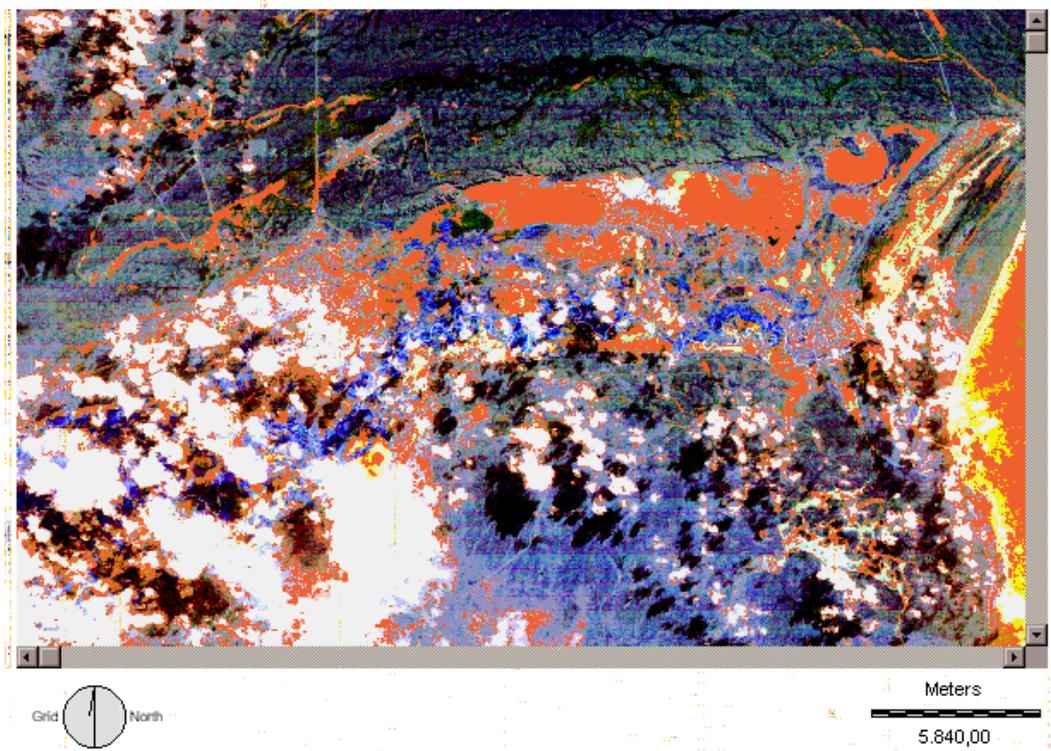




**Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**LA SEGURIDAD EN LAS OBRAS HIDRAULICAS DE  
CONTROL DE CRECIDAS EN CUENCOS ALUVIONALES  
URBANOS DEL VALLE INFERIOR DEL RIO CHUBUT Y  
PUERTO MADRYN**

Composición falso color IMG LANDSAT TM del 25/4/98. Zona VIRCh



FI - UNPSJB

**Departamento de Ingeniería Hidráulica y Civil - Trelew**  
Trelew, Pcia. del Chubut, Junio – Noviembre de 1.998



**OBRAS DE CONTROL ALUVIONAL EN EL VALLE INFERIOR DEL RIO  
CHUBUT Y PUERTO MADRYN:**

**LA SEGURIDAD EN LAS OBRAS HIDRAULICAS DE  
CONTROL DE CRECIDAS EN CUENCOS ALUVIONALES  
URBANOS DEL VIRCh Y PUERTO MADRYN**

**Documento de Evaluación Técnica**

**(por tormenta extraordinaria del 23 y 24 de Abril de 1998).**

**Departamento de Ingeniería Hidráulica y Civil  
FACULTAD DE INGENIERIA – UNPSJB, Julio 1998**

## **1 RESUMEN**

La tormenta extraordinaria del pasado 23/24 de Abril de 1.998 en el Valle Inferior y Este del Chubut puso de manifiesto, una vez más, el alto grado de riesgo de la infraestructura para convivir con esta fenomenología y la carencia de una estrategia integral de planificación del crecimiento y uso de los espacios naturales compatible con el medio ambiente. También, una vez más y por la magnitud del meteoro, se vieron desbordadas las posibilidades de contención institucional de la emergencia, reemplazada necesariamente en muchos incidentes por la espontánea organización solidaria de vecinos afectados e instituciones intermedias.

Con características distintas a los eventos de 1.992 y 1.993 –fundamentalmente desbordes del Río Chubut en áreas urbanas- la enorme cantidad de agua caída en esta oportunidad puso a prueba además diversas obras de control de crecidas construidas en los últimos años en las áreas urbanas de Puerto Madryn, Dolavon, Gaiman, Trelew y Rawson.

Ya en 1.997, se preanunciaba un nuevo "Niño" con efectos devastadores. La magnitud alcanzada por la columna de agua caída en esta oportunidad no tiene precedentes en las series de datos de registros históricos de lluvias locales (INTA, SMN, CENPAT), y sus estadísticas inferían períodos de retorno muy altos para este tipo de tormentas, según el período e intensidad de lluvia máximo alcanzados.

Por sus efectos, las características de las inundaciones ocurridas nos llevan a recordar las experiencias vividas por nuestros antepasados en la inundación de 1.899, aunque esta fue producto de una crecida del Río Chubut por fuertes lluvias en el cuenco medio y superior. O a las posteriores (1901, 1902, 1905, 1958, etc.) que en menor magnitud, generaron lluvias de importancia en el cuenco aluvional e inferior del valle

A solicitud de CORFO y como aporte de este Departamento al mejor conocimiento de esta problemática, se evalúa en este trabajo las características de seguridad de distintas obras de control de crecidas en áreas urbanas y suburbanas de la región.



## 2 ANTECEDENTES

### 2.1 EN GENERAL

El vertiginoso ritmo de crecimiento urbano regional de las últimas décadas, no contempló debidamente el impacto ambiental de la ocupación de espacios naturales por los complejos habitacionales e infraestructura, (fundamentalmente vial). Muy particularmente, en su relación con el ambiente hídrico.

La baja frecuencia de precipitaciones intensas y duraderas y la alternancia de períodos plurianuales (irregulares) de humedad y sequía que caracteriza a las zonas áridas y semiáridas, catalizó la ocupación progresiva de las áreas con riesgo de inundabilidad por lluvias locales, lluvias aluvionales o desbordes del río (particularmente en sus largos períodos de sequía).

Además, las características naturales de los distintos subsistema hídricos en que se asientan las localidades del valle, se caracterizan por amortiguar los excedentes hídricos solo una parte por escurrimiento hacia el Río o el sistema de lagunas. El resto –una importante alícuota-, lo es fundamentalmente por almacenamiento superficial (infiltración-evapotranspiración). En este tipo de paisajes, toda alteración que tienda a disminuir los anegamientos de una superficie dada afectará irremediablemente en detrimento de otras que pasarán a tener anegamientos equivalentes mayores.

A título de ejemplo ilustrativo, una lluvia de intensidad fuerte, ( 25 mm/hora por ejemplo ), es capaz de generar para los suelos y cobertura vegetal de la zona una producción específica del orden de los 30 litros/seg/hectárea o manzana: Valor que se incrementa sensiblemente según los grados de urbanización de cada sector. Para la ciudad de Trelew por ejemplo, los aportes directos para una superficie estimada de 1.800 has (solamente zona urbana) y para una lluvia de 250mm similar a la ocurrida en Abril, acumula descontadas las pérdidas una cifra de un orden superior a los 3.000.000 m<sup>3</sup> de agua. Ello, sin contar los aportes de cañadones externos cuyos cuencos drenan hacia el casco urbano. La amortiguación del subsistema hídrico solo en parte es por escorrentía (hacia el Río o hacia las lagunas II y subsiguientes). El resto, es fundamentalmente por almacenamiento superficial (evaporación-infiltración). Las imágenes satelitales LANDAST TM del 25/4/98<sup>1</sup> y secuencias posteriores, son más que elocuentes al observar la masa hídrica en el Valle y en derredor de Trelew y su muy lento avance hacia las Lagunas II, III, IV y V.

