENTO

3.6.4 HIDROGRAMAS EN EL SITIO DE APROVECHAMIENTO

3.6.5 RELACIÓN LLUVIAS - ESCURRIMIENTO

### 3.7 CRECIDAS Y AFORO EN LA CUENCA DEL GUAYLLABAMBA

3.7.1 GENERALIDADES

3.7.2 INFORMACIÓN DISPONIBLE

3.7.3 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

3.7.4 CAUDAL ESPECÍFICO EN LA CUENCA AFORADA

3.7.5 ELECCIÓN DEL PERIODO DE RETORNO PARA LAS CRECIDAS DE DISEÑO

3.7.6 DISTRIBUCIÓN DE LLUVIAS MÁXIMAS EN CRECIDAS

- 3.7.7 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE CAUDALES MÁXIMOS
- 3.7.8 CAUDALES INSTANTÁNEOS MÁXIMOS EN LAS ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS
- 3.7.9 ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN EL SITIO DE LA PRESA
- 3.7.10 HIDROGRAMA CARACTERÍSTICO DE CRECIDAS
  
- 3.8 SEDIMENTOLOGÍA
  - 3.8.1 GENERALIDADES
  - 3.8.2 ECUACIONES BÁSICAS
  - 3.8.3 SECUENCIA DE CÁLCULO
- 3.9 OBSERVACIONES
- 3.10 TABLAS ANUALES DE DATOS HIDROLÓGICOS INICIALES DEL PROYECTO HASTA 1986
  - 3.10.1 DATOS INICIALES DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO "CHESPI"
  - 3.10.2 DATOS HIDROLÓGICOS ACTUALES DEL PROYECTO "CHESPI"
  
- 3.11 COMPARACIÓN DE DATOS INICIALES CON DATOS ACTUALES
  - 3.11.5 RESUMEN DE DATOS
  - 3.11.6 DATOS COMPARATIVOS
  - 3.11.7 GRÁFICOS DE CURVAS E HIDROGRAMAS
  - 3.11.8 COMPARACIÓN DE GRÁFICOS INICIALES CON GRÁFICOS ACTUALES
  
- 3.12 CAUDAL DE DISEÑO

### 3. ACTUALIZACIÓN DE DATOS HIDROLÓGICOS DEL PROYECTO CHESPI.

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

##### 3.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO CHESPI

El Proyecto Hidroeléctrico Chespi con una capacidad instalada de 167 Mw. se sitúa en la cuenca del Guayllabamba y está constituido por una presa a gravedad de 60 m de altura desde la cimentación, un túnel de conducción a presión de 7.360 m de longitud y 5,20 de diámetro, una chimenea de equilibrio de orificio restringido, una tubería de presión de 553 m de longitud y 4.50 m de diámetro, compuesta por varios tramos subterráneos y a superficie libre, una casa de máquinas semi enterrada que permite alojar a dos turbinas Francis con sus respectivos equipos, el área de captación del Guayllabamba es 8.662 km<sup>2</sup>, y su longitud es 289 km.

##### 3.1.2 ALCANCE DEL ESTUDIO

Para este aprovechamiento se dispone del informe del Estudio de Factibilidad preparado por JICA en 1986. El estudio realizado contiene en forma resumida la base de registros de las estaciones Viña del Chespi, AJ Cubi Gaucing y DJ Alambí Gaucing, una cuantificación de los caudales a nivel diario, curvas de duración general y estacional y las crecientes de T=10 y T=100 años.

Para el estudio en curso se amplía el período de análisis a 1986 -2001 y se utiliza los registros de cuatro estaciones hidrométricas, Viña del Chespi, Estación Quito – Observatorio, AJ Cubi Gaucing y DJ Alambí Gaucing.

Se analiza con la información disponible hasta 2001, todos los parámetros necesarios para un aprovechamiento hidroeléctrico de la magnitud del Chespi en su actual etapa de estudios. Estos parámetros hidrometeorológico - sedimentológicos se refieren:

- En Meteorología: Temperaturas, humedad relativa, velocidad máxima del viento, lluvias medias y extremas.
- En Hidrometría: caudales líquidos medios y máximos con su frecuencia de ocurrencia.
- En Sedimentología: estimaciones de las descargas sólidas en suspensión y de fondo en función de los estudios realizados por JICA.

La metodología aplicada en la valoración de cada parámetro meteorológico-hidrométrico - sedimentológico está explicada en el texto principal que sigue a continuación.

### 3.1.3 INFORMACIÓN DISPONIBLE

La información de interés para el estudio de este aprovechamiento proviene de las siguientes fuentes:

1. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)
2. Concejo Nacional de Electrificación (CONELEC)
3. Catálogo de Proyectos Hidroeléctricos. Plan Maestro de Electrificación. Dirección de Planificación. EX-INECEL / 1982.
4. Hidrología y Sedimentología - Apéndice B EX-INECEL / Electroconsult-Tractionel-Rodio-Astec-Inelin-Ingeconsult.



5. “Informe Hidrológico Del Proyecto Guayllabamba” publicado en diciembre de 1984 por el Departamento de Hidrología de EX -INECEL, considera información hasta fines del año calendario.
  6. “Estudio del Proyecto Hidroeléctrico “Chespi”/ Fabián Bernal/ Universidad Católica.
  7. “Estudio Hidrológico Preliminar de los ríos Cubi, Peralbí, Pamplona y Quinde”. Publicado por la División de Hidrología y Sedimentología de EX - INECEL en enero de 1983.
- Otras fuentes de información
    1. “Información Hidrometereológica Proyecto Chespi”, Anuarios Meteorológicos e Hidrológicos del INAMHI (1986-2001)
    2. Archivos magnéticos sobre datos meteorológicos-hidrométricos de la cuenca del Río Guayllabamba, EX-INECEL-Hidrología.
    3. Información hidrometereológica básica de los archivos del Plan Maestro del EX – INECEL.
    3. Feasibility Study Chespi Hydroelectric Development Project / JICA / 1986
    4. “Estudio del Proyecto Hidroeléctrico Chespi”, Fabián Bernal L. , 1986

## 3.2 DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA

### 3.2.1 ASENTAMIENTOS HUMANOS Y EXPLOTACIÓN AGRO – INDUSTRIAL

La Hoya del Guayllabamba constituye una de las zonas más pobladas del país constituyendo un centro de gran desarrollo, la mayor parte del área de la cuenca

pertenece a la Provincia de Pichincha y una pequeña parte a la Provincia de Imbabura.

Prácticamente la mayor parte de la cuenca está intensamente cultivada, conservándose en pequeñas zonas inaccesibles la vegetación natural.

El EX – INERHI, en la cuenca alta de nuestro estudio ha irrigado mediante los sistemas de : Pisque, Tumbaco, Tabacundo y con innumerables regadíos particulares como también la Empresa Eléctrica Quito y los municipios cantorales respectivos han aprovechado la cuenca mediante la instalación de pequeñas y medianas centrales hidroeléctricas como Nayón, Cumbayá, Guangopolo y Vindobona.

El proyecto está cerca de grandes centros de consumo de la región centro – norte del país principalmente de Quito e Ibarra.

### 3.2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS GENERALES DE LA CUENCA

El proyecto Chespi se encuentra ubicado en la Cuenca del Río Esmeraldas, sub cuenca Guayllabamba.

- Geográficamente, la cuenca del Guayllabamba, en el área del sitio del proyecto está comprendida entre los paralelos 00° 40´ latitud sur, 00°36´ latitud norte y entre los meridianos 78°00´; 78°45´ de longitud oeste, tiene la particularidad de estar atravesada por la línea ecuatorial. El río Guayllabamba drena la hoya del mismo nombre, y está limitada al Norte por el Nudo de Mojanda Cajas, al sur por el Nudo de Tiopullo, al este por la Cordillera Central y al Oeste por la Cordillera Occidental de los Andes y dos pequeños ramales de la misma que son : Cordillera de San Lorenzo y Cordillera de Toisán.



**Figura No. 3.1**

- La cuenca es una zona con fuerte relieve con altitudes que van desde los 1148 msnm, hasta los 1394 msnm.

### TAMAÑO Y FORMA DE LA CUENCA

La cuenca hidrográfica del río Guayllabamba, desde sus orígenes en las estribaciones del Iliniza hasta su desagüe en la estación Guayllabamba D.J. Pachijal tiene una longitud aproximada de 202 Km de cauce principal y una superficie de 7.769 Km<sup>2</sup>, la forma de la cuenca tiene una configuración ligeramente alargada, cuya parte alta tiene una orientación sur-norte mientras que a partir del río Cubi se orienta hacia el oeste. Se lo puede catalogar como “Cuenca Grande” dentro de los conceptos hidrológicos.



Figura No. 3.2

## ELEVACIÓN Y PENDIENTE DE LA CUENCA

Las alturas en la cuenca del río Guayllabamba varían de los 5.800 m.s.n.m. En la región del Cotopaxi hasta 420 m.s.n.m. En la estación hidrométrica Guayllabamba D.J. Pachijal.

El valle bañado por el río Guayllabamba tiene una elevación promedio de 2.400 m.s.n.m., la pendiente media de la cuenca es de 6.5% sin embargo, la variabilidad de declividades van desde muy escarpado en los cañones de los ríos hasta terrenos planos.

## PENDIENTE DEL RÍO

La pendiente media del río Guayllabamba hasta la estación Guayllabamba D.J. Alambí es de 1.65%, pendiente que está muy influenciada por los valores altos de la declividad en pocos tramos del cauce.

## 3.3 METEOROLOGÍA

### GENERALIDADES

Los factores principales que influyen en la climatología son la altitud y la orografía, debiendo también tomarse en cuenta factores como temperatura, humedad, viento, lluvias y evaporación puesto que estos también tienen influencia en el comportamiento del río Guayllabamba, por esto se suministran datos de los siguientes parámetros meteorológicos para el proyecto:

- Temperaturas relativas con sus tres parámetros característicos, mínimo-medio-máximo.

- Lluvia con sus varios parámetros característicos, valores anuales - mensuales -lluvias intensas de corta duración.
- Evaporación con sus valores totales y mensuales.

Las magnitudes y utilidad de cada uno de ellos se explican a continuación.

### 3.3.1 RED DE MEDICIONES METEOROLÓGICAS

Dado que en la cuenca del Guayllabamba hay pocas estaciones meteorológicas, se ha utilizado los registros de estaciones cercanas en la cuenca del Guayllabamba y de las cuencas vecinas para los análisis regionales,

ver **Tabla 3.1.**

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No. 3.1****LISTA DE ESTACIONES METEREOLÓGICAS-PLUVIOGRÁFICAS-PLUVIOMETRICAS**

ÍNDICE	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	UBICACIÓN		ALTITUD (msnm)	OPERA
		LATITUD	LONGITUD		
13-9	San Antonio de Pichincha	00-00-37S	78-26-13W	2.400	INAMHI
13-10	Malchinguí	00-03-24N	78-20-05W	2.850	INAMHI
13-19	San José de Minas	00-06-21N	78-24-45W	2.440	INAMHI
13-20	Perucho	00-06-44N	78-25-19W	1.880	EX-INECEL
13-21	Nanegalito	00-04-05N	78-40-47W	1.610	EX -INECEL
13-22	Mindo INECEL	00-02-52S	78-46-08W	1.320	EX -INECEL
13-24	Jerusalén	00-00-11N	78-21-02W	2.360	INAMHI
13-25	Tabacundo	00-03-11N	78-14-06W	2.955	INAMHI
13-34	Calderón	00-05-55S	78-25-24W	2.690	INAMHI
13-35	Cotocollao	00-06-27S	78-24-36W	2.780	INAMHI
13-36	Quito – Aeropuerto	00-08-00S	78-29-00W	2.812	D.A.C.
13-43	Quito – Observatorio	00-12-42S	78-30-02W	2.818	POLI. NAC.
13-67	La Perla	00-11-00N	78-40-00W	1.410	EX -INECEL
13-75	Nono	00-03-52S	78-34-24W	2.740	EX -INECEL
13-76	Pacto	00-08-47N	78-45-49W	1.200	INAMHI
13-92	Viña del Chespi	00-07-00N	78-32-00W	1.490	EX -INECEL
13-93	Vindobona	00-00-02N	78-25-06W	2.270	EX -INECEL
13-94	Selva Alegre	00-15-00N	78-35-00W	1.800	INAMHI
P6-1	Nanegal	00-08-26N	78-40-34W	1.280	EX -INECEL
P-8	Toabunchi	00-22-40N	78-26-05W	2.220	EX -INECEL
2-18	Intag en Apuela	00-21-30N	78-30-40W	1.620	INAMHI
2-20	Cambugán	00-16-21N	78-23-30W	3.120	INAMHI
2-31	San Rafael del Lago	00-12-00N	78-14-24W	2.790	INAMHI

INDICE	NOMBRE DE LA ESTACIÓN	RÍO	ALTITUD (msnm)	CAPTACIÓN
				Área (km <sup>2</sup> )
13-04	A. J. CUBI	Guayllabamba	1.540	4.364
F-2	EN PTE. CHACAPATA	Guayllabamba	650	4.905
13-05	D.J. Alambí	Guayllabamba	625	6.808

NOTA.- INAMHI = INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA Y HIDROLOGÍA  
 DAC= DIRECCIÓN DE AVIACIÓN CIVIL  
 UC= UNIVERSIDAD CENTRAL  
 POLI. NAC= POLICÍA NACIONAL

En total son 26 estaciones vecinas a la cuenca en estudio, de las que al menos 5 ya no funcionan.

La longitud de registros no es igual en las varias estaciones, la más antigua es la Estación de Aforo Chacapata, que actualmente ya no se encuentra en funcionamiento.

Otra estación importante por encontrarse cercana al sitio del proyecto es la Viña del Chespi que funcionó hasta 1990. Su operación - mantenimiento estuvo a cargo de INAMHI e EX-INECEL.

Por lo que respecta a su representatividad, cabe indicar que la mayoría de estaciones se localizaron a lo largo de los ríos y espacialmente no controlan las zonas media y alta de las vertientes, aunque sus datos sí son útiles para determinar la magnitud de la lluvia puntual en cada sitio de obra, a más de que también se puede determinar la magnitud de otras variables climáticas (temperatura y humedad). Su confiabilidad es también aceptable, pues la mayoría disponía de instrumentos de registro automático-continuo.

### 3.3.2 CLIMATOLOGÍA GENERAL DE LA CUENCA

Las características climatológicas de la cuenca del Guayllabamba están determinadas por la variación altitudinal a la orientación de la cuenca y la orografía, presentándose gran cantidad de climas que van desde el glacial hasta el Subtropical pasando por el templado o mesotérmico.



La corriente Cálida del Niño que se presenta en los meses de enero a mayo hace que las corrientes cargadas de humedad aparezcan produciendo la época húmeda, lo mismo que la corriente fría de Humbolt se presenta en los

	<b>VIÑA DEL CHESPI ' 82 ' 90</b>	<b>QUITO OBSERVATORIO ' 84 2001</b>
--	----------------------------------	-------------------------------------

meses de Julio a Septiembre causando la época seca propia de estos meses. También, la cuenca del Guayllabamba está influenciada por la región amazónica presentándose lluvias intensas de junio a septiembre en la cordillera central de los Andes provocadas por los vientos alisios que soplan de Este a Oeste.

### 3.3.3 TEMPERATURA EN EL SITIO DE OBRA

Las temperaturas son aproximadamente constantes tanto las mensuales como las anuales, esto se debe a la condición que el área de captación se localiza cerca de la línea del Ecuador. La temperatura en la cuenca es inversamente proporcional a la elevación y disminuye aproximadamente 4° C con cada 1.000 metros de altura. Para la altura media de la cuenca la temperatura es de 15°C, en zonas situadas a 3.000 m.s.n.m., mientras que en la Estación de medición Viña del Chespi la temperatura está en 19.4°C a 1.490 m de altura, en las inmediaciones del sitio del proyecto una temperatura es de 13.6°C con una elevación de 2.800 m.

Los rangos de variaciones tienen mínimos de 2 a 3° C, sin embargo la temperatura absoluta diaria máxima-mínima tiene una gran diferencia de alrededor de 28°C.

MESES	mínima	media	máxima	Mínima	media	máxima
enero	25,0	25,6	27,1	20	20,55	21,1
febrero	24,2	25,7	27,4	19,2	20,7	22,2
marzo	25,4	26,7	29,0	19,6	21,95	24,3
Abril	26,2	27,0	29,2	21,2	22,5	23,8
mayo	26,2	26,8	28,1	23,1	24,2	25,3
Junio	25,2	27,6	31,4	22,3	25,3	28,3
Julio	26,1	28,7	31,3	23,2	25,75	28,3
agosto	26,3	28,3	32,0	23,2	26,1	29
septiembre	26,4	28,4	33,1	23,2	26,65	30,1
octubre	26,4	27,7	31,2	20,1	22,35	24,6
noviembre	26,4	27,5	29,2	14,2	19,25	22,4
diciembre	22,0	27,8	32,2	8,6	19,6	23,1
<b>TOTAL</b>		25,18			22,91	

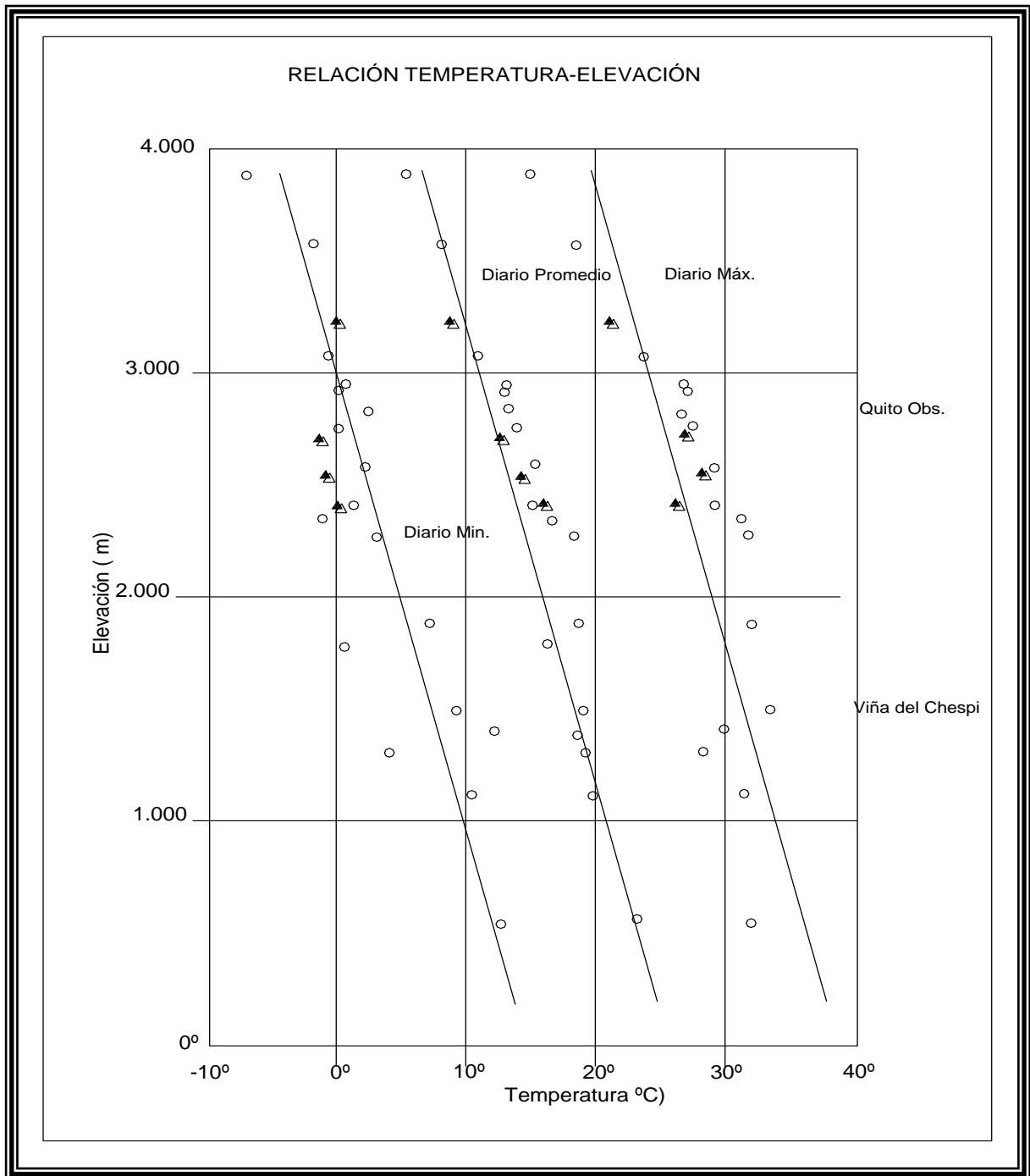
**TEMPERATURA EN LA BASE DEL PROYECTO (DATOS , ACTUALES)**

Las temperaturas han sido analizadas en forma regional para obtener valores para cualquier altitud en la cuenca, en el rango de 1490 a 2800 msnm.

El gráfico regional relaciona la variable meteorológica con la altitud (variación altitudinal) y se lo ha trazado para las temperaturas media, máxima y mínima absolutas

Se aclara que, para los datos de temperatura y humedad los valores medios son el promedio de todos los días; las temperaturas min.-máx. absolutas son los valores mínimo-máximo maximorum registradas en algún instante de todo el período en termómetros especiales. Las humedades extremas son datos extremos de alguna de las lecturas del observador.

Con estos datos se ha trazado un gráfico de variación altitudinal de las temperaturas, que permite obtener las temperaturas si se conoce la altitud del sitio.



**Figura No. 3.3**

De los registros de las estaciones se determina que las temperaturas registradas en las estaciones fluctúan entre los 8,6 °C (mínima absoluta en la Est. Quito - Observatorio) hasta los 33,1 °C (máxima absoluta en la Est. Viña del Chespi).

### 3.3.4 HUMEDAD RELATIVA EN LAS ESTACIONES

En términos anuales y mensuales, la humedad relativa media no tiene variaciones notables observando que conforme descendemos en altitud la humedad relativa aumenta en valores no significativos. En cuanto a las humedades máximas y mínimas estas abarcan un rango que va desde los 31 % (mínima en AJ Cubi) hasta el 100 % (máxima detectada en todas las estaciones).

### 3.3.5 EVAPORACIÓN

En la cuenca de estudio se presenta la variación espacial de la evaporación Piche del cual se puede ver que a partir del nivel de la estación Pachijal la evaporación crece desde 450 mm. hasta 1.320 mm. para altitudes del orden de 2.300 m.s.n.m., luego la curva toma una dirección de descenso en sus valores de evaporación.

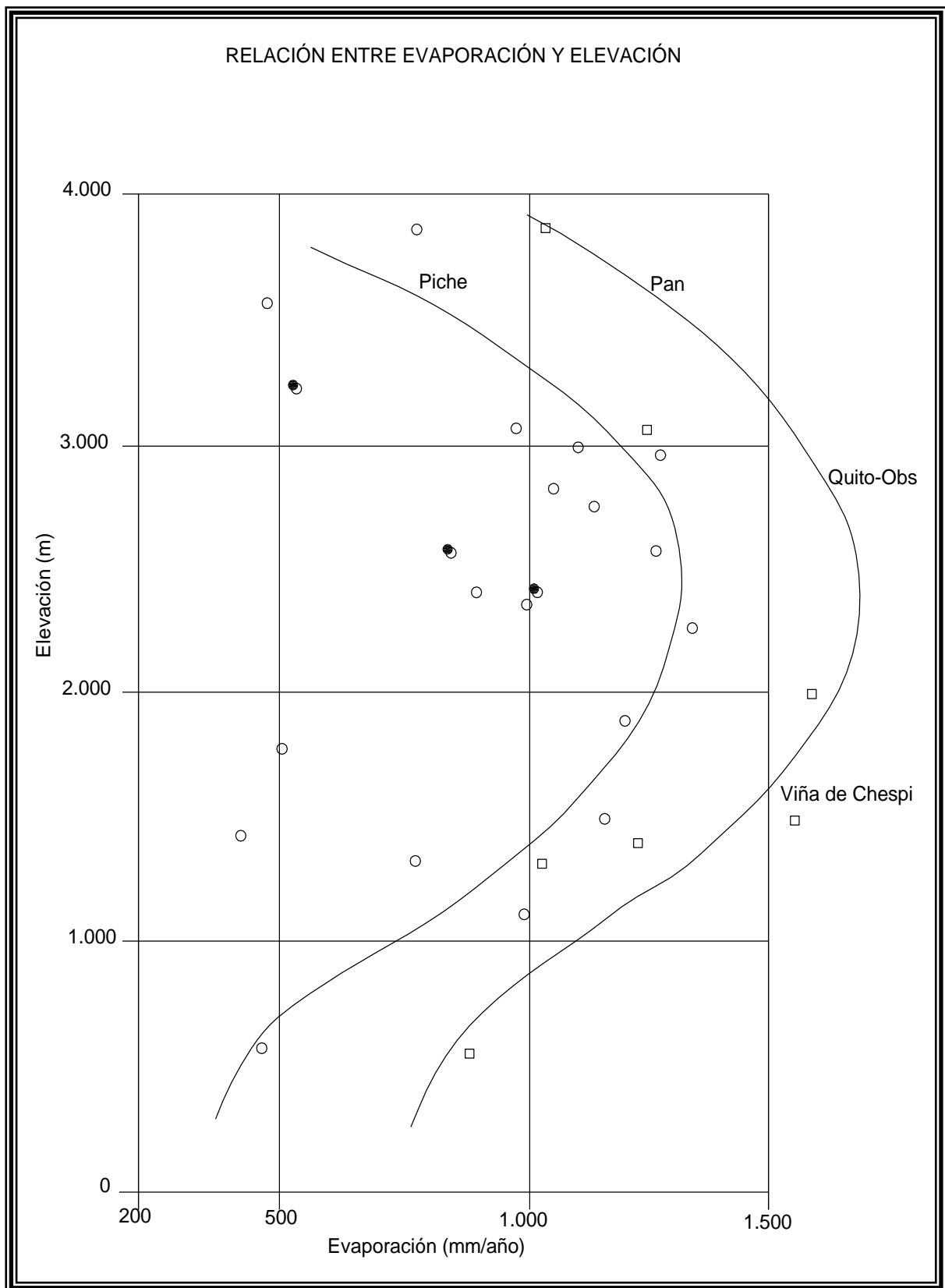
De la información recopilada de temperaturas y evaporación del registro de estaciones se obtienen los siguientes valores:

Sitio	Temperatura Ambiental °C			Evaporación Relativa mm		
	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima
Vinna del Chespi	24,2	25,18	33,1	78	89,7	101,4
Quito - Observatorio	16,1	22,91	30,1	74,3	85,7	97,2

<i>EVAPORACIÓN EN LA BASE DEL PROYECTO (DATOS ACTUALES)</i>
---

<b>SITIO MESES</b>	<b>VIÑA DEL CHESPI 82 ' 89</b>	<b>QUITO OBSERVATORIO ' 83 2003</b>
enero	83,1	79,3
Febrero	78	74,3
Marzo	94,2	90,1
Abril	91,6	87,2
Mayo	95	90,6
Junio	93,2	88,4
Julio	98,8	95,1
Agosto	101,4	97,2
septiembre	94,2	89,6
Octubre	94,1	90,4
noviembre	96,4	92,6
Diciembre	99,4	95,7
<b>TOTAL</b>	<b>1.119,40</b>	<b>1.070,50</b>

Las relaciones entre la evaporación y elevación medidas por los instrumentos Piche y tanque en las estaciones Viña del Chespi y Quito- Observatorio nos arrojan los resultados que a continuación se presentan, y puede observarse que la evaporación es mayor entre la elevación de 2000 a 3000 metros y que disminuye debajo de este rango.



**Figura No. 3.4**

En el libro “Manual de Instrucciones de Estudios Hidrológicos “del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano – San José, Costa Rica se publica el resultado de una investigación realizada en el Ecuador. En la página 160, respecto a la transformación de evaporación de Piche a Tanque, se recomienda utilizar el coeficiente de 1.35 y un coeficiente para embalses de 0.77 para áreas tropicales.

### 3.3.6 VIENTOS EN LOS SITIOS DE OBRA

La velocidad media de los vientos generalmente es baja, fluctúa alrededor de 3m/s, los vientos toman su dirección dependiendo de las formaciones topográficas. Tal es el caso de las estaciones Machachi y Pita (no operativas) cuya mayor frecuencia se orientan en dirección del cauce principal es decir Nor- Este para el curso del río San Pedro y Nor- Oeste para el río Pita.

En la parte central de la cuenca tenemos las estaciones Tumbaco (no operativa), Conocoto y Quito Aeropuerto (operativas) dándonos una dirección Norte.-Sur por efecto de encajonamiento producido por las dos cordilleras. La estación más cercana al sitio de interés es la Viña del Chespi (operativa hasta 1990), podemos decir que a partir de este sitio cambian de dirección orientándose en Sur-Oeste.

En general, el viento está en la dirección del cauce del río y es de sudoeste en las inmediaciones en el sitio del proyecto.

### 3.4 PLUVIOMETRÍA

#### 3.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA RED

En la cuenca de estudio tenemos un total de 72 estaciones tanto internas como externas, además 13 estaciones de escurrimiento aguas abajo de la cuenca del río Guayllabamba ( a 1.500 m) del sitio donde se localiza el proyecto. La clasificación se la realiza considerando a la cuenca de drenaje hasta el sitio de aprovechamiento Chespi, teniendo 37 estaciones meteorológicas internas dándonos una densidad de 1 estación / 115 Km<sup>2</sup>. La ubicación geográfica de las estaciones se da en la figura No. 3.4 y las características generales de de cada una en la tabla No. 3.1, la densidad es aparentemente aceptable, pero se observa que la ubicación de las estaciones se concentra en las partes bajas de la cuenca, quedando sin cobertura las altas elevaciones de las cordilleras y parte del área localizada aguas debajo de la estación limnigráfica Guayllabamba A.J.Cubi. Cabe anotar que varias de las estaciones que se presentan en este documento se encuentran fuera de funcionamiento por falta de mantenimiento.

Esto implica que no se pueda tener una exacta evaluación de la distribución espacial de la lluvia, por lo que el mapa de isoyetas es trazado únicamente para dar una imagen aproximada de la distribución real de la precipitación.

Las estaciones que conforman la red cuentan con 28 estaciones meteorológicas, 35 pluviométricas y 9 pluviográficas. (Estaciones interiores y exteriores).



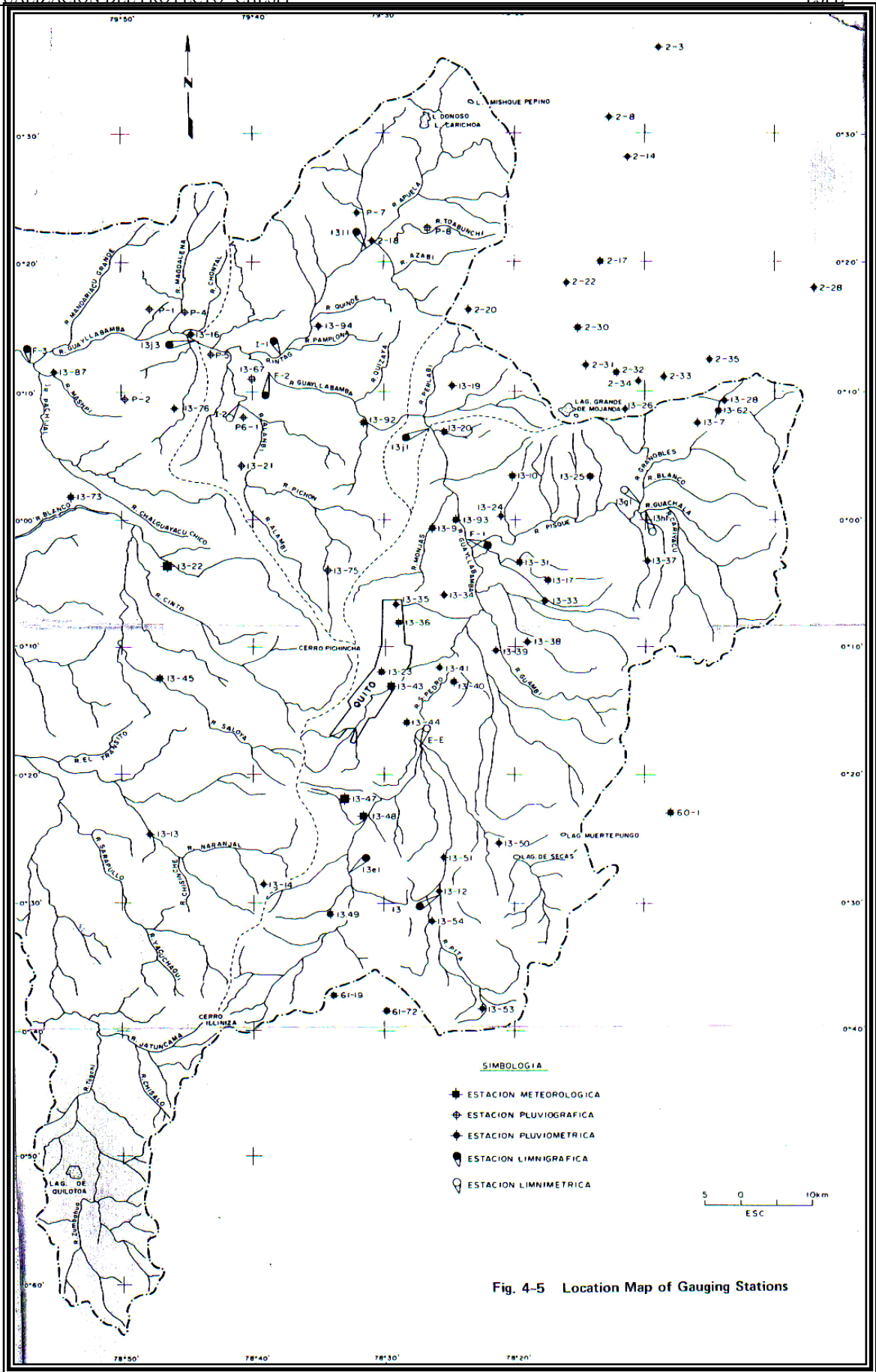


Fig. 4-5 Location Map of Gauging Stations

**Figura No. 3.5**

### 3.4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LLUVIA

#### 3.4.2.1 VARIACIÓN ESPACIAL

La cuenca de drenaje del río Guayllabamba, como ya se indicó que por su localización está sujeta a un régimen de precipitaciones eminentemente orográfico.

Para el trazado de las isoyetas se tomaron las estaciones interiores y exteriores de la cuenca. Debido a la falta de estaciones de control especialmente en las divisorias de las subcuencas, las isoyetas del año medio, no tienen una definición exacta, dándonos tendencias muy generalizadas.

En la figura No. 3.5 que presenta el mapa de isoyetas se observa básicamente el núcleo de precipitaciones bajas que cubre las zonas de Calderón y tramos medio e inferior del río Pisque, si descendemos por el río Guayllabamba observamos un incremento de la precipitación tal que el área baja de la cuenca recibe más de 3.000 mm. de lluvia.

Puede verse también en el mapa de isoyetas que la distribución varía considerablemente entre los sitios. Esto es especialmente prominente en las inmediaciones del sitio del proyecto. Es decir, considerando que la lluvia media anual en el sitio de la presa es aproximadamente 800mm y en la estación de Aforo a 23 Km aguas abajo es aproximadamente 1.600mm, mientras que en el otro lado en la zona aledaña de Calderón, aguas arriba, la lluvia mínima en el área de captación es 500mm.



### 3.4.2.2 LLUVIAS ANUALES EN LAS ESTACIONES Y SITIO DE OBRA

Se caracteriza la distribución anual de lluvias en la cuenca y su magnitud en los sitios de obra, en general de la figura anterior, se deduce:

- Que la tendencia de la distribución anual de lluvias va desde, aproximadamente los 500 mm/año en la zona de Calderón, hasta los 1.600 mm/año en la zona del aprovechamiento (año medio).

### 3.4.2.3 LLUVIAS MENSUALES EN LAS ESTACIONES Y SITIOS DE OBRA

De los registros mensuales de las Estaciones de Aforo Quito Observatorio y Viña del Chespi que se presenta a continuación:

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No. 3.4</b>
---------------------------------------	----------------------

<i>LLUVIA MEDIA MENSUAL</i>
-----------------------------

<b>SITIO</b>	<b>QUITO OBSERVAT.</b>	<b>VIÑA DEL CHESPI</b>
<b>MESES</b>	<b>1980 2000</b>	<b>80 '90</b>
enero	91,5	97,3
Febrero	124,1	117,3
Marzo	136,7	127,1
Abril	98,5	117,4
Mayo	69,8	64,9
Junio	22,6	17,6
Julio	10,3	12,2
Agosto	13,5	13,2
septiembre	27,1	30,7
Octubre	73,2	59,9
noviembre	48,4	70,9
Diciembre	75,2	91,6
<b>TOTAL</b>	<b>790,9</b>	<b>820,1</b>

De donde se deduce que:

- La estación más húmeda va de octubre hasta abril y la estación seca va de julio a agosto.
- Los meses de mayo, junio y septiembre son meses de transición.
- Los porcentajes de precipitaciones son 74.6% de octubre – abril y solo 4.9% del total anual durante julio y agosto.
- La distribución de la precipitación no es uniforme y difiere según el tiempo, dentro de la estación húmeda los meses de octubre, marzo y abril son los de mayor porcentaje mensual.
- La lluvia anual en esta área del proyecto se estima para 1.116 mm.

Para los sitios de obra (toma y casa de máquinas), se generan pluviogramas mensuales. Se utilizan las lluvias mensuales del cuadro dado anterior y se deduce los siguientes rangos de lluvias mensuales para el año medio:

Sitio	Lluvia Mensual mm/mes (Año medio)	
	Mes Seco	Mes Húmedo
Vinna del Chespi	12,2	127,1
Quito - Observatorio	10,3	136,7

Correspondientemente, se pueden obtener los valores de un año húmedo ó seco de los mismos cuadros.

#### 3.4.2.4 LLUVIAS DIARIAS EN LAS ESTACIONES Y SITIOS DE OBRA

Se han procesado probabilísticamente las lluvias máximas diarias para las estaciones Viña del Chespi, (la más cercana a las obras) y Quito – Observatorio (con las distribuciones de probabilidad Gumbel, Log-

Normal, Pearson Tipo III y Log Pearson Tipo III). Los resultados con la distribución Pearson Tipo III se dan para 24 horas.

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI** **TABLA No. 3.5**

**INTENSIDADES DE LLUVIA EN LAS ESTACIONES CERCANAS AL APROVECHAMIENTO**

<b>ESTACIÓN VIÑA DEL CHESPI</b>								
T (años)	Lluvia en mm / hora							
	5'	15'	30'	60'	120'	360'	720'	24 h
5	187	111	66	43	28,7	17,1	6,65	3,67
10	123	124	77	53	33,9	19,5	7,53	4,23
20	136	134	88	63	38,7	21,6	8,3	4,73
50	148	145	101	76	45	24,2	9,22	5,53
100	151	153	111	87	49,6	26,0	9,87	5,79

Calculado con el registro histórico 1963-1990

<b>ESTACIÓN QUITO OBSERVATORIO</b>								
T (años)	Lluvia en mm / hora							
	5'	15'	30'	60'	120'	360'	720'	24 h
5	130	106	71	53	30,8	19,2	9,67	5,33
10	125	118	78	58	33,7	21	10,55	5,88
20	112	129	84	62	36,3	22,6	11,28	6,33
50	150	143	92	67	39,4	24,4	12,1	6,82
100	162	153	96	70	41,6	25,7	12,36	7,15

Calculado con el registro histórico 1963-2000

De donde se obtiene:

Estación	P24 mm/día		
	T5	T10	T20
Vinna del Chespi	65	70	74
Quito - Observatorio	65	72	78

- Para las condiciones de un año medio (Período 1978-1990):

- ✓ El 45 % de días del año, la lluvia es igual o mayor que 4,5 mm/día. O, lo que es lo mismo, que el 55 % de días del año, la lluvia es menor a 4,5 mm/día.
- ✓ También que, prácticamente, el 32% de los días del año no llueve.

Para estos mismos sitios, el constructor, utilizando los datos disponibles y sus propias apreciaciones, podrá deducir lo que considere apropiado para la programación de sus trabajos, según que presuma que le acontecerá un año medio, un húmedo ó un seco, etc.

Los datos hidrológicos que tienen una relación directa con el proyecto fueron tomados de las estaciones de medición que se encuentran en la corriente principal, estos son A.J. Cubi y D. J. Alambí.

#### 3.4.2.5 TENDENCIA A LARGO PLAZO

El estudio presentado toma en cuenta a la estación Quito – Observatorio que caracteriza al régimen prevaleciente en la cuenca localizada aguas arriba de la estación A.J. Cubi y la utilizan para obtener la media móvil para cada 5 años, a continuación se presenta una actualización de los principales parámetros estadísticos con 17 años más de información.

Período	Estación Quito- Observatorio			
	AÑOS	MEDIA	Desv. Estandar	Coef. Var.
1891 - 1982	92	1228.4	216.5	0.18
1982 - 2000	18	205.8	205.8	0.17

Estos valores indican claramente que el régimen de precipitación permanece estable durante los últimos 90 años, por lo que el periodo de 1982 – 2000 es

representativo, su media es ligeramente inferior a la del periodo largo así como el coeficiente de variación es equivalente.

Se puede concluir que en la cuenca hasta la estación Guayllabamba D. J. Alambí existen dos regiones, la una hasta aproximadamente A. J. Cubi y la otra entre las estaciones D. J. Alambí y A. J. Cubi, la diferencia se debe al patrón de precipitaciones en la temporada lluviosa y a la duración de la misma.

#### 3.4.2.6 LLUVIA EN LA ZONA DE APROVECHAMIENTO

La estación más cercana al sitio de la Presa es la Viña del Chespi ubicada en la cota 1490 m.s.n.m. a 4.0 Km aproximadamente del sitio de la Presa por lo que se considera un buen indicador de las condiciones prevalecientes en el sitio del Proyecto, lamentablemente la estación dejó de funcionar en 1990.

A continuación se presentan valores más representativos hasta la fecha indicada de la estación Viña del Chespi.

Sitio Chespi	Mínimo	Medio	Máximo
D. Existentes	546	813	1355
D. Actuales	550.7	820.1	1367

### 3.5 HIDROMETRÍA

#### 3.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA RED

La valoración del recurso hídrico se basa en registros de estaciones hidrométricas de la cuenca del Guayllabamba, las estaciones principales



son: DJ Alambí, AJ Cubi, y Viña del Chespi, esta última funcionó desde 1978 hasta 1990, actualmente ya no está operativa.

La cuenca del río Guayllabamba hasta la estación Hidrológica Guayllabamba D.J. Pachijal tiene 13 estaciones, las mismas que controlan a los tributarios más importantes de la cuenca. Para el estudio del esquema Chespi se ha considerado que la estación Guayllabamba A.J. Cubi es la base para el estudio, por su registro más o menos largo y completo y además controla el 56% de área del citado esquema (4364 Km<sup>2</sup>).

La estación Guayllabamba D.J. Alambí constituye un apoyo para la determinación de los parámetros hidrológicos necesarios para el esquema en estudio. Las estaciones restantes son de interés solo para el régimen hidrológico del río Guayllabamba.

### 3.5.2 REGISTROS DISPONIBLES

Las estaciones Guayllabamba A. J. Cubi, Guayllabamba D. J. Alambí son las que constituyen los controles básicos para el esquema Chespi.

La estación Guayllabamba A. J. Cubi comienza sus registros prácticamente en mayo de 1964, se actualizó los registros de niveles hasta diciembre de 1983 y se tomaron en cuenta los aforos realizados hasta marzo de 1984 (información INAMHI). Sus registros son los más completos teniendo solamente un 11% de datos faltantes e información de caudales medios mensuales hasta el 2001. La mayoría de información es limnigráfica, por esta razón y por estar cerca del sitio de aprovechamiento es la estación clave para los estudios del esquema Chespi.

La estación Guayllabamba D.J. Alambí inicia sus registros en enero de 1966, se pudo obtener niveles hasta diciembre de 1982 y los aforos se tomaron en cuenta hasta junio de 1983, los registros de niveles tienen un 18% de datos faltantes e información de caudales medios mensuales hasta el 2001, un buen porcentaje constituye niveles limnimétricos, esta estación sirvió de comprobación y apoyo para la obtención de los parámetros hidrológicos en el sitio de aprovechamiento.

Para usar la información disponible con mayor efectividad y utilizando el estudio de correlaciones realizado en el informe de agosto de 1984 se procedió al relleno de estadísticas, así a base de la estación Guayllabamba A.J. Cubi se relleno y extendió la estadística del Guayllabamba D.J. Alambí, teniéndose en cuenta un periodo común de 1964 – 1983(existente) y un periodo 1883 – 2001 (actual), concluyendo que en general las estadísticas son confiables.

### 3.5.3 CURVAS DE DESCARGA LIQUIDA EN LAS ESTACIONES

Las estaciones presentan ciertas particularidades en cuanto al funcionamiento hidráulico de las secciones de aforo-nivel y a la cobertura espacial-temporal de los aforos y a su precisión, que sin embargo no invalidan su utilización. Aquellas particularidades y que en forma muy sucinta tienen que ver con:

- Que no cubren homogéneamente el rango registrado de variación de niveles (cobertura espacial) y, tampoco se distribuyen adecuadamente en el tiempo (cobertura temporal).

Sin embargo, es la mejor información que se dispone para la cuenca. Con el aforo realizado se verifica datos y se amplía la información.

- El funcionamiento hidráulico del tramo de río en las estaciones (flujos transversales, lecho móvil, turbiedad, etc.) hace que no se haya podido medir correctamente las velocidades y que el aforo realizado no sea suficiente para los análisis. De hecho, los problemas hidráulicos de flujos turbulentos, transversales, remansos, oleajes, etc. son bastante similares en las tres secciones de aforo.

Los informes a que se hizo referencia arriba, consideran que hay un cierto grado de afectación en el aforo debido a éstos factores, pero que no es posible cuantificar su magnitud para corregirlos objetivamente, por lo que las curvas se han trazado con la tendencia de envolventes superiores y con un punto de extrapolación que minimice el peso que tiene el aforo más alto, de manera que se disminuya la sobrestimación de los caudales.

Para este estudio se procedió a actualizar las curvas de descarga en las dos estaciones básicas, se considero las ecuaciones estudiadas en informes anteriores y las realizadas en el Plan Maestro, aceptándose a las mismas hasta cierto periodo de validez (1986).

#### **Curvas de descarga en la Estación de Medición AJ Cubi (más completa con un 11% de datos faltantes)**

- Estación de Medición Guayllabamba A.J. Cubi, el Cuadro siguiente contiene las ecuaciones de las curvas para el período entre 1986 y 2001

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No. 3.6</b>
---------------------------------------	----------------------

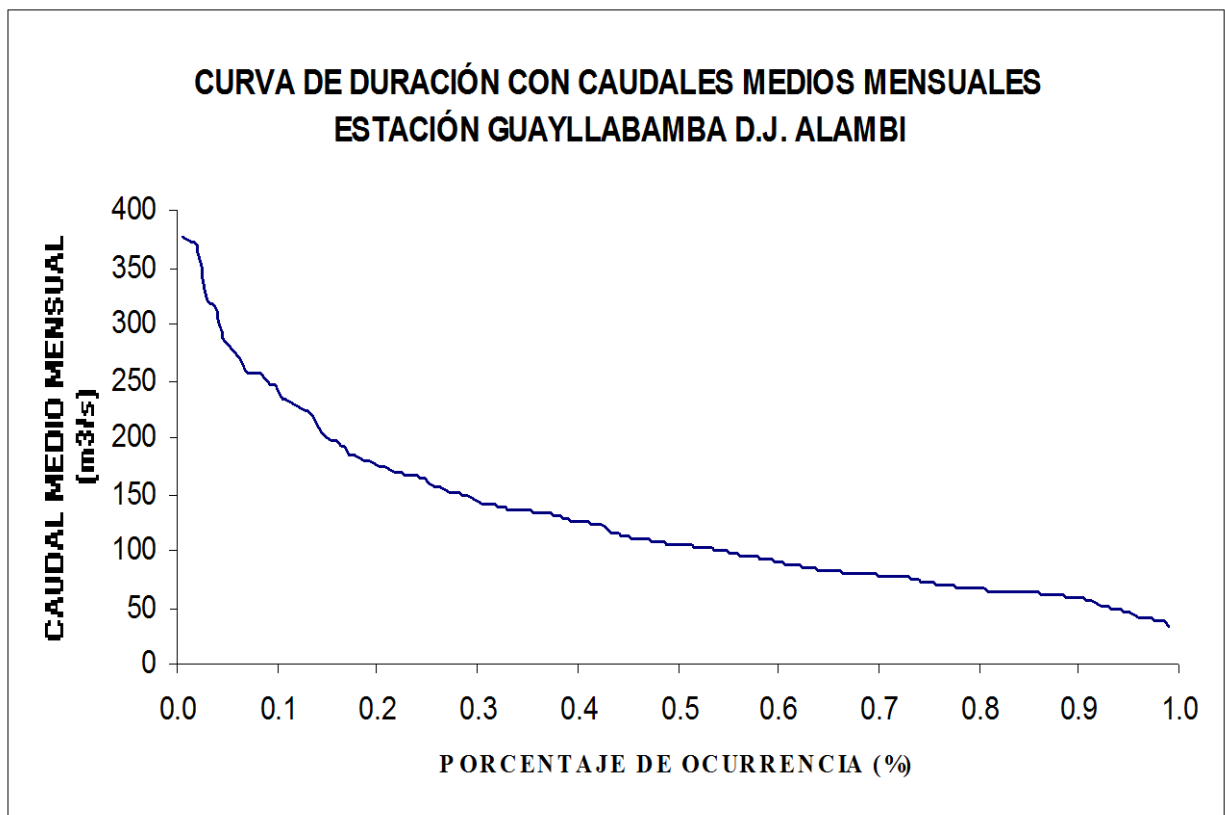
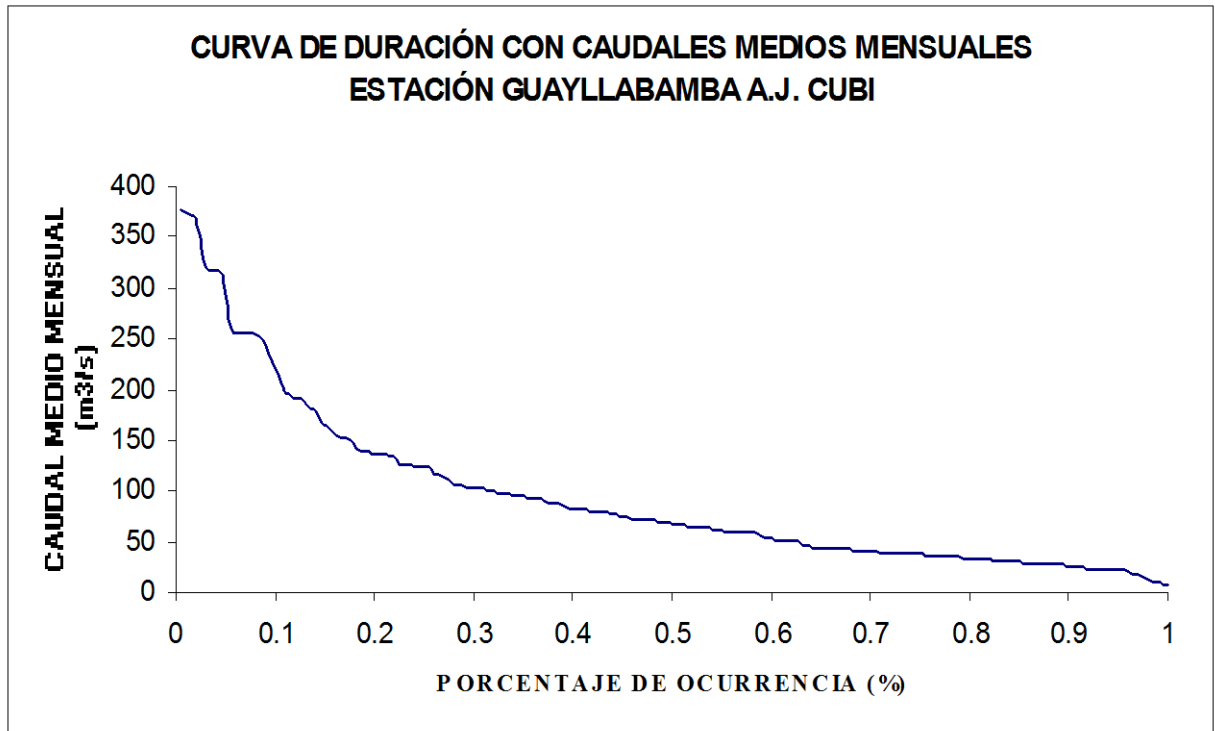
<i>RESUMEN DE ARCHIVOS DE CRECIDAS EST. A.J. CUBI</i>
---

Año	H máx.	Ecuación	Q máx.
1986	3,03	$Q = 15,9 (h + 0,22)^{2.25}$	321,14
1987	3,42	$Q = 15,9 (h + 0,22)^{2.26}$	428,75
1988	2,83	$Q = 15,9 (h + 0,22)^{2.27}$	274,27
1989	2,88	$Q = 15,9 (h + 0,22)^{2.28}$	284,69
1990	2,76	$Q = 18,9 (h + 0,30)^{2.51}$	314,34
1991	2,97	$Q = 18,9 (h + 0,30)^{2.52}$	369,81
1992	3,59	$Q = 18,9 (h + 0,30)^{2.53}$	571,79
1993	3,14	$Q = 18,9 (h + 0,30)^{2.54}$	419,98
1994	3,6	$Q = 18,9 (h + 0,30)^{2.55}$	575,48
1995	2,74	$Q = 18,9 (h + 0,30)^{2.56}$	307,95
1996			
1997	3,73	$Q = 39,9 (h - 0,10)^{1.86}$	626,8
1998	4,48	$Q = 17,1 (h + 0,45)^{2.46}$	622,46
1999	2,24	$Q = 30,1 (h + 0,10)^{2.09}$	195,07
2000	3,13	$Q = 15,5 (h + 0,40)^{2.39}$	348,98
2001	2,99	$Q = 18,5 (h + 0,40)^{2.26}$	286,75

### 3.5.4 CURVAS DE DURACIÓN GENERAL EN LAS ESTACIONES

Estas curvas se trazan a nivel diario con las series registradas en los sitios de las 2 estaciones básicas, y a nivel mensual con las series uniformizadas al periodo 1986 – 2001.

Para el presente estudio las curvas de duración se han trazado a nivel mensual con los datos de las estaciones Guayllabamba A.J. Cubi y Guayllabamba D.J. Alambí. A continuación se muestran las curvas de duración con caudales medios de las estaciones mencionadas.



**Figura No. 3.7**

### 3.6 CAUDALES E HIDROGRAMAS

#### 3.6.1 CAUDALES EN LAS ESTACIONES FLUIVOMÉTRICAS

De la información recopilada del INAMHI se obtuvo caudales medios mensuales actualizados en las estaciones básicas Guayllabamba A.J. Cubi y Guayllabamba D.J. Alambí (Tabla No. 3.7 y 3.8), con falta de datos debido a que las estaciones dejaron de funcionar en periodos de un año, o por el mal funcionamiento del limnógrafo.

Con los datos obtenidos se procedió a rellenar los datos faltantes y se extendió el periodo común 1964 – 2001 de acuerdo al estudio de correlaciones mencionado. De donde se deduce que los valores de los caudales comienzan a subir en octubre, alcanzan el nivel más alto entre febrero y mayo para luego descender. Los meses que están en el núcleo de la estación húmeda componen cada uno el 10% del total anual, mientras que los meses de la estación seca llevan cada uno cerca del 5% del total anual, esta consideración hace que los caudales estén uniformemente distribuidos.

Sin embargo el patrón de escurrimiento puede variar drásticamente de un año a otro, puede ser que en un año no exista realmente estación húmeda y los caudales permanezcan estables excepto en agosto y septiembre, o que la estación lluviosa ocurra en cualquier mes entre noviembre a julio, o también puede suceder que el temporal lluvioso permanezca varios meses del año, en todo caso los caudales son siempre los más bajos en agosto y septiembre.

A continuación se presentan los Caudales Medios Mensuales y Anuales actualizados con un periodo comprendido entre 1984 al 2001 de las estaciones más representativas que además son las que contienen información actual con un

porcentaje muy bajo de datos faltantes, estas estaciones son Guayllabamba A.J. Cubi y Guayllabamba D.J. Alambí.

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No. 3.7**

CAUDAL MEDIO MENSUAL EN ESTACIÓN D.J. ALAMBI

SERIE DE DATOS HIDROLÓGICOS

PERIODO 1984 - 2001

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1984	147,76	277,04	231,25	310,70	221,42	167,94	108,23	76,89	108,08	129,98	110,15	119,30	2008,74	167,39
1985	180,97	140,02	123,73	150,17	170,17	109,96	85,57	69,34	63,21	61,46	51,14	82,75	1288,47	107,37
1986	146,36	180,31	275,25	227,88	169,83	103,30	82,67	48,45	52,55	64,67	76,29	69,27	1496,82	124,74
1987	110,20	104,37	137,81	111,68	184,04	93,63	66,63	48,84	55,60	63,73	46,88	41,26	1064,65	88,72
1988	90,01	96,74	78,20	174,99	151,33	106,32	105,64	66,67	73,52	64,58	164,85	99,87	1272,71	106,06
1989	236,90	283,05	259,66	175,62	226,61	126,91	95,31	61,47	61,58	85,46	66,28	79,67	1758,49	146,54
1990	157,31	132,01	133,08	171,06	135,08	83,17	65,41	59,49	42,07	70,17	44,67	59,46	1152,97	96,08
1991	77,71	78,98	166,93	134,00	135,62	89,69	80,16	65,16	48,21	38,45	52,73	75,96	978,44	88,95
1992	62,07	88,41	95,29	132,51	104,06	77,66	64,23	62,14	64,54	57,31	42,08	39,28	889,57	74,13
1993	103,08	155,37	133,46	143,03	135,95	125,83	113,65	80,60	39,08	63,01	102,38	105,25	1300,69	108,39
1994	214,03	255,97	340,60	368,53	223,36	123,66	86,86	81,55	64,04	72,58	93,30	125,15	2049,61	170,80
1995	124,36	110,38	135,21	205,21	140,55	123,66	93,22	86,53	66,78	88,41	149,72	98,98	1423,01	118,58
1996	127,29	246,69	316,98	201,09	252,28	197,64	139,90	102,97	82,03	78,01	64,51	58,97	1868,36	155,70
1997	153,24	151,50	179,61	196,97	166,91	138,06	100,69	67,57	85,79	79,85	185,08	159,58	1664,85	138,74
1998	104,05	127,41	136,77	287,42	269,10	164,79	96,90	32,18	78,50	69,02	115,04	116,31	1597,50	133,12
2000	234,06	255,63	373,76	377,87	371,30	191,52	93,12	64,35	71,21	58,18	45,00	73,03	2209,04	184,09
2001	106,56	191,52	255,27	247,09	320,20	178,15	95,01	48,26	74,86	63,60	80,02	94,67	1755,21	146,27
suma	1166,66	1494,48	1871,66	2027,22	1879,66	1243,30	819,34	564,02	562,28	572,66	835,06	831,94	13868,2	1155,69
media	145,83	186,81	233,96	253,40	234,96	155,41	102,42	70,50	70,29	71,58	104,38	103,99	1733,53	144,46
mínim	103,08	110,38	133,46	143,03	135,95	123,66	86,86	32,18	39,08	58,18	45,00	58,97	1069,84	89,15
maxim	234,06	255,97	373,76	377,87	371,30	197,64	139,90	102,97	85,79	88,41	185,08	159,58	2572,33	214,36
ampli	174.830	291.635	295.564	294.297	287.097	167.368	96.363	73.923	103.615	91.532	151.222	269.834		376.925



**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No. 3.8**

CAUDAL MEDIO MENSUAL EN ESTACIÓN A.J. CUBI

SERIE DE DATOS HIDROLÓGICOS

PERIODO 1984 - 2001

<b>AÑOS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
1984	50,52	73,54	59,42	83,46	72,74	60,17	45,36	34,26	50,84	55,01	50,56	43,00	678,89	56,57
1985	37,55	29,94	33,07	36,52	46,14	38,29	37,50	41,08	33,15	30,23	25,42	28,58	417,46	34,79
1986	35,11	37,52	79,94	60278,0	43,98	35,92	39,62	22,11	24,03	35,84	44,77	29,39	60706,2	5058,85
1987	33,61	38,82	43,68	50,67	65,37	28,29	35,25	29,23	23,56	34,96	25,96	23,09	432,50	36,04
1988	22,24	23,04	25,45	57,26	44,47	38,94	52,98	24238,0	26,90	33,07	44,27	61,39	24667,9	2055,67
1989	27,93	30,65	68,29	42,15	58,29	51,75	41,07	19,78	22,84	31,17	33,90	31,78	459,57	38,30
1991	28,56	38,26	59,14	43,44	31,68	34,90	70,66	16,37	18,78	27,37	41,84	40,46	451,45	37,62
1992	29,20	96,81	96,30	93,24	83,81	18,05	100,25	12,97	11,35	8,62	10,02	8,88	569,50	47,46
1993	103,08	155,37	133,46	143,03	135,95	125,83	113,65	80,60	39,08	63,01	102,38	105,25	1300,69	108,39
1994	214,03	255,97	340,60	368,53	223,36	123,66	86,86	81,55	64,04	72,58	93,30	125,15	2049,61	170,80
1995	124,36	110,38	135,21	255,78	140,55	123,66	93,22	86,53	66,78	88,41	149,72	98,98	1473,58	122,80
1996	127,29	246,69	316,98	312,15	252,73	197,64	139,90	102,97	82,03	78,01	64,51	58,97	1979,87	164,99
1997	153,24	151,50	179,61	196,97	166,91	138,06	100,69	74,43	85,79	79,85	185,08	159,58	1671,71	139,31
1998	104,05	127,41	136,77	254,56	269,10	164,79	96,90	69,39	78,50	69,02	115,04	116,31	1601,86	133,49
2000	234,06	255,63	373,76	377,87	371,30	191,52	93,12	64,35	71,21	58,18	45,00	73,03	2209,04	184,09
2001	106,56	191,52	255,27	316,22	320,20	178,15	95,01	66,87	74,86	63,60	80,02	94,67	1842,95	153,58
suma	1195,86	1591,29	1967,96	2318,36	1963,92	1261,35	919,59	639,67	573,63	581,28	845,08	840,81	14698,8	1224,90
media	136,16	174,97	214,09	250,27	205,46	135,40	103,07	71,60	62,35	64,71	95,63	93,27	1606,98	133,92
minim	29,20	96,81	96,30	93,24	83,81	18,05	86,86	12,97	11,35	8,62	10,02	8,88	556,10	46,34
maxi	234,06	255,97	373,76	377,87	371,30	197,64	139,90	102,97	85,79	88,41	185,08	159,58	2572,33	214,36
ampli	77.753	86.900	82.731	74.383	70.950	81.526	75.158	134.918	141.891	134.257	183.969	152.291	2879.2	185.375

### 3.6.2 CAUDALES DE LA CUENCA INTERMEDIA ENTRE LAS DOS ESTACIONES DEL GUAYLLABAMBA

Con estas series preliminares del Guayllabamba, DJ Alambí y AJ Cubi, se establece su diferencia para el período 1984-2001, lo que permite obtener con bastante certidumbre el recurso diario de la cuenca intermedia entre ambas estaciones (área de drenaje Est. Guayllabamba A.J. Cubi = 4.364 km<sup>2</sup> y Est. Guayllabamba D.J. Alambí = 6.808 km<sup>2</sup>). Se lo considera así porque: en ambas estaciones se han utilizado los mismos equipos de medición / el personal de hidrometristas de campo, han sido durante muchos años los mismos / se han utilizado similares criterios en la definición de las curvas / características similares de flujo existen en las estaciones; todo lo cual hace suponer, que cualquier error sistemático afecta similarmente a ambas estaciones y, dado que tendría el mismo signo, entonces las incertidumbres para el caudal intermedio, entre estaciones, tenderían a minimizarse.

Entonces tenemos como datos Caudal anual medio estimado en el estudio de factibilidad de JICA, 1986 de 58.10 m<sup>3</sup>/s y el Caudal medio para la cuenca del Guayllabamba [Inf. Del gráfico realizado con la información actual] de 41.12 m<sup>3</sup>/s.

