

O/H. 1112

46 386

R26an

I

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
PROVINCIA DE LA PAMPA - PROVINCIA DE RÍO NEGRO

ANTEPROYECTO PRELIMINAR DEL
DIQUE COMPENSADOR DE LA PRESA CASA DE PIEDRA

INFORME FINAL

TOMO I



Ingeniero Civil OSCAR M. RODRÍGUEZ DIEZ
BUENOS AIRES - NOVIEMBRE DEL 2007

**ANTEPROYECTO PRELIMINAR DEL DIQUE COMPENSADOR
DE LA PRESA DE EMBALSE CASA DE PIEDRA**

INFORME FINAL

ÍNDICE DE LA RELACIÓN GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ESTUDIOS INICIALES	3
1. ESTUDIOS BÁSICOS	3
1.1. Topografía y Cartografía	3
1.1.1. Relevamientos Aerofotogramétricos	3
1.1.2. Relevamientos Topográficos	4
1.2. Estudios Geológico-Geotécnicos	4
1.2.1. Antecedentes Geológicos	4
1.2.2. Caracterización de las Condiciones Geológicas	4
1.2.3. Investigaciones Geotécnicas	7
1.2.3.1. Cierre Superior	7
1.2.3.2. Cierre Inferior	8
1.3. Hidrología	9
1.4. Aspectos Energéticos	12
2. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES	13
2.1. Identificación de Probables Emplazamientos	13
2.1.1. Cierre Superior	14
2.1.2. Cierre Inferior	14
2.2. Tipo de Represa	15
2.3. Obras de Alivio	16
2.4. Operaciones de Desvío	17
2.5. Abastecimiento de Riego	18
2.6. Aprovechamiento Hidroeléctrico	18
3. FORMULACIÓN Y COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS	19
3.1. Precios de Referencia	19
3.2. Obras Comunes a Ambas Alternativas	20
3.2.1. Edificio de Vertedero y Central	20
3.2.2. Sección Fusible de la Presa	21
3.2.3. Obra de Toma de Riego	21
3.2.4. Obras del Coronamiento de la Presa	21
3.3. Condiciones Geológico-Geotécnicas e Incidencia en los Costos	21
3.3.1. Consideraciones Generales	21

3.3.2. Del Cierre Superior e Incidencia en su Costo	22
3.3.3. Del Cierre Inferior e Incidencia en su Costo	24
3.4. Costos de las Soluciones Alternativas	26
3.4.1. Costo del Cierre Superior	26
3.4.2. Costo del Cierre Inferior	27
3.5. Evaluación de Alternativas	29
4. CAPACIDAD REGULADORA DEL EMBALSE	30
5. ESTUDIOS ENERGÉTICOS INICIALES	32
5.1. Formulación del Modelo de Simulación	32
5.2. Condiciones del Futuro Suministro Eléctrico	34
III. ESTUDIOS DEFINITIVOS	35
6. ALTERNATIVA SELECCIONADA	35
6.1. Análisis Comparativo de las Alternativas	35
6.2. Configuración del Embalse Compensador	40
7. ANTEPROYECTO PRELIMINAR DE LA PRESA	41
7.1. Características Generales	41
7.1.1. Tipo de Presa Adoptado	41
7.1.2. Cálculo del Resguardo	44
7.1.3. Ancho de Coronamiento	44
7.2. Materiales a Utilizar	45
7.2.1. Espaldones de la Presa	45
7.2.2. Núcleo Impermeable	45
7.2.3. Filtros del Núcleo	46
7.2.4. Drenajes, Transiciones y Protección del Talud Seco	47
7.2.5. Enrocado de Protección	47
7.3. Predimensionado de la Presa	47
7.3.1. Taludes	47
7.3.2. Núcleo	48
7.3.3. Filtros y Solera Drenante	48
7.3.4. Protección de los Taludes	51
7.3.5. Pantalla Impermeable	52
7.3.6. Tratamiento de la Fundación	52
8. ANTEPROYECTO DE LAS OBRAS COMPLEMENTARIAS	53
8.1. Obras de Desvío	54
8.2. Central Hidroeléctrica	56
8.3. Edificio Vertedero – Central	59
8.4. Cierre Fusible	63
8.5. Toma de Riego	64

8.6. Obras en el Coronamiento de la Presa	65
9. EVALUACIÓN PRELIMINAR DE INVERSIONES	70
9.1. Costo de la Presa de Materiales Suelos	70
9.2. Costo de las Obras Complementarias	71
9.3. Costo del Equipamiento Hidroeléctrico	71
9.4. Costo Estimativo Total del Proyecto	71
10. ESTUDIOS ENERGÉTICOS	72
10.1. Producción Energética del Complejo Casa de Piedra	72
10.1.1. Probable Generación Según Modelo de Simulación	72
10.1.2. Precios de Referencia de la Energía	73
10.1.3. Evaluación de Probables Ingresos	74
10.2. Estudios del Mercado Eléctrico Nacional	75
11. ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS DE LA OBRA	76
11.1. Análisis Económico-Financiero de Alternativas	76
11.2. Acceso a los Beneficios del Desarrollo Limpio	77
11.2.1. Antecedentes	77
11.2.2. Ciclo de un Proyecto de MDL	79
12. ESTUDIO PRELIMINAR DE ASPECTOS AMBIENTALES	82
12.1. Consideraciones Previas	82
12.2. Objetivos de este Informe	84
12.3. Alcance Territorial	85
12.4. Diagnóstico del Medio Natural y Económico-Social	86
12.5. Aspectos Jurídicos e Institucionales	86
12.5.1. Normativas Vigentes	86
12.5.2. Entidades Competentes en Materia Ambiental	89
12.5.3. Entidades Competentes en Materia de Patrimonio Cultural	90
12.6. Identificación Preliminar de los Impactos Ambientales	90
12.6.1. Consideraciones Previas	90
12.6.2. Análisis del Proyecto con Enfoque Ambiental	90
12.6.3. Impactos Ambientales sobre el Medio Receptor	94
12.6.3.1. Impactos sobre el Medio Natural	94
12.6.3.2. Impactos sobre el Medio Socio-Económico	97
12.7. Medidas de Mitigación	99
12.8. Plan de Gestión Ambiental	101
12.8.1. Consideraciones Previas	101
12.8.2. Plan Ambiental	101
12.9. Necesidad de Estudios Complementarios	104
12.10. Conclusiones y Recomendaciones en Materia Ambiental	104
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	105

ANEXO PLANOS Y FIGURAS

Figura N° 1: Perfil Longitudinal del Río (esquema del sistema)

Plano N° 1: Plano de Ubicación General de las Obras

Plano N° 2: Perfil Longitudinal del Cierre Superior

Plano N° 3: Perfil Longitudinal del Cierre Inferior

Plano N° 4: Planta General de la Presa de la Correntada (dos figuras)

Plano N° 5: Superficie Embalse Compensador

RELACIÓN GENERAL

AUTOR: INGENIERO OSCAR M. RODRÍGUEZ DIEZ

ING. OSCAR M. RODRÍGUEZ DIEZ

**ANTEPROYECTO PRELIMINAR DEL DIQUE COMPENSADOR
DE LA PRESA DE EMBALSE CASA DE PIEDRA**

RELACIÓN GENERAL DEL INFORME FINAL

I. INTRODUCCIÓN

Con el contenido de este Informe Final se completa el cumplimiento de las obligaciones establecidas en el Contrato suscrito el 28/12/2006 con el Consejo Federal de Inversiones (Expediente 7335 02 01); que reglaba la realización de los estudios geológico-geotécnicos, ingenieriles, energéticos, económicos y ambientales sobre el Proyecto del Embalse Compensador de Casa de Piedra; incluyendo el diseño de sus obras a nivel de Anteproyecto Preliminar. El objetivo básico de la obra era darle mayor flexibilidad a las condiciones de explotación de la Central existente y obtener ingresos adicionales por mayor y mejor aprovechamiento del potencial hidroeléctrico de ese tramo del río Colorado; y, a la vez, alimentar en forma gravitacional una extensa área regable en su margen derecha (sin necesidad de bombeo) y posibilitar el uso recreativo y turístico de su lago.

Actualmente solo puede utilizarse parcialmente su potencia total instalada, debido a restricciones a los caudales turbinados en esa Central, que le imponen: por un lado, el necesario cumplimiento del programa de Manejo del Río que establece la Autoridad de Cuenca (COIRCO), para asegurar el abastecimiento de las demandas prioritarias existentes aguas abajo, contar con reservas de agua suficientes en el Embalse y poder controlar en él las crecientes del río Colorado; y, por otro, para preservar adecuadas condiciones hidrológicas en el cauce intermedio entre el Compensador y la actual Central; lo que resulta muy condicionante de sus condiciones de generación.

Frente a esas restricciones, la existencia del Embalse Compensador, posibilitaría un mayor ingreso por venta de energía; en primer término por la producción adicional que proporcionaría la nueva Central a instalar al pie de su represa; y luego, al regular los caudales erogados hacia aguas abajo, potencialmente, sería factible lograr mayor y mejor generación eléctrica; más ajustada a las variables demandas del mercado eléctrico interconectado, con mayor producción de energía de pico y aumento de la potencia remunerada; lo que estaría condicionado al control de los efectos



negativos que, sobre dicho cauce intermedio, tendría una marcada variación de caudales turbinados en la actual Central.

Durante la primera parte del Plan de Trabajos encomendado, se hicieron los estudios básicos necesarios para una adecuada valoración de las condiciones geológico-geotécnicas de los probables sitios en que podría erigirse dicho Embalse Compensador; que incluyeron importantes investigaciones de campo; realizando, además, los diseños preliminares de sus obras, con estimación de sus probables costos; en base a todo lo cual fue seleccionado, como mejor emplazamiento, el ubicado en el paraje de La Correntada (Cierre Inferior); sobre el que luego se avanzó en el desarrollo de los presentes estudios.

Por otra parte, se completó la formulación de un Modelo Hidrológico-Energético del Complejo de Casa de Piedra (Central actual y futura del Compensador) y, con él, se realizaron corridas para posibles condiciones de operación (bajo la hidrología de 1940/2003); que obran en el adjunto Anexo E). En base a una consistente estimación de los precios futuros de la energía (ver adjunto Anexo D); se evaluaron sus probables resultados económicos, los que mostraron que el Embalse Compensador, además de posibilitar un sustancial aumento de la potencia, volumen de generación e ingresos por venta de energía de la nueva Central, podría permitir (en forma potencial y condicionada) mejorar la calidad y aumentar los ingresos que actualmente se obtienen de la explotación de la Central existente.

De dicha evaluación económica (ver # 10.1.3), surge que; ejecutada dicha obra, lo que requeriría una inversión del orden de 40 Millones de Dólares USA; aún en la hipótesis más conservadora (Escenario 1, agregado de nueva Central y manteniendo la actual forma de operación en la existente), de acuerdo con los futuros precios previsibles de la energía, podría lograrse un ingreso medio adicional del orden de los 4.300.000 u\$s/año, respecto a los que proporciona su actual explotación; es decir lograr anualmente un beneficio del orden del 10% respecto al capital invertido.

Si a esa muy favorable relación Inversión-Producto o Beneficio-Costo; que, además, implicaría importantes ventajas para el financiamiento de la Obra; se le agrega el carácter no contaminante de su generación, la simplicidad constructiva de la obra y la posibilidad de habilitarla en un plazo no mayor de 3 años; se evidencia la posibilidad de que pueda priorizarse su ejecución en corto plazo; máxime con las actuales perspectiva de insuficiente abastecimiento eléctrico y de crecientes precios de los combustibles importados; a los que habría que recurrir para subsanarlo.

Frente a ese panorama; como lo remarcamos en el apartado final; es más que recomendable poner en marcha, a la brevedad, los estudios complementarios necesarios y preparar el



Anteproyecto Definitivo y la Documentación Licitatoria de las obras componentes del Embalse Compensador; para lo que requerirá ejecutar importantes trabajos geotécnicos adicionales. Concretada dicha documentación, seguramente, podría lograrse incorporar este emprendimiento a los programas energéticos nacionales; que contarían con vías de financiamiento; y, finalmente, así, poner en marcha la ejecución de sus obras.

Por tratarse de un proyecto de generación hidroeléctrica; no contaminante y sin los previsibles futuros mayores desembolsos por combustibles; este emprendimiento resultaría prioritario respecto a proyectos alternativos de generación térmica. Por ello y según lo tratado en el # 12.2 de este Informe Final, es muy factible que el mismo pueda acceder a las facilidades del “Desarrollo Limpio” y beneficiarse con aportes financieros no reintegrables que el mismo contempla (por venta de bonos de carbono); lo que debiera ser objeto de análisis particularizados.

II. ESTUDIOS INICIALES

1. ESTUDIOS BASICOS

1.1. Topografía y Cartografía

1.1.1. Relevamientos Aerofotogramétricos

Ante la carencia de cartografía apropiada para el buen desarrollo del presente Estudio, oportunamente recomendamos la ejecución de un relevamiento aerofotogramétrico que cubriera toda el área de interés. En función de lo cual, el CFI contrató con la firma CartoData S.A. un vuelo aerofotogramétrico a escala ~1:10.000 sobre todo ese sector y su complementación con otros a escala más detallada (~1:4.000) sobre los sitios de probable emplazamiento de las obras de cierre. Incluyendo la posterior restitución planialtimétrica de los mismos.

Debido a la precaria cartografía disponible para delimitar esas áreas, luego de cubierta la extensión inicialmente prevista se hizo necesidad ampliarla para poder completar la información necesaria para este Estudio. Ello motivó un importante retraso en la disponibilidad final de sus resultados; con la consiguiente postergación de la terminación de los Informes de ellos dependientes. Cabe remarcar que, no obstante ese inconveniente, se lograron resultados de muy buena calidad y gran utilidad para ejecutar las tareas a nuestro cargo; que, también, serán muy útiles para otros propósitos.

1.1.2. Relevamientos Topográficos

De acuerdo con lo previsto en nuestra Propuesta se realizaron, además, los siguientes trabajos topográficos complementarios:

- Relevamientos en las probables zonas de cierre, especialmente de sus ejes; incluyendo traspaso de cotas de precisión desde M.I. a M.D., para dar buen apoyo altimétrico a los trabajos hechos sobre esta última; tarea para la cual se contó con una importante colaboración de la Secretaría de Recursos Hídricos de la Provincia de La Pampa (SRHLP).
- Nivelaciones (a doble horizonte) apoyadas en Puntos Fijos de la Línea de Precisión del IGM N° 143, con el propósito de acotar el pelo de agua en puntos singulares del tramo en estudio; lo que permitió establecer un apropiado perfil longitudinal esquemático del mismo (ver Figura N°1, Anexo Planos y Figuras). Cuyos resultados se anticiparon en el 2° Informe de Avance.

1.2. Estudios Geológico – Geotécnicos

1.2.1. Antecedentes Geológicos

Resultó de gran utilidad el reconocimiento del tramo ubicado aguas arriba del cruce de LAT Chocón-Buenos Aires, realizado en 1994 por el Licenciado Eduardo C. Malagnino; en el que se verificó la existencia de afloramientos de yeso en el valle del río. Circunstancia que llevó a desestimar ese sector para erigir el Compensador; por los serios riesgos que implicaría establecer un embalse en esas críticas condiciones. También fue útil el anterior conocimiento que dicho profesional tenía sobre las condiciones geológicas imperantes en esa zona; adquirido a raíz de consultas que se le hicieron cuando surgió el problema del yeso bajo el cierre izquierdo de la Presa de Casa de Piedra.

1.2.2. Caracterización de las Condiciones Geológicas

Para el presente Estudio, el Lic. Malagnino realizó el reconocimiento geológico de los dos probables emplazamientos del Dique Compensador; cuyos informes obran en el adjunto Anexo B; los que se basaron en un examen detallado del terreno, complementado con el estudio estereoscópico de los fotogramas del vuelo realizado por CartoData S.A.. La primera etapa de esa tarea, cumplida en base a la observación de las condiciones superficiales, no reveló la existencia de riesgos geológicos de índole cárstica; pero estos se evidenciaron posteriormente en el caso del



Cierre Superior, por anomalías en un testigo de perforación, debidas probablemente a un colapso anterior de esa naturaleza.

En los sitios de ambos cierres se constató la presencia de sedimentitas de edad terciaria; reiteradamente erosionadas por el sistema fluvial del río Colorado desde el Mioceno; especialmente durante periodos glaciares e interglaciares; con lo que quedaron labradas sobre esa formación una serie de terrazas glacifluviales. De tal forma, en la parte superior del valle y en ambas márgenes, la secuencia estratigráfica de edad terciaria culmina en un nivel aterrizado sobre el cual se localiza una acumulación de gravas glacifluviales.

En la zona de emplazamiento de los cierres, los eventos de profundización postglaciares labraron los laterales de valle cercanos al actual curso fluvial y dejaron parcialmente expuestas las referidas sedimentitas terciarias. Esta situación es más notoria en el caso del Cierre Superior, especialmente sobre la margen izquierda del valle. En cambio, en el cierre La Correntada los afloramientos son más limitados, tanto en su extensión areal, como en desarrollo vertical, y solo se presentan en forma irregular sobre su margen Norte.

Durante el reconocimiento geológico se prestó especial atención a la determinación de estructuras y/o geoformas que pudiesen estar vinculadas a eventos de colapso y hundimientos ocurridos en el seno de la secuencia sedimentaria, por procesos de disolución cárstica. Esa preocupación fue determinada por los fenómenos de este tipo registrados en el subsuelo de la presa de Casa de Piedra; distante solo 50-60 Km del área en estudio; donde se presenta un muy importante karst, actualmente inactivo y oculto; pero sin evidentes manifestaciones geomórficas superficiales o de otro tipo, propias de esos fenómenos.

En los perfiles relevados sobre la margen izquierda del Cierre Superior se observa una secuencia clástica de 12,40 m, de los cuales 11,90 m corresponden a las sedimentitas de edad terciaria. Desde el techo a la base de ese perfil se registra: un nivel superior de gravas glacifluviales de poco espesor, que sobreyace a un paquete de $\sim 5\frac{1}{2}$ m de espesor de areniscas continentales terciarias, de granulometría limosa a arenosa fina, de baja tenacidad y débil cementación; depositadas en un ambiente fluvial. La secuencia se presenta según una serie de bancos individuales de entre 15 cm y 20 cm de espesor cada uno, que le dan al conjunto un aspecto bandeado.

Hacia la base de esa secuencia se presenta un banco delgado más tenaz, al que siguen unos 2 m de espesor de areniscas algo conglomerádicas, de tenacidad variable que va desde baja a mediana. Finalmente, hacia la base se desarrolla otro banco de ~ 2 m de espesor hasta el nivel del río Colorado, destacando que el mismo continúa por debajo del agua y da lugar a la formación de rápidos en el cauce actual. Este banco se compone de una arenisca mediana a fina algo

conglomerádica, de color gris claro; cuya dureza es variable pasando de poco tenaz, en las zonas meteorizadas, a bastante tenaz en los afloramientos frescos.

Es muy importante destacar que, en uno de los testigos recuperados de las perforaciones realizadas en el eje del Cierre Superior junto a la margen derecha (S1); obtenido entre 6,80 y 7,50 m de profundidad; se observó una brecha parcialmente cementada. Nivel que corresponde a una unidad sedimentaria que se sitúa por debajo de la base de las areniscas algo conglomerádicas descritas en el perfil de la margen Norte del valle; que por lo tanto son subyacentes a estas.

Una brecha con tales características indicaría la ocurrencia de un fenómeno de colapso, debido a un antiguo proceso local de disolución cárstica, que habría provocado la fracturación de la sedimentita limosa brechada, originando el ingreso de las arenas del nivel superior al inferior. Aunque, reiteramos, no se habían observado evidencias superficiales de ello en los afloramientos del terciario existentes en margen izquierda; y que en la margen derecha, de donde procede ese testigo, no se lo pudo detectar por estar la superficie original cubierta por acumulaciones modernas.

Sin perjuicio de esa falta de evidencias superficiales, esa sedimentita limosa brechada indicaría un anterior fenómeno de colapso resultante de un Karst oculto y actualmente inactivo; él que al no presentar evidencias morfológicas superficiales típicas resultaría un caso similar al registrado en el subsuelo del cierre izquierdo de la Presa Casa de Piedra; donde, a pesar de las grandes dimensiones del Karst allí existente; descubierto durante la construcción de esa obra; tampoco resultaba identificable por manifestaciones superficiales típicas de esos fenómenos.

Por su parte, la secuencia clástica que aflora en la traza del cierre La Correntada se compone de bancos de color pardo a gris muy claro, de baja cementación y tenacidad, que están compuestos mayoritariamente por limos y arenas finas y que, en general, tienen una disposición horizontal a subhorizontal, en paquetes de poco espesor individual y con ausencia de estructuras de facturación destacables.

Hacia su sección superior, esa unidad sedimentaria presenta una superficie de erosión, según un plano de muy suave inclinación hacia el Este-Sudeste, sobre el cual yace una acumulación de gravas glaciafluviales pleistocenas. En este caso la base de la unidad formacional de edad terciaria está oculta por acumulaciones de arenas de granulometría mediana y fina y limos relacionados con depósitos modernos; en parte aportados por los cursos fluviales temporales que bajan de la planicie glaciafluvial superior, pero en especial por acumulaciones fluviales relacionadas con los derrames del río Colorado.

Pudo hacerse otro análisis de esta secuencia clástica por observación de las muestras obtenidas de los sondeos realizados. Se destaca que, en su mayoría, se trata de areniscas de

granulometría fina a limosa, que hacia abajo pasan a areniscas finas con mayor nivel de tenacidad y cementación. En los testigos del Cierre Inferior no se observaron estructuras de brecha que pudiesen estar relacionadas con colapsos ocurridos en el seno de esta secuencia; ni tampoco se detectaron estructuras o morfologías típicas de tales procesos en los afloramientos reconocidos. A diferencia de lo referido para el Cierre Superior; donde sí surgió la posible existencia de un Karst oculto.

1.2.3. Investigaciones Geotécnicas

En este apartado se reseñan en forma sucinta las investigaciones geotécnicas realizadas en los dos probables emplazamientos alternativos de la Obra en estudio. Los detalles de las metodologías empleadas para los trabajos de campo y de laboratorio, los resultados de los ensayos y la documentación gráfica resultante (planillas de ensayo, gráficos, perfiles de sondeos, etc.) pueden consultarse en el Anexo A.

1.2.3.1. Cierre Superior

a) Antecedentes consultados

Los del emplazamiento estudiado por la firma IATASA (año 1993); que incluyó un reconocimiento de geología de superficie y una serie de trabajos de campo expeditivos, como sondeos eléctricos verticales (SEV), calicatas, una perforación rotativa a orillas del río y una trinchera sobre la barranca del río en margen izquierda.

b) Investigaciones de campo

Nuestras investigaciones de campo consistieron en la ejecución de sondeos con ensayos de penetración estándar (SPT), uno con equipo rotativo y numerosas calicatas (pozos de ejecución manual) con toma de muestras. Las perforaciones fueron hechas sobre el posible eje de la represa, a fin de conocer sus condiciones de fundación. Por su parte, la ejecución de calicatas tuvo por fin principal localizar materiales aptos para la construcción de una presa de tierra; en especial suelos finos cohesivos utilizables en núcleos y/o tapices impermeables. También se efectuaron tres sondeos manuales sobre la probable traza del canal del 1° Desvío del río, a fin de analizar la posible utilización del material de excavación en la construcción de partes de la obra de cierre.



c) Ensayos de laboratorio

Sobre las muestras obtenidas se realizaron ensayos de identificación (humedad natural, límites de consistencia, pasante tamiz N° 200 en suelos finos y granulometrías completas por tamizado en suelos gruesos), a fin de clasificar los suelos según el Sistema de Clasificación Unificado. También se realizaron algunos ensayos de resistencia a la compresión en cámara triaxial sobre testigos de suelos cohesivos.

1.2.3.2. Cierre Inferior

a) Antecedentes consultados

Salvo la información correspondiente a las investigaciones preliminares realizadas por los mismos expertos en 1994/95, no se contó con otra información geológico-geotécnica antecedente que resultase de utilidad práctica; aunque también se consultaron otros antecedentes de carácter muy general, correspondientes al Proyecto del Aprovechamiento Casa de Piedra y a trabajos regionales de investigación geológica.

b) Investigaciones de campo

Se realizaron reconocimientos preliminares en la zona del cierre, ejecutando pozos superficiales y calicatas poco profundas y tomando muestras de los materiales para su identificación y clasificación. Se efectuó un reconocimiento de las barrancas en ambas márgenes ya que ofrecen un perfil expuesto de los primeros metros de los depósitos a investigar.

Las investigaciones de campo consistieron en la ejecución de sondeos con ensayos de penetración estándar (SPT), un sondeo con equipo rotativo y numerosas calicatas (pozos de ejecución manual), con toma de muestras. Los sondeos con SPT se ubicaron a lo largo de toda la traza inicial, sobre ambas márgenes, y también transversalmente sobre margen derecha, en la probable ubicación del 1° Canal de Desvío. En función de sus resultados, se realizaron varias calicatas; una de ellas profunda, para tratar de penetrar en formación rocosa inferior. Posteriormente se abrió una serie de calicatas cortas en la búsqueda de materiales para la construcción de las obras. Asimismo, se reconoció un importante afloramiento de areniscas, próximo y a la vera de la Ruta Provincial N° 34; material que, en principio, podría ser apropiado para el rip rap de protección de las presas.



c) Ensayos de laboratorio

Como en el caso anterior; sobre las muestras obtenidas se realizaron ensayos de identificación (humedad natural, límites de consistencia, pasante tamiz N° 200 en suelos finos y granulometrías completas por tamizado en suelos gruesos) para la clasificación de los suelos según el Sistema de Clasificación Unificado. También algunos ensayos de resistencia a la compresión en cámara triaxial sobre suelos cohesivos.

Dadas las características de la región, también, se hicieron algunos ensayos químicos para la determinación de sales solubles totales y del contenido de sulfato de calcio (yeso), determinaciones de sales solubles totales y de contenido de sodio en extracto de saturación, para evaluar la potencialidad a la dispersión de los suelos finos.

Sobre muestras obtenidas de calicatas ubicadas sobre la probable traza del canal del 1° desvío del río; de cuya excavación se obtendrían muy importantes volúmenes de suelo que podrían emplearse en la construcción de la presa; se realizaron Ensayos de Compactación del tipo Proctor Estándar, moldeándose probetas con la máxima densidad seca y la humedad óptima dadas por los ensayos de compactación y sobre las mismas se efectuaron ensayos de permeabilidad.

Dado que en los ensayos SPT ejecutados sobre el eje del Cierre Inferior se registraron bajas densidades en buena parte del relleno aluvial, se hicieron densidades "in situ" y, sobre sus muestras luego se determinaron densidades máximas y mínimas en laboratorio. Con los resultados de estos ensayos se cuantificó el grado de compacidad por medio del Índice de Densidad, que fueron sumamente bajos (entre 0% y 31 %)

Del mencionado afloramiento de areniscas se tomaron muestras del material suelto, sobre las cuales se realizaron algunos ensayos rápidos de sus propiedades físicas (peso específico y absorción); y posteriormente otros de más larga duración; como el de abrasión con humedecimiento y secado, durabilidad por ataque de sulfato de sodio y el de expansión por inmersión en etilenglicol; cuyos resultados se presentaron en el 2° Informe Parcial y ahora se reiteran en el Anexo A.

1.3. Hidrología

Para la elaboración del Modelo Hidrológico-Energético (Anexo E) se utilizaron los datos de la "Estadística Hidrológica de la República Argentina. Edición 2004" (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación); en particular los de las estaciones de aforo de Buta Ranquil y Pichi Mahuida; los que fueron complementados con información obtenida del Ente de Casa de Piedra y



de COIRCO. De este último Organismo se recibió el documento básico: "Acta Acuerdo. Anexo N° 1. Normas de Manejo de Aguas", que rige la operación del Río Colorado.

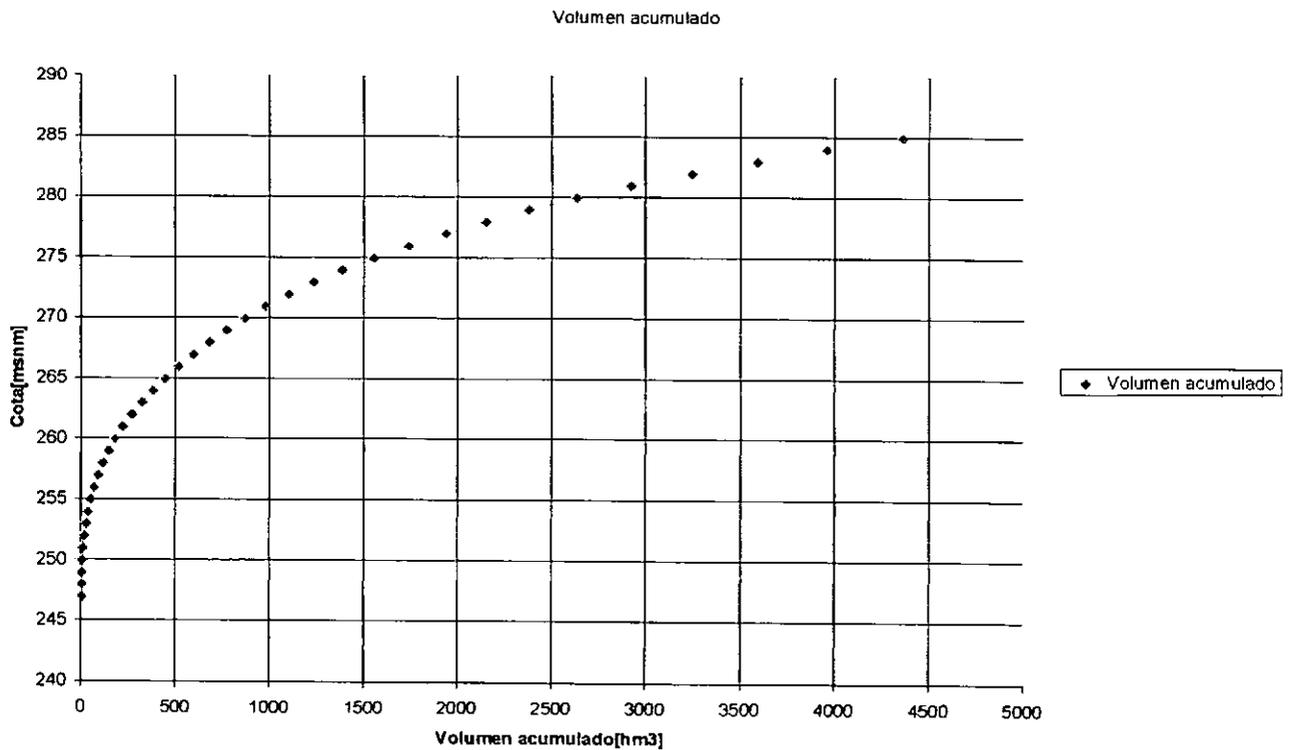
Con los registros de derrames medios anuales del período 1940/41 – 1959/60; del que se tienen valores contemporáneos en Buta Ranquil y Pichi Mahuida y durante él cual no hubo apreciables consumos de agua en el tramo intermedio; por diferencias (respectivamente 4.512 Hm³/año y 3.982 Hm³/año), se determinó una merma de 530 Hm³/año entre ambos sitios; es decir ~12% de pérdidas. Asumiendo que estas fueran uniformes a lo largo del cauce y teniendo en cuenta que median ~660 Km entre Pichi Mahuida y Buta Ranquil y ~430 Km entre esta y Casa de Piedra, en ese período los derrames en esta última habrían sido de ~92,3% de los de aquella [4.512 Hm³/año – (430 Km ÷ 660 Km) x 530 Hm³/año ~4.167 Hm³/año].

Por otra parte, en base a la información disponible sobre volúmenes-superficies-niveles del Embalse de Casa de Piedra (ver curvas siguientes), se establecieron las expresiones matemáticas que los vinculan; las que fueron incorporadas al Modelo de Simulación, para relacionar sus volúmenes con la superficie y nivel del embalse; y, con este último, y la cota de la descarga ir determinando el respectivo salto disponible en los generadores.

Para evaluar las pérdidas por evaporación en el Embalse, se utilizó información extraída del Estudio del Sistema de Aprovechamiento Múltiple de Colonia 25 de Mayo (Interconsul y otras, 1982, CFI); basada en los estudios climáticos realizados sobre la zona, por el equipo del Profesor Ing. Juan J. Burgos; empleando en los cálculos la evaporación determinada por el método de Penman-Mc Culloch (Eo); cuyos valores se indican en la respectiva columna de la Tabla más abajo consignada. Siguiendo criterios convencionales, se asumió, como evaporación propia de lagos de embalse, el 70% del valor Eo. En dicha Tabla se indican los valores resultantes, juntamente con los promedios mensuales de la precipitación en esa zona, obtenidos de la misma fuente. Por razones de seguridad, se computó la mitad de ellos como precipitación efectiva para determinar la evaporación neta (evaporación – lluvia):

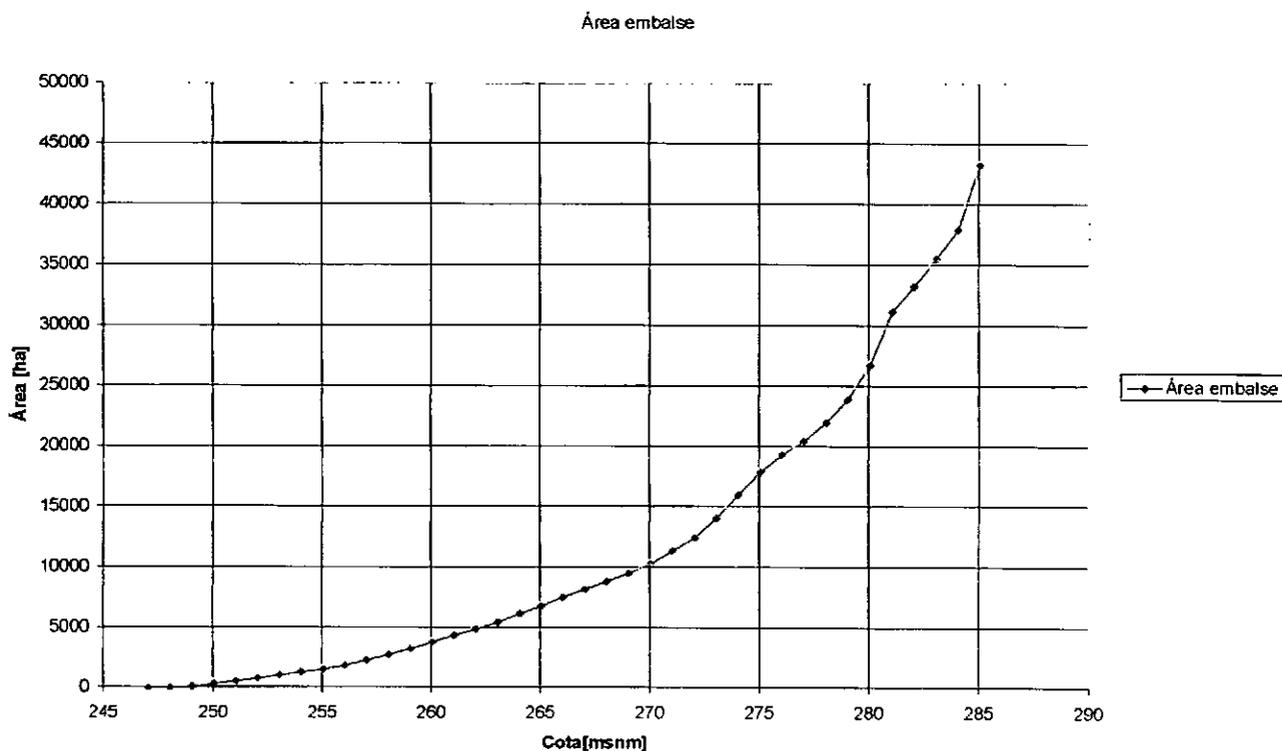
Mes	E_0 [mm/mes]	Lluvia promedio [mm/mes]	Lluvia efectivo [mm/mes]	$0,7 \cdot E_0$ [mm/mes]	Evaporación de cálculo [mm/mes]
Julio	33	13	7	23	16
Agosto	77	14	7	54	47
Septiembre	100	20	10	70	60
Octubre	156	32	16	109	93
Noviembre	210	29	15	147	132
Diciembre	242	34	17	169	152
Enero	228	24	12	160	148
Febrero	190	16	8	133	125
Marzo	153	28	14	107	93
Abril	75	20	10	53	43
Mayo	55	14	7	39	32
Junio	35	19	10	25	15
Valor anual	1554	263	133	1089	956

CURVA DE VOLÚMENES - NIVELES DEL EMBALSE CASA DE PIEDRA



DT

CURVA DE ÁREAS – NIVELES DEL EMBALSE CASA DE PIEDRA



1.4. Aspectos Energéticos

Para poder abordar en forma adecuado el tratamiento de los aspectos energéticos se consultaron varias fuentes, a fin de obtener la información de base necesaria; mereciendo especial mención las que se indican a continuación, agrupadas según la temática abordada.