En 1.982, la entonces Dirección General de Estudios y Proyectos dependiente de la Subsecretaría de Servicios y Obras Públicas (MESOP), comienza a estudiar alternativas de control de crecidas en áreas urbanizadas donde se habían desarrollado obras de infraestructura ocupando de hecho espacios de riesgo en cañadones o desagües torrenciales naturales. La

---

<sup>1</sup> Fuente: Dirección General de Información Territorial y Catastro.



situación de Gaiman en la desembocadura del Cañadón Baraibar; en Puerto Madryn con el barrio 630 Viviendas, el Parque Industrial Liviano y aledaños; accesos y sector nuevo de la localidad de Dolavon en la desembocadura del cañadón homónimo; Barrio Constitución en la ciudad de Trelew, Barrio 1008 Viviendas en Comodoro Rivadavia; etc., son claros ejemplos del crecimiento urbano sobre áreas expuestas a los riesgos señalados.

Si bien ya entonces se advertía esta problemática hídrica como natural, compleja y de riesgo en eventos extraordinarios, el planeamiento urbanístico no advertía la magnitud de daños potenciales en aquellos de muy escasa ocurrencia, pero esperables. Las soluciones por canalizaciones resolvían por lo general el problema de lluvias de baja y media recurrencia; pero exigían la remoción de sectores barriales y obras muy costosas con relación a la infraestructura que protegían, si se tenían en cuenta caudales y volúmenes de tormentas de tiempos de retorno extremos.

Comienza pues a pensarse en obras de tratamiento de torrencialidad para los cuencos aluvionales que confluyen a los barrios citados.

Primariamente, se recomendaba impulsar un PROGRAMA interinstitucional para el MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS. El tratamiento convencional en faldeos y pendientes con obras agrotecnias aparecía como la solución más acertada en combinación con el cuidado y preservación ambiental. Sin embargo, a la hora de adoptar decisiones se interpretaban como respuestas de lenta maduración frente a la fuerte demanda social de concreciones y respuestas rápidas.

Fue así cobrando forma la introducción de reservorios transitorios y artificiales, construidos en el interior del cuenco, que permitan retardar por laminación las crecidas de los torrentes, obras que garantizaban una muy eficiente respuesta de corto plazo para prácticamente todas las tormentas de baja y media recurrencia, perdiendo eficiencia para aquellas tormentas de muy alta recurrencia o período de retorno. Paralelamente, se impulsaba el tratamiento a largo plazo con obras agrotecnias en el medio y alto cuenco, mejorando el entorno ambiental y favoreciendo la intercepción, infiltración y evapotranspiración del agua de lluvia.

Con este concepto, la ex DGEyP de la Provincia trabajó con sus equipos técnicos acompañando a los municipios en los estudios, en distintos grados de desarrollo (esquemas preliminares, relevamientos básicos, o proyecto) en temas tales como el Cañadón Baraibar de Gaiman, los cañadones que envuelven a la ciudad de Puerto Madryn (y nominados entonces como cuencos 1, 2, 3, 4, 5 y 6), el Cañadón del Parque Industrial de Trelew y su desagüe natural por Barrios Constitución y Presidente Perón (barrio Norte) hasta la laguna C. Chiquichano, cañadón del barrio 1008 viviendas de Comodoro Rivadavia, sin excluir otras como cerro La Zeta en la ciudad de Esquel y muchas localidades cordilleranas a la orilla de ríos de montaña.

Años después, estas ideas tuvieron comienzo de ejecución con los primeros cierres del Parque Industrial de Trelew (tres pequeñas presas), los que fueron construidos con materiales de préstamo local y escombros, con escasa compactación, sin tratamiento de las zonas de



fundación, con vertederos de muy reducidas dimensiones, y cotas de coronamiento muy bajas con relación a la capacidad de embalse requerida. En 1992, las tormentas de Mayo produjeron una muy importante crecida en este cañadón, sometiendo a una situación de alto riesgo de colapso a los cierres I, II y III; el primero por rebalse sobre su coronamiento y el último por altas filtraciones bajo el cuerpo de la presa.

También se dieron inicio a las obras del cañadón Baraibar en Gaiman, y al Cierre Cuenco I de Puerto Madryn, comenzando a construirse las "pipas" o estructuras de desagüe con sus tomas conductos de hormigón armado. Posteriormente, la totalidad de estas estructuras debieron ser descartadas o reacondicionadas por errores en su replanteo y/o falta de cumplimiento de las normas técnicas mínimas exigidas en la elaboración y colocación del hormigón, y su consecuente serie de deficiencias con alto riesgo para ser utilizadas como conductos bajo las presas.

En tanto la sumatoria de pequeñas obras agrotécnicas de ordenación de laderas y faldeos que, en el concepto de manejo integral de cuenca, permiten dar mayor seguridad y mejor respuesta en el control de crecidas, por lo general no se llevaron a la práctica por falta de consenso institucional y disponibilidad presupuestaria.

### **2.1.1 De las Obras de Control Aluvional en 1992.**

Con la tormenta extraordinaria de Mayo de 1992 y sus devastadoras consecuencias en Trelew, Dolavon, Rawson, Puerto Madryn y Gaiman, las obras de defensas aluvionales en áreas urbanas cobraron nuevos impulsos, logrando la asignación de fondos especiales. Se seleccionaron distintas áreas aluvionales urbanas (Cañadón Dolavon, Cañadón Baraibar, Parque Industrial de Trelew y Calle Canal, Barrios 490 y alrededores de Rawson, Cuenco 2 de Puerto Madryn), se revisaron estudios y proyectos existentes, se relevaron estudios básicos complementarios, se ejecutaron los proyectos con su ingeniería de detalle, y se construyeron las nuevas obras.

Las construcciones alcanzaron obras tales como las Presas de Laminación de Crecidas "*Gasoducto*" del Cañadón Dolavon; Cierres A, B y C del cañadón Baraibar; Cierres II, III y IV del Cañadón del Parque Industrial de Trelew; Cierre "*Hipódromo*" del Cuenco 2 de Puerto Madryn (y anteproyecto del Cierre "*Línea Alta tensión*" del Cuenco 2); Canal Derivador de Crecidas Aluvionales de la Terraza Intermedia (*El Sombrerito*) y colector del área sobre barrios 490 Viviendas, Policial y Docente en Rawson; Desagues de Presas del Parque Industrial en sectores del Barrio Constitución y Calle Canal en la ciudad de Trelew. (Todas, resumidas en 8 (ocho) volúmenes de Revisión Técnica contratadas por el MESOP y sus correspondientes Ingenierías de Detalle según las memorias técnicas del IPVyDU).

En Rawson, se construyó el canal colector del área 490 viviendas y su alcantarilla de cruce por la Ruta a Playa Unión, quedando inconclusa la construcción de los muros de ala y un salto disipador de energía previsto aguas abajo.

### 2.1.2 Deterioro de obras.

A pocos años de la construcción de las citadas obras, particularmente las presas de laminación de crecidas, pudieron constatarse distintos deterioros de mayor o menor riesgo, generalmente vinculados a actos de vandalismo, entre los que se destacan:

**Presas del Cañadón Baraibar en Gaiman:** Robo de mallas de alambre del cerco perimetral de las obras de toma (para protección de taponamiento por resaca y elementos flotantes en crecidas). También, roturas de rejas metálicas en los orificios de toma. Bajo contenido de proporción de arcillas en el núcleo de la presa.

**Presas del Cañadón del Parque Industrial de Trelew:** Robo de materiales de gaviones y mallas especiales de alambre superiores de los aliviaderos de seguridad de las Presas II y III. Depósitos crecientes de basura sólida (escombros de construcción, enseres domésticos y vehículos abandonados) sobre el sector de acceso, cresta del vertedero y canal de desagüe del aliviadero de la Presa III, hasta su obstrucción.

**Presa del Cuenco 2 de Puerto Madryn:** Quita de material del enrocado (rip rap) de protección de la presa, construido en piedra laja partida (robo hormiga); depósitos de piedras de distintas dimensiones retiradas del paramento de aguas arriba de la presa y colocadas en la toma principal del conducto de desagüe de la presa hasta su obturación; depósitos de estas piedras dentro del canal de desagüe y dissipador de energía aguas abajo. Deterioro de la geometría del terraplén por tránsito.