### 3.6.3 CAUDALES EN EL SITIO DE APROVECHAMIENTO

El sitio de la Presa se encuentra a 6 Km aguas debajo de la estación de control A.J. Cubi y a 32 Km aguas arriba de D. J. Alambí, situación que nos permitió generar caudales a nivel mensual en dicho sitio.

La toma está ubicada aproximadamente en la cota 1.453 msnm; Para la transposición se determina algún coeficiente, el coeficiente se lo cuantifica como sigue:

*(\*) Coeficiente en función de áreas de drenaje y lluvias anuales medias.*

A1=Área de drenaje del Guayllabamba Est. D.J Alambí 6.808 km<sup>2</sup>

A2 = Área de drenaje del Guayllabamba Est. AJ Cubi 4.364 km<sup>2</sup>

P1 = Lluvia areal del año medio para la cuenca del Guayllabamba (Inf. EX-INECEL-Electroconsult / 1988) 1.070 mm/año.

P.D. = Lluvia areal año medio para la cuenca del Guayllabamba (Inf. EX-INECEL-Electroconsult / 1988) 1.083 mm/año.

$$\text{Coef (1)} = (A2 * P2) / (A1 * P1) = (4.364 * 1.083) / (6.808 * 1.070) = 0.63$$

Coeficiente de transferencia del caudal medio desde la cuenca del Guayllabamba a la del Peralbí.

*(\*) Coeficiente en función de las áreas de drenaje y escorrentías netas*

E1 = Escorrentía neta del año medio para la cuenca del Guayllabamba [calculada de la Lámina No 4/7, Inf. EX-INECEL-Electroconsult / 1988] 1 900 mm/año

E2 = Escorrentía neta del año medio para la cuenca del Peralbí [calculada de la Lámina No 4/7, Inf. EX-INECEL-Electroconsult / 1988] 1 800 mm/año

$$\text{Coef (2)} = (A2 * E2) / (A1 * E1) = (4.364 * 1800) / (6.808 * 1900) = 0.67$$

*(\*) Coeficiente en función de evaluaciones anteriores*

Q2 = Caudal anual medio estimado preliminarmente en el estudio de factibilidad de JICA, 1986 = 58.10 m<sup>3</sup>/s

Q1 = Caudal anual medio para la cuenca del Guayllabamba [Inf. Del gráfico realizado con la información actual] = 41.12 m<sup>3</sup>/s.

$$\text{Coef (3)} = (Q2)/(Q1) = 1.407$$

### **Caudales en la toma**

Se asume el promedio de los tres coeficientes como “**Coficiente de transposición**”:  $(0,63+0,676+1.407)/3 = 0,91$

Este coeficiente es multiplicado por el caudal anual medio del Guayllabamba para obtener el “**caudal anual medio del Guayllabamba Q2 = 41.12/s**”.

El coeficiente se lo ha desagregado en función de la estacionalidad detectada en el Guayllabamba para las estaciones seca y húmeda, así:

(\*) Para la época menos húmeda (junio, julio, agosto, septiembre) el coeficiente se lo pondera en función del caudal medio de aquellos meses con respecto al caudal medio de todo el período:

$$\text{Coef (1)} = [(10.8 + 13.8 + 16.5 + 30.5) / 4] / 68.25 * .705 = 0.185$$

*Coeficiente (1) = 0.185*

(\*) Para la época más húmeda (octubre hasta mayo) el coeficiente se lo pondera en función del caudal medio de aquellos meses con respecto al caudal medio de todo el período:

$$\text{Coef (2)} = \left[ \frac{(47.3 + 92.4 + 100.9 + 99.8 + 112.6 + 104.5 + 134.2 + 55.8)}{8} \right] / 68.25 * 0.705 = 0.96$$

*Coeficiente (2) = 0,96*

Los caudales diarios hasta el sitio de toma se los obtiene multiplicando las series del Guayllabamba (por estaciones) por los dos coeficientes indicados arriba. El Cuadro a continuación suministra la tabla mensual de caudal del Guayllabamba.

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No. 3.9**CAUDAL MEDIO MENSUAL Y ANUAL CUENCA DEL GUAYLLABAMBA (m<sup>3</sup>/s)

PERIODO 1984 – 2001

<b>AÑOS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ANUAL</b>
1984	147,48	277,04	231,25	310,70	221,42	167,94	108,23	76,89	108,08	129,98	110,15	119,30	167,37
1985	180,97	140,02	123,73	150,17	170,17	109,96	85,57	69,34	63,21	61,46	51,14	82746,0	6995,98
1986	146,36	180,31	275,25	227,88	169,83	103,30	82,67	48,45	52,55	64,67	76,29	69267,0	5891,21
1987	110,20	104,37	137,81	111,68	184,04	93,63	66,63	48,84	55,60	63,73	46,88	41258,0	3523,45
1988	90,01	96,74	78,20	174,99	151,33	106,32	105,36	66,67	73,52	64,58	164,85	99,87	106,04
1989	236,90	283,05	259,66	175,62	226,61	126,91	95,31	61,47	61,58	85,46	66,28	79,67	146,54
1990	157,31	132,01	133,08	171,06	135,08	83,17	65,41	59,49	42,07	70,17	44,67	59,46	96,08
1991	77,71	78,98	166,93	134,00	135,62	89,69	80,16	60,82	48,21	38,45	52,73	75,96	86,60
1992	62,07	88,41	95,29	132,51	104,06	77,66	64,23	62,14	64,54	57,31	42,08	39,28	74,13
1993	103,08	155,37	133,46	143,03	135,95	125,83	113,65	80,60	39,08	63,01	102,38	105,25	108,39
1994	214,03	255,97	340,60	368,53	223,36	123,66	86,86	81,55	64,04	72,58	93,30	125,15	170,80
1995	124,36	110,38	135,21	205,21	140,55	123,66	93,22	86,53	66,78	88,41	149,72	98,98	118,58
1996	127,29	246,69	316,98	201,09	252,73	197,64	139,90	102,97	82,03	78,01	64,51	58,97	155,73
1997	153,24	151,50	179,61	196,97	166,91	138,06	100,69	74,43	85,79	79,85	185,08	159,58	139,31
1998	104,05	127,41	136,77	287,42	269,10	164,79	96,90	69,39	78,50	69,02	115,04	116,31	136,23
2000	234,06	255,63	373,76	377,87	371,30	191,52	93,12	64,35	71,21	58,18	45,00	73,03	184,09
2001	106,56	139,46	158,19	242,20	218,01	151,42	98,79	71,91	82,14	74,43	150,06	137,94	135,93
<b>Q medio</b>	135,67	161,88	182,92	199,39	179,12	122,15	92,32	69,97	65,70	72,44	91,01	129,60	119,44
<b>Q mín.</b>	62,07	78,98	95,29	132,51	104,06	77,66	64,23	60,82	39,08	38,45	42,08	39,28	69,54
<b>Q máx.</b>	214,03	255,97	340,60	368,53	269,10	197,64	139,90	102,97	85,79	88,41	185,08	159,58	200,63

Para una cuenca como la del Guayllabamba se puede obtener una razonable precisión en la cuantificación del caudal medio, sin embargo puede haber alguna incertidumbre en cuanto a la distribución de la curva de duración general (sobre todo si no se dispone de registros en otra cuenca con una magnitud en área de drenaje y con cobertura vegetal y pendientes semejantes a la del Guayllabamba, como en el presente caso).

#### 3.6.4 HIDROGRAMAS EN EL SITIO DE APROVECHAMIENTO

En los gráficos No. 3.18 y 3.22 se presentan los hidrogramas mensuales de las estaciones cercanas al sitio de aprovechamiento, notándose que el patrón de escurrimiento es similar entre las estaciones consideradas claves para el presente estudio.

#### 3.6.5 RELACIÓN LLUVIAS - ESCURRIMIENTO

Tanto para lluvias como caudales las estaciones han operado durante el mismo tiempo; la red de estaciones existentes y actualmente en funcionamiento no permiten tener la altura media real de precipitación ni la ecuación del balance hídrico, sin embargo la relación lluvia-escurrimiento hacen posible la derivación de parámetros aproximados para el coeficiente de escurrimiento con el fin de controlar las dos series de lluvia y caudales.

El mapa de isoyetas permite extraer los siguientes valores de precipitación anual:

- Guayllabamba A.J.Cubi            P = 1122 mm.
- Guayllabamba D.J. Alambí        P = 1262 mm.
- Aprovechamiento Chespi         P = 1119 mm.

Estos valores combinados con la correspondiente esorrentía media anual conducen a los siguientes coeficientes.

- Guayllabamba A.J.Cubi            e = 0.39
- Guayllabamba D.J. Alambí        e = 0.48
- Aprovechamiento Chespi         e = 0.36

### 3.7 CRECIDAS Y AFORO EN LA CUENCA DEL GUAYLLABAMBA

#### 3.7.1 GENERALIDADES

La estimación de los caudales de crecida para el aprovechamiento Chespi, ha tomado como base la estación hidrométrica Río Guayllabamba A.J. Cubi, ubicada a 6 Km aguas arriba de la presa de derivación, con un incremento de 6% de área, considerando que no existen afluentes que puedan alterar en gran medida las estimaciones asumidas en la estación antes mencionada, así como el Informe Hidrológico de Factibilidad de 1986, en el cual se ha realizado un análisis de la información estadística registrada.

#### 3.7.2 INFORMACIÓN DISPONIBLE

En este estudio se verifican y ajustan los valores de crecida adoptados en informes hidrológicos anteriores.

Se debe enfatizar que en este análisis se utiliza una información hidrometereológica más completa y actualizada en longitud de registros como en cobertura espacial de la información, teniendo un incremento desde el año 1983 a 2001.



### 3.7.3 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Consecuentemente, se ha estudiado las características más importantes de las crecidas tales como:

- Caudales máximos en las estaciones hidrométricas, Río Guayllabamba A. J. Cubi y Río Guayllabamba D.J. Alambí, ver tablas No. 3.7 y 3.8.
- Lluvias máximas diarias para las estaciones pluviográficas dentro de la cuenca, Quito –Observatorio, Viña del Chespi ( se ha tomado solo estas dos estaciones por ser las que tienen mayor cantidad de información, las demás estaciones se encuentran cerradas)

El análisis considera los criterios de la hidrología probabilística y determinística que en breves lineamientos consiste en:

- ✓ Definición del periodo de retorno de las crecidas de diseño.
- ✓ Análisis de frecuencias aplicado a los caudales máximos diarios e instantáneos y a las lluvias máximas.
- ✓ Determinación del Hidrograma Unitario.

### 3.7.4 CAUDAL ESPECÍFICO EN LA CUENCA AFORADA

Para tener en cuenta el poder concentrador de crecidas de una cuenca alargada como la del Guayllabamba, en el siguiente cuadro dan a conocer los datos obtenidos del aforo.

**INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA 05/17/06**

**CALCULO DE AFOROS**

**ESTACIÓN:** H145 GUAYLLABAMBA AJ CUBI

**FECHA DEL AFORO:** 2006 5 17

**HÉLICE:** 2-33888      **MOLINETE:** A.OTT KEMPTEN

**SUSPENDIDO POR:** 50KG

**LECTURAS LIMNIMÉTRICAS:**

Inicial: 0.70 m. 11: 25      Final : 0.70 m. 13: 15      Promedio: 0.7000

**RESULTADOS DEL AFORO**

ANCHO DE LA SECCIÓN	(m)	:	14.100
ÁREA DE LA SECCIÓN	(m <sup>2</sup> )	:	22.771
VELOCIDAD MEDIA	(m/s)	:	1.599
VELOCIDAD MÁXIMA	(m/s)	:	2.567
PROFUNDIDAD MÁXIMA	(m)	:	2.650
PERÍMETRO MOJADO	(m)	:	16.375
RADIO HIDRÁULICO	(M)	:	1.390
TIRANTE:	1.614		
<b>VELOCIDAD SUPERFICIAL MEDIA</b>	<b>(m/s)</b>	<b>:</b>	<b>1.314</b>

**FACTORES**

MANNING: F. Hidráulico: 1.283

MANNING: F. Geometric: 28.368

CHEZY: Hidráulico : 1.356

STEVENS: A (D) \*\*0.5 : 28.937

STEVENS: A® \*\*0.5 : 26.851

GRASHANING: F. Cauce : 0.917

GRISHANING: F. caudal: 1.760

GRISHANING: F. Tirante: 30.658

NUMERO DE FROUDE : 0.402

**CAUDAL LÍQUIDO CALCULADO (m<sup>3</sup>/seg.) : 36.420**

El análisis frecuencial aplicado a la serie de caudales máximos instantáneos anuales de la estación DJ Alambí consistió en aplicar la fórmula general de frecuencia.

$$[Q](T) = Q_{med} + S + K1(T)$$

Q (T) = Caudal máximo instantáneo para T (años), (corresponde al caudal más probable, identificado como QM en algunos de los cuadros subsiguientes).

Qmed = Es el promedio de los caudales máximos instantáneos registrados.

S = Desviación estándar de la serie histórica.

K1 (T) = Es un factor de frecuencia que tiene una formulación propia para cada distribución. Y, si se calcula la crecida al 95% de confiabilidad (QE), se amplía la fórmula anterior a:

$$QE = Q(T) \pm K2(T)$$

QE = Caudal máximo instantáneo para T (años) al 95% de confiabilidad (límite superior e inferior y, que para crecidas, se considera solo el superior).

K2(T) = Factor de frecuencia que tiene una formulación propia para cada distribución.

El valor de "QE" suministra al diseñador un rango de selección del caudal de diseño.

(entre QM y QE) y tiene el sentido de aportar una seguridad extra para compensar las incertidumbres inherentes a la longitud, relativamente corta, de las series de caudales.

Se sugiere que se adopten los caudales identificados como QE.

El detalle matemático completo para todas las distribuciones (Valores de  $K1(T)$  y  $K2(T)$ ) consta en libros especializados de hidrología, como "Introduction to Hydrology by Warren Viessman", et., "Probability and Statistics in Hydrology by Vujica Yevjevich", etc, y en forma más específica en "Frequency and Risk Analysis in Hydrology, by G.W. Kite, Water Resources Publications; Fort Collins, Colorado, USA, 1978".

### 3.7.5 ELECCIÓN DEL PERIODO DE RETORNO PARA LAS CRECIDAS DE DISEÑO

Esta es una decisión que proviene de un análisis en el que se recomienda diversos factores, algunos de los cuales son estocásticos, es decir, se trata de un proceso que no es determinístico.

En consecuencia, los periodos de retorno que a continuación se sugieren conllevan la existencia de un mayor o menor grado de incertidumbre.

Para tener una mayor claridad es necesario dar un breve concepto de período de retorno "T" que es el intervalo promedio de tiempo durante el cual un determinado caudal es igualado o excedido al menos una vez.

Cabe enfatizarse que, dada la naturaleza de las series de tiempo de valores extremos, en este estudio, los valores de caudales instantáneos proporcionados son un estimado de la máxima crecida que razonablemente puede ser esperada con una probabilidad específica.

En cualquier caso, los criterios de selección del "T", en su sentido más amplio, deben ser guiados tanto en consideraciones económicas, éticas y políticas, así como en los técnicos fundamentales de hidrología, hidráulica y diseño estructural. Como resultado, el complejo problema de elección del período de retorno de la crecida de diseño debe ser resuelto finalmente por experiencia y criterio antes que por un rígido procedimiento matemático.

De acuerdo a la literatura concerniente a éste tema y que permite una apreciación amplia respecto a la selección del período de retorno según la obra, se puede admitir que para las obras de seguridad de la toma un T = 20 años y un T = 100 años.

Utilizando únicamente el criterio hidrológico (probabilística) se puede calcular el riesgo hidrológico involucrado cuando se asume una crecida de T = 100 años, con la siguiente fórmula:

$$R = 1 - [1 - (1/T)]^N$$

En donde:

T: Período de retorno (años) = 100

N: Vida útil del proyecto (años) = 50

R: Riesgo asumido al adoptar "T" = 0.39

Para T = 100, R = 0,39. Es decir, que hay un 39% de posibilidades de que a las obras le sobrevenga una crecida de T = 100 ó más, durante una vida útil (de 50 años), (sucedería una crecida de esa magnitud, lo que no quiere decir que la obra colapse).

Periòdo de Retorno	Pmm	Q crecida	Q base	Q máx
20	26,6	1,360	100	1,460
50	27,2	1,412	100	1,512
100	28,8	1,498	100	1,598
200	29,6	1,541	100	1,641
500	34,4	1,784	100	1,884

Donde:

T Período de Retorno en años

P Precipitación en mm

Qc Caudal de Crecida en m<sup>3</sup>/s

Qb Caudal Base en m<sup>3</sup>/s

Qm Caudal Máximo en m<sup>3</sup>/s

### 3.7.6 DISTRIBUCIÓN DE LLUVIAS MÁXIMAS EN CRECIDAS

Se consideraron algunas estaciones pluviométricas que no se tomaron en cuenta en el presente estudio por encontrarse fuera de uso desde ya varios años atrás, se analizó de las estaciones con mayor información series parciales tomando la altura de lluvia mayor a 20mm.

La información confiable es de la estación meteorológica de Quito-Observatorio, siendo la representativa de la zona media de la cuenca de aprovechamiento Chespi.

Se procesó las lluvias máximas diarias de 2 estaciones pluviográficas para obtener la distribución regional de precipitaciones de los registros históricos, se analizaron con las distribuciones de Gumbel y Log Pearson dando los siguientes resultados, cabe anotar que son valores extremos puntuales.

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No. 3.10</b>
---------------------------------------	-----------------------

<i>Caudal calculado con periodo de retorno</i>
--

ESTACIÓN \ T	5	10	25	50	100	500	1000
Quito - Observatorio	46	53	62	67	73	84	89
Viña del Chespi	33	37	45	51	56	65	71

Los valores dados permiten tener una idea de las condiciones de pluviosidad en la zona y además sirven para el diseño de eventuales estructuras hidráulicas pequeñas que pueden ser requeridas en el proyecto.

**3.7.7 DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE CAUDALES MÁXIMOS** Este estudio probabilístico se lo aplicó a las dos series siguientes:

- Caudales Máximos Mensuales
- Caudales Máximos Instantáneos
- Caudales Máximos Anuales

Se utilizaron las siguientes leyes de distribución probabilística:

- Ley de Gumbel, ajuste gráfico y analítico
- Ley de Log Pearson, ajuste analítico
- Ley Log- Normal, ajuste gráfico

**3.7.8 CAUDALES INSTANTÁNEOS MÁXIMOS EN LAS ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS**

Se efectuó para las estaciones anteriormente mencionadas con la serie anual que corresponde a un valor máximo de cada año. La distribución de frecuencia de caudales máximos instantáneos se da en el siguiente cuadro:

### 3.7.9 ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS EN EL SITIO DE LA PRESA

El área de aportación hasta el sitio del proyecto es de 4.606 Km<sup>2</sup> y un incremento del área de 242 Km<sup>2</sup> de la estación hidrométrica Río Guayllabamba A. J. Cubi. Para obtener los caudales máximos instantáneos en el sitio de aprovechamiento, se procedió de la siguiente manera:

- Por intermedio de la relación areal y de precipitaciones medias entre la estación hidrométrica Río Guayllabamba A.J.Cubi y, el sitio de la Presa.

$$\sqrt{\frac{Area(S.P.D)}{Area(G.A.J.C.)}} \times \frac{Pm(S.P.D.)}{Pm(G.A.J.C.)}$$

De donde:

(G.A.J.C.) Guayllabamba A.J. Cubi

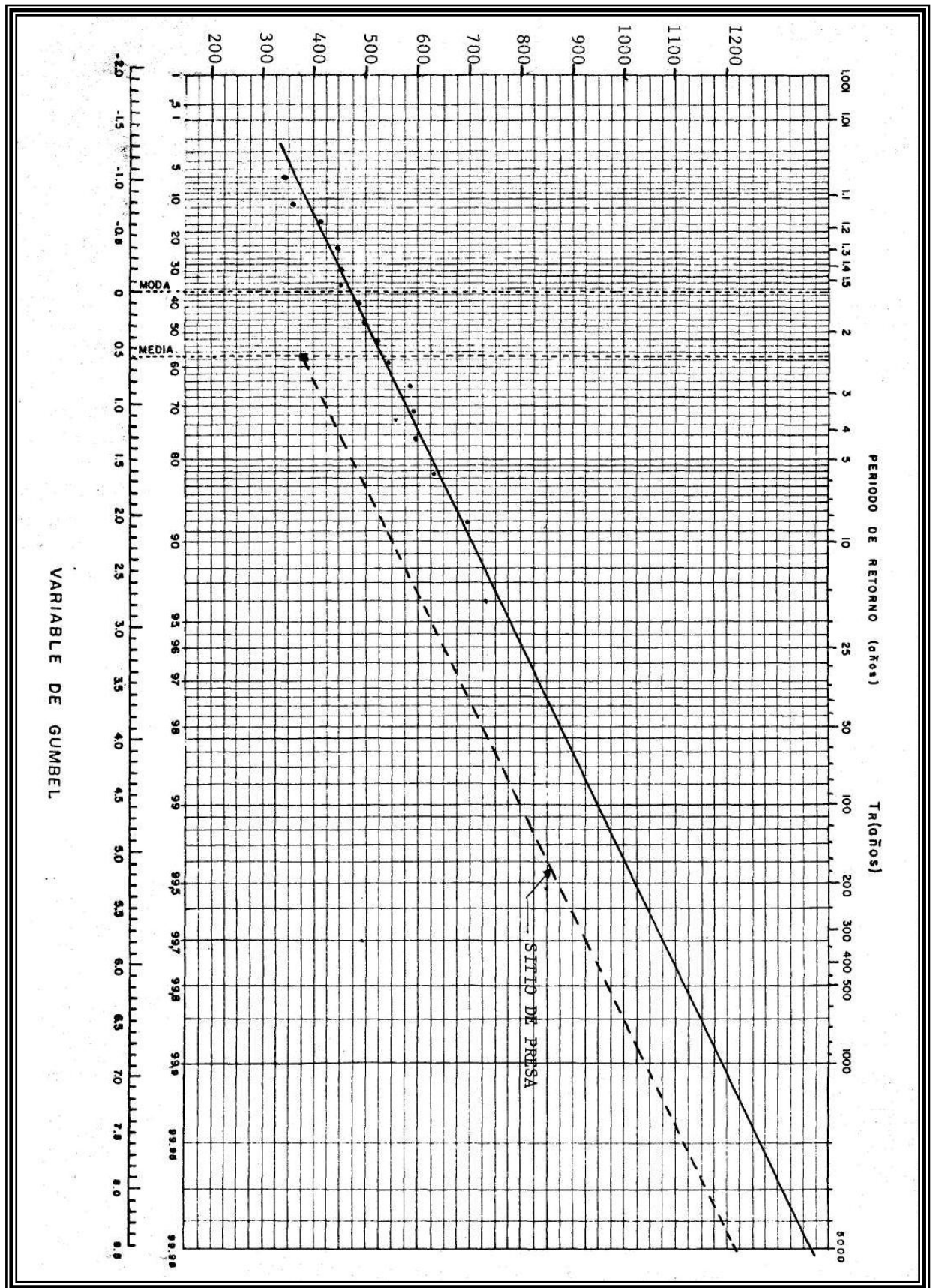
(S.P.S.) Sitio de la presa

Pm Precipitación Media

K= 0.125 Factor de Mayoración

Se obtuvo la media de los caudales máximos instantáneos de los valores anuales y se multiplica por el factor K, luego se trazó una recta paralela a la recta de la distribución Gumbel de la estación Río Guayllabamba A.J. Cubi, como se muestra en el siguiente gráfico.





Se utilizó el registro histórico de los caudales máximos instantáneos de los valores anuales de la estación hidrométrica del Río Guayllabamba D.J. Alambí, aplicando el mismo procedimiento anterior se obtuvieron resultados similares.

En la siguiente tabla se resumen los valores de caudales para diferentes tiempos de retorno, obtenidos del gráfico anterior.

ESTACIÓN \ AÑOS	5	10	25	50	100	500	1000	5000
Aprovechamiento CHESPI	380	430	510	560	620	740	780	910

### 3.7.10 HIDROGRAMA CARACTERÍSTICO DE CRECIDAS

Para definir el hidrograma unitario se hizo una elección de los limnigramas registrados (Información INAMHI, procesada) en las estaciones hidrométricas escogidas para este estudio y que fueron mencionados anteriormente, considerando los siguientes criterios:

- A. Onda de crecida con el pico máximo anual y que sea simultánea en las dos estaciones hidrométricas.
- B. Las ondas de crecida seleccionadas preferentemente durante los meses más húmedos, aunque se presentan algunas en época seca especialmente en el mes de julio.

Con esta información básica se comprobó los tiempos de ascenso de la crecida, caudal máximo de crecida, volumen, duración total del caudal medio, con estas variables se puede determinar la forma del hidrograma de crecidas que se puede considerar típico para la estación básica.

**Estación: Guayllabamba A. J. Cubi**

Se sumaron las crecidas actuales a las ya escogidas en el último informe de 1986 totalizando 13 eventos, tratando de tener uno por cada año en los que sea posible, la crecida máxima observada en los últimos 10 años es de 329 m<sup>3</sup>/s que es más baja de la registrada de 425 m<sup>3</sup>/s con lo que se puede deducir lo siguiente:

El tiempo pico promedio es una magnitud poco más grande que 5 horas. Cálculos anteriores realizados por el método de las isócronas dan un valor de tiempo de concentraciones de 13 horas, con lo que se puede deducir que el nuevo valor para el periodo 1986-2001 es de 5 horas.

Para derivar el hidrograma característico requerido, se utilizó la crecida registrada a comienzos de febrero de 1995 por ser una de las más típicas.

Se determinaron la precipitación puntual, la precipitación espacial, el coeficiente de escurrimiento y el hidrograma típico específico de crecida. Estos son los elementos necesarios para el cómputo del hidrograma de crecida de diseño dando los siguientes valores:

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No. 3.11</b>
---------------------------------------	-----------------------

<i>Valores para el hidrograma de Crecida</i>
--

Período de Retorno	Prec. Esp.	Q Pico	Volumen	Q Pico Esp.
Años	mm	m <sup>3</sup> /s	(x10E6m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup> /s/Km <sup>2</sup>
1000	50	3400	139	0.800
5000	55	3700	151	0.870
10000	61	4100	168	0.960

### 3.8 SEDIMENTOLOGÍA

#### 3.8.1 GENERALIDADES

Los estudios de Sedimentación fueron realizados de modo que en el reservorio, la descarga y limpieza del sedimento constituyan el problema más importante a resolver para la Estación de Generación Hidroeléctrica Chespi.

Se tiene previsto para dar solución al problema de sedimentación realizar una simulación que empezaría el 1 de enero, desde que la Central este concesionada.

El lavado hacia a fuera se hará con la compuerta abierta, cuando la represa esté completamente llena de sedimento, y con la compuerta cerrada cuando el sedimento ha sido almacenado en el desarenador y descargado totalmente aguas abajo. El almacenamiento de agua empieza nuevamente.

#### 3.8.2 ECUACIONES BÁSICAS

##### a) Ecuación Continua de Sedimento

La variación del cauce del río será manejada como la cantidad del promedio de la sección transversal, y será expresado por las ecuaciones:

$$\Delta Z = \frac{Q'B - QB}{B\Delta x(1 - \lambda)} \Delta t$$

$$\Delta Z = Z_{(t+1)} - Z_t$$

Donde:

$\Delta Z$  = variación del cauce con respecto al tiempo (t)

$Q'B$  = sedimento del flujo de entrada, aguas arriba de la sección transversal.

$QB$  = sedimento del flujo de salida, aguas abajo de la sección transversal

$B$  = Rango de variación en el cauce del río.

$\lambda$  = porción nula (= 0.4)

$Z$  = altura del cauce

$\Delta x$  = distancia de la sección

#### b) Ecuación de Cargas suspendidas.

En las variaciones del cauce, la carga suspendida es el factor gobernante según los resultados de varias pruebas en los materiales del campo y los datos pertinentes del EX-INECEL, cálculos que usan la carga suspendida se llevaron a cabo de la siguiente manera:

Ecuación de Lane-Kalinske

$$q_s = q * C_o * P / \gamma$$

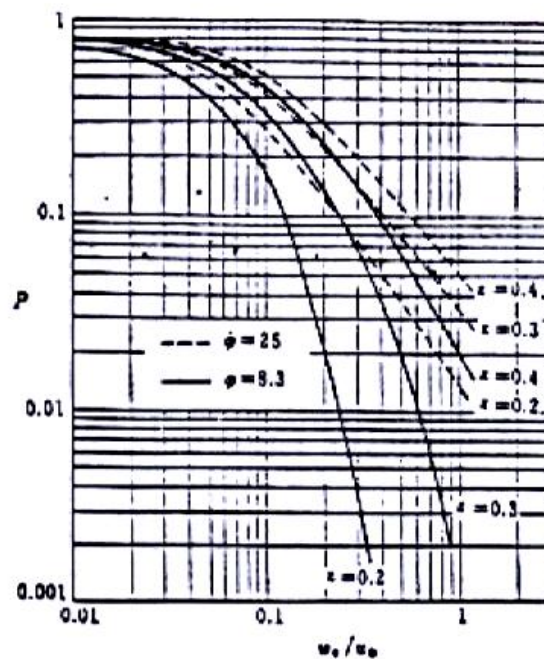
$$C_o = 5.55 \Delta F(w_o) \left[ 1/2 \left( \frac{u^*}{w_o} \right) \exp - \left( \frac{w_o}{u^*} \right)^2 \right]^{1.61}$$

Donde:

$q_s$  = carga suspendida por unidad de ancho y unidad de tiempo

$q$  = escurrimiento por unidad de anchura

$P$  = función de  $K$ ,  $V$ ,  $U^*$  de acuerdo a la figura de abajo



**Figura No. 3.8**

Nota.- Para la constante K de Karman, se usa 0,4

$C_o$ = concentración en el lecho del río en ppm.

$\Delta F(w_o)$  = proporción de partículas de arena para establecer la velocidad

$(w_o)$  % de arena gruesa en el lecho del río.

$\gamma$  = peso por unidad de partículas del sedimento

c) Establecimiento de la velocidad

Esto es calculado para la educación anterior

$$d \text{ (cm)} \geq 0.58 \quad : \quad W_o = 73.2 d^{1/2}$$

$$0.58 > d \geq 0.11 \quad : \quad W_o = 81.5 d^{0.667}$$

$$0.11 > d \geq 0.015 : W_o = 17.5 d$$

$$0.015 > d \quad : \quad W_o = 11940.0 d^2$$

d) Sedimento total en el Flujo de entrada

$$Q_B = q_s * B * 10^{-4} / (1 - \lambda)$$

Donde:

$Q_B$  = sedimento del flujo de entrada, aguas arriba de la sección transversal.

$q_s$  = carga suspendida por unidad de ancho y unidad de tiempo.

$B$  = Rango de variación en el cauce del río.

$\lambda$  = porción nula (= 0.4)

### 3.8.3 SECUENCIA DE CÁLCULO

El procedimiento de cálculo es como sigue a continuación:

- (1) No se realizará el cálculo de flujo uniforme para el escurrimiento al momento por la condición inicial del lecho del río.
- (2) La velocidad de fricción ( $u^*$ ) es determinada para cada sección cruzada.
- (3) La Cantidad de carga es determinada para cada tamaño de la partícula por la ecuación de cantidad de carga.
- (4)  $Q$  es determinado por la suma total de las cantidades de carga anteriores.
- (5) La cantidad de variación del lecho del río se obtiene por (1), y la altura del cauce del río después que se obtiene la variación de (2).
- (6) Los cálculos anteriores de (1) a (5) se repiten hasta que se obtiene la sedimentación requerida para la represa.
- (7) Cuando la presa se ha llenado de sedimento, se abre la compuerta de lavado hacia fuera para crear un cauce abierto, el mismo, es efectuado con los cálculos descritos anteriormente, y el sedimento acumulado en la represa es removido.

(8) Cuando la descarga de sedimento de la represa se ha completado, la compuerta de lavado se cierra y los cálculos después de (1) se reinicia usando el área de la sección transversal después de la descarga del sedimento.

4) Condiciones de Cálculo

a) Distribución del Tamaño del Grano y Propiedades de Sedimento de la Represa

a.1 Curva de Distribución del tamaño del Grano

En medir la distribución de la granulometría del cauce del río, los materiales depositados en el sitio de la presa, con el propósito de estimar la variación en la configuración del lecho del río dentro del reservorio de la presa, la distribución de la granulometría se muestra en las curvas obtenidas de la Fig. 7.1 se obtiene.

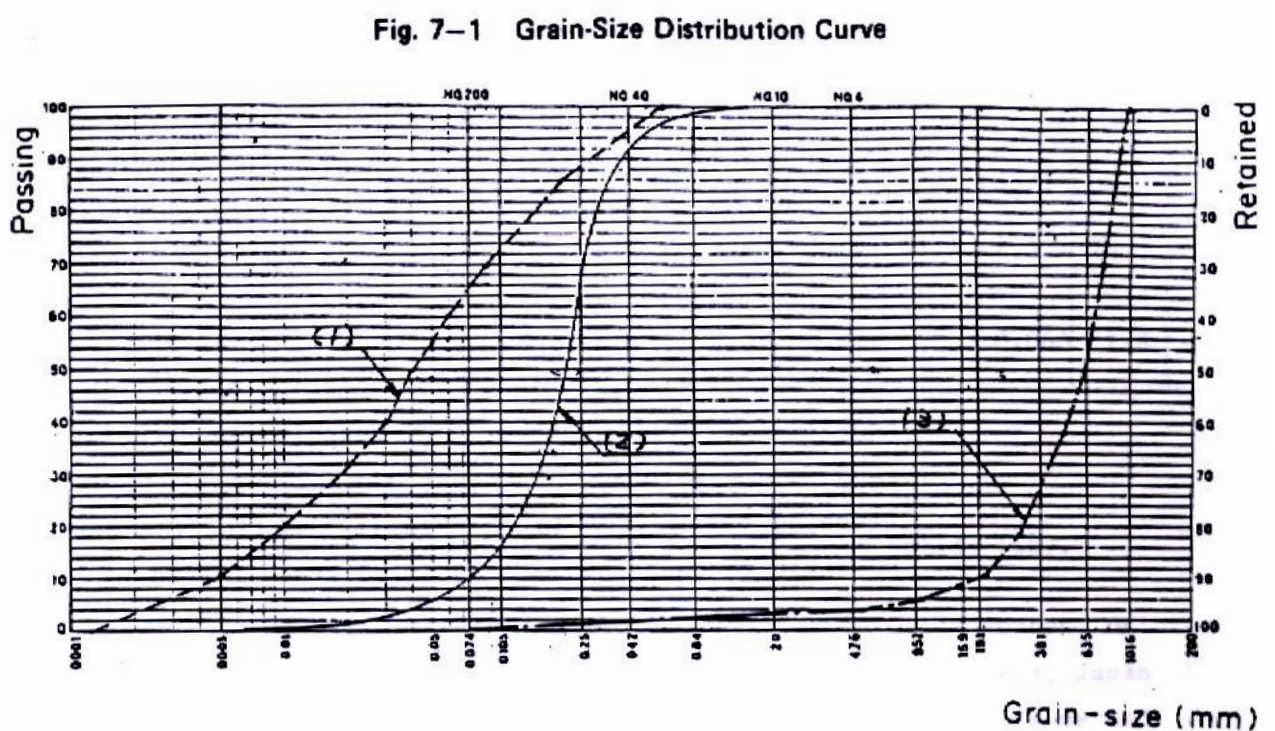


Figura No. 3.9



- Eq. (1): Promedio de Carga suspendida, Estación de Medición A.J. Cubi
- Eq. (2): Sitio de la Presa Chespi prueba de sedimento
- Eq. (3): Promedio de Sedimento en el cauce de la Estación de Medición A.J. Cubi.

Las ecuaciones sobre distribución de granulometría de (1) a (3), y Eq. (2) se usará aquí debido a la diferencia entre las distribuciones de granulometría durante la época de diluvio y durante la sequía.

De acuerdo con lo anterior, se usan los valores mostrados en la figura No. 3.7 como la distribución de granulometría.

El flujo de sedimento está dividido en dos grupos que son: material en suspensión y carga de fondo. Estos dependen de los cambios de descarga del flujo y la regulación del almacenamiento, de acuerdo con el cálculo combinando la Curva (1) y la Curva (3) es muy complejo.

Por otro lado, es muy importante en el Estudio de Viabilidad la función de regular el almacenamiento, y que el número de tiempos de limpieza sea un año. Se verifica si el vaciado hacia fuera es posible para que el estudio más detallado sea realizado en la Fase de Estudio Definitivo.

La granulometría de material sedimentario en la Curva (1) es muy fina y el tamaño menor de 0.1 el mm aproximadamente contiene un 70%, por consiguiente afecta a la turbina por ser pequeño. Y la cantidad estimada en la Curva (3) es aproximadamente 10% del total del sedimento. De acuerdo con el análisis del material sedimentado en el sitio de la presa, donde la velocidad de fondo es baja, se estableció usar la Curva (2) para simplificar los cálculos.

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No. 3.12***Distribución de Granulometría*

Diámetro Representativo (mm.)	1.1	0.54	0.37	0.23	0.14	0.09	0.04
Porcentaje %	2	5	11	48	17	8	9

## a.2 Análisis del Componente del flujo de entrada de la corriente de agua

El resultado del Análisis del Componente del flujo de entrada de la corriente de agua se muestra en Tabla 3.12. A partir que la tabla da los valores de sólo un análisis, será usada únicamente como referencia. Como puede verse en la tabla, no hay ningún factor que pueda presentar un problema especial en el agua del Río Guayllabamba.

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No. 3.13***Resultados del Análisis de los componentes del Río Guayllabamba*

	P.H.	Material en	Si	Al	Fe	Ca	Mg	Na	K	Cl	So <sub>4</sub>
		Suspensión	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
Chespi	7,90	93,00	21,60	ND	ND	22,30	22,90	46,10	7,30	31,10	23,40
Límite apreciable			6,20	0,62	0,11	0,32	0,026	0,053	0,060	1,80	4,10

Nota:

- 1) Agua filtrada con el filtro del millipore, (0.45u) usada a excepción de los sólidos suspendidos (SS).
- 2) Cl se obtuvo con la prueba de contenido de cloruro de arena SO<sub>4</sub> por el alto uso de Sulfato de Bario en el método de Análisis, y de otros métodos de análisis de absorción atómica.

- 3) ND indicador "cantidad menor al Límite de Detección".
- 4) El agua de la muestra fue recolectada en la Estación de Medición A.J. Cubi el 21 de enero de 1985.

a)-3 Análisis del Componente de Sedimento del Flujo de Entrada

Los componentes de sedimento que fluyen en el reservorio fueron analizados por exámenes de rayos x. Los resultados se dan en Fig. y Tabla

Se muestran fotografías microscópicas aumentadas de los componentes individuales a continuación.

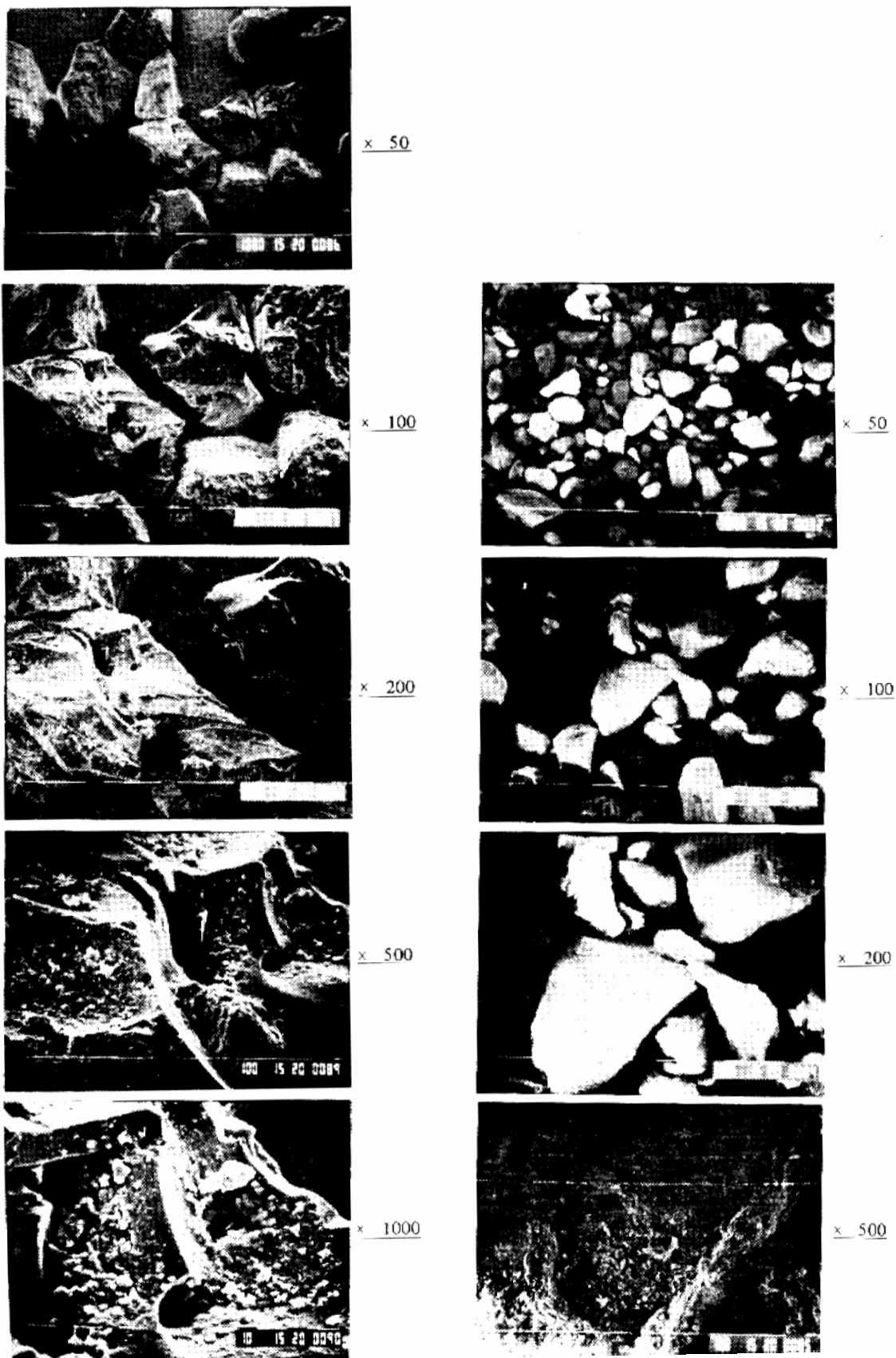


Figura No. 3.10



x 50



x 50



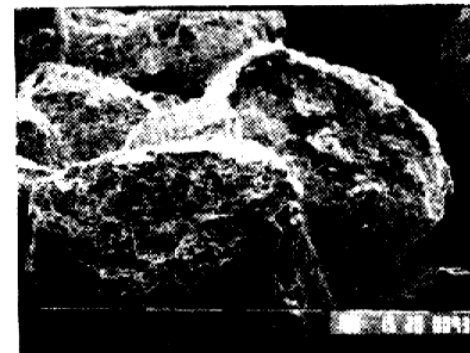
x 100



x 100



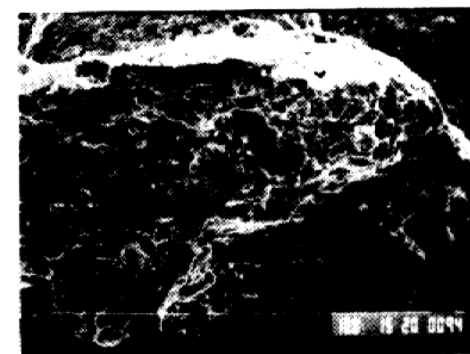
x 200



x 200



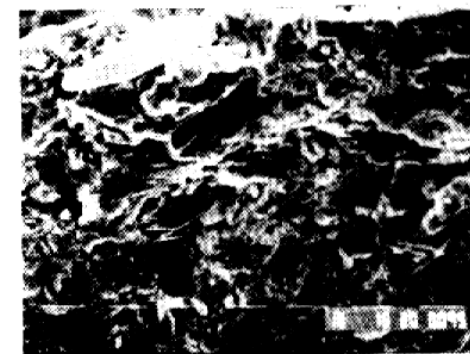
x 500



x 500

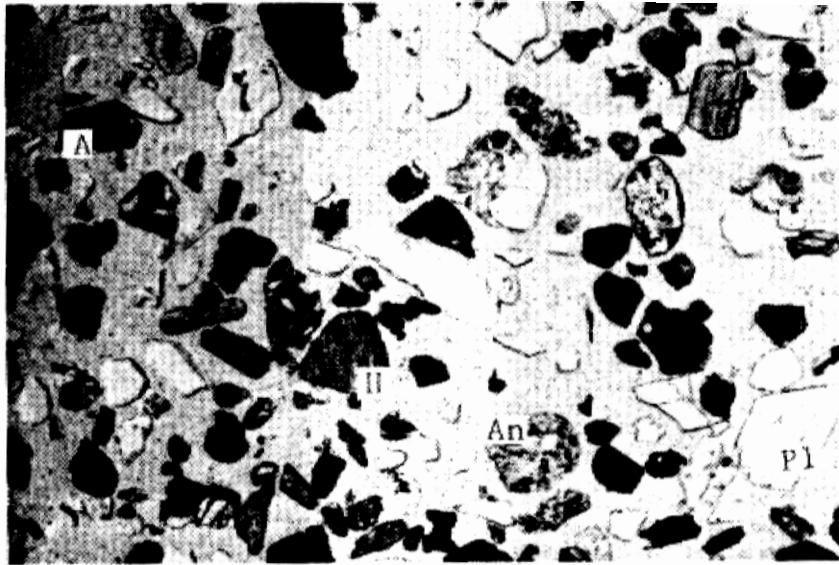


x 1000



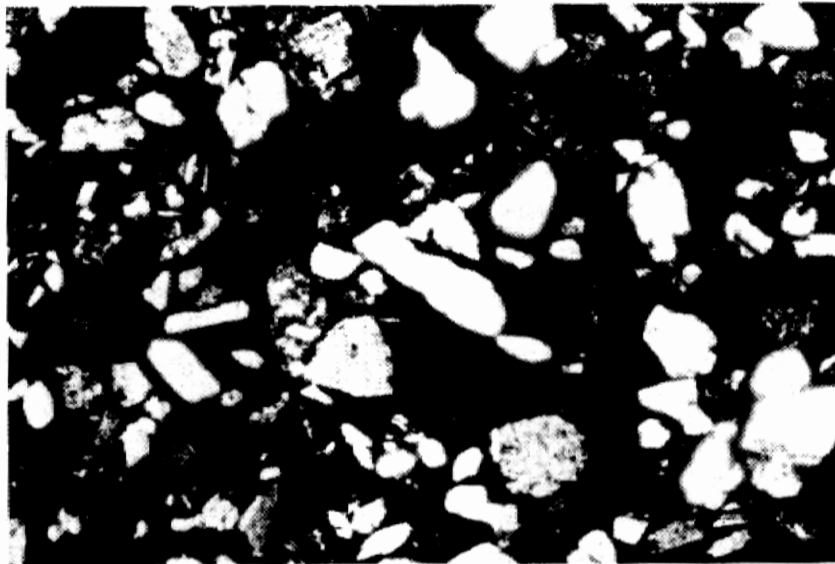
x 1000

Figura No. 3.11



0 1mm

open 4 x 10



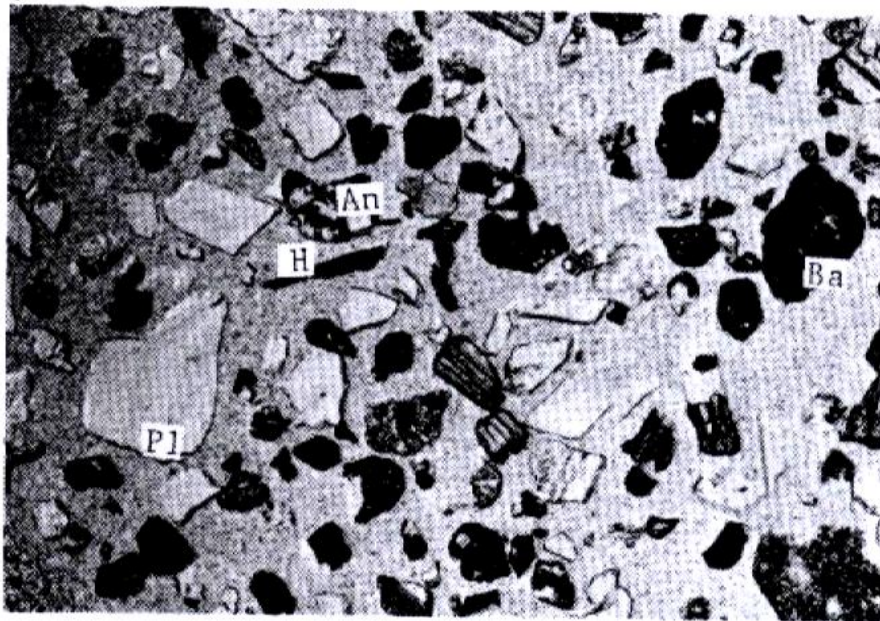
0 1mm

close 4 x 10

**LEYENDA**

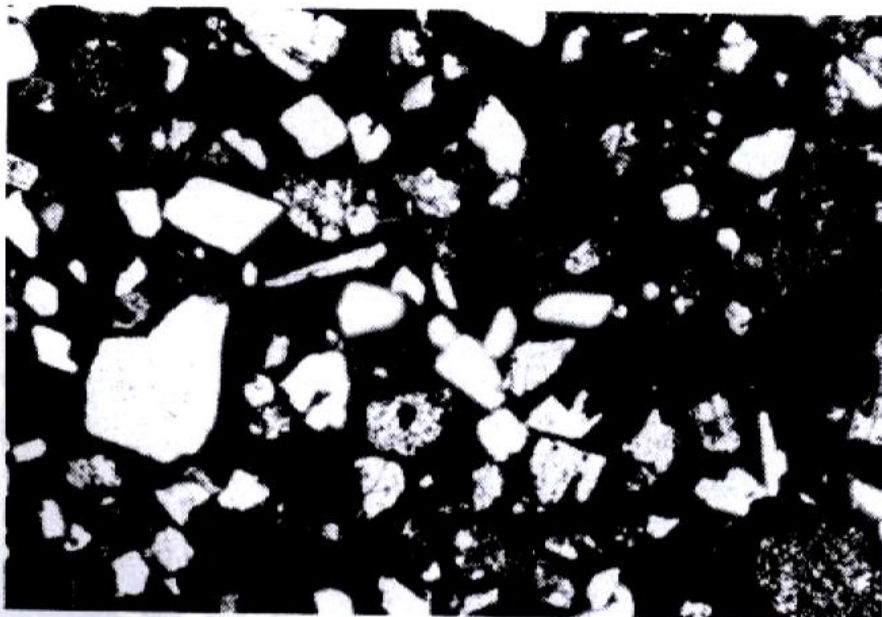
- Pl Plagioclasto
- H Hornblende
- A Augite
- Op Minerale Opacos
- Ba Fragmentos de Basalto
- An Fragmentos de Andesita
- Md Fragmentos de Mudstone
- Q Cuarzo

**Figura No. 3.12**



0 1mm

open 4 x 10



0 1mm

close 4 x 10

Figura No. 3.13

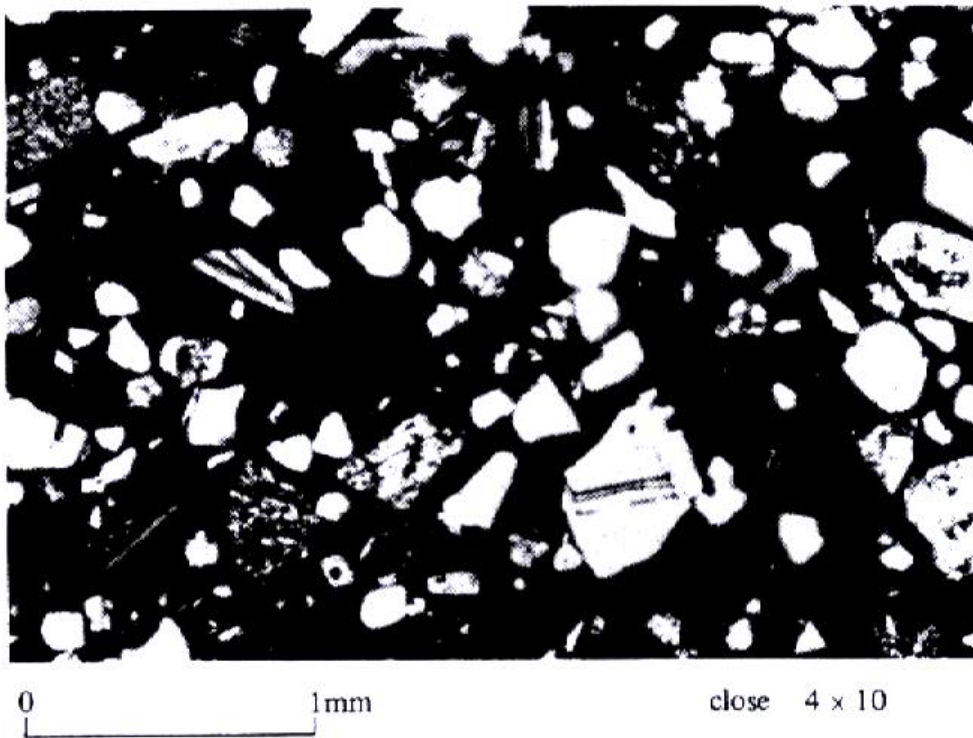
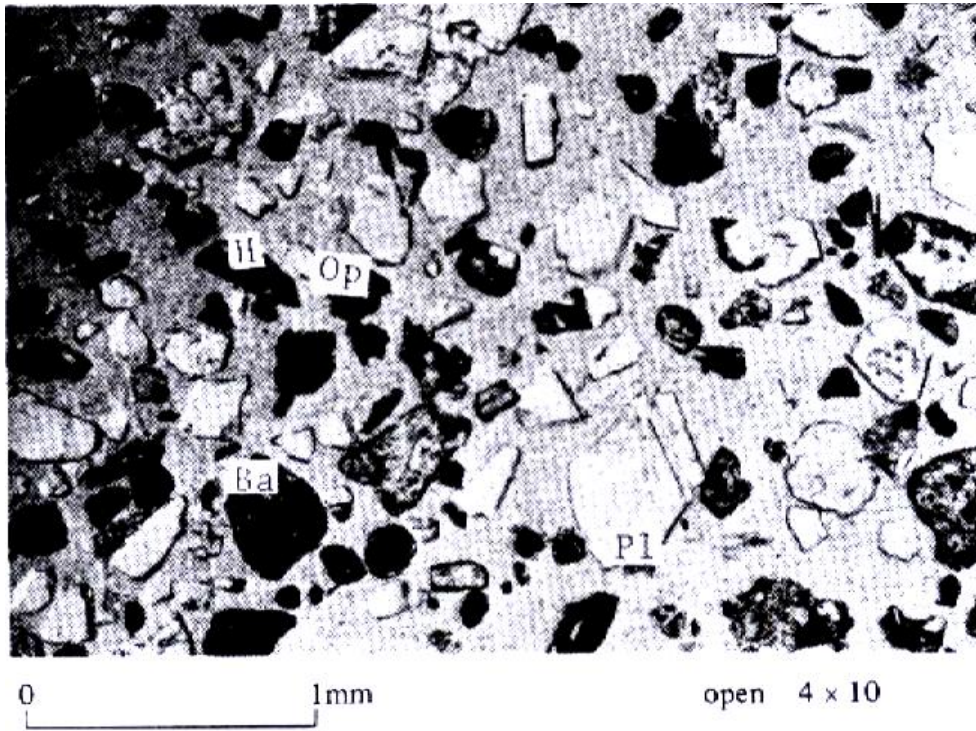
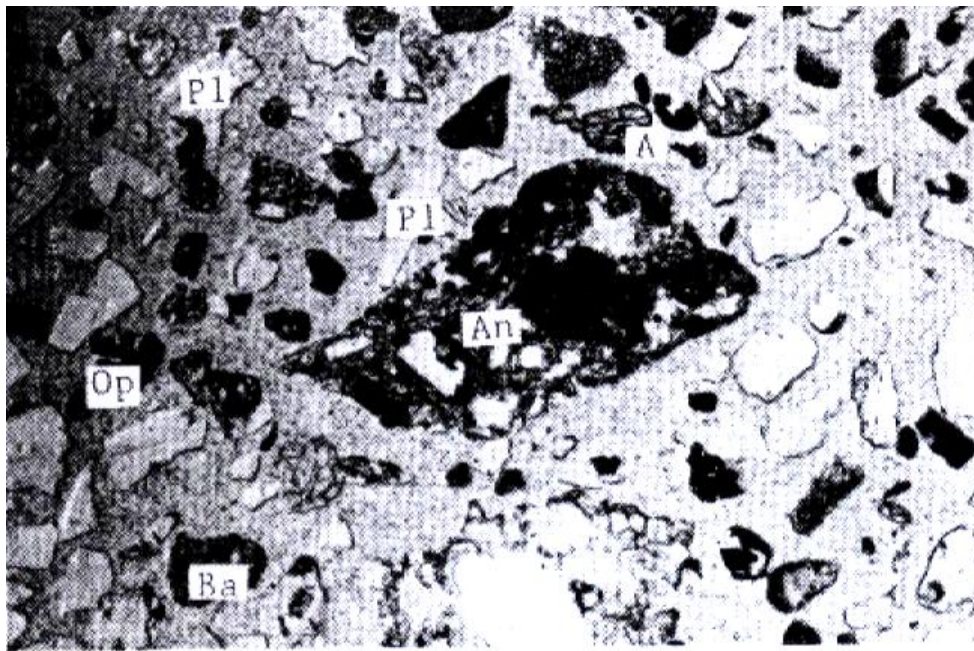


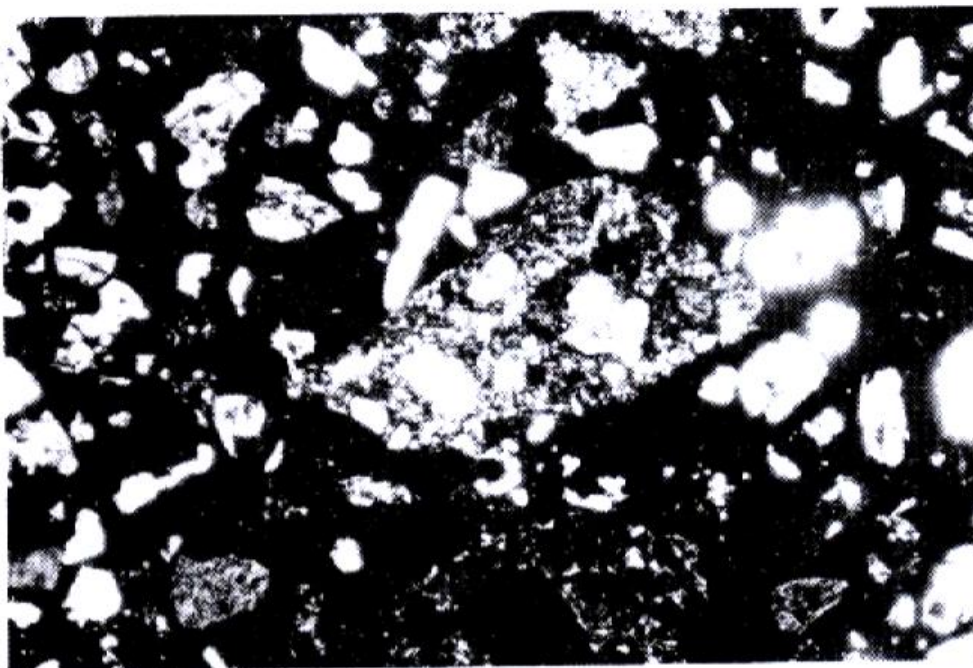
Figura No. 3.14





0 1mm

open 4 x 10



0 1mm

close 4 x 10

**Figura No. 3.15**

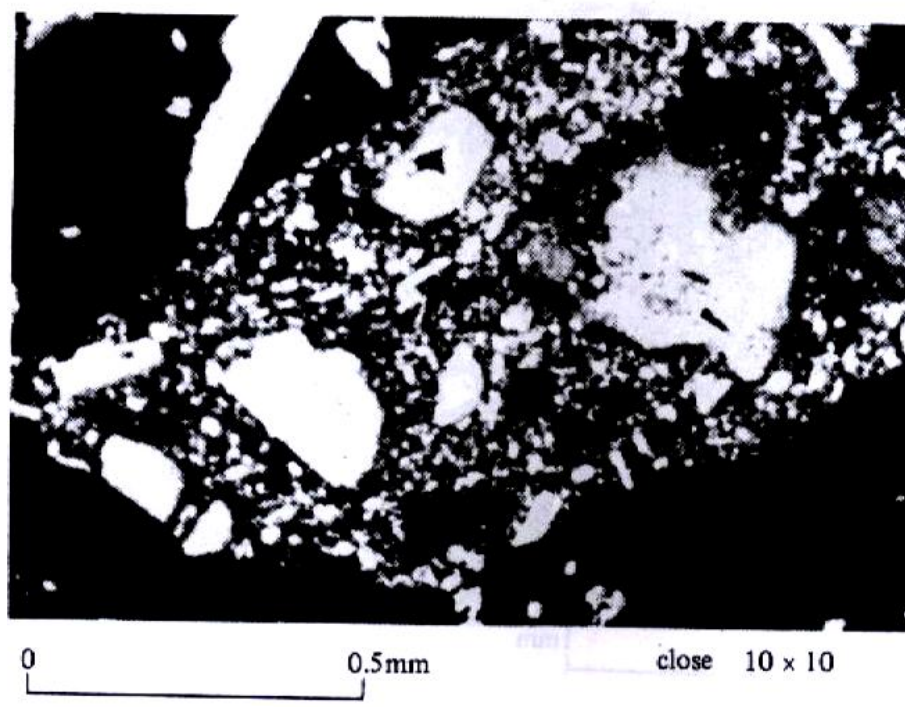
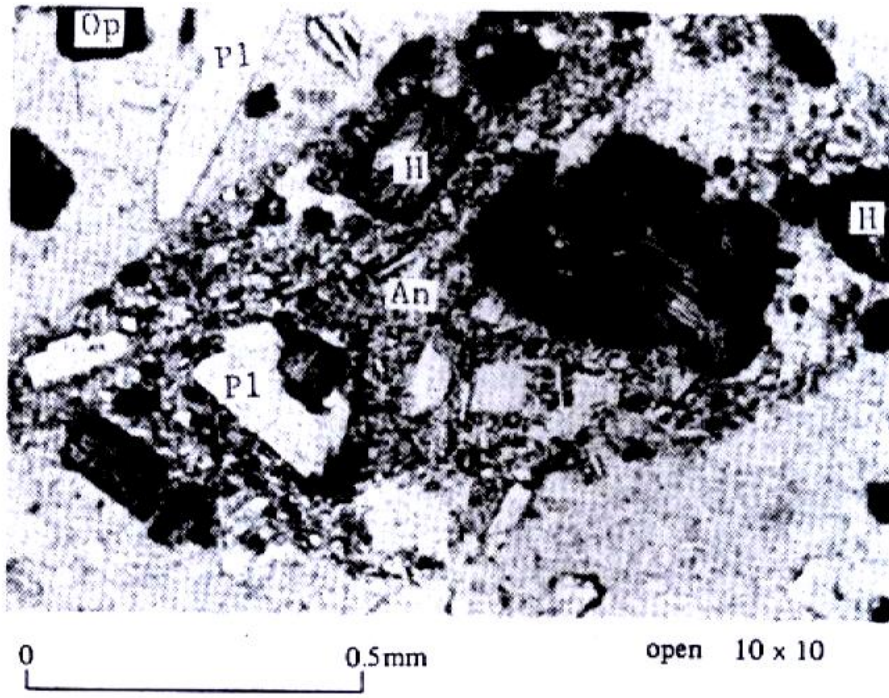


Figura No. 3.16

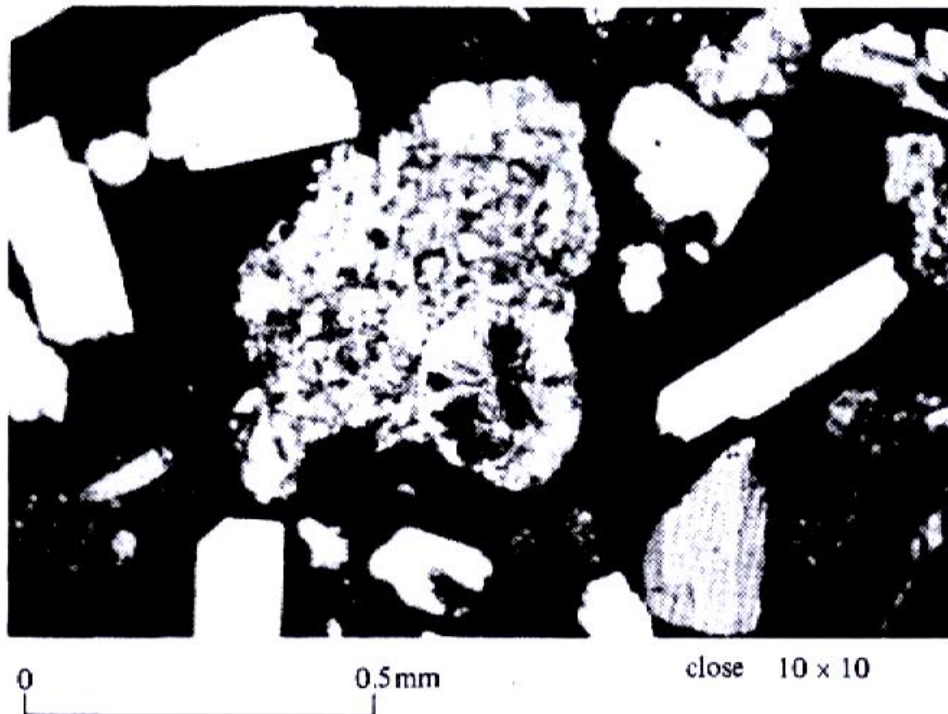
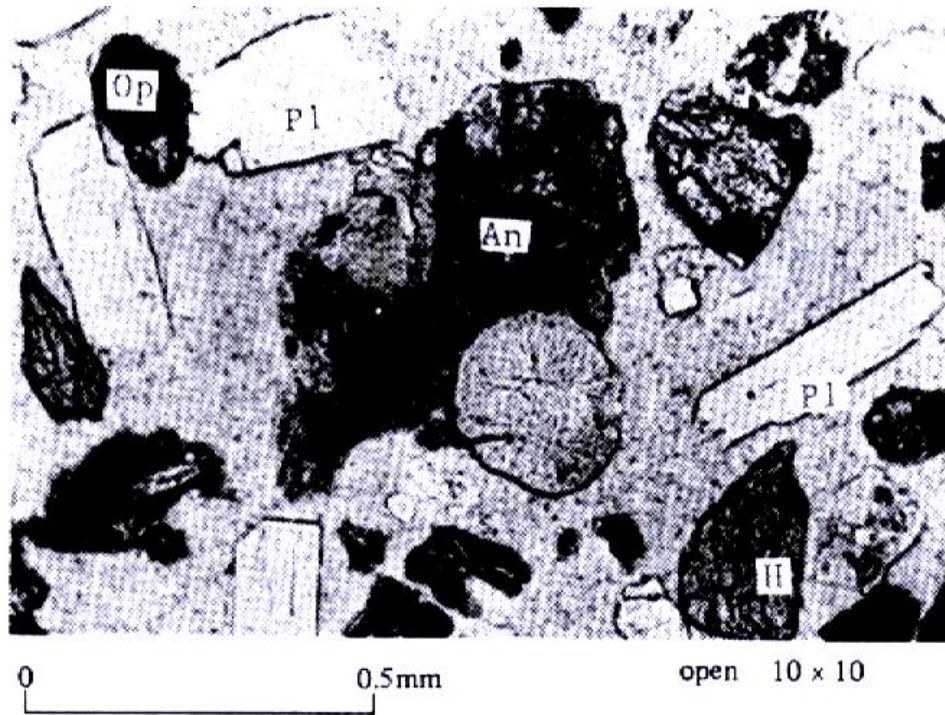
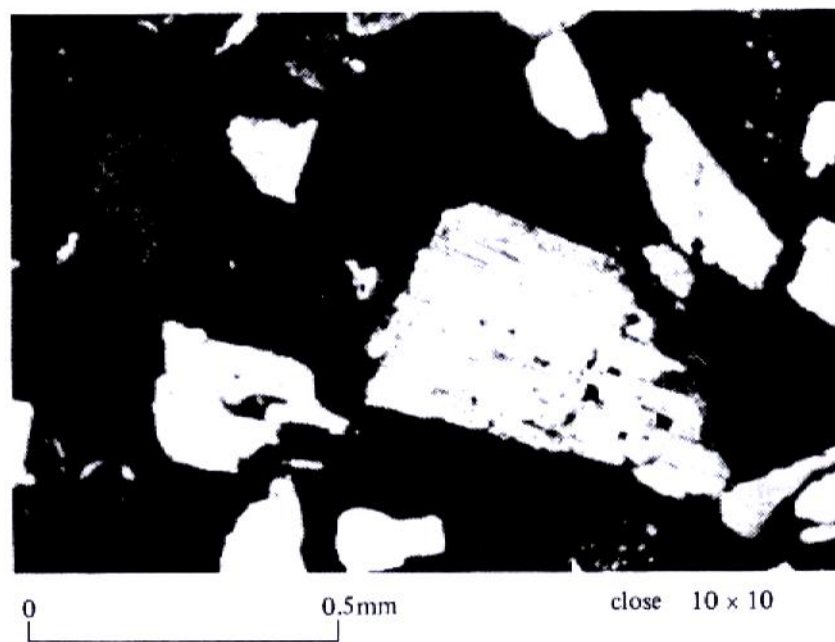
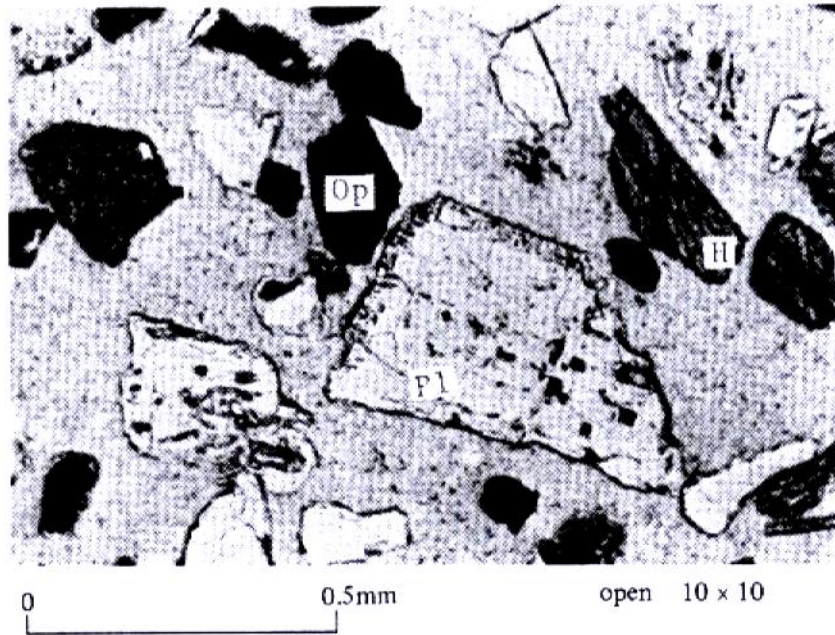


Figura No. 3.17



**Figura No. 3.18**

Los resultados de los análisis de rayos x, muestran que un 50 por ciento del sedimento que fluye son plagioclastos. Los materiales son esencialmente

frescos y se piensa que hay una gran cantidad de minerales duros de acuerdo a la Tabla de Mohs con una dureza 5 y superior.