Para conocer el funcionamiento real de la Central de Casa de Piedra y su pasado desempeño técnico y económico, fueron examinadas las liquidaciones mensuales que CAMMESA emite a los generadores. De ese modo se obtuvieron valores sobre su generación eléctrica anual, mensual y su estacionalidad y los ingresos totales, medios mensuales y medios anuales, correspondientes a la energía vendida y potencia remunerada. Por su parte, el Ente de Casa de Piedra nos suministró información adicional, que permitió ampliar la base de datos. La información resultante se trata en el adjunto Anexo D. Adicionalmente, fueron consultados otros actores del sector eléctrico, para conocer el funcionamiento de la Central Casa de Piedra según bloques horarios de pico, valle y resto.

Para inventariar los principales proyectos previstos en materia de generación y transmisión eléctrica y de suministro de gas, se consultaron varias fuentes; entre ellas, CAMMESA (Programaciones Estacionales, Informes de Riesgo), la Secretaría de Energía (listado de centrales

disponible al 2011) y Comisión Nacional de Energía Atómica (serie Boletines Energéticos); además, se revisaron trabajos presentados en congresos o eventos recientes (Semana de la Ingeniería, Centro Argentino de Ingenieros, mayo 2007 y 5° Congreso Latinoamericano y del Caribe de Gas y Electricidad Mayo 2006); como también noticias periodísticas y opiniones de actores relevantes del sector energético.

Por su parte, y a fin de tener una visión actualizada de la probable evolución futura de los precios de los combustibles fósiles; tanto en el mercado internacional, como a nivel nacional; se consultaron estadísticas publicadas por las siguientes instituciones: Agencia Internacional de Energía, el Departamento de Energía de los Estado Unidos, y CAMMESA.

2. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

2.1. Identificación de Probables Emplazamientos

El avance de la primera parte del Estudio mostró que, en principio, podría ubicarse la Obra en cualquiera de los dos sitios ya señalados en anteriores informes; a saber, en La Correntada (Cierre Inferior) y entre los Puestos Arruza-Mansilla (Cierre Superior); cuyos emplazamientos y características se indican más abajo (ver Ubicación General en Plano N° 1, Anexo Planos y Figuras). Pero, tal como ya fuera señalado, posteriormente, surgieron serias incertidumbres de índole geológica sobre la viabilidad del Cierre Superior; que lo hacen desaconsejable; por la probable existencia de yeso en profundidad, causante de un colapso anterior, que habría determinado la anomalía observada en un testigo de la perforación realizada en su eje. Cuestión que se trata en otra parte del presente Informe.

Respecto a la localización de los cierres estudiados corresponde reiterar las siguientes cuestiones básicas:

- Por la ya mencionada presencia de afloramientos de yeso en el tramo del valle, ubicado aguas arriba del cruce de la LAT Chocón – Buenos Aires; (comprobada en reconocimientos efectuados en 1994/95), debió desecharse para emplazar allí el Compensador; por los graves riesgos que implicaría establecer una obra de embalse en esas críticas condiciones.
- Para preservar la estabilidad de las torres de dicha LAT, erigidas en el fondo del valle, se requiere mantener bien por debajo de sus cotas de fundación los niveles de embalses ubicados aguas abajo; lo que condiciona las posibles ubicaciones de la Obra en estudio y sus

niveles de represamiento (según datos de Transener S.A. máximo nivel permitido sería ~235,50 m).

- Por otra parte, por razones funcionales sería inapropiado ubicar la obra considerablemente más aguas abajo del sitio de La Correntada, ya que en tal caso quedaría expuesto un tramo de río mucho mayor a los efectos de las variaciones de caudal.

Delimitado, así, el sector apropiado para establecer el Embalse Compensador; apoyándose en el perfil longitudinal esquemático del río (ver Figura N° 1, Anexo Planos y Figuras) y en la información aerofotogramétrica; se hizo un sistemático reconocimiento de los posibles sitios de cierre intermedios; a fin de analizar la posibilidad de establecer en ellos embalses de moderados costos y apropiada capacidad reguladora. De esa labor resultó que, en los posibles sitios ubicados en la parte superior de ese sector, no podría lograrse la necesaria capacidad y se tendría un salto reducido, debido a las restricciones de nivel impuestas por las torres de dicha LAT; en tanto que, hacia aguas bajo y hasta el sitio del Cierre Superior, el valle no presentaba condiciones topográficas apropiadas para establecer obras de cierre de limitado volumen. Quedaron, así, como factibles dichos dos emplazamientos, que se describen seguidamente.

2.1.1. Cierre Superior

Está ubicado entre los Puestos ex Arruza y Mansilla; donde el río tiene cota ~224,50 y se previó establecer una represa con coronamiento a cota 237,00 m y máximo nivel normal de embalse 234,50 m. Se aclara que, en base a la probable longitud de los embalses y la dirección e intensidad de los vientos dominantes, en ambas alternativas se previó un resguardo normal de ~2½ m. Lo que fue confirmado por las determinaciones que se exponen en el # 7.1.2.

En este caso, además de un cierre principal sobre el valle propiamente dicho, de ~1,30 Km de desarrollo, se requiere ejecutar sobre la terraza de margen derecha un cierre auxiliar de ~0,85 Km de extensión; aunque de reducida altura (promedio ~1½ m); el que sería alcanzado por el agua represada, solo en mínima proporción y en circunstancias excepcionales. El área de emplazamiento de este cierre y la ubicación de su eje pueden verse en la Figura 6 del Anexo A, en el Planos N° 1 Anexo Planos y Figuras y en la Figura C-1 del Anexo C.

2.1.2. Cierre Inferior

Está ubicado a unos 8 Km aguas abajo del precedente, en el paraje conocido como La Correntada, próximo al antiguo Puesto de Machado; sitio que ya habíamos considerado como



posible emplazamiento en anterior estudio. Allí el río tiene nivel ~220,50 m y se prevé establecer una represa con coronamiento a cota 233,00 m y máximo nivel normal del embalse 230,50 m. Su ubicación se indica en la Figura 1 del Anexo A, Figura C-1 del Anexo C y en el Planos N° 1 del Anexo Planos y Figuras.

Además de un cierre principal de ~1,20 Km sobre el valle propiamente dicho, en este caso se requiere ejecutar sobre ambas terrazas laterales sendos cierres auxiliares de reducida altura; en margen izquierda de ~0,30 Km de extensión y en la derecha de ~1,50 Km; que, también, solo serían alcanzados en circunstancias excepcionales y en mínima proporción, por reducidos niveles del agua. El avance del estudio mostró, luego, la conveniencia de ajustar algo el eje original; girando hacia aguas arriba su sector izquierdo; con lo cual, además de mejorar la disposición del edificio de la Central-Aliviadero, se lograría cierta reducción del volumen de la presa. En el Plano N° 4 del Anexo Planos y Figuras se presenta la planta general que tendría este Cierre.

2.2. Tipo de Represa

Las características topográficas prevalecientes en el tramo donde se ubican los posibles cierres, así como las condiciones geotécnicas existentes para la fundación de las obras y los materiales allí disponibles, resultan determinantes de que una presa de materiales sueltos fuese la solución aconsejable su construcción; por las muy importantes limitaciones que habría para erigir otro tipo de represa.

El valle del río Colorado es relativamente ancho, poco profundo y de suave pendiente transversal. Esto implica cierres muy extensos con alturas de presas limitadas y poco variables en la mayor parte de su desarrollo; por lo cual, sin perjuicio de otras restricciones que habría en cuanto a fundación, bajo tales condiciones, racionalmente, no puede pensarse en una presa de hormigón; en cualquiera de sus variantes posibles; sean de tipo gravedad o aligeradas.

En efecto, una presa de hormigón requiere cierres estrechos y muy buenas condiciones de fundación, tanto en lo referente a la resistencia de los materiales en que se apoyará y a limitados asentamientos admisibles para su estructura, como respecto a su estanqueidad. En nuestro caso, contrariamente, el valle tiene importante ancho y su relleno aluvial está constituido por sedimentos permeables y poco consolidados, hasta profundidades relativamente elevadas (cercas a los 15 m).

El piso de los rellenos aluviales del fondo del valle está constituido por sedimentitas de edad terciaria integradas, principalmente, por limos y arenas finas de baja cementación y tenacidad, pero con muy buena capacidad portante; según ensayos SPT. En ambos casos, esa formación aflora en la

zona del cauce, donde se previó ubicar las estructuras de regulación y control y la central hidroeléctrica; por contar allí con buenas condiciones de fundación.

Las características del subsuelo en los sitios de cierre plantean dos problemas a resolver: en ambos casos su deficiente estanqueidad, debida a la permeabilidad del relleno aluvial que cubre el fondo del valle; y, en el caso del Cierre Inferior, además, la baja densidad de la mayor parte del mismo; razón por la que se prevé someterlo a preconsolidación dinámica, para aumentar su compacidad. En ambos cierres, en principio, para subsanar la falta de estanqueidad, se prevé construir pantallas de cemento-bentonita, que atravesaría los rellenos aluviales, penetrando en la formación inferior de sedimentitas terciarias compactas.

En ambos casos se previeron presas heterogéneas, con núcleo central impermeable de materiales finos y espaldones de arenas y gravas, con los correspondientes filtros. El suministro de materiales granulares gruesos (arenas y gravas) está asegurado por su abundancia en las mesetas laterales. El material fino cohesivo de baja permeabilidad, necesario para el núcleo; que en cambio no abundan en la región; podrá extraerse de un antiguo meandro del río, próximo al Cierre Superior. Por su parte, para el enrocado de protección del talud mojado, es probable que pueda emplearse material de un cercano afloramiento de arenisca (ver # 1.2.3.3); y de no reunir estas condiciones apropiadas, podría usarse el tipo de roca que se está acopiando en la Presa de Casa de Piedra, para su reparación.

2.3. Obras de Alivio

En el estudio preliminar realizado por IATASA; sobre un emplazamiento coincidente con nuestro Cierre Superior; se asumió que era necesario contar con un aliviadero con capacidad de evacuación similar al máximo caudal que consideraban podría llegar a erogar Casa de Piedra; estimado en el orden de 3.000 m³/s; equivalente a la capacidad de sus tres compuertas totalmente abiertas y con el embalse en su máximo nivel extraordinario (285,50 m, o sea 2½ m sobre el máximo normal); situación que, como se verá, resultaría de muy improbable ocurrencia.

En tal sentido se considera que ello solo podría ocurrir si, por un error operativo involuntario o por un acto de sabotaje, estando el Embalse de Casa de Piedra en su máximo nivel extraordinario, se produjera la apertura total y simultánea de todas las compuertas de su aliviadero; y que, además, hubiera un rápido e integro traslado de ese pico de caudal hasta la represa del Compensador. Caudal que, en una etapa más avanzada del estudio, debería ser reducido por las razones que se exponen seguidamente. Sin perjuicio de ello, por razones de seguridad, provisoriamente, para el presente



estudio se previó la posibilidad de evacuar un caudal de ese orden, con la participación de una sección fusible de la presa.

En primer lugar, no resulta previsible que un evento tan improbable, se produzca justamente con el embalse en su máximo nivel extraordinario (situación totalmente excepcional); sin que en forma perentoria se opere la necesaria corrección de esa anómala situación; mucho antes de que esa onda pueda llegar al Embalse Compensador. Pico de caudal que, por otra parte, sufriría antes una muy importante atenuación debido a la acción de su lago de embalse y, principalmente, por el efecto laminador que ocurriría aguas arriba del mismo, debido a un generalizado desborde de las aguas; por insuficiente capacidad de conducción del cauce.

Al respecto debe considerarse: que entre ambas obras mediarán alrededor de 60 Km (aproximadamente mitad por el lago del Compensador y el resto por el río); y que el cauce no podría conducir caudales superiores a ~600/700 m³/s, sin producir muy importantes desbordes; que se traducirían en una gran disminución del caudal circulante; que es él que realmente habría que evacuar por el aliviadero de nuestra obra. Además, debe tenerse en cuenta que las obras de regulación y trasvasamiento que se proyectan sobre el río Grande reducirán significativamente los derrames que llegan al embalse Casa de Piedra y, también, atenuarán en cierto grado los picos de los caudales con que ingresan al mismo.

Como más adelante se indica; por razones económicas y por la improbabilidad de que lleguen al Compensador de esos hipotéticos 3.000 m³/s; en cambio, se considera apropiado prever en su obra de alivio una capacidad máxima normal de evacuación equivalente a la mitad de ese caudal; y, para mayor seguridad a la obra, dotar a la presa de una sección fusible; por la cual, en un extraordinario evento hidrológico, pudiera erogarse el resto de tal pico de caudal, sin que llegue a comprometerse la estabilidad global de la Obra. Las Figuras 8.3 y 8.4 ilustran, sobre la disposición prevista para el Edificio Vertedero-Central y en la Figura 8.5 se presenta una esquematización de la Sección Fusible de la Presa.

2.4. Operaciones de Desvío

Aprovechando las condiciones topográficas existentes en ambos cierres, para el 1° desvío del río se previó establecer sobre el costado derecho del cauce, un canal con capacidad normal para conducir unos 400 m³/s; para lo cual se tuvo en cuenta que se contará con el posible control del gasto erogado desde Casa de Piedra. El gran volumen resultante de la excavación de dicho canal se prevé utilizarlo en la construcción de los sectores derecho de las presas. Para el 2° desvío se usaría la capacidad de paso que tendrían inicialmente sus edificios de Vertedero y Central, antes de la

instalación de sus compuertas y del equipamiento de generación. Estructuras que, como ya dijo, se construirían en el actual cauce del río.

2.5. Abastecimiento de Riego

Para alimentar, en forma gravitacional, el área dominable en la margen Sur, se prevé establecer una Obra de Toma sobre el sector derecho de las presas; con capacidad para derivar en una primera etapa un caudal de $\sim 15 \text{ m}^3/\text{s}$; con el que podría alimentarse el riego eficiente de una superficie neta cultivada del orden de 12.000 Ha; el que podría elevarse sin dificultades, hasta $\sim 25 \text{ m}^3/\text{s}$. En cambio, en ninguno de ambos casos, podrán abastecerse en forma gravitacional las tierras regables sobre la meseta izquierda, debido a su mayor altitud; aunque podrían ser alimentadas por bombeo, empleando solo una parte muy menor de la energía generada en la propia Central del Compensador.

En la alternativa del Cierre Inferior la derivación para riego estaría ubicada relativamente próxima al inicio del área dominable sobre margen derecha; en tanto que para asegurar su alimentación desde el Cierre Superior se requeriría construir un costoso canal; que tendría un desarrollo adicional de más de 7 Km; con el consiguiente mayor costo; que se ha estimado en una inversión adicional del orden de $\sim \$ 11$ millones, según análisis obrantes en el adjunto Anexo C. Lo que representa una fuerte desventaja para esta alternativa.

2.6. Aprovechamiento Hidroeléctrico

La central hidroeléctrica de Casa de Piedra cuenta con dos turbinas generadoras, de 30 MW c/u; que solo excepcionalmente operan a su máxima capacidad, debido a que el caudal turbinado no está determinado por necesidades energéticas, sino por el programa de desembalse que fija la Autoridad de Cuenca (COIRCO); con el propósito de abastecer en forma adecuada las demandas de aguas abajo, contar con reservas de agua suficientes y con capacidad para controlar las crecientes del río. Todo ello, preservando, a la vez, condiciones fluviales compatibles con la estabilidad del cauce del río y el buen funcionamiento de las obras en él existentes.

Tales restricciones implican una fuerte limitación al potencial rendimiento económico de la explotación de la actual Central; ya que impiden turbinar caudales mayores a los de dicho programa de desembalse. Inconveniente que se pensó podría resolverse, en parte, construyendo un Embalse Compensador; que los regularizara y los ajustara hacia aguas a los valores fijados por COIRCO;



para lo cual se necesitaría una represa de mucho menor tamaño que la existente; cuyo estudio es el objetivo básico del presente.

De acuerdo con los planteamientos realizados, en ambas alternativas se dispondría, al pie del Dique Compensador, de un salto neto aprovechable para la generación de energía que estaría acotado a ~10 m; por lo que en ambos casos se tendría similar aprovechamiento hidroeléctrico al pie del mismo. Ello como consecuencia de las siguientes restricciones:

- En el caso del Cierre Superior, por la limitación al nivel de embalse que impone la preservación de la estabilidad de las torres de la LAT existentes en el valle.
- En el Cierre Inferior, debido al fuerte aumento de su volumen de obra que resultaría de elevar su cota de coronamiento; en especial sobre la margen derecha.

Por su parte; según corridas del Modelo Hidrológico-Energético; los derrames máximos que erogaría Casa de Piedra serían ~180 m³/s; a los que habría que deducirles pérdidas en el tramo intermedio y los caudales derivados para riego; de marcado carácter estacional. En los meses de invierno estos serían nulos y las pérdidas casi irrelevantes, por lo que, en muchos casos, habría que descargar desde el Dique Compensador hasta esos ~180 m³/s; que podría llegar a mínimos cercanos a los 50 m³/s. Lo que debe tenerse en cuenta en las condiciones de operación de sus generadores.

Para su mejor aprovechamiento, con dicho salto (~10 m) y esa gama de caudales a turbinar, se considera aconsejable equipar la C.H. del Compensador con tres turbinas tipo Kaplan S, de ~5 MW c/u; tipo "Bulbo"; que tienen la ventaja adicional de poder servir, a la vez, como descargador de fondo de la presa.

3. FORMULACIÓN Y COSTOS DE LAS ALTERNATIVAS

3.1. Precios de Referencia

No estando contractualmente prevista la realización de análisis de precios; que por otra parte excederían el alcance propio de un Anteproyecto Preliminar; a fin de dar mayor certeza a la valoración de las inversiones; en base a consultas a empresas constructoras, valores de contratos en ejecución y actualización de anteriores proyectos; se estimaron los probables precios unitarios de prácticamente todos los ítems que tienen algún peso. Por otra parte y dada la fuerte incidencia que tendrían en el costo de las presas, se ponderó: por un lado, el precio de la roca que se estaba acopiando para reparar el rip rap de la presa Casa de Piedra y valores vigentes en canteras de la



zona de Olavaria; y por otro, el posible costo de la pantalla impermeable, a partir de valores del Proyecto Hidroeléctrico Caracoles (San Juan) y de precios actuales de una empresa especialista en esos trabajos (Pilotes Trevi).

Los valores adoptados para las evaluaciones hechas como parte del 1° Informe Parcial; al nivel Mayo 2007 (con IVA incluido), pero sujetos a posterior ajuste, fueron los siguientes:

- Limpieza del terreno..... 2.000 \$ /Ha
- Excavación de destape (con transporte hasta 500 m)..... 6 \$/m³
- Excavación cajero de canal..... 8 \$/m³
- Terraplén con compactación especial (incluye material)..... 12 \$/m³
- Transporte de materiales (a distancias >3 Km)..... 0,40 \$/tn.km
- Provisión y colocación de rip rap (Sierra Carapacha) (1)..... 85 \$/tn
- Ejecución del rip rap (0,90 m)..... 150 \$/m²
- Hormigón armado para estructuras normales (sin Fe)..... 750 \$/m³
- Hormigón masivo..... 360 \$/m³
- Hormigón para revestimientos..... 500 \$/m³
- Acero para armaduras (colocado) 3.500 \$/tn
- Revestimiento de H° (12 cm. con malla) (2)..... 80 \$/m²
- Pantalla impermeable (según precio de firma especialista) 1.400 \$/m²
- Camino de servicio..... 30.000 \$/Km

NOTAS: (1) Si la arenisca próxima a La Correntada resulta apta para rip rap su costo sería ~50%.
 (2) Incluye perfilado y 4 kg.Fe/m².

3.2. Obras Comunes a Ambas Alternativas

Por la similitud de costos que tendrían: el Edificio Vertedero y Central; el Fusible de la Presa; su Toma de Riego; y obras del Coronamiento; y al no gravitar en la determinación de su grado de conveniencia, su valoración fue diferida para una etapa más avanzada del estudio.

3.2.1. Edificio de Vertedero y Central

Según ya se señaló, en ambos cierres esta obra se establecería en el actual cauce del río, a fin de fundarla sobre material más estable y, a la vez, facilitar las operaciones del 2° Desvió. Se prevé una estructura única de H°A°, separada en dos áreas: la del Vertedero y de la Central; ambas



subdivididas, a su vez, en tres sectores, en cada uno de los cuales se prevé instalar: en el primero sendas compuertas radiales y, en el otro, las tres unidades generadoras que compondrían esta Central. Aguas abajo de esa estructura se establecerá un cuenco disipador, para controlar los procesos erosivos que, de lo contrario, ocurrirían en la descarga en el cauce del río. Ver disposición de las obras en Figuras 8.3 y 8.4 .

3.2.2. Sección fusible de la Presa

En la Figura 8.5 se muestra la disposición que tendrían las obras del Fusible; que constarían de una sección de presa susceptible de ser parcialmente erosionada hasta un umbral de control, materializado con una estructura de hormigón y delimitada lateralmente por igual material; estructura que aguas abajo se complementaría por un canal revestido para guiar el caudal hasta un cuenco disipador; que estaría conectado con el cauce del río. En una etapa más avanzada del estudio habrá que reexaminar su mejor ubicación y disposición.

3.2.3. Obra de Toma de Riego

Se prevé establecerla donde la obra de cierre asciende a la meseta derecha y constaría de dos conductos rectangulares insertos en el cuerpo de la presa; precedidos de rejillas y seguidos de compuertas para regular el caudal derivado (Figura 8.6). Estructura que luego podría complementarse con dispositivos que permitan el control y medición automática del mismo.

3.2.4. Obras en el Coronamiento de la Presa

Para facilitar el tránsito vehicular sobre la misma se prevé establecer una calzada firme y, para mejor protección de la Obra, un dispositivo de control del oleaje, a construirse donde concluye el rip rap.

3.3. **Condiciones Geológico-Geotécnicas e Incidencia en los Costos**

3.3.1. Consideraciones Generales

De los primeros resultados del reconocimiento geológico de los emplazamientos considerados (ver Anexo B), en principio, no surgieron evidencias que pudiesen implicar potenciales riesgos geológicos para la estabilidad de una represa; ya que, según lo observado en el



terreno, en las imágenes y en los fotogramas, no había signos superficiales de posibles colapsos de índole cárstica. Tarea que se apoyó en la información geológica disponible, la resultante de los reconocimientos de campo realizados durante el Estudio y la obtenida de la fotointerpretación de los pares del reciente vuelo aerofotogramétrico.

No obstante, como ya fue señalado, un posterior examen cuidadoso de los testigos de perforaciones, mostró que en uno de la realizada junto al río en el Cierre Superior, aparecía una brecha en la sedimentita limosa, que podría indicar un anterior colapso en los niveles subyacentes; debido a procesos de disolución cárstica. Por ello, si bien no se tiene certeza de que efectivamente exista esa crítica situación; cuya clarificación requeriría muy importantes trabajos adicionales de campo; ante la duda, por razones de seguridad y dado que, como se verá, se dispone de una mejor solución alternativa, se desestimó ese emplazamiento.

Sin perjuicio de ello, y a fin de cumplimentar lo que estaba previsto hacer para establecer el grado de conveniencia relativa de ambos posibles emplazamientos, en lo referente a sus condiciones geológico-geotécnicas fueron examinados los siguientes aspectos:

- Necesidad y probable costo de los trabajos requeridos para resolver un eventual insuficiente grado de compacidad del relleno en que apoyaría la represa.
- Necesidad y costos para controlar un elevado flujo subterráneo a través de su fundación; especialmente por potenciales riesgos para la estabilidad de la Obra.
- Disponibilidad y probables costos relativos de obtención de materiales aptos para la construcción de una presa de materiales sueltos.

Para cada uno de los emplazamientos estudiados, seguidamente se resumen las conclusiones alcanzadas al respecto; basadas en los resultados de las investigaciones geotécnicas realizadas durante este Estudio; cuya información y detalles pueden consultarse en el adjunto Anexo A).

3.3.2. Del Cierre Superior e Incidencia en su Costo

En las cinco perforaciones ejecutadas por el método del ensayo de penetración estándar (SPT); a lo largo de su eje y hasta la profundidad de avance permitida por dicho procedimiento de trabajo; se detectó la presencia generalizada de un potente manto de arenas y mezclas de arenas y gravas; bajo una limitada capa superior (~1½ a 3½ m de espesor), constituida por materiales más finos (ML, SM, SP); condiciones para las cuales, de no adoptarse medidas eficaces para su control, habría muy importante flujo subterráneo; aún con la limitada carga hidráulica del acotado nivel de embalse previsto. Según el número de golpes registrado, en cambio, se tendría allí buena



compacidad del material de apoyo de la represa; por lo que en ese aspecto este emplazamiento presentaría condiciones comparativamente ventajosas.

Si bien dicha capa superior de materiales finos; bastante compactos y no muy permeables; limitaría, en cierto grado, el caudal que la atravesaría, no obstante, podría determinar un importante escurrimiento por el permeable relleno inferior; por lo que, sin medidas eficaces para su control, podría llegar a verse afectada la estabilidad de la Obra. De allí que, por razones de seguridad, se consideró necesario prever eficaces medidas en tal sentido.

Aunque podría parecer factible limitar ese flujo subterráneo por reducción de su gradiente, mediante una adecuada solera impermeable (excepto el cauce y zona aledaña, en que convendría una pantalla); para ello se requeriría un gran volumen de obra de muy cuidadosa ejecución (~15/20 Ha de destape y de capa compactada de material de muy baja permeabilidad y apropiado espesor, protegida con adecuada cubierta). Por ello y por seguridad, para el análisis comparativo que nos ocupa, se optó por la construcción de una pantalla impermeable del tipo cemento-bentonita bajo el cuerpo de la presa; al igual que en el caso del Cierre Inferior.

Dicha pantalla se extendería hasta una profundidad ~1 m por debajo de aquella para la que se produjo el rechazo en el ensayo SPT; con lo cual, aunque no llegase a las capas de real baja permeabilidad, se vería reducida sustancialmente la sección de escurrimiento del flujo subterráneo y, consiguientemente, su caudal y los problemas asociados. En el extremo derecho del cierre principal ese control se prevé hacerlo mediante la ejecución de una zanja de impermeabilización (~100 m x 4½ m); por ser allí más superficial el material de menor permeabilidad y por considerarla una solución eficaz y de menor costo.

Para evaluar los probables costos de la pantalla impermeable se hizo un cómputo aproximado de los correspondientes volúmenes de obra, del que resultó que, entre las barrancas izquierda y derecha, habría que ejecutar una pantalla de alrededor de 6.500 m² de superficie. Con el precio unitario estimativo previsto (1.400 \$/m²), se tendría un costo de ~\$ 9.100.000, al que habría que agregarle unos \$ 100.000, por el probable costo de la zanja de impermeabilización derecha. Entonces, el costo del control de los problemas derivados de la fuerte permeabilidad del material de fundación, resultaría, en este caso, del orden de \$ 9.200.000.

Cabe aclarar que si bien la variante de ejecutar una solera impermeable podría, nominalmente, implicar una economía quizá del orden de los \$ 4 millones, podría presentar dificultades constructivas y no ser tan segura como la pantalla impermeable; de modo que no podría hacerse una estricta comparación de soluciones de igual eficacia. Además, como surge de la valuación total de la presa (ver evaluaciones de # 3.4.1 y 3.4.2), esa reducción de costos no alteraría



el orden de conveniencia finalmente resultante; aún sin tener en cuenta la seria incertidumbre existente sobre las condiciones geológicas del Cierre Superior.

Respecto a la disponibilidad de materiales aptos para la construcción de una presa de materiales sueltos en este cierre, corresponde señalar que en los grandes depósitos de rodados existentes en la meseta podrán obtenerse los agregados necesarios para las estructuras de hormigón y, también, sobrada cantidad de materiales granulares gruesos apropiados para la construcción del cuerpo de la presa. Para esto último se dispondría, además, del gran volumen que resultaría de la excavación del canal del 1° Desvío.

Por su parte, se comprobó la existencia de materiales finos cohesivos, aptos para núcleo y solera impermeable, en un antiguo meandro, próximo y algo aguas arriba del eje del cierre; donde si bien, en algunos perfiles, aparecen intercalaciones de arenas, mediante adecuada explotación y selección podría obtenerse una mezcla de material apto para la formación de los sectores impermeables de la presa. En el interior de ese meandro se detectó gran abundancia de arenas limpias, pobremente graduadas, pero aptas para sus filtros.

Respecto a la disponibilidad de material apropiado para rip rap se presentarían las dos alternativas ya mencionadas:

- A) que se verifique que la arenisca que aflora en la subida de la Ruta 34 resulta un material apto para rip rap, en cuyo caso ese importante rubro de la obra tendría un costo comparativamente bajo (~50%); en parte por su reducido transporte.
- B) que, por no resultar apropiado, deba ejecutarse la protección del paramento mojado con el tipo de roca que se está acopiando en la Presa Casa de Piedra, para reparar los deterioros de su protección original (hecha con calizas silicificadas próximas). Que ha sido la alternativa asumida para la evaluar los costos.

3.3.3. Del Cierre Inferior e Incidencia en su Costo

El reducido número de golpes registrado en los ensayos de penetración estándar (SPT), realizados sobre su eje inicial y zona de probable ubicación del canal de 1° Desvío (ver adjunto Anexo A), mostró un muy bajo grado de compacidad de buena parte del relleno aluvional en el que se apoyaría la represa; consiguientemente, se previó la necesidad de adoptar medidas idóneas para subsanarlo. Esas investigaciones también evidenciaron la presencia generalizada de un potente manto de arenas limosas y gravas con arena; cubierta parcialmente por una capa de limitado espesor



(promedio ~2 m), de materiales más finos (CH, CL, ML); pero que podrían determinar importante flujo subterráneo por debajo de la presa; que llegase a comprometer su estabilidad futura.

Por esa baja densidad del subsuelo (según ensayos SPT y densidades *in situ*), sin medidas efectivas que lo corrijan, se producirían grandes asentamientos; que no solo demandarían importantes trabajos posteriores para reestablecer el perfil de diseño de la presa, sino que podrían llegar a implicar riesgos para la propia estabilidad de la obra. Para subsanarlo se han considerado los dos siguientes tipos de solución:

- En los extremos del cierre, con menor espesor de relleno, se prevé removerlo hasta base y reemplazarlo por material bien compactado y de baja permeabilidad; con lo que no solo se lograría adecuada capacidad portante, sino, también, un buen control de las filtraciones por debajo de la presa; resolviendo simultáneamente ambas importantes restricciones.
- En la parte central del cierre (~500 m); donde no sería factible por su gran espesor, el relleno se sometería a un proceso de preconsolidación dinámica, hasta lograr una satisfactoria densidad relativa en el apoyo de la presa. Para tales trabajos se estimó costo global del orden de \$ 4.000.000; que probablemente resulte menor.

Por su parte, los probables costos de los trabajos de control de filtraciones, se evaluaron del siguiente modo: en los ~500 m, correspondientes al centro del valle, se prevé ejecutar una pantalla impermeable que tendría una superficie de ~5.000 m²; que complementarían en sus extremos zanjas de impermeabilización (a la derecha ~43.000 m³, a la izquierda ~7.000 m³); con lo cual y con el referido precio unitario (1.400 \$/m²) la pantalla tendría un costo de ~\$ 7.000.000; al que habría que agregar ~\$ 1.100.000 por las zanjas de impermeabilización. Se tendría, en este caso, un costo total de ~\$ 8.100.000 para el control de la fuerte permeabilidad del material de apoyo de la represa.

Seguidamente se reseña la disponibilidad de materiales aptos para construir en este emplazamiento una presa de materiales sueltos. Como en el caso anterior se tendría asegurado el suministro de materiales granulares gruesos aptos para la construcción del cuerpo de la presa y la obtención de agregados para hormigón; extraíbles de ambas mesetas. Además, se dispondría del gran volumen de material resultante de la excavación del canal del 1° Desvío.

Respecto a materiales finos cohesivos solo se pudo detectar un reducido volumen de material similar al del meandro contiguo al Cierre Superior; aunque en buena parte del valle el relleno aluvional presenta una tapada de limitado espesor (promedio ~2 m), de materiales más finos (CH, CL, ML), que quizá podrían usarse parcialmente en sectores no permeables de la presa. Previendo que buena parte del material cohesivo deba ser obtenido del referido meandro superior, en los costos se ha incluido un importante adicional por transporte del mismo; el que no tendría



mayor peso en el grado de conveniencia relativa de los cierres analizados. Lo mismo sería válido para el limitado volumen de arenas que se necesitasen para los filtros de esta presa. Respecto al material del rip rap vale lo dicho para el Cierre Superior.

3.4. Costos de las Soluciones Alternativas

3.4.1. Costo del Cierre Superior

El área de emplazamiento de este cierre y la ubicación de su eje pueden verse en el Plano N°1 del Anexo Planos y Figuras, en la Figura C-1 del Anexo C y en la Figura 6 del Anexo A. Por su parte, el perfil longitudinal del eje de cierre se presenta en la Plano N° 2 del Anexo Planos y Figuras. Como ya se ha dicho, se prevé una presa con coronamiento a cota 237,00 m y máximo nivel normal de embalse 234,50 m. En base a esa información, y asumiendo que la presa apoyase ~½ m por debajo del terreno natural (por destape), tenga 10 m de ancho de coronamiento y, en forma preliminar, taludes 3:1; se ha calculado para esta represa un volumen total de ~510.000 m³; de los cuales ~490.000 m³ corresponderían al cierre principal y el resto al cierre auxiliar de margen derecha. Se ha evaluado que la superficie total del paramento mojado, en la zona sujeta a oleaje, que debería protegerse con rip rap, sería de ~34.000 m² y ~160.000 m³ el volumen de material de núcleo necesario.