**Canal El Sombrero:** Deterioro por erosión natural en grandes crecidas, particularmente en el sector del "tapón" o "presa" de desvío de los aportes. Esta situación es técnicamente natural para los suelos de la construcción, requiriendo del mantenimiento preventivo periódico o mejoras de mayor costo de inversión.

**Canal Colector en Rawson:** Deterioro por erosión natural en el canal y erosión localizada en la alcantarilla de cruce de la ruta con rotura parcial de ésta. Alteraciones en la geometría original y quita del revestimiento de grava arcillosa de taludes y fondo por tránsito vehicular y cortes de máquina en cercanías de la ruta o alcantarilla.

### 2.1.3 De los proyectos existentes y obras en construcción.

En los años recientes, CORFO por Convenio con la Facultad de Ingeniería (DIHyC), completa estudios a nivel de proyecto ejecutivo en los cuencos aluvionales 3 y 4 de Puerto Madryn, Cuenco medio e inferior del Cañadón Dolavon y Cuenco inferior del Cañadón Baraibar. De estos estudios surgen los siguientes proyectos:

#### **Puerto Madryn:**

- Presa de Laminación de Crecidas del Cuenco 3,
- Presa de Laminación de Crecidas Cuencos 3/4 y 4
- Rotonda y Captación aluvional en Av. Del Trabajo y Juan XXIII,



Nota: Se quitan del Convenio para su tratamiento en otra oportunidad estudios y proyectos referidos al control aluvional del Cuenco 1 y Presa 2 (Línea Alta Tensión) del Cuenco 2.

**Dolavon:**

- Presa de Laminación de Crecidas del Cuenco medio (Cierre Felipe / Línea Alta Tensión), Cañadón Dolavon,
- Traviesas de consolidación en el cauce inferior del Cañadón Dolavon (Tramo Ruta 25 hasta Dolavon).
- Gaiman:
- Traviesas de consolidación en el cauce inferior del Cañadón Baraibar (Tramo Ruta 25 hasta Gaiman).

## 2.2 LIMITACIONES Y RESTRICCIONES

Esta serie de obras construidas, en construcción o proyectadas, tienen por finalidad mitigar los efectos de crecidas de distintos cuencos torrenciales urbanos o suburbanos que desembocan o transitan por las localidades del Valle Inferior y Puerto Madryn. Por lo general, surgen como necesaria respuesta al desarrollo progresivo de infraestructura en áreas bajas anegables o torrentes temporarios.

En el caso de la problemática del área barrio 490 Viviendas y alrededores de la ciudad de Rawson, el enorme cuenco de aportes provenientes del sistema de lagunas encadenadas de la terraza intermedia, pudo ser resuelto a través de su desvío al mar, alterando el curso y condiciones naturales de disipación de ese subsistema hídrico. Una periódica revisión de las obras y su consecuente mantenimiento -de muy bajo costo en relación con los daños que se procura evitar-, basta para minimizar los efectos torrenciales de las crecidas derivadas por el canal de El Sombrero.

Las soluciones basadas en presas de laminación de crecidas como las formuladas en Dolavon, Gaiman, Trelew y Puerto Madryn tienen otra caracterización muy distinta. Por su concepción, estas obras tienen por finalidad retener transitoriamente en embalses artificiales las aguas pluviales que en forma natural bajan en aluvión hacia las áreas urbanizadas. Utilizan en general espacios bajos o deprimidos de áreas del cuenco intermedio o bien particularidades topográficas en los cañadones. Su impacto sobre el medio ambiente es en general mayor que con las soluciones clásicas, y demanda criterios especiales de planificación, disposición, proyecto, auscultación y mantenimiento de las obras para su seguridad y el mínimo riesgo de rotura o falla.

Si bien este tipo obra permite dar una solución rápida y confiable para tormentas de recurrencias bajas y medias, exige normas especiales de seguridad para evitar posibles fallas o roturas en casos extremos, en que las consecuencias puedan resultar más gravosas que las esperables sin su construcción. Exigen además una estrategia clara de largo plazo que



contemple la previsión urbanística a futuro, cuando los embalses se colmaten por deposición de sedimentos.

*Estas estrategias no pueden estar ausentes; la construcción de los cierres para la protección de barrios existentes da el tiempo necesario para contemplar en el futuro plan de expansión urbanística las restricciones de construcción en tales áreas, y aún de erradicación paulatina de los mismos, a medida que van cumpliendo su vida útil (50, 100 años o más).*

*Con relación al medio ambiente circundante, la disposición de presas con embalses para laminación de crecidas en núcleos urbanos o suburbanos, debería contemplar obras complementarias y cuidados especiales de ambientación de su entorno: parquización y recreación, forestación, limpieza, planificando el destino de su vaso inundable según la frecuencia estimada de ocupación de las aguas.*

## 2.3 ASPECTOS INSTITUCIONALES

Las presas y obras de control aluvional existentes requieren de la revisión, auscultación, monitoreo de su funcionamiento en crecidas, mantenimiento preventivo y correctivo periódicos, tareas estas que hacen a su eficaz respuesta y mejora del entorno en que están dispuestas y, fundamentalmente, a la seguridad de las obras, las personas y sus bienes.

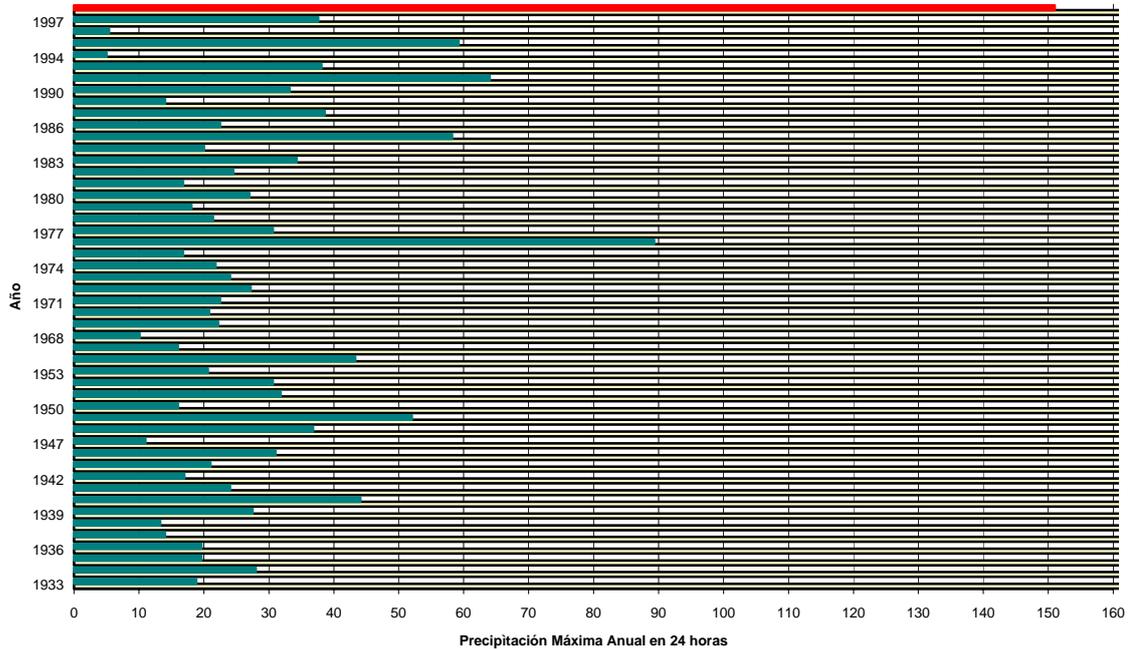
La cantidad, envergadura y complejidad de las obras existentes y en construcción, como así también de los diversos proyectos existentes próximos a su ejecución, justifican ser afectadas a una Institución responsable, como autoridad de aplicación del cuidado, mantenimiento y vigilancia de seguridad de las obras.