#### b) Cálculos Anuales

Según los datos obtenidos del EX-INECEL la fórmula de estimación para la cantidad de de sedimento del flujo de entrada es:

$$\text{Log}Q = 0.337 * \text{Log}Q_s + 1.156$$

$$Q_s = 0.03197 * Q^{2.2967}$$

De donde:

Qs: Cantidad de Sedimento en el flujo de entrada (ton/día)

Q: Estación de Medición A.J. Cubi Escurrimiento (m3/)

Las cantidades del flujo de entrada anuales, se determinaron usando la fórmula anterior y se dan en la tabla siguiente

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI** **TABLA No. 3.13**

*Cantidades de flujo de entrada anuales*

AÑO	Qs (x10 <sup>3</sup> ) (ton/día)	AÑO	Qs (x10 <sup>3</sup> ) (ton/día)
1986	3450	1994	4486
1987	1393	1995	938
1988	1639	1996	598
1989	1772	1997	1498
1990	2914	1998	982
1991	6938	1999	2858
1992	5380	2000	2915
1993	6017	2001	3024

### c) Datos de Escurrimiento

Para los datos de caudal de entrada de la presa, los datos respectivos de la Estación de Aforo A.J. Cubi. Estación que durante el año húmedo, año seco, y de diluvio riegue y se convierte para el sitio de la presa por medio de la ecuación siguiente.

$$Q = 1.19 * Q_c$$

donde,

Q: Caudal de entrada, al sitio de la presa (m<sup>3</sup>/s)

Q<sub>c</sub>: Caudal de entrada a la Estación de Medición A.J. Cubi.

### d) Funcionamiento de la Presa (Condición Límite Extremo Aguas abajo)

- (i) El nivel de agua de la presa variará diariamente de un nivel alto de agua al nivel bajo, para que se asuma que es constante debe tener un nivel medio de agua a una Elevación de 1,442.00 m.
- (ii) Sitio de la Presa, la compuerta de lavado será abierta con una elevación de 1,410.00 m, que es cercano a la elevación media de la compuerta de lavado como el límite para el nivel de sedimentación.
- (iii) La arena de barrido será considerada como complemento cuando el vaciado se ha hecho alrededor de la elevación de 1,407.50 m al tiempo que la compuerta es cerrada.

### e) Resultados de Cálculos

Se dan los resultados de cálculos en los Gráficos. mientras se muestran la sedimentación del depósito y los modelos vaciando para el año de agua alto, año de promedio-agua, y año de bajo-agua

PERFIL DE SEDIMENTACION DE LA REPRESA

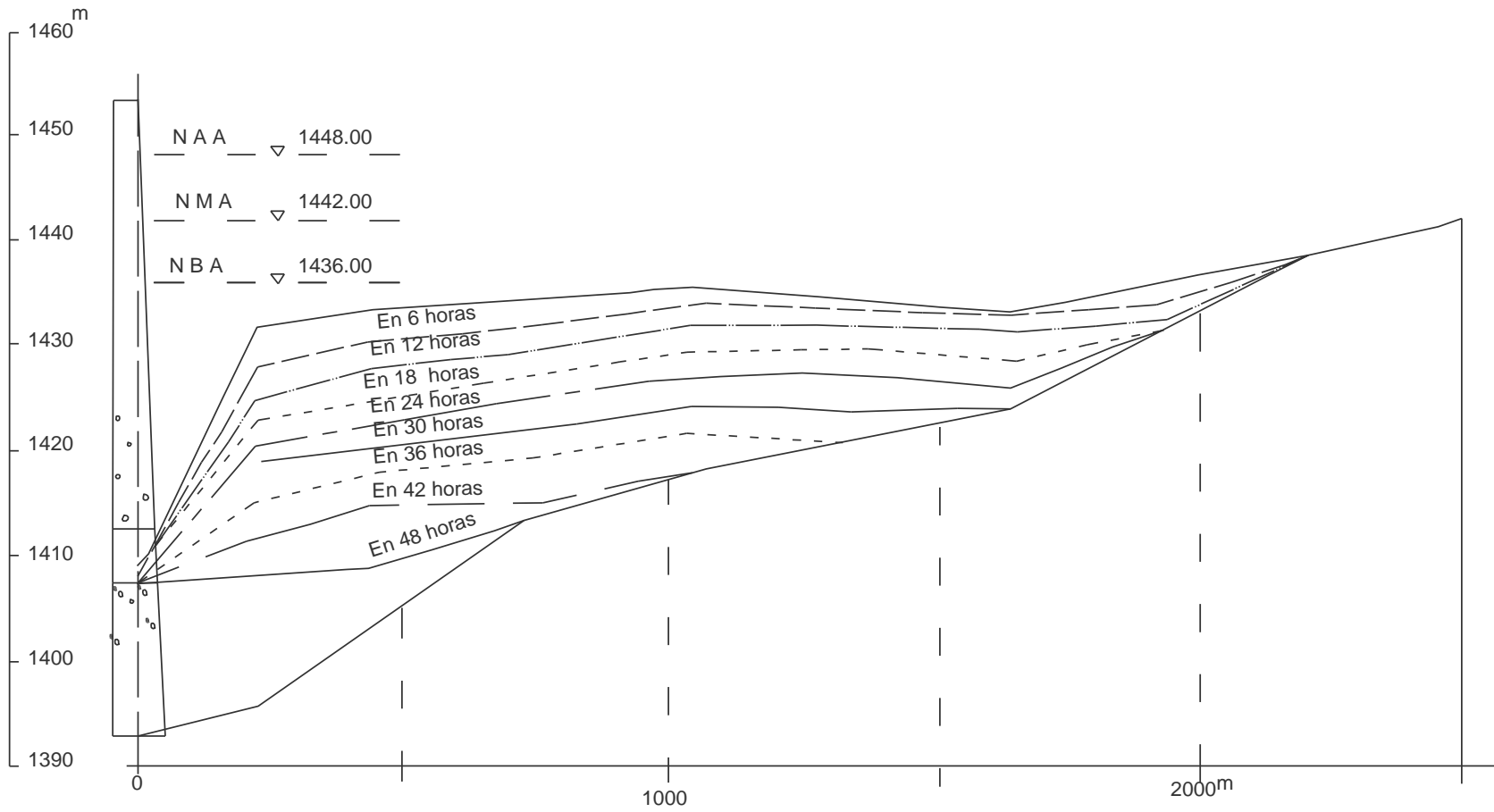


Gráfico No. 3.1



PERFIL DE SEDIMENTACION DE LA REPRESA

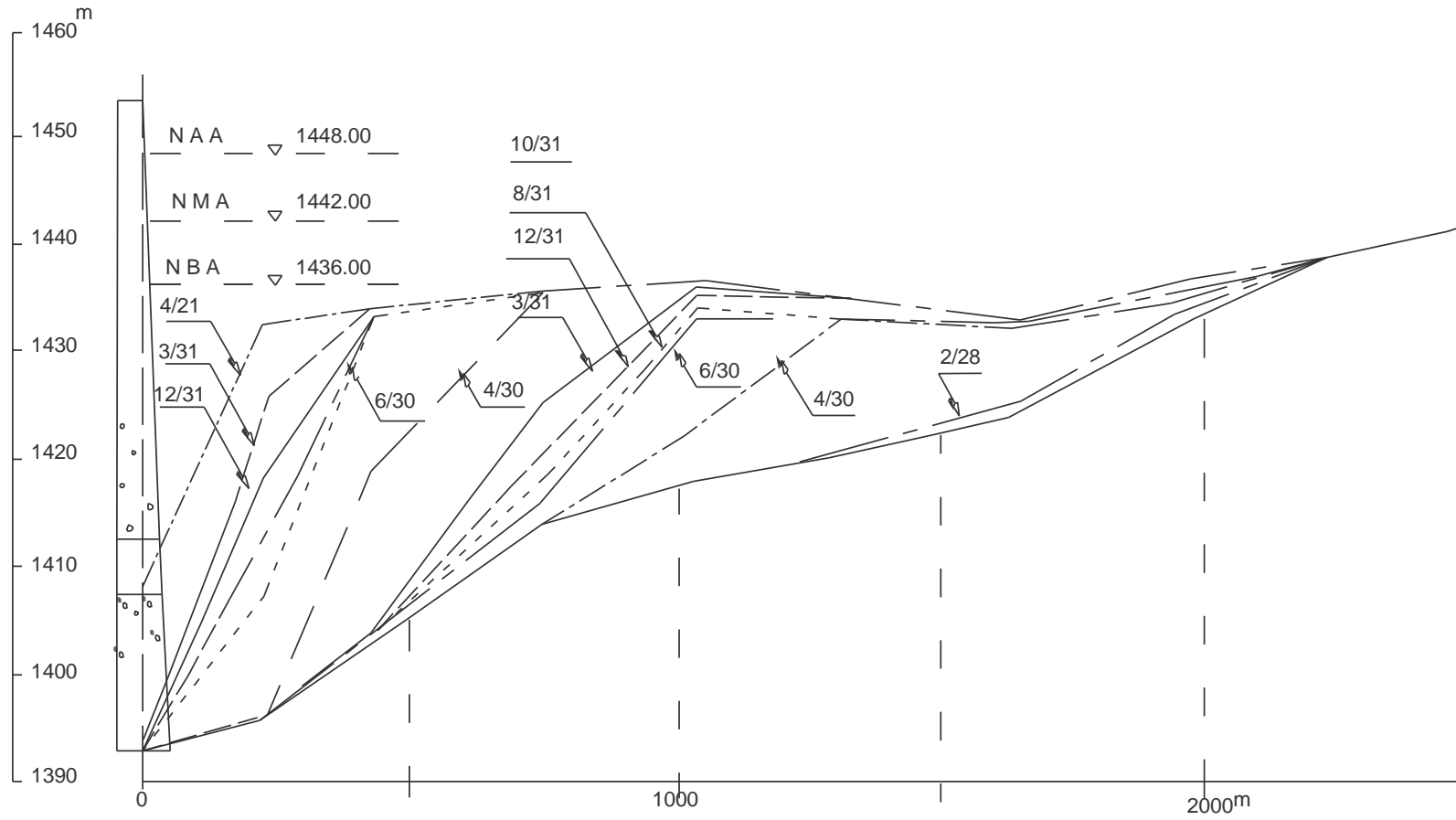


Gráfico No. 3.2

PERFIL DE SEDIMENTACION DE LA REPRESA

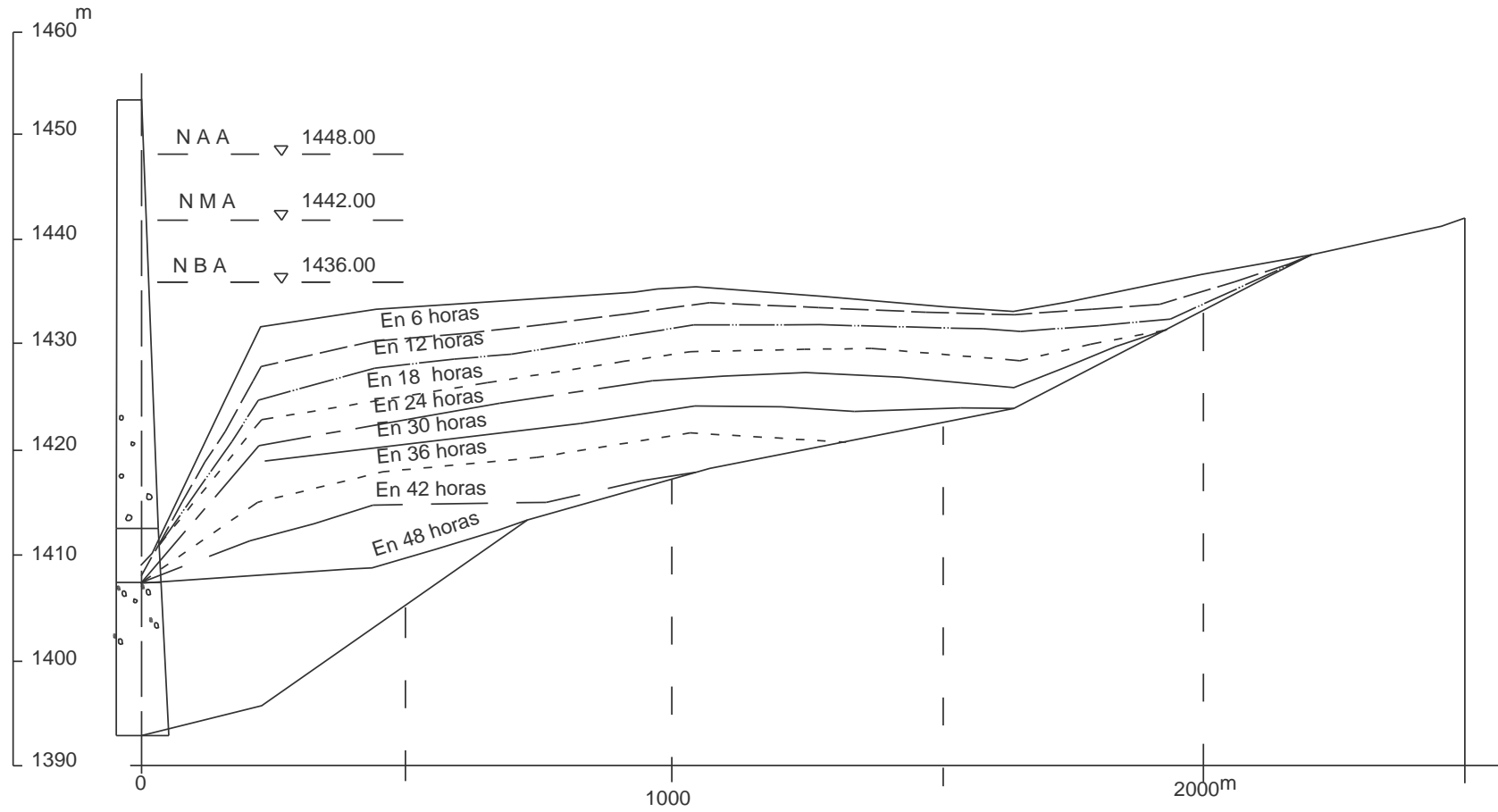


Gráfico No. 3.3

PERFIL DE SEDIMENTACION DE LA REPRESA

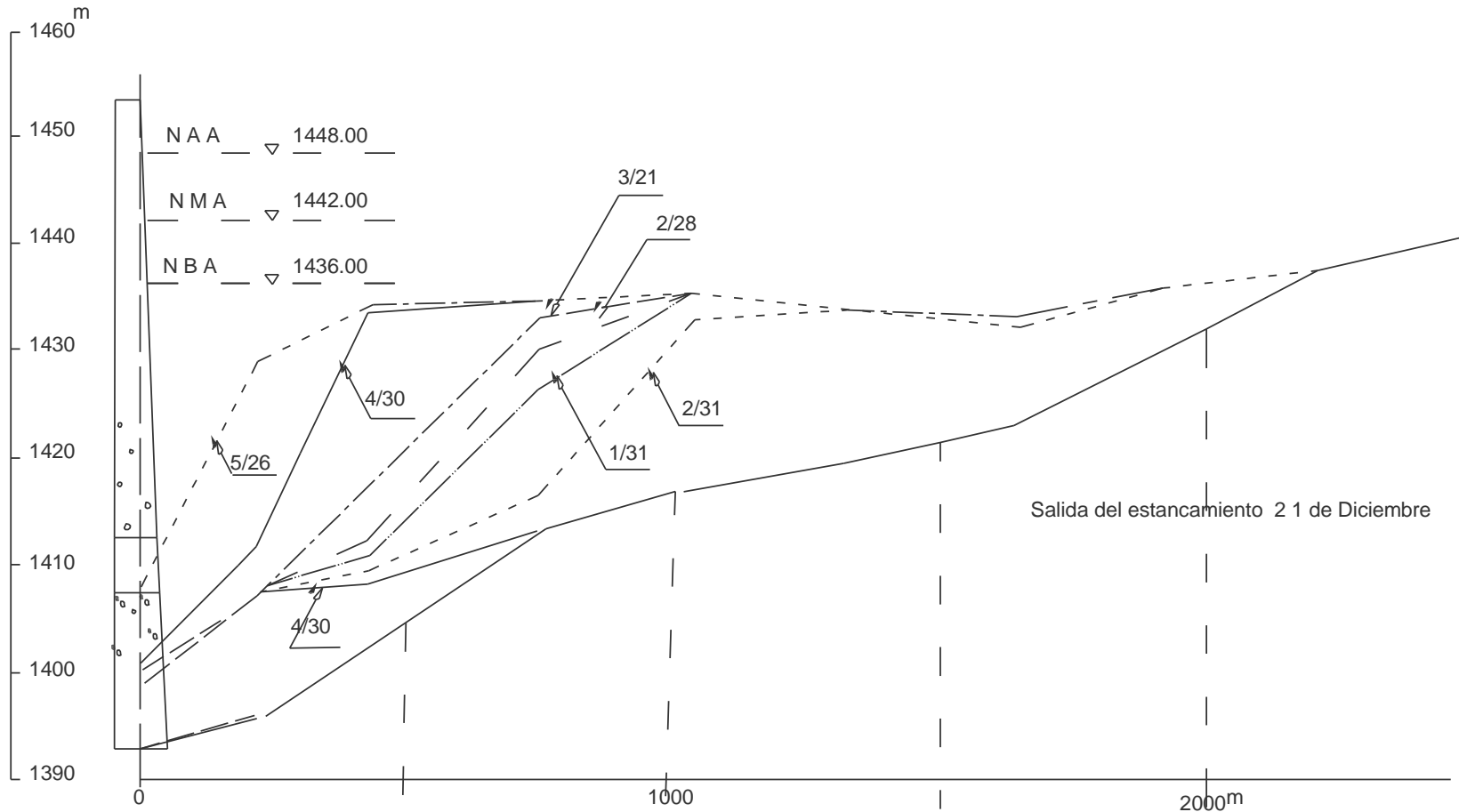


Gráfico No. 3.4

PERFIL DE SEDIMENTACION DE LA REPRESA

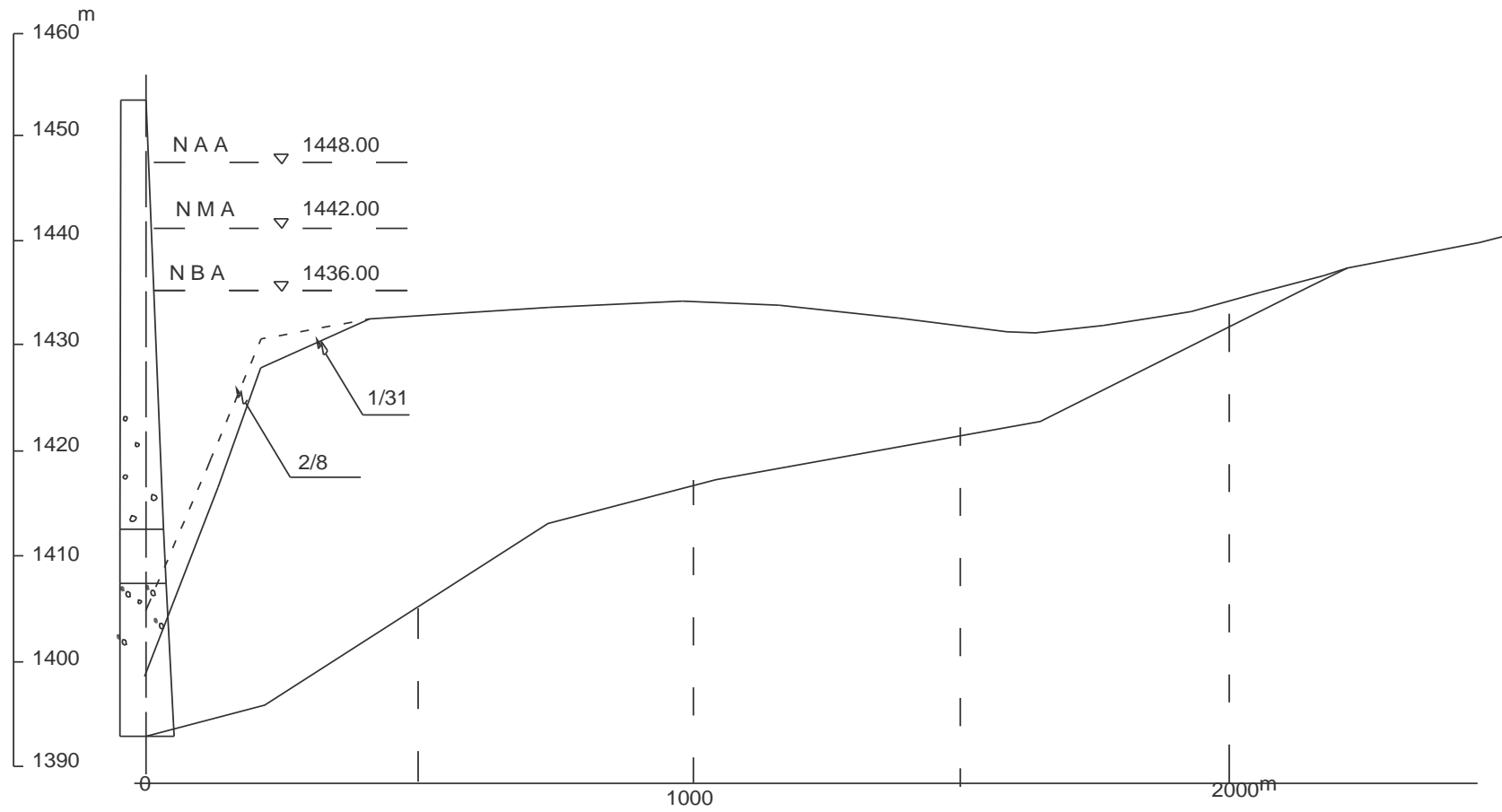


Gráfico No. 3.5

De acuerdo a los resultados anteriores, el sedimento depositado en la represa se vaciaría tres o cuatro veces por año en años de crecida, una vez por año en años de promedio de agua, y una vez cada 3 años en años de sequía, en cuanto al tiempo requerido para un solo vaciado sería aproximadamente 6 horas por bajar el nivel de agua del depósito, aproximadamente 48 horas para vaciar, y aproximadamente 10 horas para almacenar el agua nuevamente, un total de aproximadamente 64 horas (aproximadamente 3 días).

Esto fue ilustrado en este estudio que nos indica que podría ser posible vaciar fuera el material del sedimento regulando el almacenamiento a través de la compuerta de barrido de arena. Se recomienda a que las dimensiones del sedimento sean más detalladas utilizando como elementos de estudio la correlación entre escurrimiento de la descarga vs. cantidad de sedimento, y la granulometría clasificada según el tamaño, con esto se deberá llevar a cabo de ahora en adelante la preparación del Estudio Definido.

Sin embargo, complementando lo antedicho la Curva (1) y Curva (3) que detallan el cálculo que tiene que ser ejecutado en la fase de estudio definido y se recomienda realizarlo como modelo para verificar al resultado de cálculo.

### 3.9 OBSERVACIONES

#### **Utilidad Futura de la Red de Medición**

- De las tres estaciones hidrométricas utilizadas, una está prácticamente desmantelada y solo A.J. Cubi y D.J. Alambí tienen algún grado de operatividad. Sin embargo, dado que una operación-mantenimiento de las

mismas, requiere un gasto significativo, no solo en su reconstrucción integral sino, sobre todo, en su futuro y permanente control y operación, no se recomienda que para el proyecto se tome a cargo la tarea de operación-mantenimiento.

- Sería conveniente que, durante el tiempo que transcurra hasta la construcción del proyecto, se implemente un programa de aforos líquidos para el sitio de Toma Viña del Chespi. El programa sería implementado durante los meses de caudales bajos (junio, julio, agosto) para afianzar el conocimiento del caudal firme.

### **Confiabilidad de la información analizada y de los resultados del estudio**

La confiabilidad de la información procesada y sus resultados dependen fundamentalmente de la cantidad y calidad de los datos básicos de campo. Al respecto:

- La serie de caudales definida para el Proyecto Chespi es confiable por contar con datos actualizados de las dos estaciones más representativas, que además tienen un porcentaje muy bajo de datos faltantes. Al mismo tiempo que un periodo de 15 años es representativo de las condiciones que pueden prevalecer en un periodo mucho más largo.
- En cuanto a las crecidas se cree que los datos contenidos en el presente estudio son representativos debido a la mayor longitud de registros y menor porcentaje de datos faltantes.
- Para determinar la curva de descarga en el sitio de restitución convendría instalar o un registrador de niveles continuo y un limnómetro.

- En lo que se refiere a los hidrogramas estimados para una onda de crecida con un tiempo de retorno de 10.000 años, se ratifica los valores de los parámetros definidos en informes anteriores sobre el proyecto.
- La información, son registros propios de la cuenca del Guayllabamba y por lo tanto, suministran la verdadera respuesta hídrica de la misma, que aunque registrada en el pasado, permite esperarla semejantemente en el futuro cuando funcione el proyecto.
- Se cubren los aspectos meteorológico-hidrométrico-sedimentológico que requiere un aprovechamiento de la magnitud del Chespi, sin embargo, debido al funcionamiento hidráulico de las estaciones y algunas anomalías en la operación mantenimiento de las estaciones, hay algún grado de incertidumbre en cuanto a los caudales más bajos, incertidumbre que ha sido minimizada a través de la ponderación del caudal de la cuenca intermedia entre las dos estaciones del Guayllabamba para reajustar los registros de la cuenca .
- Adicionalmente, la campaña de aforos líquidos en estiaje, que se sugiere arriba, permitirá una comprobación adicional de refuerzo. Será conveniente que se la realice en cuantos estiajes transcurran hasta la construcción del proyecto.

El presente proyecto ha suministrado parámetros meteorológicos, hidrométricos y sedimentológicos que son necesarios tanto en la etapa de diseño como en la de construcción y sus resultados han sido claramente identificados en el texto del informe.

## 3.10 TABLAS ANUALES DE DATOS HIDROLÓGICOS

## 3.10.1 DATOS INICIALES DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO "CHESPI"

HASTA EL AÑO 1986

**TABLA 3.14 TEMPERATURA EN LA BASE DEL PROYECTO**

SITIO MESES	VIÑA DEL CHESPI ' 78 ' 81			QUITO OBSERVATORIO ' 68 ' 83		
	Mínima	Media	máxima	Mínima	media	máxima
Enero	12,1	18,9	25,3	2,4	13,6	25,5
Febrero	12,1	19,2	25,2	2,7	13,5	25,4
Marzo	14,1	19,5	27,2	3	13,7	25
Abril	13,2	19,7	28,2	3,6	13,6	24,8
Mayo	13	19,9	31	3,2	13,9	25
Junio	9,1	19,6	29,4	3,6	13,6	25
Julio	11	19,1	30,4	3,5	13,7	24,8
Agosto	10,1	19,5	33,2	2,2	13,8	26,6
Septiembre	11,1	19,2	28	3	13,8	26,1
Octubre	12,1	19,5	30,1	2,5	13,3	26,2
Noviembre	12	19,2	28,1	3,2	13,2	25
Diciembre	13,1	19,2	27	2,2	13,4	25,5
<b>TOTAL</b>		19,4			13,6	

**TABLA 3.15 EVAPORACIÓN EN LA BASE DEL PROYECTO**

UNIDAD: mm.

SITIO MESES	VIÑA DEL CHESPI ' 78 ' 81	QUITO OBSERVATORIO ' 68 ' 83
Enero	79,5	86,2
Febrero	72,2	71,6
Marzo	75,3	81,1
Abril	74,8	66,7
Mayo	90,9	78,9
Junio	100,6	93,7
Julio	124,8	125,7
Agosto	138,9	124,9
Septiembre	120,6	98,1
Octubre	131,0	78,2
Noviembre	97,9	65,9
Diciembre	89,3	80,9
<b>TOTAL</b>	1.195,8	1.051,9



**TABLA 3.16 LLUVIA MEDIA MENSUAL**

UNIDAD: mm. /meses

<b>MESES</b>	<b>VIÑA DEL CHESPI ' 78 ' 83</b>	<b>QUITO OBSERVATORIO 1891 1982</b>
Enero	99,8	114,3
Febrero	112,6	130,8
Marzo	104,5	156,5
Abril	134,2	177,8
Mayo	55,8	125,2
Junio	10,8	49,4
Julio	13,8	20,3
Agosto	16,5	25,5
Septiembre	30,5	80,3
Octubre	47,3	133,2
Noviembre	92,4	111,7
Diciembre	100,9	103,6
<b>TOTAL</b>	<b>819,1</b>	<b>1.228,6</b>

**TABLA 3.17 CAUDAL MEDIO MENSUAL EN ESTACIÓN A.J. CUBI GAUCING**

SERIE DE DATOS HIDROLÓGICOS

PERIODO: 1964 1983

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1964	46,96	43,97	52,75	43,48	60,68	65,00	41,01	38,63	48,09	37,57	39,14	35,02	552,31	46,03
1965	32,43	32,13	33,11	33,11	73,62	45,38	38,24	31,73	29,08	40254,0	110,59	58,96	40772,3	3397,70
1966	61,49	55,82	72,39	53,86	47,75	35,16	41,81	29,06	36,42	40,52	45,05	54,82	574,13	47,84
1967	46,23	51,62	68,19	36,72	31,16	52,45	46,79	30,42	21,15	30,80	33,81	50,67	500,01	41,67
1968	30,97	47,42	66,86	62,95	50,39	33,76	44,76	26,03	30,34	48,85	40,33	34,14	516,79	43,07
1969	36,72	44,49	38,21	89,18	69,61	59,41	35,60	38,49	33,35	54790,0	61,95	67,21	55364,2	4613,69
1970	67,13	109,94	90,94	64,52	85,05	85,05	85,05	147,88	153,24	142,87	193,99	161,17	1386,84	115,57
1971	60,64	83,75	77,65	84,70	54,16	42,68	35,89	21,30	42,54	48,29	59,49	51,86	662,96	55,25
1972	54,15	57,57	64,37	104,87	93,02	93,98	91,73	58,22	44,44	48,79	54,98	51,09	817,23	68,10
1973	38,87	42,56	49,77	110,90	89,99	92,12	88,16	56,25	40,63	44,88	50,04	56,47	760,64	63,39
1974	69,44	72,58	78,97	98,85	96,05	95,84	95,30	60,19	48,25	52,71	48,64	61,08	877,90	73,16
1975	100,00	102,60	108,18	86,79	102,11	99,57	102,44	64,13	55,88	60,54	47,25	65,68	995,17	82,93
1976	59,55	68,10	72,78	79,58	77,88	84,66	73,87	48,36	25,39	29,22	52,83	47,26	719,49	59,96
1977	29,86	31,28	44,31	47,89	50,82	66,05	55,09	35,01	30,71	31,45	41,66	44,78	508,93	42,41
1978	33,43	27,82	45,06	68,56	50,57	47,45	36,31	33,09	36,04	33,67	30,49	42,29	484,77	40,40
1979	32,47	25,17	57,20	58,81	53,82	52,55	30,08	17,48	22,06	27,53	27,06	24,92	429,14	35,76
1980	30,55	56,56	66,37	81,56	61,03	51,94	27,40	22,75	21,47	38,79	36,73	33,95	529,10	44,09
1981	27,10	32,79	54,89	69,32	50,48	26,50	39,96	22,07	23,03	25,51	39,03	27,52	438,19	36,52
1982	51,87	42,94	45,56	55,13	65,78	32,37	27,28	27,00	26,91	43,41	58,26	91,05	567,57	47,30
1983	68,60	70,19	84,57	95,28	81,39	43,97	29,66	29,89	29,06	32,08	33,88	47,66	646,21	53,85

**TABLA 3.18. CAUDAL MEDIO MENSUAL EN ESTACIÓN D.J. ALAMBÍ GAUCING**

SERIE DE DATOS HIDROLÓGICOS

PERIODO: 1964 1983

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1966	156,53	156,87	155,60	159,59	168,31	107,31	91,24	65,65	64,49	93,90	114,59	156,57	1490,66	124,22
1967	156,20	337,74	252,73	142,96	167,61	129,81	97,83	73,79	49,12	62,70	61,80	63,33	1595,60	132,97
1968	82,76	146,39	208,97	23,10	126,40	87,11	107,58	61,59	64,38	98,44	95,78	72,34	1174,84	97,90
1969	107,23	151,42	136,96	313,55	208,96	149,94	93,29	70,44	81,37	105,39	153,61	140,14	1712,28	142,69
1970	152,83	269,73	340,47	210,53	252,72	234,12	87,72	88,86	76,35	105,08	142,19	123,64	2084,23	173,69
1971	181,21	277,96	293,17	235,82	236,10	139,86	106,48	65,71	71,33	104,78	130,76	107,14	1950,32	162,53
1972	209,59	286,20	245,86	261,12	219,47	166,07	113,04	88,85	74,00	85,21	134,53	116,27	2000,21	166,68
1973	92,02	127,16	143,20	233,06	184,10	126,71	110,98	94,89	95,44	104,36	80,97	77,77	1470,66	122,55
1974	148,95	365,24	358,73	203,23	198,83	147,96	130,60	98,71	83,83	84,68	81,48	221,83	2124,06	177,01
1975	224,14	325,85	359,98	325,41	162,38	143,33	98,34	86,31	65,18	81,13	99,50	90,69	2062,25	171,85
1976	154,45	213,00	231,49	228,35	213,55	169,20	150,23	102,54	72,21	64,99	81,99	77,90	1759,89	146,66
1977	84,75	100,15	103,00	131,28	105,29	120,59	83,64	83,77	56,36	77,06	64,47	65,11	1075,47	89,62
1978	100,92	97,57	108,58	202,18	184,17	123,38	106,55	65,00	67,35	51,27	52,08	84,15	1243,21	103,60
1979	84,28	73,60	198,57	178,62	168,81	149,48	81,83	80,69	136,02	79,38	62,95	65,74	1359,97	113,33
1980	92,24	278,28	188,34	281,12	118,44	115,53	53,86	29,05	32,41	47,97	77,97	77,84	1393,05	116,09
1981	109,50	161,88	157,01	405,97	84,20	66,75	57,99	48,06	50,28	40,98	58,85	59,10	1300,57	108,38
1982	188,75	221,71	212,46	25,16	246,78	128,14	90,68	64,80	50,69	95,41	193,30	309,12	1826,99	152,25
1983	188,95	221,61	212,47	258,83	270,53	128,14	90,25	90,26	50,69	95,13	193,23	181,42	1981,50	165,12

**TABLA 3.19 TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA EN LA CUBETA DEL PROYECTO**

DATOS HIDROLÓGICOS ACTUALES DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI.

SERIE DE DATOS HIDROLÓGICOS

PERIODO: 1982 1990

**VAL. MENSUALES**

<b>AÑOS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
1982	12,1	13,1	14	14	13	11	11	12	13,1	14	14	141,30	12,85	12,1
1983	15	6,55	15	15	13,1	12,1	12	12	12,4	12,4	13,2	138,75	12,61	15
1984	11,2	13,2	13	13,2	13,1	11	10,3	11,3	12,2	12,1	13,1	133,70	12,15	11,2
1985	13	11,2	12,4	12,2	10	10,1	11	10	11	11	10,2	122,10	11,10	13
1986	11	11,4	12,2	11,2	10,2	9,2	9,4	10,2	10	10,2	10,4	115,40	10,49	11
1987	12	11,3	12,2	10,4	10,4	10	9,2	10,2	11,2	10	11	117,90	10,72	12
1989	8,4	8,2	7,2	9	8	6,1	6,4	7,4	8,2	8,2	8	85,10	7,74	8,4
1990	9	9	9	9,7	9,2	8,05	7,8	8,8	9,7	9,1	9,5	98,85	8,99	9
suma	91,7	84,0	95,0	94,7	87,0	77,6	77,1	81,9	87,8	87,0	89,4	953,10	79,43	91,7
media	11,8	10,7	12,3	12,1	11,1	9,9	9,9	10,4	11,2	11,1	11,4	122,0	11,1	11,8
mínima	8,4	6,6	7,2	9,0	8,0	6,1	6,4	7,4	8,2	8,2	8,0	85,1	7,7	8,4
máxima	15,0	13,2	15,0	15,0	13,1	12,1	12,0	12,0	13,1	14,0	14,0	141,3	12,8	15,0
amplit	6.6	5.0	7.8	4.9	6.0	5.1	6.0	5.6	4.6	4.9	5.8	6.0	68,3	8.9

**TABLA 3.20 TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA EN LA CUBETA DEL PROYECTO**

SERIE DE DATOS HIDROLÓGICOS

PERIODO: 1982-1990

VALORES MENSUALES												VALORES ANUALES		
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1982	25,1	26,2	26,4	26,4	28,1	31,3	28,2	29,3	31,2	26,4	32,3	310,90	28,26	25,1
1983	27,1	27,2	27,2	28,1	29,1	30,3	32,0	27,2	27	26,4	26	307,60	27,96	27,1
1984	25,2	25,3	26,0	26,4	25,2	26,1	27,0	27,4	26,4	27,2	26,2	288,40	26,22	25,2
1985	25,0	25,3	26,3	26,4	26,0	26,4	26,3	26,4	27,1	29,2	27,1	291,50	26,50	25
1986	25,0	24,4	29	27,1	26,0	31,0	31,4	33,1	28	27,4	27	309,40	28,13	25
1987	25,4	24,3	27,4	27	31,4	28,4	26,0	27,2	27,2	29,1	29,2	302,60	27,51	25,4
1989	27	24,2	26,2	26,2	27,4	28	27,4	28,4	27,3	27	27,2	296,30	26,94	27
1990	25,3	27,4	25,4	26,6	29,4	28,2	26,7	27,8	27,25	28,05	28,2	300,30	27,30	25,3
Suma	205,1	204,3	213,9	214,2	222,6	229,7	225,0	226,8	221,5	220,8	223,2	2407,0	200,58	205,1
Media	25,6	25,5	26,7	26,8	27,8	28,7	28,1	28,4	27,7	27,6	27,9	2407,0	27,4	25,6
Mínima	25,0	24,2	25,4	26,2	25,2	26,1	26,0	26,4	26,4	26,4	26,0	2689,6	23,61	25,0
Máxima	27,1	27,4	29,0	28,1	31,4	31,3	32,0	33,1	31,2	29,2	32,3	332,10	27,68	27,1
Amplit	2.1	3.2	3.6	3.0	1.9	6.2	5.2	5.7	6.7	4.8	2.8	6.2	49,4	8.9

**TABLA 3.21 EVAPORACIÓN EN LA BASE DEL PROYECTO**

EVAPORACIÓN POTENCIAL EN LA EST. VIÑA DEL CHESPI

PERIODO: 1982-1989

AÑOS	VALORES MENSUALES											VALORES ANUALES		
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1985	69,60	78,10	94,80	94,30	100,30	92,00	93,50	86,10	96,40	96,00	95,50	996,60	90,60	69,60
1986	91,00	76,60	101,20	95,40	89,10	105,00	105,90	103,30	92,30	96,80	97,00	1053,6	95,78	91,00
1987	92,60	78,05	92,20	93,90	91,90	94,40	105,00	97,60	96,60	97,70	97,80	1037,7	94,34	92,60
1989	79,50	79,50	88,60	96,40	91,50	103,80	101,20	90,00	91,20	95,10	107,30	1024,1	93,10	79,50
suma	332,7	312,2	376,80	380,00	372,80	395,20	405,60	377,00	376,50	385,60	397,60	4112,0	373,82	332,70
media	83,18	78,06	94,20	95,00	93,20	98,80	101,40	94,25	94,13	96,40	99,40	1028,0	93,46	83,18
mínima	69,60	76,60	88,60	93,90	89,10	92,00	93,50	86,10	91,20	95,10	95,50	996,60	90,60	69,60
máxim	92,60	79,50	101,20	96,40	100,30	105,00	105,90	103,30	96,60	97,70	107,30	1053,6	95,78	92,60
amplit	23.0	2.9	12.6	23.1	2.5	11.2	13.0	12.4	17.2	5.4	2.6	11.8	12.8	37.7

**TABLA 3.22 LLUVIA MEDIA MENSUAL**

PRECIPITACIÓN MENSUAL EN LA VIÑA DEL CHESPI

PERÍODO: 1980 – 1990

**VALORE MENSUALES**

<b>AÑOS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
1980	131.5	196.1	29.0	161.9	21.5	16.7	2.7	14.1	7.1	67.3	63.2	30.4	741.5	61.7
1981	37.5	66.0	131.2	137.3	49.4	9.6	25.1	28.1	13.9	39.9	51.5	85.1	674.6	56.2
1982	182.9	126.0	96.1	186.1	108.4	7.8	25.1	1.8	11.9	82.9	255.7	265.9	1350.6	112.5
1983	53.8	128.4	143.6	98.1	41.8	14.6	3.4	20.0	10.0	71.3	78.6	211.2	874.8	72.9
1984	123.9	138.0	129.4	112.3	60.6	34.3	18.1	6.9	86.9	53.4	66.0	32.2	862.0	71.8
1985	61.6	64.1	93.8	145.7	94.3	11.3	9.0	26.5	39.1	28.4	25.0	69.5	668.3	55.6
1986	91.0	134.0	143.2	68.6	59.4	4.1	0.0	2.9	11.3	93.3	39.8	36.5	684.1	57.0
1987	125.6	124.3	123.2	84.3	96.9	1.9	17.4	13.0	49.6	19.6	33.7	7.8	628.45	65.23
1989	138.5	89.5	345.8	62.6	52.4	58.5	9.8	6.2	47.0	83.2	25.1	86.3	1004.9	83.7
1990	26.7	113.9	35.8											
suma	973.0	1056.0	1271.1	1056.9	584.7	158.8	110.6	119.5	276.8	539.3	638.6	824.9	7610.2	634.1
media	97.3	117.3	127.1	117.4	64.9	17.6	12.2	13.2	30.7	59.9	70.9	91.6	820.6	68.3
mínima	26.7	64.1	29.0	62.6	21.5	1.9	0.0	1.8	7.1	19.6	25.0	7.8	1.9	34.5
máxima	182.9	196.1	345.8	186.1	108.4	58.5	25.1	28.1	86.9	93.3	255.7	265.9	1056.9	345.8
amplit	156.2	132.0	316.8	123.5	86.9	56.6	25.1	26.3	79.8	73.7	230.7	258.1	124.3	345.8

**TABLA 3.23 HUMEDAD RELATIVA**

PERIODO: 1982-1990

**VALORES MENSUALES****VALORES ANUALES**

<b>AÑOS</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>SUMA</b>	<b>MEDIA</b>
1982	84,0	83,0	82,0	80,0	80,0	79,0	77,0	79,0	82,0	82,0	83,0	972,0	81,0	84,0
1983	82,0	80,0	81,0	80,0	78,0	77,0	80,0	82,0	82,0	85,0	84,0	972,0	81,0	82,0
1984	86,0	86,0	85,0	83,0	84,0	83,0	83,0	85,0	84,0	83,0	85,0	1011,0	84,3	86,0
1985	87,0	85,0	84,0	84,0	82,0	80,0	81,0	81,0	79,0	82,0	85,0	994,0	82,8	87,0
1986	87,0	86,0	85,0	84,0	83,0	81,0	80,0	80,0	83,0	82,0	81,0	998,0	83,2	87,0
1987	84,0	86,0	80,0	82,0	77,0	79,0	79,0	79,0	78,0	77,0	79,0	962,0	80,2	84,0
1989	87,0	86,0	84,0	84,0	83,0	77,0	78,0	80,0	84,0	82,0	81,0	991,0	82,6	87,0
1990	84,0	85,0	84,0	83,0	80,0	78,0	78,5	79,5	81,0	79,5	80,0	892,5	81,1	84,0
suma	681,0	677,0	665,0	660,0	647,0	634,0	636,5	645,5	653,0	652,5	658,0	7792,5	656,1	681,0
media	85,1	84,6	83,1	82,5	80,9	79,3	79,6	80,7	81,6	81,6	82,3	974,1	82,0	85,1
mínima	82,0	80,0	80,0	80,0	77,0	77,0	77,0	79,0	78,0	77,0	79,0	892,5	80,2	82,0
máxima	87,0	86,0	85,0	84,0	84,0	83,0	83,0	85,0	84,0	85,0	85,0	1011,0	84,3	87,0
amplit	5,0	6,0	5,0	4,0	7,0	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0		10,0	5,0



**TABLA 3.24 CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN DE MEDICIÓN D.J. ALAMBÍ**

SERIE DE DATOS HIDROLÓGICOS

PERÍODO: 1984 2001

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1984	147,48	277,04	231,25	221,42	167,94	108,23	76,89	108,08	129,98	110,15	119,30	31238,75	26033,23	147,48
1985	180,97	140,02	123,73	170,17	109,96	85,57	69,34	63,21	61,46	51,14	82,75	151304,3	12608,69	180,97
1986	146,36	180,31	275,25	169,83	103,30	82,67	48,45	52,55	64,67	76,29	69,27	229147,9	19095,66	146,36
1987	110,20	104,37	137,81	184,04	93,63	66,63	48,84	55,60	63,73	46,88	41,26	112629,9	9385,83	110,20
1988	90,01	96,74	78,20	151,33	106,32	105,36	66,67	73,52	64,58	164,85	99,87	176087,4	14673,95	90,01
1989	236,90	283,05	259,66	226,61	126,91	95,31	61,47	61,58	85,46	66,28	79,67	177204,8	14767,07	236,90
1990	157,31	132,01	133,08	135,08	83,17	65,41	59,49	42,07	70,17	44,67	59,46	172043,9	14336,99	157,31
1991	77,71	78,98	166,93	135,62	89,69	80,16	60,82	48,21	38,45	52,73	75,96	134906,2	11242,19	77,71
1992	62,07	88,41	95,29	104,06	77,66	64,23	62,14	64,54	57,31	42,08	39,28	133269,0	11105,75	62,07
1993	103,08	155,37	133,46	135,95	125,83	113,65	80,60	39,08	63,01	102,38	105,25	144190,6	12015,89	103,08
1994	214,03	255,97	340,60	223,36	123,66	86,86	81,55	64,04	72,58	93,30	125,15	370209,0	30850,76	214,03
1995	124,36	110,38	135,21	140,55	123,66	93,22	86,53	66,78	88,41	149,72	98,98	206428,8	17202,40	124,36
1996	127,03	246,69	316,98	252,73	197,64	139,90	102,97	82,03	78,01	64,51	58,97	1667,46	151,59	127,03
1997	153,02	151,50	179,61	166,91	138,06	100,69	74,43	85,79	79,85	185,08	159,58	198447,5	16537,29	153,02
1998	104,05	127,41	136,77	269,10	164,79	96,90	69,39	78,50	69,02	115,04	116,31	1347,29	122,48	104,05
2000	234,06	255,63	373,76	371,30	191,52	93,12	64,35	71,21	58,18	45,00	73,03	379702,1	31641,85	234,06
2001	106,56	203,56	276,68	269,10	164,79	96,90	69,39	78,50	69,02	115,04	116,31	288987,8	24082,32	106,56
suma	1166,19	1506,52	1893,08	1829,01	1229,94	821,23	629,22	565,93	578,08	870,08	853,57	1590980	132581,7	1166,19
media	145,77	188,32	236,63	228,63	153,74	102,65	78,65	70,74	72,26	108,76	106,70	264665,8	22055,49	145,77
mínim	103,08	110,38	133,46	135,95	123,66	86,86	64,35	39,08	58,18	45,00	58,97	143991,9	11999,33	103,08
maxim	234,06	255,97	373,76	371,30	197,64	139,90	102,97	85,79	88,41	185,08	159,58	380065,4	31672,12	234,06
ampli	174.830	291.635	295.564	294.297	287.097	167.368	96.363	73.923	103.615	91.532	151.222	269.834		376.925

**TABLA 3.25. CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN DE MEDICIÓN A.J. CUBI**

SERIE DE DATOS HIDROLÓGICOS

PERÍODO: 1984 1992

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1984	50,52	73,54	59,42	72,74	60,17	45,36	34,26	50,84	55,01	50,56	43,00	84057,43	7004,79	50,52
1985	37,55	29,94	33,41	46,14	38,29	37,50	41,08	33,15	30,23	25,42	28,58	36901,28	3075,11	37,55
1986	35,11	37,52	79,94	43,80	35,92	39,62	22,11	24,03	35,84	44,77	29,39	60706,04	5058,84	35,11
1987	33,61	38,82	43,68	65,37	28,29	35,25	29,23	23,56	34,96	25,96	23,09	51054,82	4254,57	33,61
1988	22,24	23,04	25,45	44,47	38,94	52,98	24,24	26,90	35,40	44,27	61,39	57654,31	4804,53	22,24
1989	27,93	30,93	68,29	58,29	51,75	41,07	19,78	25,23	35,18	35,11	42,24	42580,79	3548,40	27,93
1991	25,09	38,26	59,14	31,68	45,35	47,02	22,01	18,78	27,37	41,84	40,46	43838,98	3653,25	25,09
1992	29,20	34,59	63,71	44,98	18,05	44,05	12,97	11,35	8,62	10,02	8878,00	51949,04	4329,09	29,20
suma	261,24	306,64	433,04	407,47	316,76	342,86	205,66	213,82	262,62	277,95	9146,15	428742,7	35728,56	261,24
media	32,65	38,33	54,13	50,93	39,59	42,86	25,71	26,73	32,83	34,74	1143,27	53592,84	4466,07	32,65
minim	22,24	23,04	25,45	31,68	18,05	35,25	12,97	11,35	8,62	10,02	23,09	36741,75	3061,81	22,24
maxim	50,52	73,54	79,94	72,74	60,17	52,98	41,08	50,84	55,01	50,56	8878,00	92927,39	7743,95	50,52
ampli	77.753	86.900	82.731	74.383	70.950	81.526	75.158	134.918	141.891	134.257	183.969	152.291		185.375

## 3.11 COMPARACIÓN DE DATOS INICIALES CON DATOS ACTUALES

## 3.11.1 RESUMEN DE DATOS (OBTENIDO DE LOS CUADROS ANTERIORES)

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 3.26</b>
---------------------------------------	----------------------

<i>TEMPERATURA EN LA BASE DEL PROYECTO</i>				<i>DATOS ACTUALES</i>		
<b>SITIO MESES</b>	<b>VIÑA DEL CHESPI ' 82 ' 90</b>			<b>QUITO OBSERVATORIO ' 84 2001</b>		
	<b>mínima</b>	<b>media</b>	<b>máxima</b>	<b>Mínima</b>	<b>media</b>	<b>máxima</b>
enero	25,0	25,6	27,1	20	20,55	21,1
febrero	24,2	25,7	27,4	19,2	20,7	22,2
marzo	25,4	26,7	29,0	19,6	21,95	24,3
Abril	26,2	27,0	29,2	21,2	22,5	23,8
mayo	26,2	26,8	28,1	23,1	24,2	25,3
Junio	25,2	27,6	31,4	22,3	25,3	28,3
Julio	26,1	28,7	31,3	23,2	25,75	28,3
agosto	26,3	28,3	32,0	23,2	26,1	29
septiembre	26,4	28,4	33,1	23,2	26,65	30,1
octubre	26,4	27,7	31,2	20,1	22,35	24,6
noviembre	26,4	27,5	29,2	16,1	19,25	22,4
diciembre	26,0	27,8	32,2	16,1	19,6	23,1
<b>TOTAL</b>		25,18			22,91	

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 3.27</b>
---------------------------------------	----------------------

<i>EVAPORACIÓN EN LA BASE DEL PROYECTO</i>		<i>DATOS ACTUALES</i>
<b>SITIO MESES</b>	<b>VIÑA DEL CHESPI 82 ' 89</b>	<b>QUITO OBSERVATORIO ' 83 2003</b>
enero	83,1	79,3
Febrero	78	74,3
Marzo	94,2	90,1
Abril	91,6	87,2
Mayo	95	90,6
Junio	93,2	88,4
Julio	98,8	95,1
Agosto	101,4	97,2
Septiembre	94,2	89,6
Octubre	94,1	90,4
Noviembre	96,4	92,6

Diciembre	99,4	95,7
<b>TOTAL</b>	1.119,40	1.070,50

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 3.28</b>
---------------------------------------	----------------------

<i>TEMPERATURA EN LA BASE DEL PROYECTO</i>	<i>DATOS COMPARATIVOS</i>
--	---------------------------

**3.11.2 CUADROS COMPARATIVOS**

SITIO MESES	VIÑA DEL CHESPI ' 78 ' 81			SITIO MESES	VIÑA DEL CHESPI ' 82 ' 90		
	mínima	Media	máxima		mínima	media	máxima
enero	12,1	18,9	25,3	enero	25	25,6	27,1
Febrero	12,1	19,2	25,2	febrero	24,2	25,7	27,4
Marzo	14,1	19,5	27,2	marzo	25,4	26,7	29
Abril	13,2	19,7	28,2	Abril	26,2	27	29,2
Mayo	13	19,9	31	mayo	26,2	26,8	28,1
Junio	9,1	19,6	29,4	Junio	25,2	27,6	31,4
Julio	11	19,1	30,4	Julio	26,1	28,7	31,3
Agosto	10,1	19,5	33,2	agosto	26,3	28,3	32
septiembre	11,1	19,2	28	septiembre	26,4	28,4	33,1
Octubre	12,1	19,5	30,1	octubre	26,4	27,7	31,2
noviembre	12	19,2	28,1	noviembre	26,4	27,5	29,2
diciembre	13,1	19,2	27	diciembre	26	27,8	32,2
<b>TOTAL</b>		19,4		<b>TOTAL</b>		25,18	

<i>TEMPERATURA EST. QUITO OBSERVATORIO</i>	<i>DATOS COMPARATIVOS</i>
--	---------------------------

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 3.30</b>
---------------------------------------	----------------------

SITIO MESES	QUITO OBSERVATORIO ' 68 ' 83			SITIO MESES	QUITO OBSERVATORIO ' 84 ' 01		
	Mínima	media	máxima		Mínima	media	Máxima
enero	2,4	13,6	25,5	enero	20	20,55	21,1
Febrero	2,7	13,5	25,4	febrero	19,2	20,7	22,2
Marzo	3	13,7	25	marzo	19,6	21,95	24,3
Abril	3,6	13,6	24,8	Abril	21,2	22,5	23,8
Mayo	3,2	13,9	25	mayo	23,1	24,2	25,3
Junio	3,6	13,6	25	Junio	22,3	25,3	28,3
Julio	3,5	13,7	24,8	Julio	23,2	25,75	28,3
Agosto	2,2	13,8	26,6	agosto	23,2	26,1	29
septiembre	3	13,8	26,1	septiembre	23,2	26,65	30,1
Octubre	2,5	13,3	26,2	octubre	20,1	22,35	24,6
Noviembre	3,2	13,2	25	noviembre	16,1	19,25	22,4
Diciembre	2,2	13,4	25,5	diciembre	16,1	19,6	23,1
<b>TOTAL</b>		13,6		<b>TOTAL</b>		22,91	

SITIO MESES	VIÑA DEL CHESPI ' 78 ' 81	VIÑA DEL CHESPI 82 ' 89
enero	79,5	83,1
Febrero	72,2	78
Marzo	75,5	74,2
Abril	74,8	91,6
Mayo	90,9	95
Junio	100,6	93,2
Julio	124,8	98,8
Agosto	138,9	101,4
septiembre	120,6	94,2
Octubre	131	94,1
noviembre	97,9	96,4
Diciembre	89,3	99,4
<b>TOTAL</b>	1.195,80	1.119,40

<b>EVAPORACIÓN EST. QUITO – OBSERVATORIO</b>	<b>DATOS COMPARATIVOS</b>
--	---------------------------

SITIO MESES	QUITO OBSERVATORIO ' 68 ' 83	QUITO OBSERVATORIO ' 83 2003
Enero	86,2	79,3

Febrero	71,6	74,3
<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>		
		<b>TABLA No 3.32</b>
Abril	66,7	87,2
Mayo	78,9	90,6
Junio	93,7	88,4
Julio	125,7	95,1
Agosto	124,9	97,2
septiembre	98,1	89,6
Octubre	78,2	90,4
noviembre	65,9	92,6
Diciembre	80,9	95,7
<b>TOTAL</b>	<b>1.051,90</b>	<b>1.070,50</b>

LLUVIA MEDIA MENSUAL BASE DEL PROYECTO DATOS COMPARATIVOS

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>		<b>TABLA No 3.33</b>
<b>SITIO</b>	<b>VINA DEL CHESPI</b>	<b>VINA DEL CHESPI</b>
<b>MESES</b>	<b>'78 '83</b>	<b>80 '90</b>
Enero	99,8	97,3
Febrero	112,6	117,3
Marzo	104,5	127,1
Abril	134,2	117,4
Mayo	55,8	64,9
Junio	10,8	17,6
Julio	13,8	12,2
Agosto	16,5	13,2
septiembre	30,5	30,7
Octubre	47,3	59,9
noviembre	92,4	70,9
Diciembre	100,9	91,6
<b>TOTAL</b>	<b>819,1</b>	<b>820,1</b>