Sin incluir los costos de las obras similares; que no influyen en el grado de conveniencia relativa de las alternativas; adicionándole a los costos estimados un 20% por imprevistos y sumándole el costo que tendría su obra de abastecimiento de agua hasta el inicio del canal troncal de riego (ver adjunto Anexo C y Figura C-1 del mismo), resultan los siguientes valores para esta alternativa:

• COSTO ESTIMATIVO DE LA ALTERNATIVA DELCIERRE SUPERIOR

a) Limpieza del terreno

Asiento de presa, canal desvío y préstamos ~50 Ha x 2.000 \$/Ha. \$ 100.000

b) Excavación de destape:

Ídem: 360.000 m² x 0,50 m ~180.000 m³ x 6 \$/ m³..... \$ 1.080.000

c) Ejecución cuerpo de presa:

510.000 m³ x 12 \$/ m³..... \$ 6.120.000

d) Adicional por filtros de presa:

Global estimativo.....	\$ 300.000
e) <u>Rip rap:</u>	
34.000 m ² x 150 \$/m ²	\$ 5.100.000
f) <u>Protección talud seco:</u>	
34.000 m ² x 8 \$/ m ²	\$ 272.000
i) <u>Pantalla impermeable:</u>	
6.500 m ² x 1.400 \$/ m ²	\$ 9.100.000
j) <u>Zanja de impermeabilización:</u>	
6.000 m ³ x 18 \$/ m ³	\$ 108.000
k) <u>Coronamiento de la presa:</u>	
2.100 m x 1.100 \$/m.....	<u>\$ 2.310.000</u>
Subtotal.....	\$ 24.490.000
Imprevistos (~20%).....	<u>\$ 4.900.000</u>
Costo total estimado de la presa.....	\$ 29.390.000
Costo estimado del Canal de Abastecimiento.....	<u>\$ 15.140.000</u>
Inversión total de la Alternativa Cierre Superior.....	\$ 44.530.000

3.4.2. Costo del Cierre Inferior

Como ya se indicó, estaría ubicado a unos 8 Km aguas abajo del Cierre Superior, en el paraje conocido como La Correntada; donde el río tiene nivel ~220,50 m. En Figura 1 del Anexo A (Geotecnia) se muestra la ubicación del eje de cierre previsto inicialmente y en la planialtimetría de la restitución de la zona en estudio (Figura C-1 del Anexo C) la disposición del eje definitivo que se propone adoptar. En el Plano N° 3 de Anexo Planos y Figuras se presenta el perfil longitudinal de este último. En este caso se prevé una represa con coronamiento a cota 233,00 m y máximo nivel normal del embalse 230,50 m. Asumiendo iguales dimensiones que en el anterior se ha calculado que la presa tendrá un volumen total del orden de 500.000 m³; de los cuales ~455.000 m³ corresponderían al cierre principal (~1,20 Km) y el resto a los auxiliares ubicados sobre ambas márgenes (izquierdo ~0,30 Km y derecho de ~1,50 Km). Por su parte, la superficie total del paramento mojado sujeta a oleaje, a proteger con rip rap, sería de ~33.000 m² y ~155.000 m³ el volumen de material de núcleo necesario.

Como en el caso precedente; sin incluir los costos de las obras similares, que no influyen en el grado de conveniencia relativa de las alternativas; adicionándole a la suma de costos estimados un 20% por concepto de imprevistos y sumándole el costo que tendría su obra de abastecimiento de



agua hasta el inicio de su canal troncal de riego (ver adjunto Anexo C), resultan los siguientes valores para esta alternativa:

● COSTO ESTIMATIVO DE LA ALTERNATIVA DEL CIERRE INFERIOR

a) Limpieza del terreno:

Asiento de presa, canal desvío y préstamos ~54 Ha x 2.000 \$/Ha..... \$ 108.000

b) Excavación de destape:

Ídem: 420.000 m² x 0,50 m ~210000 m³ x 6 \$/ m³..... \$ 1.260.000

c) Ejecución cuerpo de presa:

500.000 m³ x 12 \$/ m³..... \$ 6.000.000

d) Transporte material impermeable:

100.000 m³ (3) x 13 Km x 0,65 \$/m³.km..... \$ 845.000

e) Adicional por filtros de presa:

Global estimativo..... \$ 300.000

f) Rip rap:

33.000 m² x 150 \$/m²..... \$ 4.950.000

g) Protección talud seco:

33.000 m² x 8 \$/ m²..... \$ 264.000

h) Consolidación dinámica:

Global estimativo..... \$ 4.000.000

i) Pantalla impermeable:

5.000 m² x 1.400 \$/ m²..... \$ 7.000.000

j) Zanja de impermeabilización:

50.000 m³ x 22 \$/ m³..... \$ 1.100.000

k) Coronamiento de la presa:

2.000 m x 1.100 \$/m..... \$ 2.200.000

Subtotal..... \$ 28.027.000

Imprevistos (~20%)..... \$ 5.605.000

Costo total estimado de la presa..... \$ 33.632.000

Costo estimado del Canal de Abastecimiento..... \$ 3.943.000

Inversión total de la Alternativa Cierre Inferior..... \$ 37.575.000

NOTA: (3) Se prevé transportar ~60% del material de núcleo y de zanjas de impermeabilización.



3.5. Evaluación de Alternativas

De acuerdo con lo previsto en el # 1.4 del Anexo I – Plan de Trabajos y del Cronograma contractual (Anexo IV), entre los meses 1 a 5, fueron desarrolladas las tareas conducentes a identificar los posibles emplazamientos del Embalse Compensador, determinar sus condiciones geológico-geotécnicas, definir los lineamientos de sus obras básicas y evaluar preliminarmente los probables costos de cada alternativa; para de ese modo poder determinar cual sería la más aconsejable para implementar dicho Proyecto. Para su tratamiento, tales previsiones se han desagregado de la siguiente forma:

- a) *“...además de las conclusiones que resulten de las investigaciones del apartado precedente (# 1.5.2 del Anexo I), respecto a las condiciones geológico-geotécnicas de los sitios alternativos evaluados y su posible incidencia en la seguridad, disposición de la obra y procesos constructivos;...”*
- b) *“...se considerarán: posibles costos diferenciales para resolver la falta de compacidad del relleno aluvional en que apoyaría la presa, su probable grado de permeabilidad y la eventual presencia de materiales solubles en su masa;...”*
- c) *“...los volúmenes de obra que requerirían sus obras de cierre; las capacidades de embalse que proporcionarían, las superficies que serían inundadas, el salto medio disponible al pié de presa...”*
- d) *“... y la apreciación de los costos diferenciales necesarios para alimentar desde distintas posiciones del Embalse el riego del área que dominaría;...”*
- e) *“...con todo lo cual se dispondrá de un apropiado marco de referencia para poder seleccionar, sobre sólidas bases, la alternativa que sería mas conveniente.”*

Al respecto señalamos lo siguiente:

- Sobre el apartado **a)** debe reiterarse que se realizó el reconocimiento geológico de ambos cierres (informes obrantes en Anexo B) y desarrolló un amplio programa de investigaciones geotécnicas, cuya descripción y resultados están expuestos en el Anexo A. Por su parte, en la parte correspondiente del # 3.3 del presente, se reseñan las principales conclusiones resultantes de esos trabajos y se analizan sus probables incidencias en los costos de ejecución de las obras. A modo de síntesis puede decirse que los emplazamientos considerados presentaban, en principio y en general, condiciones como para poder erigir en ellos el Dique Compensador; salvo el probable serio riesgo geológico detectado en el cierre



Superior, al final de las investigaciones. En dicho # 3.3 pueden encontrarse respuestas más específicas a lo de los precedentes apartados *a)* y *b)*.

- Sobre la primera parte del apartado *c)*, señalamos que si bien la propia Presa del Cierre Superior tendría un costo ~15% menor, debido al muy importante costo adicional de su más extenso canal de abastecimiento de riego, se invertiría esa relación en cuanto al costo total de esa Alternativa. Sobre el resto del apartado *c)*, señalamos: que las capacidades reguladoras y áreas inundables correspondientes a ambos cierres no tendrían diferencias significativas y que, como se indica en el # 2.6 del presente, tendrían el mismo salto aprovechable y por lo tanto iguales beneficios energéticos.
- Sobre el apartado *d)*, tal como ya se indicó, el canal de abastecimiento del riego al área dominable sobre margen derecha tendría un costo mucho mayor en el caso de la Alternativa del Cierre Superior. Lo que está respaldado por los análisis particularizados obrantes en el adjunto Anexo C).

De todo lo antes expuesto surge que, aún sin tener en cuenta el potencial impedimento de índole geológica que presentaría el Cierre Superior, la solución claramente más conveniente para establecer el Embalse Compensador es el Cierre Inferior. Por lo que se decidió adoptarla para formular el Anteproyecto Preliminar; objeto principal del presente Informe Final.

4. CAPACIDAD REGULADORA DEL EMBALSE

De acuerdo con el planimetrado realizado sobre el sector ubicado aguas arriba del Cierre de La Correntada, se tienen las siguientes superficies encerradas por las curvas de nivel dentro del rango de posible variación de sus niveles de embalse:

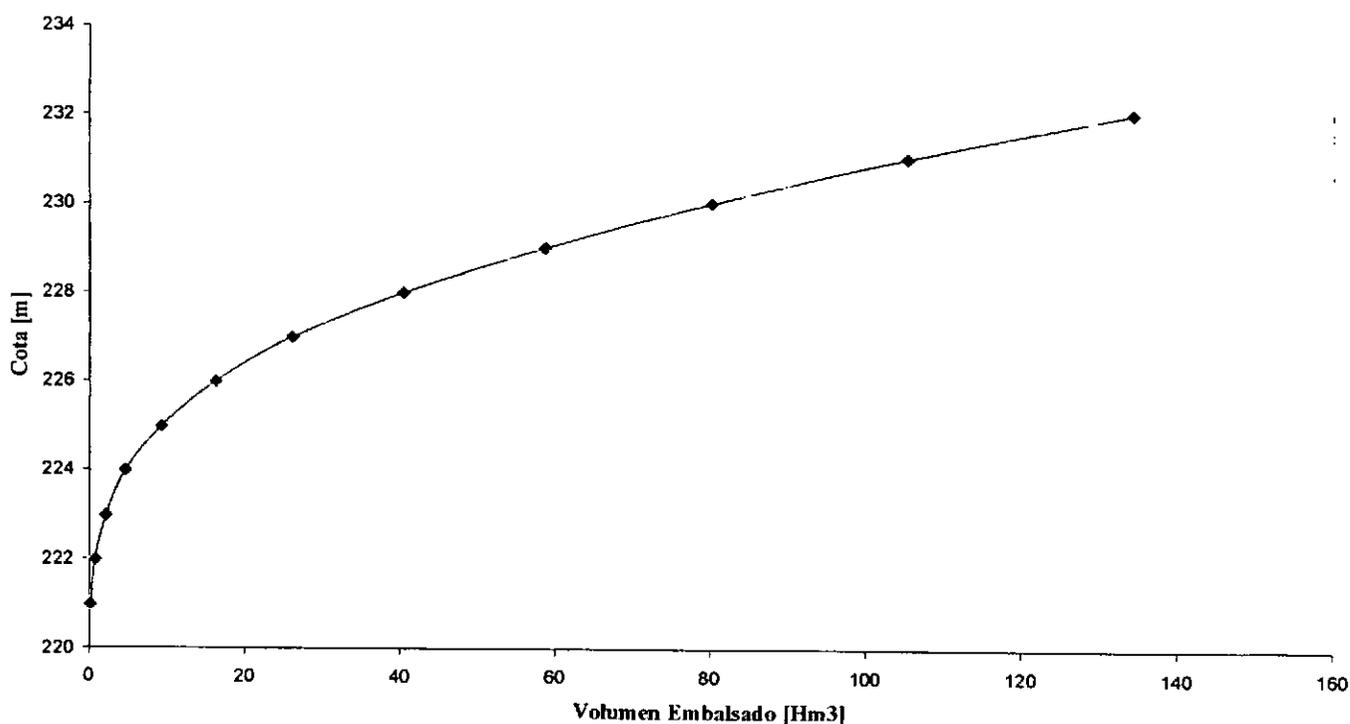
COTA DE EMBALSE (m)	SUPERFICIE ENCERRADA
221,00	28 Ha
222,00	96 Ha
223,00	178 Ha
224,00	311 Ha
225,00	615 Ha
226,00	796 Ha
227,00	1.158 Ha
228,00	1.704 Ha
229,00	1.966 Ha
230,00	2.332 Ha
231,00	2.695 Ha
232,00	3.094 Ha

En base a esos valores, para el Embalse de La Correntada, se ha hecho la siguiente determinación de sus relaciones niveles-superficies-volúmenes (ver Plano N° 5 del Anexo Planos y Figuras):

NIVEL DE EMBALSE (m)	SUPERFICIE (Ha)	ÁREA MEDIA (Ha)	VOLUMEN PARCIAL (Hm ³)	VOLÚMENES ACUMULADOS (Hm ³)
221,00	28	13	0,07	0,07
222,00	96	62	0,62	0,69
223,00	178	137	1,37	2,06
224,00	311	245	2,45	4,51
225,00	615	463	4,63	9,14
226,00	796	705	7,05	16,19
227,00	1.158	977	9,77	25,96
228,00	1.704	1.431	14,31	40,27
229,00	1.966	1.835	18,35	58,62
230,00	2.332	2.149	21,49	80,11
231,00	2.695	2.513	25,13	105,24
232,00	3.094	2.894	28,94	134,18

Tales relaciones están graficadas en las siguientes curvas:

Curva Volumen-Cota Embalse Compensador



Handwritten signature

Para determinar la capacidad de acumulación que se requeriría en el Embalse Compensador para transformar variables caudales turbinados en la actual Central en una descarga uniforme hacia aguas abajo, se analizaron las corridas del Modelo de Simulación (con Compensador), llegando a la conclusión de que esa posible situación semanal más crítica sería la correspondiente a la descarga desde Casa de Piedra de 177 m³/s durante 5 días hábiles, seguida de un caudal de 30 m³/s durante los 2 días no laborables; lo que de ningún modo implica una forma de operación prevista para condiciones normales. Para esa hipotética situación resultarían los siguientes caudales y volúmenes:

- 177 m³/s x 86.400 s/día x 5 días.... 76,46 Hm³
 - 30 m³/s x 86.400 s/día x 2 días..... 5,18 Hm³
- Total ingresado al Compensador.. 81,64 Hm³

Asumiendo que ello ocurra en los meses de invierno; con nula derivación para riego y muy bajas pérdidas en el tramo intermedio; para mantener el nivel de su embalse, habría que erogar desde el Dique Compensador un caudal uniforme de:

- 81,64 Hm³/semana ÷ (86.400 s/día x 7 días/ semana) ~135 m³/s

Con lo cual la Máxima acumulación en su embalse, al final del 5º día, sería:

- 177 m³/s x 86.400 s/día x 5 días = 76,46 Hm³
- 135 m³/s x 86.400 s/día x 5 días = 58,32 Hm³ = 18,14 Hm³

Volumen acumulado que se desembalsaría en los días 6 y 7 con un caudal de salida neto de (135 m³/s – 30 m³/s) x 86.400 s/día x 2 días = 18,14 Hm³. Así, pues, esta sería la capacidad de regulación necesaria en el embalse para esa hipotética situación más crítica prevista; la que, según su relación alturas-volúmenes, se lograría variando el nivel del Lago Compensador entre ~230,0 m y ~230,7 m.

5. ESTUDIOS ENERGÉTICOS INICIALES

5.1. Formulación del Modelo de Simulación

Dado que el objetivo básico original del Embalse Compensador era posibilitar mayor libertad en los caudales turbinables en la actual Central Hidroeléctrica de Casa de Piedra, con miras a incrementar los resultados económicos de su explotación; mediante mayor ajuste de su generación a la demanda del mercado, incremento de la producción de horas pico (de mayor precio) y por



aumento de la potencia remunerada; se hizo necesario formular un Modelo Hidrológico-Energético que permitiese evaluar los probables resultados de sus distintas opciones operativas.

Para la implementación de ese Modelo de Simulación se utilizaron los registros hidrológicos aforados en Buta Ranquil (período 1940/41 – 2002/03); con los ajustes que en otra parte se indican; evaluando, así, los promedios de su probable producción energética (potencia y energía de horas pico, resto y valle), que se generaría operando en condiciones similares e las actuales y con cierto nivel de empuntamiento que permitiría la existencia del Embalse Compensador.

Considerando las Normas de Manejo de Aguas vigentes para la operación del río Colorado, pautas de la Autoridad de Cuenca (COIRCO) y otros factores ponderables; se previó un régimen de desembalses; que se definiría en base a la presunta riqueza hidrológica del ciclo anual subsiguiente (inferida de registros nivológicos de la alta cuenca) y teniendo en cuenta la estacionalidad de las demandas de aguas abajo y la necesidad de preservar en el embalse de Casa de Piedra adecuadas reservas, capacidad de control de las crecientes y buena carga en su Central.

Cabe aclarar que para cuantificar los derrames que hubiesen ingresado cada mes al Embalse de Casa de Piedra, a los valores medidos en Buta Ranquil se los afectó por un coeficiente reductor de 0,92 (ver # 1.3), para tener en cuenta las pérdidas que ocurren en el tramo intermedio. Al derrame así corregido se le dedujo el probable consumo neto aguas arriba, determinando así el volumen que habría ingresado efectivamente al Embalse; él que sumado al volumen existente al final del mes anterior y descontadas sus probables pérdidas por evaporación y lo erogado hacia aguas abajo, daba el volumen embalsado al final del mes correspondiente.

Por otra parte, en función del volumen embalsado se iba determinando la superficie del Lago y su cota; a cuyo efecto el Modelo utilizaba expresiones matemáticas de propia valuación que relacionan alturas-volumenes-superficies, determinadas analíticamente en base a los datos específicos de dicho Embalse.

Con la correspondiente cota del embalse y el nivel de restitución, el Modelo va calculando el salto aprovechable; con el cual y con el caudal turbinado se define la correspondiente potencia de la central; la que aplicada a las respectivas horas determina el volumen de generación de cada tipo de energía (pico, resto y valle). Para ello se computaron: para los días hábiles y fin de semana 5 horas pico, 6 horas valle y 13 como horas resto.

A fin de maximizar el valor de su producción y aumentar la potencia remunerada, en las variantes de operación con empuntamiento, se preveía turbinar el máximo caudal en las horas pico (~180 m³/s) y en las horas de menor valor de la energía se lo bajaba al mínimo con el cual los

generadores funcionaran con aceptable eficiencia (primero ~50 m³/s, luego 55 m³/s); turbinando el resto del desembalse diario en las “horas resto”.

A medida que se avanzó en el Estudio se fue viendo que, al no ser el Compensador un real “contraembalse” (por estar alejado de la descarga de la Central) y por tanto dejar un importante tramo de cauce intermedio expuesto a fuertes variaciones en los caudales turbinados; habría serias restricciones para implementar una operación empuntada de la misma, por las prescripciones de las referidas Normas de Manejo de Aguas (COIRCO); salvo que sus beneficios resultasen significativamente mayores que los costos requeridos para neutralizar sus perjudiciales efectos. Con los actuales precios diferenciales de las energías no parece factible implementar un acentuado empuntamiento de la operación de la actual Central; por lo que se descarta el Escenario 3.

5.2. Condiciones del Futuro Suministro Eléctrico

A fin de lograr un primer conocimiento de las probables condiciones en que podría colocarse la producción energética de Casa de Piedra, se examinaron las condiciones del Mercado Eléctrico Interconectado; cuyos principales resultados se reseñan en el adjunto Anexo D. Para ello se analizó la probable evolución (2007-2017) de los principales aspectos físicos y económicos del sistema eléctrico; bajo un probable escenario socio-económico nacional; de demanda energética y eléctrica y de infraestructura de abastecimiento eléctrico; como así también la previsible evolución del precio de los combustibles utilizados en la generación térmica. También se preparó un despacho preliminar del mercado eléctrico mayorista y se hizo una primera estimación de los precios futuros de la energía y del despacho en los horarios de pico, valle y resto de la Central Casa de Piedra (sin proyecto).

Remitiéndonos, para mayores precisiones al contenido de dicho Anexo D, cabe resaltar, aquí, que en la actualidad el Mercado Eléctrico Nacional atraviesa una situación de emergencia; no solo por las expectativas de parcial desabastecimiento, sino también por una serie de medidas de excepción que se han ido adoptando para paliar esa situación. Por ello es inconveniente tomar “literalmente” la proyección de las condiciones vigentes para fundamentar el pronóstico del futuro funcionamiento. Para lo cual convendría tener presentes las siguientes cuestiones:

- La reducida capacidad energética del Proyecto que nos ocupa, unido al insuficiente abastecimiento del Mercado Eléctrico; que se mantendría si continúa el actual proceso de crecimiento económico; asegurarían la colocación íntegra de la producción adicional que generaría el Complejo Hidroeléctrico de Casa de Piedra; incluyendo la generable bajo las nuevas condiciones que implicaría la ejecución del Embalse Compensador.



- La limitada inversión que demandaría este; respecto al aumento de potencia que proporcionaría; junto al reducido costo operando en forma telecomandada desde la actual; determinarían un comparativamente bajo costo de su producción eléctrica; respecto al de las alternativas con consumo de combustibles; máxime con la actual tendencia al aumento de los precios de estos.

III. ESTUDIOS DEFINITIVOS

6. ALTERNATIVA SELECCIONADA

6.1. Análisis Comparativo de las Alternativas

De acuerdo al análisis realizado en el precedente # 3.5, la mejor solución para establecer el Embalse Compensador, que nos ocupa, es la emplazada en el sitio denominado La Correntada (Cierre Inferior), por las razones que se reseñan a continuación (ver Cuadro adjunto):



CONDICIONES	CIERRE SUPERIOR	CIERRE INFERIOR
1. ASPECTOS TOPOGRÁFICOS	No existen diferencias topográficas significativas entre ambos emplazamientos, como lo evidencian la similar conformación que tienen los perfiles longitudinales de sus ejes de cierre y la práctica igualdad de volúmenes de obra de sus presas	
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	Aunque inicialmente no surgieron evidencias superficiales sobre potenciales riesgos geológicos, vinculados a procesos cársticos, el testigo de una perforación, mostró una anomalía que podría deberse a un anterior colapso de ese tipo; cuyo esclarecimiento demandaría importantes estudios adicionales, fuera del alcance del presente. Por ello, al menos hasta que se verifique la inexistencia de tal riesgo, no podría considerarse factible establecer allí la Obra.	De los estudios de superficie llevados a cabo y de las perforaciones allí realizadas, no ha surgido ninguna evidencia que pudiese implicar potenciales riesgos geológicos de esa índole, para la estabilidad de una Presa emplazada en ese sitio.
3. ASPECTOS GEOTÉCNICOS 3.1. Condiciones de Fundación	<p><u>Condiciones de permeabilidad del subsuelo:</u> para evitar eventuales problemas de estabilidad en la Obra, que podrían derivar de un importante flujo subterráneo, debido a la considerable permeabilidad del relleno aluvional en que se apoyaría; se han previsto medidas para su control; básicamente la ejecución de pantalla impermeable; que tendría un costo algo mayor en este caso.</p> <p><u>Capacidad portante de la fundación:</u> los ensayos de penetración allí realizados indican que la presa apoyaría sobre un relleno suficientemente compacto como para soportar su peso sin mayores inconvenientes.</p>	<p><u>Condiciones de permeabilidad del subsuelo:</u> su subsuelo está conformado por un relleno aluvional permeable, que puede determinar un elevado flujo subterráneo, que podría llegar a afectar la estabilidad en la Obra; por lo que, también en este caso, se han previsto medidas para su control; consistentes en una combinación de pantalla impermeable en la parte central y zanjas de impermeabilización en los extremos del cierre; con un costo total algo menor al del cierre Superior.</p> <p><u>Capacidad portante de la fundación:</u> los ensayos de penetración realizados indican que, en este caso y en buena parte, la presa debería apoyar en un relleno de baja compactación y pasible de sufrir importantes asentamientos. Por tal razón se ha previsto someterlo, antes, a un proceso de preconsolidación dinámica; que implicaría un costo adicional significativo; estimado en el orden de \$ 5 millones.</p>

CONDICIONES	CIERRE SUPERIOR	CIERRE INFERIOR
3.2. Materiales Disponibles para su Construcción	Según la evaluación preliminar, localmente, se dispondría de suficientes volúmenes de materiales aptos para la construcción de una presa de materiales sueltos, tanto de granulares para sus espaldones, como de finos cohesivos para la construcción de sus sectores impermeables.	Según la evaluación realizada, en general, se dispondría localmente de materiales aptos para la construcción de una presa de materiales sueltos; especialmente de tipo granular para sus espaldones; pero no se tendría suficiente cantidad de materiales finos cohesivos para ejecutar sus sectores impermeables. Razón por la cual se prevé utilizar, parcialmente, material proveniente del importante yacimiento próximo al Cierre Superior; lo que implica un costo adicional de transporte estimado en \$ 845.000.
4. ABASTECIMIENTO DEL RIEGO (●)	La alimentación del riego de unas 12.000 Ha netas dominables en margen derecha, por su mayor distancia al probable inicio de su red troncal se requiere, en este caso, un canal más extenso (~10 Km); que implicaría una inversión de \$ 15.140.000 (ver evaluaciones en Anexo C, del 1° Informe Parcial).	Por su proximidad al área regable, en este caso, se necesita un canal de mucho menor desarrollo para alimentar el inicio de la red troncal de riego (~2¼ Km), con un costo estimado de \$ 3.943.000; es decir ~\$ 11.000.000 menor, lo que implica una importante desventaja para el Cierre Superior.
5. GENERACION DE ENERGÍA	Por distintas razones en ambos cierres resulta el mismo salto neto aprovechable (~10 m); por lo que no tendrían diferentes beneficios energéticos las alternativas de Cierre consideradas.	
6. INVERSIONES DEMANDADAS	<p>Excluyendo el posible costo del equipamiento hidroeléctrico y conexo (que en ambos casos sería similar), agregando al valor estimado en el # 4.4 la suma de \$ 20 millones, como probable costo de las obras comunes en él no incluidas (Edificio de Vertedero y Central, Toma de Riego, Sección Fusible de la Presa y trabajos de desvío del río); y con el valor estimado para abastecimiento del riego, resultan las siguientes inversiones:</p> <p>Costo de la presa y obras complementarias \$ 49.390.000 Canal de abastecimiento de riego \$ 15.140.000 Inversión total \$ 64.530.000</p>	<p>También excluido el posible costo del equipamiento hidroeléctrico y conexo (similar con se ha dicho), agregando al valor estimado en el # 4.4 la suma de \$ 20 millones, como probable costo de las obras comunes en él no incluidas (Edificio de Vertedero y Central, Toma de Riego, Sección Fusible de la Presa y trabajos de desvío del río); y con el valor estimado para abastecimiento del riego, resultan las siguientes inversiones:</p> <p>Costo de la presa y obras complementarias \$ 54.830.000 Canal de abastecimiento de riego \$ 3.940.000 Inversión total \$ 58.770.000</p>

NOTA (●): por la mayor altitud de las tierras ubicada sobre la margen izquierda no pueden alimentarse en forma gravitacional; aunque si podrían regarse por bombeo, usando parte de la energía generada en el propio Compensador.

CONDICIONES	CIERRE SUPERIOR	CIERRE INFERIOR
7. EVALUACIÓN GLOBAL	<p>Presenta serias incertidumbres sobre la posible existencia de condiciones en el subsuelo que podrían implicar graves riesgos geológicos de índole cársica; por lo que, hasta tanto no se compruebe la inexistencia de los mismos, no puede considerarse factible establecer allí una Represa segura. Por otra parte, resulta ser la alternativa que requiere mayor inversión, prestando iguales servicios de riego y energéticos</p>	<p>Se considera claramente que sería el mejor emplazamiento para en Embalse Compensador; en razón del conjunto de condiciones reseñadas precedentemente y, especialmente, porque según las investigaciones geológicas realizadas no habría indicios de que allí pudieran presentarse riesgos estructurales de naturaleza cársica.</p>



- a) El Cierre Superior presenta serias incertidumbres de índole geológica, por la posible existencia de un "karst" oculto en su subsuelo; cuya dilucidación demandaría muy importantes trabajos geológico-geotécnicos; que escapan al alcance de los trabajos previstos. Situación que, según los trabajos realizados, no se presenta en el Cierre Inferior; remarcando que este último demandaría menor inversión y no tendría riesgos similares.
- b) Sobre las condiciones generales del subsuelo, corresponde señalar que: en ambos casos, serían necesarios importantes trabajos para el control de las filtraciones por debajo de la presa; algo mayores en el Cierre Superior. En el caso del Cierre Inferior se requerirá, además, la preconsolidación dinámica del relleno en que apoyaría la Obra; lo que podría significar un costo adicional del orden de \$ 4 millones; pero que no afectaría su conveniencia global.
- c) Respecto a disponibilidad local de materiales aptos para construir una presa de tierra resulta bastante similar; aunque para el Cierre Inferior debería transportarse desde ~10 Km buena parte del material fino cohesivo para núcleo; con un costo adicional de ~\$ 600.000; pero que no afectaría su mayor conveniencia global.
- d) Ambos cierres requerirían volúmenes de obra bastante similares, tanto para ejecución del cuerpo de sus represas, como de sus restantes componentes: Edificio Vertedero – Central, Toma de Riego, Cierre Fusible y obras de Desvío; por lo que la inversión por ellos requerida no tendría mayor influencia en el grado de conveniencia relativo de las alternativas en estudio.
- e) Siendo prácticamente iguales los saltos disponibles al pie de sus represas y muy similares sus capacidades de regulación; desde el punto de vista energético no habría en esos aspectos diferencias que influyan en dicho grado de conveniencia. Tampoco respecto a áreas inundables y su posible aprovechamiento turístico-recreativo.
- f) Si bien serían iguales los beneficios derivados del riego; por preverse en ambos casos el mismo caudal para ese fin; en el Cierre Superior se requeriría construir un canal de abastecimiento mucho más extenso y de costo muy superior (más de \$ 11 millones adicionales). Lo que representa una fuerte desventaja económica para el mismo.
- g) Resumidamente; según las evaluaciones de costos realizadas en los # 3.4.1 y 3.4.2; y sin tener en cuenta el serio riesgo geológico que habría en el Cierre Superior; este último tendría, además, la importante desventaja económica que requerir una inversión total casi \$ 6 millones superior. Por lo que claramente es conveniente ejecutar la Obra en el Cierre Inferior.

En lo referente a los aspectos energéticos, con el nivel preliminar del estudio realizado, el Proyecto del Embalse Compensador presenta el siguiente Cuadro de Fortalezas y Debilidades:

A favor:

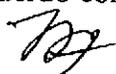
- La necesidad de subsanar en forma adecuada el desabastecimiento eléctrico previsible en el Sistema Interconectado Nacional, mediante nuevos proyectos de generación implementables en corto plazo; como este.
- Por tratarse de un proyecto hidroeléctrico de bajo costo de generación presenta la importante ventaja de no acentuar la futura dependencia de combustibles importados; de precios marcadamente crecientes.
- La sustitución que haría de energía térmica alternativa aliviaría los impactos globales sobre el ambiente, al evitar nuevas emisiones contaminantes; lo que, además, podría permitir acceder a medios ventajosos de financiamiento (Bonos de Carbono).
- De acuerdo con las evaluaciones hechas de sus inversiones y de los ingresos adicionales por venta de energía, la muy favorable relación Inversión – Producto (10/1) o Costo – Beneficio que tendría el Proyecto.
- Los previsible mayores precios futuros que tendrá la energía eléctrica; según consistentes evaluaciones realizadas; y su favorable relación inversión-producto serán muy atractivos para potenciales interesados en participar en la implementación del Proyecto.

Como desventaja:

- La probable mayor inversión por unidad de potencia instalada, respecto a la resultaría para la alternativa de central a gas; aunque esta tendría la fuerte desventaja del previsible creciente costo del combustible.

6.2. Configuración del Embalse Compensador

Su implementación se basa en la construcción de un conjunto de obras vertebrado en torno a una presa de materiales sueltos, con las siguientes obras complementarias: Sección Fusible de la presa; Estructura del Vertedero; Edificio de la Central Hidroeléctrica; Obra de Toma para Riego y Obras sobre su Coronamiento. A continuación se formulan sus Anteproyectos Preliminares, de acuerdo con lo previsto en nuestra Propuesta de Trabajo.



7. ANTEPROYECTO PRELIMINAR DE LA PRESA

7.1. Características Generales

7.1.1. Tipo de Presa Adoptado

Los estudios geotécnicos han mostrado que se dispone en la zona de materiales de distintos tipos, apropiados para la construcción de presas de materiales sueltos; tales como: suelos granulares gruesos y finos con distintas graduaciones, suelos finos arenosos de baja plasticidad y suelos finos plásticos. Esto ha permitido prever la ejecución del cierre con una presa de tipo heterogénea o zonificada con núcleo central impermeable simétrico, complementada con una pantalla impermeable en su fundación para garantizar la estanqueidad del cierre; con espaldones de materiales granulares a ambos lados. Debido a la baja compacidad del material del relleno aluvional en que deberá apoyar la presa, se prevé someterlo previamente a un tratamiento de compactación dinámica, hasta llevarlo a una densidad apropiada que limite a valores admisibles sus futuros asentamientos.

En la Figura 7.1 se han representado dos secciones características: la sección A-A de máxima altura, y la sección B-B representativa de un extenso tramo de la presa de altura prácticamente uniforme sobre margen derecha.

La solución adoptada se considera la más adecuada para esta etapa de anteproyecto preliminar de la presa, ya que ante la segura disponibilidad de materiales granulares gruesos para espaldones, pueden adoptarse taludes que no sufran cambios significativos cuando, en etapas posteriores de su diseño, se realicen ensayos de resistencia y deformabilidad de los materiales y se efectúen las verificaciones de estabilidad correspondientes. Los tratamientos de fundación previstos aseguran a su vez estanqueidad y estabilidad al cierre.

Alternativa de presa homogénea

En una etapa más avanzada del diseño y con mayor información geotécnica que la actualmente disponible, podrá examinarse alternativa de construir, en su lugar, una presa homogénea con materiales areno-limosos (SM / ML) de las capas superiores de la terraza inferior del valle del río. Tal posibilidad se apoya en las investigaciones geotécnicas ejecutadas en el curso del presente estudio; especialmente en los resultados de ensayos de compactación Proctor Estándar y de ensayos de permeabilidad en laboratorio realizados sobre muestras con la máxima densidad de



ese ensayo de compactación. Las muestras ensayadas son representativas del perfil completo de las calicatas CD7 y CD11, con profundidades del orden de 3 - 3½ m. Los valores del coeficiente de permeabilidad resultaron ser, respectivamente, 6×10^{-5} cm/s y $6,9 \times 10^{-5}$ cm/s (ver 1º Informe Parcial, Anexo A Geotecnia); que podrían respaldar una solución de presa homogénea. Valores que podrían mejorarse sometiendo el material a procesos de compactación más energéticos que el de baja energía propio del ensayo Proctor Estándar.

Para tal probable solución se requerirán mayores volúmenes de materiales, dado que los taludes deberán ser más tendidos que los adoptados para la presa heterogénea; debiendo, además, realizarse una cuidadosa investigación y selección del área a explotar; ya que en la terraza inferior existen paleocauces rellenos de materiales granulares, con baja proporción de finos, y deposiciones de arenas relativamente limpias; materiales que por su mayor permeabilidad que no serían apropiados para construir una presa homogénea.

Tal alternativa de solución requiere, también, un muy buen conocimiento de las características resistentes y de deformación de los materiales, a fin de contar con información apropiada para el predimensionado de la presa y la posterior verificación de la estabilidad de la misma. Esto implica un mayor programa de muestreo y la ejecución de ensayos especiales en laboratorio; tareas que corresponden a una etapa más avanzada del diseño de la Obra.

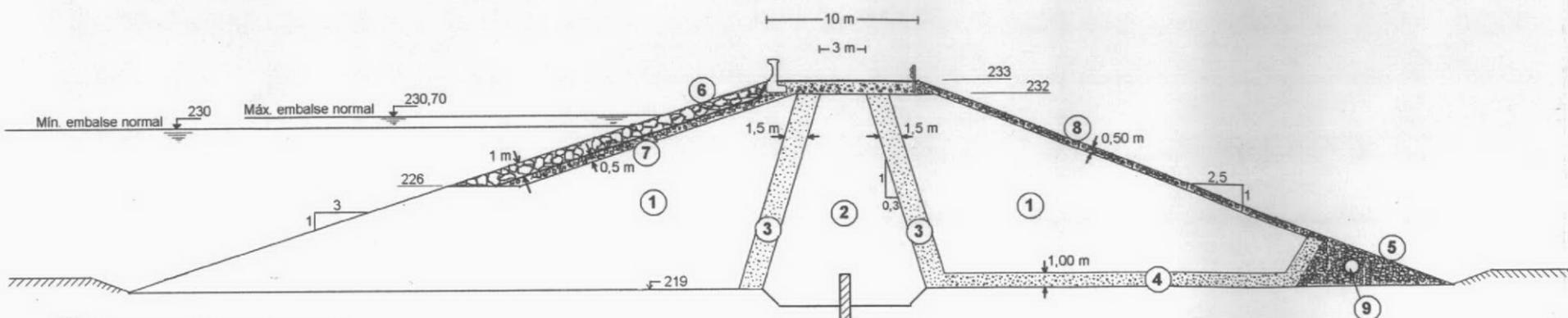
Si tales investigaciones adicionales demostrasen que es factible construir una presa homogénea, aun cuando se requirieran en tal caso mayores volúmenes de materiales, es muy probable que resulte una solución de menor costo, dada su mayor simplicidad de construcción, con el consiguiente un menor tiempo de ejecución y mayor rendimiento de los equipos de movimiento de suelos.