**TORMENTA EXTRAORDINARIA DEL 23/24 Abril de 1998  
TRELEW - PCIA. DEL CHUBUT**

T [Hs]	T [min]	Fecha - Hora	Pp Acum.	Pp Parcial
0	0	22/4/98 21:00		
6	360	23/4/98 3:00	5.0	5.0
12	720	23/4/98 9:00	16.0	11.0
18	1080	23/4/98 15:00	49.0	33.0
24	1440	23/4/98 21:00	67.4	18.4
30	1800	24/4/98 3:00	78.9	11.5
36	2160	24/4/98 9:00	128.2	49.3
42	2520	24/4/98 15:00	171.0	42.8
48	2880	24/4/98 21:00	215.6	44.6
54	3240	25/4/98 3:00	230.1	14.5

**ESTUDIO DE TORMENTAS - TRELEW  
Precipitación Máxima Diaria**



### 3 EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE LAS OBRAS DE CONTROL ALUVIONAL EXISTENTES EN EL VIRCh Informe de Revisión

#### 3.1 CIERRES PARQUE INDUSTRIAL Y DESAGÜES BARRIO NORTE DE TRELEW

##### 3.1.1 Consideraciones generales

El cañadón del Parque Industrial de Trelew adquiere características de torrencialidad cuando se suceden tormentas de duración e intensidad suficientes para activar el área de aportes principal en la meseta y su sistema de lagunas temporarias naturales, las que una vez "encadenadas", escurren sus excedentes hídricos siguiendo una dirección principal Oeste - Este, (tormentas de mediana a larga duración e intensidad). Luego, a través del cañadón, discurren por sectores densamente urbanizados en las décadas recientes, para desaguar en la Laguna Cacique Chiquichano (I) y de ésta, seguir el curso natural del sistema de lagunas y bajos naturales II, III, IV y eventualmente a la V (Salitral de Rawson). Ha influido sin duda, la particular conformación de este subsistema hídrico típico de meseta y zona árida, que activa su potencial torrencial produciendo aluviones de importancia sólo muy esporádicamente.

Su geomorfología es indicativa de que solo una parte de estos excedentes pueden resolverse a través de este muy lento escurrimiento. Otra importante alícuota es naturalmente amortiguada por evaporación-infiltración en las depresiones naturales (proceso mucho más lento), físicamente dificultadas de discurrir por sus bajas pendientes.

El progresivo proceso de urbanización de la zona ha generado importantes alteraciones antrópicas de impacto creciente, propias del crecimiento de las obras de infraestructura. Por un lado, cada manzana, cada m<sup>2</sup> cubierto, disminuye la capacidad de retención y pérdida del agua de lluvia con relación a los suelos naturales preexistentes, modificando su patrón de aportes de excedentes superficiales para una misma lluvia dada. Por otro lado, cada manzana, cada m<sup>2</sup> de bajos naturalmente inundables que se rellenan o sanean, inexorablemente afectan y en magnitud equivalente a otras áreas en su detrimento, las que manifiestan una mayor inundabilidad para una misma lluvia dada. A ambos efectos se suman las alteraciones al ambiente hídrico por, caminos vecinales, terraplenes de ruta, de canales y rellenos, etc.

Los escasos pero importantes aluviones ocurridos durante las últimas décadas obligaron a una creciente consideración del problema para la búsqueda del tratamiento de sus efectos, aunque ello no fue acompañado con la adopción de medidas preventivas y correctivas de ordenamiento en el desarrollo urbano.

Las fallas en los criterios para la determinación de emplazamientos en la construcción de barrios de viviendas alcanza una de sus máximas expresiones en el Barrio Constitución, situado sobre el cauce mismo del cañadón principal que *ciega* a éste, constituyendo *el*



"primer dique" construido sobre el mismo. Se agrava esta consideración en el sector la Ruta Nac. N° 25, y otros caminos circundantes que actúan como verdaderos diques de contención de los excedentes pluviales.

Durante el proceso de urbanización de la zona de tránsito de las crecidas se sucedieron diversas interpretaciones del problema pluvial-aluvional y distintos criterios para su tratamiento. En la década del '70 prevalecía la idea de la canalización del cañadón entre el cruce con la Ruta Nac. N° 25 y la laguna a través de una "calle-canal", es decir, una amplia calle de gálibo invertido. Sin embargo, no se siguió un criterio análogo en el sector del B° Constitución, proyectado a fines de esa década sin consideración alguna de la torrencialidad de la cuenca. Esta variante de la hidráulica tradicional tiene el inconveniente de "acelerar" progresivamente la onda de crecida produciendo para una misma tormenta tipo, picos de caudales mayores en tiempos menores. Siendo que este subsistema termina en la laguna I (Chiquichano), puede ofrecer aparentes buenos resultados en tormentas de baja recurrencia, pero para grandes tormentas de períodos de retorno altos agrava el problema en derredor de esta laguna que no tiene capacidad natural de evacuar grandes caudales, anegando grandes áreas aledañas incluida el Barrio Padre Juan.

Durante la década del '80, la ex-Dirección General de Estudios y Proyectos de la provincia introdujo el criterio del control de los efectos de torrencialidad en zonas suburbanas a efectos de atenuar los caudales de escurrimiento a través de las áreas urbanas con la consecuente disminución de riesgos y daños frente a las tormentas.

El concepto se materializaba a través de una serie de embalses transitorios que, por acumulación (embalse) y desagüe controlado, permitiría una gran disminución de los caudales máximos de paso por la ciudad para tormentas de baja y media recurrencia, siendo su efecto menor para aquellas de recurrencias mayores. A continuación de dicho sistema se consideró la conveniencia de la conducción subterránea de los caudales erogados hasta la laguna, entubando los desagües a través del B° Constitución y agregando un conducto central bajo la calle-canal.

Con este concepto, aunque sin un proyecto suficientemente elaborado, se construyeron sobre el cañadón situado al norte del Parque Industrial 3 terraplenes que, por falta de estructuras de desagüe, estuvieron a punto de colapsar en 1992 poniendo en serio riesgo a los barrios ubicados aguas abajo.

Luego del evento de Mayo de 1992 y a partir del logro de fondos para el financiamiento de obras para el control aluvional, el Instituto Provincial de la Vivienda y Desarrollo Urbano lanzó un "PLAN DE OBRAS DE EMERGENCIA DE CONTROL DE CRECIDAS ALUVIONALES", que incluyó el proyecto y construcción de la obra: "Defensa y Drenaje de Crecidas Aluvionales del Cuenco del Parque Industrial de Trelew", integrado por dos presas de laminación de crecidas y los desagües urbanos hasta la laguna C. Chiquichano.

Aprovechando la marcada topografía del sector del cañadón entre el Parque Industrial y el barrio Constitución y la experiencia existente con los cierres precarios ya construidos



anteriormente, se planificó y optimizó la disposición de nuevos cierres en reemplazo de los anteriores, en coincidencia con la traza de los CIERRES II y III (eliminando el entonces Cierre I).

Se decidió entonces recrecer el *Cierre II*, absorbiendo el embalse del ex *Cierre I*, y su geometría se diseñó para una cota de coronamiento que permitiera utilizar el sector como reservorio transitorio en crecidas de importancia, SIN INUNDAR -aguas arriba- los predios ocupados por el Parque Industrial;

Análogamente, Se recreció y fortaleció el diseño del *Cierre III*, hasta la cota de coronamiento que permitía la Topografía sin ahogar el *Cierre II*.

Ambas presas a cota máxima de embalse permitían un volumen máximo de embalse de laminación del orden de 195.000 y 135.000 m<sup>3</sup> respectivamente, es decir, un total de unos 330.000m<sup>3</sup>.

Finalmente, para el control de esta área aluvional, se dispuso un cierre de menor envergadura (*Cierre IV*), pocos metros aguas arriba del Barrio Constitución, con el fin de nivelar para la captación del agua laminada y conducción subterránea hasta la Laguna C. Chiquichano.

Para el cumplimiento de sus funciones hidráulicas, las presas poseen una estructura de desagüe calibrado "de servicio" que permite el desagote regulado de los embalses, y aliviaderos laterales para las situaciones de índole extraordinaria.