LLUVIA MEDIA M. EST. QUITO -OBSERVATORIO DATOS COMPARATIVOS

Ñ{SITIO MESES	QUITO OBSERVATORIO		QUITO OBSERVATORIO	
	1891	1982	1980	2000
Enero	93,4		91,5	
Febrero	112,2		124,1	
Marzo	121,4		136,7	
Abril	112,1		98,5	
Mayo	59,3		69,8	
Junio	12,4		22,6	
Julio	9,1		10,3	
Agosto	10,3		13,5	
septiembre	26,8		27,1	
Octubre	53,6		73,2	
noviembre	65,2		48,4	
Diciembre	86,6		75,2	
<b>TOTAL</b>	762,4		790,90	

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No 3.34***CAUDAL MEDIO MENSUAL EST. A.J. CUBI*

DATOS COMPARATIVOS

<b>CAUDAL MEDIO MENSUAL</b>		
<b>MESES</b>	<b>PROMEDIO '65-'83</b>	<b>PROMEDIO '84-'92</b>
ENERO	46,73	34,70
FEBRERO	52,65	40,18
MARZO	62,40	52,76
ABRIL	66,54	53,39
MAYO	63,22	51,78
JUNIO	49,88	38,77
JULIO	43,57	41,96
AGOSTO	39,09	26,23
SEPTIEMBRE	38,81	26,94
OCTUBRE	46,47	32,00
NOVIEMBRE	58,56	34,69
DICIEMBRE	57,48	33,54
<b>PROMEDIO</b>	<b>52,12</b>	<b>38,91</b>

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No 3.35***CAUDAL MEDIO MENSUAL EST. D.J. ALAMBÍ*

DATOS COMPARATIVOS

<b>CAUDAL MEDIO MENSUAL</b>		
<b>MESES</b>	<b>PROMEDIO '64-'83</b>	<b>PROMEDIO '84-'01</b>
ENERO	139,74	137,44
FEBRERO	211,80	187,66
MARZO	212,22	203,141
ABRIL	184,26	222,34
MAYO	135,19	183,61
JUNIO	97,34	129,07
JULIO	75,50	93,66
AGOSTO	68,97	71,52
SEPTIEMBRE	82,10	66,48
OCTUBRE	104,45	76,08
NOVIEMBRE	116,12	95,51
DICIEMBRE	1644,76	103,65
<b>PROMEDIO</b>	<b>256,04</b>	<b>130,85</b>



<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 3.36</b>
<i>CAUDAL MÍNIMO MENSUAL EST. A.J. CUBI</i>	DATOS COMPARATIVOS

<b>CAUDAL MÍNIMO MENSUAL</b>		
<b>MESES</b>	<b>Q. MÍNIMO '64-'83</b>	<b>Q. MÍNIMO '84-'01</b>
ENERO	27,10	22,20
FEBRERO	25,20	23,00
MARZO	33,10	25,40
ABRIL	33,10	36,52
MAYO	31,20	31,70
JUNIO	26,50	18,00
JULIO	27,30	35,30
AGOSTO	17,50	13,00
SEPTIEMBRE	21,20	11,40
OCTUBRE	25,50	8,60
NOVIEMBRE	27,10	10,00
DICIEMBRE	24,90	23,10
<b>PROMEDIO</b>	<b>26,64</b>	<b>21,52</b>

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No 3.37</b>
---------------------------------------	----------------------

<i>CAUDAL MÍNIMO MENSUAL EST. A.J. CUBI</i>	DATOS COMPARATIVOS
---	--------------------

<b>CAUDAL MEDIO MENSUAL</b>		
<b>MESES</b>	<b>Q. MÁXIMO '64-'83</b>	<b>Q. MÁXIMO '84-'01</b>
ENERO	100,00	50,50
FEBRERO	109,90	73,50
MARZO	108,20	79,90
ABRIL	110,90	83,46
MAYO	102,10	72,70
JUNIO	99,60	62,20
JULIO	102,40	53,00
AGOSTO	147,90	41,10
SEPTIEMBRE	153,20	50,80
OCTUBRE	142,90	55,00
NOVIEMBRE	194,00	50,60
DICIEMBRE	161,20	88,70
<b>PROMEDIO</b>	<b>127,69</b>	<b>63,46</b>

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No 3.38***CAUDAL MÍNIMO MENSUAL EST. D.J. ALAMBÍ*

DATOS COMPARATIVOS

<b>CAUDAL MEDIO MENSUAL</b>		
<b>MESES</b>	<b>Q. MÍNIMO '64-'83</b>	<b>Q. MÍNIMO '84-'01</b>
ENERO	82,75	62,07
FEBRERO	73,60	78,98
MARZO	103,00	78,2
ABRIL	23,10	11,17
MAYO	84,20	104,06
JUNIO	66,75	77,65
JULIO	53,86	64,23
AGOSTO	29,00	48,45
SEPTIEMBRE	32,40	39,08
OCTUBRE	40,98	38,45
NOVIEMBRE	52,07	42,07
DICIEMBRE	59,09	39,28
<b>PROMEDIO</b>	<b>58,40</b>	<b>56,97</b>

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No 3.39***CAUDAL MEDIO ANUAL EST. D.J. ALAMBÍ*

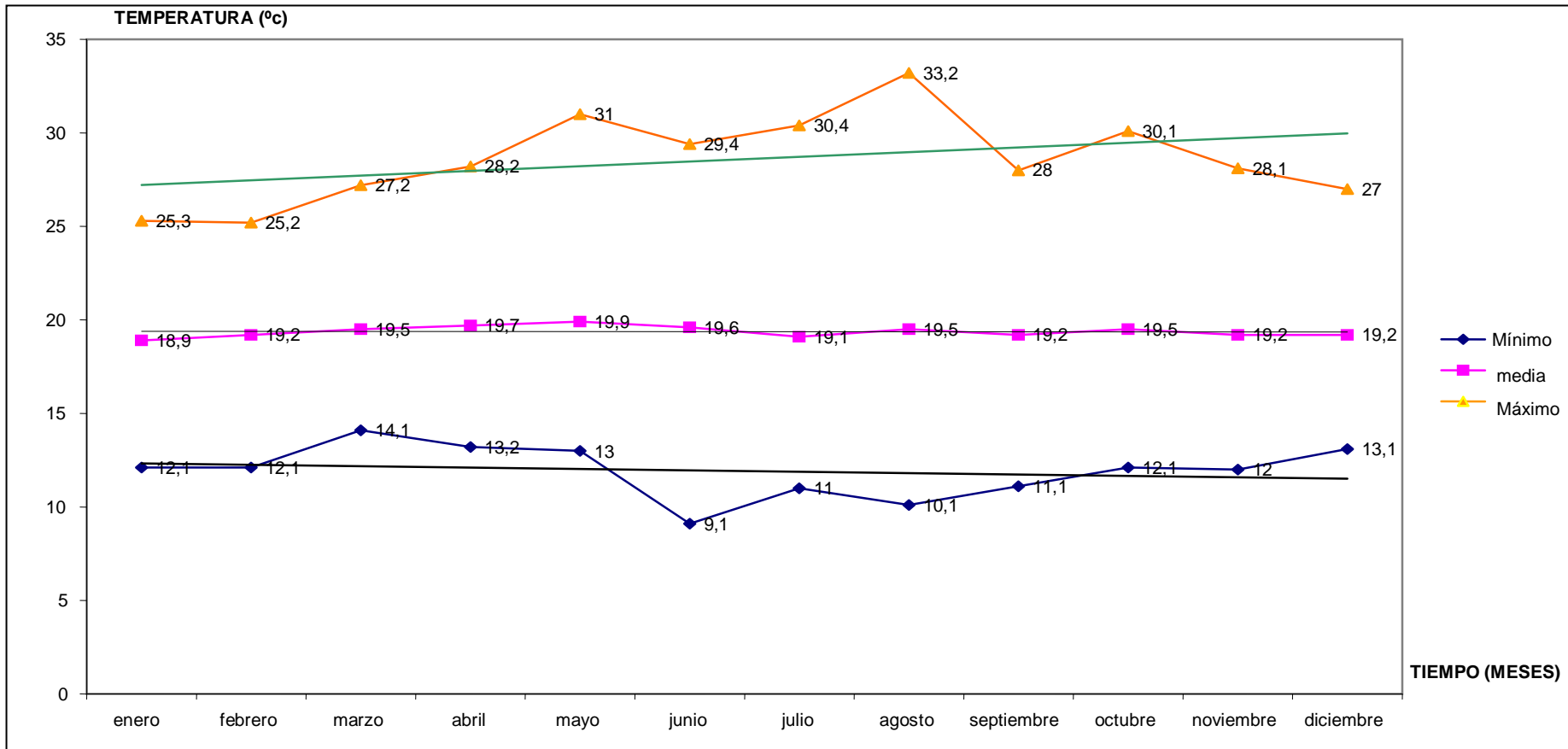
DATOS COMPARATIVOS

<b>CAUDAL MEDIO MENSUAL</b>		
<b>MESES</b>	<b>Q. MÁXIMO '64-'83</b>	<b>Q. MÁXIMO '84-'01</b>
ENERO	224,14	236,89
FEBRERO	365,24	283,05
MARZO	359,98	373,76
ABRIL	405,94	377,87
MAYO	270,53	371,29
JUNIO	234,12	197,64
JULIO	150,23	139,89
AGOSTO	102,54	102,97
SEPTIEMBRE	136,02	108,70
OCTUBRE	105,39	129,98
NOVIEMBRE	193,29	185,05
DICIEMBRE	309,12	159,58
<b>PROMEDIO</b>	<b>238,05</b>	<b>222,22</b>

3.11.3 GRÁFICOS DE CURVAS DE GASTOS E HIDROGRAMAS

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI** **GRÁFICO No. 3.6**

TEMPERATURA MENSUAL BASE DEL PROYECTO EST. VIÑA DEL CHESPI AÑOS '78 - '81 DATOS EXISTENTES



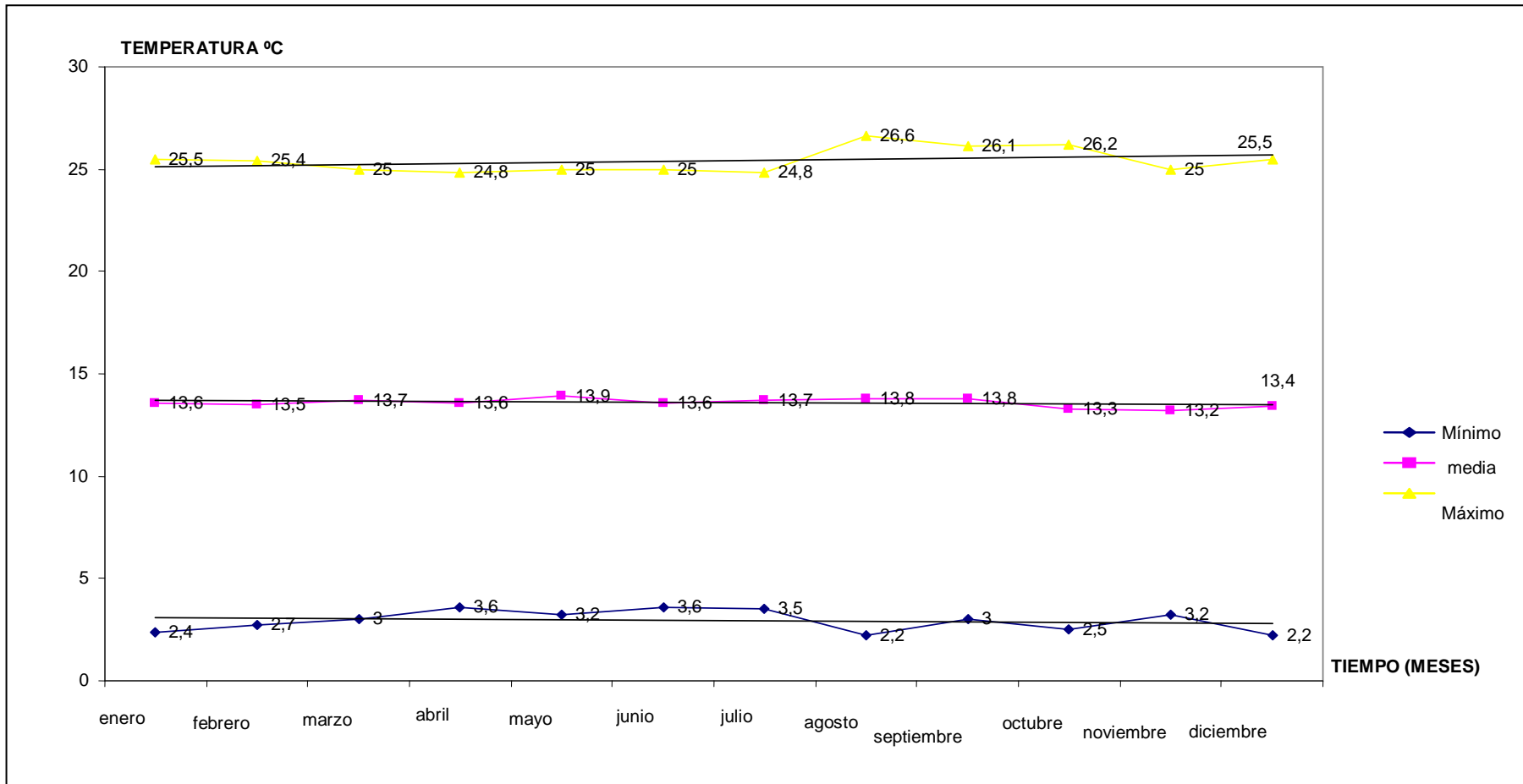
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.7**

TEMPERATURA MENSUAL ESTACIÓN QUITO-OBSERVATORIO

AÑOS '68 - '83

DATOS EXISTENTES



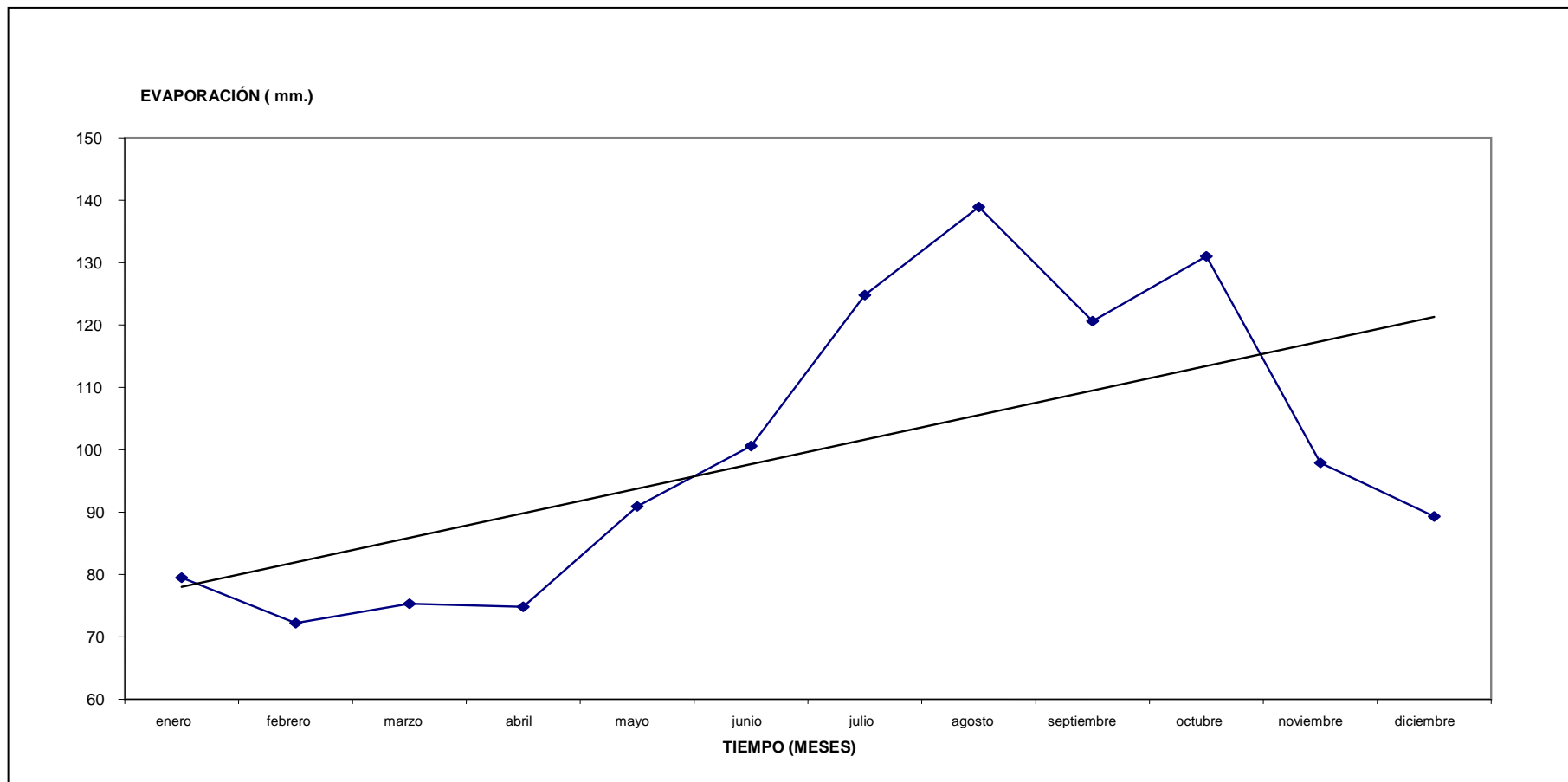
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.8**

EVAPORACIÓN MENSUAL BASE DEL PROYECTO EST. VIÑA DEL CHESPI

AÑOS '78 - '81

DATOS EXISTENTES



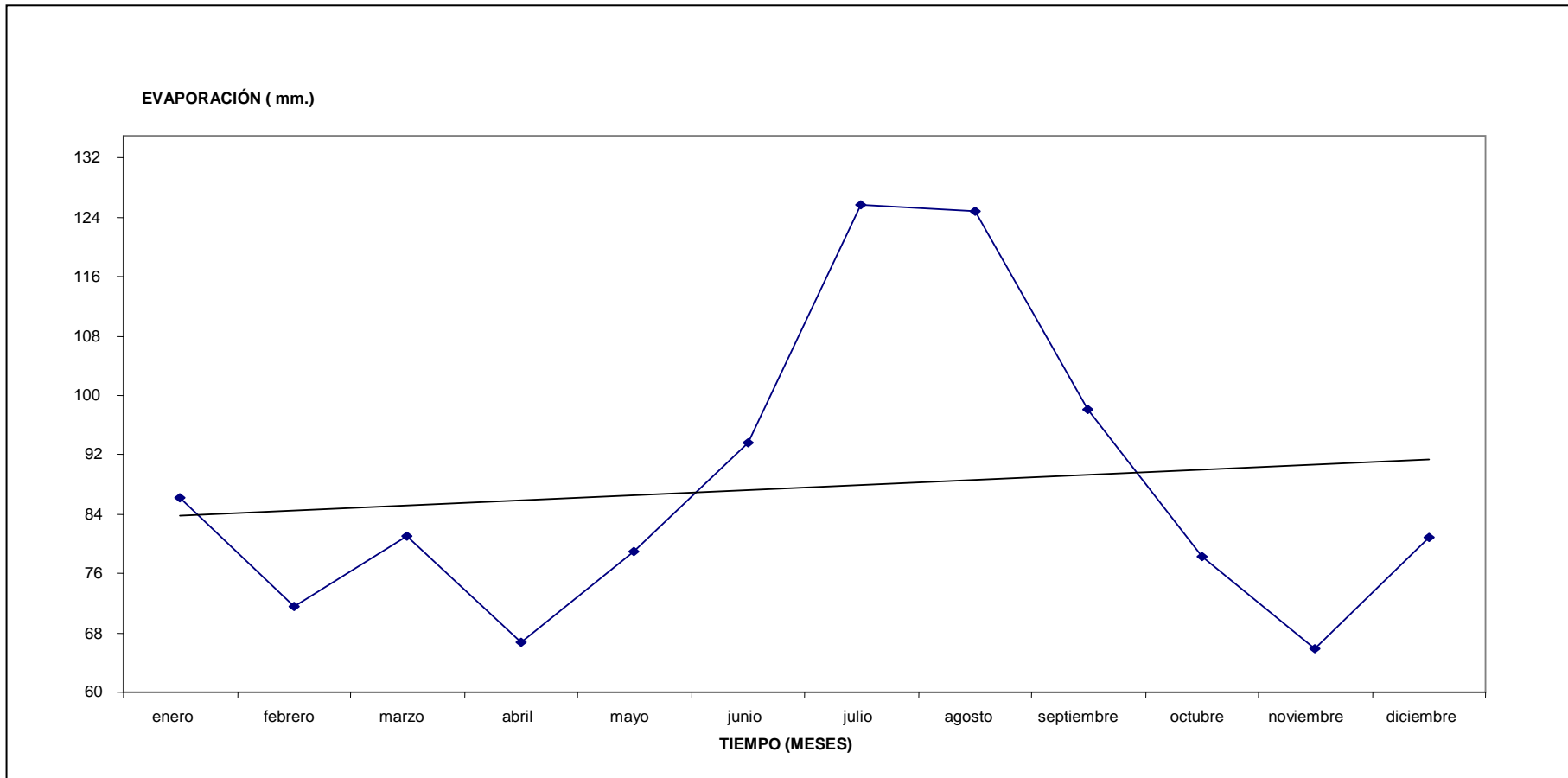
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.9**

EVAPORACIÓN MENSUAL ESTACIÓN QUITO – OBSERVATORIO

AÑOS '68 - '83

DATOS EXISTENTES



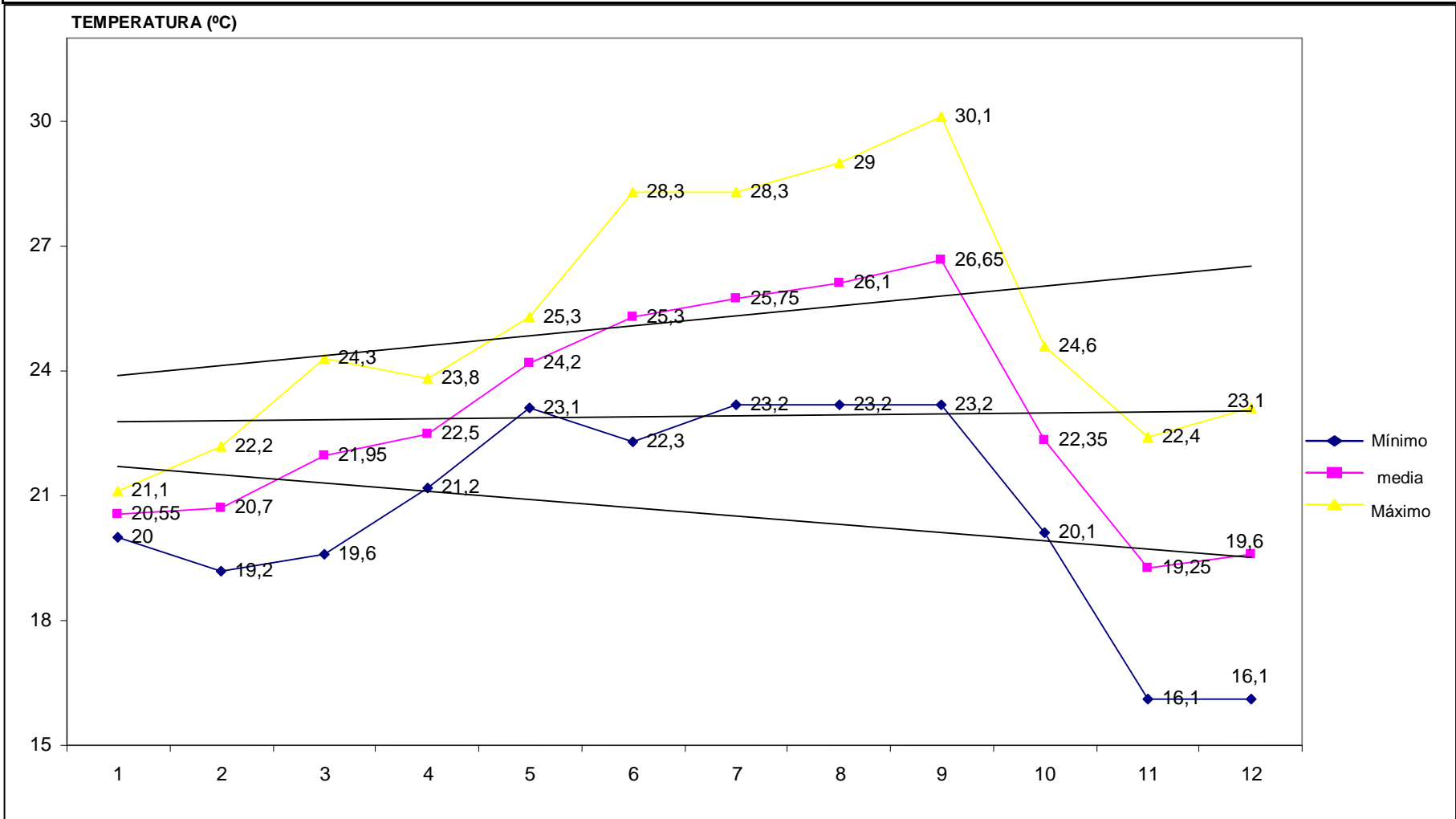
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.10**

TEMPERATURA MENSUAL ESTACIÓN QUITO – OBSERVATORIO

AÑOS '84 - 03

DATOS ACTUALES



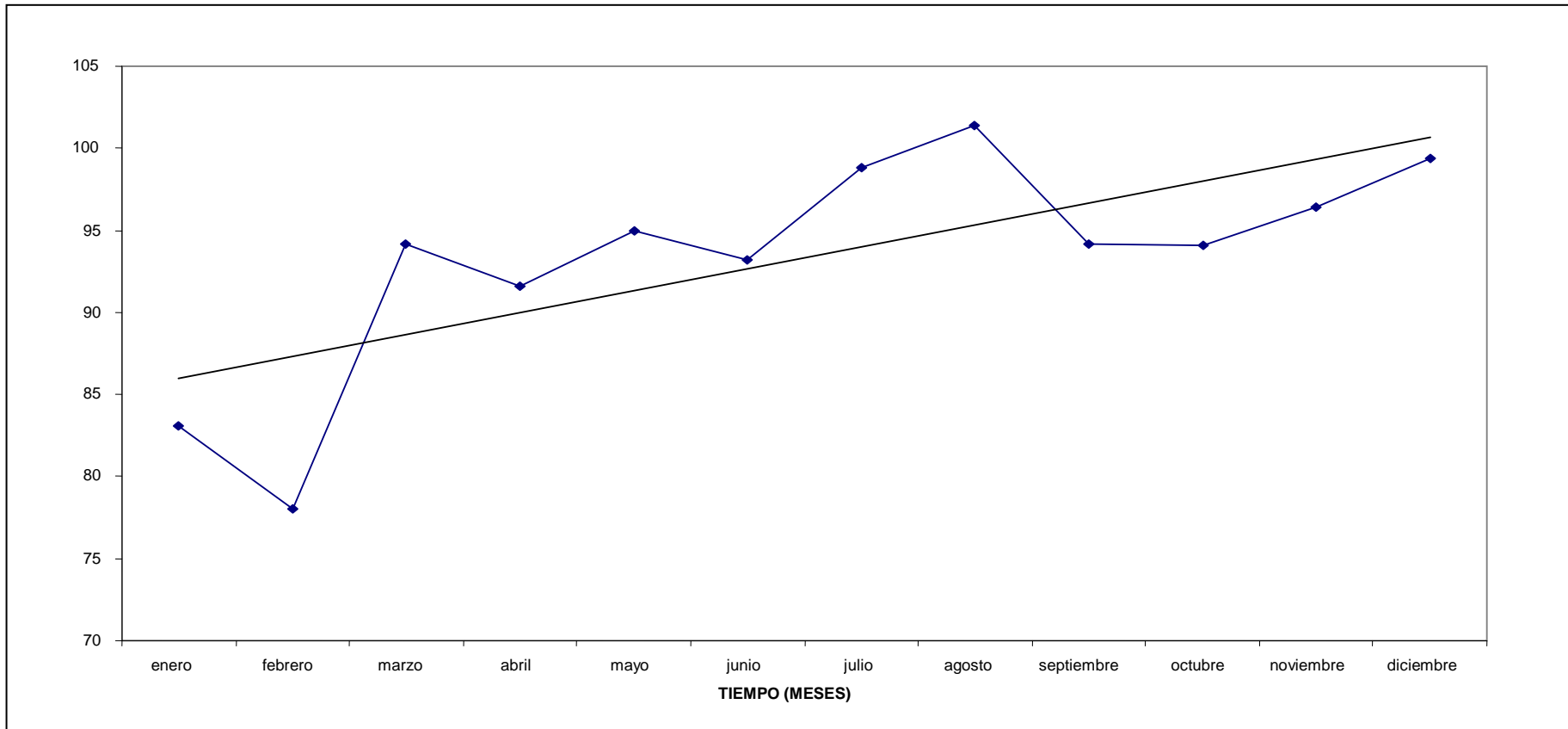
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.11**

EVAPORACIÓN MENSUAL BASE DEL PROYECTO EST. VIÑA DEL CHESPI

AÑOS '82 - '89

DATOS ACTUALES





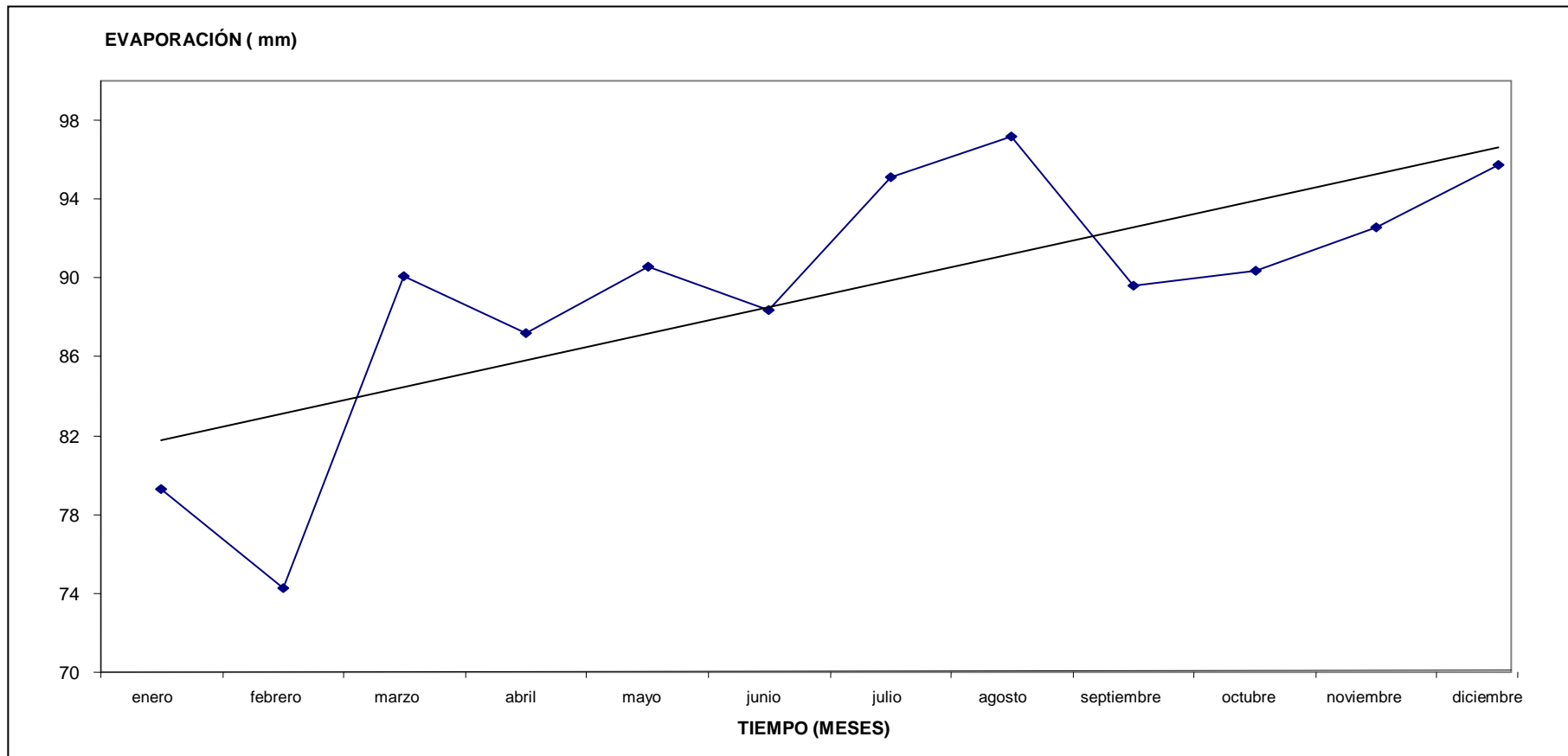
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.12**

EVAPORACIÓN MENSUAL ESTACIÓN QUITO – OBSERVATORIO

AÑOS '83 - '03

DATOS ACTUALES



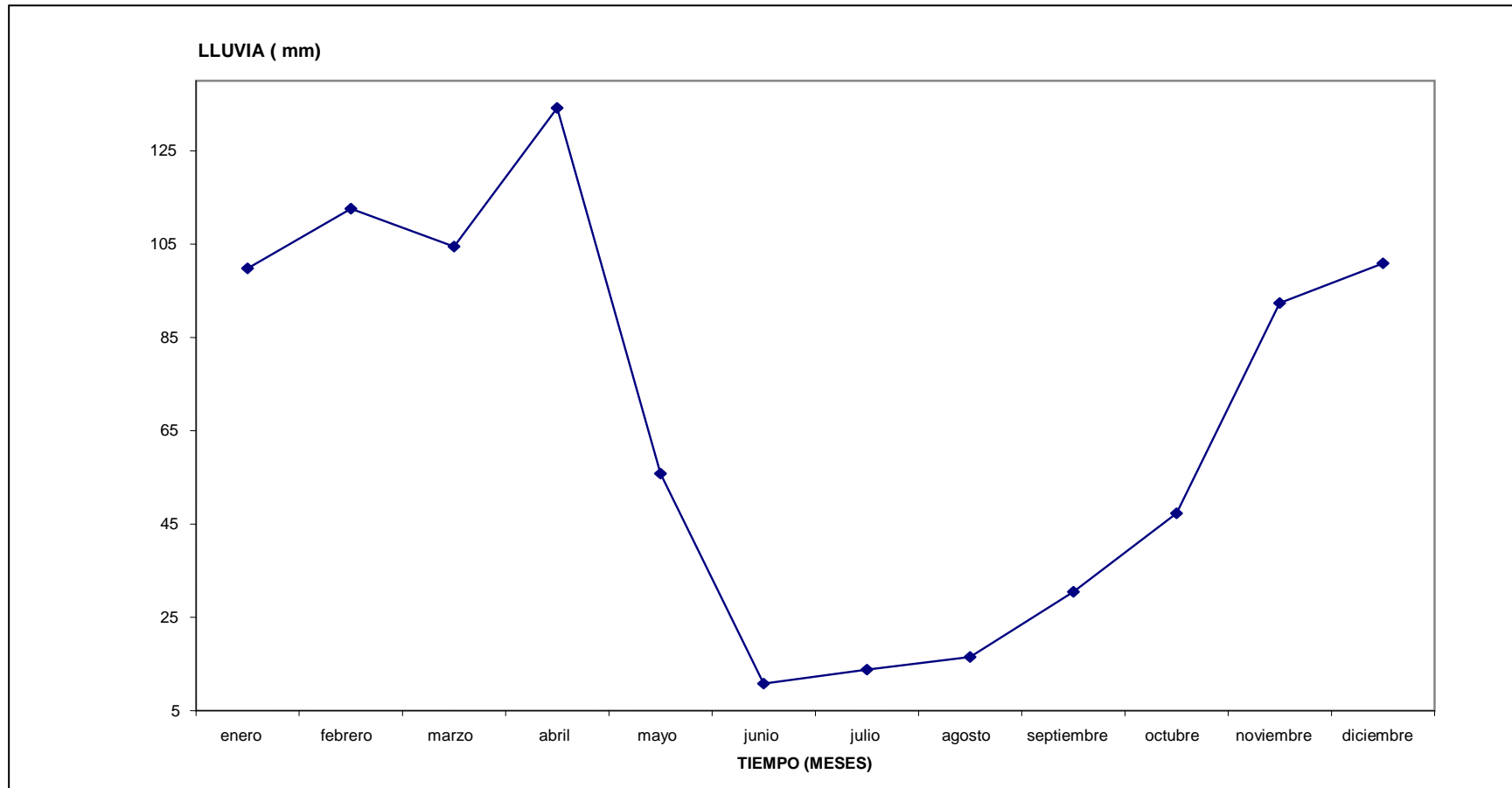
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.13**

LLUVIA MEDIA MENSUAL ESTACIÓN VIÑA DEL CHESPI

AÑOS '78 - '83

DATOS EXISTENTES



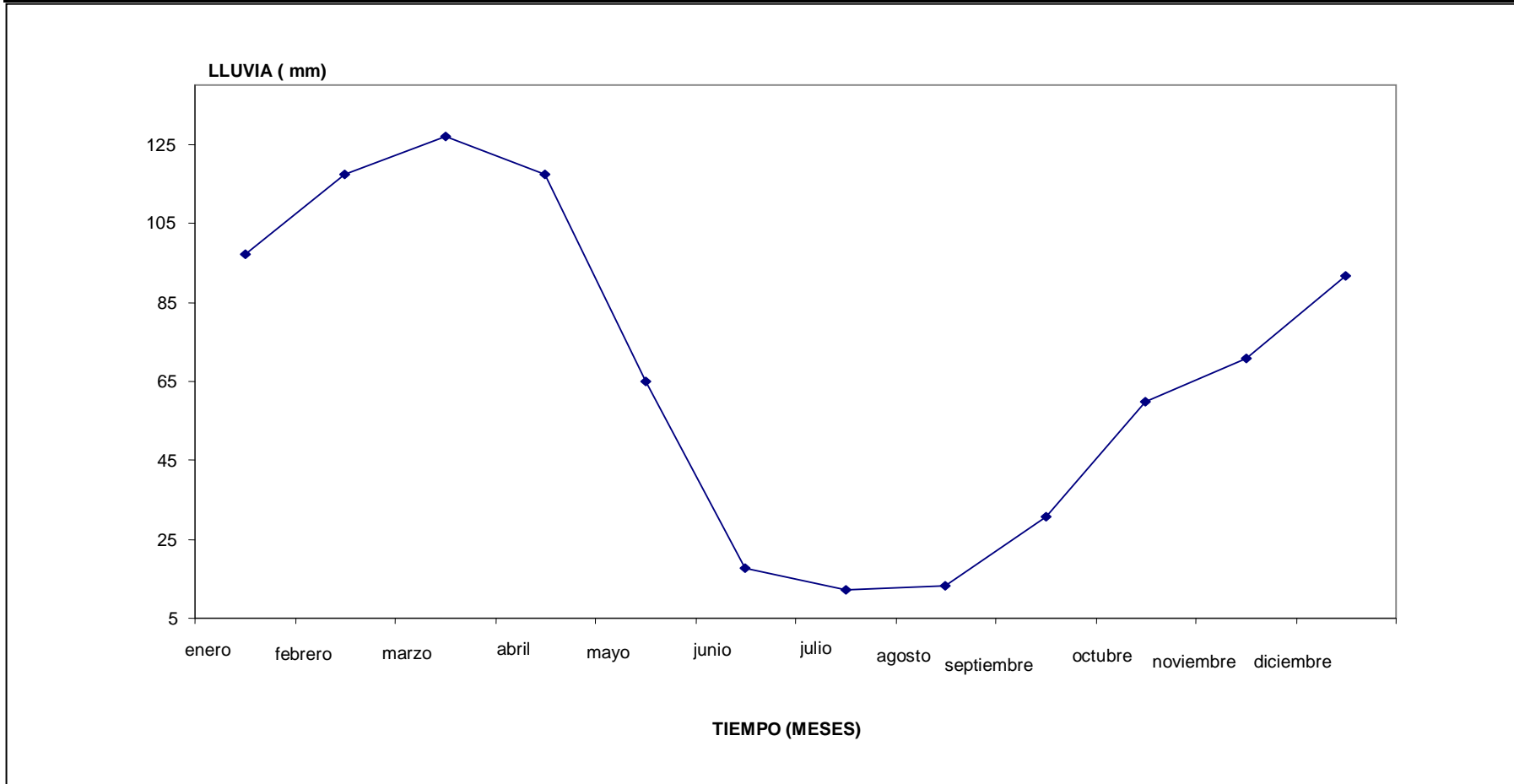
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.14**

LLUVIA MEDIA MENSUAL ESTACIÓN VINA DEL CHESPI

AÑOS '84 - '90

DATOS ACTUALES



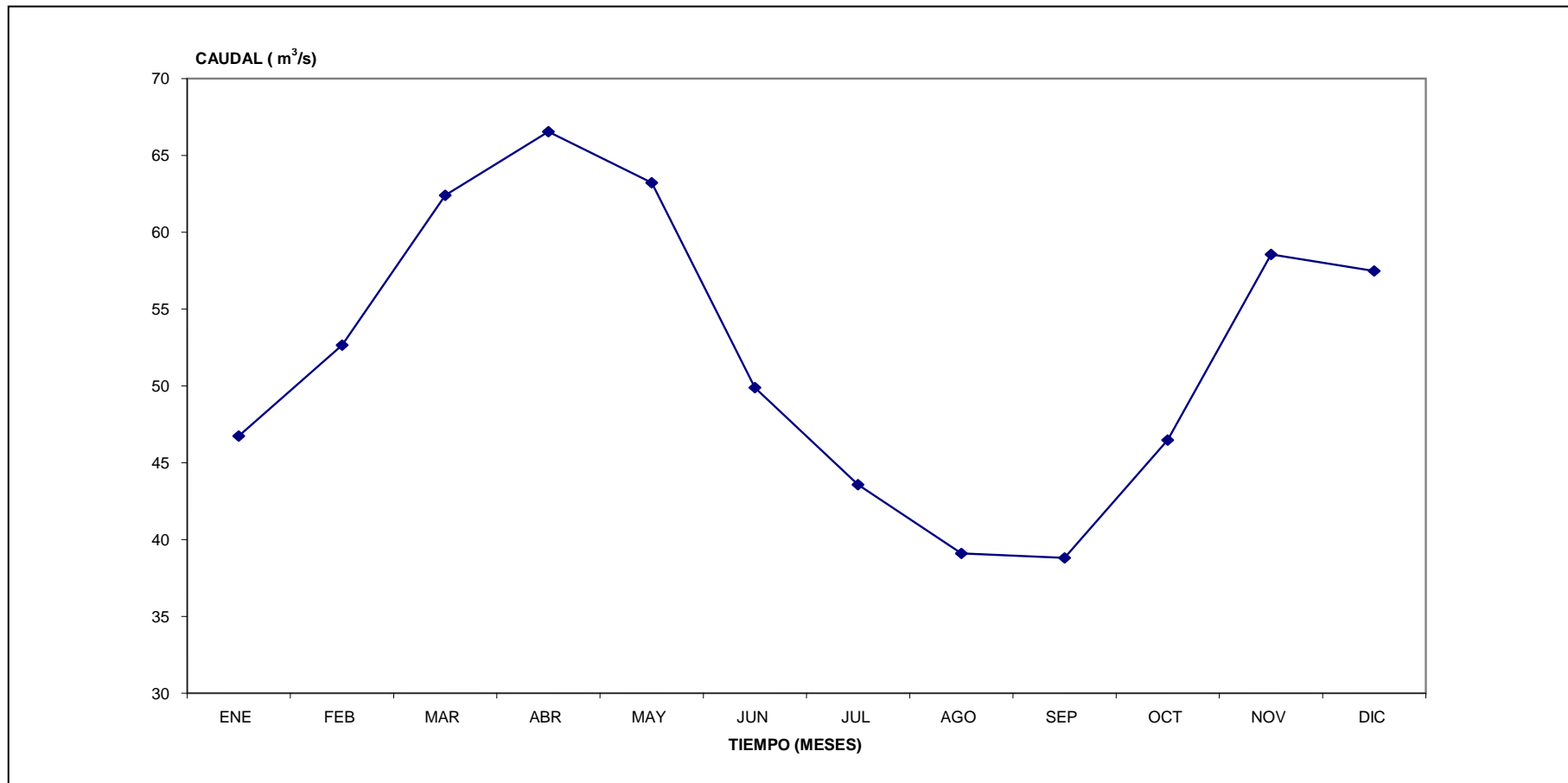
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.15**

CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN A.J. CUBI

AÑOS '65 - '83

DATOS EXISTENTES



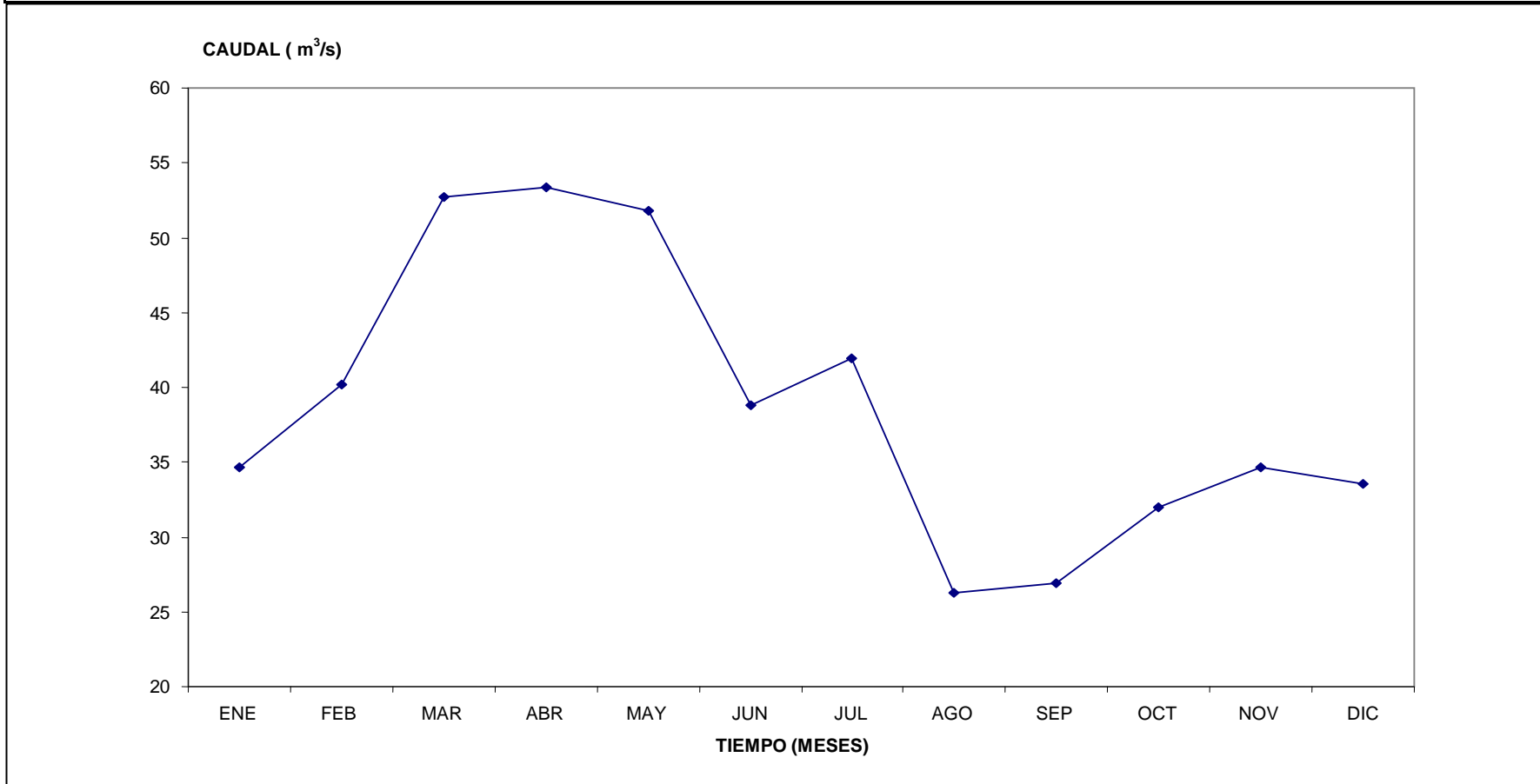
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.16**

CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN A.J. CUBI

AÑOS '65 - '83

DATOS EXISTENTES



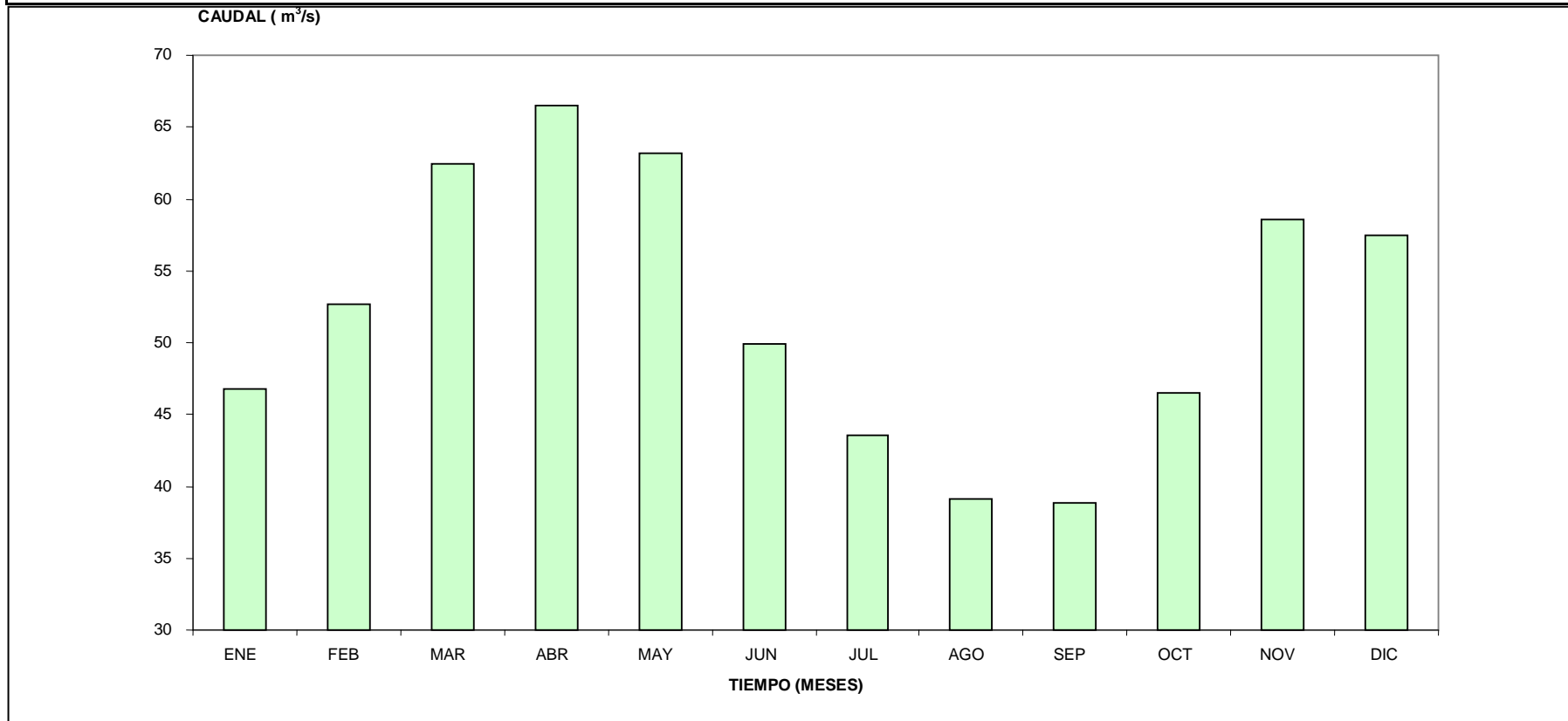
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.17**

CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN A.J. CUBI

AÑOS '84 - '92

DATOS ACTUALES



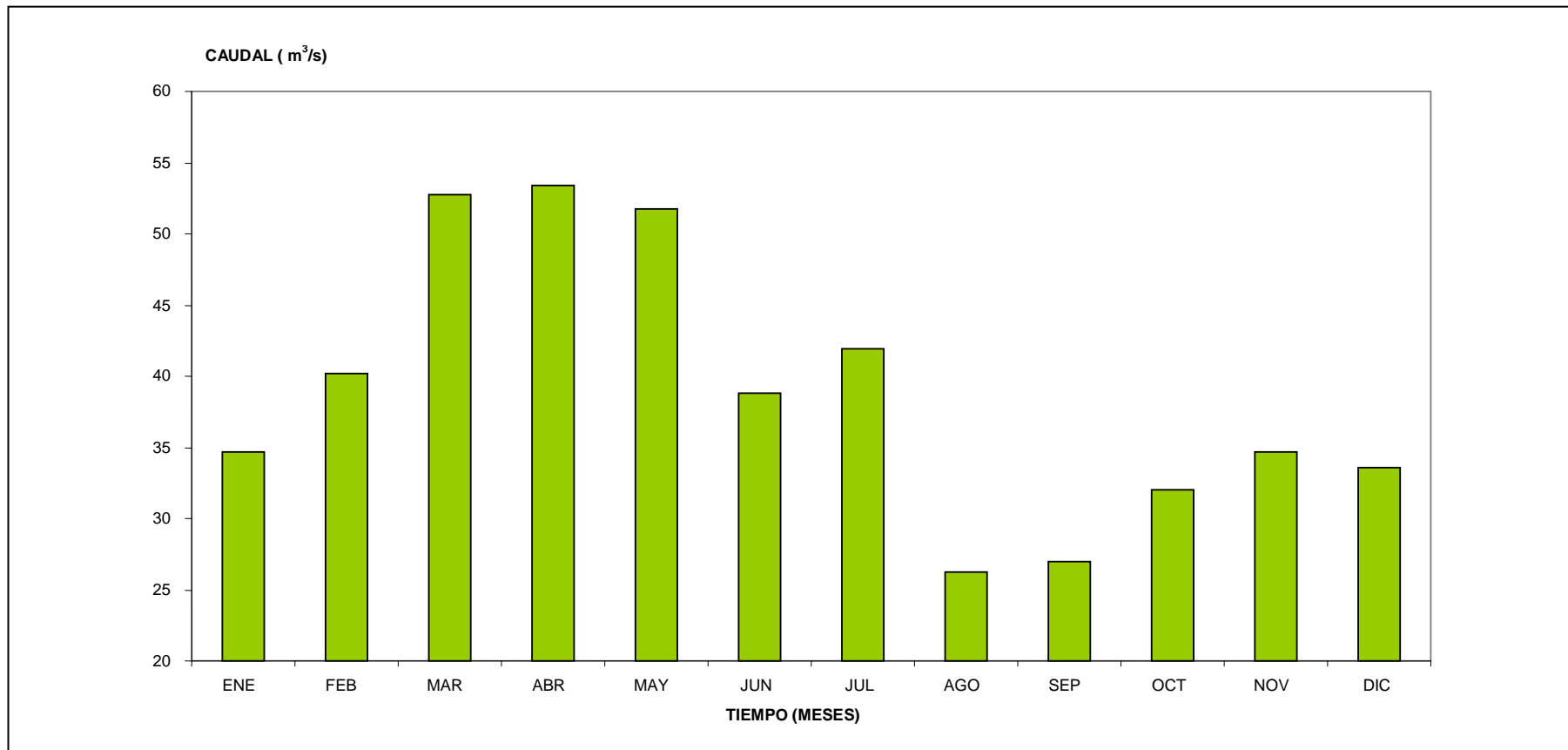
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.18**

CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN A.J. CUBI

AÑOS '84 - '01

DATOS ACTUALES



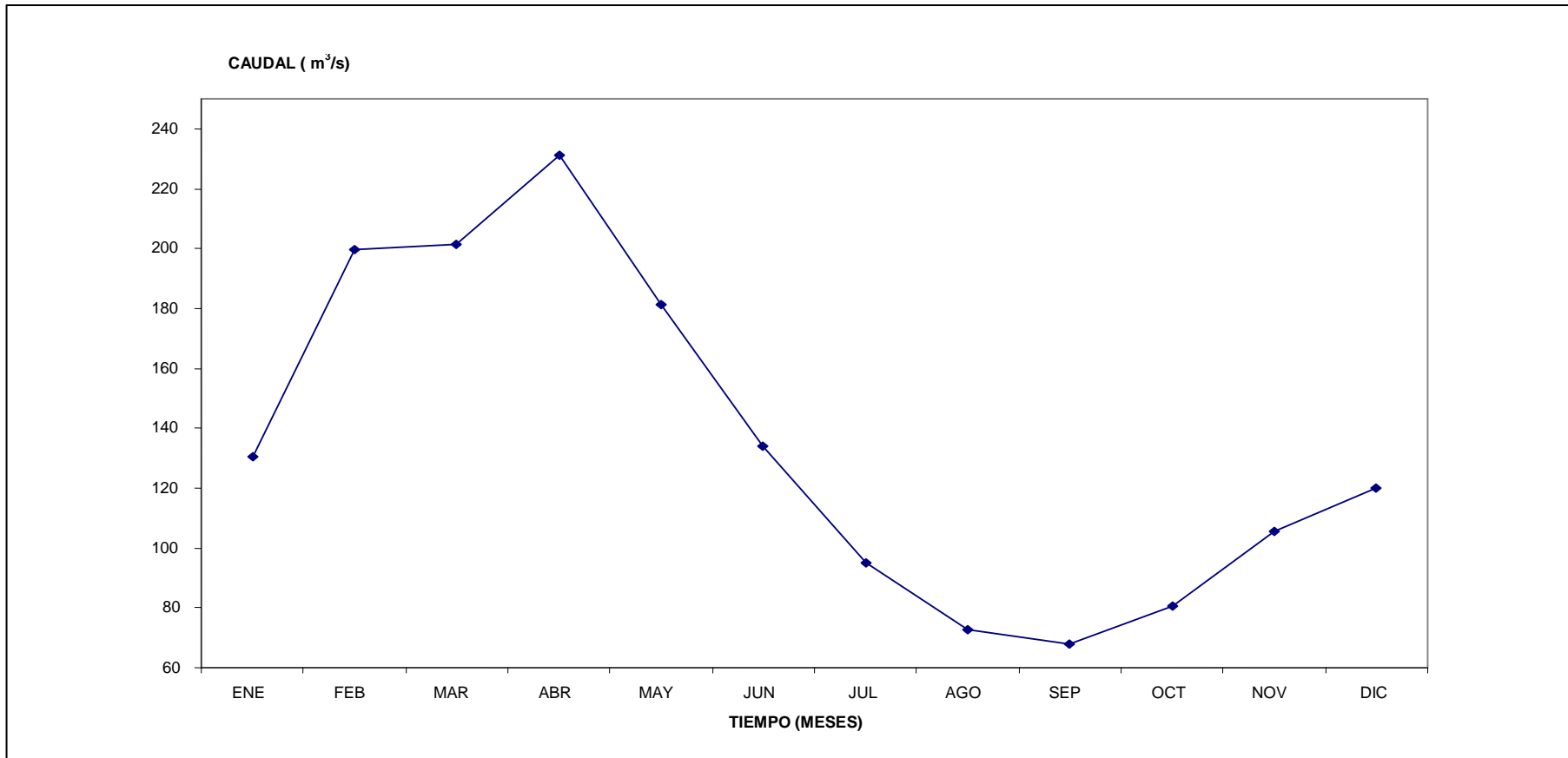
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.19**

CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN D.J. ALAMBÍ

AÑOS '64 - '83

DATOS EXISTENTES





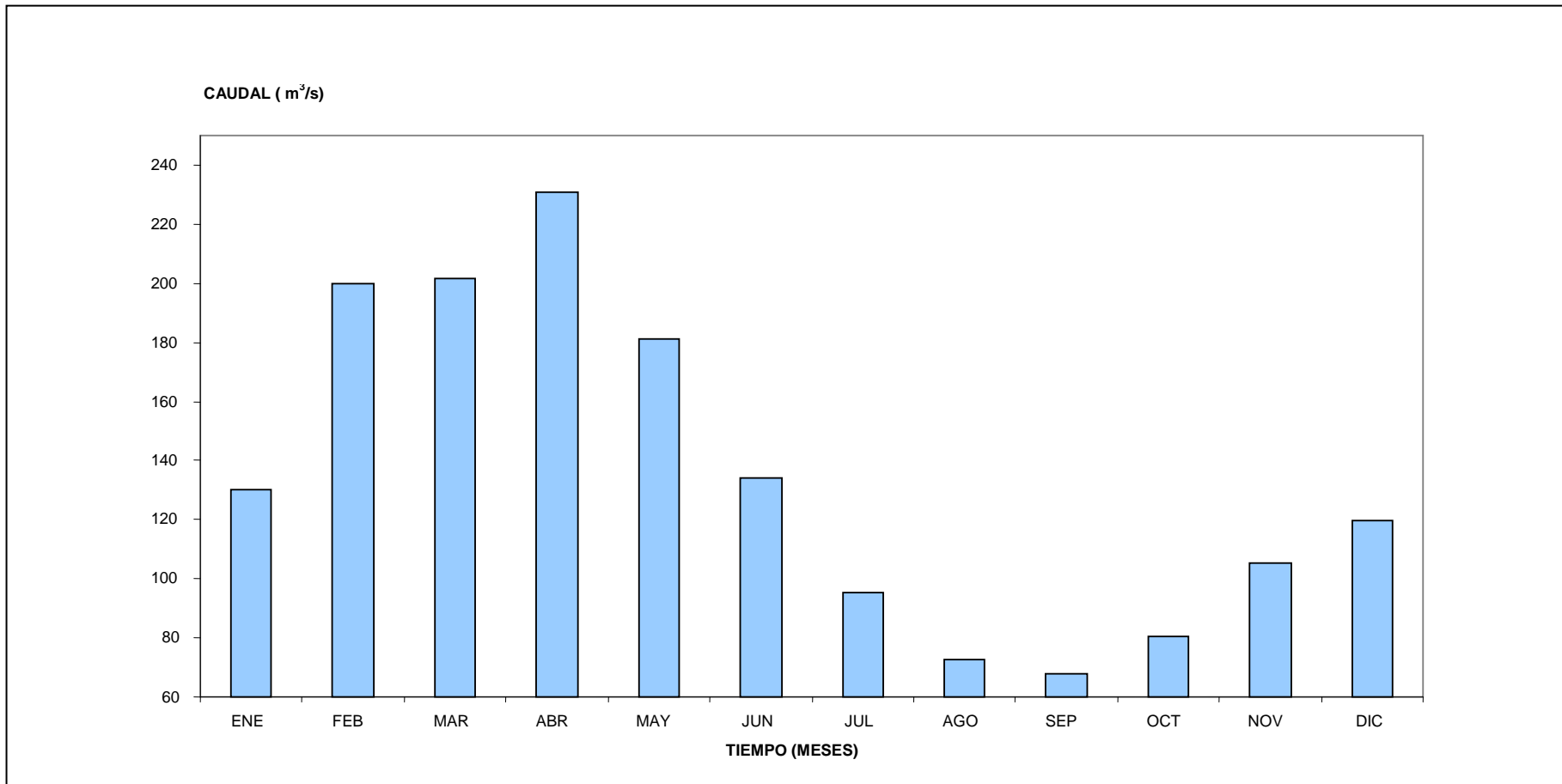
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.20**

CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN D.J. ALAMBÍ

AÑOS '64 - '83

DATOS EXISTENTES



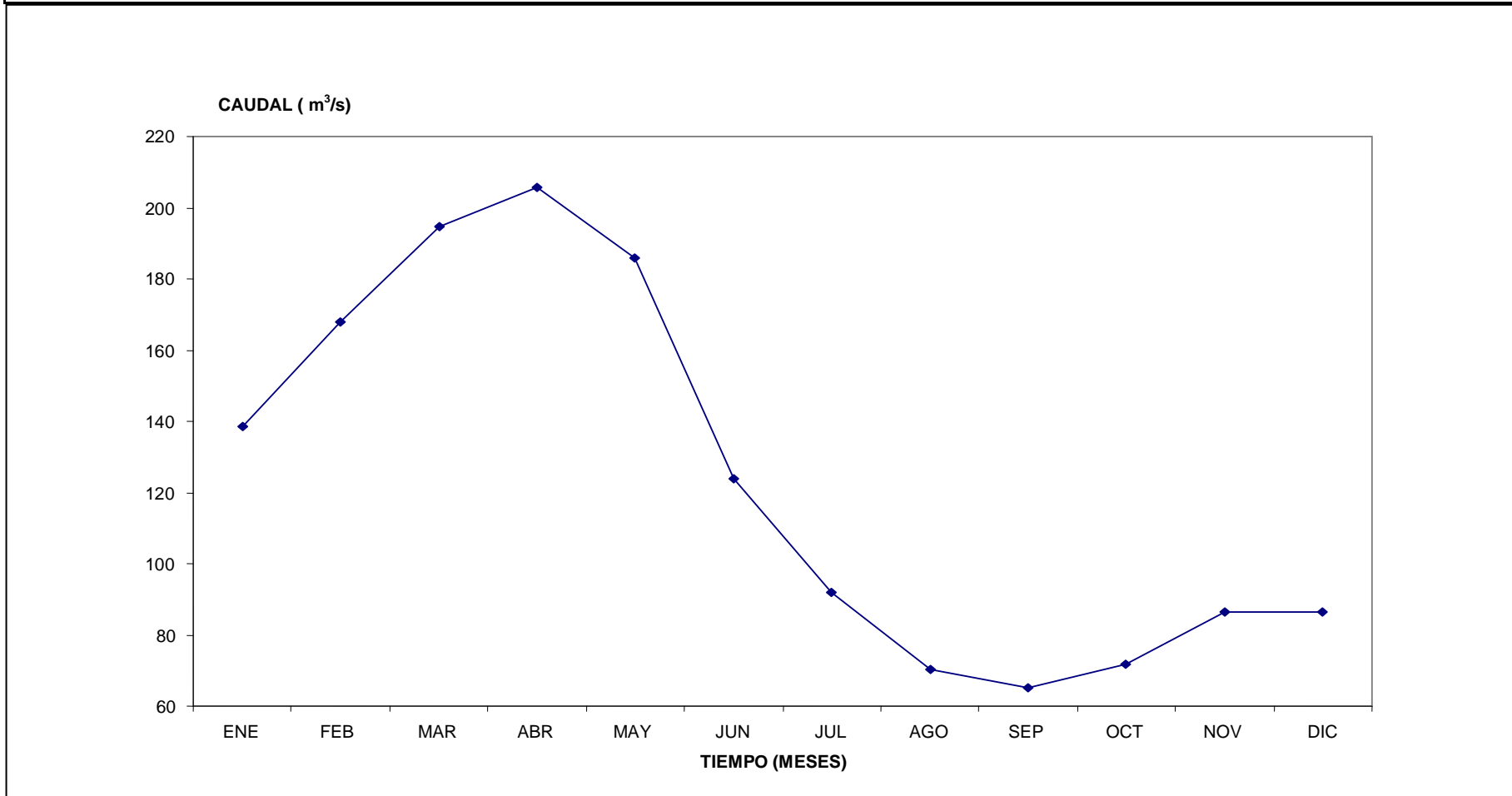
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.21**

CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN D.J. ALAMBÍ

AÑOS '84 - '01

DATOS ACTUALES



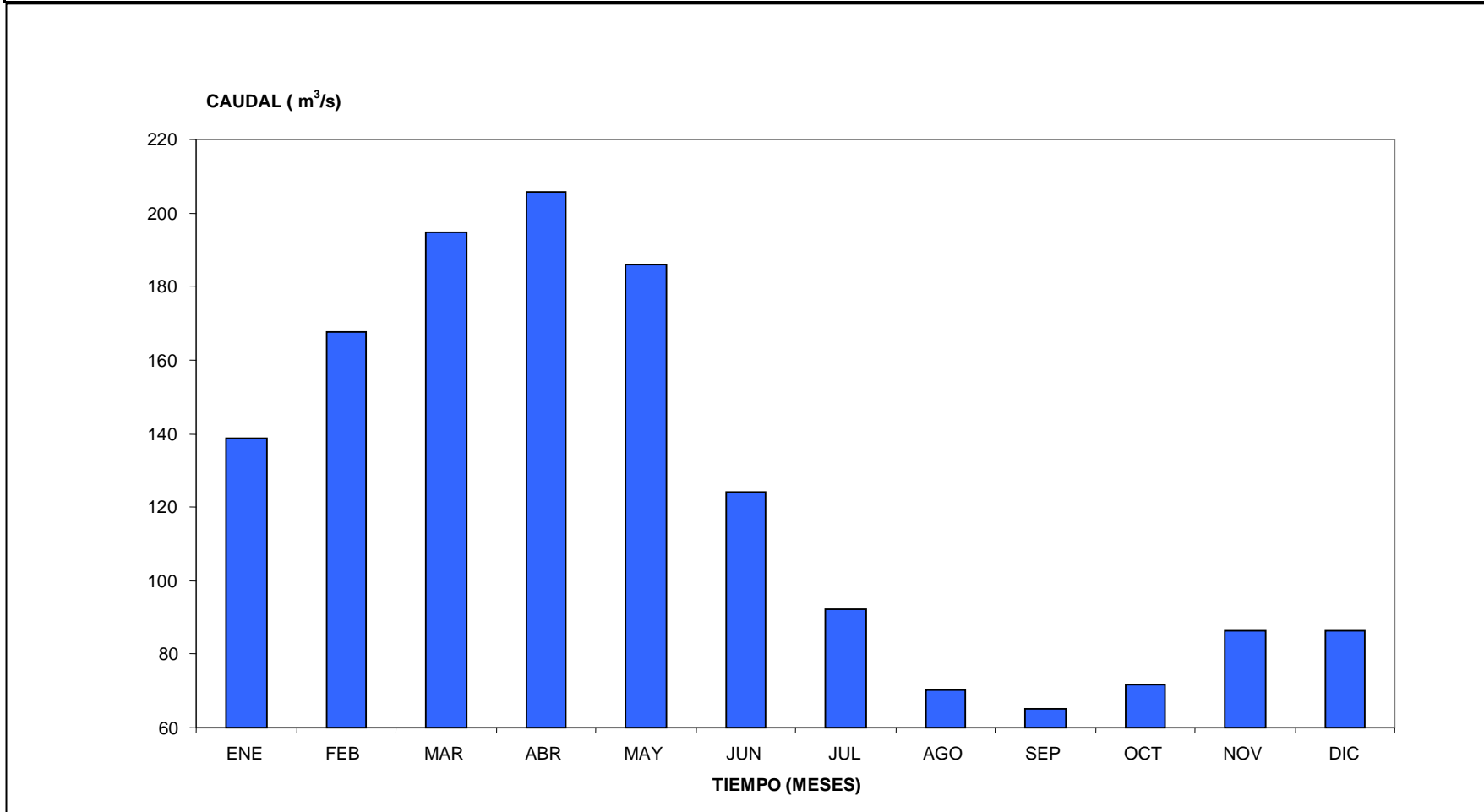
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.22**

CAUDAL MEDIO MENSUAL ESTACIÓN D.J. ALAMBÍ

AÑOS '84 - '01

DATOS ACTUALES



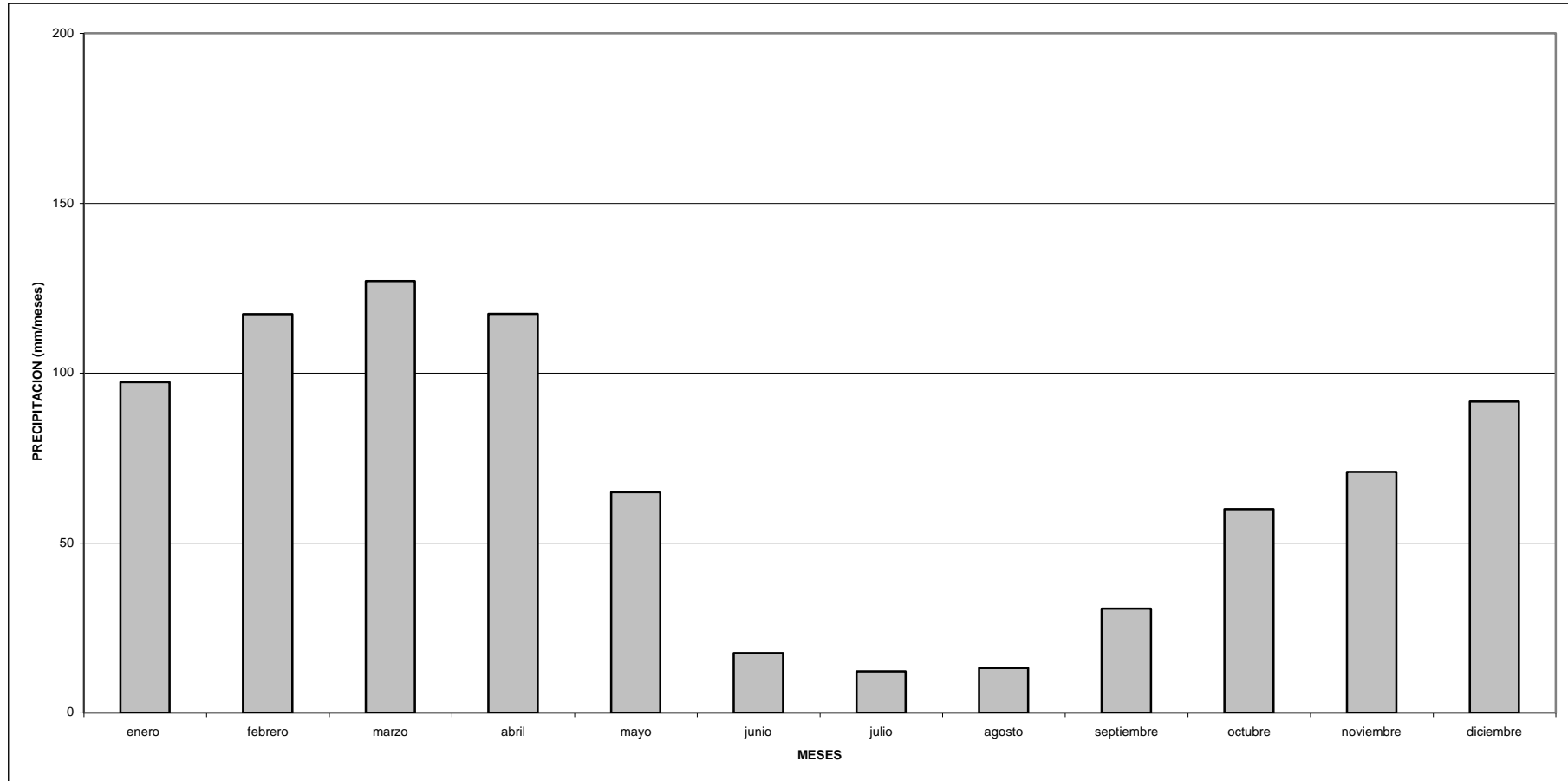
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.23**

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL EST. VIÑA DEL CHESPI

AÑOS '80 - '90

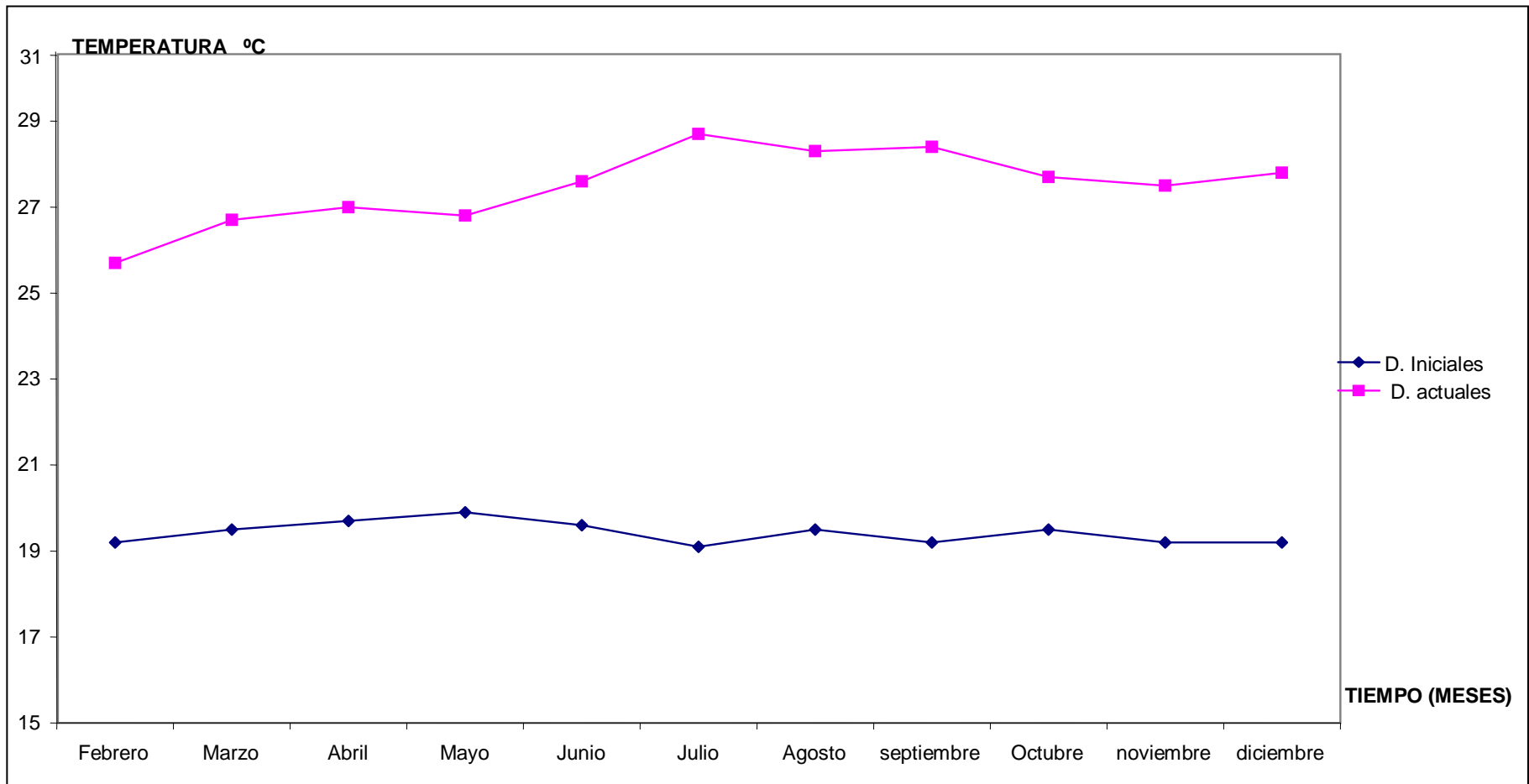
DATOS ACTUALES



3.11.4 COMPARACIÓN DE GRÁFICOS INICIALES CON GRÁFICOS ACTUALES.

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI** **GRÁFICO COMPARATIVO No. 3.24**

TEMPERATURA (f) TIEMPO BASE DEL PROYECTO EST. VIÑA DEL CHESPI DATOS INICIALES VS. ACTUALES

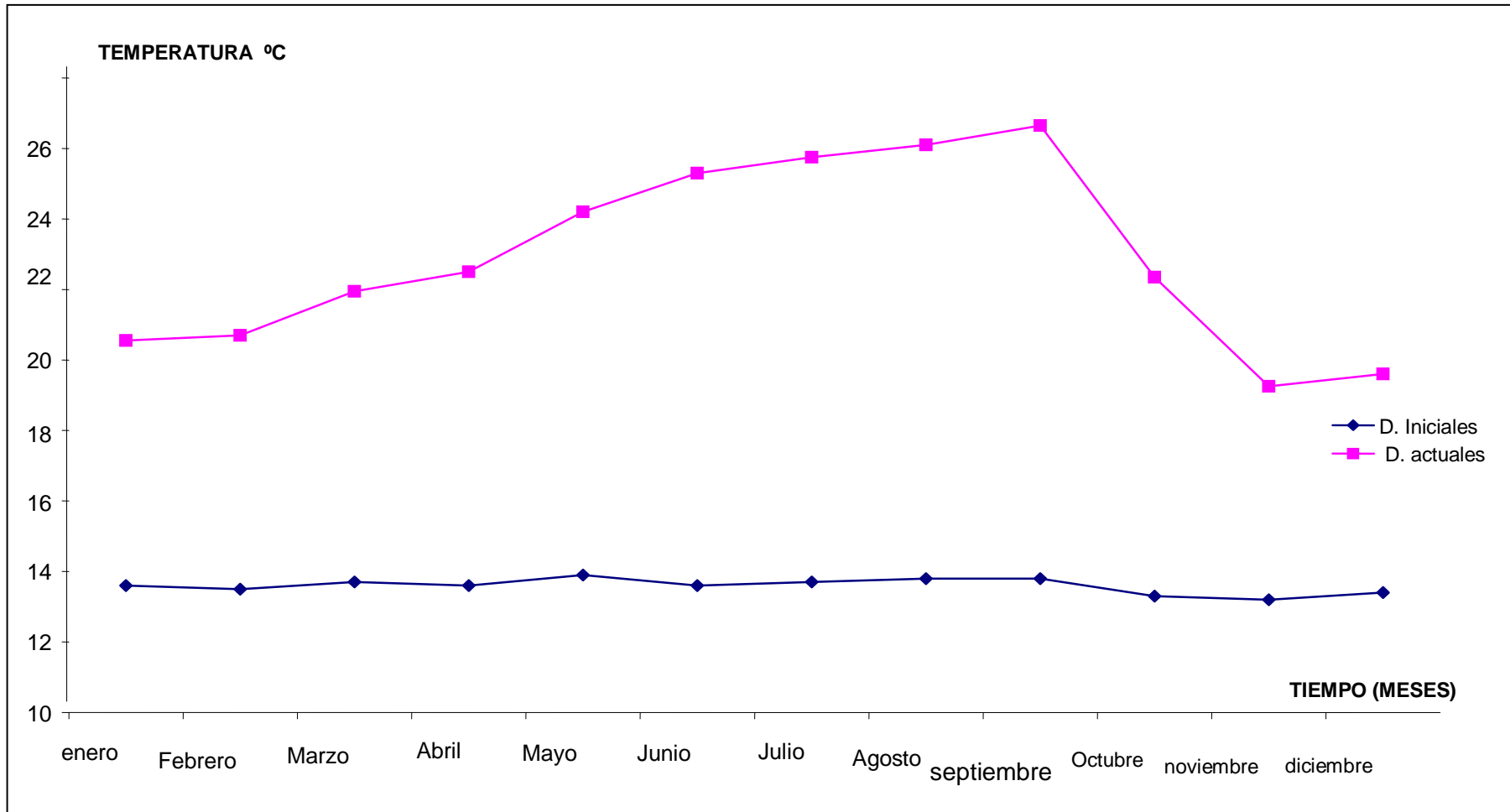


**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO COMPARATIVO No. 3.25**

TEMPERATURA (f) TIEMPO ESTACIÓN QUITO – OBSERVATORIO

DATOS INICIALES VS. ACTUALES

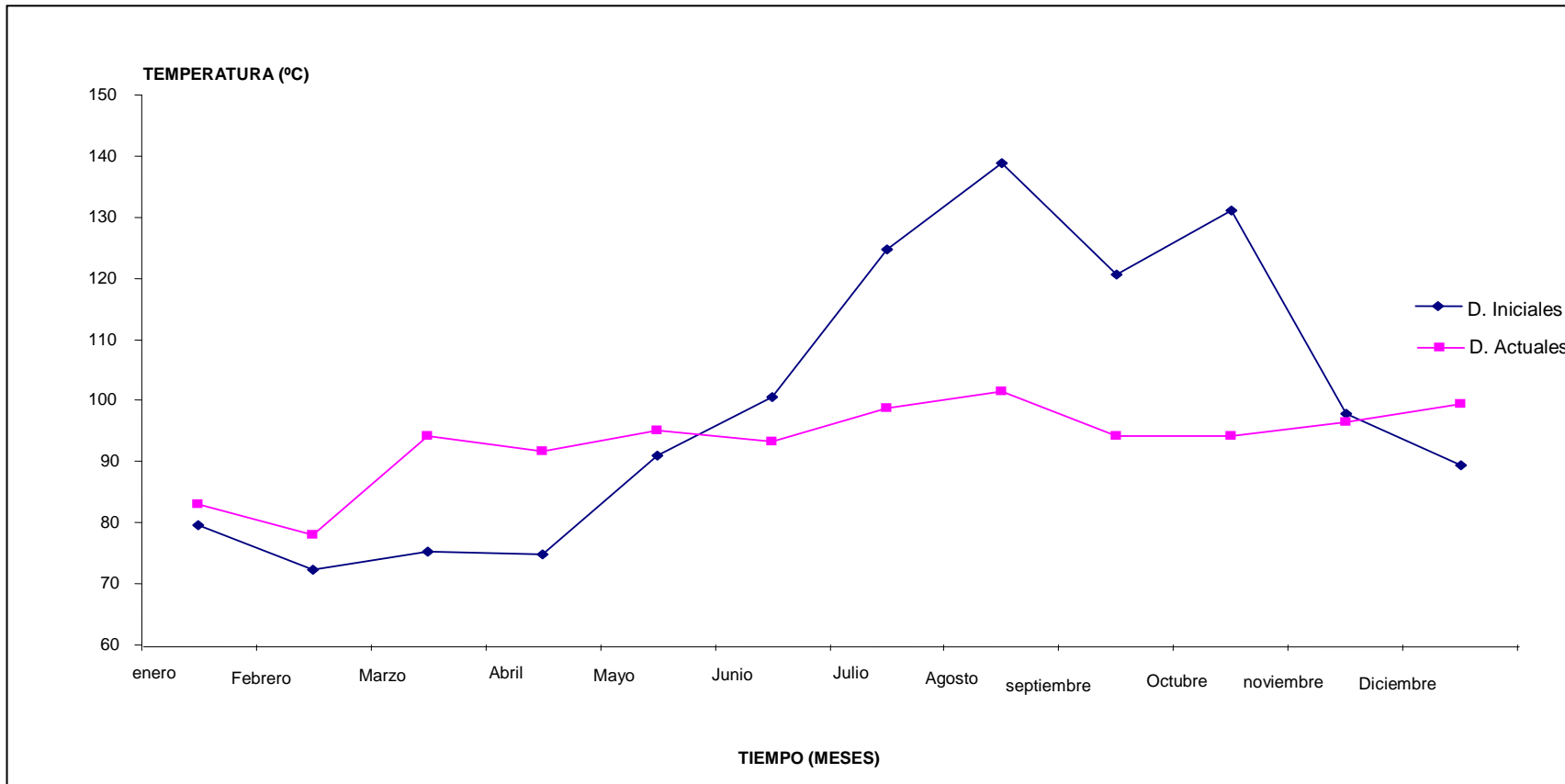


**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO COMPARATIVO No. 3.26**

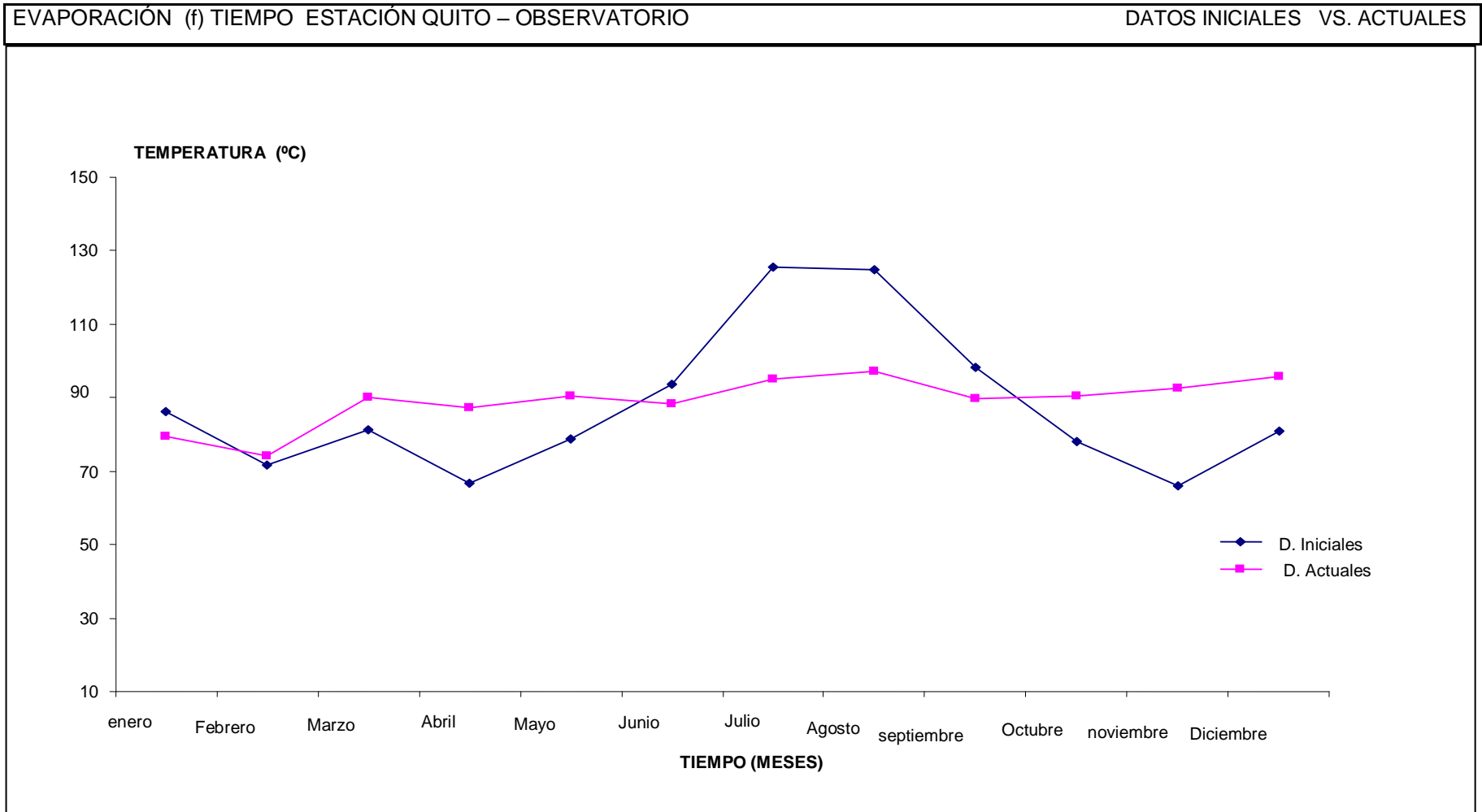
EVAPORACIÓN (f) TIEMPO BASE DEL PROYECTO EST. VIÑA DEL CHESPI

DATOS INICIALES VS. ACTUALES



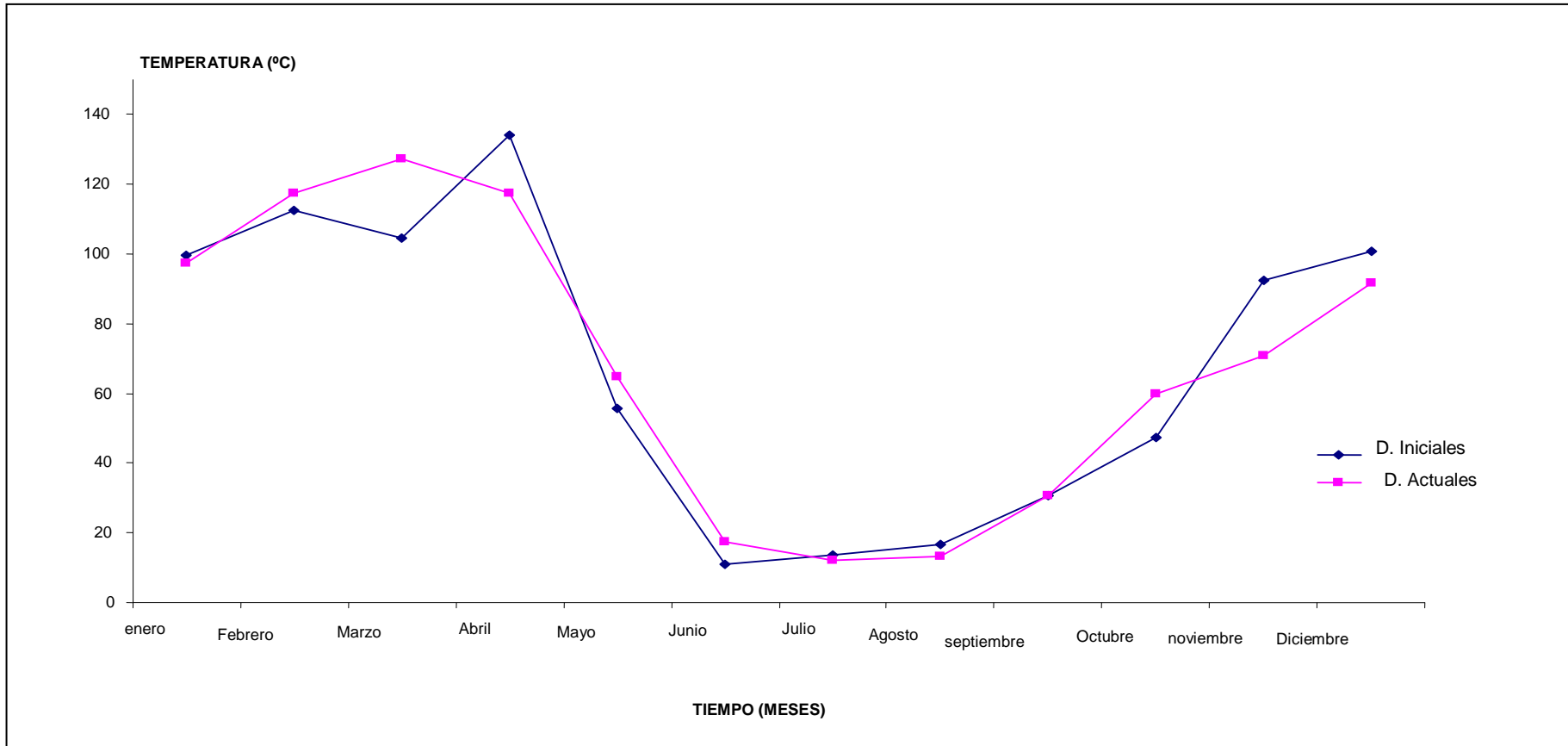
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO COMPARATIVO No. 3.27**





LLUVIA MEDIA MENSUAL (f) TIEMPO BASE DEL PROYECTO EST. VIÑA DEL CHESPI DATOS INICIALES VS. ACTUALES

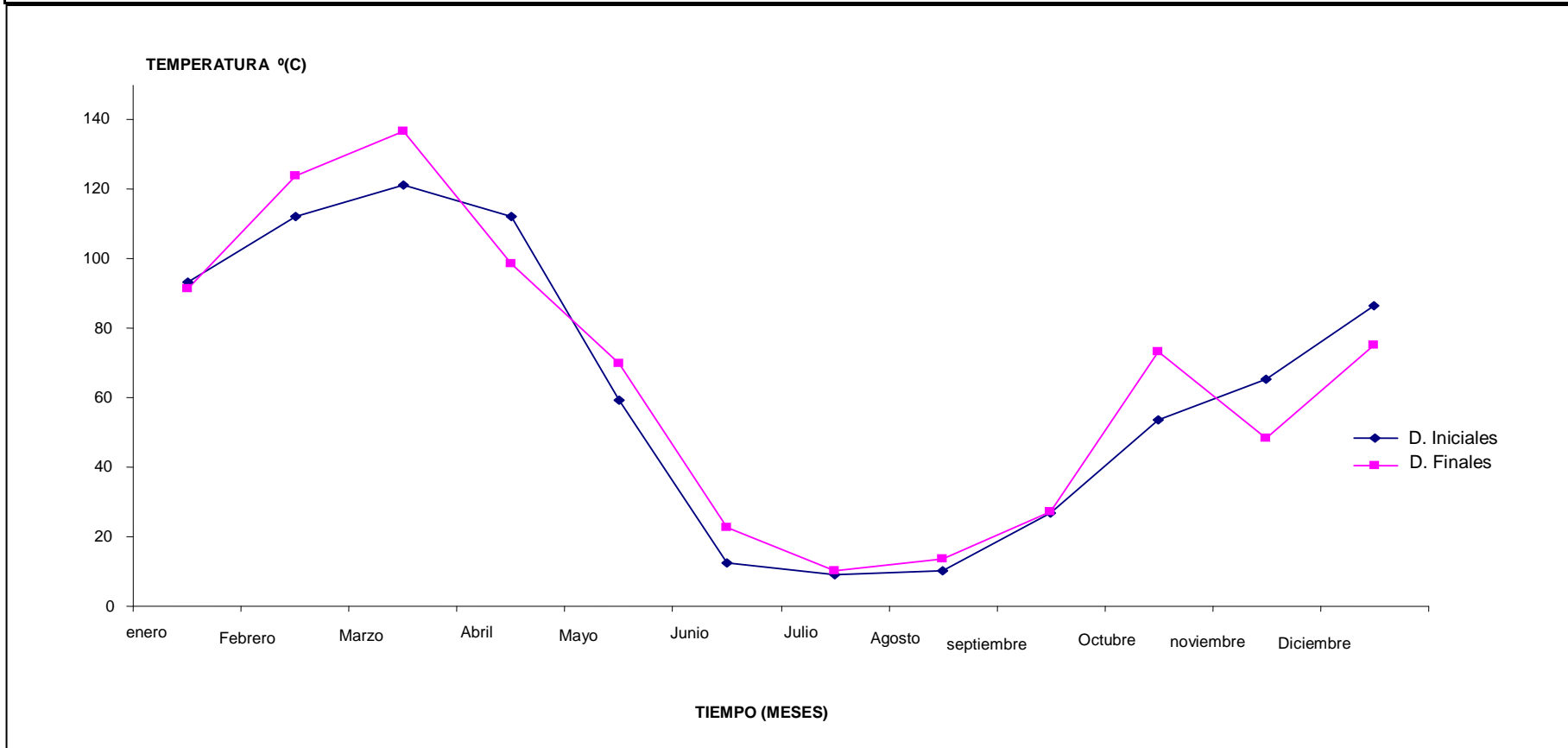


**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO COMPARATIVO No. 3.29**

LLUVIA MEDIA MENSUAL (f) TIEMPO ESTACIÓN QUITO-OBSERVATORIO

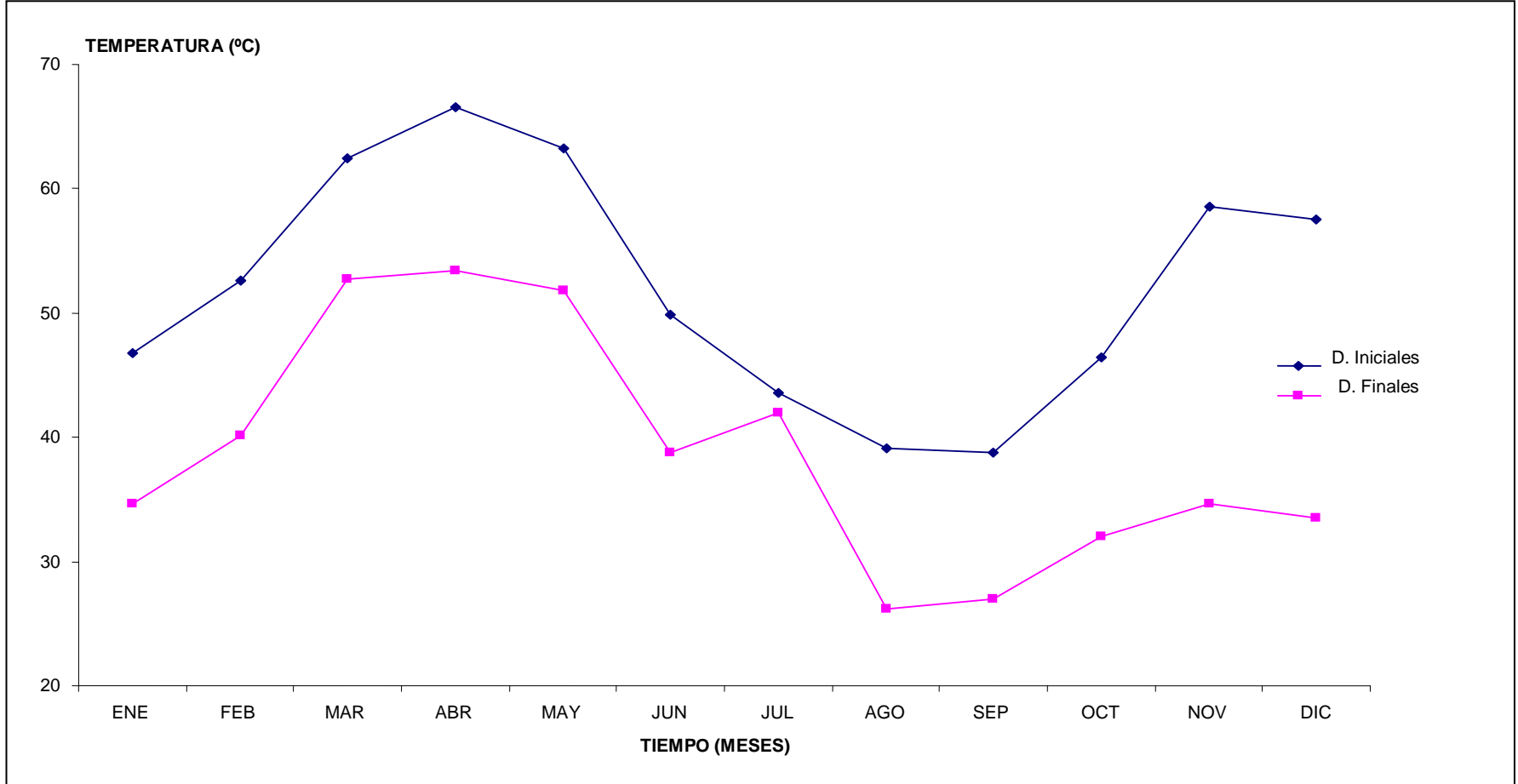
DATOS INICIALES VS. ACTUALES



**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.30**

CAUDAL MEDIO MENSUAL (f) TIEMPO ESTACIÓN A.J. CUBI DATOS INICIALES VS. ACTUALES

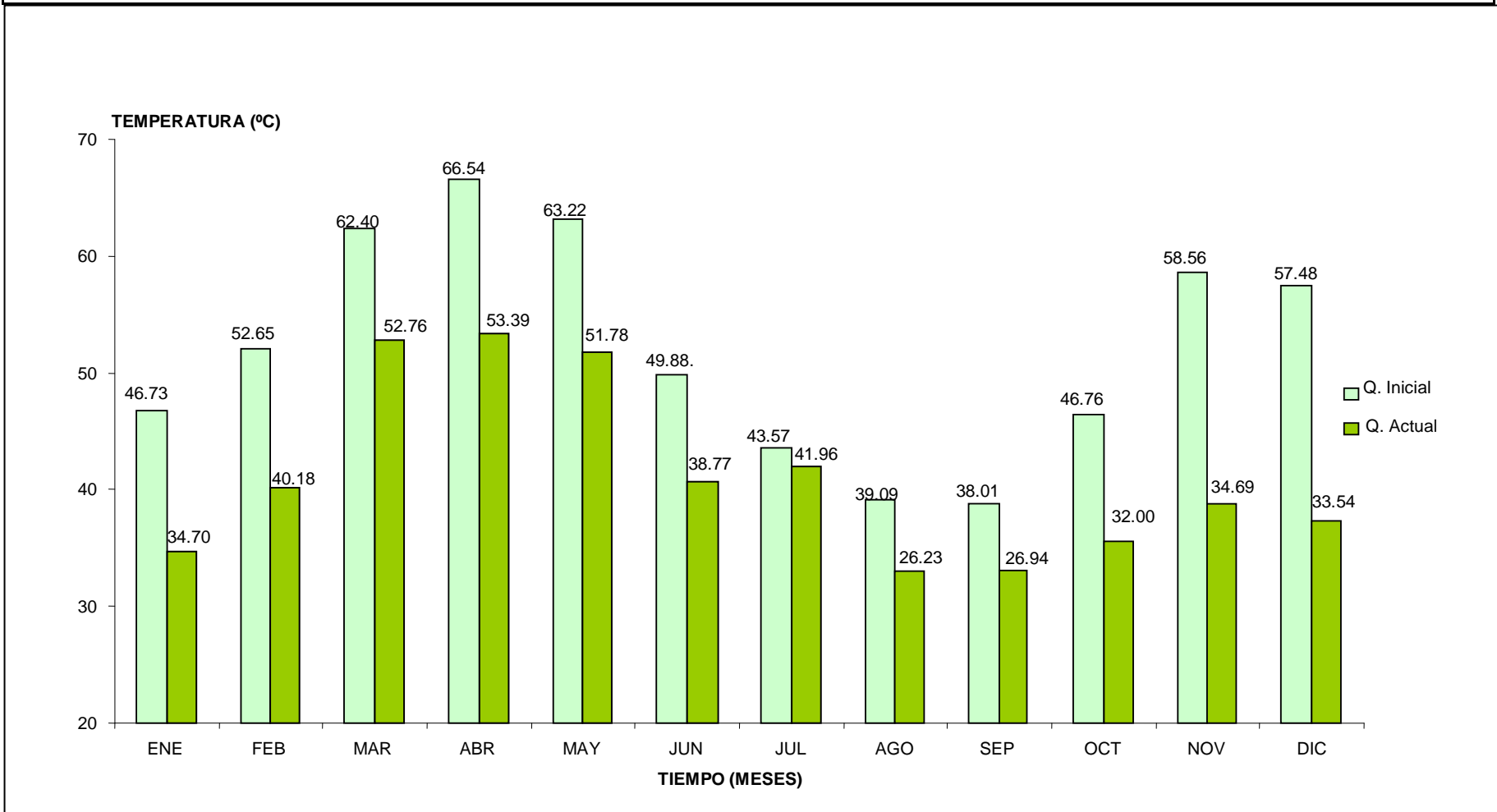


**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.31**

CAUDAL MEDIO MENSUAL (f) TIEMPO ESTACIÓN A.J. CUBI

DATOS INICIALES VS. ACTUALES

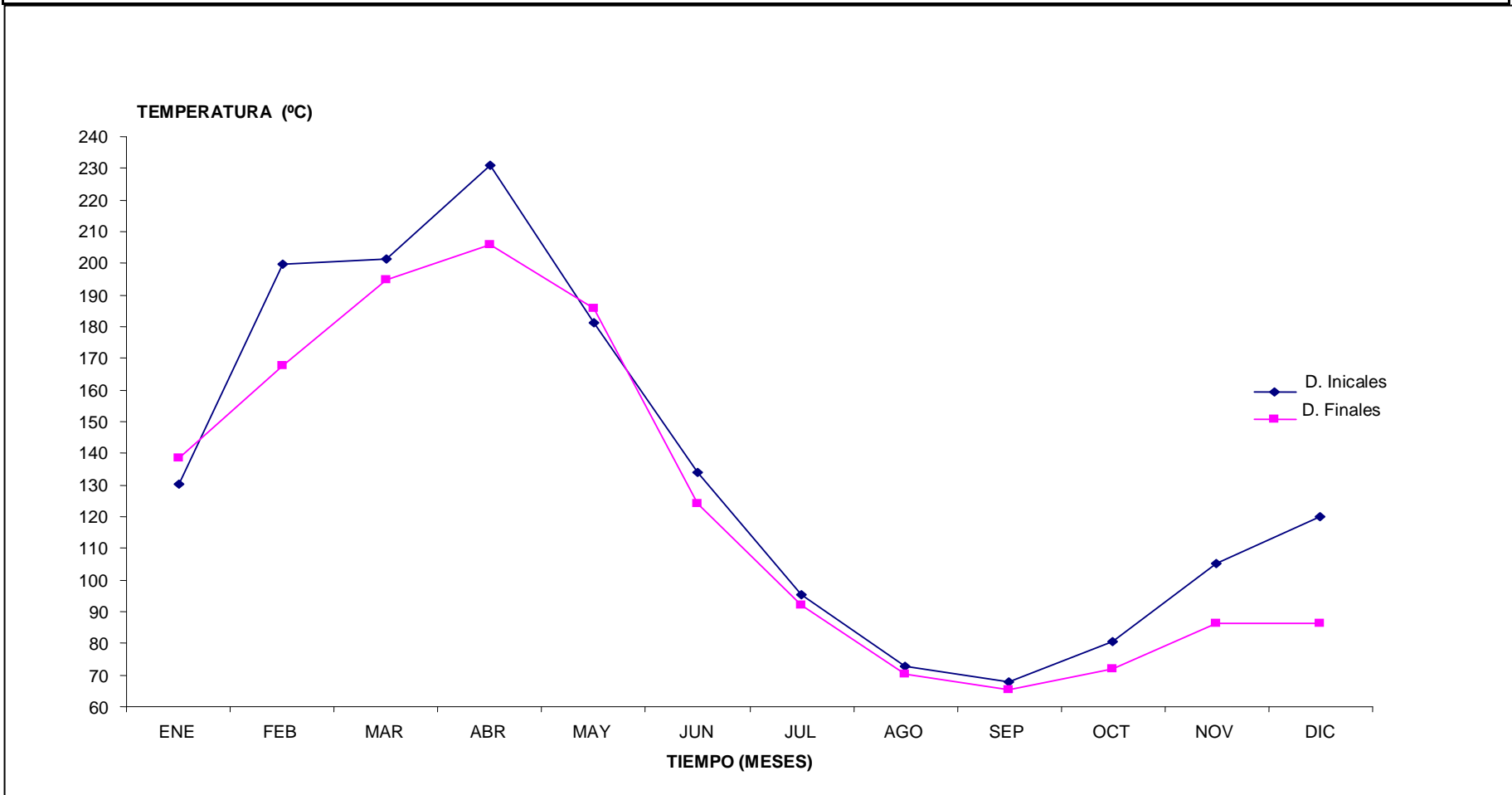


PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI

GRÁFICO No. 3.32

CAUDAL MEDIO MENSUAL (f) TIEMPO ESTACIÓN D.J. ALAMBÍ

DATOS INICIALES VS. ACTUALES

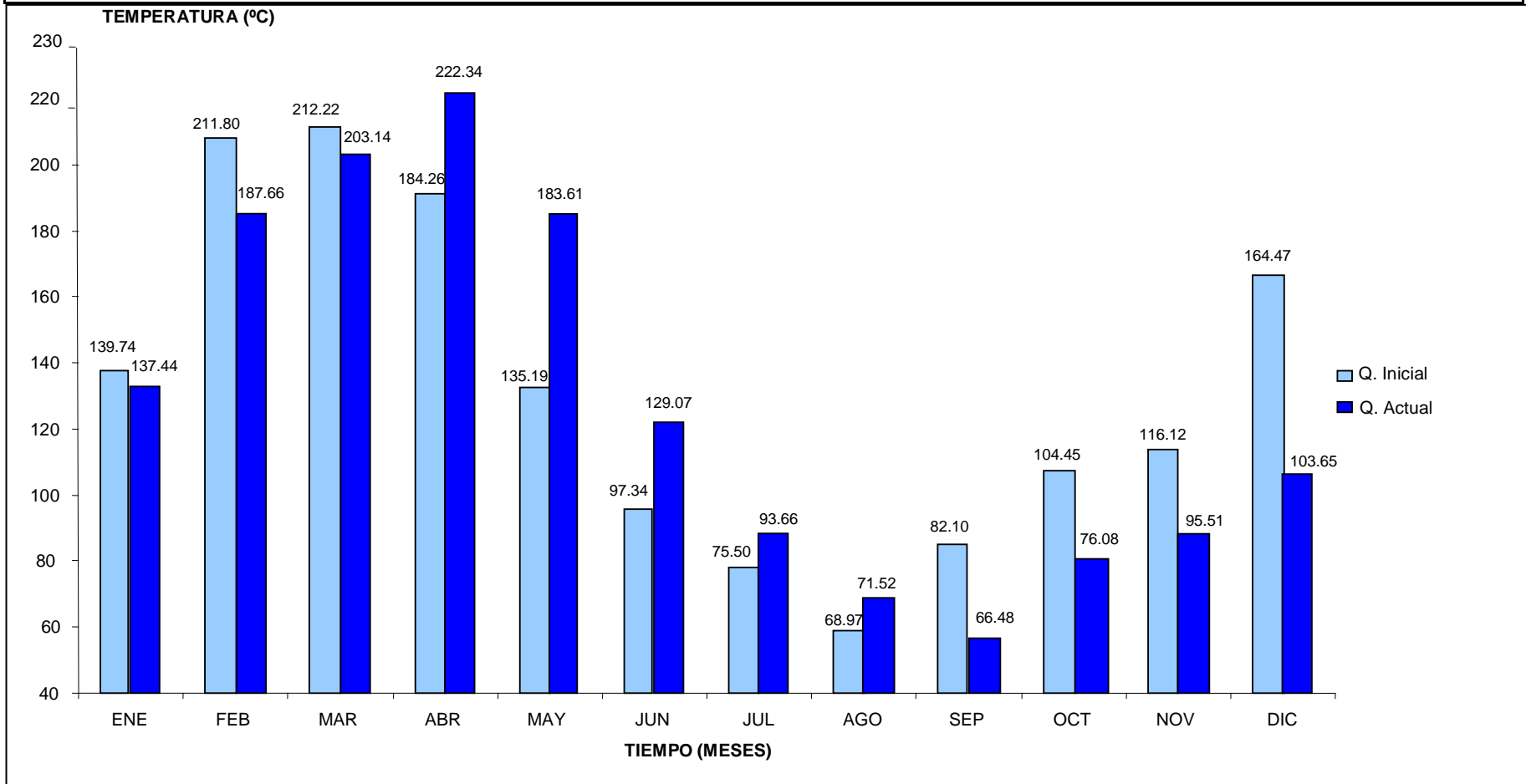


**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI**

**GRÁFICO No. 3.33**

CAUDAL MEDIO MENSUAL (f) TIEMPO ESTACIÓN D.J. ALAMBÍ

DATOS INICIALES VS. ACTUALES



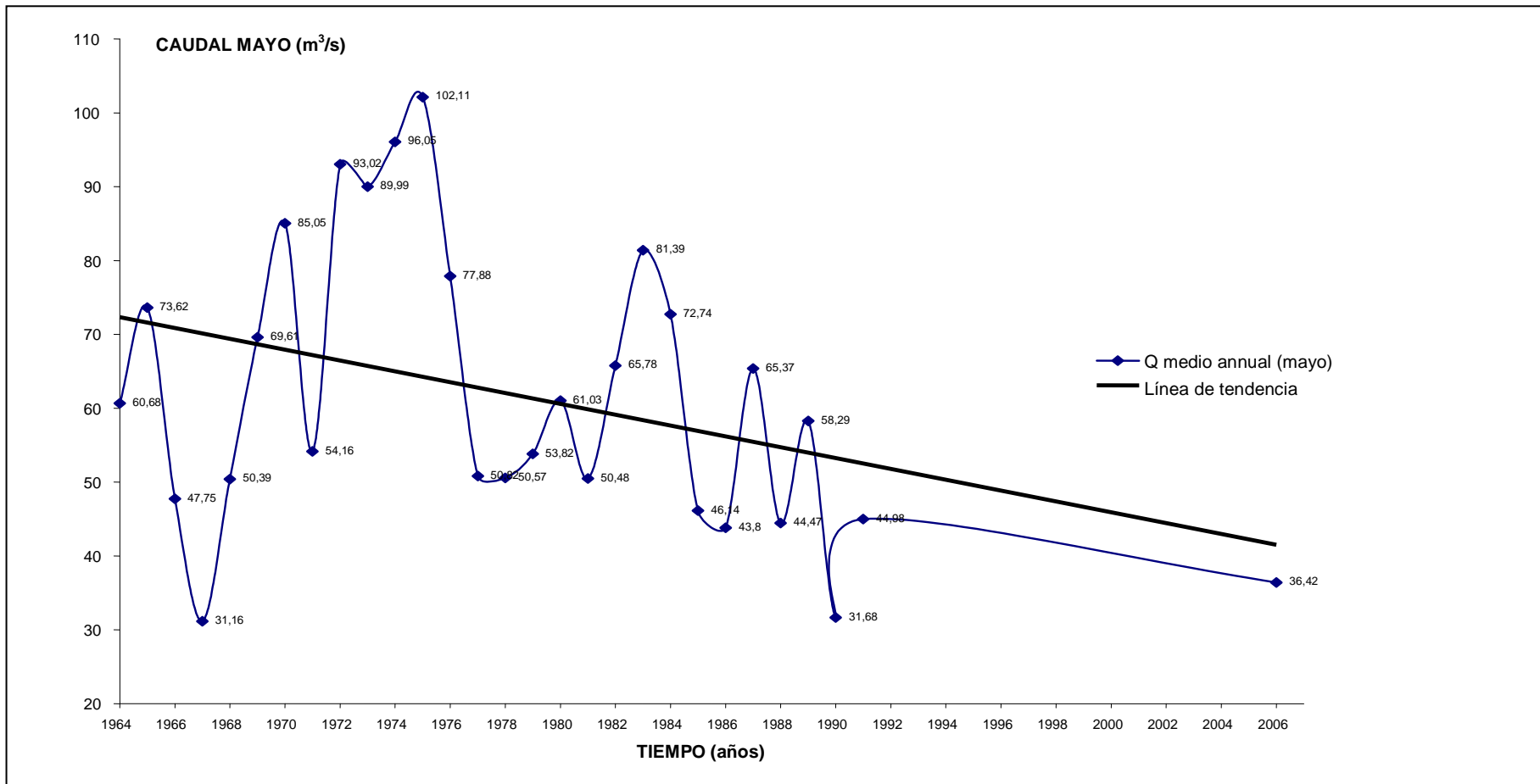
**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No. 3.34***CAUDAL MEDIO ANUAL EST. A.J. CUBI*

Q MES DE MAYO

<b>AÑOS</b>	<b>Q(Mayo)</b>		<b>AÑOS</b>	<b>Q (Mayo)</b>
1964	60,68		1978	50,57
1965	73,62		1979	53,82
1966	47,75		1980	61,03
1967	31,16		1981	50,48
1968	50,39		1982	65,78
1969	69,61		1983	81,39
1970	85,05		1984	72,74
1971	54,16		1985	46,14
1972	93,02		1986	43,8
1973	89,99		1987	65,37
1974	96,05		1988	44,47
1975	102,11		1989	58,29
1976	77,88		1990	31,68
1977	50,82		1991	44,98
Q aforo realizado en campo			2006	36,42

En el cuadro anterior se presenta el caudal medio anual del mes de mayo, incluido el dato de caudal del aforo realizado en la cuenca del río Guayllabamba en la estación A.J. Cubi, determinado en m<sup>3</sup>/s.

Con los datos se ha realizado el siguiente gráfico que representa la variación de caudal desde el año 1965 al año 2006, tomando en consideración que los años que no constan en el cuadro de datos, son aquellos que no poseían datos de caudales.

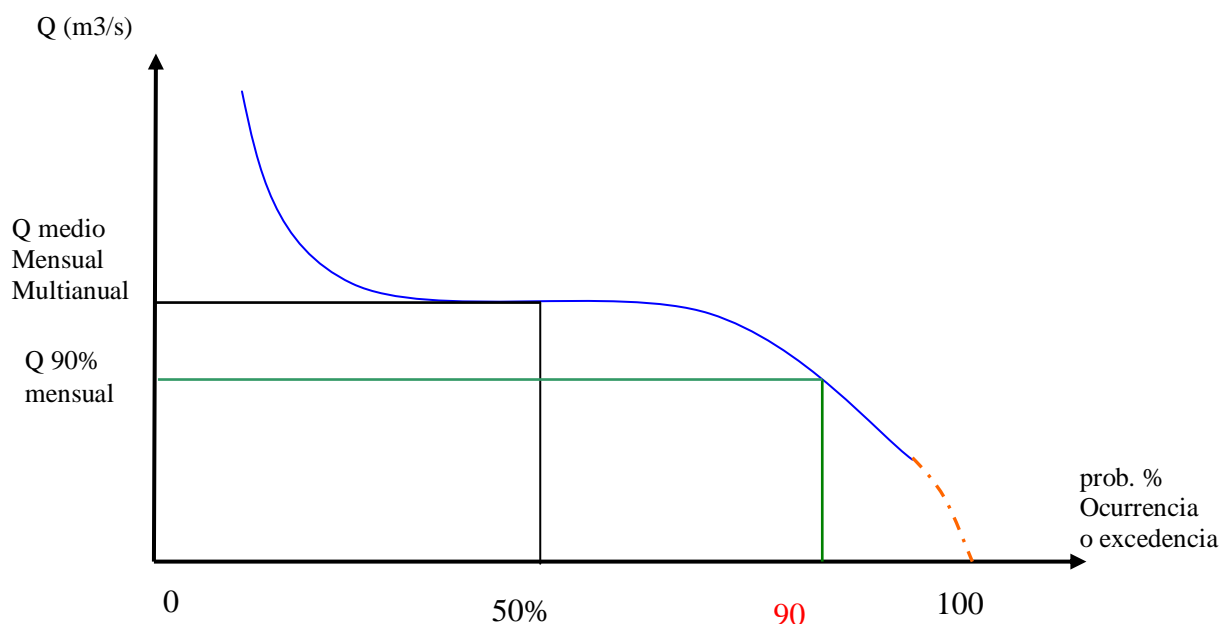




### 3.12 CAUDAL DE DISEÑO

Para la mayoría de proyectos cuyos estudios se encuentran en los niveles de Prefactibilidad a Factibilidad el cálculo de la potencia y energía se realiza considerando la alternativa de regulación diaria:

- Para proyectos con embalse de regulación ubicado en el cauce, las obras y la potencia, se definieron para el caudal de diseño, igual al caudal 90% dividido para el factor de instalación, asumiendo este factor igual a 0.5.
- Para proyectos con reservorio de regulación ubicado al final de la conducción, las obras de toma y conducción se diseñaron para el caudal 90%; la tubería de presión y la potencia se calculan con el caudal de diseño. El factor de instalación se asume igual a 0.65.



**Gráfico No. 3.35**

$$Q_D = Q_{90\%} / FI$$

$Q_D$  : Caudal de Diseño

$Q_{90\%}$  : Caudal firme mensual

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No. 3.42</b>
---------------------------------------	-----------------------

**FI:** factor de instalación

$Q_{90\%}$  actualizado = 22,6 m<sup>3</sup> / s.

### **CÁLCULO DEL $Q_{90\%}$**

Para el cálculo del  $Q_{90\%}$  del proyecto hidroeléctrico "Chespi" partimos de los datos existentes que son los siguientes:

$$FI = 0,34 = Q_{90\%} / Q_D$$

$$0,34 \times 70 = 23,80$$

$Q_{90\%} = 23,80$  m<sup>3</sup>/s del proyecto

### **CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO ACTUAL**

Aplicamos la fórmula  $Q_D = Q_{90\%} / FI$

**DATOS:**

$Q_{90\%} = 22,6$  m<sup>3</sup>/s obtenido del gráfico de caudal medio mensual multianual

$FI = .50$  por ser proyecto con embalse de regulación.

$$Q_D = 22,6 \text{ m}^3 / \text{s} / 0,50$$

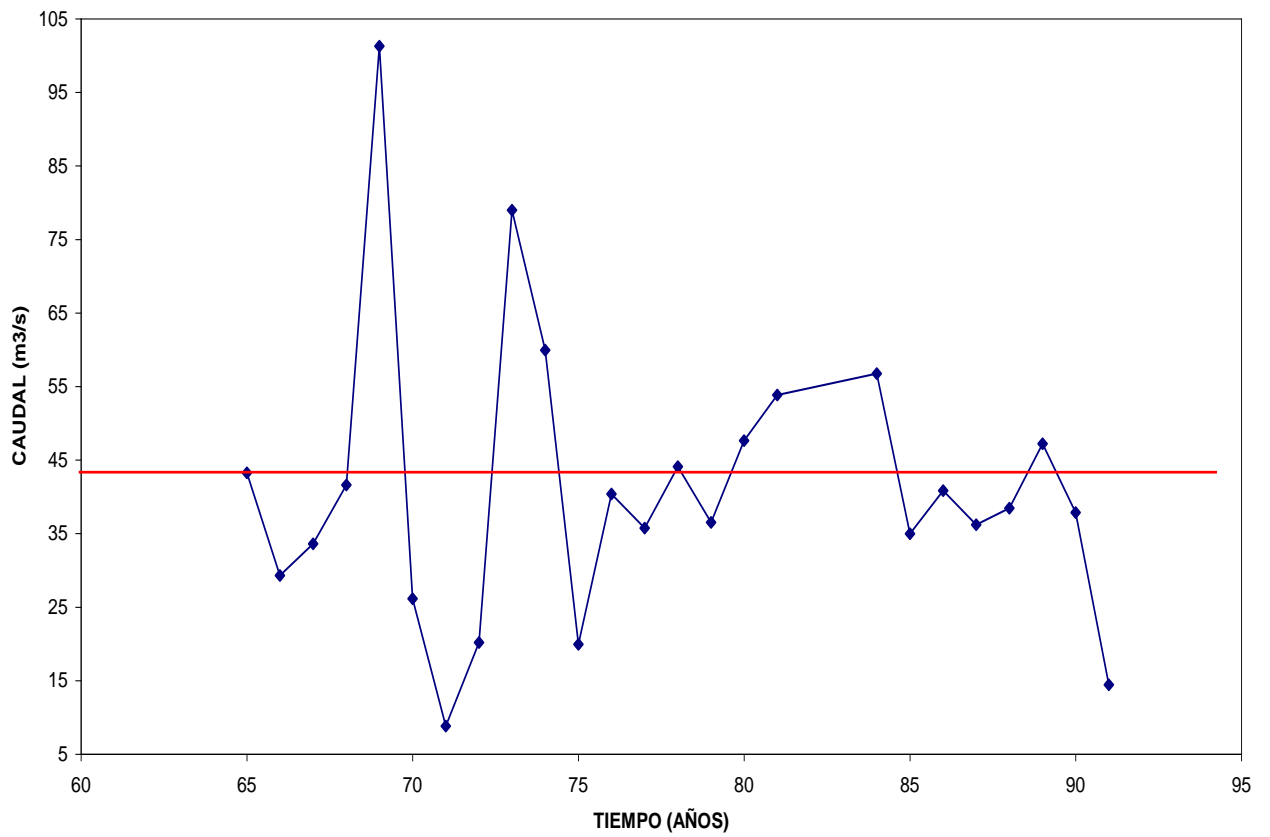
**$Q_D = 45,24$  m<sup>3</sup> /s. ACTUAL**

<i>Caudal Medio Mensual Multianual</i>
--

**CAUDAL MEDIO MENSUAL  
MULTIANUAL**

<b>AÑOS</b>	<b>MEDIA ANUAL</b>
65	43,27
66	29,29
67	33,62
68	41,6
69	101,3
70	26,14
71	8,83
72	20,17
73	78,99
74	59,95
75	19,93
76	40,39
77	35,76
78	44,09
79	36,51
80	47,63
81	53,85
84	56,74
85	34,98
86	40,85
87	36,2
88	38,46
89	47,21
90	37,86
91	14,43
<b>PROMEDIO</b>	<b>41,122</b>

**CAUDAL MEDIO MENSUAL MULTIANUAL**



Q medio mensual multianual existente 58,10 m³/s.

**Q medio mensual multianual** obtenido del gráfico actual **41,12 m³/s.**

## **CAPÍTULO IV**

### **4. ACTUALIZACIÓN DE COSTOS, UTILIZANDO SISTEMAS**

#### **COMPUTACIONALES EXISTENTES**

- 4.1 ANÁLISIS DE COSTOS
  - 4.1.1 GENERALIDADES
  - 4.1.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS
- 4.2 APLICACIÓN DEL PROGRAMA ARES
  - 4.2.1 ELABORACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS
  - 4.2.2 COSTO FINAL DEL PROYECTO
- 4.3 APLICACIÓN DEL MICROSOFT PROJECT
  - 4.3.1 ELABORACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE OBRA.
    - 4.3.1.1 CRONOGRAMA GANTT.
    - 4.3.1.2 DIAGRAMA PERT – CPM.
- 4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO
  - 4.4.1 INTRODUCCIÓN
  - 4.4.2 POTENCIA Y ENERGÍA DE LA CENTRAL
  - 4.4.3 COSTO DEL CAPITAL INVERTIDO
  - 4.4.4 BENEFICIOS
  - 4.4.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA RENTABILIDAD
  - 4.4.6 PARÁMETROS ECONÓMICOS
- 4.5 ACTUALIZACIÓN DE DATOS CON FÓRMULAS POLINÓMICAS

## **4.1 ANÁLISIS DE COSTOS.**

### **4.1.1 GENERALIDADES**

Para elaborar el Presupuesto de un Proyecto en general se debe tener disponible la información suficiente y detallada de los componentes de dicho proyecto en estudio, como son: planos estructurales, planos de detalle, secciones de corte, plantas, elevaciones, rubros, precios unitarios, especificaciones técnicas, cantidades de obra, unidades utilizadas, etc.; ya que con esta información además de un Software confiable se puede realizar un Presupuesto Referencial Real de un Proyecto.