En una posterior etapa del estudio podrá, también, analizarse la posibilidad de obviar la necesidad de construir la pantalla impermeable en la fundación, pero para ello se requerirá una investigación mucho más amplia y detallada de las condiciones del subsuelo, particularmente su permeabilidad; la cual se requerirá la realización de apropiados ensayos "in situ" (de bombeo y Lefranc).

Por su parte, el tratamiento de densificación de la fundación será necesario cualquier sea la alternativa de presa que finalmente se adopte.



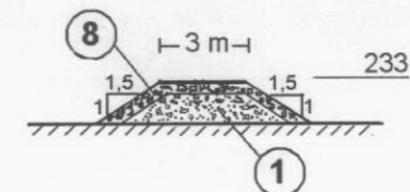
Sección A - A
Esc. 1:400



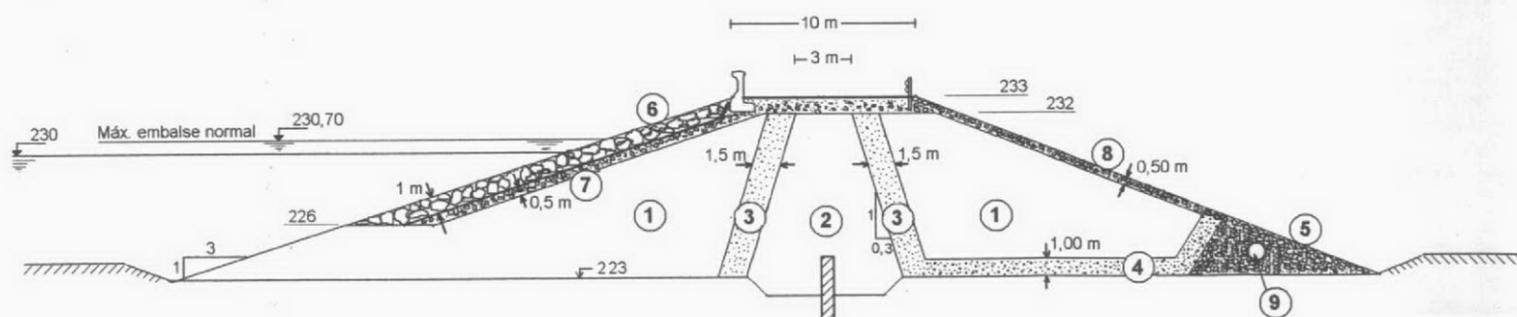
- ① Espaldones de gravas arenosas
- ② Núcleo impermeable de arcillas y limos
- ③ Filtros de arenas clasificadas
- ④ Dren de gravas arenosas clasificadas
- ⑤ Filtro de pie de gravas clasificadas
- ⑥ Enrocado de protección
- ⑦ Capa de transición de gravas clasificadas
- ⑧ Protección de talud de gravas clasificadas
- ⑨ Tubo colector de drenajes
- ⑩ Pantalla colada de cemento-bentonita

Profundidad a definir.
Máxima estimada para
esta sección : 10 m

Sección C - C
Esc. 1:300



Sección B - B
Esc. 1:400



Profundidad a definir.
Máxima estimada para
esta sección : 15 m

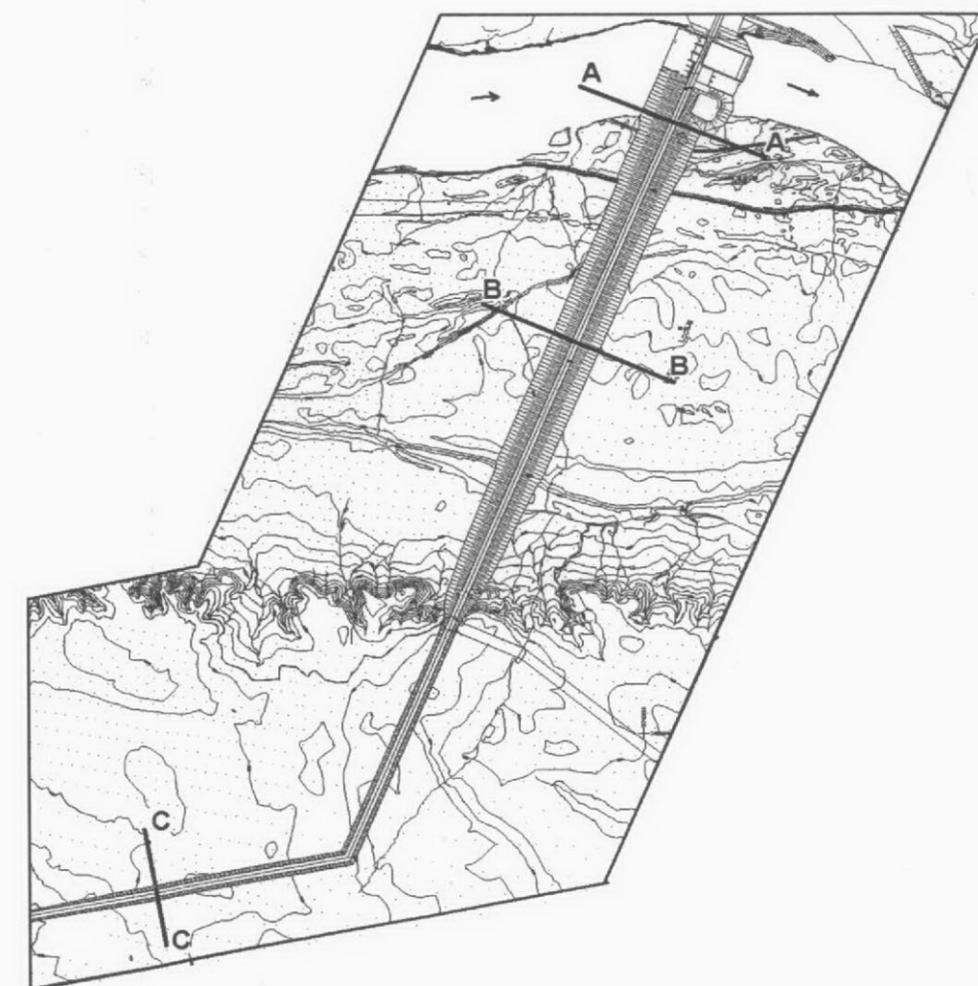


Figura N° 7.1

Embalse Compensador de Casa de Piedra
Alternativa de Cierre Inferior "La Correntada"
Secciones de la Presa de materiales sueltos

7.1.2. Cálculo del Resguardo

Para calcular el resguardo respecto de la sobreelevación del nivel del agua por las olas generadas por acción del viento, se ha tomado en forma conservadora un fetch efectivo de 13 km que es la distancia según una línea normal al eje de la presa hasta su intersección con la margen izquierda en el recodo que desarrolla el río inmediatamente aguas arriba del Cierre Superior.

A tal efecto se ha aplicado la fórmula de Molitor-Stevenson :

$$h_w = 0,76 + 0,032 \cdot \sqrt{V_v \cdot F} - 0,27 \cdot \sqrt[3]{F}$$

donde :

h_w = altura de la ola eólica (m)

V_v = velocidad del viento (km/h)

F = fetch efectivo (km)

Resultando para $F = 13$ km y $V_v = 120$ km/h : $h_w = 1,51$ m

La altura de trepada de la ola sobre el talud (run-up) se estima equivalente a 1½ veces su propia altura, por lo que el resguardo debiera ser

$$R = 1,5 \cdot h_w = 2,26 \text{ m; se adopta : } \mathbf{R = 2,30 \text{ m}}$$

Para el máximo nivel normal de embalse previsto a cota 230,70, la cota de coronamiento debiera ser: 233,00 m, tal como se contempla en el presente Estudio.

Por su parte, no se ha considerado ningún efecto sísmico en la generación de la ola, debido a que la obra estará ubicada en una zona de sismicidad muy reducida.

7.1.3. Ancho del Coronamiento

- Ancho mínimo:

$$B \geq 3 + 1,5 \cdot \sqrt[3]{H - 15m}$$

a) Según Normas Españolas:

B = ancho de coronamiento (m)

H = altura de la presa (m)

Para la sección más alta (sección A-A de la Figura 7.1) $H \cong 15$ m $\Rightarrow B_{\min} = 3$ m

b) Según recomendaciones del U.S. Bureau of Reclamation:

$$B \geq 3m + H/5 \Rightarrow B_{\min} = 6 \text{ m}$$

Se ha adoptado un ancho de 10 m previendo una calzada de dos carriles para circulación de vehículos.

7.2. Materiales a Utilizar

7.2.1. Espaldones de la Presa

Se prevé usar gravas arenosas de yacimientos a explotar en la planicie superior existente en ambas márgenes del Río Colorado. Se trata de materiales bien graduados, con bajo contenido de finos, compuestos básicamente por rodados bien redondeados de rocas volcánicas, especialmente basálticas. Son los denominados rodados patagónicos o de la Formación Tehuelche. En la Figura 7.2 se presentan dos curvas granulométricas características de estos materiales correspondientes a valores medios de muestras tomadas sobre ambas márgenes.

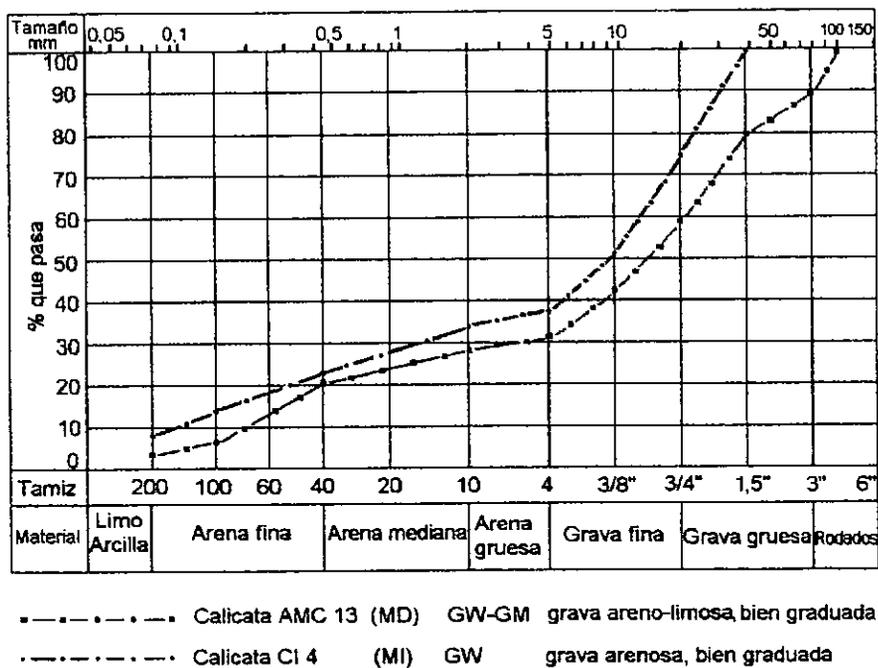


Figura 7.2

7.2.2. Núcleo Impermeable

En principio se prevé emplear los suelos cohesivos investigados en el antiguo meandro del río, contiguo a la traza del Cierre Superior (ver en 1° Informe Parcial, Anexo A. Geotecnia los perfiles de calicatas C1, C2, C4, C5, C6, C7 y C8). Las características medias de estos materiales son: arcillas limosas de mediana y alta plasticidad, y limos arcillosos de alta plasticidad.

En la Figura 7.3 se han representado sobre una Carta de Plasticidad los valores medios de un conjunto de determinaciones de los límites de consistencia de muestras de las calicatas indicadas.

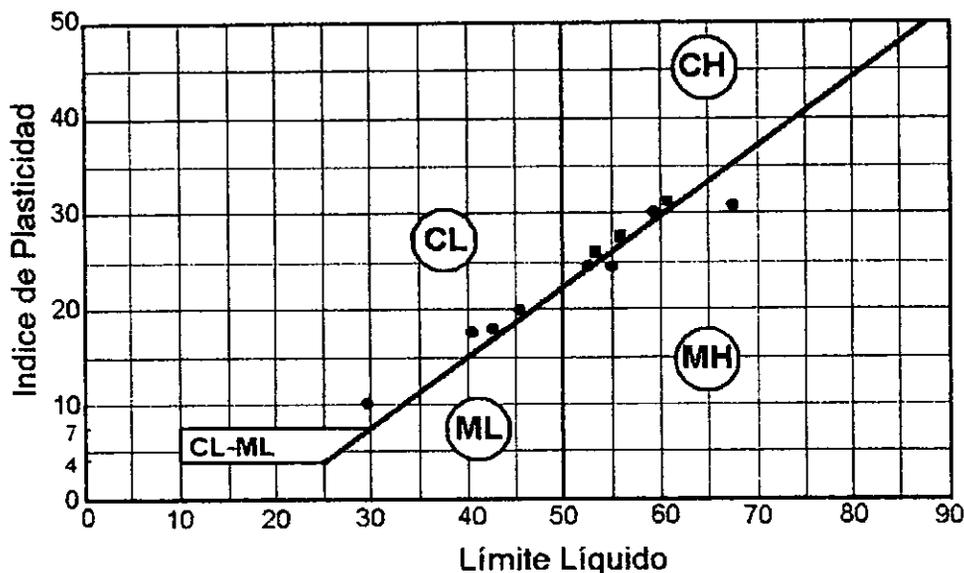


Figura 7.3

Sobre estos materiales se han realizado diversos ensayos cuyos resultados se resumen a continuación:

- Ensayos de compactación Proctor para tres energías de compactación; los que arrojaron valores de densidades secas máximas ($\gamma_d \text{ máx}$) de 1,57 a 1,65 gr/cm^3 en la calicata AMC1 (suelo MH), y de 1,68 a 1,83 gr/cm^3 en la calicata AMC2 (suelo CL).
- Ensayos de permeabilidad sobre suelos compactados con la máxima densidad del ensayo Proctor Estándar :
 - Calicata AMC1 (MH) : $k = 2,36 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$.
 - Calicata AMC2 (CL) : $k = 1,60 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$.
- Ensayos de dispersividad Pin Hole con materiales de las calicatas AMC1, AMC2 y AMC7y8; de acuerdo a sus resultados se trata de suelos no dispersivos.

7.2.3. Filtros del Núcleo

Se han encontrado depósitos de arenas limpias que podrían ser utilizadas para los filtros de protección del núcleo. Uno de estos depósitos se ubica en la zona de excavación del canal del 1º desvío y los materiales son arenas mal graduadas (SP) con algo de grava.

[Handwritten signature]

7.2.4. Drenaje, Transiciones y Protección del Talud Seco

Para el filtro de pie de talud, la solera drenante bajo el espaldón de aguas abajo, la capa de transición sobre la que apoyará el enrocado de protección del talud de aguas arriba, y la capa de protección del talud de aguas abajo, se deberán emplear gravas de los yacimientos ya mencionados, pero clasificadas para lograr una granulometría adecuada a la función de en cada caso deben satisfacer cada uno de los elementos mencionados.

7.2.5. Enrocado de Protección

Para el enrocado de protección del talud de aguas arriba contra el oleaje se han realizado algunas investigaciones sobre areniscas aflorantes en la subida de la Ruta Provincial N° 34 (La Pampa) y áreas cercanas; ubicadas a cortas distancias de la traza de la presa de La Correntada. Las características de estas rocas son:

- Peso específico seco: $2,504 \text{ gr/cm}^3$
- Absorción de agua: 3,1 %
- Peso específico saturado a superficie seca: $2,58 \text{ gr/cm}^3$
- Índice de durabilidad en ensayo de abrasión con humedecimiento y secado: ID = 96%
- Expansión en etilenglicol: pérdida del 0,5% en peso
- Durabilidad por ataque de sulfato de sodio: desagregación total

Tales ensayos preliminares se realizaron sobre algunos trozos sueltos tomados en la zona de los afloramientos y deben considerarse sólo ilustrativos de características muy generales de estas rocas. Para tener una opinión concluyente sobre la aptitud de esa arenisca para uso como material de rip rap, se requerirán investigaciones más amplias que incluyan la realización de ensayos apropiados sobre muestras obtenidas de perforaciones profundas representativas del volumen de material potencialmente utilizable para ese fin.

7.3. **Predimensionado de la Presa**

7.3.1. Taludes

Se han adoptado taludes 1:3 para aguas arriba y 1:2,5 para aguas abajo; que pueden considerarse algo conservadores, para el tipo de material a emplear en los espaldones. Pero ello ha sido considerando la menor resistencia que presentarían los materiales de fundación respecto de los

AZ

del cuerpo de la presa y también el hecho de que, en ciertos eventos hidrológicos extraordinarios, podría ser necesario producir desembalses rápidos.

7.3.2. Núcleo

El ancho del núcleo ha sido determinado con la condición de que en la base de la sección más alta el gradiente hidráulico sea aproximadamente igual a 1 y a su vez, por razones constructivas, se ha adoptado un ancho de 3 m para el coronamiento. Con estas condiciones se ha dado a las caras del núcleo pendientes de 1V : 0,3H.

7.3.3. Filtros y Solera Drenante

Por razones constructivas se ha dado a los filtros de protección del núcleo un ancho de 1,50 m en horizontal y se ha procedido a verificar la permeabilidad necesaria del material a emplear para la construcción de los mismos. Verificados los filtros, se procedió a dimensionar la solera drenante prevista para evacuar la descarga de los filtros y para captar las filtraciones desde la fundación y disipar eventuales subpresiones en la base de la presa. El esquema para cálculo es el siguiente:

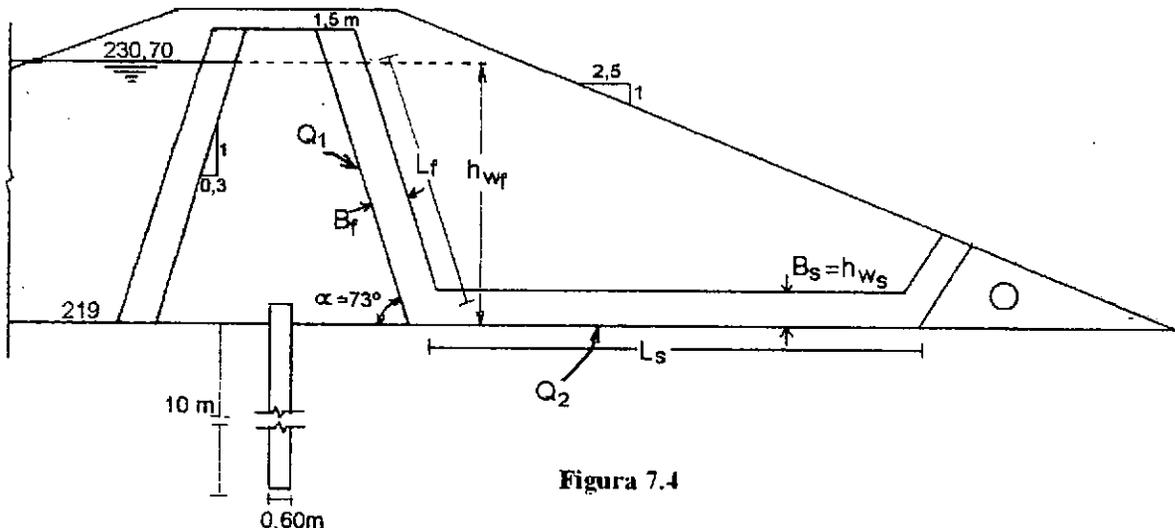


Figura 7.4

donde :

Q_1 = caudal de filtración a través del núcleo

Q_2 = caudal de filtración desde la fundación

h_{wf} , h_{ws} = cargas hidráulicas en el filtro y en la solera drenante, respectivamente

L_{wf} , L_{ws} = recorrido del flujo en el filtro y en la solera drenante, respectivamente

Handwritten signature

Cálculo de Q1:

Los ensayos de permeabilidad del material compactado del núcleo han dado valores del coeficiente de permeabilidad del orden de $k = 2 \times 10^{-7}$ cm/s (ver # 3.2.2). Este valor corresponde a la permeabilidad en sentido normal a los planos de compactación de las probetas, por lo que debería asumirse como la permeabilidad en sentido vertical, k_v , para el núcleo. Se ha tomado para el cálculo un permeabilidad mayor : $k_v = 10^{-6}$ cm/s.

También se ha tenido en cuenta que el efecto de laminación que produce la compactación por capas hace que la permeabilidad en sentido horizontal sea mayor que en el sentido vertical, $k_H > k_v$. Se asume $k_H = 10 \cdot k_v$

Para calcular el caudal se ha trazado la red de flujo a través del núcleo aplicando la transformación de Samsioe:

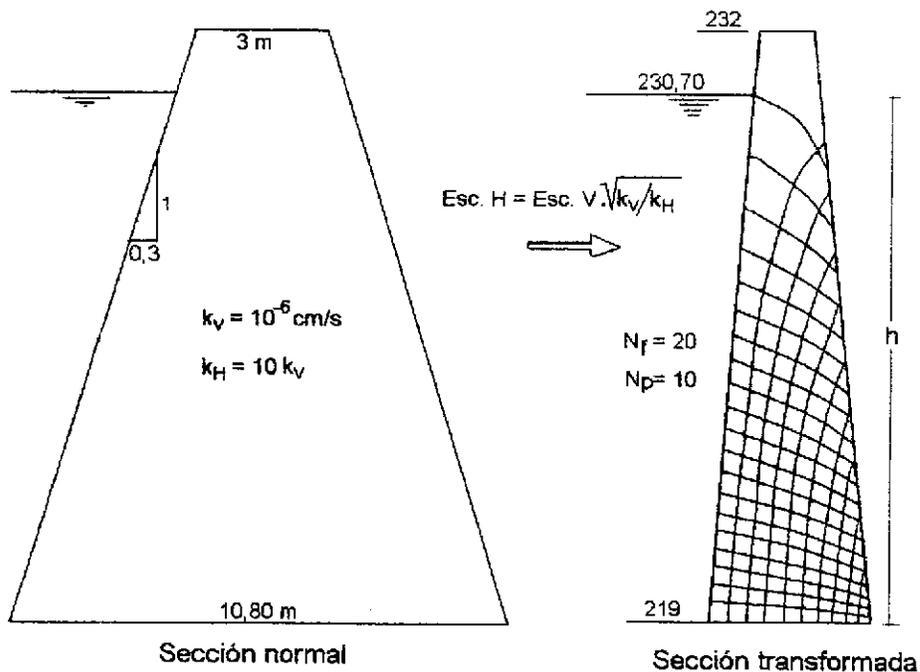


Figura 7.5

$$Q_1 = h \times \frac{N_f}{N_p} \times \sqrt{k_H \times k_v} = 11,70m \times \frac{20}{10} \times \sqrt{10 \times k_v^2} = 7,4 \times 10^{-3} \frac{cm^3}{s \times cm}$$

Cálculo de Q2:

Caudal que pasa a través de la pantalla de cemento-bentonita

Handwritten signature or mark.

$$k_{\text{pantalla}} \approx 10^{-6} \text{ cm/s} \quad H_{\text{pantalla}} = 10 \text{ m} \quad e = 0,60 \text{ m} \quad h = 11,70 \text{ m}$$

$$Q_2 = 10^{-6} \frac{\text{cm}}{\text{s}} \times \frac{11,70\text{m}}{0,60\text{m}} \times 10\text{m} = 1,95 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^3}{\text{s} \times \text{cm}}$$

Se asume que la solera drenante capta el flujo Q_2 , sin considerar el menor flujo resultante por las pérdidas de carga en el subsuelo.

Permeabilidad necesaria del filtro :

$$k_f = \frac{Q_1 \times L_f}{B_f \times h_{wf}} = \frac{7,4 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}^3}{\text{s} \times \text{cm}} \times 12,20\text{m}}{1,44\text{m} \times 11,70\text{m}} = 5,4 \times 10^{-5} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

Para el ancho adoptado, la permeabilidad requerida es mucho menor que la correspondiente a una arena pobremente graduada como la que se prevé emplear para construir los filtros

Espesor de la solera drenante:

La solera drenante cumplirá la doble función de conducir el flujo de filtración que pasa a través del núcleo y es captado por el filtro, y captar las filtraciones provenientes del subsuelo disipando las subpresiones en la base de la presa. Deberá tener una permeabilidad elevada, pero también deberá cumplir con la condición de filtro de los materiales de fundación, que en general son arenas limosas o limos arenosos. Se ha previsto entonces el uso de gravas arenosas clasificadas para que cumplan con estas condiciones.

Se ha calculado el espesor mínimo de la solera drenante adoptando un coeficiente de permeabilidad relativamente conservador: $k_s = 10^{-2} \text{ cm/s}$

$$B_s = \frac{Q_1 + Q_2}{k_s \times h_{ws} / L_s} \quad h_{ws} = B_s \quad \Rightarrow \quad B_s = \sqrt{\frac{(Q_1 + Q_2) \times L_s}{k_s}}$$

$$Q_1 = 7,4 \times 10^{-3} \frac{\text{cm}^3}{\text{s} \times \text{m}} \quad Q_2 = 1,95 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^3}{\text{s} \times \text{m}} \quad L_s = 24\text{m} \quad k_s = 10^{-2} \text{ cm/s} \quad \Rightarrow \quad B_{s \text{ min}} = 0,79\text{m}$$

Se adopta: $B_s = 1 \text{ m}$



7.3.4. Protección de los Taludes

Talud de aguas arriba:

Para determinar el tamaño de los bloques del rip-rap se ha empleado la fórmula de Hudson :

$$W = \frac{\gamma_r \times h_w^3}{K_D \times \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1\right)^3 \times \cotg \alpha}$$

W = peso de los bloques de la primera capa de protección, que debe ser sobrepasado por el 50% del material, con límites: $W_{\max} = 3,5.W$ $W_{\min} = 0,25.W$

γ_r = peso unitario de la roca saturada a superficie seca: $2,58 \text{ t/m}^3$

γ_w = peso unitario del agua: 1 t/m^3

α = ángulo del talud con la horizontal: 1:3, $18,4^\circ$

h_w = altura de la ola: $1,51 \text{ m}$

K_D = coeficiente que depende de la forma de los bloques, del espesor y método de colocación.

Para 2 capas de protección y bloques angulares: $K_D = 3,5$

$$W_{\max} = 3,5 \times 0,21 = 0,74t \quad W_{\min} = 0,25 \times 0,21 = 0,05t$$

$$W = \frac{2,58 \times 1,51^3}{3,5 \times \left(\frac{2,58}{1} - 1\right)^3 \times \cotg 18,4} = 0,21t$$

Diámetro equivalente:
$$d_e = \sqrt[3]{\frac{6 \times W}{\pi \times \gamma_r}} = 0,54m$$

Bloque cúbico equivalente:
$$b_e = \sqrt[3]{\frac{0,21}{\gamma_r}} = 0,43m$$

El espesor de la 1ª capa debe ser 1,5 a 2 veces el lado del bloque cúbico equivalente:

$$e = 0,65 \text{ a } 0,86 \text{ m}$$

Según recomendaciones del U.S. Bureau of Reclamation:

para fetch = 13 km $e \approx 0,89 \text{ m}$ y $W_{\max} \approx 1,8 \text{ t}$



Se adopta una capa de rip-rap de 1 m de espesor con una capa de transición de 0,50m de espesor que cumpla función de filtro entre el material del espaldón y el rip-rap.

7.3.5. Pantalla Impermeable

Se ha previsto una pantalla impermeable para interceptar el flujo subterráneo bajo la presa. Es una pantalla colada de cemento-bentonita. La zanja se excava con cuchara del tipo almeja montada en barra "Kelly", manteniendo la zanja llena con una mezcla de cemento y bentonita, con o sin agregados, que mantiene estable la excavación y que al fraguar constituye la pantalla impermeable. A la mezcla se le agregan aditivos químicos para controlar el tiempo de fraguado para mantenerla fluida durante la excavación. Se excavan paños alternados de anchos entre 5 y 7 m, y luego se completan los paños intermedios. El espesor, para pantallas no muy profundas, es normalmente de 0,60 m, que es el valor adoptado para este anteproyecto. Las juntas entre paños se materializan con el simple raspado del paño adyacente durante la excavación. El coeficiente de permeabilidad de estas pantallas es del orden de 10^{-6} cm/s.

La pantalla se extenderá en profundidad hasta alcanzar y penetrar en las capas de areniscas medianamente cementadas que constituirían el piso de los depósitos aluviales sobre los cuales se fundará la presa. Por el momento la profundidad de esos mantos consolidados ha sido estimada en función del rechazo producido durante la ejecución de los sondeos con ensayos SPT realizados a lo largo de la traza (ver Figura N° 3 del Anexo A Geotecnia). Bajo esta hipótesis, se ha estimado una profundidad máxima del orden de 15 m para el tramo central de la presa sobre margen derecha. Para el tramo con sección de mayor altura, ubicado en el cauce lindando con la estructura del vertedero, se estima que la profundidad necesaria de la pantalla será menor. Por esta razón en la evaluación de las filtraciones a través de la pantalla realizada en el # 3.3.3. se tomó una profundidad de 10 m.

7.3.6. Tratamiento de la Fundación

Entre progresivas aproximadamente 800 y 1300, en margen derecha, los sondeos realizados con ensayos SPT han mostrado que dentro de profundidades que varían entre 4 y 11 m, según los puntos de sondeo, se encuentran suelos arenosos de muy baja compacidad. Las determinaciones de densidad realizadas en la Calicata CD17 corroboran esta situación (ver # 1.5.5. del Anexo A-Geotecnia del 1° Informe Parcial). Se ha previsto para este tramo un tratamiento de compactación dinámica en toda el área a ocupar por la presa, que sería de aproximadamente $500 \text{ m} \times 85 \text{ m} = 42.500 \text{ m}^2$



La compactación dinámica consiste en la aplicación de golpes en forma repetida sobre la superficie del terreno dados por una maza de gran peso que es dejada caer desde cierta altura por una grúa de gran porte. La profundidad hasta la cual tendrá efecto la densificación del suelo dependerá de la energía del impacto. Hay expresiones propuestas por varios autores para evaluar dicha profundidad:

$$D = \sqrt{W \times H} \quad \text{Menard y Broise, 1975}$$

$$D = 0,5\sqrt{W \times H} \quad \text{Leonard et al, 1980}$$

$$D = 0,65 \text{ a } 0,80\sqrt{W \times H} \quad \text{Lukas, 1980}$$

D = profundidad de tratamiento (m)

W = peso de la maza (t)

H = altura de caída (m)

En nuestro caso, de acuerdo a los resultados de las investigaciones realizadas en esta primera etapa de proyecto, la profundidad media del tratamiento sería del orden de 7 m, con un máximo de 11 m. Si de las expresiones anteriores tomamos la de Leonard, que es la más conservadora, la energías necesarias para la profundidad media y para la máxima serían :

$$W \times H_{\max} = \left(\frac{11m}{0,5}\right)^2 = 484 t \times m \quad W \times H_{\text{med}} = \left(\frac{7m}{0,5}\right)^2 = 196 t \times m$$

Los tratamientos con equipamiento estándar de gran porte son con mazas de 15 a 20 t que se dejan caer desde alturas máximas del orden de 20 a 25 m. Esto significa un entorno de energía aplicada por golpe de entre 300 a 500 t.m. Vemos entonces que en nuestro caso el tratamiento podría realizarse con equipamiento estándar, es decir con grúas disponibles en el mercado local.

8. ANTEPROYECTO DE LAS OBRAS COMPLEMENTARIAS

En este apartado del Anteproyecto Preliminar de las obras del Embalse Compensador se tratan individualmente las estructuras componentes de su Proyecto, que son complementarias de la presa de materiales sueltos, cuyo diseño preliminar fue desarrollado en el apartado precedente.



8.1. Obras de Desvío

Teniendo en cuenta los registros hidrológicos del Colorado y los caudales que realmente descargó Casa de Piedra durante el rico ciclo hidrológico 2.006/07 (erogación máxima total de 332 m³/s, por Central y Vertedero); y considerando, además, que se contará con la muy importante capacidad reguladora del Embalse de Casa de Piedra; para el Canal de 1° Desvío, se ha previsto un caudal de diseño de 350 m³/s para el Canal del 1° Desvío. Valor que se juzga suficientemente seguro, ya que, con un factible leve incremento de su tirante, podría conducir un caudal un 25% mayor.

Las obras para el 1° Desvío del río, en el Cierre de La Correntada, consisten en:

- Un canal excavado sobre la margen derecha del río Colorado; por una especie de antiguo paleocauce, que puede observarse claramente en la planialtimetría de la restitución; cuyo producto de excavación se usaría en la construcción de la presa..
- Una ataguía a establecer aguas arriba, para cerrar el curso actual del río (a ~45° de su eje), y encauzarlo hacia dicho Canal de Desvío; para cuya ejecución se contaría con la ayuda de un transitorio cierre o reducción de la descarga de Casa de Piedra.
- Otra ataguía, a establecer aguas abajo, con la que se conformaría el recinto de obra dentro del cual se construiría el sector izquierdo de la Presa, el Edificio del Vertedero y Central y las obras del Cierre Fusible.

Por su parte, para el 2° Desvío se prevé cerrar el ingreso a dicho Canal mediante una ataguía y reencauzar los caudales del río hacia el Edificio de Vertedero y Central, haciéndolos pasar por los vanos de esa estructura, en la condición que tendrían antes de su recrecimiento final y de la instalación de los generadores.

Para verificar las secciones hidráulicas necesarias para el escurrimiento de los caudales previstos, se han utilizado las expresiones de Manning que establecen su velocidad en función de las características del cauce y la pendiente longitudinal, según la ecuación:

$$V = R^{2/3} \cdot i^{1/2} / n$$

donde: V = velocidad media en (m/s).

i = pendiente longitudinal.

R = radio hidráulico de la conducción en (m).

n = coeficiente de rugosidad hidráulica.

El valor de los caudales que escurrirán por dicho Canal se establece multiplicando dicha velocidad por su sección transversal “Ω”; con lo que resultan ser:

$$Q = \Omega * V = \Omega * [R^{2/3} * i^{1/2} / n]$$

Para considerar la resistencia al escurrimiento por el cajero del canal se ha adoptado un coeficiente de Manning $n = 0,025$, teniendo en cuenta los siguientes factores influyentes en su valor:

- la rugosidad superficial, representada por el tamaño y disposición del material que conforma su perímetro mojado.
- la vegetación existente en su lecho.
- las irregularidades del canal, tales como variaciones de sección, depósitos y socavones.
- Cambios de alineamiento en el canal (curvas suaves o agudas en su desarrollo).
- tamaño y forma del canal, nivel y caudal que escurre.

Con la rugosidad hidráulica prevista ($n = 0,025$), una pendiente hidráulica similar a la natural de ese tramo del río ($i = 0,0005$), y adoptando un ancho mínimo de solera de 60m, para los máximos caudales previsibles, se tendrían tirantes del orden de los 3 m. En la siguiente Tabla 1 se dan los caudales que erogaría el Canal de 1º Desvío para distintas alturas de tirante y, en la Figura 8.1, se ha graficado la correspondiente ley H – Q de ese canal.

No se han considerado pérdidas de embocadura y salida, debido a que en ambos extremos se prevén anchos de solera progresivamente mayores que el mínimo de 60 m considerado en los cálculos.