Para el estudio y calibración del sistema hidráulico se utilizaron modelos matemáticos de simulación desarrollados y perfeccionados a lo largo de más 10 años de experiencia en sistemas hídricos aluvionales de la región. Con el simulador matemático se calcularon las respuestas del sistema de presas en cascada para un abanico de lluvias sintéticas (Precipitación - Duración - Recurrencia<sup>2</sup>) estudiadas en base a 14 años de datos de pluviógrafos (INTA local). El modelo, simula la ocurrencia de lluvias en el cuenco de distinta duración (desde 10 minutos a 24 horas) y recurrencia o período de retorno variable (2 a 1000 años), estimando los caudales producidos con y sin presas, en búsqueda de la tormenta de diseño maximizada o más desfavorable para cada recurrencia. Seleccionada la tormenta más desfavorable para cada período de retorno asociado, se calibraron los orificios de las tomas de regulación de los cierres para su mejor funcionalidad a recurrencia centenaria.

Finalmente, se *verificaron* para el diseño elegido y las tormentas maximizadas las respuestas del sistema, encontrando que la capacidad de almacenamiento de los embalses producía una muy buena respuesta a lluvias de baja a mediana recurrencia. Para tormentas

---

<sup>2</sup> Las curvas de Intensidad-Duración Recurrencia y de Precipitación-Duración-Recurrencia han sido establecidas a partir de información pluviográfica local del INTA, Estación Experimental Trelew, ajustadas con la serie histórica de lecturas pluviométricas diarias del S.M.N. Estos estudios, iniciados por el Ing. Osvaldo VICENTY (DGEyP 1982), fueron rehechos y actualizados en distintos años por Proyectos de Investigación en jurisdicción del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Civil de la Facultad de Ingeniería - CIUNPAT. UNPSJB.



maximizadas de recurrencia mayor a 50 años, este efecto era menos sensible, requiriendo el diseño de aliviaderos de demasías para tormentas extraordinarias. (se construyeron sobre el estribo izquierdo en *Cierre II* y sobre margen derecha, sobre roca y alejado del cuerpo de la presa, y autoerosionable en situaciones extremas, en el *Cierre III*). En estas condiciones, la lluvia máxima de recurrencia centenaria verificaba el paso por ambas estructuras. Lluvias de recurrencias mayores a la centenaria, (R200, 300) también verifican el tránsito por el vertedero de la *Presa II* y *III*. En la *Presa III*, se llega a condiciones límites para la tormenta máxima de R 500.

Se introdujo entonces, un concepto de seguridad adicional, cual es el de diseñar el último vertedero (*Cierre III*), alejado del cuerpo de la presa, aprovechando la fundación en toba, una roca dura pero erosionable., que en casos extremos y aún de catástrofe produjera por erosión el agrandamiento de la brecha y aumento de pendiente del canal de alivio, incrementando los caudales de salida y permitiendo el vaciado progresivo del embalse para mayor seguridad de la presa. Esta hipótesis de entonces, trabajó correctamente en la emergencia reciente, lo que se deduce de la inspección in situ durante y posterior de la tormenta y se desprende de la observación de la secuencia de fotos obtenida (Ing. J. Sainz Trápaga).

**Estimación de caudales máximos totales [m<sup>3</sup>/s] (toma + vertedero lateral) inferidos por simulación matemática para el caso supuesto de la tormenta del 23/24 de Abril de 1998 (Parámetros de Ajuste: los de proyecto, utilizados en la modelación obrada en 1992, Verificación supuesta SIN EROSION en el aliviadero Cierre III).**

A través de la zona urbana, el conjunto de obras prevé el escurrimiento subterráneo

I) Verificación para R100 distintas duraciones (la tormenta de diseño s (*)						
Duración torm.	120	180	<b>360</b>	720	1080	1440
R100 CII	5.9	7.09	<b>9.6</b>	7.4	5.4	<b>5.7</b>
R100 CIII	0.409	0.434	<b>4.2</b>	2.98	1.6	<b>2.9</b>
Para Maximas Diarias según SMN 1933-1992, con distribución 1992:						
	<b>Q</b>	<b>H</b>	<b>Cota</b>			
R100 CII	5.7					
R100 CIII	2.9					
R200 CII	10.4	4.35	28.85			
R200 CIII	10	4.21	27.71			
R300 CII	14.2	4.51	29.01			
R300 CIII	14	4.38	27.88			
R500 CII	19.2	4.72	29.22			
R500 CIII	20.1	4.6	28			

para los aportes de tormentas de hasta 10 años de recurrencia, pasando a escurrimiento en



superficie para los casos de recurrencias mayores o taponamiento de las conducciones subterráneas.

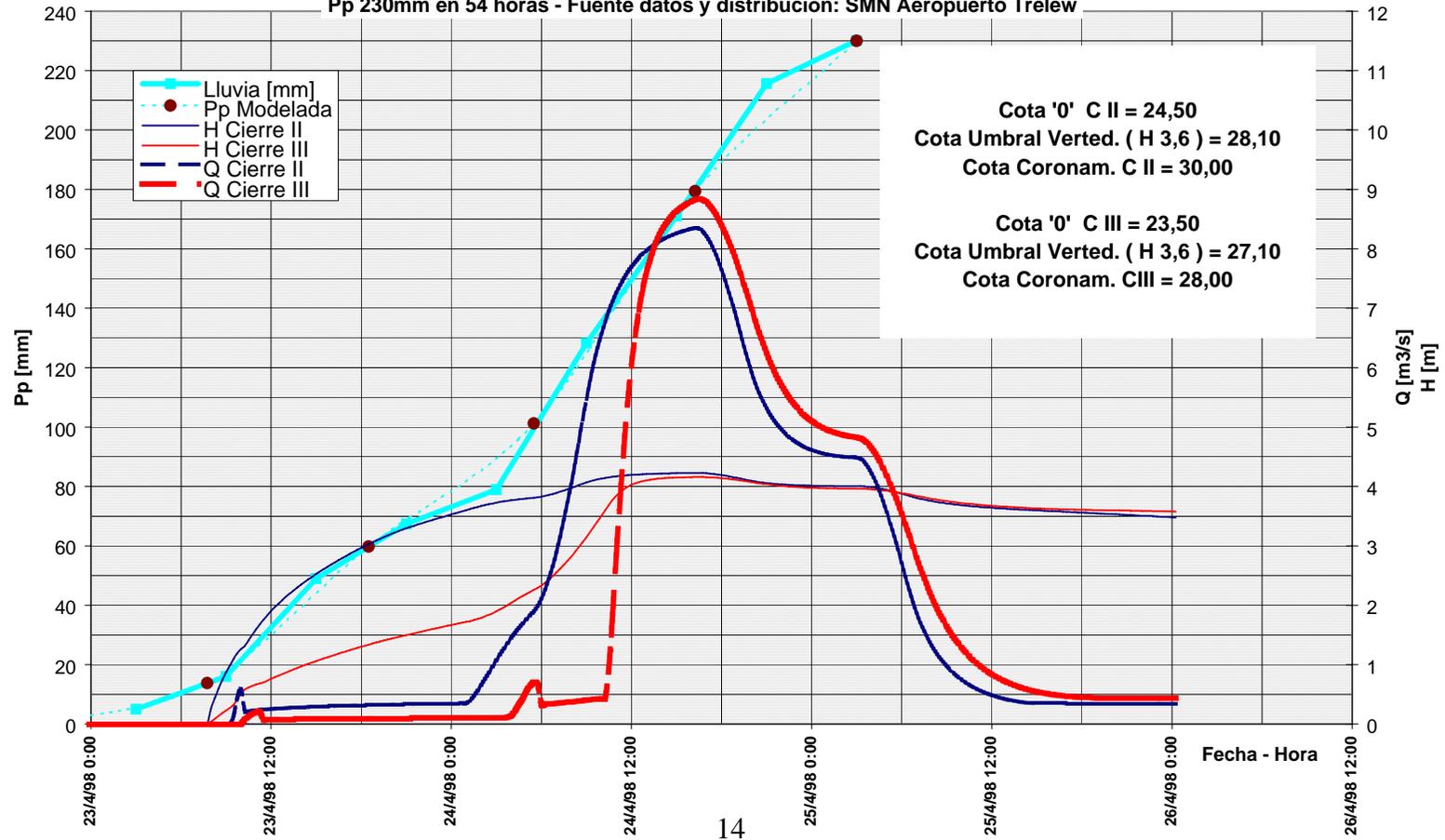
Entre el comienzo de la zona urbana (proximidades de la Parroquia San Cayetano) y la Ruta Nac. N° 25 la conducción subterránea se ha materializado por medio de un conducto metálico con diámetros de 0,60 y 0,70 m. Luego, siguiendo el concepto de "calle-canal" se dispuso de un conducto de hormigón armado de sección rectangular bajo la cota de la rasante de dicha calle hasta la Laguna C. Chiquichano.