En este caso un factor importante es la magnitud del Proyecto, ya que para la elaboración de un presupuesto detallado se necesitaría personal capacitado para el análisis de cada uno de los rubros que comprenden el presente proyecto como son Obras Civiles, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Hidráulica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería de Suelos, Arquitectura, Topografía, entre otros con sus respectivos profesionales en cada rama, además de los profesionales en la parte referente a administración; cada una de estos aportando con sus conocimientos y especificaciones para cada caso en particular, además de las características propias del proyecto, este debería presentar un presupuesto para cada área. Y de esta manera poder hacer una evaluación económica total del proyecto con los debidos criterios técnicos emitidos por profesionales capacitados en cada rama.

Por lo expuesto anteriormente el Presupuesto que se presenta a continuación del Proyecto Hidroeléctrico “Chespi” se lo ha realizado a nivel de prefactibilidad y como un referente para futuros análisis de precios.

#### 4.1.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS

El presupuesto estimativo se lo realiza en base a precios unitarios aplicados particularmente al proyecto mediante la utilización del Programa Ares.

Este Software se maneja con los precios proporcionados por la Cámara de la Construcción de Quito y permite la actualización de los mismos para los diferentes rubros mediante la utilización de Internet, por esta razón se considera adecuado el uso del Programa Ares para el presente proyecto.

Estos precios han sido establecidos por el programa considerando jornales básicos del trabajador, costo de materiales, tarifas de importación de materiales y equipos; para este efecto se ha hecho distinción entre materiales producidos en el país como son: cemento, agregados, combustible, etc., y que se encuentren dentro de la zona de construcción; y materiales importados como son: acero de refuerzo; maquinaria de construcción y equipos electromecánicos e hidráulicos que consideran además costo FOB, transporte marítimo y terrestre, instalación y pruebas.

Además, por la escasa información disponible del Proyecto Hidroeléctrico Chespi para la estimación del costo de ciertos rubros, se ha tomado como referencia precios unitarios y especificaciones técnicas utilizados en el Proyecto Agoyan y Sigchos por tener características similares.

En cuanto a cantidades de obras de los diferentes rubros, estas han sido estimadas mediante cálculos matemáticos y en caso de existir debidamente verificadas y comparadas en base a los planos que se presentan en la sección de Anexos.

## 4.2 APLICACIÓN DEL PROGRAMA ARES

### 4.2.1 ELABORACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS

### 4.2.2 COSTO FINAL DEL PROYECTO



### 4.3 APLICACIÓN DEL MICROSOFT PROJECT

#### 4.3.1 ELABORACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DE OBRA.

##### 4.3.1.1 CRONOGRAMA GANTT.

##### 4.3.1.2 DIAGRAMA PERT – CPM.

## 4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

### 4.4.1 INTRODUCCIÓN

Realizado el Presupuesto Referencial Actual del Proyecto Hidroeléctrico “Chespi”, corresponde definirlo económicamente esto es adoptar elementos de juicio sobre su rentabilidad, y de esta manera determinar la viabilidad y eficacia de su Construcción.

Para esto, se determinan los costos y beneficios del proyecto bajo un conjunto de condiciones que definen posibles situaciones económicas.

Para el presente estudio determinamos los costos del proyecto que comprenden: costos totales de inversión, compuestos en este caso por los costos directos de construcción (obras civiles, materiales, mano de obra y equipo); costos anuales de explotación (operación y mantenimiento); y , costos de reposición de equipos que se considera a realizarse cada diez años durante el periodo de vida útil (50 años) del proyecto.

No se ha considerado para el estudio los Costos indirectos ( Ingeniería y Administración ) puesto que estos se determinan en base a la experiencia y son particulares para cada constructor, determinados en un porcentaje del costo directo de construcción.

Los beneficios comprenden: beneficios por potencia garantizada y beneficios por energía, estudiándose además el caso en que se excluye los beneficios por potencia.

Para definir en general el proyecto y determinar los valores de lo indicado anteriormente, se establece la capacidad de generación de la central mediante la determinación de los siguientes parámetros : Potencia máxima generada, potencia garantizada, potencia instalada, energía primaria y energía secundaria.

#### 4.4.2 POTENCIA Y ENERGÍA DE LA CENTRAL

##### 4.4.2.1 POTENCIAS DE LA CENTRAL

###### Potencia Máxima Generada

Para el presente estudio consideramos los mismos rendimientos de los equipos y a continuación se describen: 0.89 , 0.98 y 0.99 para turbinas, generadores y transformadores respectivamente, con un rendimiento de la serie igual a 0.86.

La potencia máxima generada se estima mediante la expresión:

$$P_{m\acute{a}x} = 8.46 * Q_{m\acute{a}x} * H_n$$

Donde :

P máx : Potencia máxima

Hn: caída bruta = 279.74 m.

Qmáx : Caudal de Diseño = 70 m<sup>3</sup>/

$$P_{m\acute{a}x} = 165.7 \text{ Mw}$$

###### Potencia Garantizada

Potencia garantizada es la potencia máxima horaria disponible en una central hidroeléctrica que puede ser colocada en condiciones críticas de salto; esto es, cuando el nivel del embalse ha llegado al nivel mínimo (teniendo en cuenta la regulación diaria que proporciona el embalse).

En este caso la altura bruta sería:

$$H = 1436.00 - 1145.30 = 290.70 \text{ m.}$$

$$\text{Entonces } H_n = 290.70 - 14.92 - 0.02 = 275.74 \text{ m.}$$

$$\text{Potencia Garantizada} = 8.46 * 70 * 275.74$$

$$P_{\text{máx}} = 163.3 \text{ Mw}$$

### Potencia Instalada

La Potencia Instalada es la máxima potencia que es capaz de producir una central hidroeléctrica en condiciones de trabajo normal.

En este caso la altura bruta sería:

$$H_n = 294.70 - 5.12 - 0.02 = 289.56 \text{ m.}$$

$$PI/\text{unidad} = 8.46 * (35) * 289.56 = 85.74 \text{ Kw.}$$

$$PI = 2 * 85.74 \text{ Kw.}$$

$$PI = 171.5 \text{ Mw}$$

#### 4.4.2.1 ENERGÍA ANUAL PRODUCIDA

La producción anual de energía depende de las características hidrológicas del río Guayllabamba en el sitio de la presa y de las propiedades físicas del sistema de conducción y del sistema de transformación de energía hidráulica a energía mecánica y luego a energía eléctrica.

El primer factor viene representado por la Curva de Duración General con caudales medios diarios (fig. 3.7), y el segundo, por el parámetro Pérdidas de carga y por los rendimientos respectivos de los equipos.

Se admite que el rendimiento de las unidades se mantiene constante para todas las alturas de carga y caudales turbinados.

Considerando el mismo rendimiento, la potencia se calcula mediante la expresión

$$P_i = 8.46 * Q_i * H_{ni}$$

Siendo  $H_n$  la altura efectiva que se determina mediante la expresión :

$$H_{ni} = H - \sum (h_f + h_m) - \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

$$\begin{aligned} H &= \text{altura bruta} \\ &= \text{Nivel de operación} - \text{Nivel de Restitución} \end{aligned}$$

El nivel de operación del embalse estaría determinado mediante una simulación de la operación del mismo considerando las cotas máxima y mínima normales de operación y los caudales afluentes, (en este caso sólo del río) y afluentes (a través de la toma y de los conductos de desagüe de fondo que en forma permanente están parcialmente abiertos).

Sin embargo, a este nivel de estudio, se trabaja con una cota promedio de operación igual a 1438.00 msnm.

$$E = 167000Kw * 24horas * 365días$$

$$E = 1462920000Kw / año$$

#### 4.4.3 COSTO DEL CAPITAL INVERTIDO

Los costos totales de inversión del Proyecto corresponden a la suma del costo del esquema (total general del presupuesto) y de los intereses que este generaría durante el periodo de construcción los cuales varían de acuerdo a la tasa de interés que se considere.

Para la estimación de estos últimos se considera un interés del 9% para cada año del periodo de construcción con el siguiente cuadro semestral:

SEMESTRE	INVERSIÓN
1	90,787,610.81 \$
2	23,376,464.91 \$
3	13,906,223.58 \$
4	19,008,495.95 \$
5	19,458,551.14 \$
6	15,202,013.41 \$
7	9,309,676.58 \$
8	9,615,815.68 \$
9	37,082,935.03 \$
10	30,624,594.00 \$

Para transformar el interés anual en interés semestral y aplicarlo al periodo de construcción utilizamos la siguiente formula:

$$(1+i_1)^n = (1+i_2)^n$$

$$(1+0.09)^1 = (1+i_2)^2$$

Donde:

$i_1$  = interés anual

$i_2$  = interés semestral

$n$  = periodo de tiempo

Entonces el interés semestral para el periodo de construcción de 5 años será

$$I = 0.44 \% \text{ semestral .}$$

Con este interés calculamos la siguiente tabla de inversión utilizando la formula del VAN :

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI** **TABLA No. 4.1**

*Valor Presente durante el Periodo de Construcción.* *Análisis Semestral*

periodo	valor semestral
1	90,787,610.81 \$
2	23,376,464.91 \$
3	13,906,223.58 \$
4	19,008,495.95 \$
5	19,458,551.14 \$
6	15,202,013.41 \$
7	9,309,676.58 \$
8	9,615,815.68 \$
9	37,082,935.03 \$
10	30,624,594.00 \$

Valor presente de la construcción **231,691,031.24 \$**

### COSTO ANUAL DE EXPLOTACIÓN

Los costos anuales de operación , mantenimiento y administración se los considera como gastos anuales fijos y se los estima como 2.5% del costo del capital invertido.

### COSTO DE REPOSICIÓN DE EQUIPOS

Se considera una reposición del Equipo Electro mecánico, a llevarse a cabo cada 10 años durante la vida útil del proyecto para su óptimo funcionamiento.

#### 4.4.4 BENEFICIOS

Los beneficios que el Proyecto genera a través de su vida útil y que son transformados a valor presente neto resultan de la valorización de la producción esperada de la central mediante el sistema de precios del Parque Termoeléctrico equivalente.

Costo kilo vatio hora = 8 centavos de dólar.

$$B = 1462920000 Kw / año * \$0.08$$

$$B = 117 \text{ millones de dólares/ año}$$

Estos beneficios por potencia y energía se consideran fijos durante el periodo de vida útil.

#### BENEFICIOS POR POTENCIA

Se consideran los beneficios producidos por la generación de Potencia garantizada de la central tomando en cuenta además se debe considerar la disminución del 0.7% debido al consumo propio de la misma y el 3% debido a pérdidas en el sistema de transmisión.



## BENEFICIOS POR ENERGÍA

En la determinación de la producción que para este caso se toma en cuenta únicamente la Energía Primaria, se considera además de la disminución por consumo propio y pérdidas, la disminución debida a 12 días medios de mantenimiento.

### 4.4.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LA RENTABILIDAD

En el presente Proyecto el análisis de rentabilidad se lo realizó tomando en cuenta varias condiciones descritas a continuación:

El interés que se ha tomado para el análisis es del 9% por esta razón tomamos límites inferior y superior al de la tasa de actualización, de 5% y 15% respectivamente.

Para este estudio se considera únicamente los beneficios correspondientes a energía.

Se tabulan los beneficios anuales y los costos anuales de explotación, así como el costo por reposición de equipos cada 10 años durante la vida útil del proyecto, y con esto se calcula el beneficio neto anual, (considerando el caso especial dado cada 10 años). Se determina, finalmente los valores presentes de la inversión y de los beneficios netos anuales referidos al inicio del periodo de explotación del proyecto.

**PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI****TABLA No. 4.2***Ingreso por venta de energía durante la V.U.**Análisis Anual*

<b>Periodo</b>	<b>beneficio anual</b>
6	110,000,000.00 \$
7	110,000,000.00 \$
8	110,000,000.00 \$
9	110,000,000.00 \$
10	9,840,000.00 \$
11	110,000,000.00 \$
12	110,000,000.00 \$
13	110,000,000.00 \$
14	110,000,000.00 \$
15	110,000,000.00 \$
16	110,000,000.00 \$
17	110,000,000.00 \$
18	110,000,000.00 \$
19	110,000,000.00 \$
20	9,840,000.00 \$
21	110,000,000.00 \$
22	110,000,000.00 \$
23	110,000,000.00 \$
24	110,000,000.00 \$
25	110,000,000.00 \$
26	110,000,000.00 \$
27	110,000,000.00 \$
28	110,000,000.00 \$
29	110,000,000.00 \$
30	9,840,000.00 \$
31	110,000,000.00 \$
32	110,000,000.00 \$
33	110,000,000.00 \$
34	110,000,000.00 \$

35	110,000,000.00 \$
36	110,000,000.00 \$
37	110,000,000.00 \$
38	110,000,000.00 \$
39	110,000,000.00 \$
40	9,840,000.00 \$
41	110,000,000.00 \$
42	110,000,000.00 \$
43	110,000,000.00 \$
44	110,000,000.00 \$
45	110,000,000.00 \$
46	110,000,000.00 \$
47	110,000,000.00 \$
48	110,000,000.00 \$
49	110,000,000.00 \$
50	110,000,000.00 \$

Ingresos durante el  
periodo de construcción

**\$ 5,185,227,618.92**

#### 4.4.6 PARÁMETROS ECONÓMICOS

A partir de los valores obtenidos presentes de la inversión y de beneficio (neto), se determinan los parámetros económicos siguientes: VAN (valor actual neto), Beneficio Neto ( B – C ), Relación Beneficio Costo ( B / C ) y TIR (tasa interna de retorno), esta ultima determinada por interpolación grafica.

Para calcular el VAN del Proyecto utilizamos la siguiente formula y aplicamos los valores obtenidos en las tablas anteriores.

$$VAN = Flujo Neto / (1 + i)^n$$

$$VAN = \$ 597,762,912.20$$

## RELACIÓN BENEFICIO COSTO ( B / C )

Es el resultado de Dividir los Beneficios obtenidos durante la vida útil del Proyecto para los Costos tanto de construcción como de mantenimiento de dicho proyecto en estudio.

$$\text{Relación Beneficio vs. Costo} = B / C$$

$$\text{Relación Beneficio vs. Costo} = \$ 597,904,273.64 / \$231,691,031.24$$

$$\text{Relación } B / C = 2.58$$

## TASA INTERNA DE RETORNO

La tasa interna de retorno es aquella que hace que el valor actual neto (VAN) sea igual a cero. Tenemos tres casos de TIR que se presentan a continuación :

- Si la TIR es mayor a la tasa de interés actual, entonces la inversión es

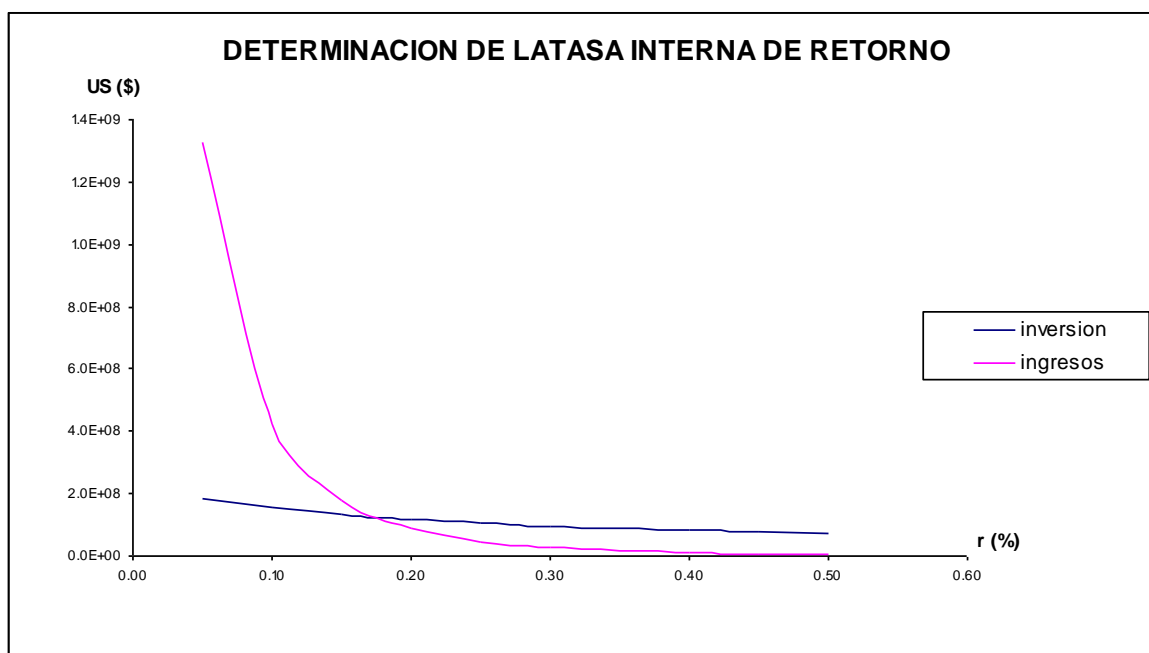
conveniente.

- Si la TIR es igual a la tasa de interés actual, entonces la inversión es indiferente; y
- Si la TIR es menor a la tasa de interés actual, entonces la inversión no es conveniente.

<b>PROYECTO HIDROELÉCTRICO CHESPI</b>	<b>TABLA No. 4.3</b>
---------------------------------------	----------------------

<i>TASA INTERNA DE RETORNO</i>	<i>Interpolación Grafica</i>
--------------------------------	------------------------------

<b>TASA INTERNA DE RETORNO</b>		
<b>interés</b>	<b>inversión</b>	<b>Ingresos</b>
<b>%</b>	<b>\$</b>	<b>\$</b>
0.05	216,728,520.0	1,329,155,950.0
0.10	181,146,966.2	421,261,431.0
0.15	155,719,773.0	180,327,225.0
0.20	153,246,228.0	176,225,412.3
<b>0.22</b>	<b>150,736,680.7</b>	<b>150,736,680.7</b>
0.25	136,925,373.7	88,467,243.1
0.30	111,369,732.1	26,531,516.5
0.40	94,937,313.4	9,492,834.0
0.45	88,733,285.1	5,942,726.5
0.50	83,451,309.1	3,811,586.9



### 3.5 ACTUALIZACIÓN DE DATOS CON FORMULAS POLI NÓMICAS

#### 3.5.1 PROCEDIMIENTO.-

La actualización de costos se realiza en base al Manual de Costos de Proyectos Hidroeléctricos – Nivel Prefactibilidad, salvo ciertas excepciones en las que se recurre a su similar a nivel inventario. Ambos manuales constituyen un conjunto de tablas y ábacos de precios unitarios, elaborados con datos disponibles de proyectos ejecutados en Ecuador y Brasil.

El objeto de los anteriores es procesar la información de prediseño de equipos y obras civiles y preparar presupuestos homogéneos de los esquemas de tal manera que el análisis económico sea comparable. Para esto se han clasificado la información mediante un plan de rubros generales que comprenden en forma general:

- Rubro 01: Terrenos y servidumbres
- Rubro 02: Edificios y estructuras
- Rubro 03: Presas y obras de regulación
- Rubro 04: Obras de Toma y conducción
- Rubro 05: Instalaciones electromecánicas
- Rubro 06: Accesos y gastos generales

Debido a que se considerarán precios del Parque Termoeléctrico Equivalente a nivel del mes y año en curso, se hace necesario obtener a la misma fecha los presupuestos. La actualización de costos establecidos en cada cuenta o servicio básico se hace mediante la utilización de funciones matemáticas cuya estructura básica está compuesta por los rubros determinantes del precio unitario: mano de obra, materiales y equipos, y de sus índices de variación respecto al tiempo; tanto para moneda local, como para moneda extranjera.

Se consideran así, tres tipos de funciones polinómicas combinándose la primera con una de las dos siguientes:

$$N\%.Pi = Po * \left( K1 * \frac{Ji}{Jo} + K2 * \frac{Mi}{Mo} + K3 * \frac{Ei}{Eo} \right) * \frac{N}{100}$$

$$X\%.Pi = Po * \left( k1 * \frac{ji}{jo} + k2 * \frac{mi}{mo} + k3 * \frac{ei}{eo} \right) * \frac{X}{100}$$

$$X\%.Pi = Po * \left( k4 * \frac{Qi}{Qo} + k3 * \frac{ei}{eo} \right) * \frac{X}{100}$$

Donde:

N = % del costo en moneda local

X = % del costo en moneda extranjera

P.D. = Precio en el mes i

P.D. = Precio base (jun, año o enero, año)

k.o., k.o. = % del costo de mano de obra del servicio o cuenta

k.o., k.o. = % del costo de materiales del servicio o cuenta

k.o., k.o. = % del costo de equipos del servicio o cuenta

k.o. = % del costo de equipo hidro o electromecánico

Ji, Ji = Índice de precios al consumidor en el mes i

Jo, jo = Índice de precios al consumidor en el mes base

Mi, mi = Índice de precios de materiales en el mes i

Mo, mo = Índice de precios de materiales en el mes base

Ei, ei = Índice de precios de equipos en el mes i

Eo, eo = Índice de precios en el mes base

Qi = Índice de precios de turbinas y generadores en el mes i

Qo = Índice de precios de turbinas y generadores en el mes base

De esta manera, se ha establecido las siguientes funciones para las distintas cuentas y servicios:

#### FUNCIONES PARA LA ACTUALIZACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS DE CUENTAS Y SERVICIOS

- Excavación a cielo abierto sin clasificar; limpieza de área de embalse:

$$N = 15\% P_i = P_o * \left( 0.60 * \frac{J_i}{J_o} + 0.10 * \frac{M_i}{M_o} + 0.30 * \frac{E_i}{E_o} \right)$$

$$X = 85\% P_i = P_o * \left( 0.05 * \frac{j_i}{j_o} + 0.25 * \frac{m_i}{m_o} + 0.70 * \frac{e_i}{e_o} \right)$$



- Excavación subterránea

$$N = 30\% Pi = Po * \left( 0.70 * \frac{Ji}{Jo} + 0.05 * \frac{Mi}{Mo} + 0.25 * \frac{Ei}{Eo} \right)$$

$$X = 70\% Pi = Po * \left( 0.03 * \frac{ji}{jo} + 0.30 * \frac{mi}{mo} + 0.67 * \frac{ei}{eo} \right)$$

- Limpieza y tratamiento de fundación

$$N = 30\% Pi = Po * \left( 0.75 * \frac{Ji}{Jo} + 0.05 * \frac{Mi}{Mo} + 0.20 * \frac{Ei}{Eo} \right)$$

$$X = 70\% Pi = Po * \left( 0.05 * \frac{ji}{jo} + 0.35 * \frac{mi}{mo} + 0.60 * \frac{ei}{eo} \right)$$

- Agregados y encofrados (del hormigón); Urbanización y obras accesorias; campamentos y oficinas permanentes; campamentos para construcción; y, obra civil de Tubería.

$$N = 65\% Pi = Po * \left( 0.50 * \frac{Ji}{Jo} + 0.40 * \frac{Mi}{Mo} + 0.10 * \frac{Ei}{Eo} \right)$$

$$X = 70\% Pi = Po * \left( 0.05 * \frac{ji}{jo} + 0.05 * \frac{mi}{mo} + 0.90 * \frac{ei}{eo} \right)$$

- Rellenos, Compactación

$$N = 20\% Pi = Po * \left( 0.40 * \frac{Ji}{Jo} + 0.60 * \frac{Ei}{Eo} \right)$$

$$X = 80\% Pi = Po * \left( 0.05 * \frac{ji}{jo} + 0.95 * \frac{ei}{eo} \right)$$

- Equipos Hidromecánicos y Electromecánicos

$$N = \text{Variable } P_i = P_o * \left( 0.80 * \frac{J_i}{J_o} + 0.05 * \frac{M_i}{M_o} + 0.15 * \frac{E_i}{E_o} \right)$$

$$X = \text{Variable } P_i = P_o * \left( 0.90 * \frac{Q_i}{Q_o} + 0.10 * \frac{e_i}{e_o} \right)$$

- Adquisición de tierras y bienes

$$P_i = P_o * \left( \frac{J_i}{J_o} \right)$$

- Caminos y carreteras

$$N = 40\% P_i = P_o * \left( 0.80 * \frac{J_i}{J_o} + 0.05 * \frac{M_i}{M_o} + 0.15 * \frac{E_i}{E_o} \right)$$

$$X = 60\% P_i = P_o * \left( 0.05 * \frac{j_i}{j_o} + 0.25 * \frac{m_i}{m_o} + 0.70 * \frac{e_i}{e_o} \right)$$

- Blindaje de Acero

$$N = 15\% P_i = P_o * \left( 0.80 * \frac{J_i}{J_o} + 0.10 * \frac{M_i}{M_o} + 0.10 * \frac{E_i}{E_o} \right)$$

$$X = 75\% P_i = P_o * \left( \frac{Q_i}{Q_o} \right)$$

- Mantenimiento de Campamentos

$$P_i = P_o * \left( 0.88 * \frac{J_i}{J_o} + 0.02 * \frac{M_i}{M_o} + 0.10 * \frac{E_i}{E_o} \right)$$

- Mantenimiento de Carreteras

$$P_i = P_o * \left( 0.37 * \frac{J_i}{J_o} + 0.18 * \frac{M_i}{M_o} + 0.45 * \frac{E_i}{E_o} \right)$$

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y COMENTARIO

#### CONCLUSIONES:

Teniendo como uno de los objetivos principales de este estudio, la viabilidad del Proyecto Hidroeléctrico “Chespi” tanto en la parte económica con la actualización del presupuesto, como en la parte hidrológica con la verificación de datos se pueden presentar las siguientes conclusiones y de esta manera colaborar con el orden de prioridad en que deben desarrollarse los proyectos hidroeléctricos del Plan Maestro de Electrificación.

- Es necesaria la actualización de los proyectos hidroeléctricos en el país, debido a la gran demanda de generación de energía eléctrica y a los altos costos que en la actualidad se cancelan por este servicio, debiendo tomarse en cuenta que el Ecuador posee una gran riqueza hídrica.
- Los proyectos existentes en el CONELEC, no tienen la información necesaria para la actualización total, pese a estar a nivel de factibilidad, y por el hecho de que los estudios hayan sido realizados por agencias extranjeras de cooperación hacen casi imposible la recuperación de datos necesarios.

- La confiabilidad de la información procesada y sus resultados dependen fundamentalmente de la cantidad y calidad de los datos básicos de campo, por esto:
  - El período de registro histórico, 1964-2001, en que se basan las cuantificaciones hídricas, es suficientemente representativo de la variabilidad húmedo – seca interanual del recurso en la cuenca.
  - Los registros propios de la cuenca del Guayllabamba, suministran la verdadera respuesta hídrica de la misma, que aunque registrada en el pasado, permite esperarla semejantemente en el futuro cuando funcione el proyecto.
  - Se cubren los aspectos meteorológico-hidrométrico-sedimentológico que requiere un aprovechamiento de la magnitud del Chespi, sin embargo, debido al funcionamiento hidráulico de las estaciones y algunas anomalías en la operación mantenimiento de las estaciones, hay algún grado de incertidumbre en cuanto a los caudales más bajos, incertidumbre que ha sido minimizada a través de la ponderación del caudal de la cuenca intermedia entre las dos estaciones del Guayllabamba para reajustar los registros de la cuenca .
  
- El presente proyecto ha suministrado parámetros meteorológicos, hidrométricos y sedimentológicos que son necesarios tanto en la etapa de diseño como en la de construcción.
- El caudal de la cuenca del río Guayllabamba obtenido en campo es de 36.420 m<sup>3</sup>/s.
- El caudal promedio de la cuenca del río Guayllabamba obtenido de los datos de las estaciones cercanas al sitio del proyecto que se encontraban

en funcionamiento hasta el año 2001, no dan un caudal promedio de 48,26 m<sup>3</sup>/s.

- Por lo que podemos observar que el caudal del Río Guayllabamba, ha ido disminuyendo año tras año, esto puede deberse a varios factores tales como la utilización del agua del río para riego y otros usos domésticos, por la variación del clima en los últimos años, etc.
- La disminución del Caudal de diseño obtenido en el año 1986 por "JICA" de 70,0 m<sup>3</sup>/s a un caudal calculado de diseño con datos de campo de 45,24 m<sup>3</sup>/s en el año 2006, nos permite sugerir que se rediseñe la obra civil del Proyecto este dato actualizado.
- La potencia de 167 Mw. con la que fue elaborada el proyecto en el año 1986, no sería factible producirla en la actualidad por la disminución del caudal de diseño, potencia que podría generar el proyecto CHESPI bajo estas nuevas condiciones sería de 115 Mw.
- Al disminuir el caudal y por consecuencia la potencia, el diseño existente del proyecto nos serviría de base para la optimización de dimensiones con las condiciones actuales de hidrología.
- En cuanto al Presupuesto Presentado por JICA en el año de 1986 de 242 millones de dólares con un costo correspondiente por Kw. instalado de US \$ 1450, este estudio presenta, al mismo nivel de precios, un presupuesto de 268 millones de dólares con un costo por k.w. instalado de US\$ 1604 tomando en consideración que las vías de acceso son asfaltadas por esta razón el costo se incrementa.
- .En el presupuesto presentado en el presente estudio no se ha considerado costos indirectos, ni intereses del periodo de construcción, ya

que estos valores varían de acuerdo a la experiencia del constructor y a la economía actual del país respectivamente.

- Los beneficios futuros esperados de la operación de la central han sido evaluados con el criterio de costos del Parque Termoeléctrico el mismo que no tiene reparo cuando se lo usa como sistema de referencia para comparar esquemas y fijar un cierto orden de prioridad entre ellos. La aplicación de este criterio es congruente con la producción de la central mediante la cual se establece la diferencia del valor económico del Kwh. con máxima demanda y / o cuando se presenta la aleatoria disponibilidad hídrica y baja demanda.
- En base al criterio establecido de producción considerando beneficios por potencia, el CONELEC ha establecido para los proyectos hidroeléctricos una tasa interna de retorno por lo menos de 12% para que los mismos puedan ser considerados económicamente rentables. Por lo tanto el Proyecto Hidroeléctrico “Chespi” al obtener una tasa interna de retorno de 22 % es económicamente atractivo para la inversión extranjera o local.
- Con el dato anterior se deduce que es indudable la rentabilidad del proyecto, por lo que convendría que se promueva y se de viabilidad a la realización de la siguiente fase del proyecto.
- En consecuencia podemos concluir que pese a la disminución de caudal en la Cuenca del Río Guayllabamba este sigue siendo económicamente rentable y por lo tanto atractivo a la inversión, por este motivo se debe priorizar el rediseño con los datos hidrológicos actuales.

**RECOMENDACIONES:**

De la realización del presente proyecto se recomienda:

- Revisar el diseño de las obras civiles del Proyecto, debido a la disminución del caudal del río Guayllabamba.
- De las tres estaciones hidrométricas utilizadas, dos están prácticamente desmanteladas y solo A.J. Cubi tiene algún grado de operatividad. Sin embargo, dado que una operación-mantenimiento de las mismas, requiere un gasto significativo, no solo en su reconstrucción integral sino, sobre todo, en su futuro y permanente control y operación, no se recomienda que para el proyecto se tome a cargo esta tarea.
- Sería conveniente que, durante el tiempo que transcurra hasta la construcción del proyecto, se implemente un programa de aforos líquidos para el sitio de Toma Viña del Chespi. El programa sería implementado durante los meses de caudales bajos (junio, julio, agosto) para afianzar el conocimiento del caudal firme.
- Se recomienda poner en funcionamiento las estaciones meteorológicas e Hidrológicas cercanas al sitio del proyecto, pues son las que podrían proporcionar datos reales.



**COMENTARIOS:**

Como comentarios del presente proyecto se dan a conocer los siguientes puntos:

- Varias de las Estaciones tanto Hidrológicas como Meteorológicas de donde se obtuvieron los datos para la elaboración del Proyecto de factibilidad “CHESPI”, en el año 1986, actualmente se encuentran cerradas, lo que hace imposible obtener datos reales de las mismas.
- Las estaciones antes mencionadas están fuera de funcionamiento desde el año ´90, por lo que el INAMHI, solo cuenta con datos hasta dicha fecha.
- Como comentario final, se puede destacar la importancia del Presente Proyecto tanto por la potencia generada como por la rentabilidad que ofrecería al País, por esto se debe poner en marcha los estudios definitivos y la posterior ejecución.

## BIBLIOGRAFÍA

- ✓ JICA, Feasibility Study on Chespi Hydroelectric Development Project Feasibility Study Report, August 1986.
- ✓ Catálogo Resumen de Generación Eléctrica en el Ecuador / CONELEC/2003
- ✓ Presas Pequeñas / Buread Of. Reclamación / Editorial Dossat / Madrid 1970 / tercera edición.
- ✓ Tratado Básico de Presas / Eugenio Varalleno.
- ✓ Obras Hidráulicas / Torres Herrera / Editorial Limusa / México 1994 / Cuarta edición.
- ✓ Proyecto de Presas Pequeñas / U.S. Department of the Interior.
- ✓ Projected costs of generating electricity / OECD /2005
- ✓ Cámara de la Construcción de Quito
- ✓ Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha
- ✓ Catálogo de Precios Unitarios de la Cámara de la Construcción
- ✓ Especificaciones Proyecto Hidroeléctrico Mazar
- ✓ Catálogo del Proyectos Hidroeléctricos de Mediana Capacidad / Corporación Financiera Nacional / Dirección de Ingeniería y Construcción, inventario de Proyectos.

- ✓ Hidrología en la Ingeniería / Germán Monsalves Sáenz / 2ª edición / Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería / 1995
- ✓ “Introduction to Hydrology by Warren Viessman”, et., “Probability and Statistics in Hydrology by Vujica Yevjevich”.
- ✓ Frequency and Risk Analysis in Hydrology, by G.W. Kite, Water Resources Publications; Fort Collins, Colorado, USA, 1978”.
- ✓ [www. CONELEC .gov. ec](http://www.CONELEC.gov.ec)
- ✓ “Norwegian Concrete Association – Committee Sprayed Concrete: Technical Specification and Guidelines (1993)”;
- ✓ Proyecto Hidroelectrico Agoyan
- ✓ Proyecto Hidroelectrico Mazar

# ANEXOS

## ANEXOS

### A. BREVE GLOSARIO DE TÉRMINOS

#### 1.- OBRAS TEMPORALES

- **Desviación del Río Durante la Construcción y Extracción del Agua de las Cimentaciones**

Consiste en la construcción de ataguías, cauces, canalones, drenes y todas las obras provisionales que sirven para mantener libre de agua las diferentes partes de la obra, especialmente las cimentaciones. Después de haber servido para su objetivo este tipo de trabajos se retirarán, a menos que su diseño tenga alguna finalidad en la obra definitiva (Ej.: Desagües de fondo).

-Ataguía aguas arriba.- se encuentra ubicada a 50 m del eje de la presa, mientras que la ataguía aguas abajo se encuentra a 150 m del eje de la presa.

-Túnel de desvío.-Este tiene una longitud de 270m y está diseñado para un caudal con un periodo de retorno de 20 años.  $Q_{20} = 670 \text{ m}^3/\text{s}$ .

-Preparación de Campamentos.- Para la realización de una obra de esta magnitud es necesario la presencia permanente del personal técnico en las diferentes especialidades, razón por la cual es indispensable la construcción de campamentos tanto para oficinas, bodegas, vivienda del equipo técnico. Así también como para el normal avance de la obra se deberá tener talleres de mecánica tanto industrial como de carpintería para la realización de trabajos

especiales que requiera la obra. También es importante la mecánica automotriz con la capacidad de reparar los equipos mecánicos que se utilizan en la obra.

Para este caso se tiene reservada un área de 3 hectáreas.

## 2.- PRESA Y OBRAS ANEXAS

- **Presa**

Es el elemento que detiene el agua para la formación del embalse que regula la utilización del recurso hídrico.

Para la elección del tipo de presa se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones: Precio y facilidad de obtención de los materiales de construcción, las condiciones de solidez y compactación del suelo de fundación, la altura de la presa y la seguridad exigida por las regiones habitadas aguas debajo de la misma.

Existe varios tipos de presas, las más estables y de uso más general son:

- Presa flexible, de tierra o de enrocamiento
- Tipo de pantalla o hueca, de hormigón armado
- Tipo de arco elástico
- Tipo de Gravedad.

En este proyecto se ha diseñado una presa de hormigón con un paramento aguas arriba, con una pendiente 1: 0.05 y la pendiente aguas abajo es de 1: 0.85. La altura de la presa varía con la longitud de la misma, alcanzando una altura máxima en la parte media de 40.5 metros.

- **Vertedero de Excesos**

La función de los vertederos de excesos es dejar escapar el agua excedente o de avenidas que no cabe en el espacio destinado para el almacenamiento, ordinariamente los volúmenes en exceso se toman de la parte superior del embalse creado por la presa y se conducen por un conducto artificial de nuevo al cauce natural del río.

El vertedero de excesos en este caso es tipo Creaguer con una longitud de labio de 20 m y una altura de 28 m. y está ubicado en el cuerpo de la presa.

- **Rápida**

Consiste en un conducto de pendiente muy alta que desempeña la función de llevar el agua del vertedero de excesos hacia el cauce natural del río.

Para este caso la dimensión de la rápida es de 47.20 metros de longitud.

- **Desagüe de Fondo**

La función principal de los desagües de fondo es limpiar de sólidos a la presa y en casos de emergencia ayudan a los vertederos de excesos. El dimensionamiento para este proyecto es de 6m de diámetro y está ubicado en el cuerpo de la presa con una pendiente longitudinal de 1:30.

- **Toma o capitación**

Sirven para regular o dar salida al agua en una presa. Pueden dejar salir las aportaciones de forma gradual como en el caso de una presa reguladora; derivar los volúmenes recibidos a otros canales o tuberías o dar salida al agua con gastos que dependen de las necesidades aguas abajo de la presa. Para el diseño de una

captación se debe considerar las pérdidas que se producen en la reja (parte constitutiva de la captación). Es necesario considerar también una altura mínima entre el nivel libre del agua y la clave de la captación para que no haya ingreso de aire a la conducción que es a presión.

### 3.- TÚNEL DE CARGA

Es el conducto que lleva el agua hacia la tubería de presión, generalmente son de Debido a sus ventajas inherentes, se prefieren las obras de toma con túnel cuando las condiciones de las laderas y la cimentación permiten su empleo, además resultan económicas en comparación con otros tipos. Los túneles de sección circular son hidráulicamente más eficaces y de fácil construcción.

El túnel de carga del presente proyecto tiene una longitud de 7390 m y un diámetro de 5.05m.

### 4.- CHIMENEA DE EQUILIBRIO

Es una estructura que se ubica al inicio de la tubería de presión cuya función es disipar los efectos de los trascientos hidráulicos o golpe de ariete, producido por la operación de válvulas en la casa de máquinas.

Las dimensiones de la chimenea de equilibrio son diámetro de 8.5 m y una altura de 92.9 metros.

### 5.- TUBERÍA DE PRESIÓN

Es la encargada de conducir el agua desde la chimenea de equilibrio hacia la casa de máquinas con una pendiente bastante alta, es muy importante el



dimensionamiento de la tubería y se lo hace considerando las variaciones de presiones para de acuerdo a eso variar los espesores de la tubería y obtener un diseño tanto hidráulico como económicamente óptimo.

En el presente proyecto se tiene un tramo de tubería de presión correspondiente a 778 m que se encuentra expuesta y 237 m de tubería subterránea.

## 6.- CASA DE MÁQUINAS

Es la edificación que tiene como función proveer protección y fácil acceso a los grupos generadores y equipos complementarios que exigen protección de los agentes atmosféricos, además de oficinas, talleres, bodegas y otras dependencias que deben estar bajo cubierta. El área de fundación para el proyecto Chespi es de 800 m<sup>2</sup>.

### B. TABLA DE CONVERSIÓN DE SUCRES A DÓLARES

<b>COTIZACIONES DEL DÓLAR DE ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA EN EL MERCADO LIBRE INTERBANCARIO</b>					
<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Promedio Compra</b>	<b>Promedio Venta</b>	<b>Tasa Media</b>	<b>Observaciones</b>
1983		83,2	84,79	83,99	D. Anuales
1984		96,75	98,69	97,72	D. Anuales
1985		114,92	117,28	116,1	D. Anuales
1986		150,15	152,5	151,33	D. Anuales
1987		193,3	194,67	193,99	D. Anuales
1988		448,57	459,89	454,23	D. Anuales
1989		562,49	574,75	568,62	D. Anuales
1990	Enero	687,92	688,45	688,19	
1991	Enero	935,03	936,17	935,6	
1992	Enero	1.334,49	1.106,61	1.220,55	
1993	Enero	1.855,70	1.856,75	1.856,23	
1994	Enero	2.081,00	2.082,33	2.081,67	
1995	Enero	2.344,73	2.346,59	2.345,66	
1996	Enero	2.922,91	2.924,73	2.923,82	
1997	Enero	3.674,55	3.675,18	3.674,87	
1998	Enero	4.497,05	4.498,90	4.497,98	
1999	Enero	7.112,45	7.133,10	7.122,78	
2000	Enero	24.473,05	24.761,00	24.617,02	
2000	Febrero	24.999,86	25.000,00	24.999,93	
2000	Marzo	25.000,00	25.000,00	25.000,00	
2001	Enero	25.000,00	25.000,00	25.000,00	

**C. CÁLCULO DE VERIFICACIÓN DE CANTIDADES DE OBRA**

**TÚNEL DE CARGA**

EXCAVACIÓN DEL TÚNEL

		7400,51
r = 2,6 m.	L =	7359,95 m.
0,6 m.	D =	6,6 m.
0,1 m.		
	A =	$\pi \times D^2 / 4$
r <sub>total</sub> = 3,3 m.	A =	34,19 m <sup>2</sup> .
		21,24

VOL. CALC=	251.671	m <sup>3</sup> .
VOL EXIST=	242.600	m <sup>3</sup> .

REVESTIMIENTO DE HORMIGÓN

		7359,95 m.
r = 1,8 m.	L =	7359,95 m.
	D =	3,6 m.
	A =	$\pi \times D^2 / 4$
r <sub>total</sub> = 1,8 m.	A =	10,17 m <sup>2</sup> .

VOL. CALC=	74.877	m <sup>3</sup> .
VOL EXIST=	75.090	m <sup>3</sup> .

LECHADA DE CONSOLIDACIÓN

		7359,95 m.
r = 0,4 m.	L =	7359,95 m.
	D =	0,8 m.
	A =	$\pi \times D^2 / 4$
r <sub>total</sub> = 0,4 m.	A =	0,5 m <sup>2</sup> .

VOL. CALC =	3.698	m <sup>3</sup> .
VOL EXIST=	3.400	m <sup>3</sup> .

INYECCIÓN DE MORTERO

$r = 0,5 \text{ m.}$

$L = 7359,95 \text{ m.}$   
 $D = 1 \text{ m.}$

$r_{\text{total}} = 0,5 \text{ m.}$

$A = \pi \times D^2 / 4$   
 $A = 0,79 \text{ m}^2.$

VOL. CALC=	5.778	m <sup>3</sup> .
VOL EXIST=	5.900	m <sup>3</sup> .

LLENADO DE HORMIGÓN

$r = 0,5 \text{ m.}$

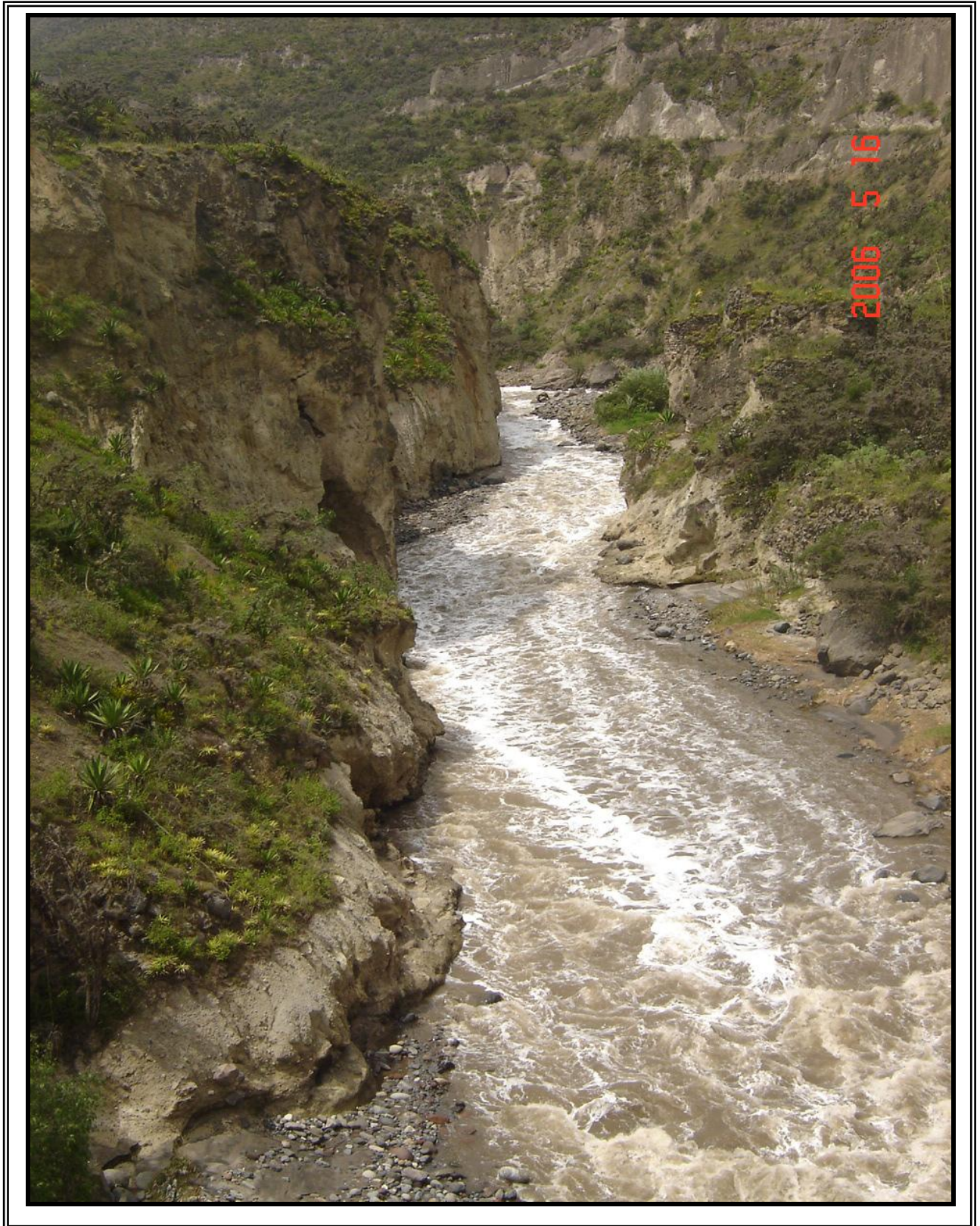
$L = 7359,95 \text{ m.}$   
 $D = 1 \text{ m.}$

$r_{\text{total}} = 0,5 \text{ m.}$

$A = \pi \times D^2 / 4$   
 $A = 0,79 \text{ m}^2.$

L. CALC =	120.200	m.
L. EXIST=	121.600	m.

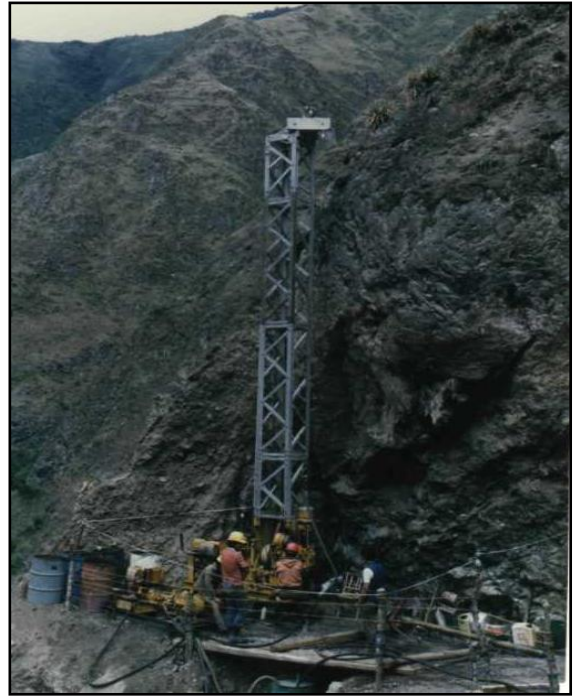
**D. FOTOGRAFÍAS DEL SITIO DEL PROYECTO Y ESTACIONES DE MEDICIÓN  
EN LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA**



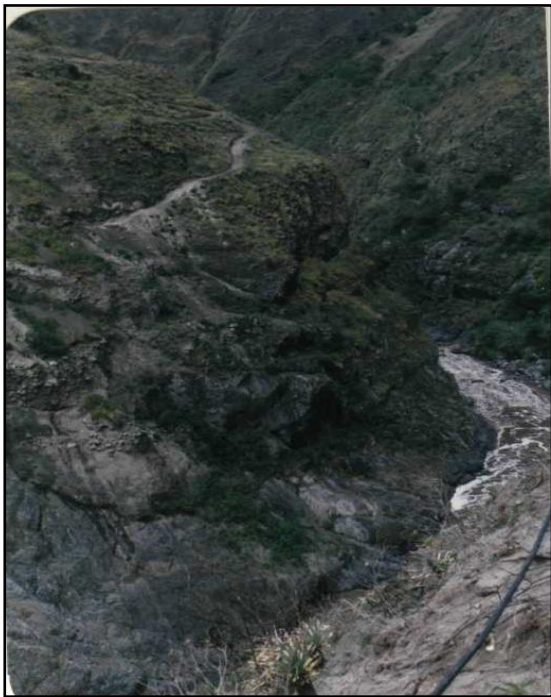
**FOT. 01** VISTA PANORÁMICA DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA



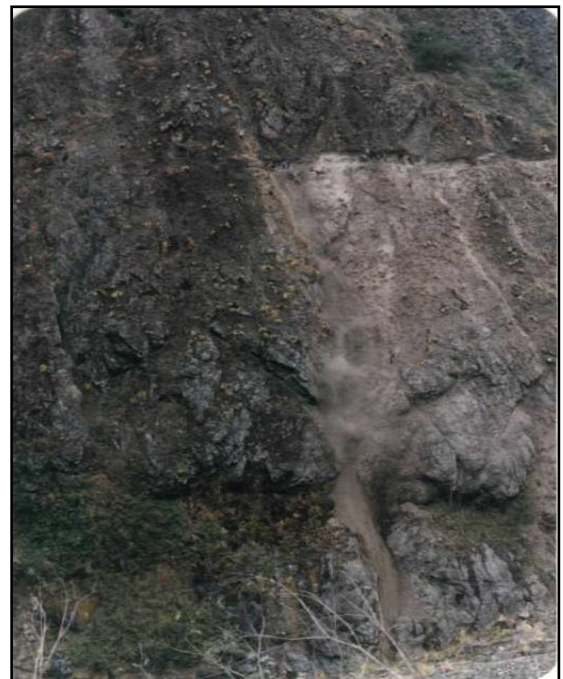
**FOT. 02** EQUIPO DE SONDEO EN LA CERCANÍA AL SITIO DEL PROYECTO



**FOT. 03** EQUIPO DE TRABAJO PARA SONDEOS EN EL SITIO DE LA PRESA



**FOT. 04** VISTA DEL MÁRGEN DERECHO DEL RÍO GUAYLLABAMBA



**FOT. 05** VISTA DE LA LADERA CON POSIBLES EROSIONES CAUSADAS POR EL VIENTO



**FOT. 06** VISTA GENERAL DE LAS LADERAS Y PENDIENTES EN EL SITIO DEL PROYECTO



**FOT. 07** LADERA DEL GUAYLLABAMBA CON POSIBLES EROSIONES DE VIENTO



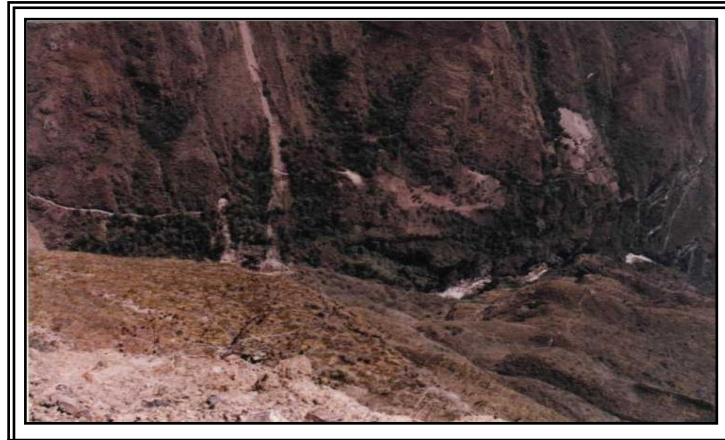
**FOT. 08** LIMPIEZA MANUAL EN EL SITIO DEL CAMPAMENTO



**FOT. 09** VISTA DESDE LA PARTE SUPERIOR DE LA LADERA DEL RIO GUAYLLABAMBA



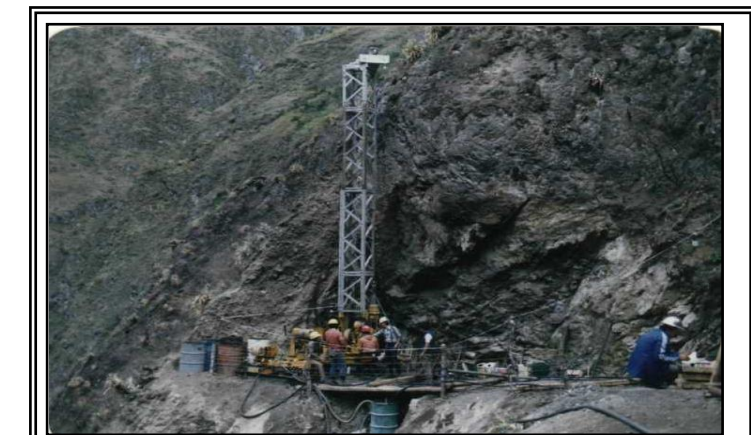
**FOT. 10** VISTA GENERAL DEL RÍO GUAYLLABAMBA



**FOT. 11** FOTOGRAFIA EXISTENTE DE LA LADERA DEL RIO GUAYLLABAMBA



**FOT. 12** EQUIPO Y MAQUINARIA PARA SONDEOS



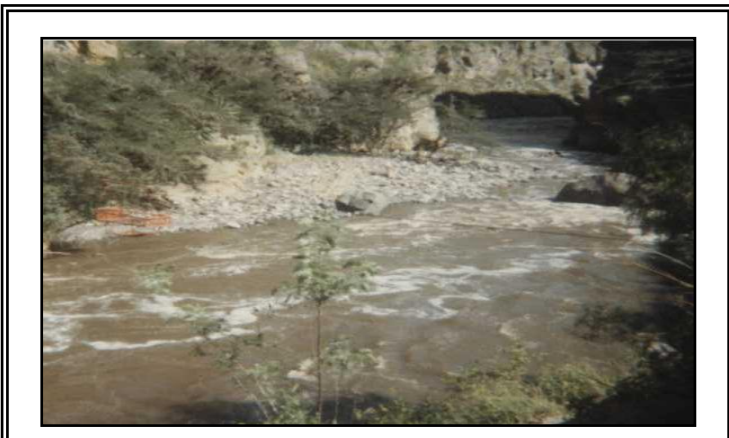
**FOT. 13** EQUIPO Y MAQUINARIA PARA SONDEOS VISTA GENERAL



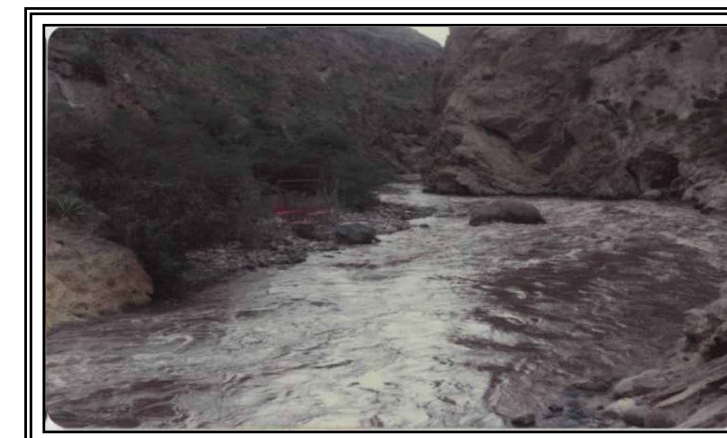
**FOT. 14** RÍO GUAYLLABAMBA ESTACIÓN D.J. ALAMBI



**FOT. 15** RÍO GUAYLLABAMBA TOMADO AGUAS ABAJO ZONA DE PERUCHO

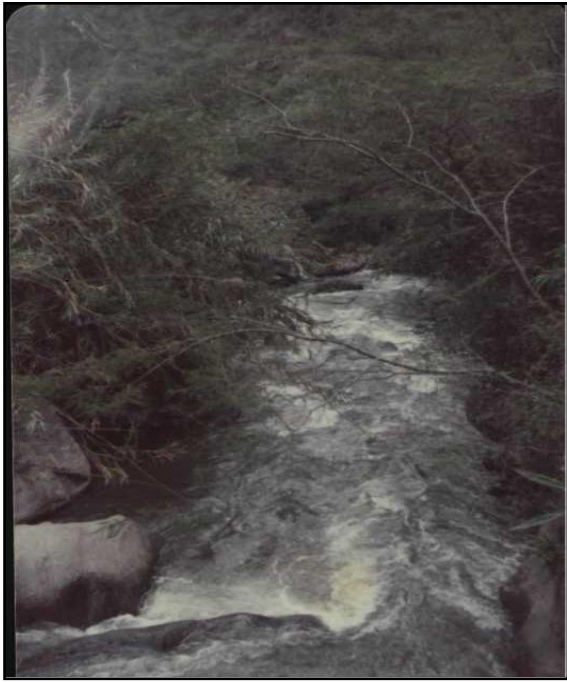


**FOT. 16** RÍO GUAYLLABAMBA CERCANÍAS ESTACIÓN A. J. CUBI



**FOT. 17** ESTACIÓN GUAYLLABAMBA A.J. CUBI SECCIÓN DEL AFORO REALIZADO POR JICA

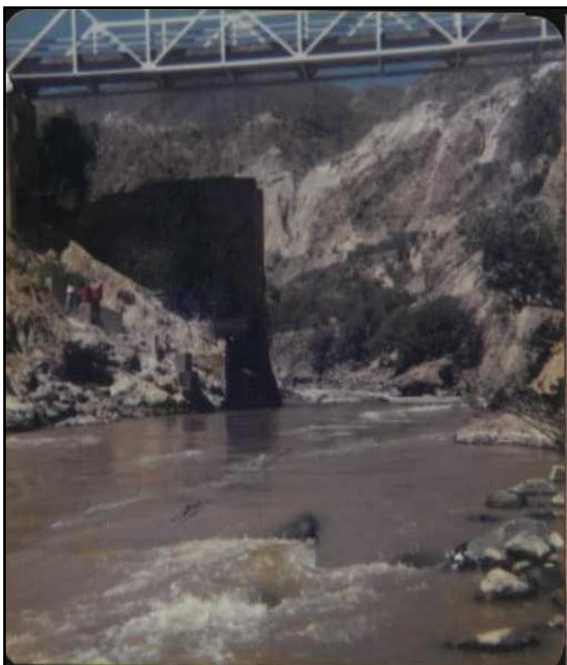




**FOT. 18** ESTACIÓN GUAYLLABAMBA  
A.J. CUBI



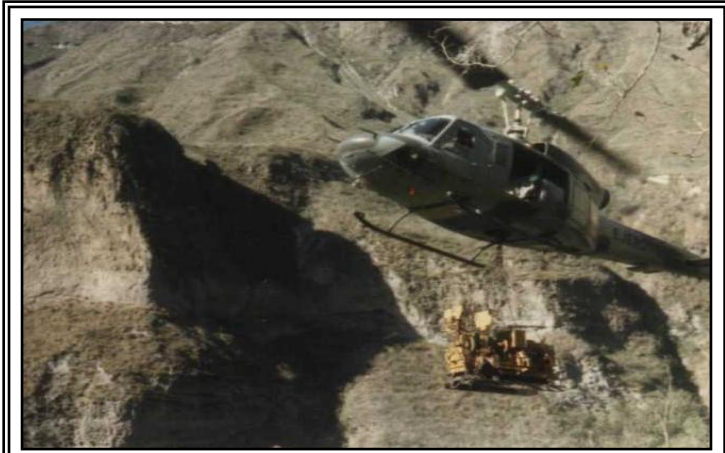
**FOT. 19** RÍO CUBI EN EL PUENTE DE  
DEL CAMINO DE HERRADURA HACIA  
CHESPI



**FOT. 20** RÍO GUAYLLABAMBA EN EL  
PUENTE DEL CAMINO DE PERUCHO A  
CHESPI



**FOT. 21** VISTA GENERAL DE LA  
CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA



**FOT. 22** TRANSPORTE DEL EQUIPO AL SITIO DEL PROYECTO



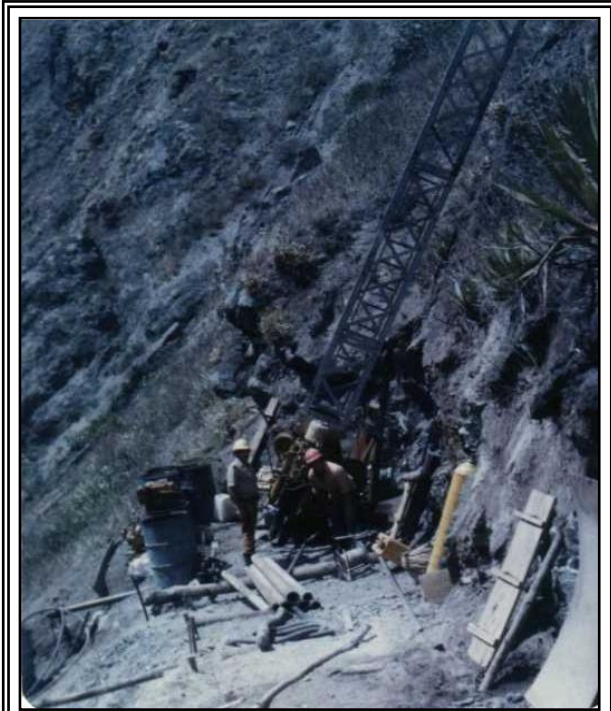
**FOT. 23** MOVILIZACIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBA, DESDE EL CAMPAMENTO AL SITIO DE LA PRESA



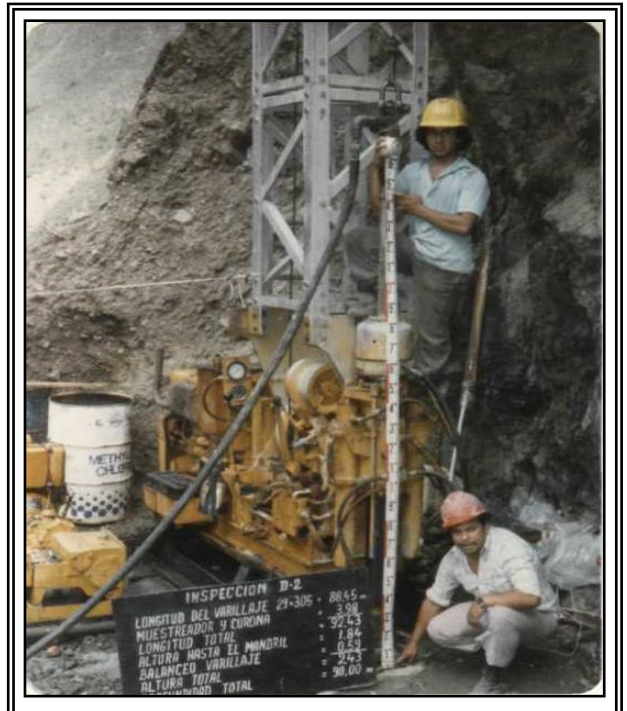
**FOT. 24** SONDEO REALIZADO EN EL SITIO DE LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO



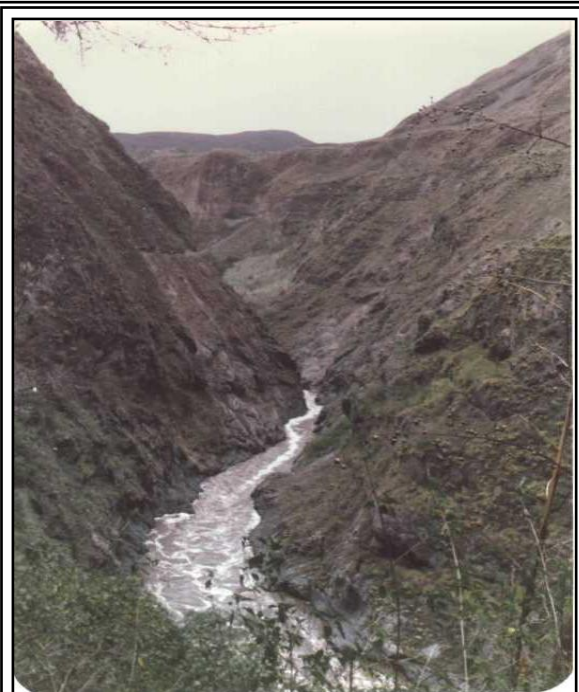
**FOT. 25** FOTOGRAFÍAS DE TESTIGOS PARA LA INSPECCIÓN DE PROFUNDIDAD



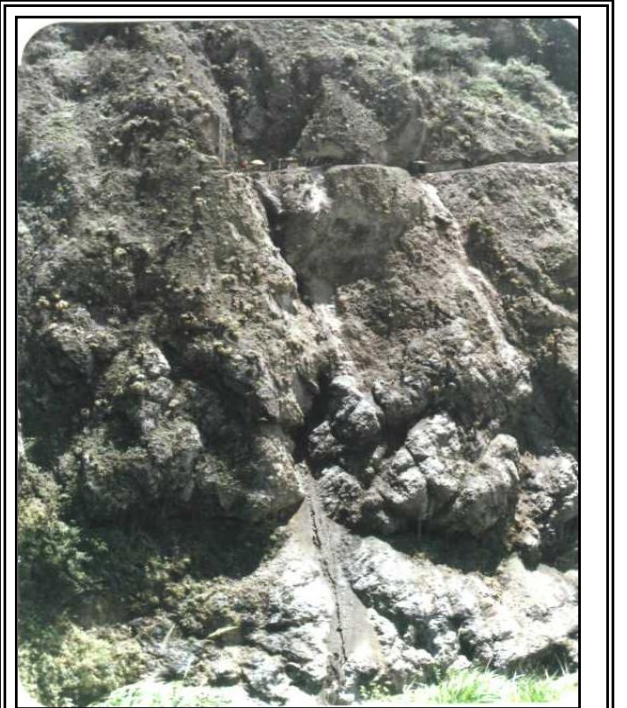
**FOT. 26** EQUIPO DE SONDEO EN EL SITIO DEL PROYECTO



**FOT. 27** INSPECCIÓN DE LA PROFUNDIDAD EN EL SONTEO D-2



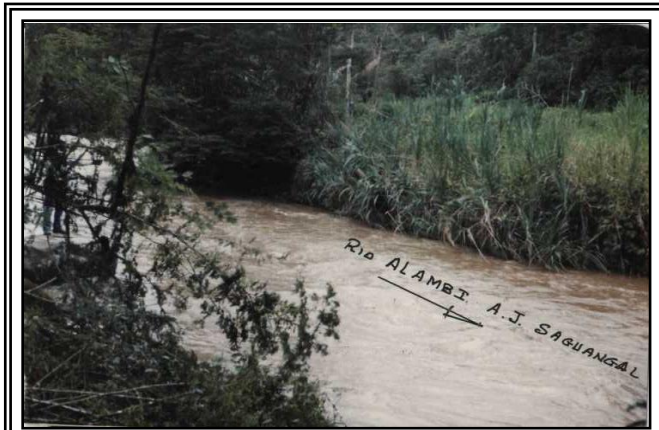
**FOT. 28** VISTA GENERAL DEL SITIO DE LA PRESA



**FOT. 29** LADERA DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA



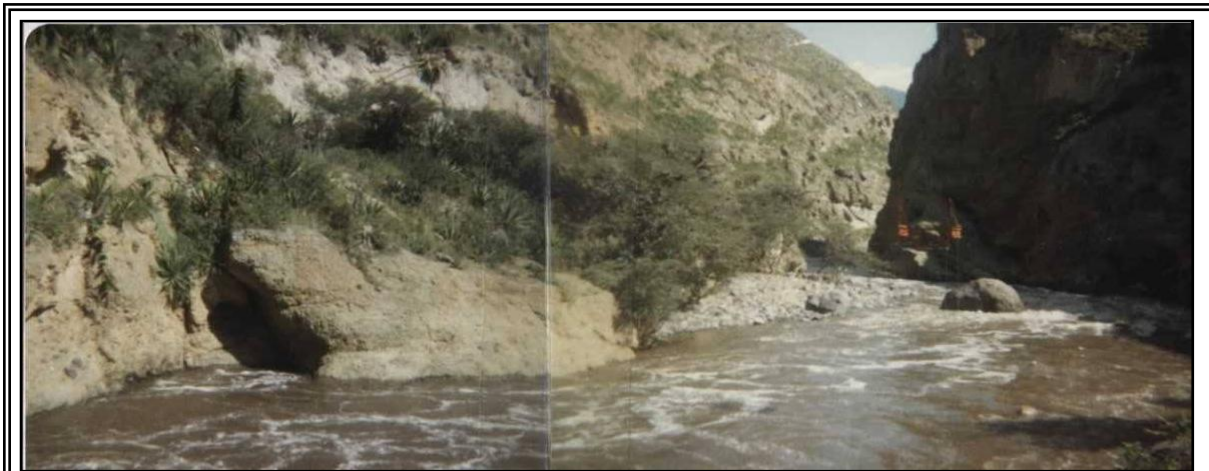
**FOT. No. 30** SECTOR DE LA CUENCA DEL GUAYLLABAMBA AGUAS ABAJO DE LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN A.J. CUBI



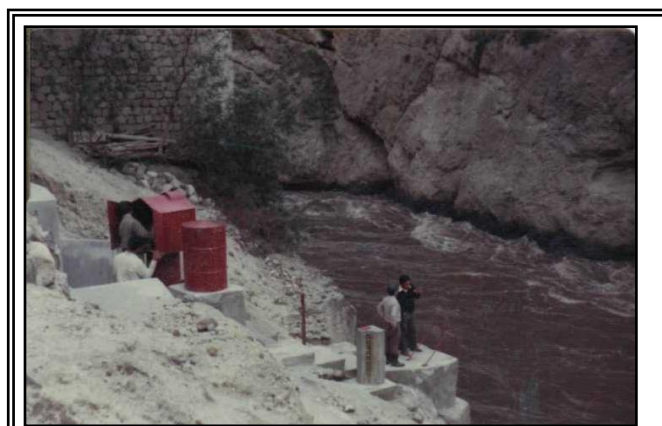
**FOT. 31** RÍO ALAMBÍ ESTACIÓN A.J. SAGUANGAL (FUERA DE FUNCIONAMIENTO)



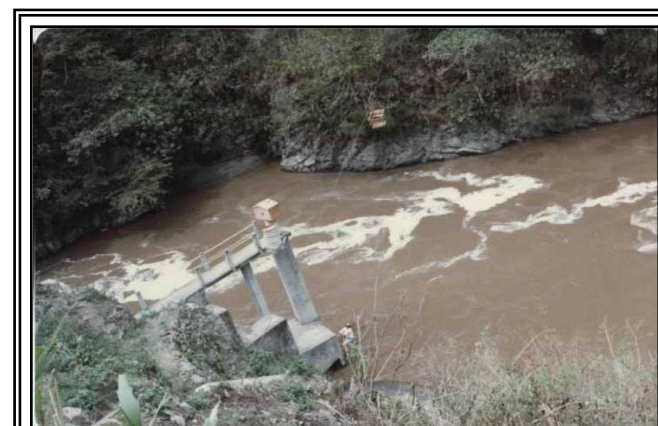
**FOT. 32** RÍO GUAYLLABMA, CERCANO AL PUENTE CHACAPATA



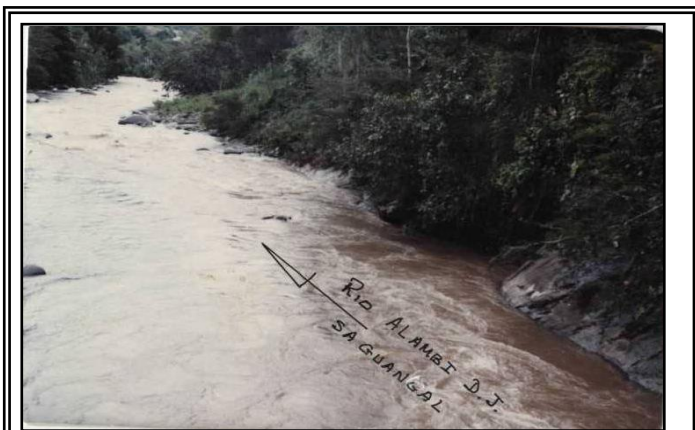
**FOT. 33** VISTA PANORÁMICA DE LA ESTACIÓN GUAYLLABAMBA A.J. CUBI



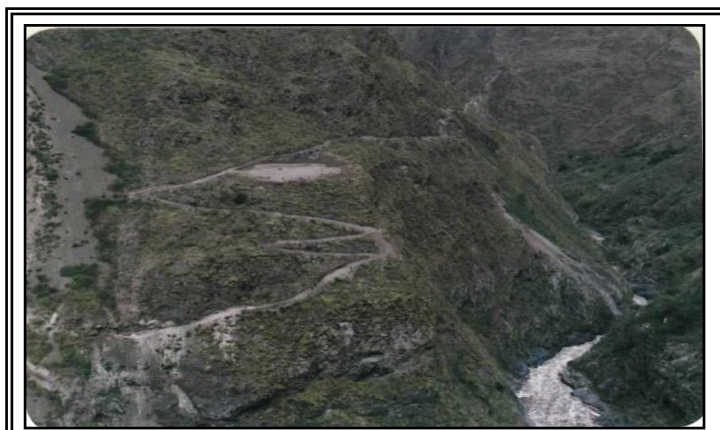
**FOT. 34** EST. GUAYLLABAMBA A.J. CUBI  
SECCIONES LIMNIMÉTRICA Y  
LIMNIGRÁFICA



**FOT. 35** EST. GUAYLLABAMBA EN EL  
PUENTE CHACAPATA



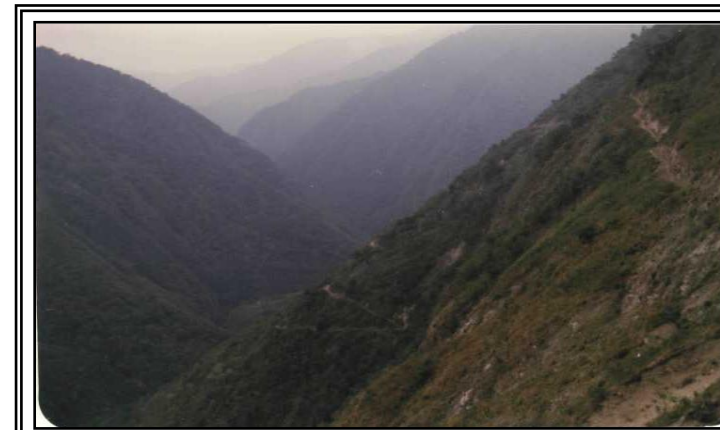
**FOT. 36** RÍO ALAMBÍ ESTACIÓN D.J. SAGUANGAL



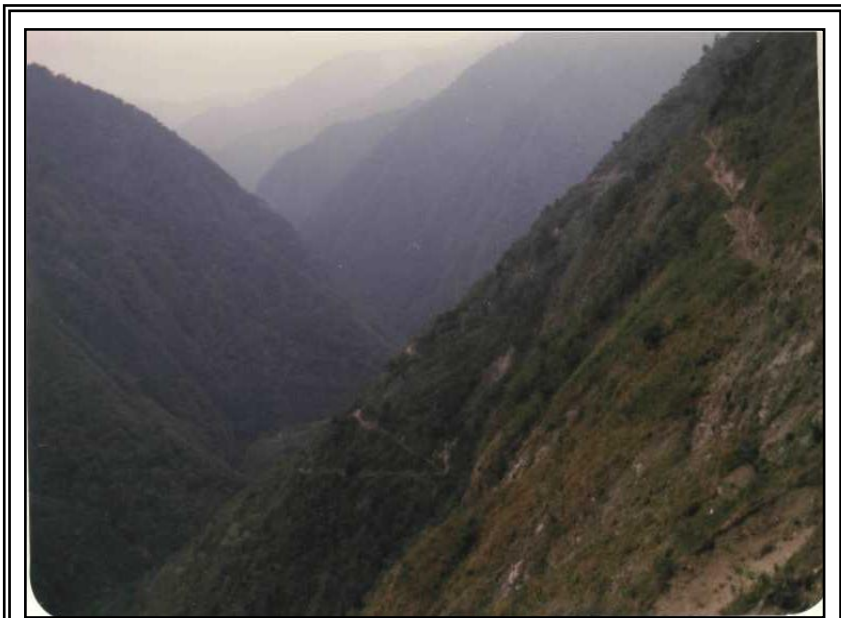
**FOT. 37** SITIO DE LA PRESA MARGEN IZQUIERDA RÍO GUAYLLABAMBA



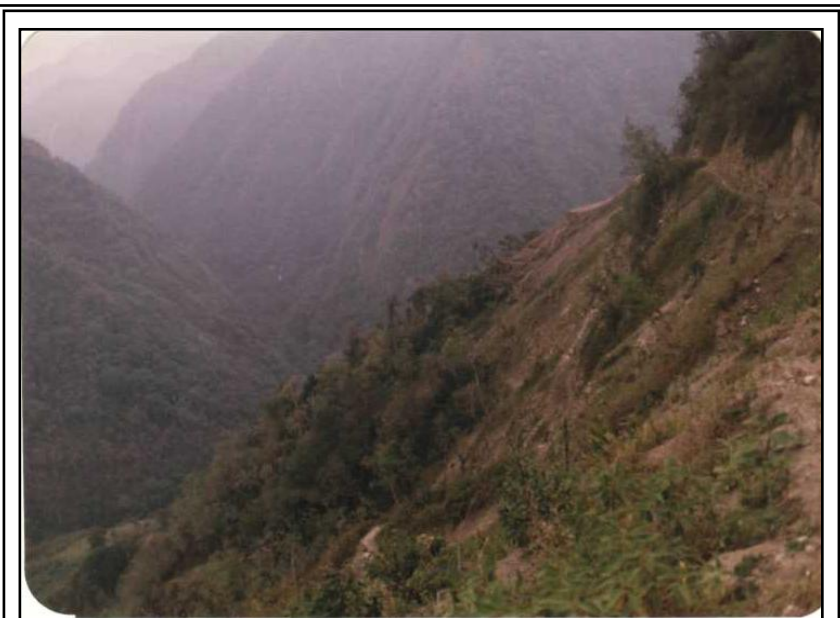
**FOT. 38** SITIO DEL CAMPAMENTO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO "CHESPI"



**FOT. 39** VISTA PANORÁMICA DEL SITIO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO "CHESPI"



**FOT. 40** MARGEN IZQUIERDA DEL SITIO PROYECTO



**FOT. 41** MARGEN DERECHA DEL SITIO PROYECTO

### E.-FOTOGRAFÍAS DEL AFORO REALIZADO EN LA CUENCA DEL RÍO GUAYLLABAMBA EST. A. J. CUBI GAUCING



**FOT. 42** MEDIDOR DE PROFUNDIDAD UTILIZADO EN EL AFORO REALIZADO.



**FOT. 43** MOLINETE : A. OTT KEMPTEN UTILIZADO EN EL AFORO REALIZADO.



**FOT. 44** EQUIPO PARA REALIZAR EL AFORO, HÉLICE 2-33888

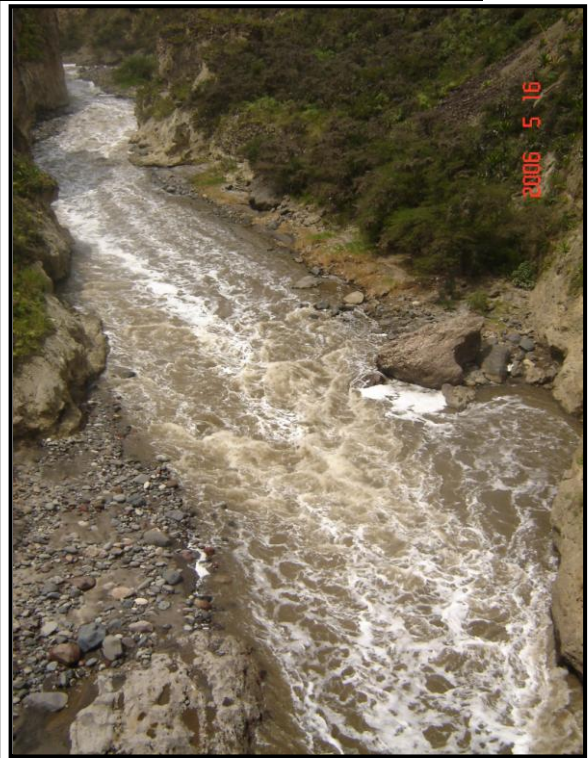


**FOT. 45** POLEA CON CONTADOR DE VUELTAS PARA EL DESCENSO DEL EQUIPO





**FOT. 46** MOLINETE DESCENDIENDO AL RÍO GUAYLLABAMBA SITIO DEL AFORO



**FOT. 47** VISTA DEL RÍO GUAYLLABAMBA



**FOT. 48** ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA (FUERA DE USO)



**FOT. 49** REGLETA UBICADA EN LA MARGEN DERECHA DEL RÍO GUAYLLABAMBA SITIO DEL AFORO

**F.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OBRAS CIVILES****CONTENIDO****SECCIÓN 1: EXCAVACIONES**

## 1-1 EXCAVACIONES EN SUPERFICIE

*1-1.1 Excavaciones Masivas**1-1.2 Excavación y Relleno para Estructuras**1-1.3 Excavación para cunetas y encauzamientos*

## 1-2 EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS

*1-2.1 Generalidades**1-2.2 Excavaciones***SECCIÓN 2: SOSTENIMIENTO Y PROTECCIÓN DE EXCAVACIONES**

## 2-1 PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES

*2-1.1 Obras de Captación**2-1.2 Portales del Túnel de Paso**2-1.3 Taludes en Casa de Máquinas**2-1.4 Vías de Acceso y Escombreras**2-1.5 Mampostería y Muros de Gaviones**2-1.6 Escolleras y Revestimientos***SECCIÓN 3: VÍAS**

## 3-1 ACABADO DE LA OBRA BÁSICA

## 3-2 TRANSPORTE 3-3 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE

*3-3.1 Generalidades**3-3.2 Pago***SECCIÓN 4: ESCOMBRERAS**

## 4-1 DESCRIPCIÓN

## 4-2 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO

*4-2.1 Ubicación**4-2.2 Tratamiento*

4-2.3 *Mantenimiento*

4-2.4 *Medición*

## **SECCIÓN 5: PERFORACIONES**

5-1 PERFORACIÓN PARA DRENES

5-1.1 *Alcance y Procedimientos*

5-1.2 *Medición y Pago*

## **SECCIÓN 6: DRENAJES**

6-1 ALCANTARILLAS DE TUBO DE METAL CORRUGADO

6-1.1 *Descripción*

6-1.2 *Procedimiento de trabajo*

6-1.3 *Medición y pago*

6-2 SUBDRENES

6-2.1 *Descripción*

6-2.2 *Instalación*

6-2.3 *Medición*

6-2.4 *Pago*

6-3 DRENES SUBHORIZONTALES

6-3.2 *Procedimientos e Instalación*

6-3.3 *Medición y Pago*

## **SECCIÓN 7: HORMIGONES**

7-1 HORMIGÓN PROYECTADO

7-1.1 *Alcance*

7-1.2 *Definiciones*

7-1.3 *Procedimientos*

7-1.4 *Materiales*

7-1.5 *Diseño de la Mezcla del Hormigón Proyectado*

7-1.6 *Ensayos de Calidad del Hormigón Proyectado*

7-1.7 *Medición y Forma de Pago*

## 7-2 HORMIGÓN ESTRUCTURAL

### 7-2.1 Descripción

### 7-2.2 Procedimientos y Normas

### 7-2.3 Medición y pago

## 7-3 CEMENTO PORTLAND

## 7-4 AGREGADOS PARA HORMIGÓN

### 7-4.1 Método de medición

### 7-4.2 Base para el pago

## 7-5 AGUA PARA HORMIGONES Y MORTEROS

# **SECCIÓN 8: ELEMENTOS DE ACERO PARA SOSTENIMIENTO Y REFUERZO**

## 8-1 FIBRA DE ACERO

### 8.1.1 Alcance

### 8.1.2 Descripción

### 8-1.3 Procedimiento

### 8-1.4 Documentos de referencia

### 8-1.5 Medición y Pago

## 8-2 ACERO DE REFUERZO

### 8-2.1 Descripción y Alcances

### 8-2.2 Medición y Pago

## 8-3 ESTRUCTURAS DE ACERO

### 8-3.1 Descripción

### 8-3.2 Medición y Pago

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### TOMO 1: OBRAS CIVILES

#### SECCIÓN 1: EXCAVACIONES

Esta sección cubre todos aspectos relacionados con la excavación, drenaje y protección necesarias para la construcción de las obras de captación, túnel de paso, tubería de presión, casa de máquinas, vías de acceso y escombreras.

Es obligación del Contratista juzgar, bajo su responsabilidad: las condiciones de los sitios; los informes sobre geología, geotecnia y materiales, y; los resultados de los ensayos de laboratorio entregados por el Contratante como información general del Proyecto. Las conclusiones que el Contratista obtenga del estudio de la información recibida serán de su exclusiva responsabilidad.

#### **1-1 EXCAVACIONES EN SUPERFICIE**

##### **1-1.1 Excavaciones Masivas**

**1-1.1.1 Alcance de los Trabajos.** Esta sección cubre todas las operaciones, relacionadas con la ejecución de excavaciones a cielo abierto, que se indican a continuación.

- Excavaciones para la cimentación de las obras de captación del río Guayllabamba.
- Excavación del túnel de paso.
- Excavación de la pista y zanja para la tubería de presión.
- Excavación para la casa de máquinas.
- Excavación para la vía de acceso a casa de máquinas.
- Cualquier otra excavación a cielo abierto que requieran las obras.
- La protección de todas las excavaciones.

- La carga, acarreo y descarga de los materiales de las excavaciones hasta los sitios de depósito.
- El suministro, transporte e instalación de elementos para la protección de las superficies excavadas a fin de evitar deslizamientos que afecten a cualquier parte de la obra, a personas o a la propiedad de terceros.
- La provisión de equipos y de todos los medios necesarios para drenar el agua de las excavaciones, como zanjas de drenaje, bombas de achique, colocación de tuberías perforadas de drenaje y otros medios previstos en estas especificaciones o propuestos por la Fiscalización y el Contratista. Este drenaje de agua se realizará evitando daños a la zona y a otras partes de la obra o a terceros.

**1-1.1.2 Método de Excavación.** El Contratista efectuará la excavación a cielo abierto, en las siguientes etapas sucesivas:

- Excavación en masa mediante el uso de equipo pesado.
- Excavación de rectificación para adaptarse a las líneas teóricas definidas en los planos, misma que puede ser de dos tipos:

**Rectificación en roca.** Por su naturaleza se deberá efectuar con explosivos de potencia reducida, de manera que se evite cualquier sobre excavación y aflojamiento de la roca adyacente. Las operaciones de voladura serán ejecutadas con sistemas similares al de “voladura de contorno controlado”, o el método de “precorte”. De conformidad con los planos los taludes en roca deberán tener una pendiente 1H:6V y una altura máxima de 10 metros. Dependiendo de las características estructurales y meteorización de la roca puede requerirse una berma de dos metros de ancho en cortes que sobrepasen los 10 metros.

**Rectificación en material suelto.** La excavación en aluviones, coluviones y suelos se efectuará con herramientas manuales o con máquinas especiales. Los taludes de corte en aluvial y coluvial tendrán una pendiente 1H:2V en tanto que para suelos la pendiente será 1H:1V. Las alturas máximas de los taludes en aluvial son de seis metros, en coluvial ocho metros y cuatro metros en suelo; sin embargo, estas alturas

pueden variar en función del tipo de obra, según se indica en los planos, y de las condiciones geológicas particulares de cada sitio.

Las excavaciones para fines de pago serán clasificadas de acuerdo a las definiciones que se presentan a continuación:

**1-1.1.3 Tipos de Excavaciones.** Con el propósito de establecer los rubros de pago para excavaciones esta actividad se clasifica en función de las características de los materiales a ser removidos, de la siguiente manera:

- **Excavación en Aluvial:** Comprenderá la correspondiente a los materiales transportados y depositados por las corrientes fluviales y formados por arena, grava y bloques redondeados. Para su excavación no será necesario el empleo de explosivos, únicamente se requerirá la utilización de maquinaria pesada y/o herramienta manual.
- **Excavación en Coluvial:** Comprenderá la correspondiente a los materiales formados por rocas descompuestas, suelos muy compactos, suelos constituidos por bloques (diámetros mayores a 30 cm.), grava y arena y todos aquellos que para su excavación no sea necesario el empleo de explosivos y sea preciso la utilización de maquinaria pesada y/o herramienta manual.
- **Excavación en Roca:** Comprenderá la correspondiente a aquellos materiales que presenten características de roca masiva, cementados de manera tan sólida, que únicamente pueden ser excavados utilizando explosivos.
- **Excavación en material marginal:** Comprenderá la correspondiente a roca descompuesta o suelos duros que presenten resistencia a su desgarramiento con maquinaria y sea necesario el uso de escarificadores. Antes de proceder a la excavación de material considerado como marginal, el Contratista deberá solicitar a la Fiscalización la verificación del tipo de material a fin de que extienda la respectiva autorización.

En cualquier caso, el Contratista deberá notificar a la Fiscalización sobre el tipo de excavación o cualquier cambio que ocurriere con la finalidad de que el Fiscalizador realice la constatación física y pueda autorizar el pago de cada rubro.

**1-1.1.4 Sobre-excavaciones.** Toda excavación se realizará hasta los límites establecidos en los planos, las excavaciones realizadas más allá de esos límites no serán objeto de pago y deberán ser rellenados y compactados por cuenta del Contratista.

Las excavaciones que superen los límites establecidos en los planos en una zona destinada a estar en contacto con hormigón, sin haber sido solicitadas por el fiscalizador, se rellenarán con hormigón de la misma calidad que el de la estructura con el cual el hormigón de relleno va a estar en contacto.

La roca que haya sido dañada innecesariamente por las operaciones de voladura u otras operaciones del Contratista, deberá ser repuesta con hormigón a costo del Contratista.

Todo exceso de excavación hecho por el Contratista no será medido ni pagado, pero tendrá que ser rellenado por el Contratista a su propia cuenta. Este relleno será construido siguiendo lo establecido en las Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, MOP-001-F-2000, lo indicado en estas especificaciones y según las instrucciones de la Fiscalización. Toda sobre-excavación en roca, para fundaciones de estructuras de hormigón será rellenada con hormigón por el Contratista a su propia cuenta.

**1-1.1.5 Voladuras.** En los trabajos de excavación con voladuras, el uso de explosivos se sujetará a las leyes y reglamentos pertinentes del Ministerio de Defensa Nacional del Ecuador y en cuanto a las normas de seguridad, al reglamento de la "Association of General Contractors of América" y a las indicadas en las especificaciones de excavaciones subterráneas.

Procedimientos controlados de voladura o similares se aplicarán cuando el uso de explosivos represente riesgos para estructuras e instalaciones cercanas.



Los daños provocados por los trabajos de voladuras, serán inspeccionados por el Fiscalizador para determinar si deben ser reparados o derrocados y construidos nuevamente.

**1-1.1.6 Tratamiento de las Superficies de Cimentación.** Los tratamientos especiales de las superficies de excavación se realizarán para asegurar un buen contacto entre la obra y el subsuelo y comprenderán las siguientes actividades:

- **Limpieza y tratamiento de las superficies en roca.** Todas las superficies de cimentaciones en roca deberán estar limpias, libres de aceite, agua estancada o flujo de agua, desechos, fragmentos sueltos, lodo y cualquier material extraño al macizo rocoso.

Antes de colocar el hormigón, todas las superficies deberán ser totalmente limpiadas usando chorros de aire – agua de altas velocidades. Todos los dispositivos necesarios para dejar la cimentación sin agua estancada deberán ser instalados por el Contratista.

Las superficies de roca deberán mantenerse húmedas antes de colocar el concreto.

Todas las juntas, alteraciones y cualquier singularidad expuesta deberá ser investigada y donde sea indicado por la fiscalización se deberá excavar hasta encontrar roca competente. Todas las diaclasas abiertas y fisuras deberán sellarse con lechada. La superficie de contacto entre la roca y la cimentación deberá estar libre de irregularidades pronunciadas.

- **Limpieza y tratamiento de superficies en suelo.** Las superficies que no sean de roca deberán estar limpias, húmedas y libres de agua estancada o flujo de agua; así como de irregularidades. Antes de colocar el hormigón la superficie debe ser perfectamente compactada. En el caso que se observe que el material a nivel de la cimentación no reúne los requisitos de diseño, el Contratista deberá profundizar la excavación hasta que la Fiscalización lo determine y efectuar el reemplazo con material compactado en capas de 15 centímetros cada una hasta alcanzar el nivel de la cimentación.

• **Limpieza de superficies para inspección.** En varias etapas de las operaciones de excavación la Fiscalización puede solicitar la limpieza de las superficies para determinar las condiciones de los materiales. Para facilitar estas inspecciones el Contratista deberá efectuar la limpieza, lavado, remoción de escombros a satisfacción del Fiscalizador sin que esto signifique un pago separado por lo que el costo deberá estar incluido en los precios contractuales aplicados a la excavación ejecutada.

**1-1.1.7 Medidas de Seguridad.** El Contratista será responsable por todas las medidas de seguridad que sean necesarias. Desde el inicio de la obra hasta su recepción final, el Contratista deberá acatar estrictamente las normas de seguridad del Reglamento de la "Association of General Contractors of América" o de cualquier otro reglamento aprobado por el Contratante y deberá tomar por su cuenta todas las medidas necesarias para evitar accidentes.

El Contratista realizará todos los trabajos y usará todos los medios de protección necesarios para la seguridad del personal y del material tales como: limitación de la altura y de la pendiente de los frentes de corte, ejecución de las bermas de suficiente anchura entre los diferentes niveles de corte, colocación de anclajes, redes de seguridad, muros de protección, apuntalamiento, colocación de hormigón proyectado, etc.

**1-1.1.8 Disposición y Utilización de los Materiales de Excavación.** Los materiales obtenidos en las excavaciones y que la fiscalización determine como adecuados para su utilización en agregados, serán transportados hasta el sitio de acopio y procesamiento indicado en los planos.

Todos los materiales sobrantes, que no sean aptos para ser utilizados como agregados, rellenos, terraplenes y otras obras deberán transportarse hasta los sitios que determine la fiscalización. El depósito de los materiales en las escombreras deberá realizarse según las especificaciones establecidas de tal manera que el botadero sea estable y cuente con el drenaje adecuado.

**1-1.1.9 Medición y Pago.** Para efectos de medición y forma de pago, toda excavación a cielo abierto deberá ser considerada como excavación en roca, en aluvial, en coluvial o marginal, según las definiciones indicadas en el numeral 1-1.1.3. No se reconocerá al Contratista compensaciones por las excavaciones y rellenos ejecutados más allá de las líneas teóricas de excavación o relleno indicadas en los planos o las ordenadas por el Contratante.

Se pagará por la cantidad de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de material excavado, medido en su posición original dentro de las líneas establecidas en los planos o como lo haya ordenado el Contratante. El material será medido sin clasificación antes de la excavación y no incluirá ninguna asignación por posibles abultamientos. La remoción de la capa vegetal no se medirá ni pagará separadamente, pero este material será incluido en el volumen de excavación. Las cantidades así determinadas serán pagadas según el precio contractual unitario. El precio unitario incluirá todos los costos de excavación que no sean pagados bajo otros rubros y será la compensación total por la excavación y disposición del material, incluyendo lo siguiente:

- Desbroce, limpieza y remoción de la capa vegetal;
- Limpieza y tratamiento de superficies de cimentación o inspección;
- Mano de obra, equipos y herramientas;
- Suministro y transporte de materiales;
- Mantenimiento de las excavaciones, rellenos y todas las operaciones necesarias para la correcta y completa ejecución de los trabajos.

<b>Rubro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
1-1 (1)	Excavación en aluvial metro cúbico	(m <sup>3</sup> )
1-1 (2)	Excavación en coluvial metro cúbico	(m <sup>3</sup> )
1-1 (3)	Excavación en roca metro cúbico	(m <sup>3</sup> )
1-1 (4)	Excavación en marginal metro cúbico	(m <sup>3</sup> )

## **1-1.2 Excavación y Relleno para Estructuras**

**1-1.2.1 Descripción.** Este trabajo consistirá en la excavación en cualquier tipo de terreno y cualquier condición de trabajo necesario para la construcción de cimentaciones de estructuras, además de la excavación de zanjas para la instalación de alcantarillas, tuberías y otras obras de arte. También incluirá cualquier otra excavación designada en los documentos contractuales como excavación estructural; así como el control y evacuación de agua, construcción y remoción de tablestacas, apuntalamiento, arriostramiento, ataguías y otras instalaciones necesarias para la debida ejecución del trabajo. Todas las excavaciones se harán de acuerdo con los alineamientos, pendientes y cotas señaladas en los planos o por el Fiscalizador.

El relleno para estructuras consistirá en el suministro, colocación y compactación del material seleccionado para el relleno alrededor de las estructuras, de acuerdo a los límites y niveles señalados en los planos o fijados por el Fiscalizador. También comprenderá el suministro, colocación y compactación del material seleccionado de relleno, en sustitución de los materiales inadecuados que se puedan encontrar al realizar la excavación para cimentar las obras de arte.

El material excavado que el Fiscalizador considere no adecuado para el uso como relleno para estructuras se empleará en los terraplenes o, de ser considerado que tampoco es adecuado para tal uso, se lo desechará de acuerdo a las instrucciones del Fiscalizador. No se efectuará ningún pago adicional por la disposición de este material.

**1-1.2.2 Procedimiento de trabajo.** Antes de ejecutar la excavación para las estructuras deberán realizarse, en el área fijada, las operaciones de limpieza de acuerdo a las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000, Sección 302.

El Contratista notificará al Fiscalizador, con suficiente anticipación, el comienzo de cualquier excavación, a fin de que se puedan tomar todos los datos del terreno natural necesarios para determinar las cantidades de obra realizada.

Será responsabilidad del Contratista proveer, a su costo, cualquier apuntalamiento, arriostramiento y otros dispositivos para apoyar los taludes de excavación necesarios para poder construir con seguridad las cimentaciones y otras obras de arte especificadas. No se medirá para su pago ninguna excavación adicional que el Contratista efectúe solamente para acomodar tales dispositivos de apoyo.

Después de terminar cada excavación, de acuerdo a las indicaciones de los planos y del Fiscalizador, el Contratista deberá informar de inmediato al Fiscalizador y no podrá iniciar la construcción de cimentaciones, alcantarillas y otras obras de arte hasta que el Fiscalizador haya aprobado la profundidad de la excavación y la clase de material de la cimentación. El terreno natural adyacente a las obras no se alterará sin autorización del Fiscalizador.

**1-1.2.3 Excavación para puentes (estructuras).** La profundidad de las excavaciones indicadas en los planos para cimentación de estribos, pilas y otras obras de subestructura, se considerará aproximada; el Fiscalizador aprobará la cota de cimentación y el material del lecho, y podrá ordenar por escrito que se efectúen los cambios que el considere necesarios para obtener una cimentación satisfactoria.

El material, al nivel aprobado para la base de una cimentación directa, se limpiará y labrará hasta obtener una superficie firme, y que sea horizontal o escalonada, de acuerdo a las instrucciones del Fiscalizador. Cualesquiera grietas en un lecho de cimentación rocoso se limpiarán y se llenarán con lechada de cemento, conforme ordene el Fiscalizador y a costo del Contratista. En caso de efectuarse sin autorización del Fiscalizador la sobre-excavación en roca hasta un nivel mayor de 10 cm por debajo de la cota aprobada, el contratista deberá reemplazar a su costo el material sobre-excavado, con hormigón de la clase especificada por el Fiscalizador.

Cuando una zapata deba fundirse sobre material que no sea de roca, deberán tomarse las precauciones adecuadas para evitar la alteración del material al nivel del lecho de cimentación. Cualquier material de lecho que haya sido alterado será reconvertido y

compactado, o removido y remplazado con material seleccionado bien compactado, o de acuerdo a las instrucciones del Fiscalizador y a costo del Contratista.

La excavación para una cimentación sobre pilotes deberá terminarse hasta el nivel previsto, antes de hincar los pilotes. Después del hincado, todo material del lecho de cimentación que esté suelto o de otro modo inadecuado será removido, hasta lograr una superficie firme y lisa para recibir el cabezal, reemplazando el material inadecuado con relleno seleccionado, bien compactado, si así ordena el Fiscalizador.

**1-1.2.3.1 Uso de ataguías.** Las ataguías empleadas en la construcción de cimentación se diseñarán y construirán de manera tal que sean de una altura suficiente, con la punta a un nivel más bajo que la base prevista para la cimentación respectiva, y lo suficientemente impermeables para permitir la correcta ejecución de los trabajos que deberán realizarse dentro de las mismas. Las dimensiones interiores serán tales que provean el espacio necesario para la construcción de encofrados y el desagüe desde afuera de éstos, el hincado de pilotes y la inspección. No se permitirá dentro de la ataguía ningún apuntalamiento que podría provocar esfuerzos en la estructura permanente. Tampoco podrán colocarse riostras o apoyaderos de tal manera que sean incorporados en el hormigón, excepto con la autorización explícita del Fiscalizador.

Cualquier ataguía que se incline o se desplace durante su construcción deberá ser enderezada de nuevo o ampliada, para proveer el espacio de trabajo necesario, a costo del Contratista.

El hormigón será depositado dentro de la ataguía solamente después de haberse evacuado toda el agua que había dentro. En caso de que el Contratista se vea imposibilitado de evacuar el agua por cualquier medida razonable, el Fiscalizador podrá permitir la colocación de hormigón bajo el agua, siguiendo los procedimientos establecidos en las Secciones 503 y 801 de estas Especificaciones o en las disposiciones especiales y las instrucciones del Fiscalizador. La cantidad de hormigón depositado bajo el agua será solamente aquella que el Fiscalizador considere

necesaria para formar un sello adecuado, después del cual se deberá desaguar al interior de la ataguía y colocar el resto del hormigón utilizando procedimientos corrientes. Cuando se coloque hormigón bajo agua, deberá ser abierto en las paredes de la ataguía unos orificios al nivel de aguas mínimas del río o estero, conforme ordene el Fiscalizador.

El bombeo que se haga dentro de la ataguía deberá hacerse de tal manera que no produzca arrastre de ninguna parte del hormigón. Cualquier bombeo necesario durante el hormigonado o durante las 24 horas inmediatamente después del mismo, deberá efectuarse desde un sumidero fuera de los encofrados. El bombeo para desaguar una ataguía, después de la colocación de un sello de hormigón bajo agua, no podrá empezar hasta que el sello haya fraguado lo suficiente como para resistir satisfactoriamente la presión hidrostática.

Si no se especifica de otro modo, las ataguías, con sus obras auxiliares serán retiradas por el Contratista, a su propio costo, tomando las precauciones necesarias para no causar daños en el hormigón terminado.

**1-1.2.3.2 Tratamiento especial de cimentaciones para estructuras.** En la excavación para estructuras, cuando el lecho para la cimentación de obras de arte resulte ser de material inadecuado, según el criterio del Fiscalizador, se realizará la profundización de la excavación, de acuerdo a las instrucciones de él, hasta conseguir una base de cimentación aceptable. Esta excavación adicional se rellenará con material de relleno para estructuras, compactado por capas de 15 cm de espesor o con hormigón simple clase C, conforme indique el Fiscalizador.

**1-1.2.4 Excavación para alcantarillas (tuberías).** El ancho de la zanja que se excave para una tubería, alcantarilla o un conjunto de alcantarillas estará de acuerdo a lo indicado en los planos o como indique el Fiscalizador. El ancho no podrá ser aumentado por el Contratista para su conveniencia de trabajo.

En caso de que el lecho para la cimentación de las alcantarillas resulte ser de roca u otro material muy duro, se realizará una profundización adicional de la excavación a

partir del lecho, hasta 1/20 de la altura del terraplén sobre la alcantarilla; pero, en todo caso, no menor a 30 cm ni mayor a 1,00 m. El material removido de esta sobreexcavación será reemplazado con material de relleno para estructuras, que será compactado por capas de

15 cm, de acuerdo a lo previsto en esta Sección y en las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000, subsección 305-2.

Si el material de cimentación no constituye un lecho firme debido a su blandura, esponjamiento u otras características inaceptables, este material será retirado hasta los límites indicados por el Fiscalizador. El material retirado será reemplazado con material seleccionado de relleno que se compactará por capas de 15 cm de espesor, conforme a lo estipulado en las Especificaciones Generales MOP-001-F, subsección 305-2, hasta alcanzar el nivel de cimentación fijado.

El lecho de la zanja deberá ser firme en todo su ancho y longitud. De ser así señalado en los planos o requerido por el Fiscalizador, se dará al lecho una flecha longitudinal en el caso de alcantarillas tubulares transversales.

Cuando se lo especifique en los planos, se efectuará la excavación para alcantarillas tubulares a ser colocadas en la zona del terraplén, después de haberse terminado el terraplén y hasta cierta altura por encima de la cota de alcantarilla, de acuerdo a lo indicado en los planos u ordenado por el Fiscalizador.

**1-1.2.4.1 Tratamiento especial de cimentaciones para alcantarillas tubulares.** En caso de ser requerida una cama especial para las alcantarillas tubulares, se realizará un tratamiento especial de la cimentación, de acuerdo a lo señalado en los planos o indicado por el Fiscalizador.

Por lo general, el tratamiento consistirá en la construcción de una losa de hormigón simple debajo de la alcantarilla o en la colocación de una capa de arena o material arenoso, de acuerdo a los detalles pertinentes incluidos en la Sección 600 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000; también podrá comprender la conformación del lecho a la forma de la tubería a colocarse en la parte inferior exterior



de la alcantarilla, hasta el 10% de la altura del tubo. El trabajo de conformación del lecho será considerado como subsidiario de la excavación para la alcantarilla y no será medido para su pago.

Cuando se deba colocar tubería de campana, se formará en la superficie del asiento de tierra o arena las ranuras correspondientes para dar cabida a la campana.

**1-1.2.5 Relleno de estructuras.** Luego de terminada la estructura, la zanja deberá llenarse por capas con material de relleno no permeable. El material seleccionado tendrá un índice plástico menor a 6 y cumplirá, en cuanto a su granulometría, las exigencias de la Tabla 1-1.2.1.

**TABLA 1-1.2.1**

<b>TAMAÑO DEL TAMIZ</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA</b>
Nº 3" (75,0 mm)	100
Nº 4 (4,75 mm)	35-100
Nº 30 (0,60 mm)	25-100

El material de relleno se colocará a ambos lados y a lo largo de las estructuras en capas horizontales de espesor no mayor a 20 cm. Cada una de estas capas será humedecida u oreada para alcanzar el contenido óptimo de humedad y luego compactada con apisonadores mecánicos aprobados hasta que se logre la densidad requerida. No se permitirá la compactación mediante inundación o chorros de agua.

No deberá depositarse el material de relleno contra los estribos o muros de sostenimiento, las paredes de alcantarillas de cajón y otras estructuras de hormigón, hasta que el hormigón haya desarrollado una resistencia de al menos 200 kilogramos por centímetro cuadrado en compresión tal como determinen las pruebas de muestras curadas bajo condiciones similares a la prevaleciente en el sitio y ensayadas de acuerdo a las normas pertinentes que se estipulen en los documentos contractuales.

Se deberá tener especial cuidado en efectuar el relleno de tal manera que evite la acuñadura del material contra la estructura.

El material de relleno permeable, por lo general, se utiliza para rellenar la parte posterior contigua a los estribos de puentes, los muros de ala o de defensa y los muros de sostenimiento, de acuerdo a lo indicado en los planos. El material permeable consistirá de grava o piedra triturada, arena natural, o de trituración o una combinación adecuada de éstas, que deberá componerse de acuerdo a los. Requerimientos de la Tabla 1-1.2.2, para granulometría:

**TABLA 1-1.2.2**

<b>TAMAÑO DEL TAMIZ</b>	<b>PORCENTAJE QUE PASA</b>
Nº 2" (50,0 mm)	100
Nº 50 (0,30 mm)	0 – 100
Nº 100 (0,15 mm)	0 – 8
Nº 200 (0,075 mm)	0 – 4

En caso de que el material proveniente de la excavación no sea satisfactorio para el relleno de estructuras, el Contratista lo desechará, conforme indique el Fiscalizador y suministrará por su cuenta y costo un material adecuado, que cuente con la aprobación del Fiscalizador.

El relleno alrededor de las alcantarillas tubulares será efectuado de acuerdo a las estipulaciones pertinentes del Capítulo 600 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

**1-1.2.6 Medición.** Las cantidades a pagarse por excavación y relleno para estructuras, inclusive alcantarillas, serán los metros cúbicos medidos en la obra de material efectivamente excavado, de conformidad con lo señalado en los planos u ordenado por el Fiscalizador; pero, en ningún caso, se podrá incluir en las mediciones para el pago cualquiera de los volúmenes indicados a continuación:

- a) El volumen fuera de planos verticales ubicados a 80 cm fuera de Y paralelos a:
1. Las líneas exteriores de las zapatas.
  2. El lado exterior de las paredes de las alcantarillas de cajón.
  3. La máxima dim. horizontal de las alcantarillas de tubo y otras tuberías.
- b) El volumen incluido dentro de los límites establecidos para la excavación de plataformas, cunetas, rectificación de cauces, etc., para lo cual se ha previsto el pago bajo otro rubro del contrato.
- c) El volumen de cualquier material remanipulado, excepto cuando por indicaciones de los planos o por orden del Fiscalizador debe efectuarse una excavación en un terraplén construido y también cuando se requiera la instalación de alcantarillas tubulares, empleando el método de la zanja imperfecta, como se especifica en la Sección 600 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.
- d) El volumen de cualquier excavación efectuada sin la autorización previa del Fiscalizador.
- e) El volumen de cualquier material que cae dentro de la zanja excavada desde fuera de los límites establecidos para el pago.

El límite superior para la medición de la excavación para estructuras será la cota de la subrasante o la superficie del terreno natural, como existía antes del comienzo de la operación de construcción, siempre que la cota de la subrasante sea superior al terreno natural.

Cuando el Fiscalizador ordene la profundización de la excavación para una estructura más allá del límite señalado en los planos, tal excavación, hasta una profundidad adicional de 1,5 metros se pagará al precio contractual, de excavación y relleno para estructuras.

La excavación a una mayor profundidad, si fuera ordenada por el Fiscalizador, será pagada como trabajo adicional de acuerdo al numeral 103-1.05 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

El volumen de excavación para puentes se medirá en la forma descrita, pero se computará por separado a efectos de pago.

El volumen de relleno de cimentaciones a pagarse será el número de metros cúbicos, medidos en la posición final del material de relleno para estructuras, realmente suministrado y colocado debajo de la cota establecida para el lecho de la cimentación de una estructura o alcantarilla, para conseguir una cimentación aceptable.

El volumen de material de relleno permeable a pagarse será el número de m<sup>3</sup>, medidos en la obra de este material suministrado y debidamente colocado, de acuerdo a lo indicado en los planos o señalado por el Fiscalizador. De no estar incluido este rubro en el contrato, el pago por este trabajo, si fuese exigido, será considerado como incluido en el pago por los rubros de excavación y relleno para estructuras.

**1-1.2.7 Pago.** Las cantidades establecidas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagará a los precios contractuales para cada uno de los rubros abajo designados y que consten en el contrato.

Estos precios y pagos constituirán la compensación total por la excavación y relleno para estructuras, el control y evacuación de agua, así como por la construcción y remoción de ataguías, si fueren requeridas y toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales, operaciones conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos descritos en esta Sección.

<b>Rubro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
1-1.2 (1)	Excavación y relleno para estructuras	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
1-1.2 (2)	Excavación y relleno para puentes	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
1-1.2 (3)	Relleno compactado con material proveniente de la excavación.	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
1-1.2 (4)	Relleno medianamente compactado con material proveniente de la excavación.	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
1-1.2 (5)	Relleno no compactado con material proveniente de la excavación.	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )

- 1-1.2 (6) Relleno compactado con material seleccionado. Metro cúbico (m3)
- 1-1.2 (7) Relleno compactado con gravilla suelta. Metro cúbico (m3)

### **1-1.3 Excavación para cunetas y encauzamientos**

**1-1.3.1 Descripción.** Este trabajo consistirá en la excavación para la construcción de zanjas para recoger y evacuar las aguas superficiales.

El sistema de cunetas y encauzamientos comprenderá todas las cunetas laterales y canales abiertos cuyo ancho a nivel del lecho sea menor de 3 m, zanjas de coronación, tomas y salidas de agua, así como toda otra cuneta o encauzamiento que pueda ser necesaria para la debida construcción de la obra y cuyo pago no sea previsto bajo otros rubros del contrato.

**1-1.3.2 Procedimiento de trabajo.** Las cunetas y encauzamientos serán construidas de acuerdo al alineamiento, pendiente y sección transversal señalados en los planos o indicados por el Fiscalizador. De ser requerido, las cunetas se las revestirán de acuerdo a lo especificado en la Sección 208 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

Su construcción podrá llevarse a cabo en forma manual o con maquinaria apropiada, o con una combinación de estas operaciones. No podrán contener restos de raíces, troncos, rocas u otro material que las obstruya y será obligación del Contratista mantenerlas limpias permanentemente para su eficiente funcionamiento, hasta la recepción provisional, sin costo adicional.

Los materiales adecuados provenientes de estas excavaciones se emplearán en la obra, hasta donde sea permisible su utilización. El material en exceso y el inadecuado serán desalojados a los sitios de depósito señalados en los planos o por el Fiscalizador.

**1-1.3.3 Medición.** Las cantidades a pagarse por la excavación de cunetas y encauzamientos serán aquellas medidas en la obra por trabajos ordenados y

aceptablemente ejecutados. La unidad de medida será el m<sup>3</sup> o el metro lineal, según se establezca en el contrato.

**1-1.3.4 Pago.** Las cantidades establecidas en la forma indicada en el numeral anterior se pagarán a los precios contractuales para los rubros abajo designados, que consten en el contrato.

Estos precios y pagos constituirán la compensación total por la excavación, transporte, incorporación en la obra o desalojo del material proveniente de las cunetas y encauzamientos, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarios para la ejecución de los trabajos descritos en esta Sección.

<b>Rubro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
1-1.3 (1)	Excavación para cunetas y encauzamientos	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )
1-1.3 (2)	Excavación para cunetas y encauzamientos	Metro lineal (m)

## **1-2 EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS**

### **1-2.1 Generalidades**

**1-2.1.1 Alcance.** Estas especificaciones cubren todas las actividades relacionadas con la excavación, drenaje de las superficies expuestas y sostenimiento temporal o permanente de las secciones excavadas, en función de los tipos de roca que se esperan encontrar durante la construcción del túnel de paso.

**1-2.1.2 Información Geológica y Geotécnica del Proyecto.** Es obligación del Contratista juzgar, bajo su responsabilidad: las condiciones del sitio; los informes sobre geología, geotecnia y materiales, y los resultados de los ensayos de laboratorio entregados por el Contratante como información general del Proyecto. Las conclusiones que el Contratista obtenga del estudio de la información recibida serán de su exclusiva responsabilidad.

**1-2.1.2 Plan de Procedimiento Propuesto por el Contratista.** El Contratista deberá remitir a la Fiscalización, para su aprobación, la siguiente información:

- Programa de excavación;
- Características de equipos y metodología para la ejecución de las excavaciones y extracción del material excavado;
- Características de los sistemas de ventilación, iluminación y drenaje temporal;
- Características de los equipos y metodología para la construcción de las secciones excavadas, y;
- Metodología para el control del polvo.

Considerará, en cada caso, las características del macizo rocoso y el tipo de excavación proyectado.

Para que la Fiscalización disponga del tiempo necesario para revisar el programa propuesto y pueda proponer las modificaciones que considere necesarias, la entrega deberá producirse, a más tardar, sesenta días antes de la fecha programada para el inicio de las excavaciones subterráneas.

La aprobación del plan propuesto por el Contratista, por parte de la Fiscalización, no deberá interpretarse como una revisión completa o como una garantía de que la metodología propuesta será exitosa, ni liberará al Contratista de su responsabilidad por la buena ejecución de los trabajos de excavación. La aprobación indicará solamente que los métodos propuestos son aceptables para la Fiscalización y reúnen los requisitos previstos en los documentos contractuales.

**1-2.1.2 Documentación de registro.** El Contratista llevará un registro de las excavaciones subterráneas que incluirá:

- El diagrama de tiro;
- El número y tamaño de los barrenos;
- El tipo y cantidad de explosivos y detonadores utilizados;
- Clase y número de todos los equipos usados para las operaciones de voladura, y;

- Los tiempos empleados para las diferentes operaciones.

Después de cada voladura, el Contratista realizará el mapeo geotécnico e indicará, en el registro de excavación:

- La localización exacta por medio de abscisas;
- El tipo de roca o litología;
- El tipo, dirección e inclinación de las principales discontinuidades, y su espaciamiento;
- La resistencia promedio de la roca intacta;
- El RQD;
- La descripción de las discontinuidades (persistencia, abertura, geometría y rugosidad, tipo y condiciones del relleno, alteración), y;
- Las condiciones hidrogeológicas.

Sobre la base de estos datos realizará la clasificación geomecánica del macizo, utilizando el Sistema Q de Barton.

Los mapas y registros se conservarán ordenadamente durante todo el período de la construcción. Concluida la construcción, el Contratista preparará un informe completo sobre las operaciones de excavación y sostenimiento del túnel y lo entregará al Contratante.

### **1-2.1.5 Levantamiento geotécnico para clasificación del macizo rocoso**

**1-2.1.5.1 Introducción.** A fin de contar con una base objetiva para la ejecución, medición y pago de los trabajos de excavación en función de las diferentes clases de roca previstas en el Contrato, la Fiscalización, conjuntamente con el especialista designado por el Contratista, establecerán los parámetros y clasificación del macizo rocoso con base en la inspección de campo y levantamiento geotécnico que realizará, sistemáticamente, a medida que avancen las excavaciones.



En la presente sección se establecen los procedimientos que serán aplicados para asegurar consistencia y objetividad en la inspección, mapeo y clasificación del macizo rocoso. Se presenta una descripción de las técnicas para la obtención de los datos geotécnicos a partir de las superficies de roca expuestas en las secciones excavadas, se incluye también una descripción detallada de los distintos parámetros y de las técnicas de levantamiento.

Para la presentación de los datos se utilizarán formularios diseñados por el Contratista y aprobados por la Fiscalización.

**1-2.1.5.2 Parámetros para el Levantamiento.** Las características típicas a considerar durante la recolección de datos sobre las características geológicas, geotécnicas y de la resistencia de la roca son las siguientes:

- Litología;
- Resistencia de la roca intacta;
- Grado de meteorización o alteración;
- Orientación de las discontinuidades y agrupación en sistemas que tengan similares orientaciones;
- Clasificación de las discontinuidades por tipos;
- Continuidad o persistencia de las discontinuidades;
- Espaciamiento y frecuencia de las discontinuidades en cada uno de los sistemas;
- Abertura de las discontinuidades y características del material de relleno;
- Forma de la superficie y rugosidad de las discontinuidades;
- Presencia y tasa de filtración de agua; y,
- Presencia y distribución de vacíos, y cualquier material de relleno de las discontinuidades.

Sobre la base de las mediciones realizadas se pueden utilizar los adjetivos indicados en los siguientes cuadros, para describir las características de las discontinuidades.

PERSISTENCIA DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD EN METROS
Muy Baja	< 1
Baja	1 - 3
Media	3 – 10
Alta	10 – 20
Muy Alta	> 20

ESPACIAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES	DISTANCIA EN MILÍMETROS
Extremadamente estrecho	< 20
Muy estrecho	20 – 60
Estrecho	60 – 200
Moderado	200 – 600
Amplio	600 – 2000
Muy Amplio	2000 – 6000
Extremadamente Amplio	> 6000

**1-2.1.5.3 Levantamiento de las superficies expuestas.** Durante las operaciones, el frontón y perfil de cada tramo excavado estarán disponibles durante un corto tiempo de modo que será necesario desarrollar un programa que permita a los geólogos realizar el levantamiento después de cada ciclo de voladura, tan pronto como sea posible y antes de que comience el siguiente ciclo.

**1-2.1.5.4 Levantamiento de las estructuras principales.** En esta especificación se definen como estructuras principales a aquellas que podrían influir individualmente en la estabilidad de la excavación. La característica predominante de estas estructuras serán una alta persistencia, como la que se presenta en fallas, discontinuidades y contactos.

Estas estructuras a menudo se encuentran ampliamente espaciadas y deben ser registradas en mapas geológicos. En todos los casos se debe medir la orientación, con una brújula. Se deberán registrar también la naturaleza de los rellenos de las discontinuidades y la orientación de cualquier superficie de deslizamiento o desplazamiento asociados con fallas. La ubicación de cada estructura principal será registrada con ayuda de la cuadrícula provista en las hojas para levantamiento

**1-2.1.5.5 Levantamiento detallado.** Una vez identificadas y delineadas las estructuras principales, es posible obtener información sobre estructuras secundarias de menor escala, las cuales, en grupos o conjuntos, pueden afectar la estabilidad de la excavación. Debido a que un gran número de estructuras secundarias podrían quedar expuestas en las superficies de la excavación, se necesita cierto criterio para determinar cuanto esfuerzo debe emplearse en este levantamiento. No será necesario mapear toda estructura secundaria que se encuentre por cuanto se tornará difícil distinguir las estructuras importantes.

En las hojas de levantamiento se registrará información detallada sobre el tipo, orientación, persistencia, relleno y rugosidad de las estructuras. Esta información será utilizada para sectorizar al macizo rocoso expuesto durante la excavación en dominios estructurales individuales, con base en la litología y estructura de la roca. Un mismo tipo litológico puede ser dividido en dominios cuando se observe que la estructura varía dentro de este tipo.

Siempre que sea posible se tomarán fotografías a color de la superficie levantada, a fin de adjuntarlas a los datos estructurales.

**1-2.1.5.6 Levantamiento específico de las características estructurales**

**principales.** En algunos casos, será necesario refinar la información, si el análisis preliminar demuestra que determinados sistemas estructurales son críticos para la estabilidad. Cada sistema de discontinuidades deberá ser tratado independientemente. A fin de establecer la resistencia al corte de discontinuidades críticas, puede ser necesario hacer mediciones detalladas de la forma y rugosidad de las superficies, y realizar estimaciones de la resistencia del material de relleno de las juntas.

**1-2.1.6 Técnica y Prioridad de Levantamiento.** Se deberán tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- En general, las estructuras con una persistencia menor que 0,5 metros no deberán ser levantadas.
- Fracturas obvias, inducidas por las voladuras, deben ser anotadas pero no levantadas, o deben ser claramente señaladas en las hojas de levantamiento como inducidas por las voladuras, en caso de que afecten la estabilidad.
- Se deberá tener cuidado para no pasar por alto las estructuras con bajo buzamiento, y aquellas que resulten paralelas a la superficie que se está levantando. En todo caso, en el levantamiento geotécnico del túnel el riesgo de omisión no será mayor por cuanto está previsto el levantamiento tanto del frontón como de las paredes laterales.

El orden de prioridad para la recopilación de datos en el levantamiento del túnel es el siguiente:

- a) La litología;
- b) La ubicación y orientación de todas las fallas y zonas débiles, y la naturaleza de cualquier material que rellene las discontinuidades;
- c) La ubicación y orientación de los contactos;
- d) La orientación de la foliación y otras discontinuidades persistentes;
- e) El espaciamiento de las discontinuidades persistentes, y;
- f) El material de relleno de las discontinuidades.

### 1-2.1.7 Clasificación Geomecánica del Macizo Rocosó

**1-2.1.7.1 Introducción.** Los requerimientos que se exponen a continuación, se aplican para realizar una clasificación geomecánica de un macizo rocoso, con base en los resultados del levantamiento geotécnico de cada tramo o sección de la excavación.

**1-2.1.7.2 Descripción del Macizo Rocosó.** Independientemente de su litología un macizo rocoso puede ser descrito con los siguientes adjetivos, a fin de dar una idea de la forma de los bloques que lo conforman:

- I Masivo* = pocas discontinuidades o amplio espaciamiento
- II En bloques* = aproximadamente equidimensional
- III Tabular* = una dimensión considerablemente menor que las otras dos.
- IV Columnar* = una dimensión considerablemente mayor que las otras dos.
- V Irregular* = amplia variación de tamaño y forma de los bloques.
- VI Triturado* = fuertemente discontinuado, hasta “cubos de azúcar”

En cuanto se refiere al tamaño de los bloques, este parámetro está condicionado por el número de discontinuidades, de la siguiente manera:

TAMAÑO DEL BLOQUE	$\frac{J_v}{J_c}$ (JUNTAS POR METRO CÚBICO)
Masivo	
Bloques muy grandes	< 1,0
Bloques grandes	1 – 3
Bloques medianos	3 – 10
Bloques pequeños	10 – 30
Bloques muy pequeños	> 30

**1-2.1.7.3 Clasificaciones Geomecánicas del Macizo Rocosó.** Las principales clasificaciones geomecánicas de macizos rocosos desarrollados para túneles excavados con explosivos son dos; el primero, fue definido originalmente por Barton, Lien y Luidle en 1974 “Q System”, mismo que ha sido actualizado hasta 1994; el segundo sistema fue presentado por Bieniawsky en 1979 “Rock Mass Rating System”. Para los trabajos de clasificación geomecánica del macizo rocoso a ser atravesado por el túnel de paso se utilizará el sistema Q de Barton; sin embargo, paralelamente se

aplicara el sistema RMR de Bieniawsky para verificar los resultados. El sistema Q se basa en los siguientes seis parámetros obtenidos en el campo:

- RQD “Rock Quality Designation”
- $J_n$  Número de sistemas de discontinuidades.
- $J_r$  Rugosidad de las discontinuidades.
- $J_a$  Meteorización de las discontinuidades.
- $J_w$  Coeficiente reductor que tiene en cuenta la presencia de agua.
- SRF “Stress Reduction Factor”, factor dependiente de las tensiones.

Por otra parte, el RMR usa seis parámetros que también son obtenidos en el campo:

- Resistencia a la compresión uniaxial o el índice de carga puntual de la roca intacta.
- El RQD “Rock Quality Designation”
- Espaciamiento de las discontinuidades
- Condición de las discontinuidades
- Presencia de agua en las discontinuidades
- Orientación de las discontinuidades

Para la determinación del Índice de Carga Puntual se requiere la ejecución de los ensayos pertinentes en por lo menos diez muestras de roca por cada tres metros de avance de la excavación.

El RQD puede ser estimado a partir del espaciamiento de las discontinuidades o del “Volumetric Joint Count” ( $J_v$ ) el cual a su vez es definido como la suma del número de discontinuidades por metro para cada sistema (ISRM, 1978):

$$J_v = \frac{N_1}{L_1} + \frac{N_2}{L_2} + \dots + \frac{N_n}{L_n}$$

La relación aproximada entre el  $J_v$  y el RQD es la siguiente (Barton et al, 1974):

$$RQD = 115 - 3,3 * J_v$$

Mediante los parámetros indicados, se define la calidad del macizo rocoso a partir de la siguiente ecuación:

$$Q = \left( \frac{RQD}{J_n} \right) \left( \frac{J_r}{J_a} \right) \left( \frac{J_w}{JRF} \right)$$

El índice Q puede ser correlacionado con el RMR mediante la siguiente relación (Bieniawsky, 1976):

$$RMR = 44 + LnQ$$

En los cuadros que constan a continuación, se presenta el sistema de calificación que será utilizado para la valoración de los parámetros ( $J_n$ ,  $J_r$ ,  $J_a$ ,  $J_w$ , SRF) que intervienen en la definición del índice de calidad Q del macizo rocoso, a partir de indicadores que pueden ser valorados en el campo.

### CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

#### Sistema Q de Clasificación del Macizo Rcoso

PARÁMETRO	ÍTEM Y DESCRIPCIÓN	VALOR
Número de Sistemas de	Masivo. Intacto, ninguna o pocas discontinuidades.	0,5 1,0
	Un sistema de discontinuidades.	2,0
	Un sistema de discontinuidades, más discontinuidades esporádicas.	3,0
	Dos sistemas de discontinuidades.	4,0
	Dos sistemas de discontinuidades, más discontinuidades esporádicas.	6,0

Discontinuidades ( Jn )	Tres sistemas de discontinuidades. Tres sistemas de discontinuidades, más discontinuidades esporádicas.	9,0 12,0
	Cuatro o más sistemas de discontinuidades, intensamente fracturado, “cubos de azúcar”, etc.	15,0
	Roca triturada, como suelo	20,0
Rugosidad de las Fracturas ( Jr )	Áspero y con ondulaciones	3,0
	Liso y con ondulaciones	2,0
	Áspero y planar	1,5
	Liso y planar, o rellenadas	1,0
	Con superficies de deslizamientos y planares	0,5
Alteración de las Fracturas ( Ja )	<b><u>Fracturas sin rellenar</u></b>	
	Fracturas limpias	0,75
	Solamente manchadas, sin alteración	1,0
	Paredes de las fracturas ligeramente alteradas	2,0
	Con recubrimientos limosos o arenosos	3,0
	Con recubrimientos de arcilla	4,0
	<b><u>Fracturas rellenadas</u></b>	
	Relleno de arena o roca triturada	4,0
	Relleno de arcilla dura, menos de 5 mm de espesor	6,0
	Relleno de arcilla blanda, menos de 5 mm de espesor	8,0
	Relleno de arcilla expansiva, menos de 5 mm de espesor	12,0
Relleno de arcilla dura, más de 5 mm de espesor	10,0	
Relleno de arcilla blanda, más de 5 mm de espesor	15,0	
Relleno de arcilla expansiva, más de 5 mm de espesor	20,0	

Dependiendo del valor de Q, se clasifican los macizos rocosos en nueve categorías:

**VALOR DE Q CLASE DE ROCA Y DESCRIPCIÓN**

0,001 – 0,01 G	Roca excepcionalmente mala
0,01 – 0,1 F	Roca extremadamente mala
0,1 – 1 E	Roca muy mala
1 – 4 D	Roca mala
4 – 10 C	Roca media
10 – 40 B	Roca buena



40 – 100	Roca muy buena
100 – 400 A	Roca extremadamente buena
400 – 1 000	Roca excepcionalmente buena

En función de los valores del índice Q determinados para el macizo rocoso a ser atravesado durante las excavaciones y según su diámetro equivalente se establecen los diferentes tipos de sostenimiento.

## **1-2.2 Excavaciones**

**1-2.2.1 Alcance.** Esta sección abarca todas las operaciones relacionadas con la excavación del túnel de paso, no incluye el sostenimiento permanente de las secciones excavadas.

**1-2.2.2 Descripción de las excavaciones.** El túnel de carga tendrá una longitud de 7.360,00 metros con un diámetro de 5.20 m..

**1-2.2.3 Procedimiento General de Excavación.** El Contratista deberá planificar sus operaciones y procedimientos de excavación basándose en su propia evaluación e interpretación de la información disponible, pero deberá estar preparado para variar sus métodos y procedimientos según sea necesario a partir de la información adicional que se obtenga de los levantamientos realizados a medida que avance el trabajo de excavación.

**1-2.2.4 Perforación y Voladura.** Todos los procedimientos de perforación y voladura, incluyendo voladuras de prueba, para cada clase de roca deberán contar con la autorización previa de la Fiscalización.

La aprobación del diseño de los diagramas de tiro por parte de la Fiscalización no releva al Contratista de su responsabilidad por la seguridad del trabajo, ni de su obligación de cumplir con las Especificaciones en cuanto se refiere a efectuar las excavaciones mediante voladuras que permitan obtener superficies de rocas sanas y regulares.

Las voladuras serán efectuadas únicamente por personal calificado aprobado por la Fiscalización. El Contratista será el único responsable de cualquier daño o perjuicio causado por las voladuras.

Cuando fuere necesario, la roca que será removida deberá protegerse para evitar el vuelo de fragmentos rocosos, que podrían causar lesiones al público, a las obras o a bienes de terceros.

Las voladuras deberán realizarse cuidadosamente, de manera que se evite el fracturamiento y aflojamiento de la superficie final de la roca, particularmente en donde las superficies deban servir de apoyo para estructuras de hormigón.

Inmediatamente antes de la voladura se deberá avisar a la Fiscalización y a los obreros que estén en el sitio de trabajos a fin de que nadie se interne en la zona de peligro hasta que no se haya efectuado la voladura. Antes de efectuar las mediciones de resistencia eléctrica o las pruebas de la línea de detonación, se dará el aviso correspondiente y se desalojará todo personal del interior del túnel. Una vez terminada la explosión y luego de que el ingeniero o el técnico responsable del frente de trabajos tenga la certeza de que todas las cargas explosivas han sido detonadas y de que no pueden esperarse más explosiones demoradas o tiros fallados, se dará la señal de que pasó el peligro de explosión y de que se inicia el proceso de ventilación.

El Contratista utilizará en estas operaciones equipos y personal idóneo que garanticen la ejecución de los trabajos en las mejores condiciones de seguridad y calidad.

**1-2.2.4.3 Condiciones de Seguridad.** El Contratista planificará y aplicará las medidas de seguridad necesarias para el desarrollo de todos los trabajos de construcción del túnel y de las demás actividades de la obra de acuerdo con lo que establece el “Manual of Accident Prevention in Construction”, de la “Association of General Contractors of America Inc.”, las Normas INEN; así como, las leyes y reglamentos del Ministerio de Defensa Nacional del Ecuador relativos al transporte, almacenamiento, manejo y utilización de explosivos.

**1-2.2.4.3.1 Condiciones de trabajo en el túnel.** La excavación del túnel deberá ser ejecutada por trabajadores experimentados que cuenten, en todo momento, con una supervisión idónea. Se deberá utilizar iluminación, ventilación y control del polvo que cumplan las normas internacionales para las condiciones de trabajo y seguridad en túneles.

No se permitirá el uso de motores de combustión interna en el interior del túnel, pero podrán operar equipos a diesel controlados por regulador, en buen estado, siempre que se mantenga una adecuada ventilación forzada.

Los ductos de ventilación forzada deben extenderse lo más cerca posible del frente de excavación y deberán estar alimentados por ventiladores de suficiente capacidad para asegurar un suministro adecuado de aire fresco a todas las áreas del túnel en las cuales se estén ejecutando trabajos o por las cuales deban circular los trabajadores. Las tomas de aire deberán estar localizadas a suficiente distancia afuera de los portales para garantizar que no se produzca retorno del aire extraído de los túneles.

**1-2.2.4.3.2 Drenaje.** El Contratista efectuará la captación de las filtraciones y evacuará, fuera de la zona de trabajo, todas las aguas que llegaren por infiltración a fin de facilitar la realización de los trabajos durante las etapas de excavación y sostenimiento.

Todas las operaciones de captación de filtraciones serán precedidas por una adecuada limpieza de roca.

El Contratista tomará todas las medidas necesarias para desaguar los sitios de excavación cualesquiera que sean los volúmenes de agua, en lo posible, hacia los escurrimientos naturales. Para el efecto deberá disponer en el sitio de las obras el equipo e instalaciones necesarias para el desagüe, desde el inicio de los trabajos de excavación, y mantener todas las obras de drenaje mediante limpieza y reparaciones durante el tiempo de construcción.

**1-2.2.4.3.3 Uso de explosivos.** Los explosivos, fulminantes, mechas y detonadores deben ser transportados y almacenados en lugares apropiados por cuenta y riesgo del Contratista de manera que estén protegidos contra robos, daños y accidentes. La ubicación y el diseño de los sitios de almacenaje, los métodos de transporte y las precauciones que se prevea tomar para prevenir accidentes, estarán sujetos a la aprobación de la Fiscalización; pero esta aprobación no exime al Contratista de su responsabilidad total con respecto al manejo de los explosivos.

Los detonadores o cápsulas explosivas no deberán ser acarreados o almacenados, en ningún caso, conjuntamente con dinamita u otros explosivos.

El Contratista tomará todas las precauciones para proteger a las personas, obras, equipos o propiedades, durante el almacenamiento, transporte y uso de explosivos.

Los daños a personas, propiedades, materiales o equipos, causados durante el almacenamiento, transporte y uso de explosivos serán indemnizados por el Contratista.

El uso indebido o sustracción de explosivos será de exclusiva responsabilidad del Contratista.

**1-2.2.4.4 Sobre-excavaciones.** Todas las áreas de sobre-excavación que se extiendan más de 15 cm por fuera del perfil teórico de excavación, deberá rellenarse, a costo del Contratista, con hormigón proyectado,  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .

Se define como perfil teórico de excavación a aquel que garantiza que una vez colocado el tipo y espesor de sostenimiento que corresponda a la clase de roca identificada, se obtendrá, exactamente, la sección terminada del túnel, según consta en los Planos.

En aquellos casos en que se requiera la instalación de perfiles metálicos para soporte permanente, toda sobre-excavación que impida el contacto del perfil con la roca excavada será rellenada con hormigón proyectado,  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , a costo del Contratista.

**1-2.2.4.5 Desalojo del Material.** No se permitirá que se acumulen en el interior del túnel los escombros producto de las actividades de excavación. Todo escombros resultante será removido y desalojado inmediatamente después de cada voladura. Dependiendo del uso que se quiera dar a estos materiales, deberán transportarse hasta los sitios identificados como Escombreras o sitios de acopio y procesamiento de materiales para agregados cuyas ubicaciones se encuentran en los planos o las que indique la Fiscalización.

Los materiales extraídos de las excavaciones y que la fiscalización determine como adecuados para su utilización en agregados, serán transportados hasta el sitio de acopio y procesamiento indicado en los planos.

Todos los materiales sobrantes, que no sean aptos para ser utilizados como agregados, deberán transportarse hasta las escombreras. El depósito de los materiales en las escombreras deberá realizarse según las especificaciones establecidas de tal manera que los botaderos sean estables y cuenten con el drenaje adecuado.

**1-2.2.4.6 Control y Conformación del Área de Acumulación de Escombros.**

**1-2.2.4.6.1 Descripción.** Este trabajo consistirá en depositar los materiales excedentes producidos por las maniobras de excavación en un sitio establecido previamente, de una manera ordenada y controlada a fin de no alterar la estabilidad natural del sitio, preservar los recursos naturales existentes, disminuir el impacto visual y permitir la recuperación del área intervenida. La forma, dimensiones, pendientes, anchos autorice la Fiscalización.

**1-2.2.4.6.2 Procedimiento de trabajo.** Esta tarea consistirá en extender y conformar, de acuerdo con los niveles y dimensiones estipulados en los Planos o dispuestos por la Fiscalización Ambiental, el material excedente recopilado y transportado a los sitios determinados como botaderos o escombreras. De requerirse la ejecución de obras adicionales, se pagarán como trabajos por administración, de acuerdo con el numeral 103-5.04 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

Si por causa de la acumulación de escombros se produjeran daños a terrenos, cultivos y viviendas, los propietarios recibirán una compensación económica, de acuerdo con la legislación vigente.

#### **1-2.2.4.7 Medición y Pago**

**1-2.2.4.7.1 Excavación del Túnel.** La medición y pago por todos los trabajos e insumos necesarios para completar la excavación de las cavernas y túneles, hasta obtener el perfil teórico de excavación, se realizará sobre la base del volumen excavado.

El pago se hará según el precio contractual unitario por metro cúbico de excavación aplicable a la clase de roca que corresponda y al tipo de obra. Este precio y pago deberá incluir todos los costos de excavación que no sean pagados bajo otros rubros, y será la compensación total por la excavación y disposición del material, incluyendo su transporte, colocación, esparcimiento, conformación, humedecimiento o secamiento y compactación, o su desecho en botaderos autorizados, así como toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas, necesarios para la ejecución de los trabajos descritos en esta Sección.

Los desprendimientos y las sobre-excavaciones, así como la remoción requerida de materiales por fuera del perfil teórico de excavación no serán medidos ni pagados.

El precio unitario de excavación no variará si las excavaciones se realizan en presencia de agua.

#### **Rubro Descripción Unidad**

1-2.2(1) Excavación subterránea en roca Clase A. metro cúbico (m3)

1-2.2(2) Excavación subterránea en roca Clase B. metro cúbico (m3)

1-2.2(3) Excavación subterránea en roca Clase C. metro cúbico (m3)

1-2.2(4) Excavación subterránea en roca Clase D. metro cúbico (m3)

1-2.2(5) Excavación subterránea en roca Clase E. metro cúbico (m3)

**1-2.2.4.7.2 Drenaje.** No se efectuará pago por separado por los trabajos necesario para la captación y evacuación de las aguas que llegaren por infiltración hasta los

sítios de trabajo, cualesquiera que sean los volúmenes de agua e independientemente del equipo e instalaciones utilizados para el desagüe. Su precio se considerará incluido en los precios unitarios de los rubros contractuales para cuya ejecución es indispensable la captación y evacuación de las aguas.

**1-2.2.4.7.3 Transporte de materiales.** No se efectuará ningún pago por separado por concepto de carga, transporte y descarga de los materiales excavados ya que su precio se considerará incluido en el precio unitario de excavación.

**1-2.2.4.7.4 Control y conformación del área de acumulación de escombros.** Las cantidades a pagarse serán los metros cúbicos, medidos en el área de acumulación, de material efectivamente depositado, compactado y aceptado por la Fiscalización de conformidad con los Planos o las instrucciones de la Fiscalización. Las cantidades así establecidas se pagarán a los precios unitarios contractuales.

Estos precios y pagos constituirán la compensación total por el volumen de material excedente que haya sido reconvertido, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, y operaciones conexas para los trabajos descritos anteriormente.

## **SECCIÓN 2: SOSTENIMIENTO Y PROTECCIÓN DE EXCAVACIONES**

### **2-1 PROTECCIÓN Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES**

#### **2-1.1 Obras de Captación**

El Contratista deberá proteger los taludes y secciones excavadas a cielo abierto cuyas condiciones geológicas así lo exijan y sean solicitadas o aprobadas por la Fiscalización.

Será obligación del Contratista proteger los taludes provisionales a fin de preservar la seguridad del personal.

Para la ejecución de las medidas de protección el Contratista deberá emplear los elementos indicados en los planos e informes técnicos; sin embargo, el Contratista podrá solicitar la aprobación de la Fiscalización para utilizar otros elementos de sostenimiento, protección y estabilización no especificados siempre y cuando

demuestre que su aplicación proporcionará un igual mayor factor de seguridad que el obtenido en los diseños originales.

Como elemento de protección de los taludes deberán construirse cunetas de pie y coronación revestidas.

## **2-1.2 Portales del Túnel de Paso**

**2-1.2.1 Alcance.** El Contratista deberá proteger el talud conformado en el portal de salida del túnel de carga mediante las medidas indicadas en los informes, planos, en estas especificaciones y las que determine la Fiscalización en función de las condiciones geológicas que se encuentren en el sitio una vez realizada la excavación.

Como elemento de protección de los taludes deberán construirse cunetas de pie y coronación revestidas.

Será obligación del Contratista proteger los taludes provisionales a fin de preservar la seguridad del personal.

Para la ejecución de las medidas de protección el Contratista deberá emplear los elementos indicados en los planos e informes; sin embargo, el Contratista podrá solicitar la aprobación de la Fiscalización para utilizar otros elementos de sostenimiento, protección y estabilización no especificados siempre y cuando demuestre que su aplicación proporcionará un igual mayor factor de seguridad que el obtenido en los diseños originales.

## **2-1.3 Taludes en Casa de Máquinas**

**2-1.3.1 Alcance.** El Contratista deberá proteger el talud que se excavará para conformar la plataforma de casa de máquinas mediante las medidas indicadas en los informes, planos, en estas especificaciones y las que determine la Fiscalización en función de las condiciones geológicas que se encuentren en el sitio una vez realizada la excavación.

Considerando las dimensiones del talud de corte y que los materiales excavados son sueltos (aluvial y coluvial), susceptibles de ser afectados por erosión se deberá



proteger las caras de estas bermas con 5 centímetros de hormigón lanzado reforzado con fibras.

Además, para evitar la saturación de los materiales bajo el hormigón lanzado, es necesario colocar drenes de un metro de largo; el espaciamiento entre los drenes será de un metro en material aluvial y dos metros en coluvial.

En esta sección se especifican los elementos que se prevén necesarios para la protección del talud y que se describen a continuación.

### **2-1.3.2 Descripción**

**2-1.3.2.1 Hormigón proyectado y reforzado con fibras de acero.** Todas las superficies expuestas del talud deberán protegerse cubriéndolas con 5 centímetros de hormigón lanzado y reforzado con fibras de acero, mismo que deberá ser proyectado por vía húmeda.

## **3-1 ACABADO DE LA OBRA BÁSICA**

El acabado de las plataformas de las vías de acceso a las obras, a nivel de subrasante, será ejecutado, medido y pagado conforme lo establecen las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000 en la Sección 308.

## **3-2 TRANSPORTE**

El transporte de materiales excavados, de préstamo y de mejoramiento de la subrasante necesarios para la construcción de las plataformas de las vías de acceso se medirá y pagará conforme a lo establecido en las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000, Sección 309.

Los precios y pagos constituirán la compensación total por el transporte de los materiales, incluyendo la mano de obra, equipo, herramientas, etc., y todas las operaciones conexas necesarias para la ejecución de este trabajo.

## **3-3 MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

### **3-3.1 Generalidades**

Cuando así se establezca en el proyecto o lo determine el Fiscalizador, la capa superior del camino, es decir, hasta nivel de subrasante, ya sea en corte o terraplén,

se formará con suelo seleccionado, estabilización con cal; estabilización con material pétreo, empalizada, geotextiles, geomallas, membranas sintéticas, enzimas orgánicas o mezcla de materiales previamente seleccionados y aprobados por el Fiscalizador, en las medidas indicadas en los planos, o en las que ordene el Fiscalizador.

Los materiales, equipos, ensayos y tolerancias, procedimientos y demás requisitos necesarios para la total ejecución de los trabajos se realizarán conforme lo establecen las Especificaciones Generales MOP 001-F-2000 en la Sección 402. De la misma manera, la medición de cantidades a pagarse por el trabajo de mejoramiento de la subrasante para cada uno de los métodos utilizados se realizará según está establecido en la Sección 402 de las especificaciones indicadas.

### **3-3.2 Pago**

Las cantidades determinadas conforme lo establece la Sección 402 de las Especificaciones Generales MOP 001-F-2000 se pagarán al precio contractual para el rubro abajo designado y que consta en el contrato.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por las operaciones de obtención, procesamiento y suministro de los materiales, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales, operaciones conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos requeridos para el mejoramiento de la subrasante.

## **SECCIÓN 4: ESCOMBRERAS**

### **4-1 DESCRIPCIÓN**

Todos los materiales resultantes de las excavaciones en superficie y subterráneas que no sean aptos para ser utilizados como agregados, rellenos, terraplenes y en otras obras; así como, suelos contaminados y en general cualquier material geológico catalogado como desecho, excedente, inadecuado o escombros, deberá colocarse

ordenadamente en los sitios denominados escombreras o botaderos, definidos en los planos y aprobados por la Fiscalización.

Por ningún motivo los materiales de desecho serán arrojados a los cauces naturales ni a media ladera; estos serán almacenados en sitios previamente identificados en la evaluación de impactos ambientales o de acuerdo a lo que disponga el Fiscalizador y en todo caso, los trabajos se realizarán teniendo en cuenta condiciones adecuadas de estabilidad, seguridad e integración con el entorno.

Este trabajo consistirá en el depósito y tratamiento del material de escombros hasta que la escombrera adquiera la forma, dimensiones y taludes indicados en los planos o aquella que determine la Fiscalización ambiental fin de conseguir su estabilización, preservar los recursos naturales existentes, evitar la intrusión visual y que este sitio pueda ser aprovechado para la recuperación ambiental de áreas.

## **4-2 PROCEDIMIENTO DE TRABAJO**

### **4-2.1 Ubicación**

Los sitios catalogados como escombreras o botaderos se encuentran ubicados en los planos del proyecto; en el caso que se requieran sitios adicionales, será el Contratista quien propondrá al Fiscalizador nuevos lugares, mismos que deberán cumplir con las siguientes condiciones mínimas:

- Su ubicación no deberá afectar el costo de transporte ni producir efectos visuales adversos;
- Deberán tener una adecuada capacidad de almacenamiento en función del volumen de materiales en la fuente;
- Alcanzar la integración y restauración de la estructura con el entorno;
- Verificar la estabilidad del lugar, con y sin escombrera; así como, verificar la capacidad portante que sea compatible con el volumen a recibir;
- Garantizar el drenaje y subdrenaje; y,
- No producir alteraciones sobre hábitats y especies protegidas circundantes.

Previo al uso de los botaderos o escombreras, el Contratista presentará al Fiscalizador por escrito los planos de ubicación, los tipos de materiales a depositar, el volumen del depósito, la descripción del sitio a rellenar (tipo de vegetación si la hubiere, suelos, geología, geomorfología, e hidrología), diseño planimétrico y altimétrico del depósito proyectado, procedimientos de depósito de materiales, mecanismos de control de la erosión hídrica y eólica, medidas de restauración del paisaje, definición del uso posterior del área ocupada y fotografías del área en las etapas: previa, durante y finalizado el tratamiento.

El Contratista evitará el depósito de materiales y desechos de la construcción en las siguientes áreas:

- Derecho de vía de la obra; se considerará una excepción, siempre que a la finalización de los trabajos el sitio quede estéticamente acondicionado y con taludes estables conforme lo especifica la sección 206 de la Especificaciones Generales MOP-001-F-2000;
- Sitios donde exista una seria amenaza de procesos erosivos, y;
- Zonas inestables o de gran importancia ambiental (humedales, de alta producción agrícola, etc.).

Deberá preferirse aquellos lugares en los cuales los suelos no tengan un valor agrícola; donde no se altere la fisonomía original del terreno y no se interrumpan los cursos naturales de aguas superficiales y subterráneas, tales como depresiones naturales o artificiales, las cuales serán rellenadas ordenadamente en capas y sin sobrepasar los niveles de la topografía circundante, respetando siempre el drenaje natural de la zona.

#### **4-2.2 Tratamiento**

Una vez que ha sido definida el área de escombrera, el Contratista deberá:

- Retirar la capa orgánica del suelo hasta que se encuentre la que estuvo proyectada y que realmente soportará el sobrepeso del almacenamiento o relleno. Este suelo orgánico servirá posteriormente para la recuperación ambiental.

- Vigilar que la construcción de los taludes del acopio de material tengan la pendiente proyectada a fin de evitar deslizamientos. Si es necesario se colocarán muros de pie perimetrales a la zona tratada.
- El Contratista suministrará e instalará a su costo entibados, tablestacas, puntales, drenajes, subdrenajes y cualquier otro tipo de protección temporal que, a juicio del Fiscalizador, sea necesario a fin de precautelar la seguridad e integridad de los trabajadores, del riesgo de derrumbes y deslizamientos.
- El material excedente de la obra será depositado en estos sitios por medio de volquetes, para luego ser tendido y nivelado con una motoniveladora. A fin de lograr una adecuada compactación deberá realizarse por lo menos 4 pasadas de tractor de orugas y en las capas anteriores a la superficie definitiva por lo menos 10 pasadas. Para el caso de las escombreras que no cuentan con acceso vehicular, la compactación se realizará con rodillos motorizados manuales. La fiscalización determinará, en función de las características del equipo, el número de pasadas requeridas.
- Bajo estas capas de material deberá existir un sistema de drenaje sub-superficial, el mismo que permitirá la evacuación de las aguas lluvias o de las aguas de riego infiltradas en el botadero, evitando además la presencia de sub-presiones en los diques perimetrales previstos para confinar el material.
- Una vez alcanzada la capacidad de diseño, colocar una capa de 30 cm de material orgánico, el guardado previamente u otro que permita aplicar la Sección 206 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

Adicionalmente, en los casos que fuese necesario, los propietarios de los terrenos, cultivos y viviendas que han sido afectadas por la ejecución del proyecto recibirán una compensación económica, de acuerdo a la legislación vigente.

#### **4-2.3 Mantenimiento**

Terminadas las tareas de tratamiento del botadero, se realizará su mantenimiento hasta la recepción definitiva de la obra, especialmente en aspectos tales como: estabilidad de taludes, drenaje, intrusión visual y prevención de la erosión.

#### **4-2.4 Medición**

La medición comprenderá la verificación in situ del volumen de la escombrera y de cada uno de los trabajos descritos a conformidad del Fiscalizador.

#### **4-2.5 Pago**

El pago de la cantidad establecida en la forma indicada en el numeral anterior se pagará al precio que conste en el contrato, de acuerdo al rubro abajo designado.

Las cantidades a pagarse serán los metros cúbicos, medidos en el área de acumulación, de material efectivamente depositado, compactado y aceptado por la Fiscalización de conformidad con los Planos o las instrucciones de la Fiscalización.

Estos precios y pagos constituirán la compensación total por el volumen de material excedente que haya sido reconformado, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, y operaciones conexas para los trabajos descritos anteriormente.

### **SECCIÓN 5: PERFORACIONES**

De acuerdo con las especificaciones contenidas en esta sección y conforme a las necesidades propias de las obras, el Contratista deberá ejecutar todas las operaciones relacionadas con las perforaciones para la instalación de drenes, además de la limpieza, descarga y disposición de los desperdicios provenientes de dichas operaciones. El Contratista utilizará en estas operaciones equipos y personal idóneo que garanticen la ejecución de los trabajos en las mejores condiciones de seguridad y calidad.

### **SECCIÓN 6: HORMIGONES**

#### **6-1 HORMIGÓN PROYECTADO O LANZADO**

##### **6-1.1 Alcance**

Esta Sección cubre todo lo relacionado con el suministro, dosificación, mezcla, transporte, colocación y curado del hormigón aplicado neumáticamente (hormigón

Proyectado o “lanzado”).

### **6-1.2 Definiciones**

El hormigón aplicado neumáticamente, al cual se refiere en estas especificaciones como hormigón proyectado o “lanzado”, se define como hormigón aplicado desde una boquilla rociadora sobre una superficie, para formar una o más capas de hormigón adheridas sobre esa superficie.

El rechazo se define como los constituyentes del hormigón proyectado que rebotan de la superficie durante la aplicación.

### **6.1.3 Procedimientos**

El hormigón proyectado será producido, aplicado y controlado de acuerdo con los estándares, normas y recomendaciones del “American Concrete Institute” (ACI-506); del “Norwegian Concrete Association – Committee Sprayed Concrete: Technical Specification and Guidelines (1993)”; especificaciones y normas del fabricante, y; recomendaciones emitidas en el sitio de obra por los geólogos de la Fiscalización y Contratista. En cualquier caso prevalecerán las normas, estándares y recomendaciones que garanticen la mejor calidad del hormigón lanzado.

El hormigón deberá ser proyectado por vía húmeda sobre las superficies excavadas en el talud de la casa de máquinas o en los lugares y áreas que, de común acuerdo, determinen los geólogos de la Fiscalización y Contratista en función de los tipos de materiales que se encuentren en las excavaciones.

Si en la sección excavada existe presencia de agua en cantidades tales que impidan la adherencia del hormigón proyectado con las superficies soportantes o que ocasionen el desarrollo de presiones hidrostáticas que actúen sobre la pantalla de hormigón proyectado, el Contratista deberá perforar agujeros e instalar, a su costo y según sea necesario, tuberías de drenaje.

El hormigón deberá ser proyectado por vía húmeda hasta alcanzar los espesores indicados en los planos, en estas especificaciones o las que determine la Fiscalización en función de las características geológicas de cada sitio. Las superficies a ser

cubiertas con el hormigón lanzado deberán limpiarse con aire o chorro de agua para garantizar la remoción de cualquier material suelto o extraño a la superficie.

#### 6-1.4 Materiales

Los materiales o elementos necesarios para producir el hormigón lanzado por vía húmeda son: cemento, agregados, agua y aditivos; tal como se especifica en esta Sección. Este hormigón será reforzado mediante la incorporación de fibras de acero.

**6-1.4.1 Cemento.** El cemento que se utilizará será Pórtland Tipo I, que satisfaga los requisitos de la especificación ASTM C150, incluyendo los requisitos opcionales, y también la Sección 802 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

**6-1.4.2 Agregados.** Los agregados consistirán de partículas limpias, duras y resistentes con un tamaño máximo de 8 milímetros. La granulometría de estos agregados debe encontrarse entre los siguientes límites:

TAMIZ ASTM	TAMAÑO [mm]	PORCENTAJE	
		MÍNIMO	QUE PASA MÁXIMO
3/4"	19,0	100	100
3/8 "	9,51	92	100
4	4,76	77	93
8	2,38	59	77
16	1,19	42	56
30	0,595	25	32
50	0,297	14	16

**7-1 Aditivos.** Son compuestos (súper plastificantes, acelerantes, fibras) que se adicionarán al hormigón con la finalidad de mejorar la producción y obtener acabados de mejor calidad y resistencia. El Contratista deberá remitir a la Fiscalización, para su aprobación o modificación, el diseño de las mezclas que se proponga utilizar. Es necesario que se especifiquen:

- Tiempos de inicio y fin del fraguado;
- Resistencia comparativa a las 8 horas, 24 horas, 28 días con y sin aditivos, y;
- Resultados de las pruebas de compatibilidad con el cemento.

En cualquier caso, los productos utilizados deben ser libres de álcalis y no cáusticos a fin de reducir el riesgo de reacción álcali – agregado, mejorar las condiciones de



seguridad del personal, minimizar el impacto ambiental y la pérdida de la resistencia final del hormigón.

Adicionalmente, las mezclas de hormigón proyectado podrán ser diseñadas con un contenido de humo de sílice (microsílice) a fin de mejorar las propiedades del concreto.

El microsílíce no deberá emplearse como sustituto del cemento y deberá cumplir con los requerimientos del fabricante.

A no ser que la Fiscalización apruebe lo contrario, todo hormigón debe ser lanzado dentro de los 60 minutos posteriores a la adición de aditivos. Pasado este tiempo el material debe desecharse.

**7-1.2 Agua.** El agua que se usará, tanto para el lavado de agregados como para la preparación de mezclas y el curado de hormigón, deberá ser fresca y libre de toda sustancia que interfiera el proceso normal de hidratación del cemento. No se utilizará el agua que contenga sustancias nocivas, como aceites, ácidos, sales, álcalis, materia orgánica, etc.

**7-1.3 Aire.** El aire utilizado para impulsar el hormigón proyectado durante la colocación deberá estar limpio y sin aceite.

#### **7-1.4 Diseño de la Mezcla del Hormigón Proyectado**

El Contratista deberá remitir a la Fiscalización, para su aprobación o modificación, una propuesta de diseño de las mezclas que se proponga utilizar. Es necesario que se especifiquen:

- Proporciones, cantidades y características de los elementos que conformarán la mezcla;
- Tiempos de inicio y fin del fraguado;
- Resistencia comparativa a las 8 horas, 24 horas, 28 días con y sin aditivos, y;
- Resultados de las pruebas de compatibilidad con el cemento.

En cualquier caso los productos utilizados deben ser libres de álcalis y no cáusticos a fin de reducir el riesgo de reacción álcali – agregado, mejorar las condiciones de

seguridad del personal, minimizar el impacto ambiental y la pérdida de la resistencia final del hormigón. La resistencia a la compresión del hormigón lanzado debe ser por lo menos 50 kg/cm<sup>2</sup> a las ocho horas y 250 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

#### **7-1.5 Ensayos de Calidad del Hormigón Proyectado**

En general los ensayos de la dosificación se realizarán, con anticipación a la aplicación del hormigón proyectado en las obras.

Los ensayos se realizarán en paneles cuadrados, de 0,7 m de lado, con o sin fibras de acero similares a las que se emplearán en la obra. Se debe disparar un panel cada día de colocación o cada 50 metros cúbicos de hormigón lanzado.

Si es requerido por la Fiscalización, el Contratista deberá, dentro de los 28 días de proyectado el hormigón, extraer muestras de núcleo para realizar ensayos de control de calidad. Los huecos dejados por los núcleos deberán rellenarse con mortero.

El Contratista mantendrá los registros de toda la preparación de mezclas, colocación y pruebas de todo el hormigón proyectado aplicado y producirá un Informe que entregará a la Fiscalización una vez terminada la construcción.

#### **7-1.6 Medición y Forma de Pago**

La medición para el pago del hormigón proyectado se basará en la cantidad de metros cuadrados satisfactoriamente cubiertos con el espesor de hormigón proyectado, medidos sobre la superficie generada por su respectivo perfil teórico de excavación.

La preparación y aplicación del hormigón proyectado, en los espesores previstos según el tipo de sostenimiento, incluirá:

- Suministro de todos los elementos necesarios para producir el hormigón lanzado por vía húmeda (cemento, agregados, aditivos, agua, equipos).
- Suministro de herramientas, equipos y mano de obra, necesarios para realizar la preparación de mezcla y la colocación del hormigón, así como para controlar el espesor y calidad de la mezcla y para controlar el agua superficial.
- Aplicación del hormigón lanzado.
- Ensayos y preparación de registros de pruebas.

El rechazo, u hormigón proyectado que rebote y se desperdicie, no será medido ni pagado, su costo estará incluido en el costo del metro cuadrado de hormigón proyectado, de cada espesor, correctamente ejecutado.

El control del espesor del hormigón proyectado será efectuado a través de los núcleos extraídos o mediante la inserción de elementos de medida. El espesor será considerado aceptable cuando ocho de cada diez comprobaciones efectuadas con espaciamiento de un metro, formando una malla cuadrada, indiquen que el espesor obtenido es igual o mayor que el requerido o especificado en los Planos. Si este requisito no es cumplido por el Contratista, la Fiscalización dispondrá las medidas correctivas necesarias, sin perjuicio de reducir el pago del área de hormigón proyectado, ajustando proporcionalmente su precio unitario, como si toda el área afectada tuviera un espesor igual al menor de los espesores medidos en las comprobaciones que no cumplieron el espesor especificado.

El pago por la preparación y aplicación del hormigón proyectado se hará con base en los precios unitarios contractuales correspondientes a los indicados a continuación.

#### **Rubro Descripción Unidad**

7-1 (4) Hormigón proyectado, 5 cm de espesor,  
en superficie metro cuadrado (m2)

#### **7-2 HORMIGÓN ESTRUCTURAL**

##### **7-2.1 Descripción**

Este trabajo consistirá en el suministro, puesta en obra, terminado y curado del hormigón en estructuras de superficie como en subterráneo, en concordancia con estas especificaciones, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales y las instrucciones del Fiscalizador. Este trabajo incluye la fabricación, transporte, almacenamiento, colocación y reparación de ser necesario.

El hormigón para estructuras estará constituido por cemento Pórtland, agregado fino, agregado grueso, aditivos, si se requiere, y agua, mezclados en las proporciones

especificadas o aprobadas y de acuerdo con lo estipulado en esta sección y en la Sección 800 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

La clase de hormigón a utilizarse en una estructura determinada será indicada en los planos o en las disposiciones especiales y satisfará los requerimientos previstos en la Sección 801 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

## **7-2.2 Procedimientos y Normas**

Todas las normas relativas a procedimientos, materiales, dosificaciones, calidades, revenimientos, procedimientos de trabajo, encofrados, vaciado, juntas de construcción, curado del hormigón, tolerancias, acabados, reparaciones, hormigón ciclópeo, y elementos prefabricados deberán cumplir con las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000, Sección 503.

## **7-2.3 Medición y pago**

**7-2.3.1 Medición.** Las cantidades a pagarse por estos trabajos serán los metros cúbicos de hormigón simple o ciclópeo satisfactoriamente incorporados a la obra.

Cualquier deducción por objetos embebidos en el hormigón o volúmenes de agujeros de drenaje, será efectuado de acuerdo a lo indicado por el Fiscalizador.

Las cantidades de acero de refuerzo serán medidas para el pago, de acuerdo con el numeral 504-5.01 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

Los ensamblajes, placas y otros dispositivos metálicos para apoyos y juntas serán medidos de acuerdo a lo estipulado en el numeral 505-6.01 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

No se harán mediciones ni pagos por concepto de encofrados, obra falsa o andamio, arrastre de aire en el hormigón, formación de agujeros de drenaje, ni acabado de superficies.

**7-2.3.2 Pago.** Las cantidades determinadas en la forma indicada en la subsección anterior, se pagarán a los precios contractuales para los rubros más adelante designados y que consten en el contrato.

Estos precios y pagos constituirán la compensación total por suministro de materiales, mezclado, transporte, colocación, acabado y curado del hormigón simple o ciclópeo para estructuras, alcantarillas, construcción de juntas, u otros dispositivos en el hormigón para instalaciones de servicio público, construcción y retiro de encofrados y obra falsa, así como por mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la ejecución de los trabajos descritos en esta subsección.

#### **Rubro Descripción Unidad**

7 (1) Hormigón estructural de cemento Pórtland,

Clase A (\*) Metro cúbico (m3)

7(2) Hormigón estructural de cemento Pórtland,

Clase B (\*) Metro cúbico (m3)

7(3) Hormigón estructural de cemento Pórtland,

Clase C (\*) Metro cúbico (m3)

7 (4) Hormigón estructural de cemento Pórtland,

Clase D (\*) Metro cúbico (m3)

7 (5) Hormigón Ciclópeo Metro cúbico (m3)

(\*) (Indicar resistencia del hormigón en Kg./cm<sup>2</sup>)

Las características, definiciones, requisitos, ensayos y tolerancias deberán cumplir con las Especificaciones Generales MOP-F-001-2000, Sección 802.

#### **7-4 AGREGADOS PARA HORMIGÓN**

Los áridos naturales y los obtenidos por trituración de grava o piedra natural que serán utilizados en la preparación de hormigón de cemento Pórtland deben cumplir con las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000, Sección 803.

##### **7-4.1 Método de medición**

La cantidad de agregado a pagarse será el número de metros cúbicos o de toneladas ordenadas y colocadas en pilas de acopio autorizadas.

Cuando se requiera el pago por metro cúbico en el itinerario de la licitación, las pilas de acopio terminadas se medirán y calcularán por el método de área terminada promedio.

Cuando se señalen la escoria y la piedra (o grava) como materiales alternativos para partidas de paga en el itinerario de la licitación y el pago se realice por peso, las cantidades estimadas se basarán en las gravedades específicas volumétricas promedio de los materiales alternativos disponibles.

#### **7-4.2 Base para el pago**

Las cantidades aceptadas, determinadas en las formas provistas anteriormente, se pagará el precio unitario contractual licitado, respectivamente, por cada una de las partidas de pago particulares enumeradas a continuación que figurarán en el itinerario de la licitación, cuyos precios y pagos constituirán la compensación total por el trabajo prescrito en esta sección, con excepción de que cuando se especifique en el contrato, los agregados triturados colocados en la pila de acopio se aceptarán sobre una base estadística, de acuerdo con lo dispuesto en la

#### **7-5 AGUA PARA HORMIGONES Y MORTEROS**

El agua que será empleada en la preparación de hormigones y morteros deberá cumplir los requisitos, ensayos y tolerancias establecidas en las especificaciones MOP-001-F- 2000, Sección 804.

#### **7-6 MORTEROS**

Los requisitos que debe cumplir el mortero de cemento Pórtland en las obras viales, dosificaciones, cementantes, agregados, ensayos y tolerancias, están establecidos en las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000, Sección 809.

### **SECCIÓN 8: ELEMENTOS DE ACERO PARA SOSTENIMIENTO Y REFUERZO**

#### **8-1 ACERO DE REFUERZO**

##### **8-1.1 Descripción y Alcances**

Este trabajo consistirá en el suministro y colocación de acero de refuerzo para hormigón de la clase, tipo y dimensiones señalados en los documentos contractuales.

A menos que en las disposiciones se disponga lo contrario, no se incluirá el acero de refuerzo de los elementos de hormigón precomprimido, el que se pagará como parte del elemento estructural precomprimido, de acuerdo a lo indicado en el Sección 502 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000.

Los materiales, procedimientos de trabajo, ensayos y tolerancias de los aceros se registrarán a las Especificaciones Generales MOP-1-F-2000, Secciones 504 y 807.

### **8-1.2 Medición y Pago**

**8-1.2.1 Medición.** Las cantidades a pagarse por suministro y colocación del acero de refuerzo, de acuerdo a lo definido en las Secciones 504 y 807 de las Especificaciones Generales MOP-001-F-2000, serán los kilogramos de barras de acero y los metros cuadrados de malla de alambre aceptablemente colocados en la obra.

El alambre de refuerzo que se use como armadura de refuerzo, será medido a razón de 0,008 kg por centímetro cúbico.

Los pesos de las barras de acero de refuerzo, se determinarán según lo indicado en las normas INEN respectivas. Los pesos que se miden para el pago incluirán los traslapes indicados en los planos o aprobados por el Fiscalizador.

La medición de la malla de alambre, colocada como refuerzo del hormigón, comprenderá el área cubierta, sin compensación por traslapes. No se medirán para el pago el alambre u otro material utilizado para amarrar o espaciar el acero de refuerzo.

Si se empalman barras por soldadura a tope, se considerará para el pago como un peso igual al de un empalme traslapado de longitud mínima.

El peso de la armadura de refuerzo de barandas no se medirá para el pago, cuando las barandas se paguen en base al metro lineal. El peso de armaduras de refuerzo en pilotes y vigas prefabricadas y en otros rubros en los que la armadura se incluye en el precio contractual del rubro, no se medirán para el pago.

Si hay sustitución de barras a solicitud del Contratista, y como resultado de ella aumenta la cantidad del acero, sólo se pagará la cantidad especificada.

**8-2.2.2 Pago.** Las cantidades determinadas en la forma indicada en el numeral anterior, se pagarán a los precios del contrato para los rubros más adelante designados y que consten en el contrato.

Estos precios y pagos constituirán la compensación total por suministro y colocación del acero de refuerzo, incluyendo mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en la ejecución de los trabajos descritos en esta sección.

**Rubro Descripción Unidad**

8-2 (1) Acero de refuerzo en barras (\*) kilogramo (kg)

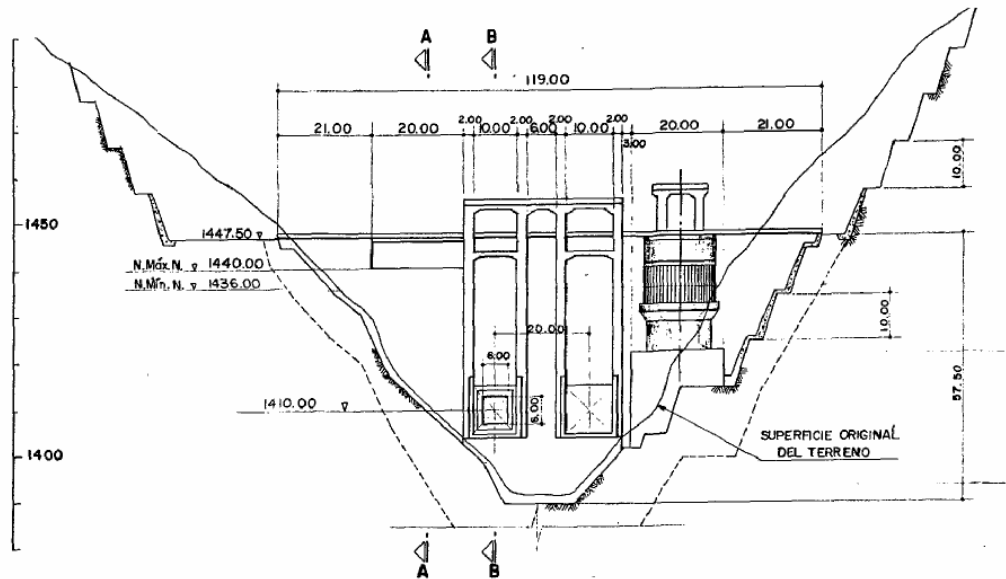
8-2 (2) Acero de refuerzo de malla de alambre (\*\*) metro cuadrado (m2)

Nota:

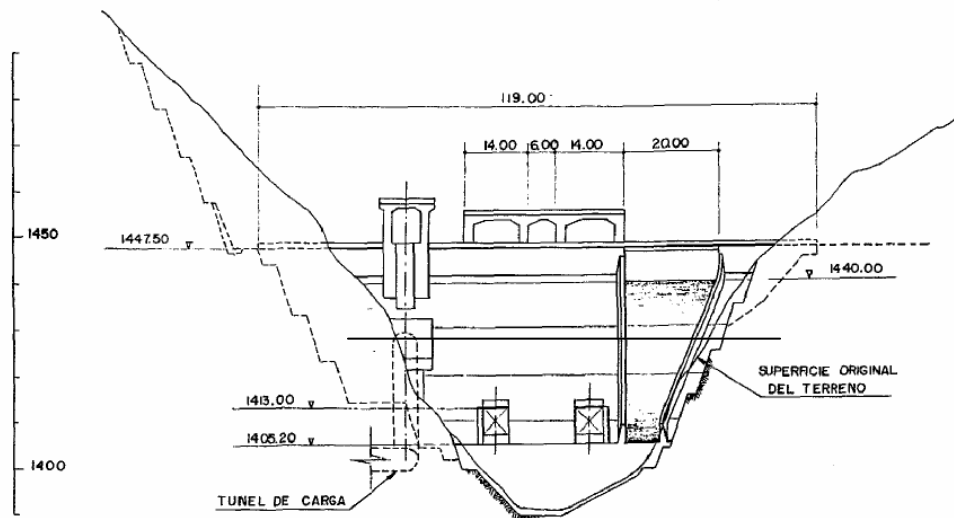
(\*) (Indicar esfuerzo a la fluencia)

(\*\*) (Indicar tipo de malla)

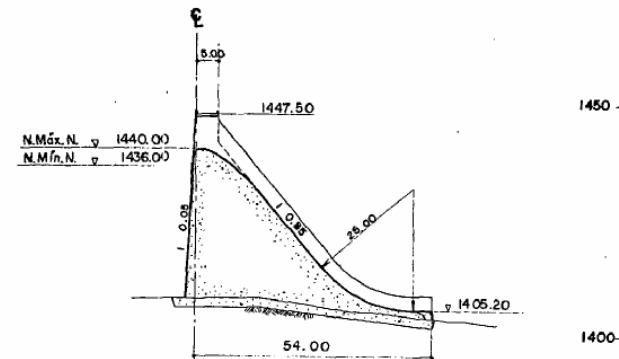




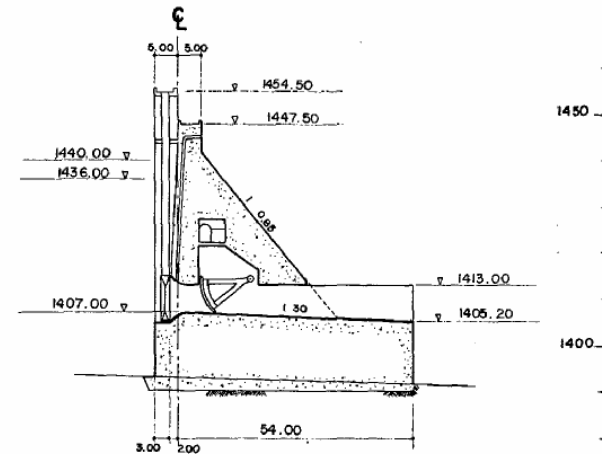
ELEVACION AGUAS ARRIBA



ELEVACION AGUAS ABAJO



VERTEDERO (SECCION A-A)



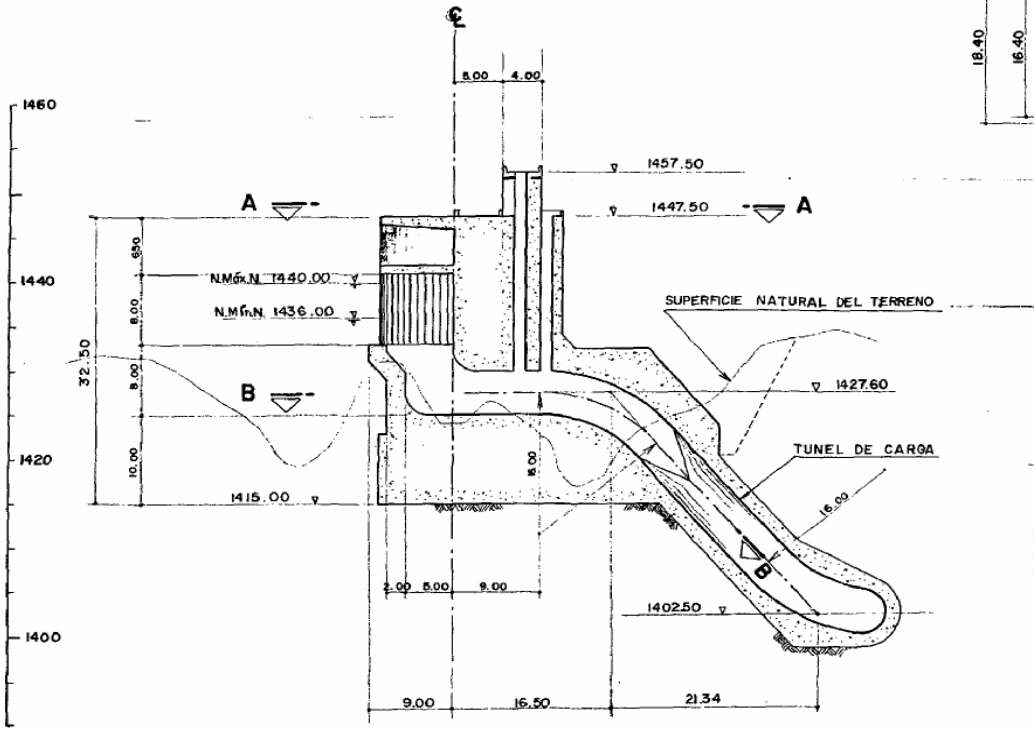
DESAGÜE DE FONDO (SECCION B-B)



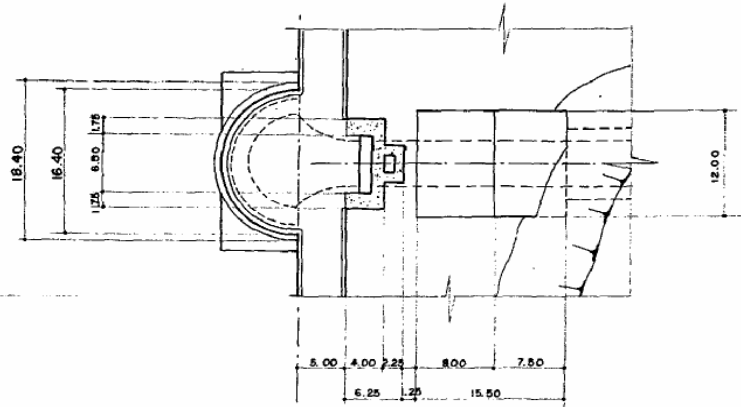
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PROYECTO DE GRADO

PROYECTO HIDROELECTRICO "CHESPI"

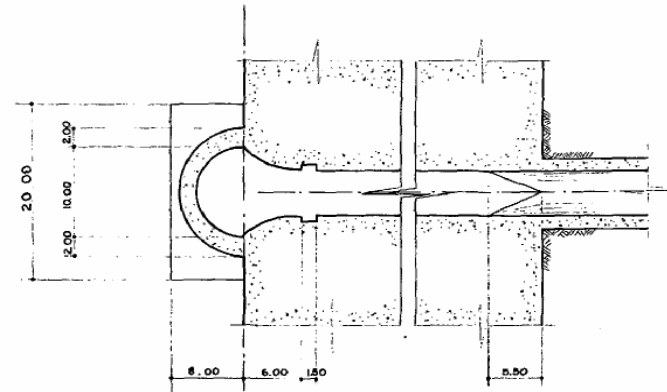
PRESA  
ELEVACIONES Y SECCIONES



PERFIL



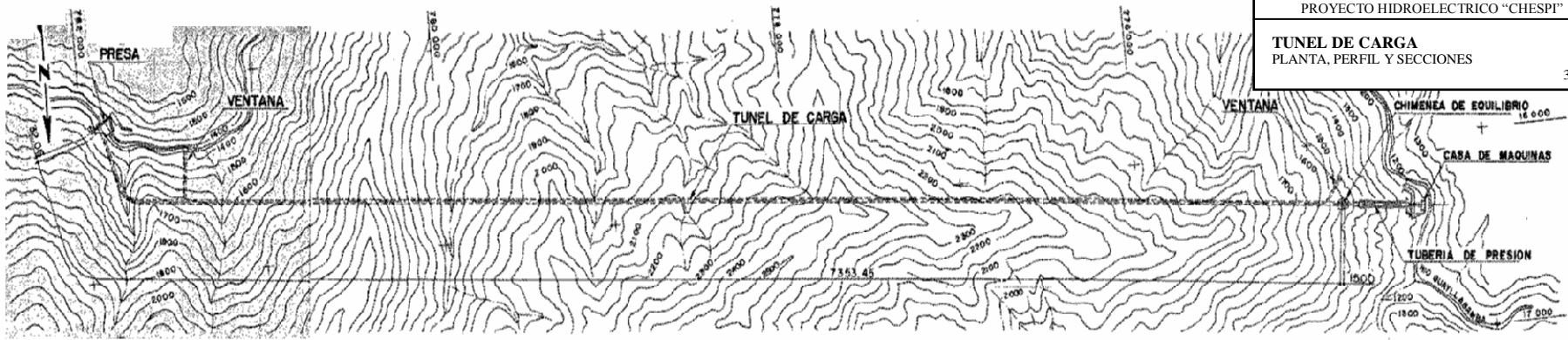
SECCION A-A



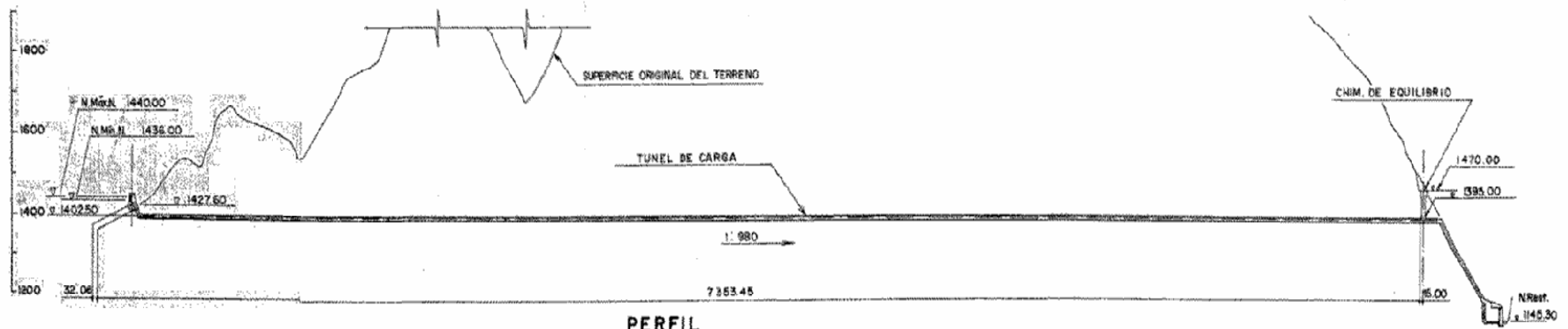
SECCION B-B



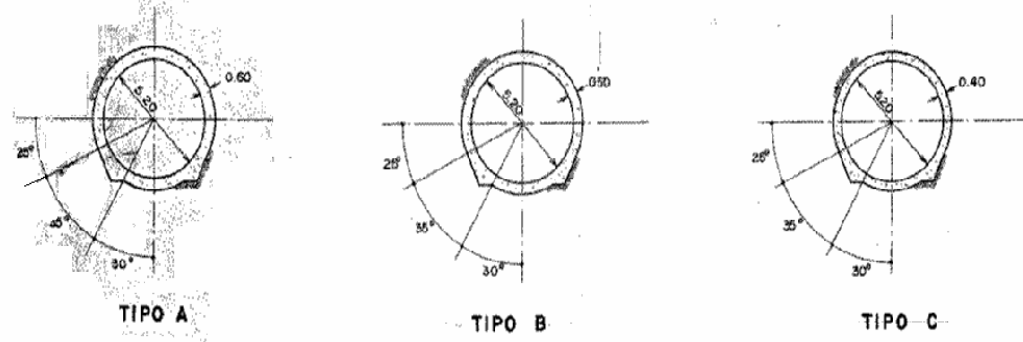
ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL PROYECTO DE GRADO
PROYECTO HIDROELECTRICO "CHESPI"
<b>TOMA</b> PERFIL Y SECCIONES



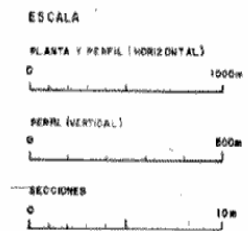
PLANTA

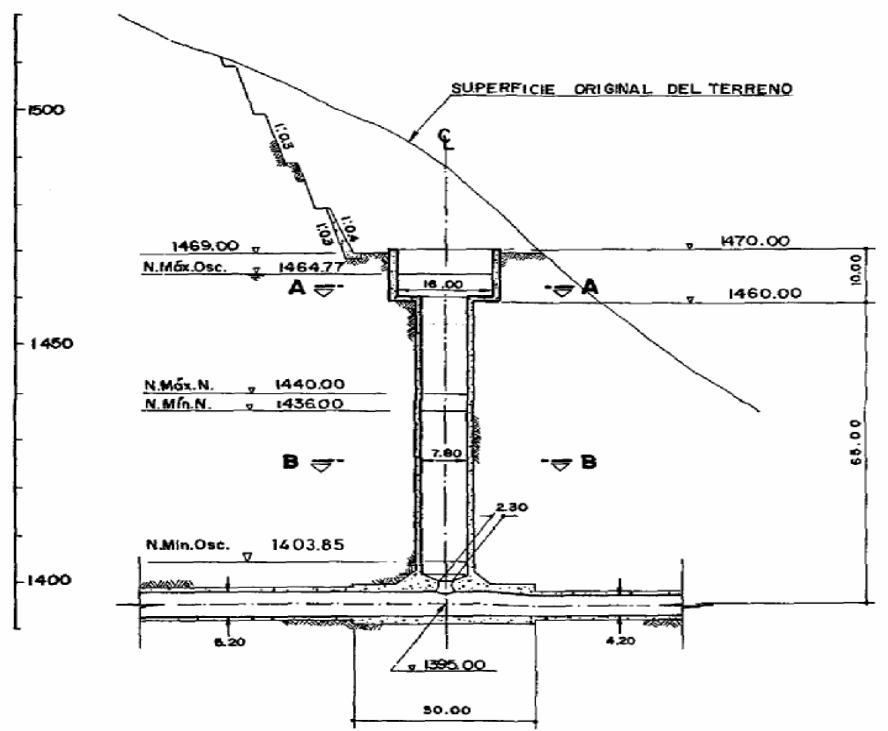


PERFIL

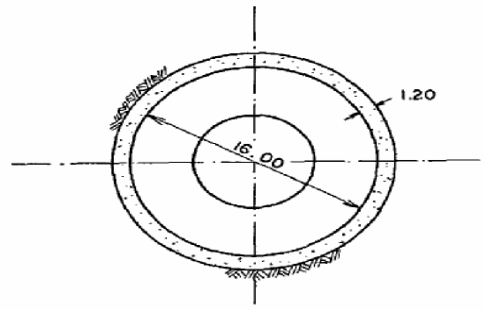


SECCIONES TRANSVERSALES

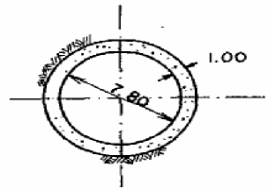




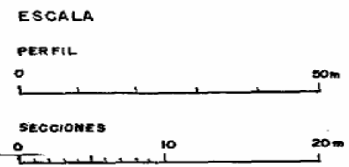
PERFIL



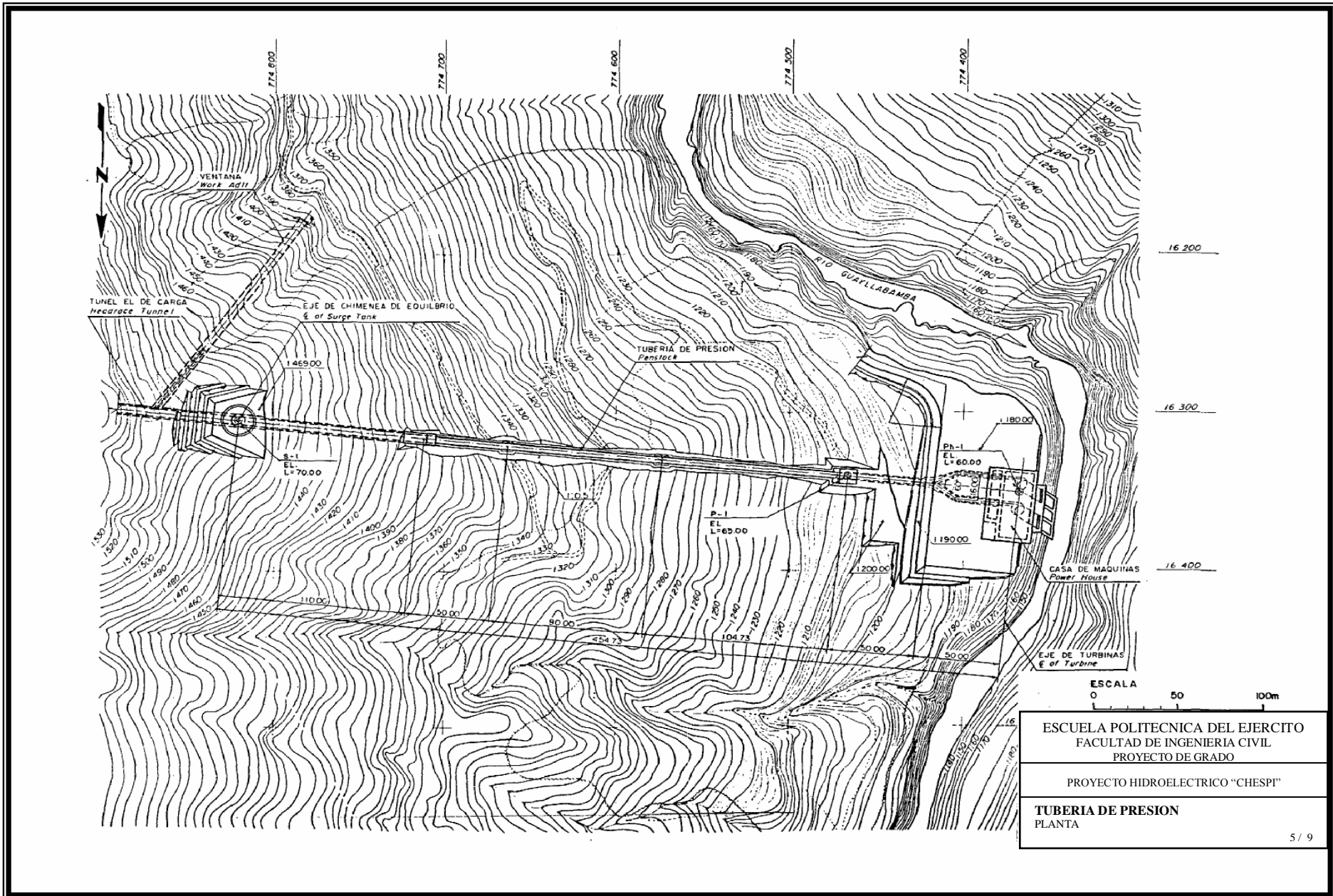
SECCION A-A



SECCION B-B



ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL PROYECTO DE GRADO
PROYECTO HIDROELECTRICO "CHESPI"
CHIMENEA DE EQUILIBRIO PERFIL Y SECCIONES



ESCALA  
0 50 100m

ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PROYECTO DE GRADO

PROYECTO HIDROELECTRICO "CHESPI"

**TUBERIA DE PRESION**  
PLANTA

5 / 9