Ley H-Q (Bf=60m - n=0,25)						
Bf m	h m	Bsup m	Area m ²	Per. Mojado m	Rh m	Q0.025 m ³ /s
60	0,0	60	0	60,0	0,000	0
60	0,5	62	30,5	62,2	0,490	17
60	1,0	64	62	64,5	0,962	54
60	1,5	66	94,5	66,7	1,417	107
60	2,0	68	128	68,9	1,857	173
60	2,5	70	162,5	71,2	2,283	252
60	3,0	72	198	73,4	2,697	343
60	3,5	74	234,5	75,7	3,100	446

Tabla 1- Ley H – Q de las obras de desvío

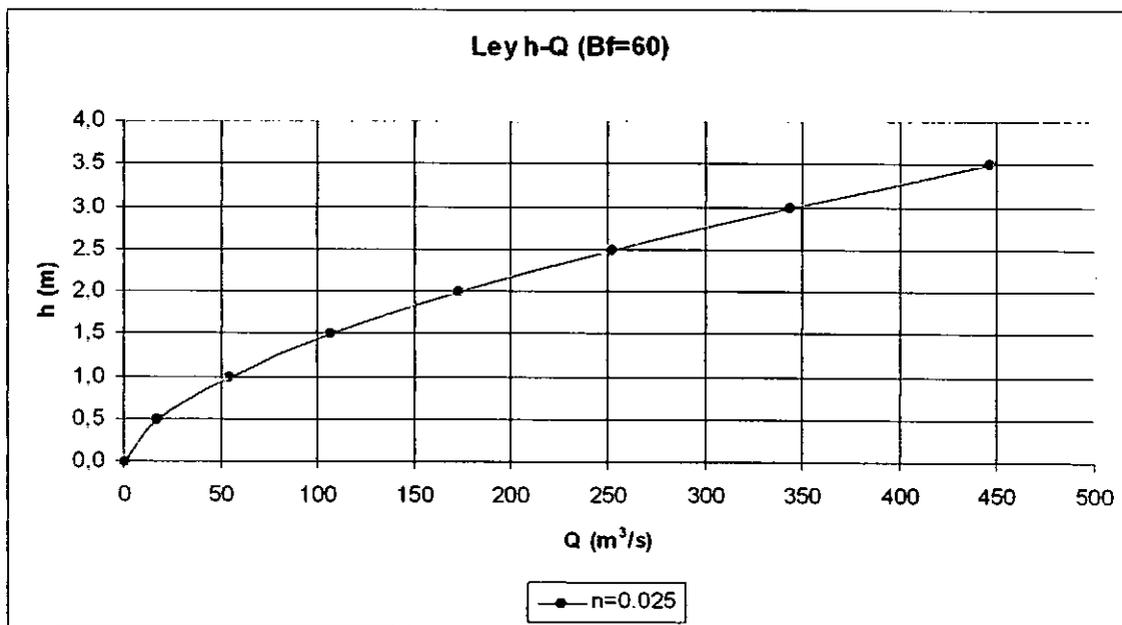


Figura 8.1 - Ley de descarga de las obras de desvío

Como ya se ha dicho, en este caso se dispondrá de la importante ventaja de que el Dique Compensador estará ubicado casi 60 Km aguas abajo de un embalse que tiene gran capacidad de regulación; lo que permitirá realizar anticipadamente un manejo que evite riegos, durante la construcción de la obra, de un sobrepaso en el Canal de Desvío.

De acuerdo a información obtenida de los responsables de la operación de Casa de Piedra, a ello se sumaría el hecho de que a lo largo de sus años de funcionamiento se habría registrado solamente un nivel 20 cm por encima del Nivel Normal de Embalse (283,00 m); por lo que se dispondría de gran revancha adicional para controlar posibles grandes derrames de crecientes (Nivel Máximo Extraordinario = 285,50 m).

8.2. Central Hidroeléctrica

La nueva represa en estudio; que operará como “embalse compensador” o “contraembalse” de Casa de Piedra; permitirá un mayor y mejor aprovechamiento de la potencia instalada en las dos turbinas existentes en su C.H., de 30 MW c/u; que casi nunca operan a pleno, ya que el caudal que puede turbinarse en Casa de Piedra no está determinado por razones energéticas, sino por el programa de desembalses establecido por la Autoridad de Cuenca (COIRCO); a fin de abastecer en forma adecuada las demandas de agua abajo, mantener en el embalse apropiada reserva de agua y capacidad para el control de crecientes.

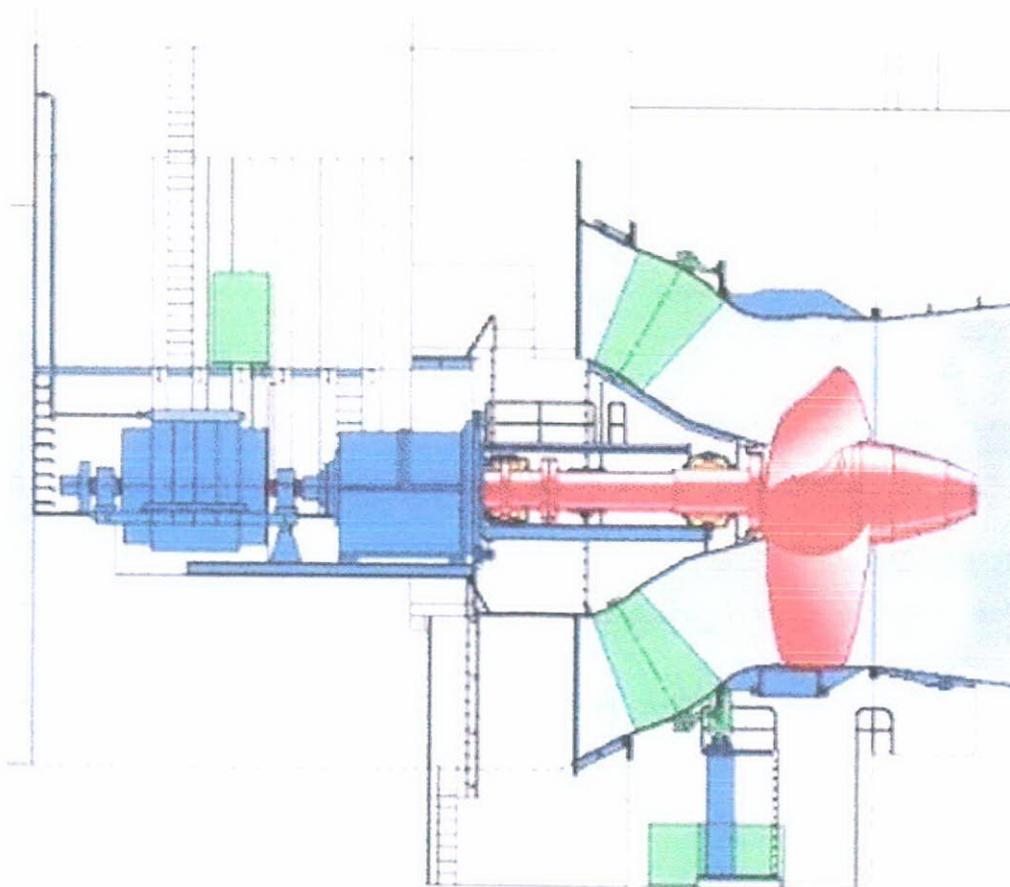
Para resolver esa fuerte restricción se requiere establecer, aguas debajo de la actual Central, un “embalse compensador”, con la construcción de un dique de menor magnitud; con la función

M

principal de uniformar hacia aguas abajo los variable y empuntados caudales que resultarían de procurar un mejor aprovechamiento de la potencia instalada en Casa de Piedra. De modo que las erogaciones resulten acordes con las Normas del Manejo de Aguas y con las referidas consignas de desembalse establecidas por COIRCO.

Las condiciones de descarga del Cierre de La Correntada (cota ~220,50 m) y el nivel del coronamiento adoptada para su represa (233,00 m) permiten instalar allí una central de pasada con un salto aprovechable del orden de 10 m. Para el cual y con los caudales resultantes de la explotación de la Central de Casa de Piedra, resulta aconsejable equipar su Central al pie de presa con generadores tipo “Bulbo”; que tienen como ventaja adicional servir, a la vez, como descargador de fondo de la presa. También, a igualdad de potencia, esos equipos permiten lograr una mejor distribución de velocidades del agua sobre las palas, con lo que disminuye su diámetro, respecto a los que tendrían turbinas de eje vertical.

En el referido estudio preliminar del Compensador que fuera realizado el año 1993 ya se había considerado la instalación de dos generadores de tipo Bulbo, del orden de 5 MW cada uno; aunque cabe señalar que esos equipos bulbo “puro”, para las potencias en estudio, en general resultan más caros que un equipo bulbo “Pit” (ver Esquema 1).

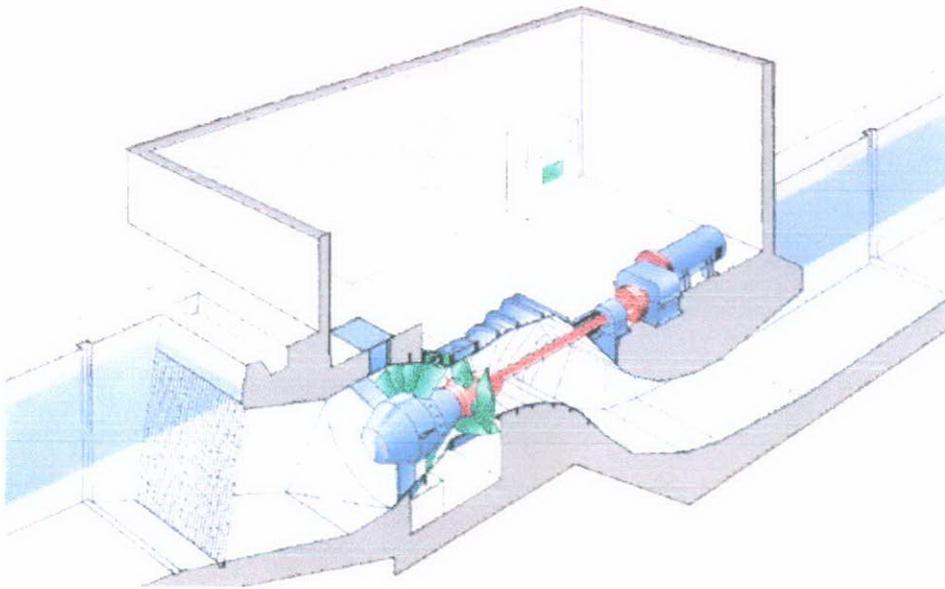


Esquema 1: Central Tipo Bulbo “Pit”

Para $H= 10\text{m}$ y $P= 5\text{MW}$ debe pensarse en una turbina de:

- Diámetro rodete $D=$ aproximadamente $3,00\text{ m}$
- Velocidad $n=$ aproximadamente 150 rpm

Para esa velocidad resulta más económico poner un multiplicador que eleve la velocidad a 750 ó 1000 rpm ; aunque una solución similar puede obtenerse con una turbina tipo bulbo S (ver Esquema 2)



Esquema 2: Central Tipo Bulbo "S"

Del análisis de la solución aplicable a nuestro caso, surgen las siguientes consideraciones:

- Para un salto de 10 m una solución con 4 álabes conlleva una sumergencia (distancia entre el nivel de aguas abajo y el eje de distribuidor) de turbina de aproximadamente 7 m , lo que determinaría muy importantes volúmenes de excavación.
- Para una sumergencia que demande menor excavación, se requeriría emplear un equipo de 5 álabes, que implica una sumergencia de aproximadamente $2,5\text{ m}$.
- Casi todos los fabricantes tienen desarrolladas estas turbinas como modelos estándar para "Kaplan S" con 4 y 5 álabes, y "Kaplan Pit" con 3 y 4 álabes. De tal manera que podría emplearse en este caso una "Kaplan Pit" con 5 álabes.
- El punto crítico de esta instalación es el multiplicador de velocidad; que si bien puede conseguirse, la experiencia indicaría que a partir de potencias del orden de $\sim 5\text{ MW}$

presentaría inconvenientes; salvo provisiones de gran calidad y de costos muy superiores. Por tales razones, se propone instalar más unidades de menor potencia.

- Otra consideración sobre multiplicadores de velocidad es que por arriba de ~2 MW no es conveniente colocarlos con ejes a 90°, sino paralelos. Esto es con una “Kaplan S” como muestra el anterior esquema 2.

Según las corridas del Modelo Hidrológico-Energético de Simulación, los máximos derrames que descargaría la C.H. Casa de Piedra serían equivalentes a ~180 m³/s; a los que habría deducirles algunas pérdidas en el tramo intermedio y los caudales derivados para riego; que serán marcadamente estacionales. Por tal razón, en los meses de invierno, en que estos serán nulos y las pérdidas casi irrelevantes, debe preverse que desde el Dique Compensador deban descargarse caudales máximos cercanos a esos 180 m³/s; pero variable hasta mínimos del orden de 45/50 m³/s.

A partir de tales condiciones hemos considerado conveniente fraccionar su potencia en tres unidades, con lo que se obtendría un mejor aprovechamiento energético de los caudales a erogar desde el Embalse Compensador; al posibilitar un mayor ajuste de estos a las condiciones operativas de su propia C.H.. En base a lo cual se propone instalar en ella tres turbinas Kaplan S, de ~5 MW c/u.

POTENCIA NOMINAL

DATOS

Salto (H)=	10	m
Caudal x máquina (Qm)=	60	m ³
Rendimiento (η) =	0,92	

Potencia instalada x máquina (P) = 5,4 MW

$$P = g \rho \eta Q H$$

Resulta, así, que para la C.H. propia del Dique Compensador se prevé una potencia instalada total de ~15 MW; fraccionada en tres unidades iguales. Cuya operación, en principio, se prevé hacerla en forma telecomandada desde la Central actual. En las Figuras 8.3 y 8.4 se muestran en planta y corte el conjunto de obras del Edificio Vertedero-Central.

8.3. Edificio Vertedero – Central

Para el diseño de cresta y demás componentes de la obra se han seguido los criterios y pautas del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos en su “Hydraulic Design of Spillways” (HDS); con la previsión de que el caudal erogado por el Vertedero será complementado con una

eventual descarga algo menor por la Sección Fusible de la presa; en caso de que ocurra una emergencia hidrológica extraordinaria; según ya fue expresado.

La cota de cresta del perfil vertedor se ha fijado en: NC = +223.00 m. y los niveles característicos de embalse son:

- Nivel normal del embalse: NNE: 230,70 m
- Nivel máximo del embalse: NME: 231.50 m

En la siguiente Tabla 2 se resumen de los datos de proyecto.

VERTEDERO

DATOS

N M E=	231.5 m	1.25 Hd	
N M N =	230.5 m		
Cota Fondo lecho =	219 m		
Nivel cresta=	223.0 m		
N° vanos=	3		
Ancho vano=	11.00 m		
Lb=	36.6 m		
N° pilas =	2		
Pila = Tipo 2	→	Ancho pilas = 1.80 m	(H D S - Apendix c - Plate 3-6)
		R= 0.90 m	(H D S - Apendix c - Plate 3-6)
Estribos	→	R= 0.90 m	

Tabla 2 - Resumen de datos del proyecto del vertedero

En la siguiente Tabla 3 se presentan los valores de los coeficientes de descarga, las longitudes efectivas y el caudal para las distintas alturas de la lámina vertida a superficie libre, que conforma la ley de descarga que está graficada en la Figura 8.2.

CAPACIDAD DE DESCARGA

He = Hnormal= 7.5 m
 Hd = 6.80 m
 p = 4.0 m
 Lneta = 33.0 m

229.8

$L_n = L_b - N^\circ \text{ pilas } B_{\text{pila}}$

$\left. \begin{matrix} He/Hd = 1.10 \\ p/Hd = 0.59 \end{matrix} \right\} \rightarrow C_d = 3.95 \quad ft^{1/2}/s = 2.18 \quad m^{1/2}/s$ (H D S - Appendix c - Plate 3-4)
 (H D C - III-21)

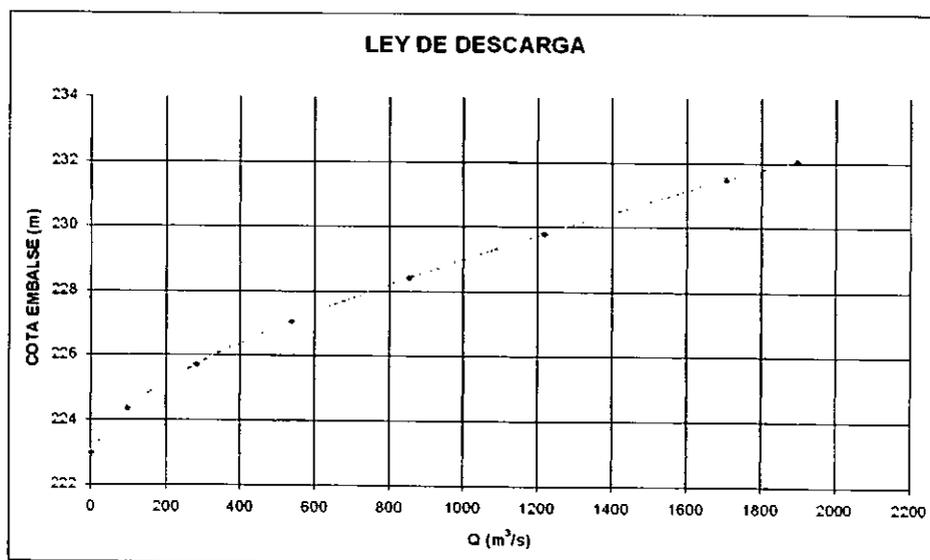
$He/Hd = 1.10 \rightarrow K_{pila} = 0$ (H D S - Appendix c - Plate 3-6) (H D C - III-5)
 $He/R = 8.29 \rightarrow K_{estribo} = 0.1$ (H D S - Appendix c - Plate 3-11) (H D C - III-3/1)

$L_e = 31.5 \text{ m}$ $L_e = L_n - 2 (N K_p + K_a) H_e$

$Q = 1411 \text{ m}^3/s$ $Q = C_d L_e H_e^{1.5}$

He/Hd	He (m)	Cota Emb (m)	He/R	Kp	Ke	Cd Ft ^{1/2} /s	Cd m ^{1/2} /s	Lef (m)	Q (m ³ /s)
0.0	0.00	223.00	0.0	0	0	0	0.00	0.00	0
0.2	1.36	224.36	1.5	0.05	0.03	3.29	1.82	32.65	94
0.4	2.72	225.72	3.0	0.03	0.06	3.49	1.93	32.35	280
0.6	4.08	227.08	4.5	0.02	0.07	3.66	2.02	32.10	535
0.8	5.44	228.44	6.0	0.01	0.08	3.81	2.10	31.91	852
1	6.80	229.80	7.5	0	0.09	3.91	2.16	31.78	1216
1.25	8.50	231.50	9.4	0	0.1	3.98	2.20	31.30	1704
1.33	9.07	232.07	10.0	0	0.1	4.03	2.22	31.19	1894

Tabla 3- Ley de descarga aliviadero



Handwritten signature

Figura 8.2 - Ley de descarga del vertedero

El caudal máximo de 1.411 m³/s, previsto en el diseño del aliviadero, podrá ser evacuado por él cuando el nivel del embalse se aproxima a la cota + 230.50 m. No obstante, se advierte que para que la Sección Fusible descargue ~1.350 m³/s se requiere que el embalse tenga cota 231,50 m; en cuyo caso la correspondiente erogación por el vertedero resultaría del orden de 1.650 m³/s. Es decir que en conjunto estarían descargando los referidos 3.000 m³/s.

Un cuenco disipador a resalto, conformado por una pileta rectangular con escalón final, se considera que, en este caso, es el mejor sistema de disipación de energía aplicable en la descarga final. La propiedad esencial del resalto hidráulico se basa en la transformación de energía cinética en otra potencial, con completa disipación por el proceso de turbulencia que se registra a la salida. Por otra parte, tal solución es de uso frecuente en situaciones similares. Para que el resalto quede contenido dentro del cuenco amortiguador el tirante de restitución del río (h_r) debe ser siempre mayor o igual que el tirante conjugado a la salida del resalto (h_2). De no producirse naturalmente, se lo fuerza a que ocurra mediante un escalón final; como sucede en este caso.

La condición más desfavorable para la formación del resalto hidráulico corresponde al caudal máximo que puede evacuar el vertedero para la cota de embalse ~231,50 m, que sumado al caudal que pueden erogar las turbinas determina un nivel en la restitución con un tirante del orden de $h_r \sim 5,20$ m.

Este valor y el número de Fraude en el ingreso $F_1 = 3.1$, permite calcular los tirantes conjugados del resalto h_1 y h_2 y consecuentemente el largo y profundidad de la pileta:

$$h_1 = 3,05 \text{ m}$$

$$h_2 = 11,90 \text{ m}$$

La longitud de la pileta (L_c) debe ser tal que el resalto quede contenido dentro del cuenco. La determinación de la longitud del resalto surge de la aplicación de la siguiente expresión de Smetana:

$$L_r = 6 (h_2 - h_1) = 53,2 \text{ m}$$

El escalón necesario para garantizar la formación del resalto dentro del cuenco es de 6.75 m y los parámetros característicos del mismo son:

$$h_2 = 11.92 \text{ m} < 11.95 \text{ m} = h_r + \Delta y$$

Las paredes laterales deben ser suficientemente elevadas para evitar que el resalto desborde sobre las mismas, es decir, que tendrán una altura igual al tirante conjugado a la salida del resalto (h_2) más cierto margen de seguridad. De ese modo se tiene una altura del cuenco:

$$H_c = h_2 + \text{revancha} = 1.1 h_2 = 13.15 \text{ m}$$

el ancho del cuenco (B_c) es similar a la longitud bruta del vertedero (L_b), por lo tanto:

$$B_c = L_b = 36,6 \text{ m}$$

8.4. Cierre Fusible

Tal como ya fuera indicado al tratar los criterios de diseño de las obras de alivio; se ha previsto establecer una sección fusible en la presa, a fin de poder evacuar por ella un caudal solo algo menor al erogado por el Vertedero, en el hipotético caso que desde la presa Casa de Piedra se concretase su máxima descarga posible de $\sim 3000 \text{ m}^3/\text{s}$.

La Sección Fusible de una represa de este tipo presenta la particularidad de que, mientras la Obra funciona en condiciones normales, tiene el mismo comportamiento y condiciones de seguridad que el resto de la presa de materiales sueltos; pero que, superado el nivel de embalse preestablecido para ello, por allí pueda iniciarse en forma casi automática, un proceso localizado de erosión controlada; que permite una gran descarga de caudal sin afectar la estabilidad global de la Obra.

En esta etapa preliminar de su diseño, con carácter provisorio, se indican los anchos y cotas necesarias para su funcionamiento como vertedero de pared gruesa, para poder evacuar el caudal complementario requerido en tal emergencia. En etapas posteriores del diseño de la Obra deberá examinarse con mayor detalle las dimensiones y características de sus estructuras, como así también la posible automatización de la rotura inicial de ese sector de presa, con la previsión de que la misma se inicie cuando el embalse llegue a cota 231,50 m. Para lo que, en la etapa del proyecto ejecutivo, convendría realizar ensayos sobre modelo.

Para esta primera verificación de la capacidad de descarga de la Sección Fusible de la Presa se ha considerado una sección de escurrimiento rectangular de ancho B , por la que escurre la vena líquida con una carga H sobre su cresta, evaluando su gasto con la ecuación:

$$Q = B * m * (2g)^{1/2} * H^{3/2}$$

siendo "m" el respectivo coeficiente de gasto. Los datos adoptados y ley de descarga se resumen en la siguiente Tabla 4.



VERTEDERO FUSIBLE

DATOS

N.M.N.= 230,5 m

N.M.E.= 231,5 m

Nivel rebajado

= 231 m

Nivel cresta = 227,5 m

B = 100 m

Capacidad de Descarga

m =
0,385

h [m]	Q [m ³ /s]
0,5	60
1,0	171
1,5	313
2,0	482
2,5	674
3,0	907
3,5	1117
4,0	1364

Tabla 4- Ley de descarga de la presa fusible

Con nivel de embalse ~231,50 m se tendría, así, una capacidad de descarga adicional del orden de 1.350 m³/s, que sumada a la propia del vertedero, permitiría evacuar los hipotéticos 3.000 m³/s; que en una emergencia hidrológica extrema, teóricamente, podrían descargarse desde Casa de Piedra.

En lo que será el vano del cuerpo de presa, que debe removerse en caso de que se habilite el Cierre Fusible, se prevé construir una losa en su solera y pantallas laterales de H° A°, a fin de controlar y limitar el proceso erosivo; estructuras que continuará una ancha canaleta del mismo material, hasta su descarga en el río, a un nivel algo menor que su fondo actual. Su estudio particularizado se hará en una etapa más avanzada del diseño de Compensador. Además, para una mejor protección del vecino Edificio Vertedero-Central se prevé hacer un enrocado sobre su costado derecho, para evitar que un eventual desborde de la descarga del Fusible pueda afectar esa estructura.

8.5. Toma de Riego

Para poder alimentar, en forma gravitacional, el área dominable en la margen Sur, se proyecta establecer, sobre el sector derecho de la presa, una Obra de Toma, con capacidad para

derivar en una primera etapa un caudal de ~15 m³/s; con él que podría alimentarse el riego eficiente de una superficie neta cultivada del orden de 12.000 Ha; incrementable sin dificultades, hasta ~25 m³/s. En cambio, como ya fue indicado, no podrán abastecerse en forma gravitacional las tierras regables sobre la meseta izquierda, debido a su mayor altitud; aunque podrían ser alimentadas por bombeo, con una parte menor de la energía generada por la propia Central del Compensador.

Dicha Obra de Toma de se erigiría donde la represa asciende a la meseta derecha y constaría de dos conductos rectangulares (2,50 m x 3,00 m) insertos en el cuerpo de la presa (ver Plano N° 4 del Anexo Planos y Figuras, Planta General y Figura N° 8.6, diseño de la Toma); que irán precedidos de rejas y seguidos de compuertas para poder regular el caudal derivado. Dicha estructura podrá complementarse, luego, con dispositivos que permitan el control y medición automática del mismo.

Para el adecuado diseño definitivo de la Obra y del arranque del Canal Troncal derivado, será necesario contar con mayor información planialtimétrica sobre el área intermedia dicha Toma y el inicio del área a regar en la Margen Derecha.

8.6. Obras en el Coronamiento de la Presa

Para facilitar el tránsito vehicular sobre la Presa y la comunicación vial entre ambas márgenes, sobre su coronamiento, se proyecta establecer una calzada firme, según normas de Vialidad; que, por ambos lados, se conectaría con las rutas secundarias próximas (a ~5 km al Norte Ruta 34 consolidada; a ~2 Km al Sur ruta de tierra). En la parte correspondiente a la Sección Fusible irá una calzada fácilmente removible, en un evento extraordinario que requiriese su habilitación como obra de alivio.

Para mejor protección del coronamiento de la Presa, pero también para darle mayor seguridad a la obra, en un evento que pueda producir niveles de embalse por encima del máximo normal; donde concluye la parte superior del rip rap, se prevé establecer un dispositivo de control del oleaje; de características similares al existente en el coronamiento de la presa de Casa de Piedra.



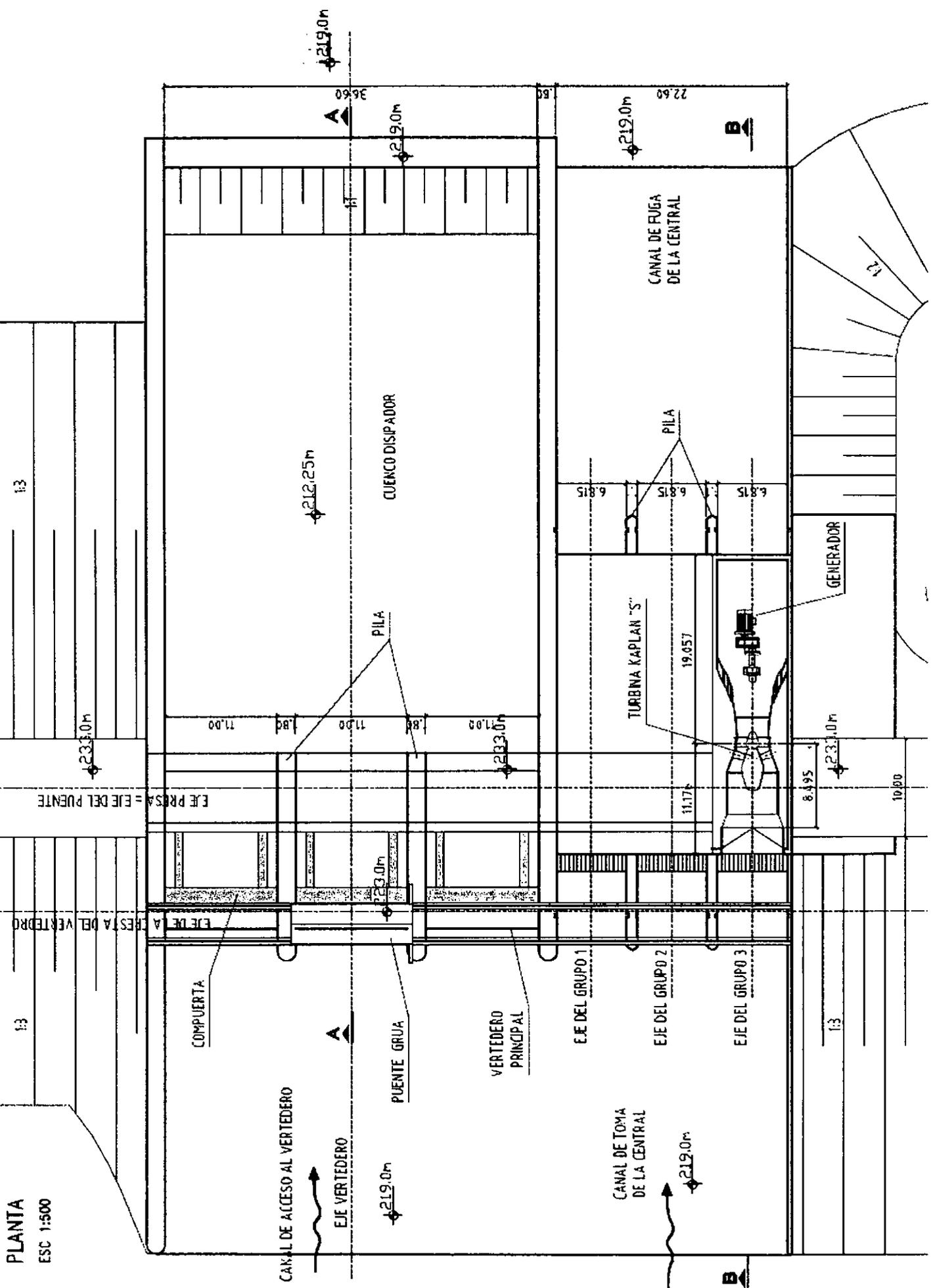


Figura 8.3 – Planta de aliviadero y central

121

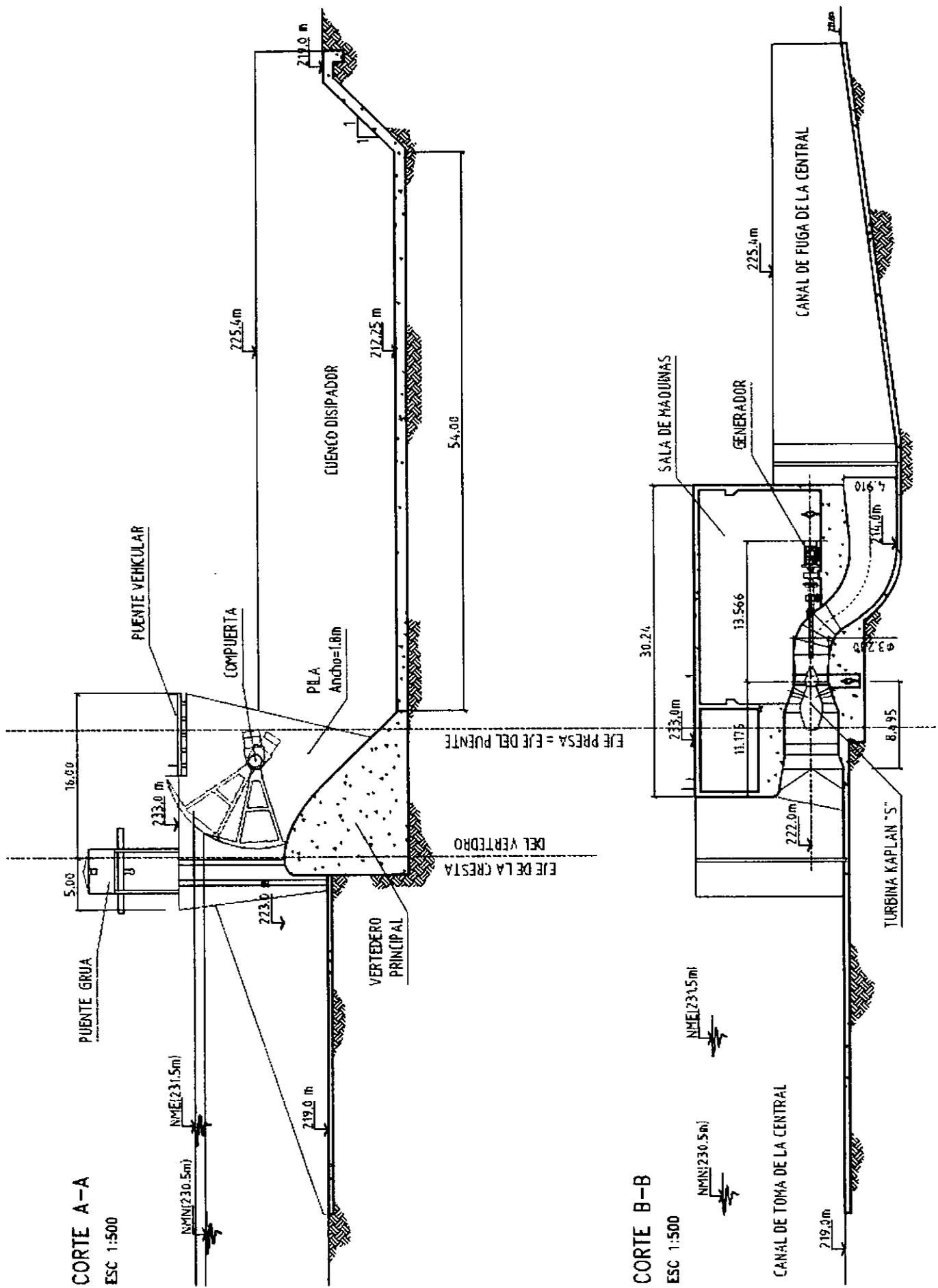


Figura 8.4 - Cortes tipo en aliviadero y central

Te

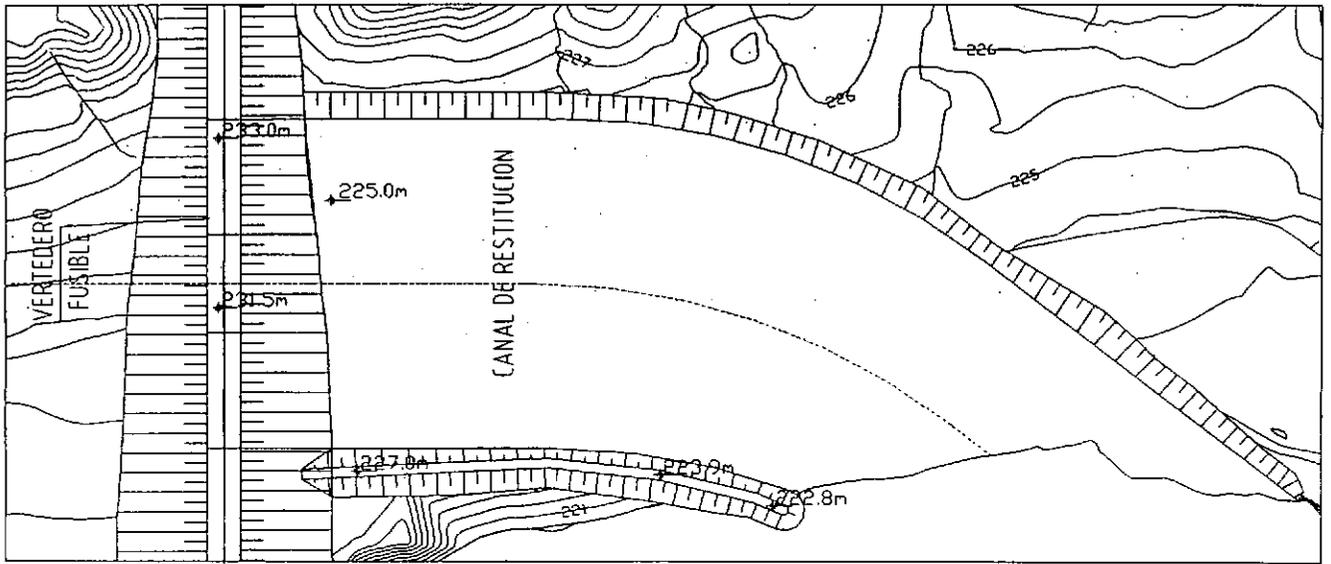


Fig. 8.5 - Vertedero Fusible

Handwritten signature or initials.