A la fecha de la reciente tormenta, del sistema descrito solo restaba por construirse el pavimento de gran parte de la calle-canal, sin mayor trascendencia desde el punto de vista hidráulico.



### Verificación Cierres Paraué Industrial Trelew - Lluvia 23 v 24/5/98

Pp 230mm en 54 horas - Fuente datos y distribución: SMN Aeropuerto Trelew





## **Respuesta del sistema de obras de laminación de crecidas ante la tormenta del 23 al 25 de Abril de 1998:**

El análisis que continúa, no debe obviar la justa valoración de la enorme magnitud de la tormenta.<sup>3</sup>

Los hechos registrados a lo largo de la tormenta y días subsiguientes permiten evaluar la forma en que se desarrolló el paso de las aguas aportadas por la precipitación y la forma en que respondieron cada una de las obras destinadas a participar del evento.

La sucesión de momentos singulares en que se produjeron picos de caudal a través de los barrios ubicados sobre las márgenes del cañadón responde a factores también singulares que permitirían establecer una relación causa-efecto según se expone a continuación:

El día Viernes 24 en horas de mediodía, la precipitación sobre la cuenca había sido ya suficiente para colmar la capacidad del primer embalse poniendo en funcionamiento el aliviadero lateral de la presa situado sobre su estribo izquierdo (Cierre II según los antecedentes técnicos). Según ha podido observarse, la falta de mallas de alambre de los gaviones que componen la estructura de alivio debilitó la misma, notándose un daño considerable sobre su margen derecha, precisamente en el contacto con el terraplén de la presa. La brecha producida a través de la presa en este sector podía notarse ya en la inspección realizada en horas de la noche de ese día.

Alrededor de las 18 horas del Viernes 24 se informa al Ing. J. SAINZ TRÁPAGA de la posibilidad de rebalse del Cierre III solicitando su colaboración frente a la crítica situación. Al llegar al lugar por el lado Este de la presa (estribo izquierdo) ya escurría agua por sobre su coronamiento. Proyectando casi con seguridad el colapso de la presa con unos 200.000 m<sup>3</sup> de agua embalsados se instruye sobre la urgente necesidad de evacuación de los barrios ubicados aguas abajo. Un par de horas después se produce el primero y el mayor de los picos de caudal que atraviesan la zona urbana<sup>4</sup> luego de sobrepasar el terraplén tras el que se ubica la obra de toma de la conducción subterránea (Cierre IV), arrastrando gran cantidad de suelos que conformaban un reciente relleno.

Alrededor de la hora 24 del mismo día se comprueba que, a pesar de los grandes caudales registrados, el embalse solo había descendido una altura inferior a 1 metro. La presa había conseguido resistir el sobrepaso del agua y la carga hidráulica había logrado arrastrar una gran cantidad de escombros, chatarra y basura que obstaculizaban el paso del agua por el aliviadero consiguiendo a partir de ello su correcto funcionamiento.

El día sábado por la mañana, inspeccionando el estado en que se hallaba el Cierre III luego del desborde, se comprueba la existencia de varias cárcavas, destacándose una con

---

<sup>3</sup> Ver estudio "Actualización de las Ecuaciones de Tormentas en el Valle Inferior del Río Chubut, María J. CHACHERO, CIUNPAT, UNPSJB, Nov. 1.998.

<sup>4</sup> La valoración sobre la intensidad de los picos de caudal escurridos surge de los testimonios de los vecinos obtenidos en el Barrio Constitución y Los Aromos

importante socavación del terraplén y filtraciones sobre el estribo izquierdo de la obra, en coincidencia con la localización del conducto de desagüe. Se reitera el aviso de alerta y sobre el mediodía se produce una rotura en el punto indicado, produciendo el segundo pico de caudales, menor que el primero. Se observa además que el terraplén de lo que años atrás fuera traza del ferrocarril había embalsado en exceso y estaba rebalsando con peligro de rotura.

A última hora de la tarde del sábado se produjo la rotura del terraplén del ferrocarril, desagotando hacia el embalse del Cierre III y agrandando su rotura sobre el estribo izquierdo. Con ello se produjo el último pico de caudales, algo menor aún que el anterior.

### **3.1.2 Respuesta del sistema de desagües del área urbana hasta la Laguna Caci que Chiquichano:**

El sistema urbano se vio afectado por la magnitud de los caudales escurridos, agravado por dos circunstancias particulares: el reciente relleno de suelos dispuesto aguas abajo del terraplén de cierre de la obra de toma del desagüe urbano (Cierre IV), y la falta de alcantarillado de la Ruta Nac. N° 25.

El primero produjo el relleno de la calle por donde escurriría el agua a través de la calle perimetral del B° Constitución sobreelevando *el "fondo del cauce"* e incrementando consecuentemente la altura a la que llegó el agua, y el segundo constituyó un verdadero dique anegando una gran superficie con el agua embalsada.

Desde el punto de vista hidráulico, la calle-canal hasta la laguna se comportó adecuadamente como evacuador del sistema, con el esperable deterioro de la calzada en el tramo aún sin pavimento.

De la simulación matemática del modelo lluvia-caudal para las presas en cascada se calcula una Escorrentía de 516.000 m<sup>3</sup>, valor este que surge de efectuar la corrida de simulación para la tormenta del 23 al 24 de Abril con paso de cálculo de 15 minutos y discriminada por lecturas pluviométricas cada 6 horas. El mismo orden de magnitud se aprecia de cubicar las áreas en lagunas del sector entre los días Jueves 23 (inicio) a Domingo 26 (vaciado final) con el apoyo de las imágenes satelitales del día 16 y 25 de Abril, la planialtimetría del lugar, las inspecciones in situ, etc.

Tal magnitud no tiene precedentes registrados, ni se desprende del análisis de los relatos históricos de distintas crecidas desde la colonización galesa en adelante, (como tampoco las lluvias ocurridas, lo que se desprende del ábaco de Precipitaciones Máximas Diarias desde 1933 en adelante). Cabría pues resumir desde el punto de vista hídrico tres comportamientos o escenarios posibles para esta tormenta, a saber:

- I) Situación supuesta con las presas actuales (cierres II, III, IV ) pero sin rotura de las mismas.
- II) Situación supuesta con las presas actuales y con las roturas producidas.
- III) Situación natural anterior, sin presas de regulación de crecidas.

### **I) SITUACIÓN SUPUESTA PARA EL 23 AL 26 DE ABRIL (CON PRESAS Y SIN ROTURAS DE ÉSTAS):**

Se analiza a continuación el análisis para la situación prevista si los aliviaderos de las obras no hubieran fallado por su deficiente estado y taponamiento con escombros:

- Iniciada la tormenta el jueves 23, se infiere que al mediodía ingresaba agua por el cañadón al Cierre II y, por su conducto de regulación, muy poco hacia el Cierre III.
- Esta situación es de caudales, volúmenes y niveles crecientes hasta las primeras horas de la mañana del Viernes, en que comienza a verter agua el aliviadero de seguridad del Cierre II (entrando este cierre en alerta amarilla), iniciando el llenado en masa del embalse del Cierre III.
- Medio día después, hacia el final de la tarde (18 hs) se detecta el pico de la crecida, casi coincidente en ambos vertederos.
- La cota máxima de embalse para el Cierre II, se estima dentro de los entornos y límites esperados por la modelación matemática.
- El caudal máximo de salida por el aliviadero del Cierre III no supera el máximo de diseño a condición de no erosión.
- La cota máxima del embalse llega hasta unos 30 cm abajo del coronamiento.

Si se observa el ábaco resultante de caudales y niveles inferidos para esta hipótesis, se los contrasta con los niveles máximos observados in situ por señas, marcas e inspecciones realizadas a partir del Viernes por la tarde, la cubicación de los volúmenes, etc., el hidrograma inferido por simulación matemática resulta de una coherencia numérica sorprendente, más aún si observamos los tiempos de estos hidrogramas comparados con la realidad, ya que le atribuye como tiempo al pico el correspondiente a la media tarde del Viernes, hora aproximada en que se desencadenan los hechos por roturas hacia el barrio Constitución, y es coincidente con la descripción dada por quienes visitaron las obras a partir de esos momentos.

*El aliviadero de seguridad del Cierre III debería haber comenzado a erogar desde horas cercanas al mediodía del viernes hasta aproximadamente el Sábado al mediodía, es decir, unas 24 horas. Bajo estas circunstancias (aliviaderos de ambos cierres en buen estado), es altamente probable que el sistema no fallara, produciendo sólo erosión localizada en el canal del aliviadero del Cierre III, de acuerdo a lo previsto, y el vaciado lento de este embalse hasta devolver las condiciones de operación "normal". Las consecuencias en los barrios de aguas abajo hubieran debido resultar de un impacto significativamente menor. El volumen total de escorrentía (500.000m<sup>3</sup>) se debería haber vaciado en un tiempo mucho mayor, con impacto sólo en los momentos picos de erogación por el vertedero.*

**b) SITUACIÓN OCURRIDA DEL 23 AL 26 DE ABRIL (CON PRESAS Y CON ROTURAS DE ÉSTAS SEGÚN LO DESCRITO):** Iniciada la tormenta el jueves 23, se infiere que al mediodía ingresaba agua por el cañadón al Cierre II y, por su conducto de regulación, muy poco hacia el Cierre III. Análogamente a lo descrito, en la mañana del

viernes debió iniciar la descarga del vertedero del Cierre II hacia el Cierre III, preanunciando las circunstancias que sobrevendrían. La situación continúa según el relato ya expuesto. El volumen total de escorrentía citado (500.000m<sup>3</sup>) derivó a la Laguna Chiquichano en un período de unos 4 días, con tres (3) picos de importancia: el primero el Viernes a la noche (episodio en el que no "rompió" el Cierre III sino que desbordó por su coronamiento y "destapó" el aliviadero), el segundo el día Sábado a mediodía por rotura del estribo izquierdo, y el tercero el Sábado al anochecer por la rotura del terraplén del Ferrocarril sobre el estribo de MI del Cierre III.

**c) SITUACIÓN NATURAL, SIN PRESAS:** El hidrograma resultante estimado por simulación matemática para la situación sin presas, infiere picos de entre 30 a 35 m<sup>3</sup>/s, algo menores a los que evidentemente se produjeron en los momentos críticos de la rotura, pero más duraderos. El impacto en el barrio Constitución hubiera sido de similar magnitud aunque la crecida no hubiese resultado abrupta. Sin embargo, la onda de crecida hubiera tenido un tiempo base mucho menor, del orden de 1,5 a 2 días, con un consecuente impacto mucho mayor al ocurrido en derredor de la Laguna Chiquichano y barrios aledaños, incluido el Padre Juan. Es decir, que a esta área hubiera ingresado en el orden del mismo volumen (500.000m<sup>3</sup>) en la mitad del tiempo, con dificultades de ser transferidas a las lagunas de aguas abajo de la Ruta Nac. N° 3.

*De lo expuesto, y para esta lluvia extraordinaria, se deduce que aún con la rotura en el Cierre III -y dado que esta no fue abrupta sino gradual-, los daños registrados no resultaron mayores a los que hubieran podido ocurrir bajo situaciones similares de no haber estado los cierres construidos, los que pese a fallar, actuaron como amortiguadores de la masa hídrica total en su arribo a la laguna Chiquichano.*

*Aún más, conocido por monitoreo el momento de inicio del alerta amarilla del sistema por erogación del vertedero del Cierre II, se podría haber intentado la "defensa" de ésta obra rota y el "destape" del aliviadero del Cierre III con maquinaria durante la emergencia hídrica.*

### **3.1.3 Identificación preliminar de los daños sobre la infraestructura hidráulica:**

Como resultado del fenómeno sobre las obras, luego de una primera inspección ocular, se observan deterioros de consideración en el revestimiento de gaviones de los aliviaderos de ambas presas, un pequeño corte de la presa 1 en el contacto con el aliviadero (estribo izquierdo) y un corte mayor sobre el estribo izquierdo de la presa 2, daños de regular importancia en el coronamiento y espaldón aguas abajo de la presa 2, y daños menores en el coronamiento del terraplén de cierre de la obra de toma del desagüe urbano (Cierre IV), el que ha perdido su capa superior en algunas partes.



## Algunas reflexiones y recomendaciones:

En una apretada síntesis, se considera conveniente destacar algunos aspectos parciales vinculados al desarrollo urbano y al control de torrencialidad y desagües urbanos que han puesto una vez más en evidencia la gran precariedad organizativa e instrumental en que crece la ciudad en las últimas décadas frente a la presencia de fenómenos naturales de diversa magnitud:

- La ciudad de Trelew debe lograr en el menor tiempo posible los estudios de base para el diseño de los sistemas de protección y drenaje frente a los aportes de precipitaciones y/o desbordes del Río Chubut. El proyecto de obras de desagüe urbano sin una sólida justificación técnica pone en serio riesgo su resultado y conspira contra la eficiencia de las inversiones públicas en el sector.
- En tanto no se cuente con tales estudios debiera evitarse la prosecución de los trabajos de relleno de bajos existentes en la ciudad, los que constituyen acumuladores naturales y evitan el anegamiento de otros sectores. La eliminación de tales reservorios solo resulta admisible previa ejecución de sistemas de desagüe que permitan el correcto drenaje de las aguas que ya no podrán acumularse en tales bajos.
- Debiera suspenderse todo proyecto de nuevos barrios que no cuenten con los debidos análisis que demuestren la no inundabilidad y los proyectos de desagües correspondientes. Por otra parte y sobre la base de la importante información topográfica existente, no debieran aprobarse construcciones que no satisfagan niveles mínimos que garanticen su buen comportamiento frente a fenómenos como los ocurridos en los últimos años.
- Con relación al control de torrencialidad de la cuenca del Parque Industrial, se destaca en primer lugar la necesidad de considerar posibles relocalizaciones progresivas de sectores de barrios de mayor riesgo aluvional o pluvial.
- El sistema de obras (presas de laminación de crecidas) como el construido sobre este cañadón resulta aconsejable a partir de la necesidad de proteger a la población por el hecho consumado del asentamiento previo de sus viviendas y barrios en sitios indebidos, y bajo la estricta conciencia y responsabilidad tanto en las etapas de estudios, proyectos de obras y construcción como en aquellas de conservación de las obras y sus embalses, inspección periódica y monitoreo continuo de su funcionamiento durante eventos de media o gran importancia.
- La evaluación del funcionamiento de la cuenca para la última tormenta permite estimar que sin el sistema de embalses transitorios se hubieran registrado caudales de un orden de magnitud de 25 a 30 m<sup>3</sup>/seg, y que los mismos se habrían registrado a primeras horas de la tarde del día Viernes 24. Con el sistema en condiciones de proyecto la ocurrencia de caudales máximos se hubiera demorado varias horas y los mismos hubieran sido del orden de 10 m<sup>3</sup>/seg.

- Lo expresado anteriormente permite considerar que aun cuando las obras debieron soportar una tormenta de mayor exigencia que la de proyecto, las alturas de resguardo hubieran alcanzado para el control de los aportes sin daños mayores para las estructuras.
- Sin embargo, vale destacar que para eventos de la magnitud del analizado, y colmada la capacidad de los reservorios, debe permitirse el paso de caudales de importancia a través de las calles, y no deben existir diques imprevistos como el constituido por la Ruta Nac. N° 25. Se considera razonable que para tales casos se preserve la comunicación entre ambos lados del cauce de las aguas mediante el adecuado alcantarillado de dicha ruta y de algunas otras como la Av. de los Trabajadores (elevando su calzada) y quizás alguna otra próxima a la Lag. Chiquichano.
- En las circunstancias actuales, con los cierres II y III rotos, es esperable se produzcan corrientes torrenciales en el cañadón del Barrio Norte para lluvias o tormentas de menor importancia y mayor frecuencia.