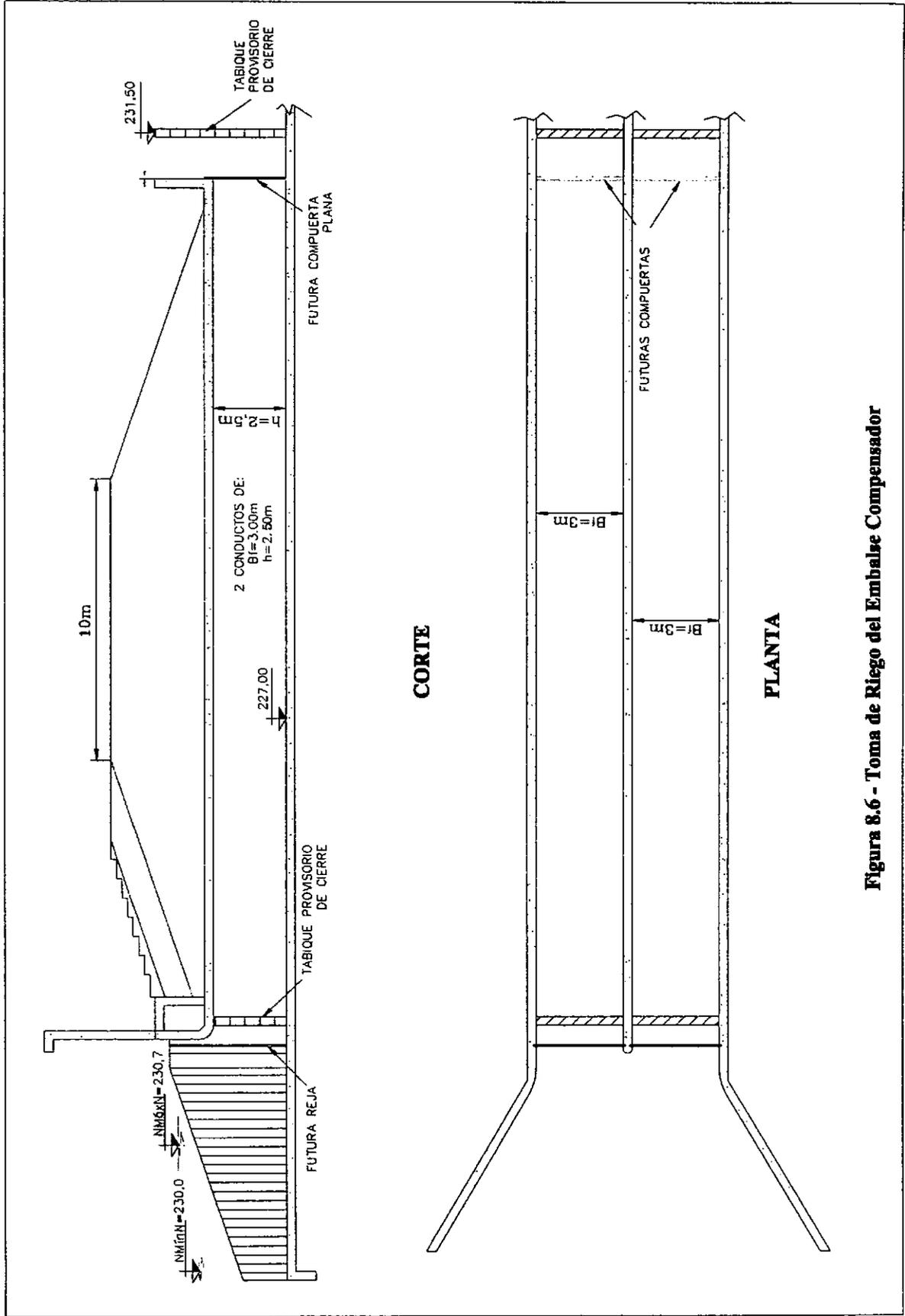


Figura 8.6 - Toma de Riego del Embalse Compensador

9. EVALUACION PRELIMINAR DE INVERSIONES

En base a cálculos estimativos y siguiendo lo previsto al respecto en el # 1.5.4 del Anexo I – Plan de Trabajos de Contrato con el CFI, se ha realizado la Evaluación de las Inversiones correspondientes a las obras componentes del Embalse Compensador; cuyos resultados se resumen a continuación:

9.1. Costo de la Presa de Materiales Suelos

a) Limpieza del Terreno

Asiento de la presa, canal de desvío y préstamos ~54 Ha x 2.000 \$/Ha..... \$ 108.000

b) Excavación de destape

~420.000 m² x 0,75 m x 6 \$/m³..... \$ 1.890.000

c) Ejecución del Cuerpo de la Presa

480.000 m³ x 13 \$/m³..... \$ 6.240.000

d) Transporte de Material Impermeable

66.000 m³ x 13 Km x 0,70 \$/m³.Km..... \$ 600.600

e) Adicional por Filtros de Presa

Global estimativo..... \$ 350.000

f) Rip Rap

30.000 m² x 160 \$/m²..... \$ 4.800.000

g) Protección Talud Seco

35.000 m² x 9 \$/m²..... \$ 315.000

h) Preconsolidación Dinámica

Global estimativo..... \$ 4.000.000

i) Pantalla Impermeable

5.000 m² x 1.400 \$/m²..... \$ 7.000.000

j) Zanjas de Impermeabilización

50.000 m³ x 22 \$/m³..... \$ 1.100.000

k) Obras en Coronamiento de Presa

~2.000 m x 1.100 \$/m..... \$ 2.200.000

Subtotal..... \$ 28.603.600



Imprevistos (~15%).....	\$ 4.290.400
Total Presa de Materiales Suelos.....	\$ 32.894.000

9.2. Costos de las Obras Complementarias

- Desvíos del Río (*)
 - Excavaciones adicionales: 50.000 m³ x 6 \$/m³.....\$ 300.000
 - Ejecución de Ataguía y trabajos complementarios..... \$ 450.000 \$ 750.000
- Edificio Central – Vertedero
 - Estructuras de Hormigón
18.000 m³ x 750 \$/m³..... \$ 13.500.000
 - Instalaciones Hidro-Electromecánicas:
 - 3 Compuertas de Sector x \$ 5.000.000 c/u \$ 15.000.000
 - 2 Ataguías x \$ 2.100.000 c/u..... \$ 4.200.000
 - 3 Pórticos x \$ 1.400.000 c/u..... \$ 4.200.000 \$ 23.400.000 \$ 36.900.000
- Toma de Riego
300 m³ x 1.000 \$/m³..... \$ 300.000
- Obras Complementarias en el Cierre Fusible
Global estimativo..... \$ 2.500.000
Costo Total de Obras Complementarias..... \$ 40.450.000

9.3. Costo del Equipamiento Hidroeléctrico

- Se prevé instalar 3 unidades generadoras (~5 MW) x 18.000.000 \$ c/u.... \$ 54.000.000

9.4. Costo Estimativo Total del Proyecto..... \$ 127.344.000

NOTA:

(*) La mayor parte del material de la excavación del Canal de 1° Desvío se utilizará en la construcción del cuerpo de la Presa, por lo que no recibe otro pago que ese.

MZ

10. ESTUDIOS ENERGETICOS

10.1. Producción Energética del Complejo Casa de Piedra

10.1.1. Probable Generación Según Modelo de Simulación

Teniendo en cuenta las restricciones existentes a la variación horaria de los caudales que escurran por del tramo intermedio entre Casa de Piedra y la cola del Embalse Compensador, a fin de preservar la estabilidad de su cauce y satisfacer, en la medida de lo posible, las pautas del Anexo N° 1 – Normas de Manejo de Aguas; se han considerado las siguiente cuatro potenciales formas de funcionamiento de dicho Complejo Hidroeléctrico:

- Escenario 0: Con solo la Central existente operando en condiciones similares a las actuales.
- Escenario 1: Con la Central actual operando de igual modo, pero sumando la generación de la nueva Central que se instalaría al pié de la represa del Compensador.
- Escenario 2: Similar al anterior pero con la actual Central operando con un limitado empuntamiento; bastante acorde con lo prescripto en dichas Normas de Manejo de Aguas.
- Escenario 3: Similar al anterior pero con la actual Central operando con mayor empuntamiento; que requeriría control de sus nocivos efectos en el cauce subsiguiente.

Respecto a los tres últimos corresponde señalar lo siguiente:

- El Escenario 1 no presentaría inconvenientes ya que, el tramo intermedio entre Casa de Piedra y el compensador, recibiría iguales caudales que con la actual forma de operación; posibilitando un incremento de ingresos solo algo inferior al de los otros casos.
- El Escenario 2 que, en principio, podría no presentar inconvenientes insalvables; ya que implicaría solo una limitada variación respecto a los caudales que ahora se turbinan en la actual Central (*), pero solo daría un ingreso ~1% mayor que el anterior.
- En cambio, para encuadrar el Escenario 3 en las prescripciones de dichas Normas de Manejo de Aguas, se requeriría una obra adicional para atenuar sus mayores variaciones de caudal; que solo podría llegar justificarse de producirse un eventual gran aumento del precio de la energía de punta y de la potencia remunerada.

Nota: (*) Prevé generar con un caudal mínimo de 55 m³/s los fines de semana; turbinando el volumen semanal restante en forma uniforme durante días hábiles. Con variación horaria se haría durante los fines de semana, en forma aproximada a lo previsto en las Normas de Manejo de Aguas.

Para esos posibles escenarios de operación del Complejo Hidroeléctrico Casa de Piedra, en base al Modelo de Simulación, desarrollado a tal efecto, se evaluaron sus correspondientes producciones energéticas; cuyas últimas corridas obran en el Anexo E) del presente Informe. Según las cuales, se tendrían los resultados económicos que consignan en el subsiguiente # 10.1.3.

10.1.2. Precios de Referencia

Para poder comparar el grado de conveniencia económica de esas alternativas de explotación de dicho Complejo Energético (de contar con el Embalse Compensador), se hizo necesario homogeneizar en términos monetarios los valores de sus producciones energéticas; empleando para ello la información resultante de los Estudios Energéticos que se han venido realizando (ver Anexo D); con las adecuaciones que se han considerado procedentes.

Según proyecciones lógicas, para el inicio del funcionamiento de dicha Obra (previsto hacia el 2011) el probable precio medio de la energía suministrada sería del orden de 55.000 u\$s/GWh; con perspectivas de resultar mayor, en especial debido a la tendencia creciente de los precios de los combustibles. Se prevé, además, un valor de 10 u\$s/MWh (~32 \$/MWh) para el pago de la Potencia Remunerada; puesta a disposición del Sistema Interconectado fuera de las horas de valle.

A fin de poder realizar una adecuada evaluación de los probables ingresos correspondientes a la futura producción energética de Casa de Piedra, según sus distintas formas posibles de operación, fue menester, además, justipreciar los precios de los distintos tipos horarios de energía (Pico, Resto, Valle). A tal efecto se usaron las siguientes relaciones de valores, extraídas de la Tabla 7.8. Evaluación de los Costos Marginales Operados (ver adjunto Anexo D):

AÑO	MEDIA	PICO	RESTO	VALLE
2011	1,000	1,049	1,000	0,954
2012	1,000	1,107	0,991	0,927
2013	1,000	1,151	0,984	0,907
2014	1,000	1,179	0,984	0,891
2015	1,000	1,221	0,973	0,873
2016	1,000	1,217	0,975	0,873
2017	1,000	1,267	0,972	0,855
Relación media	1,000	1,170	0,983	0,897
Precio u\$s/GWh	55.000	64.350	54.065	49.335
Precio \$/GWh	~176.000	~206.000	~173.000	~158.000

10.1.3. Evaluación de Probables Ingresos

Antes de entrar en la evaluación propiamente dicha, corresponde aclarar que, dada la similitud de condiciones de funcionamiento, para valorar la producción de la nueva C.H. que se instalaría al pie del Dique Compensador se han empleado los valores de la Central existente (Sin Compensador), afectándolos por un coeficiente 0,255, que es el producto de las relación de sus saltos ($10+36\sim 0,28$) y sus caudales (0,92). Este último por relación del caudal medio erogado por la Presa del Compensador ($108\text{ m}^3/\text{s} - 9\text{ m}^3/\text{s}$, por derivación media para riego y pérdidas en cauce y embalse) y el promedio turbinado en Casa de Piedra ($108\text{ m}^3/\text{s}$); o sea $99/108\sim 0,92$. Como Potencia Remunerada se adoptó el valor promedio dado por las corridas del Modelo de Simulación.

• Escenario 0:

Valor promedio de la energía (GWh/año):

- Pico: $40,37 + 16,15 = 56,52\text{ GWh/año} \times 64.350\text{ u}\$s \dots\dots \text{u}\$s\ 3.637.062$
- Resto: $104,95 + 41,98 = 146,93\text{ GWh/año} \times 54.065\text{ u}\$s \dots\dots \text{u}\$s\ 7.943.770$
- Valle: $48,44 + 19,38 = 67,82\text{ GWh/año} \times 49.335\text{ u}\$s \dots\dots \underline{\text{u}\$s\ 3.345.900}\ \text{u}\$s\ 14.926.732$

Valor de la potencia remunerada:

- $145.314\text{ MWh/año} \times 10\text{ u}\$s/\text{MWh} \dots\dots\dots \underline{\text{u}\$s\ 1.453.140}$
- Total ingresos estimados..... **u\$S 16.379.872**

• Escenario 1:

Valor promedio de la energía (GWh/año):

- Pico: $1,255 \times 56,52\text{ GWh/año} \times 64.350\text{ u}\$s \dots\dots\dots \text{u}\$s\ 4.564.513$
- Resto: $1,255 \times 146,93\text{ GWh/año} \times 54.065\text{ u}\$s \dots\dots\dots \text{u}\$s\ 9.969.432$
- Valle: $1,255 \times 67,82\text{ GWh/año} \times 49.335\text{ u}\$s \dots\dots\dots \underline{\text{u}\$s\ 4.199.104}\ \text{u}\$s\ 18.733.049$

Valor de la potencia remunerada:

- $1,255 \times 145.314\text{ MWh/año} \times 10\text{ u}\$s/\text{MWh} \dots\dots\dots \underline{\text{u}\$s\ 1.823.691}$
- Total ingresos estimados..... **u\$S 20.556.740**

• Escenario 2:

Valor promedio de la energía (GWh/año):

- Pico: $56,51\text{ GWh} \times 64.350\text{ u}\$s \dots\dots\dots \text{u}\$s\ 3.636.419$

- Resto: 146,93 GWh x 54.065 u\$s..... u\$s 7.943.770
- Valle: 67,81 GWh x 49.335 u\$s..... u\$s 3.345.406
- Producción de la nueva central 0.255 x 14.926.732 u\$s.. u\$s 3.806.317 u\$s 18.731.912

Valor de la potencia remunerada:

- 158.620 MWh x 10 u\$s/MWh..... u\$s 1.586.200
- 0,255 x u\$s x 1.453.140..... u\$s 370.551 u\$s 1.956.751

Total ingresos estimados..... **u\$s 20.688.663**

● Escenario 3:

Valor promedio de la energía (GWh/año):

- Pico: 59.68 +12,45 = 72,13 GWh/año x 64.350 u\$s..... u\$s 4.641.566
- Resto: 110,28 + 32,37 = 142,65 GWh/año x 54.065 u\$s... u\$s 7.712.372
- Valle: 41,53 + 14,94 = 56,47 GWh/año x 49.335 u\$s..... u\$s 2.785.947
- Producción de la nueva central 0.255 x 14.926.732 u\$s... u\$s 3.806.317 u\$s 18.946.202

Valor de la potencia remunerada:

- De Central existente: 169.968 MWh x 10 u\$s/MWh.....u\$s 1.699.680
- De nueva Central: 0,255 x 1.453.140 u\$s.....u\$s 370.551 u\$s 2.070.231

Total ingresos estimados..... **u\$s 21.016.433**

Como puede apreciarse; y tal como se señaló en el precedente # 10.1.1; con la operación empuntada de los Escenarios 2 y 3 solo se lograrían muy leves mejoras en los ingresos, con relación al importante beneficio que daría el Escenario 1, respecto a la condición actual. A ello se deben agregarse los inconvenientes que implica la sistemática variación de caudales; por lo que para la evaluación de los beneficios del Proyecto solo se hayan considerado los correspondientes al Escenario 1.

10.2. Estudios del Mercado Eléctrico Nacional

Los resultados de los estudios realizados que sobre esa materia se consignan en el Anexo D), adjunto al presente Informe.



11. ASPECTOS ECONÓMICO-FINANCIEROS DE LA OBRA

11.1. Análisis Económico-Financiero de Alternativas

De las estimaciones hechas en el # 10.1.3, para las variantes de operación del Sistema Eléctrico de Casa de Piedra, surge que, establecido el Embalse Compensador y aprovechando en generación hidroeléctrica el salto al pie de su Represa, se lograría un importante aumento en los de ingresos por venta de energía, respecto a los de la actual explotación (+25½ %, ó +4.200.000 u\$s/año); que equivaldría a algo más del 10% del valor de la inversión total y que aportaría al Sistema Interconectado, en promedio, cerca del 26% de energía adicional. Lo que resulta particularmente importante teniendo en cuenta las grandes inversiones que serán necesarias para atender el crecimiento de la demanda eléctrica y que ese aporte no implicará consumo de combustibles, de costos crecientes. Todo lo cual respaldaría la clara conveniencia de incorporar dicha Obra al Plan Energético Nacional.

Cabe destacar la escasa mejora económica que implicaría el acotado empuntamiento previsto en el caso del Escenario 2 (solo +26,6% en lugar del 25½%); él que, por otra parte, podría estar en colisión con las referidas Normas de Manejo de Aguas que rigen la operación del río Colorado. Tampoco resultaría conveniente el Escenario 3 (+28,3%), ya que para encuadrarlo en dichas Normas de Manejo se requeriría ejecutar una importante obra adicional, que controlase los nocivos efectos que producirían fuertes variaciones del caudal turbinado sobre el cauce intermedio; con solo muy magros beneficios. Razones por las cuales, en principio, esa alternativa de operación no resultaría aconsejable, bajo los actuales valores de la energía.

Si se dieran las condiciones indicadas al final del # 10.1.1 y el ingreso adicional, resultante por aumento de la generación en las horas pico y por mayor valor de la potencia remunerada, equilibrara el costo adicional de tal obra de control, podría llegar a justificarse una más acentuada variación de los caudales turbinados en Casa de Piedra. En tal caso cobraría mayor importancia energética la presencia del Embalse Compensador; aunque este ya estaría plenamente justificado por el incremento de ingresos que daría en el muy factible Escenario 1 y por los importantes beneficios que implica el abastecimiento del riego de una extensa área cultivable sobre la margen derecha.



11.2. Acceso a los Beneficios del Desarrollo Limpio

11.2.1. Antecedentes

Por medio del Protocolo de Kyoto (PK), los países desarrollados se comprometieron a reducir, para el periodo de compromiso 2008-2012, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un promedio de 5.2%. Con ese fin se crearon mecanismos de mercado para aminorar el costo de la implementación de las medidas tendientes a ese objetivo. El mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), permite que los países que deben cumplir metas de reducción de emisiones de GEI, puedan adquirirlas de proyectos ejecutados en países en desarrollo. Argentina ha ratificado el Protocolo de Kyoto, por lo que el proyecto que nos ocupa, podría acceder a esos beneficios.

Las reducciones de emisiones de GEI provenientes de tales proyectos se miden en toneladas de CO2 equivalente, y se traducen en certificados de emisiones reducidas (CERs), los cuales pueden ser vendidos en el mercado de carbono a países industrializados, a fin de facilitarles a estos el cumplimiento de sus compromisos de reducción y mitigación de las emisiones de GEI, y, al mismo tiempo, contribuir con esos recursos al crecimiento sostenible en los países en vías de desarrollo.

Para que un emprendimiento pueda calificarse como proyecto encuadrado en el MDL y recibir Certificados de Reducción de Emisiones (CERs), comúnmente llamados "créditos de carbono o bonos de carbono", él mismo debe cumplir los criterios establecidos en el artículo 12, inc. 5, del Protocolo de Kyoto, con los Acuerdos de Marrakech y con otras decisiones de las COPs/MOPs y de la JE del MDL.

Los proyectos para ser elegibles en ese marco deben cumplir las siguientes condiciones:

- La actividad de proyecto debe ser realizada en un País No Anexo 1, que sea parte del Protocolo de Kyoto (PK) y por partes que hayan ratificado el PK o por entidades privadas autorizadas por esas partes a participar en el MDL.
- La participación debe ser voluntaria y debe estar aprobada por la Autoridad Nacional Designada (DNA)¹ del País Anfitrión².
- El país donde se realice el proyecto debe haber ratificado el Protocolo de Kyoto.

¹ DNA: Designated National Authority. En la República Argentina, la Autoridad Nacional Designada es la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Jefatura de Gabinete de Ministros (Decreto N° 2213/02)

² País Anfitrión: es un país no incluido en el Anexo 1 de la Convención en cuyo territorio tiene lugar físicamente la actividad de proyecto MDL



- El proyecto debe demostrar tener beneficios reales, medibles y a largo plazo en relación con la mitigación de los gases de efecto invernadero.
- La reducción de las emisiones debe ser adicional a la que se produciría en ausencia de la actividad del proyecto certificado. Los gases objeto de los mismos serán los indicados en el Anexo A del Protocolo de Kyoto; es decir: Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF₆).³
- Debe existir un plan de monitoreo, previamente aprobado por la JE del MDL, que permita cuantificar la reducción de emisiones lograda por el proyecto.
- Los proyectos deben contribuir al desarrollo sostenible del país.

Beneficios del MDL para el desarrollador del Proyecto:

- El flujo de ingresos provenientes de la venta de los CERs permite mejorar la rentabilidad del proyecto y sus estados financieros.
- Mejora la imagen internacional de la empresa o del proyecto, pues es un acto voluntario.
- Se logra el acceso a fondos verdes o de responsabilidad social, que están buscando oportunidades de inversión en Latinoamérica.
- Fortalece la competitividad, pues se deben implementar procesos de supervisión para entregar los CERs ofrecidos.

Para recibir estos beneficios el ejecutor debe comprometerse a:

- Hacer las inversiones necesarias para ejecutar el proyecto; debiendo demostrar que para financiar el proyecto no ha utilizado la Asistencia Oficial para el Desarrollo (Official Development Assistance u ODA). Si un proyecto está financiado con recursos públicos procedentes de un país Anexo 1, se debe declarar que dicha financiación no es una desviación de la ayuda oficial al desarrollo.
- Cumplir con todas las exigencias que demanda la Junta Ejecutiva del MDL.
- Entregar los CERs en las fechas y montos programados.

³ Las reducciones de las emisiones han de poder cuantificarse y necesitan ser verificadas y certificadas por una Entidad Operacional³ y se debe demostrar que la reducción de emisiones que se logra a través de la implementación del proyecto no hubiera ocurrido en su ausencia. No existe una metodología generalizada y acordada para demostrar la adicionalidad, que se debe hacer proyecto por proyecto. Una alternativa consiste en demostrar que el proyecto no sigue la práctica que prevalece en la actualidad, por existir barreras (financieras, culturales, tecnológicas, institucionales, legales, etc.) que impiden que el proyecto se realice y el MDL contribuye a que esas barreras puedan ser superadas.

Como ya se ha indicado; en la República Argentina, la Autoridad Nacional Designada (DNA) es la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Jefatura de Gabinete de Ministros (Decreto N° 2213/02). Argentina cumple con las condiciones requeridas y el proyecto bajo análisis respondería a las exigencias planteadas; y si bien no son numerosos los proyectos de MDL de nuestro país ya aprobados, hay sí una importante cantidad de proyectos presentados en procura de ser elegidos para acceder a los beneficios del MDL. Vale mencionar, también, que la mayoría de los países de América del Sur, han presentado proyectos hidroeléctricos con miras a su incorporación a los MDL.

11.2.2. Ciclo de un Proyecto de MDL

A continuación se exponen, en forma muy preliminar, las posibilidades que presenta el Embalse compensador de Casa de Piedra de resultar elegible como potencial beneficiario de los MDL. En primer lugar, los proponentes debieran elaborar un primer documento que incluya información y cálculos preliminares ilustrativos de las condiciones del Proyecto, a fin de que puedan ser conocidos por técnicos especializados, futuros inversores y potenciales desarrolladores del mismo; de modo que terceros interesados dispongan de una aproximación al potencial del proyecto y puedan aportar ideas para una mejor formulación de sus términos, antes de entrar en la fase formal del procedimiento del MDL.

Una vez analizada la viabilidad técnica y económico-financiera de un determinado emprendimiento que aspira a participar del MDL, se inicia el denominado "ciclo de proyecto MDL". Un proceso complejo que incluye un mecanismo de aprobación en fase nacional del país huésped y del país Anexo I si interviniera alguno en el proyecto, y un proceso de análisis y registración del proyecto en fase internacional ante el EB.

Se aclara que la Bolsa de Comercio de Buenos Aires (BCBA)⁴ mantiene una base de datos actualizada con información de la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable y de la Junta Ejecutiva del MDL, sobre el estado de los proyectos MDL presentados por proponentes argentinos.

En un proyecto MDL se distinguen las siguientes etapas:

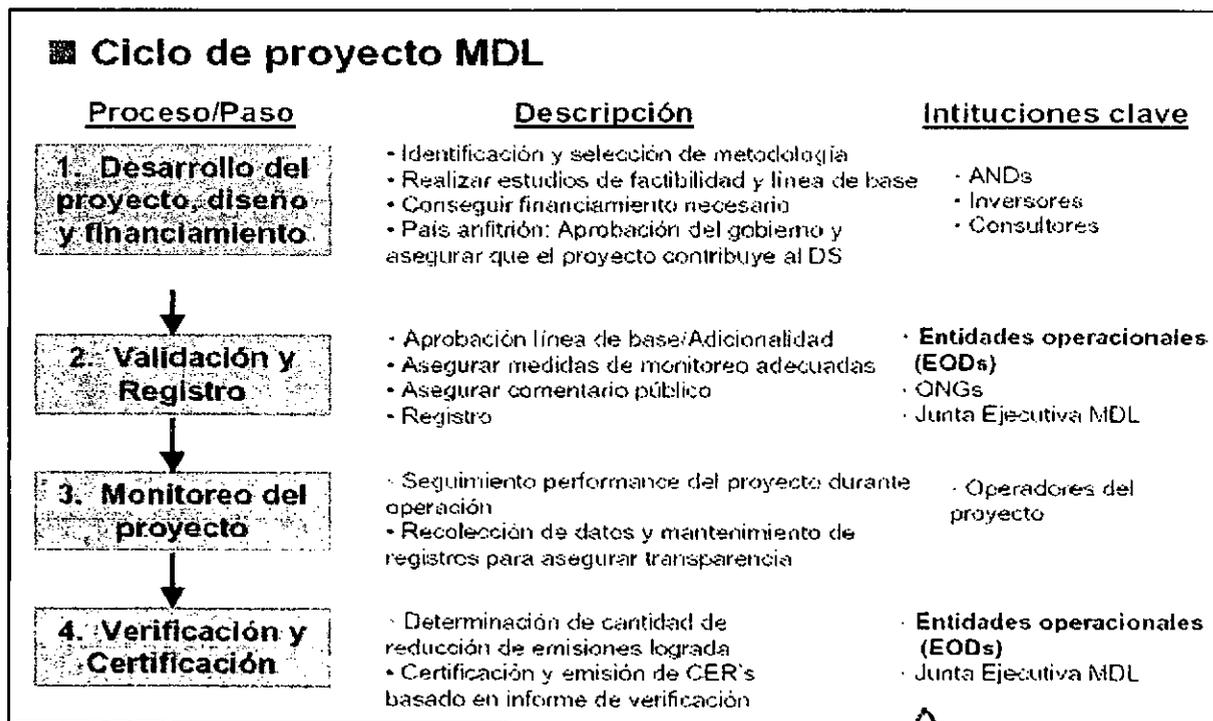
1. Diseño: Los participantes (PP) deberán evaluar la actividad del proyecto propuesto y los requisitos exigidos. A continuación se deberá desarrollar el Documento de Diseño de Proyecto (PDD).

⁴ Bolsa de Comercio de Buenos Aires Oficina de Investigación y Desarrollo Sarmiento 299. 2° Piso (C1041AAE) Buenos Aires, Argentina Tel.: (54 11) 4316 7092/7180 E-mail: id@bcba.sba.com.ar



2. Validación: Evaluación independiente del diseño por una Entidad Operacional Designada (DOE), en relación con los requisitos del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL).
3. Registro: Aceptación oficial por la Junta Ejecutiva (JE) de un proyecto validado como proyecto MDL.
4. Implementación del diseño (PP). Puesta en marcha del proyecto.
5. Monitoreo o Vigilancia: Esta etapa incluye la recopilación y archivo de todos los datos necesarios para medir o estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del proyecto MDL, de la base de referencia y cálculo de las reducciones de emisiones debidas al proyecto (PP).
6. Verificación y certificación: consiste en un examen independiente y periódico por una DOE de las reducciones de emisiones registradas; unida a la certificación escrita de la DOE confirmando las reducciones de emisiones durante un tiempo determinado.
7. Expedición de las reducciones certificadas de emisiones (CER) por la Junta Ejecutiva. Es la etapa final del ciclo de proyecto.

Ciclo del Proyecto MDL



Para realizar el Diseño (línea de base ⁵) y para el posterior Monitoreo de la evolución del proyecto se deberán proponer metodologías apropiadas, las que no son de sencilla elaboración. Sin embargo es probable que ya se hayan desarrollado y presentado metodologías para otros proyectos con cierta similitud; que adaptadas podrían aplicarse al proyecto en análisis, lo que facilitaría el camino de la presentación.

En tal sentido debería realizarse una revisión de las Metodologías Aprobadas por la Junta Ejecutiva del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (JE-MDL); ya que si hubiera Metodologías de Líneas de Base y de Monitoreo ya aprobadas por la Junta Ejecutiva del MDL y adaptables a nuestro caso se tendría un importante ahorro de esfuerzos, como de tiempo; razón por la cual, como primer paso, habría que examinar las metodologías existentes sobre proyectos hidroeléctricos que pudiesen aprovecharse para preparar la documentación de este.

En el caso de proyectos de pequeña escala, como el que nos ocupa, en una revisión preliminar, se han detectado las siguientes metodologías ya desarrolladas que podrían ser útiles para este caso:

- **AMS-I.B.** Energía Mecánica con Energías Renovables para el Usuario.
- **AMS-I.D.** (ó ACMOOO2) Generación de Electricidad con Energías Renovables conectadas a la Red.
- **AMS-II.B.** Eficiencia Energética en el Abastecimiento mediante mejoras en la Generación Eléctrica
- **AMS-III.B.** Sustitución de Combustibles Fósiles.

En realidad para la elaboración y desarrollo de los siguientes tipos de proyectos MDL, se aplican procedimientos simplificados en comparación con los de otros proyectos MDL, en lo referente a la determinación de la línea de base, la realización del monitoreo y los procesos de operación del proyecto:

- Tipo 1: proyectos de energías con una capacidad de producción máxima de hasta 15 MW (megavatios).
- Tipo 11: proyectos de mejora de la eficiencia energética que reduzcan el consumo de energía, del lado de la oferta y/o de la demanda, hasta el equivalente de 60 GWh/año.

La descripción general del método simplificado del proyecto MDL de Pequeña escala, se encuentra en el Apéndice B de las "modalidades y procedimientos simplificados para las

⁵ En los Acuerdos de Marrakech se establece que "la línea de base representa las emisiones que hubieran ocurrido en ausencia del proyecto"

actividades de proyectos MDL de pequeña escala” La metodología de procedimientos simplificados por categorías de proyectos se encuentra en la siguiente dirección del sitio Web:

<http://cdm.unfccc.int/methodologies/SSCmethodologies/approved.html>

Seguidamente se reseña esquemáticamente el formato del Documento de Diseño de Proyecto MDL (PDD). El que debe ser elaborado por el proponente y resultar ilustrativos de las actividades de un proyecto MDL; incluyendo: descripción general del mismo, modo de aplicación de una metodología de línea de base y de monitoreo y sus resultados, estimación de la reducción de emisiones de GEIs, y evaluación y análisis del impacto ambiente. El actual formulario del PDD es el "PDD Versión 03", que contiene:

- A. Descripción general del Proyecto.
- B. Aplicación de una metodología de línea de base y de monitoreo.
- C. Duración de la actividad del proyecto/ período de acreditación.
- D. Impactos ambientales.
- E. Observaciones de los interesados.

Anexo 1: Información de contacto de los participantes en la actividad del proyecto.

Anexo 2: Información relativa al financiamiento público.

Anexo 3: Información sobre la línea de base.

Anexo 4: Plan de monitoreo.

Entre los proyectos presentados para procurar que sean elegibles como integrantes del MDL, se ha identificado el correspondiente al Aprovechamiento Integral del río Mendoza, Proyecto Potrerillos (Energía Hidroeléctrica – Argentina). Que no obstante tener en muchos aspectos diferentes relevantes, podría ser un modelo útil para avanzar en la formulación de la documentación correspondiente al proyecto que nos ocupa. A tal efecto, como ya se ha dicho, en una etapa más avanzada sería aconsejable realizar un análisis más amplio de las presentaciones realizadas, de los proyectos aprobados y de las metodologías desarrolladas, sobre todo de proyectos hidroeléctricos con cierta similitud.

12. ESTUDIO PRELIMINAR DE ASPECTOS AMBIENTALES

12.1. Consideraciones Previas

El correcto diseño, construcción y operación del Embalse Compensador de Casa de Piedra, hace necesario avanzar en el reconocimiento de cuestiones ambientales de importancia, que



planteará su implementación y que deberán tenerse en cuenta. Con el propósito de evitar o atenuar sus posibles efectos negativos sobre el medio receptor, en este capítulo del Informe se examinan, con un enfoque ambiental, los diferentes componentes y acciones que implicará la concreción del Proyecto.

Los alcances y contenidos de este Informe corresponden a la instancia de un estudio a nivel de **Anteproyecto Preliminar**. Por lo tanto, deberá tenerse presente que, a medida que se avance en una mayor definición del Proyecto, será necesario profundizar el Estudio del Impacto Ambiental y ajustar las presentes previsiones.

Dado el carácter hidroeléctrico y energético específico del emprendimiento, los estudios ambientales procurarán ajustarse a las disposiciones del *Manual de Gestión Ambiental para Obras Hidroeléctricas con Aprovechamiento Energético* aplicado por la Secretaría de Energía de la Nación (1987) y a las normativas ambientales vigentes para las provincias de La Pampa y de Río Negro.

Para su aplicación se considera que este estudio corresponde al nivel de Prefactibilidad, en el que, a partir de la selección de la localización definitiva de las obras, se analizan desde el punto de vista del medio ambiente, los impactos de las obras principales y complementarias, así como los costos y beneficios ambientales del Proyecto y las medidas de mitigación correspondientes.

Dicho Manual establece que el Estudio de Impacto a elaborar para esta etapa de su formulación, versará sobre las siguientes cuestiones básicas:

- a) *Diagnóstico Expeditivo del Sistema Ambiental*, utilizando la metodología apropiada, tendiente a determinar el marco de referencia para el análisis integrado de los componentes de los subsistemas natural y social; que enfatizará los aspectos relativos a: dinámica fluvial y geomorfológica, cobertura y usos del suelo en el valle, instalaciones y asentamientos humanos; orientado a detectar en forma sintética los factores críticos actuales y los vacíos de información existentes. En dicho Diagnóstico se hace referencia a los diversos estudios básicos que ya se habían presentado o estaban en ejecución, así como a otras informaciones secundarias y material gráfico resultante de los trabajos aerofotogramétricos previstos para el Estudio y de la interpretación de imágenes satelitales.
- b) *Impacto del Proyecto*, identificando a nivel preliminar un listado y una breve caracterización de los principales impactos ambientales potenciales que podrían derivar de su construcción y posterior operación.
- c) *Determinación, a nivel preliminar, de las Medidas de Mitigación y acciones preventivas y/o correctivas* que resulten aconsejables para limitar sus efectos negativos.



- d) Propuesta de lineamientos y contenidos generales de un Plan de Gestión Ambiental, con acciones a desarrollar en los aspectos críticos sectoriales y en áreas problema; con indicación de su priorización tentativa.
- e) Identificación de necesidades de nuevos y posteriores estudios complementarios para aquellas temáticas que requieran una mayor profundización de su análisis, con las correspondientes propuestas.

Fue realizada la lectura y el análisis de una amplia base de datos, complementada con consultas a informantes calificados; fuentes que se indican en el Anexo Bibliografía; y se han considerado, además, los principales aspectos de interés de los 1º y 2º Informe Parcial de este mismo estudio.

Corresponde señalar que, en el caso de la Provincia de La Pampa, el principal marco en relación con la Evaluación de Impacto Ambiental es el establecido en la Ley Ambiental Provincial N° 1914 del año 2001; cuya Autoridad de Aplicación es la Subsecretaría de Ecología con la intervención del Ente de Políticas Ecológicas de la Provincia y la Comisión Técnica Evaluadora de EIA.

En la Provincia de Río Negro resulta de aplicación la Ley Evaluación de Impacto Ambiental Provincial 3266/99 y Modificada por la Ley 3335 (1999). Por su parte, el Decreto 656/04 establece en su Artículo 1º que la Autoridad Ambiental Provincial efectuará la Evaluación del Estudio de Impacto Ambiental de los emprendimientos o actividades considerados de mayor riesgo presunto, entre los cuales se incluye la construcción de obras para la generación de energía hidroeléctrica. Oportunamente deberá identificarse y analizarse las instancias de participación y aprobación por parte de la COIRCO.

12.2. Objetivos de este Informe

Sus Objetivos son:

- Presentar los avances del Diagnóstico Ambiental⁶ o Línea de Base Expeditiva del Área operativa y de influencia del emprendimiento, como marco de referencia para el análisis integrado de los componentes de los subsistemas natural y social, elaborado sobre la base de información secundaria y material cartográfico resultante de los trabajos aerofotogramétricos realizados para el Estudio y de la interpretación de imágenes satelitales.

⁶ Una de las principales fuentes de información utilizada para el desarrollo del Diagnóstico ha sido el trabajo de Daniele, C. y Natenzon, C. 1997. *Diagnóstico Ambiental de la Cuenca del Río Colorado*. Comitente: Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable de la Nación.



- Identificar a nivel preliminar un listado y una breve caracterización de los principales Impactos Ambientales de las obras básicas y complementarias del Embalse Compensador de La Correntada y de los derivados de una nueva forma de operación de la Central Hidroeléctrica de Casa de Piedra, orientada a lograr un mejor resultado económico de la explotación de la misma.

12.3. Alcance Territorial

En la Figura 1 del Anexo F (página F-26) se presenta la localización del área de influencia de este Proyecto; la que comprende una parte norte de la Provincia de Río Negro, y un sector ubicado al sudoeste de la Provincia de la Pampa; y en la que se ilustra la posición de la obra aguas abajo del Embalse Casa de Piedra. Por su parte, en la Figura 2 Anexo F (página F-27) se presenta la división política del área de estudio y en la Figura 3 Anexo F (página F-28) su ubicación en la correspondiente imagen satelital.

En esta etapa de los estudios, se realiza una primera delimitación de las áreas de afectación y de influencia, tomando como referencia la localización de las acciones del proyecto y de los eventuales impactos ambientales. Este alcance geográfico deberá ajustarse con mayor precisión en las siguientes etapas del Proyecto, en función de la toma de decisiones sobre las acciones de la obra y la correspondiente identificación de los impactos ambientales de Embalse Compensador.

Según el Manual de la Secretaría de Energía, el **Área de Afectación** comprende el área territorial necesaria para la construcción y operación de las obras principales y complementarias, y el territorio afectado por la formación del embalse, su perillago y también el sector directamente influenciado por la Obra.

Dicha Área incluye el área de ubicación de las obras, el cauce del río Colorado y sus demás componentes hidrográficos, su valle de inundación, primeras terrazas contiguas y las comunidades de vegetación hidrófila asociadas y su fauna silvestre. Abarca también el sector del valle que va desde la represa del Compensador hasta Casa de Piedra, más las obras principales y complementarias, los caminos de acceso y todo el conjunto de espacios adyacentes necesarios para su construcción y operación y posibles usos recreativos futuros de su lago; incluyendo los sectores destinados a instalación de obradores y depósitos de materiales, excavaciones, construcción de terraplenes, transporte de equipos y materiales, construcción de estructuras, obras de alivio, edificios, construcción y uso de caminos de servicio, formación del vaso del embalse, etc.

Por su parte, el **Área de Influencia** comprende el ámbito espacial donde se manifiestan los efectos (directos e indirectos, a corto y largo plazo, permanentes y transitorios, puntuales y dispersos, constantes y acumulativos), producidos por la obra sobre el río aguas abajo y en el tramo que media hasta Casa de Piedra, como también y en las actividades agropecuarias, turísticas y recreativas, etc., relacionadas con el Proyecto

En el caso de la afectación de una red hidrográfica, de corredores biogeográficos y cambios en el uso del suelo, resulta de importancia el establecimiento progresivo de la futura delimitación del Área de Influencia Definitiva, a fin de asegurarse la adecuada caracterización de la misma en las sucesivas etapas del correspondiente proceso de desarrollo.

12.4. Diagnósticos del Medio Natural y Económico-Social

Su adecuado tratamiento se desarrolla en el adjunto Anexo F. Aspectos Ambientales.

12.5. Aspectos Jurídicos e Institucionales

12.5.1. Normativa Vigente

La siguiente es la principal legislación ambiental de la Provincia de La Pampa:

NORMATIVA LA PAMPA	CONTENIDO
Ley Provincial 155	Declara de interés público la Conservación del Suelo Agrícola
Ley Provincial 894/85	La promoción del aprovechamiento hídrico, en el territorio provincial es de interés público
Ley Provincial 1027	Régimen de Conservación y uso del Agua Potable
Ley Provincial 1074	Adhesión de la Provincia a la Ley Nacional 22.428 que establece el régimen de fomento de la conservación de suelos
Ley Provincial 1173	Protección de la salud humana y de los ecosistemas, como así optimizar la utilización de los productos denominados agroquímicos, evitando la contaminación del medio ambiente y de los alimentos destinados al consumo del hombre y de los animales
Ley Provincial 1321/91	Creación del Sistema Provincial de Áreas Protegidas.
Ley Provincial 1352/91	Régimen de procedimiento para el amparo de los intereses difusos o derechos colectivos.

Ley Provincial 1354	Prevención y lucha contra los incendios en zonas rurales
Ley Provincial 1391	Modifica la Ley 497 de afectación y colonización de tierras en la zona de influencia del Río Colorado
Ley Provincial 1466	Norma la generación, manipulación, transporte y tratamiento de los residuos peligrosos.
Ley Provincial 1475	Declara al Embalse Casa de Piedra y su entorno como área protegida dentro de la Ley 1321
Ley Provincial 1508/93	Normas sobre emisión o descarga al ambiente de efluentes líquidos y sus agregados.
Ley Provincial 1516	Crea el Fondo de Prevención de Lucha contra incendios rurales
Ley Provincial 1575	Declara de interés provincial a la revalorización turística histórica y cultural a la Villa Transitoria Casa de Piedra
Ley Provincial 1667	Defensa, mejoramiento y aprovechamiento de los bosques y tierras forestales. Reglamentada por el Decreto Reglamentario N° 71/99
Ley Provincial 1689/91	Declarando Areas Protegidas.
Ley Provincial 1914/01	Ley Ambiental.
Decreto Provincial 1283/95	Reglamenta la Ley 1321 sobre Areas Protegidas.
Decreto Provincial 71/99	Reglamenta el funcionamiento de la Ley 1667
Decreto Provincial 2054/00	Reglamenta la Ley 1466, a través de la cual la provincia de La Pampa adhiere a la Ley Nacional 24051, de Residuos peligrosos.
Decreto Provincial 2139/03	Reglamenta la Ley Provincial 1914.
Decreto Provincial 2793/06	Límite para el vertido de efluentes líquidos en cuerpos de aguas superficiales. Reglamentario de Ley N° 1914
Disposición 002/03	Creación del Registro Provincial de Generadores, Operadores y Transportistas de Residuos Peligrosos.

NORMATIVA LA PAMPA	CONTENIDO (continuación)
Disposición Provincial 202/2006	Guía para la presentación de Planes de Manejo en predios que poseen bosque de Caldén.
Ordenanza Provincial 1941/01	Protección, conservación, defensa y mejoramiento de los recursos naturales y del ambiente en el ámbito provincial

Fuente: <http://www.ecologialapampa.gov.ar/Legislacion/default.html>,
<http://www.dsostenible.com.ar/leyes/leyeslapampa.html>



Seguidamente se reseña la principal legislación ambiental de la Provincia de Río Negro:

NORMATIVA RÍO NEGRO	CONTENIDO
Ley Provincial 2612	Estímulo a las Inversiones de empresas para preservar el Medio Ambiente
Ley Provincial 1899/84	Ratifica el Convenio para desarrollar un programa piloto para verificar la factibilidad del reuso de efluentes líquidos en la recuperación de suelos salinos alcalinos de áreas de riego.
Ley Provincial 2175	Uso de Plaguicidas y Agroquímicos
Ley Provincial 2321	Régimen de control de calidad y protección de los recursos hídricos provinciales que son utilizados como cuerpos receptores de residuos o efluentes, productos de la actividad del hombre.
Ley Provincial 2342	Regular el procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental como instituto necesario para la conservación del ambiente
Ley Provincial 2342/89	Exige estudio de impacto para prevenir los efectos degradativos del ambiente. Crea la Comisión de evaluación de impacto ambiental
Ley Provincial 2391/90	Régimen de control de calidad y protección de los recursos hídricos provinciales que son utilizados como cuerpos receptores de residuos o efluentes
Ley Provincial 2472/91	Prohíbe el ingreso, transporte, trasbordo, traslado o almacenamiento, permanente o transitorio en el territorio de Río Negro y su mar jurisdiccional de residuos radioactivos y de desechos o residuos tóxicos de origen industrial, químico o biológico.
Ley Provincial 2517	Realización de la Carta Ambiental de Río Negro
Ley Provincial 2581	Protección ambiental Crea la Cruz Verde Rionegrina para aplicar y reglamentar todo lo normado en materia de ambiente
Ley Provincial 2600	Preservación del Patrimonio y los Recursos Genéticos
Ley Provincial 2615	Adhesión al Consejo Federal de Medio Ambiente(COFEMA)
Ley Provincial 2626	Concertación de un Pacto Ambiental Patagónico
Ley Provincial 2631	Adhesión a los Principios del Desarrollo Sustentable



Ley Provincial 2669	Áreas Naturales Protegidas
Ley Provincial 2779	Intereses Difusos
Ley Provincial 2951	Costas
Ley Provincial 2966	Creación del Servicio de Prevención y Lucha Contra Incendios Forestales
Ley Provincial 3012	Residuos radioactivos
Ley Provincial 3041	Yacimientos Arqueológicos y Paleontológicos
Ley Provincial 3217	Educación Ambiental
Ley Provincial 3250	Residuos Peligrosos
Ley Provincial 3266	Impacto Ambiental
Ley Provincial 3335	Evaluación del Impacto Ambiental - Modificación de la ley 3266
Ley Provincial 3541	Sendas ecológicas
Decreto 1894/91	Reglamento sobre Control de Calidad y Protección de los Recursos Hídricos Provinciales
Decreto 366/97	Uso de Plaguicidas y Agroquímicos

Fuente: <http://www.rionegro.gov.ar/empresas/codema/leyes/index.php>
<http://www.dsostenible.com.ar/leyes/rio-negro-indice.html>

12.5.2. Entidades Competentes en Materia Ambiental

Provincia de La Pampa:

Subsecretaría de Ecología

Dirección: Av. Luro 700 – Santa Rosa – La Pampa

Teléfono: (02954) 428006

E-mail: ecopam@lapampa.gov.ar

Provincia de Río Negro:

Consejo de Medio Ambiente (CODEMA)

Dirección: Belgrano 544 (9º Piso) – Viedma – Río Negro

Teléfono: (02920) 423391 ó 425030

E-mail: codema@economia.rionegro.gov.ar



12.5.3. Entidades Competentes en Materia de Patrimonio Cultural

Provincia de La Pampa:

Subsecretaría de Cultura. Ministerio de Cultura y Educación

Dirección: Pellegrini 180 (6300) – Santa Rosa – La Pampa

Teléfono: (02954) 428848

E-mail: sculturalapampa@cpenet.com.ar

Las principales normativas de aplicación en este tema son: la Ley 910/79, la Ley 920/79 y la Ley 2083.

Provincia de Río Negro:

Director General de Cultura

Dirección: Sarmiento 252 (8500) – Viedma – Río Negro.

Teléfono: (02920) 427672

E-mail: culturarionegro@yahoo.com.ar

La principal normativa de aplicación en este tema es la Ley 3041/96

12.6. Identificación Preliminar de los Impactos Ambientales

12.6.1. Consideraciones Previas

Como ya se señaló en el # 11.1 de este Informe, debe tenerse presente que se trata de un estudio a nivel de Anteproyecto Preliminar; razón por la cual en la medida que se avance hacia una mayor definición del Proyecto, debieran profundizarse los contenidos y alcances correspondientes al Impacto Ambiental. Por ello, aquí se hará un tratamiento de carácter preliminar de los componentes ambientales, acorde con la actual etapa de diseño de la Obra; comenzando por una sucinta exposición de los principales efectos directos que tendría la ejecución del Embalse Compensador.

12.6.2. Análisis del Proyecto con Enfoque Ambiental

Este Proyecto tiene por objetivo uniformar hacia aguas abajo, los caudales que pudieran turbinarse en forma variable en la Central Hidroeléctrica existente; para lo cual se prevé construir una represa de limitada altura en el sitio de La Correntada; ubicado unos ~60 km aguas abajo de Casa de Piedra; que determinará la formación de un lago de embalse, con un



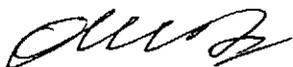
nivel máximo normal 230,70 m y una superficie de ~2.600 Ha; aunque la zona inundable será algo mayor debido a los efectos del oleaje.

Por otra parte; de producirse una creciente extraordinaria del río Colorado, que obligue a descargar un gran caudal, se produciría cierta sobreelevación del lago, en cuyo caso podría llegar a inundarse hasta cota 232,00 m (~3.100 Ha). Se estima, entonces, que con la franja del perilago y la correspondiente reserva perimetral para usos recreativos puede necesitarse disponer de una superficie del orden de 6.000 a 7.000 Ha; la que deberá delimitarse posteriormente en base a estudios específicos y a decisiones políticas sobre los roles turísticos y recreativos que cumpliría la zona de este Embalse.

Otro de los aspectos relacionados con el Proyecto, es la necesidad de establecer una adecuada conexión vial, por sobre la nueva represa, entre las rutas secundarias vecinas existentes en ambas márgenes (al Norte ~5 km a la Ruta 34, consolidada; por el Sur, ~2 km hasta el camino de tierra existente a lo largo de margen derecha); como, asimismo, la conveniencia de establecer un camino consolidado perimetral al espejo de agua, para facilitar su aprovechamiento con fines recreativos.

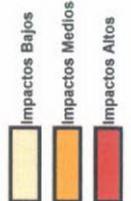
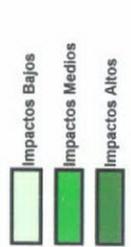
En tal sentido corresponde señalar que para facilitar el posterior desarrollo de los estudios del Embalse Compensador y actividades concordantes, será necesario analizar e implementar esos accesos a la zona de Obra y, a tal efecto y para evitar posibles conflictos con los propietarios de los predios afectados, debieran concretarse acuerdos con ellos que autoricen la realización de los trabajos de campo necesarios para avanzar en el Estudio.

Para servir de base a la elaboración de la adjunta **Matriz Síntesis de Impacto Ambiental**, se realizó un análisis particularizado de las numerosas y disímiles tareas que deberán ejecutarse para poder implementar el Embalse Compensador; las que se reseñan a continuación; agrupadas por etapas, en lo que constituiría un sintético Programa de Desarrollo de la Obra.



MATRIZ SINTESIS DE IMPACTOS SIGNIFICATIVOS

COMPONENTES DEL SISTEMA AMBIENTAL		MEDIO NATURAL										MEDIO ANTROPICO													
												Desarrollo Local y Regional													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14										
ACCIONES	ETAPA DE PLANIFICACION																								
	a																								
	b																					V			
	ETAPA DE CONSTRUCCION																								
	c																					V			
	d																								
	e																					V			
	f																								
	g																								
	h																								V
	ETAPA DE OPERACION																								
	i																								
	j																								
	k																								



IMPACTOS VARIABLES

V

▪ Etapa de Planificación

- Estudios complementarios y preparación del Anteproyecto Definitivo del Embalse Compensador y Documentación Licitatoria de sus obras; desarrollo del proceso licitatorio y contratación de su ejecución.
- Delimitación del Área Afectada, identificación de los inmuebles a expropiar, concreción de la misma y toma de posesión; incluyendo trabajos de remoción de mejoras existentes y complementarios.
- Trabajos preparatorios: ejecución de accesos de conexión de la obra con caminos existentes, mejoras de éstos, replanteo de la zona de obras y de la circulación en el Área Afectada; con apertura de sus picadas.

▪ Etapa de Construcción

- Instalaciones temporarias: obrador, depósito de materiales y de maquinarias, playas de maniobra, campamentos y oficinas; generación y tratamiento de residuos domésticos e industriales; suministro de agua y energía, etc.
- Organización de los trabajos: programación del proceso constructivo de las obras, identificación de préstamos de materiales a explotar y de áreas para deposición de excedentes (destapes, etc.).
- Replanteo de las obras y de los yacimientos a explotar, con apertura de caminos de circulación; incluyendo conexiones con sitios externos de donde se obtendrán materiales para la construcción.
- Preparación del sector derecho del asiento de la presa, extracción y transporte del destape hasta los sitios de deposición; preconsolidación dinámica de su relleno y acondicionamiento de la superficie de apoyo de la obra.
- Ejecución de pantalla impermeable y zanja de impermeabilización en el sector derecho de la presa, con transporte del material de excavación y provisión y compactación de los suelos con que se conformará la Represa.
- Excavación del Canal del Primer Desvío, transporte de su producto e iniciación de la construcción del sector derecho del cuerpo de la presa; acopio de materiales para ataguías de cierre, construcción de las mismas y ejecución del 1º desvío del río.
- Preparación de la explotación del yacimiento de suelos cohesivos (junto al Cierre Superior), construcción del camino hasta el Cierre Inferior, inicio de la extracción, transporte y colocación del material en el núcleo de la presa.
- Terminación del recinto izquierdo de la obra, construcción del Edificio del Vertedero y Central,



con su cuenco disipador, preparación del asiento de ese sector de la presa, con ejecución de su pantalla impermeable y obras complementarias.

- Completamiento de la construcción de parte derecha del cuerpo de la presa, incluyendo filtros, drenes y capa de terminación de los espaldones y los trabajos de acondicionamiento general de la superficie de las obras.

- En la margen norte, preparación e inicio de la explotación de yacimientos de materiales granulares y finos cohesivos y construcción del sector izquierdo del cuerpo de la presa.

- Ejecución del 2º Desvío, con cierre del Canal inicial y canalización del río hacia el Edificio Vertedero y Central. Completamiento del sector intermedio del cuerpo de la presa

- Extracción, transporte y colocación del material de rip rap para protección del parámetro mojado de la presa y ejecución de la protección de su talud inferior con material granular seleccionado.

- Colocación de las compuertas del Vertedero y su pórtico; terminación del Edificio de la Central, instalación de los grupos generadores y pórticos y ejecución de instalaciones conexas, con pruebas de su correcto funcionamiento.

- Etapa de Llenado del Embalse

- Implementación y monitoreo del proceso de llenado

- Etapa de Explotación de la Obra

- Seguimiento y Control de los efectos de la presencia física del Embalse

- Operación del Embalse y Regulación de Caudales

- Operación de la Central Hidroeléctrica de La Correntada

12.6.3. Impactos Ambientales sobre el Medio Receptor

12.6.3.1. Impactos sobre el Medio Natural

Seguidamente se describen los principales impactos generados por las acciones de las distintas etapas de la obra, identificados según principales componentes del medio natural.

- **Aire y Clima:** En la etapa constructiva habrá impactos negativos en la calidad del aire, por el incremento de las partículas en suspensión (polvo), producidas por los trabajos necesarios para ejecutar la Obra (apertura de caminos, movimiento de vehículos y maquinarias, excavación de canteras y movimiento de suelos). Éstos serán, a escala local, de carácter transitorio y reversible.



Para la etapa de operación probablemente continúen, aunque con menor intensidad, según el tráfico en esa etapa y las características de los caminos definitivos.

Los eventuales impactos sobre el clima podrán evaluarse a partir de nueva información en las etapas subsiguientes del proyecto. En principio, el alcance de eventuales modificaciones a nivel microclimático (principalmente como consecuencia del espejo y de la masa de agua del embalse) podría evaluarse analizando e integrando la información de la red de estaciones meteorológicas existentes y de las que puedan agregarse.

- **Relieve:** Se prevén impactos en la modificación del relieve por movimientos de suelo, apertura de canales, canteras y préstamos. Se estima que estos impactos serán permanentes y de escala local; a excepción de aquellos casos donde se realicen tareas de restauración o que queden incorporados dentro del embalse. Se espera que el relieve del área operativa presente ciertas modificaciones y es probable que ocurran algunos cambios en las condiciones morfológicas del río Colorado, por las variaciones de caudal y procesos de erosión y sedimentación asociados, que podría resultar de un eventual empuntamiento de la explotación de la Central de Casa de Piedra; en especial en el tramo que media entre ésta y la cola del Embalse Compensador (~35 km); lo que impondrá ciertas restricciones a sus futuras condiciones operativas.

- **Recursos Hídricos Superficiales y Subterráneos:** Es posible que en la etapa de construcción se generen impactos negativos transitorios por el desvío del cauce del Río; aunque el mayor impacto de la construcción del Embalse Compensador estará dado por la creación de su espejo de agua; que producirá cambios en el régimen hídrico y especialmente en la distribución de caudales en relación con las condiciones actuales; pasando de un ecosistema lótico a léntico, con los fenómenos correspondientes; como por ejemplo la estratificación de la masa de agua, etc. Según las condiciones de manejo del embalse, también podrían producirse algunos cambios en la calidad del agua. Dadas las características de la vegetación, en cuanto a su cobertura, y las características climáticas del área de estudio (ver adjunto Anexo F) se espera que los riesgos de eutrofización no sean significativos.

Deberá preverse la realización de estudios complementarios para la identificación de los eventuales impactos sobre los recursos hídricos subterráneos (estudios de recarga, dinámica y comportamiento general de los acuíferos y sus consecuencias regionales) y, también, respecto a la evolución de la calidad de sus aguas y de la del Embalse.



- **Suelo:** Se van a generar impactos negativos de alcance local, debidos a los trabajos de excavación, movimiento de suelos e instalaciones correspondientes a la etapa de construcción.

El mayor impacto negativo y de carácter permanente, lo producirá el llenado del Embalse, por pérdida de tierras de muy limitada productividad y de algunas pequeñas zonas de riego y forestadas. Estos impactos serán de efectos locales y sin significación a escala regional. Además, existirían riesgos de incremento de los procesos de erosión en el Área Operativa y de Influencia por la apertura de picadas y caminos y mayor actividad en ella.

En compensación; en esta materia, la implementación del Embalse Compensador generará muy importantes impactos positivos por gran incremento de productividad que tendrán las tierras que se regarán sobre la margen derecha; a lo que se sumarán los positivos efectos económicos, sociales y ocupacionales derivados de la producción intensiva que allí se generará y del probable procesamiento local de la misma.

- **Biota Terrestre:** Se esperan algunos efectos negativos y permanentes como consecuencia de las transformaciones del hábitat; en especial para algunas especies de la fauna silvestre del valle, por su desplazamiento como consecuencia del llenado del embalse. No obstante, debe considerarse que se trata de especies silvestres que podrían encontrar nuevos hábitats por fuera del área del nuevo embalse. En los del ambiente de "meseta", los impactos esperados serían comparativamente menores debido al menor grado de afectación relativa por el Embalse y a la mayor disponibilidad de ese tipo de ambiente en su zona de influencia.

Los ecosistemas asociados al "fondo del valle" (comunidades de vegetación hidrófila) serán los mas afectados por la realización de las obras, tanto a escala local, como regional dado el impacto acumulativo a la pérdida ya ocurrida con el Embalse Casa de Piedra. La vegetación terrestre existente en el vaso de embalse desaparecerá y la del perilago será modificada con diferente intensidad, según sea la operación del embalse; siendo posible la aparición de nueva vegetación tanto terrestre como acuática (flotante o arraigada). Similar proceso sufrirá su fauna terrestre, con pérdida de su hábitat y restricciones a sus desplazamientos por la presencia del lago.

- **Biota Acuática:** En la etapa constructiva, es posible que se generen los primeros impactos negativos a partir de las operaciones de desvío del río, produciéndose cambios en el hábitat de las especies y en la calidad del agua (impactos intensos, a escala local, y de tipo transitorio). Los impactos producidos por el llenado del Embalse serán intensos, permanentes y a escala regional. Es probable que algunos sean acumulativos y sinérgicos con los de Casa de Piedra.



Se generarán significativos impactos por la formación del embalse y también en la etapa de operación, dado que se producirían modificaciones permanentes del hábitat en general (cambios de diferentes características e intensidad en la calidad física, química y biológica del agua). La nueva barrera física que significará el Embalse (hasta el presente no se prevé mitigar sus efectos sobre la migración de peces), tendrá efectos acumulativos a los ya determinados por el Embalse de Casa de Piedra; alterándose los movimientos migratorios y la alimentación de la fauna íctica. Para el diagnóstico y análisis de este componente se recomienda hacer adecuados estudios complementarios.

La posibilidad y conveniencia de siembra de apropiadas especies puede constituirse en un interesante recurso para la pesca deportiva; cuya factibilidad y consecuencias deberían estudiarse en forma adecuada. En una etapa más avanzada del Proyecto convendría obtener información primaria tendiente a identificar, caracterizar y evaluar esos posibles cambios en las interrelaciones bióticas, relacionados con la construcción, llenado y operación del embalse.

- **Paisaje y Patrimonio Natural**: La afectación del paisaje generaría impactos de diferentes características; por un lado negativos por la pérdida del paisaje natural (por ej. por la transformación del valle y apertura de caminos y canteras en la meseta) pero también impactos positivos, por la mejora del paisaje con el lago, con atractivos sociales y turísticos.

Se debe aclarar que la obra no afectará ningún área protegida, pero en relación a la conservación del patrimonio natural será importante asegurar la presencia y continuidad de todos los ecosistemas asociados al valle del Río Colorado.

12.6.3.2. Impactos sobre el Medio Socio-Económico

Seguidamente, se describen los impactos más significativos de las acciones de las distintas etapas de la obra, sobre los principales componentes del medio socio-económico del sistema ambiental:

- **Población y Asentamientos**: En la Etapa de Planificación, podrían darse impactos diferentes según los sectores sociales. Por un lado, habrá efectos positivos vinculados a las expectativas de desarrollo (es decir, aquellos relacionados con las posibilidades de acceso a los beneficios de la Obra: riego, energía, comunicación, recreación, etc.); que serían difusos, transitorios y a escala regional. Por otro lado, se pueden generar impactos negativos e incertidumbres en los actuales pequeños productores, propietarios o puesteros, ante la posible expropiación de los predios



afectados y/o por pérdida de fuentes de trabajo. Tales impactos, si bien tendrían efectos permanentes a escala local, no serían de gran significación, por la escasa cantidad de personas potencialmente afectadas. Contrariamente, la población radicada en el entorno y en área regable se vería beneficiada muy positivamente por las mejoras en las comunicaciones y el desarrollo económico asociado al riego. En la Etapa de Operación, seguramente habrá consecuencias positivas debidas al mayor desarrollo económico de la región derivado del funcionamiento de la Obra.

- **Actividades Agropecuarias:** Tanto en la Etapa de Planificación, como en la de Construcción, podrían producirse impactos negativos (permanentes y a escala local, sobre los predios afectados por la Obra); tanto por la modificación, como por pérdida de actividades preexistentes. Como ya se ha dicho; en el área ocupada por el embalse, desaparecerán la actual actividad ganadera extensiva y pequeñas zonas de riego y de forestación, como también las viviendas, galpones y demás mejoras existentes. Aunque, según se ha dicho, su impacto negativo será local y no significativo a escala regional, debido al bajo grado de ocupación del valle y al limitado valor de esas mejoras e instalaciones. A escala regional, en la Etapa de Operación se esperan efectos positivos y permanentes, principalmente, por el desarrollo del área de riego, abastecida por la Obra; pero también por la actividad turística y recreativa que promoverá la existencia de su lago. Para este componente, se recomienda realizar adecuados estudios para una sólida planificación de su desarrollo.

- **Patrimonio Cultural:** En este ítem se debe incluir el patrimonio arqueológico y paleontológico. Para la etapa de Construcción, se esperarían impactos negativos por la eventual pérdida del patrimonio debido al movimiento de la maquinaria, las excavaciones de préstamos y canteras y la propia construcción del Dique. El Plan de Gestión debería contar con un Programa de Conservación del Patrimonio Cultural basado en un relevamiento detallado de campo.

- **Actividades Turísticas:** en la etapa de Construcción no se verían afectadas las actividades turísticas a escala local, ya que actualmente son prácticamente inexistentes. Para la etapa de Operación, en cambio, se esperan impactos positivos por la creación de nueva oferta recreativa y turística (relacionadas con el embalse, la pesca, y otras actividades acuáticas) cuyas características e intensidad dependerán de las acciones conjuntas que sean emprendidas por el sector público y privado sobre ambas márgenes.

- **Transporte:** en principio es importante señalar que la intensidad actual del tráfico es baja. Para la etapa de Construcción, no se prevén impactos negativos en el transporte a escala regional; que serán

poco significativos a escala local. Para la etapa de Operación, en cambio, se esperan impactos positivos por ampliación y mejora de la red vial, por mayor uso del potencial recreativo, incremento de las actividades económicas y diversificación y expansión de la producción agropecuaria de la zona. La construcción de una conexión vial a través de la represa con las rutas secundarias vecinas existentes y por ellas a las redes provinciales y nacionales, producirá también un conjunto de cambios de importancia, marcadamente positivos por los favorables efectos que tendrán sobre el área de influencia; tanto en sus actuales actividades, como en las que inducirá el desarrollo del turismo y la recreación.

- **Energía:** en esta materia, se producirán muy importantes efectos positivos en la etapa de Operación, por mayor disponibilidad local de energía y por aumento del suministro al Sistema Eléctrico Interconectado.

- **Otros Aspectos Socio- Económicos:** Se espera un escenario de nuevas oportunidades de desarrollo a nivel local y regional, cuyas características e intensidad dependerán de las acciones conjuntas que sean emprendidas por el sector público y privado.

12.7. Medidas de Mitigación

En forma concordante con los contenidos de la normativa de aplicación; los objetivos de las Medidas de Mitigación son:

- Proponer en forma preliminar las acciones necesarias para prevenir, reducir, mitigar y/o compensar los impactos ambientales negativos.
- Identificar acciones y medidas para acentuar los impactos ambientales positivos.
- Establecer los contenidos básicos para la elaboración del Plan de Gestión Ambiental.

A continuación se describen algunas medidas de mitigación que cabría implementar para proteger los distintos componentes del medio ambiental:

- En primer lugar, y a fin de preservar la calidad del aire, implementar acciones que limiten la generación de polvo; tales como riego en los caminos de acceso, uso de coberturas en cajas de camiones que transportan materiales a granel, etc.
- Si bien los impactos producidos por las modificaciones del relieve son inherentes al propio desarrollo del Proyecto, los mismos podrán atenuarse con una adecuada ejecución de los trabajos, tendiente a minimizar sus nocivos efectos.



- En la etapa constructiva, deberá prevenirse la contaminación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, causada por acciones indebidas (por ej. vertido de aceites y desechos del mantenimiento de la maquinaria, aguas de lavado, enjuague de hormigoneras).
- También deberá prohibirse el volcado en el cauce o en descargas al mismo, de residuos proveniente de las operaciones de mezclado de los hormigones, cementos, limos, arcillas o concreto fresco, combustibles y cualquier residuo contaminante; respetando las normativas vigentes al respecto.
- En la operación de llenado del Embalse debe asegurarse el escurrimiento hacia abajo del caudal necesario para dar continuidad a los procesos ecológicos y satisfacer otras necesidades de agua; preservando adecuadas características físicas, químicas y biológicas de la misma.
- remoción de vegetación y la portación y uso de armas de fuego en la Obra; exceptuado el personal de vigilancia expresamente autorizado para ello.
- También deben ser prohibidas las actividades de caza en las áreas aledañas a la zona de construcción, obradores, campamentos, así como la compra o trueque a lugareños de animales silvestres (vivos, embalsamados, pieles y otros subproductos), cualquiera sea su objetivo.
- Como compensación por las perturbaciones que provocará en la fauna silvestre la construcción de la Obra, debería evaluarse la creación de áreas protegidas en la zona de influencia del Embalse Compensador; especialmente en los ambientes del fondo de valle y comunidades litorales (hidrófilas), que serán las más afectadas.
- Sobre el paisaje y patrimonio natural, deberán adoptarse medidas de mitigación que procuren la restauración ambiental de los sitios en que se emplacen las obras y demás instalaciones del Proyecto transitorias o permanentes.
- Las medidas de mitigación de los efectos sobre la población y las actividades económico-sociales procurarán prevenir conflictos entre los diferentes sectores sociales asociados a escala local o regional, en las distintas etapas de su desarrollo.
- Se recomienda establecer buenos canales de diálogo a escala local y regional, que ilustren a la comunidad, en forma clara y accesible, acerca de los alcances, duración y objetivos de las obras del Proyecto y que, a la vez, eviten incertidumbres o erróneas expectativas.
- Se deberá brindar información básica referente al carácter, proceso, extensión y localización de las expropiaciones y el cronograma de obra. Las expropiaciones de los predios afectados y la consiguiente relocalización de población pueden ser particularmente sensibles y requerirán en un muy buen manejo y compensaciones adecuadas.



- Sobre el desarrollo inducido, directa o indirectamente por las nuevas obras, se deberán implementar eficaces acciones de ordenamiento territorial, entre ambas provincias, a fin de limitar los efectos frecuentemente negativos que en esos casos ocurren, en especial por asentamientos en sitios conflictivos o con restricciones ambientales.
- En materia de patrimonio cultural, se recomienda la realización de estudio de campo con nivel de detalle adecuado en las áreas afectadas por la ejecución de las obras. En el caso hallazgo de material valioso; sea durante ese relevamiento detallado o en la construcción de las obras; deberá disponerse la inmediata suspensión de los trabajos para evitar que se los afecte; avisando el hallazgo a la Dirección de la obra y a las Autoridades Competentes, para que dispongan los pasos a seguir para su salvaguarda.
- Debería evaluarse la posibilidad de crear, como salvaguarda, un museo de sitio o integrar esos hallazgos arqueológicos a un núcleo de preservación y difusión (por ej. Centro Técnico Cultural ‘Carlos Gradín’); y organizar actividades educativas asociadas.

12.8. Plan de Gestión Ambiental

12.8.1. Consideraciones Previas

Tal como se mencionó al comienzo de esta parte del Informe, por corresponder este trabajo a la primera etapa del estudio de la Obra (a nivel de Anteproyecto Preliminar), debe tenerse en cuenta que, posteriormente, en la medida que se avance hacia una mayor definición del Proyecto, deberá profundizarse y redefinirse el Plan de Gestión Ambiental. De todas formas, se ha visto, por un lado, que habrá impactos ambientales desfavorables, que deberán ser objeto de medidas de mitigación, a fin de evitar, reducir o compensar los negativos efectos provocados por la construcción y operación del Embalse Compensador; y, por otro, que habrá que potenciar los favorables, a fin de lograr establecer un conveniente balance en la relación costo / beneficio, no solo en lo económico, sino también en lo ambiental. Lo que incluye la recomendación de “buenas prácticas” constructivas, de comunicación, uso de adecuadas tecnologías, cronograma de obra, buena ubicación localización de las obras, caminos de acceso, etc.

12.8.2. Plan Ambiental

El Plan de Gestión Ambiental para el proyecto del Embalse Compensador de Casa de Piedra deberá contener un conjunto de propuestas de medidas y acciones preventivas y correctivas de ordenamiento y gestión ambiental. Al cual se le deberá incorporar la experiencia y las buenas



prácticas del plan correspondiente a la actual Presa de Casa de Piedra, a fin de conformar un sistema integrado de los criterios y lineamientos de control ambiental y fiscalización, con medidas preventivas y de contingencia que se juzguen necesarias, según el convenio de complementariedad entre las Provincias.

Tal como lo establece el Acta de Acuerdo Interprovincial de COIRCO *“la cuenca hídrica del río Colorado es de vital importancia para la región, pues abastece necesidades de irrigación para las actividades agrícola ganaderas y de agua potable para los pueblos y ciudades a sus márgenes, por lo tanto altamente sensible y vulnerable a los incidentes contaminantes”*⁷. Por ello, se deberán consensuar las actividades a desarrollar, contemplando el estudio de calidad de aguas que permita determinar la situación actual del río y su evolución, analizando no sólo la columna líquida, sino también el sedimento y biota (fondo y costas).

A partir de la evaluación preliminar de los impactos producidos por la obra en el sistema ambiental y la dinámica de la obra sobre el medio, se deben proponer acciones tendientes a:

- Conocer mejor las áreas temáticas y los impactos identificados y a detectar.
- Diseñar medidas o acciones de adecuación, control, promoción y regulación.
- Desarrollar mecanismos de información, comunicación y participación ciudadana.

Todo ello con el propósito de minimizar los impactos negativos y maximizar los beneficios de estas obras. Seguidamente se presenta, con carácter preliminar y tentativo, un listado de posibles programas sobre el medio natural y social que debieran considerarse en las etapas subsiguientes.

- **Respecto el Subsistema Natural:** en principio, debieran considerarse los siguientes:
 - Programa de Degradación, sedimentación y erosión de tierras.
 - Programa de Calidad de agua.
 - Programa de Control sistemático de caudales.
 - Programa de Seguridad de presas.
 - Programa de Alerta hidrológica.
 - Programa de Manejo del recurso hídrico.
 - Programa de Llenado y Operación del embalse.
 - Programa de Tratamiento Sanitario del vaso.
 - Programa de Fauna íctica.
 - Programa de Conservación del Patrimonio Natural.

⁷ Acta de Acuerdo Interprovincial de COIRCO, disponible en: <http://www.coirco.com.ar/>

- **Respecto al Subsistema Social** serían los siguientes:
 - Programa de Promoción social y calidad de vida.
 - Programa de Comunicación (social e institucional).
 - Programa de Ordenamiento territorial y Asentamientos humanos.
 - Programa de conservación del Patrimonio Cultural.
 - Programa de usos múltiples y de desarrollo inducido (promoción turística).
 - Programa de monitoreo, vigilancia y control ambiental.

En las siguientes etapas del diseño de las obras del Embalse Compensador de Casa de Piedra se avanzará con el contenido, la definición y los alcances de estos Programas; cuya elaboración será uno de los principales componentes para el desarrollo del Plan de Manejo. Este Plan deberá tener en cuenta los principios de buenas prácticas que, según la Comisión Mundial de Represas (2000)⁸, *“ofrecen una vía para mejorar la planificación, la toma de decisiones y el cumplimiento de las normas establecidas y de esta forma aprovechar mejor las opciones existentes - sean estas tecnológicas, de política o institucionales - para arribar a soluciones que satisfagan las necesidades futuras de agua y energía en forma económicamente mas eficiente, socialmente mas equitativa y ambientalmente sustentable”*. Entre dichos principios, se mencionan:

- *Aumentar la eficiencia de los sistemas existentes;*
- *Evitar y minimizar los impactos sobre los ecosistemas;*
- *Realizar un análisis de opciones participativo y multicriterios;*
- *Garantizar que se mejoran los medios de subsistencia de las personas desplazadas y afectadas por los proyectos;*
- *Efectuar una supervisión regular y revisiones periódicas;*



Los Programas del subsistema natural y social, comprendidos dentro del Plan de Gestión Ambiental, contienen un conjunto de medidas de protección ambiental que provienen de la aplicación de diferentes enfoques sectoriales. Las que pueden clasificarse, según sus objetivos, en medidas de Planificación (definidas con carácter preventivo general, para reducir o evitar eventuales conflictos ambientales), de Programación (para prevenir o minimizar un eventual efecto negativo de un conjunto actividades propias del Proyecto) y Operativas (que corresponden a un conjunto de acciones concretas; por ej. Buenas Prácticas), aplicables desde el inicio o en una

⁸ Fuente: Represas y Desarrollo: Un Nuevo Marco para la Toma de Decisiones. Informe de la Comisión Mundial de Represas. Una Síntesis - Noviembre 16 2000 (<http://www.dams.org>)

determinada fase del Proyecto, a través de las cuales se instrumentan los Programas precedentemente definidos.

12.9. Necesidad de Estudios Complementarios

Se deberá considerar la realización de estudios complementarios para la identificación de los eventuales impactos sobre los recursos hídricos subterráneos (estudios de recarga, dinámica y comportamiento del acuífero, y sus consecuencias regionales), el análisis de calidad de sus aguas y de la del Embalse Compensador y el Caudal Ecológico.

Asimismo, deberán estudiarse, en particular, la dinámica de las migraciones y reproducción de la fauna íctica, y realizar el análisis sobre beneficios y riesgos de la siembra de peces exóticos para fomentar la pesca deportiva en su lago. La posibilidad y conveniencia de siembra de adecuadas especies puede ser en un interesante recurso para ello, cuya factibilidad y consecuencias debieran estudiarse en forma adecuada.

En cuanto a los estudios complementarios de los de este Informe, sería aconsejable profundizar el conocimiento del patrimonio cultural del área en estudio, mediante la realización de adecuados estudios de campo, posibilitando el eventual rescate del material identificado y la instalación de un museo de sitio en el área, donde lo determinen las autoridades provinciales.

También sería conveniente continuar y profundizar el diagnóstico ambiental a partir de observaciones de campo, del análisis de la biota terrestre (especialmente de comunidades de la zona de valle), del adecuado seguimiento de la actividad agropecuaria y del muestreo de recursos hídricos.

En una etapa más avanzada del Proyecto convendría obtener información primaria tendiente a identificar, caracterizar y evaluar los posibles cambios en las interrelaciones bióticas, relacionados con la construcción, llenado y operación del embalse.

12.10. Conclusiones y Recomendaciones en Materia Ambiental

La implementación del Embalse Compensador producirá sobre el medio socio-económico, un conjunto de impactos positivos que implicarán:

- Mejorar en la magnitud y calidad la producción energética de la Central hidroeléctrica de Casa de Piedra y de la adicional generable en el tramo subsiguiente.
- Posibilitar el desarrollo de una extensa área regable con caudales derivados desde su nueva represa; y



- Permitir el aprovechamiento con fines recreativos y turísticos de su lago.

En términos generales, durante la etapa de construcción, se espera un reducido nivel de impactos negativos sobre la población rural local, dada su escasa densidad y bajo nivel de uso de los recursos y de ocupación del territorio. Sin embargo, habrá ciertos impactos puntuales por relocalización de asentamientos (puestos) y de su población y actividades productivas.

La inundación del valle afectará a los predios ribereños; que, básicamente, están dedicados a la ganadería extensiva; algunos con pequeñas áreas con riego (forestación, pasturas y cultivos anuales); los que deberán expropiarse, indemnizando a sus propietarios en forma adecuada. En ciertos casos habría expropiación parcial de las partes de los predios realmente necesarias para implementar el Proyecto; en cuyo caso podría ser necesario resolverle el suministro de agua para bebida a esas explotaciones ganaderas remanentes; mediante dispositivos que también podrían aprovecharse para suministrar agua de apoyo a las plantaciones que se desarrollen en el área perimetral del Embalse y a sus instalaciones recreativas.

Globalmente considerados, se juzga muy favorable el balance general de impactos ambientales del Embalse Compensador; ya que si bien implicará cierta suma de efectos negativos, como contrapartida la Obra proporcionará muy importantes beneficios: por un lado, incrementando el potencial energético y mejorando la calidad y valor de su energía y, por otro, abasteciendo gravitacionalmente una muy importante superficie bajo riego (que excedería las 12.000 Ha netas cultivables); posibilitando, además, el desarrollo de nuevas actividades, como el turismo y la recreación (pesca y navegación deportiva).

Para maximizar los efectos positivos de las obras sobre el desarrollo socioeconómico local y regional, se recomienda la elaboración de una estrategia de desarrollo consensuada, con los principales actores gubernamentales y de la sociedad civil, a fin de integrar la nueva obra y sus potencialidades en un escenario lo más favorable posible, armonizado con los correspondientes planes y programas provinciales y nacionales.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Los estudios geológico-geotécnicos realizados en los sitios de posible ubicación del Embalse Compensador y los diseños preliminares de sus obras (con estimación de costos), han corroborado que el emplazamiento más conveniente se localiza en el paraje La Correntada, ubicado a unos 60 Km aguas abajo de Casa de Piedra; donde con, moderada inversión, puede establecerse una presa



con capacidad de regulación más que suficiente, con dominio sobre el área regable sobre margen derecha y, además, contar con un salto neto de ~10 m, aprovechable en la generación hidroeléctrica.

De acuerdo con su información geotécnica; incluyendo una consistente evaluación de los materiales de construcción allí disponibles; resultó que una presa de materiales sueltos sería la solución más conveniente para establecer esa obra de cierre; de cuyos componentes básicos se ha realizado un pormenorizado estudio, obrante en el # 7 de este Informe. Para lo cual se siguieron normas consagradas en la materia; en especial las del U.S. Bureau of Reclamation.

En ese sector hay, en general, abundancia de los materiales necesarios para construir una "presa de tierra"; con solo alguna limitación en cuanto a suelos cohesivos aptos para sus sectores impermeables; deficiencia que podrá solucionarse utilizando material apropiado extraíble de un importante yacimiento ubicado a unos 8 Km aguas arriba (en proximidades del Cierre Superior); con un costo de transporte casi irrelevante respecto al costo total de de la presa (<0,8%).

Dada la incidencia que tiene el costo del rip rap (~15% del valor de la presa) se prestó especial atención a la búsqueda de materiales aptos más cercanos a la Obra; localizándose a unos 6 Km un afloramiento de areniscas muy cementadas; que, en principio, podrían reunir condiciones apropiadas para ello. Los ensayos preliminares realizados sobre sus muestras dieron resultados alentadores; por lo que, en una siguiente etapa del Estudio, habría que hacer una más completa evaluación de su calidad y volúmenes disponibles; ya que si ese material resultara apto para rip rap, se lograría una significativa reducción de costos.

Los trabajos de perforación realizados en el emplazamiento de La Correntada mostraron una muy baja compacidad e importante permeabilidad del relleno aluvial en que debe asentarse la represa; lo que requerirá: por un lado, la preconsolidación dinámica del mismo, y, por otro, la ejecución de una pantalla impermeable para interceptar un importante flujo subterráneo por su fundación; ya que, de lo contrario, podría llegar a afectar la estabilidad de la presa. Un mejor conocimiento del subsuelo y posibles buenos resultados de dicha preconsolidación podrían eliminar o reducir el importante costo de dicha pantalla (~10%).

Si bien la ejecución del Canal de 1° Desvío presupone un muy importante volumen de excavación (>200.000 m³), con el consiguiente significativo costo; según las investigaciones geotécnicas realizadas será posible aprovechar gran parte de ese material en la construcción del cuerpo de la presa; con lo que se reduciría sustancialmente el valor imputable a las operaciones de desvío del río; a lo que también contribuiría la posibilidad de facilitar la operación con la oportuna reducción temporaria de los caudales que descarga Casa de Piedra.



La desagregada evaluación realizada de sus principales costos muestra que el Proyecto del Embalse Compensador demandaría una inversión total del orden de los 40 Millones de Dólares USA, de los cuales más del 40% correspondería al costo del equipamiento hidroeléctrico. Tal inversión total equivaldría a solo ~10 veces el incremento de ingresos anuales de producción eléctrica que generaría el Proyecto en estudio. Lo que evidencia una muy favorable relación inversión/resultados, que avalaría priorizar su ejecución.

Corresponde remarcar aquí que una importante proporción de dicha inversión total corresponde a obras e instalaciones prevista para poder evacuar una hipotética gran creciente extraordinaria del río Colorado. Condición que se asumió para el diseño preliminar de las obras de alivio, en razón de anteriores previsiones y de extremar la seguridad de la Obra; pero que, en la siguiente etapa del estudio, debería ser adecuadamente revisada; ya que el valor realmente previsible del caudal a erogar podría ser muy inferior y por ende menores los costos de dichas obras de alivio.

Luego de sucesivos ajustes se logró implementar, en forma muy satisfactoria, un Modelo Hidrológico – Energético de Simulación del funcionamiento de la Obra, que ha sido de gran utilidad para establecer sus probables condiciones operativas y sus respectivas producciones energéticas (ver # 5.1 y 10 de este Informe y su Anexo E). Resumidamente, cabe remarcar que dichos resultados indican que la implementación del Embalse Compensador, en la hipótesis menos favorable, produciría una muy significativa mejora en la cuantía, calidad y en el valor de su producción eléctrica (~ + 14.000.000 \$/año).

Las restricciones establecidas por las Normas del Manejo de Aguas a la variación horaria de los caudales del río implican importantes limitaciones a un eventual empuntamiento de la operación de la actual C.H., condicionando en gran medida sus resultados; tanto en cuanto a potencia remunerada, como en generación de las energías de mayor precio. En función de ello se han previsto como más probable el Escenario 2 (ver # 10.1.1), que solo prevé modificar el caudal turbinado los fines de semana; con la consiguiente merma de los potenciales beneficios del Compensador. La ejecución de un represamiento menor, inmediatamente después de la actual C.H., podría atenuar los efectos de esas variaciones de caudal en el tramo subsiguiente y posibilitar así un mayor empuntamiento de su operación. Pero ello debiera justificarse con una favorable relación inversión – incremento de beneficios; lo que no parecería factible con los valores actuales de la energía.

Si bien los estudios ambientales inicialmente se vieron retrasados por la demora en completarse la entrega de toda la información aerofotogramétrica necesaria, se pudo establecer un



balance preliminar muy favorable entre los efectos positivos y negativos de la Obra; tanto en términos de producción eléctrica, como en la posibilidad de habilitar en forma gravitacional una muy importante área de riego sobre margen derecha (puede ser mayor de 12.000 Ha netas), más el uso recreativo y turístico de su lago. A los que deberían agregarse los derivados de la sustitución de generación térmica equivalente.

Por su parte; los estudios energéticos realizados han puesto de manifiesto que, en el contexto de un sostenido crecimiento económico-social se produciría cierto desabastecimiento del mercado eléctrico, particularmente en los períodos de máxima demanda; y, también, que para subsanarlo debería recurrirse, en buena medida, al consumo de combustibles importados; con perspectivas de crecientes precios. Todo lo cual implicaría la posibilidad de colocar sin restricciones y en muy favorables condiciones económicas la producción hidroeléctrica del proyecto que nos ocupa.

Como consideración final, corresponde remarcar que: siendo una obra de simple y rápida ejecución; que requeriría una inversión comparativamente baja, respecto a las usuales en aprovechamientos hidroeléctricos; que aportará electricidad sin consumo de combustibles, de previsible precios crecientes; y sin efectos contaminantes; este Proyecto reuniría condiciones más que suficientes para respaldar un decidido avance hacia su implementación. En tal sentido, un próximo paso prioritario a dar sería la pronta realización de investigaciones geotécnicas adicionales y demás estudios complementarios necesarios, acompañados de la formulación de su Anteproyecto Definitivo y Documentación Licitatoria de las obras del Embalse Compensador. Lo que constituye la **recomendación básica del presente Informe.**

BUENOS AIRES, 26 de Noviembre del 2007.



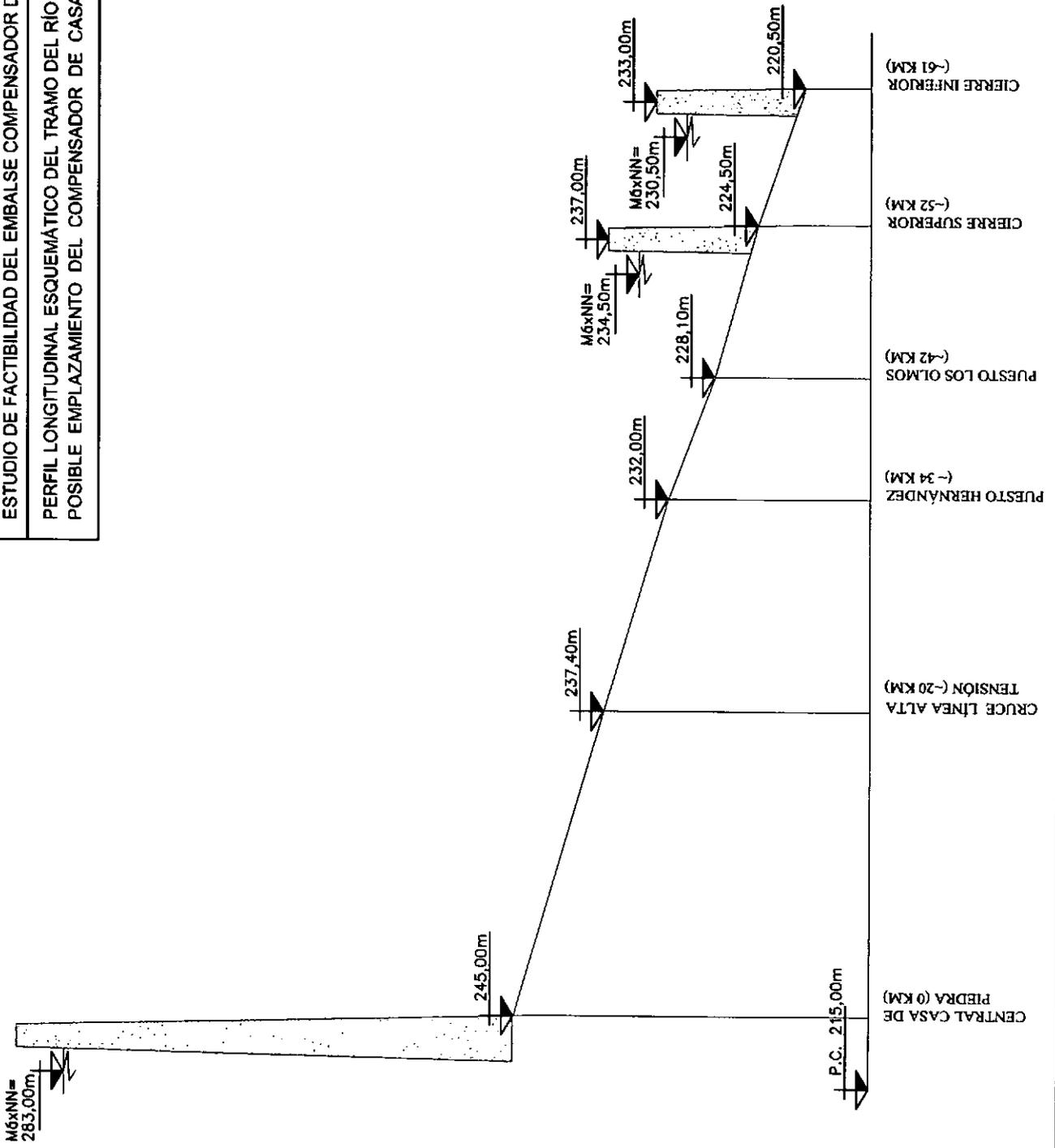
Ingeniero Civil OSCAR M. RODRIGUEZ DIEZ

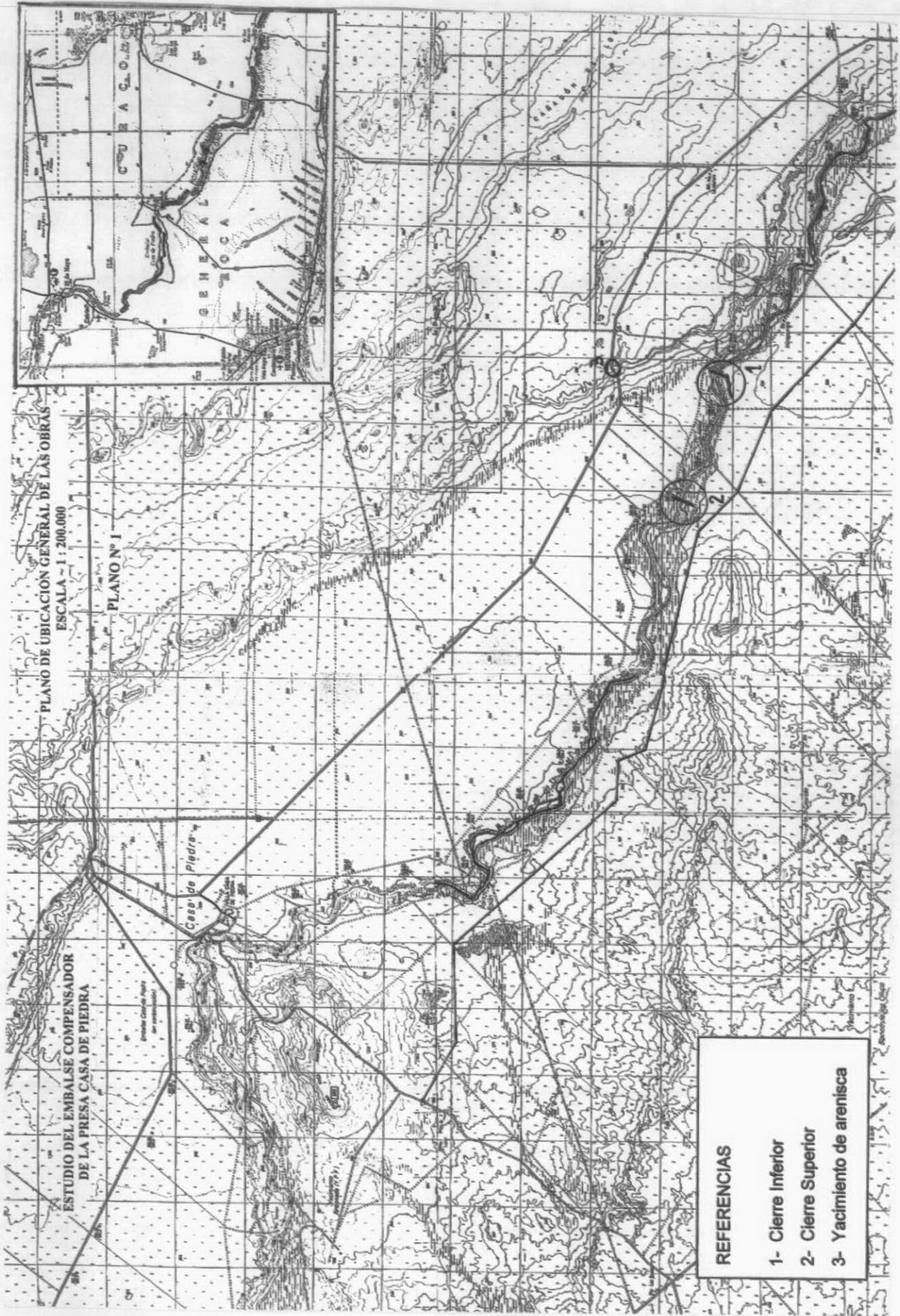
ANEXO PLANOS Y FIGURAS

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL EMBALSE COMPENSADOR DE CASA DE PIEDRA

PERFIL LONGITUDINAL ESQUEMÁTICO DEL TRAMO DEL RÍO DE
POSIBLE EMPLAZAMIENTO DEL COMPENSADOR DE CASA DE PIEDRA

FIGURA Nº 1



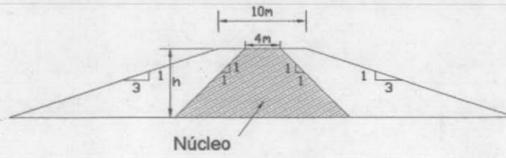


ESTUDIO DEL EMBALSE COMPENSADOR
DE LA PRESA CASA DE PIEDRA

PLANO N° 1

PLANO DE UBICACIÓN GENERAL DE LAS OBRAS
ESCALA ~ 1 : 200.000

- REFERENCIAS**
- 1- Cierre Inferior
 - 2- Cierre Superior
 - 3- Yacimiento de arenisca

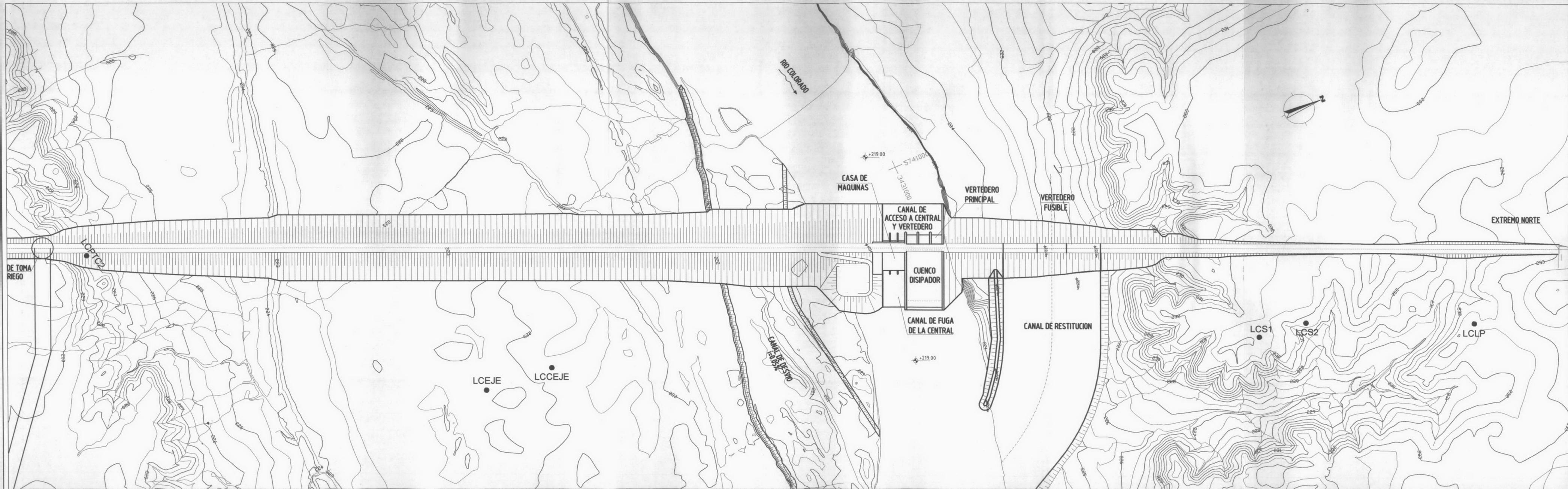


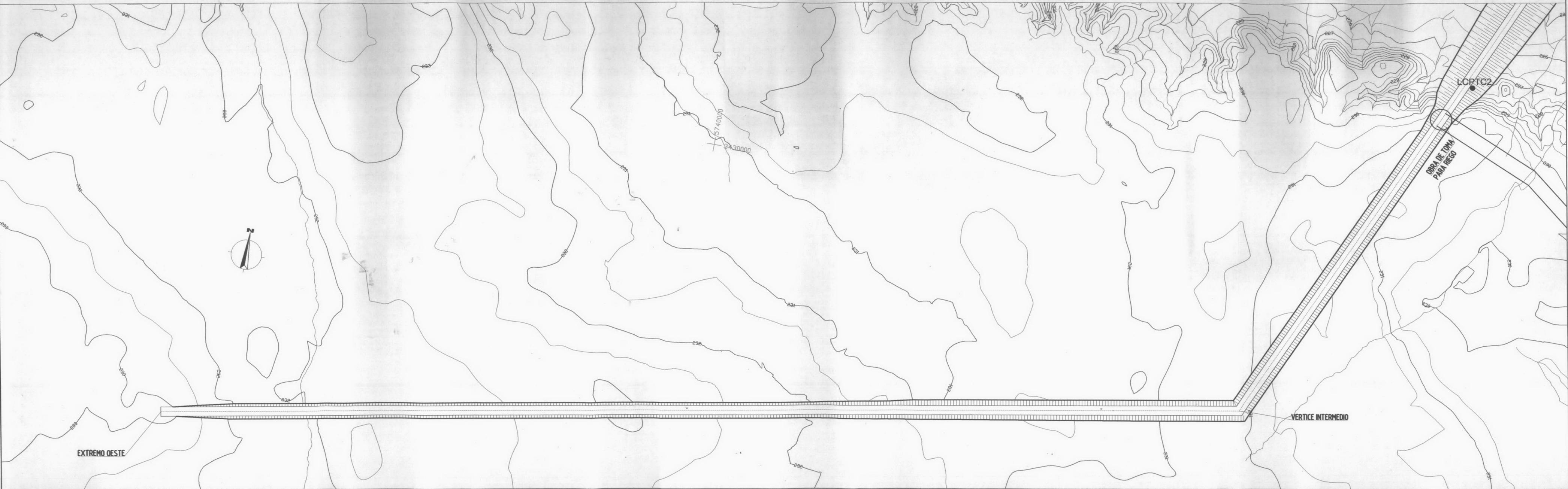
NIVEL CORONAMIENTO=237m

NIVEL MÁXIMO NORMAL=234,5m

P. de C. 220.00

PROGRESIVA	0.00	11.49	178.28	181.60	198.21	327.72	363.70	368.81	398.43	480.74	550.23	620.49	636.16	738.31	745.70	809.36	831.89	898.65	1022.53	1130.13	1176.64	1230.20	1250.22	1265.23	1281.04	1294.85	1312.37	1319.98	1451.28	1454.84	1534.34	1614.73	1646.55	1659.09	1720.63	1729.55	1765.89	1786.20	1809.56	1875.39	1903.12	1991.05	2029.13	2095.51	2135.63	
COTA T.N.	237.00	237.00	224.74	226.00	226.50	227.00	227.00	227.50	227.50	227.50	228.00	228.00	227.50	227.50	228.00	228.00	227.50	227.50	227.50	227.50	228.00	229.50	230.50	231.00	232.50	235.00	235.50	236.00	236.00	235.00	234.50	234.50	235.00	235.50	236.00	236.50	236.50	236.50	236.00	236.00	236.50	236.00	236.00	236.00	236.00	237.00

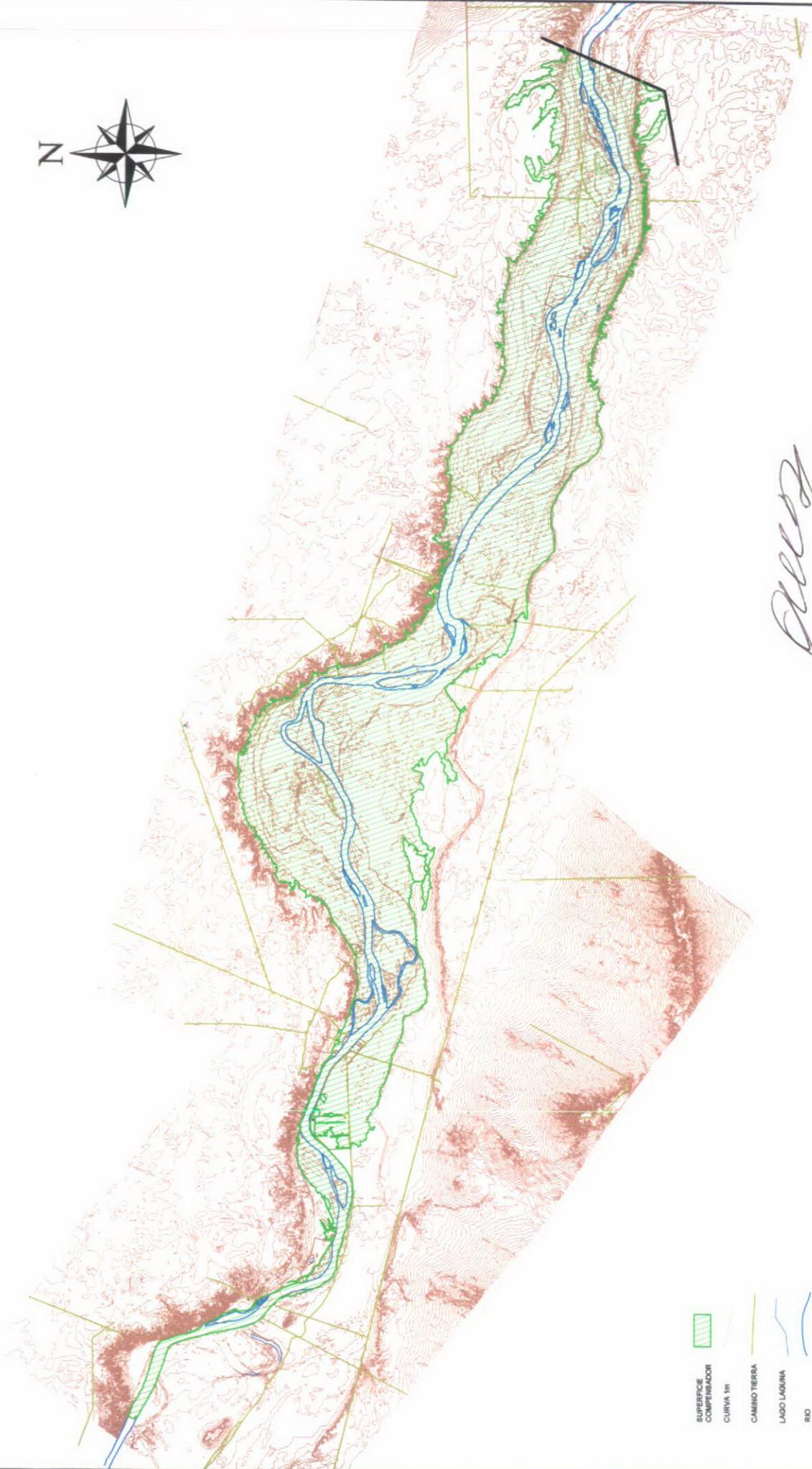




ANTEPROYECTO PRELIMINAR DEL DIQUE COMPENSADOR DE LA
PRESA DE EMBALSE CASA DE PIEDRA

PLANO N° 5: SUPERFICIE EMBALSE-COMPENSADOR

ESCALA 1:80.000



-  SUPERFICIE COMPENSADOR
-  CURVA 1m
-  CAMINO TIERRA
-  LAJO LAGUNA
-  RIO

Allan