### **3.2 PRESAS DE LAMINACIÓN DE CRECIDAS DEL CAÑADÓN BARAIBAR-GAIMAN (A, B Y C).**

La serie de presas de laminación de crecidas aluvionales denominadas A, B y C se construyeron en el cañadón Baraibar en el marco del Plan de Emergencia de Control de Crecidas Aluvionales desarrollado por la Provincia luego de la gran tormenta de Mayo de 1992.

Se trata de presas de materiales sueltos de sección heterogénea, con un núcleo arcilloso impermeable central.

Durante la crecida de fines de Abril ppdo., y con posterioridad a la misma, personal del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Civil realizó inspecciones del comportamiento de las obras y el estado en que quedaron, de las que surge:

- El día Viernes 24, aproximadamente a las 17 horas, el sistema funcionaba correctamente observándose los embalses relativamente llenos, aunque muy por debajo de las cotas de los aliviaderos superiores. No se observaron síntomas de la existencia de problemas de ninguna naturaleza.
- Por la noche del mismo Viernes se tomó conocimiento por la radio de la ocurrencia de una crecida de consideración.
- El día Sábado alrededor de las 16 horas se observó desde el aire (en un vuelo realizado para la evaluación de la situación de diversos sectores del valle por la Base Aeronaval A. Zar) un túnel que atravesaba el cuerpo de la presa C.
- En una posterior inspección se analizaron las características y posibles causas de la falla, la que, en primera instancia, responde a un fenómeno de tubificación, con

muy alta velocidad de ocurrencia (tan solo unas pocas horas de embalse a carga parcial). La misma pareciera responder a la utilización de materiales contraindicados para la conformación del núcleo de la presa., no descartándose la posibilidad de otras causas constructivas como líneas de filtraciones producidas bajo el conducto de hormigón interior.

- En el caso de la Presa B, si bien no se registraron problemas de funcionamiento durante la crecida, existen algunos asentamientos de materiales del terraplén localizados en el contacto con la estructura de desagüe, del lado de aguas arriba, que podrían estar indicando la existencia de un fenómeno de tubificación similar al ocurrido en la obra de aguas abajo.

*En función de la serie de elementos expuestos, y tal como fuera recomendado verbalmente a fines de Abril, se considera conveniente la realización de los análisis técnicos de rigor, previo a cualquier reparación y/o modificación de la situación en que quedaron las obras, a efectos de garantizar la ausencia de peligro en el funcionamiento de las obras existentes y de decidir las medidas a adoptar para el futuro.*

*De cualquier forma, y ante la precariedad estructural en que se presenta la Presa C, deberá procurarse la máxima celeridad de acciones ante la posibilidad de ocurrencia de nuevas tormentas en la cuenca.*

### **3.3 CANAL DERIVADOR DE CRECIDAS DE LA TERRAZA INTERMEDIA - RAWSON "EL SOMBRERITO"**

Esta obra, construida en 1.992, ha soportado diversas crecidas por tormentas como las de Abril de 1.993 y, la mayor tormenta estimada en el presente siglo, 23 y 24 de Abril ppdo. Para una más correcta apreciación de sus características, pueden observarse las imágenes satelitales LANDSAT compuestas del 16 y 25 de Abril, esto es, antes y durante la lluvia.

En la segunda imagen (día 25), pese a la nubosidad reinante, se puede observar la colmatación y encadenamiento del sistema de lagunas que drena de la terraza intermedia en dirección al mar y su desvío a la altura de El Sombrerito. Se desprende de esta observación la magnitud de la masa hídrica, que convergía naturalmente antes de la obra hacia la ciudad de Rawson, barrio 490 viviendas y ruta a Playa Unión y que produjera los cortes de ruta de 1992.

La obra trabajó correctamente, demostrando la utilidad como protección a diversos barrios de la ciudad de Rawson. De la inspección técnica realizada, surge la necesidad de realizar obras menores de mantenimiento y refacción en la zona de " *El Molino*", campo Flia. Menéndez, sector del "tapón" o cierre de tierra de desvío del cañadón, fácilmente ejecutables por administración, a saber:

- a) Reacondicionamiento del canal y talud en la obra de desvío (tapón), restituyendo su geometría de proyecto (en una extensión aproximada de 150m.



- b) Protección a la erosión del talud de margen derecha, en la "curva del tapón": puede pensarse en la protección vegetal, gavionada, piedras en cajas, etc., en base a la disponibilidades de material de canteras del lugar.
- c) Drenaje de las lagunas de acumulación aguas abajo del "tapón", causantes de incipientes pero importantes procesos de tubificación de los suelos (no cohesivos) del cierre.
- d) Reacondicionamiento del cuerpo del cierre en los "huecos" o "tubos" verticales de erosión.
- e) Preferentemente, repoblación vegetal arbustiva del cuerpo principal de la presa.

***IMPORTANTE: Esta obra, requiere de una rutina de vigilancia y mantenimiento periódicos, que garantice su eficacia y funcionalidad en situaciones extremas. En buen estado de conservación y protección a la erosión natural, no puede ofrecer problemas, y el beneficio por derivación de las aguas de las lagunas encadenadas al mar es significativo.***

### **3.4 CANAL DE DESAGUE BARRIO 490 VIVIENDAS Y RUTA A PLAYA UNIÓN- RAWSON.**

Ver Anexo: Notas precedentes con indicaciones de proyectistas.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante el pasado mes de Junio y con motivo de satisfacer distintos pedidos y demandas, se realizó a instancias del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Civil de la facultad de Ingeniería el "*Taller de Evaluación Técnica de Crecidas Aluvionales y Pluviales Urbanas en el Valle Inferior*", del que participaron diversos profesionales, técnicos, estudiantes y público general de la zona, abarcando distintos tópicos relacionados a la emergencia hídrica vivida en el Valle Inferior, en cuyo marco, se realizan las presentes reflexiones.

Sin perjuicio de las Recomendaciones y Conclusiones del referido Taller -que se adjuntan y forman parte del presente Informe-, se exponen a continuación los aspectos más relevantes relacionados a el tema objeto de este documento técnico:

### 4.1 DE PLANIFICACIÓN:

Las inundaciones por desbordes del Río en el Valle Inferior en 1992 debido a la creciente del cuenco aluvional en el área Dique Boca Toma y las recientes por lluvias directas en áreas urbanas del pasado 23 y 24 de Abril, son la más reciente experiencia, con graves consecuencias, respecto a la ocupación que ha hecho el hombre de áreas anegables o inundables. La principal y mejor recomendación, tal se destaca en todo evento científico reciente de tratamiento de esta temática en otras regiones del País, puede simplificarse en una simple frase: **NO CONSTRUIR EN AREAS INUNDABLES.**

Una vez más, cabe destacar la necesaria modificación de pautas y criterios en la planificación del desarrollo urbanístico cuando se trata de ocupar espacios en *áreas inundables*, y un mayor dominio y conocimiento previo de las alteraciones ambientales que introducen las grandes obras de infraestructura vial y urbana en el normal escurrimiento de las aguas y disipación de las energías hídricas en crecidas.

### 4.2 DE ESTUDIOS:

Los estudios nuevos que se realicen deben incorporar, con criterio probabilístico, las nuevas variables extremas resultantes de adicionar a la serie de tormentas las ocurridas en los años recientes y de considerar el impacto cíclico de la corriente del Niño.

NOTA: Para el presente trabajo se ha recalculado las ecuaciones de tormentas de la región y su ábaco de Precipitación - Duración - Recurrencia, extendiendo la serie de datos desde 1992 a la fecha.



#### 4.3 DE LOS PROYECTOS:

Los nuevos proyectos, deberían considerar los posibles actos de vandalismo más comunes o usuales que puedan afectar la seguridad de las obras e incorporar una minuta final de auscultación, mantenimiento preventivo, mantenimiento operativo y otras pautas de seguridad de las obras.

#### 4.4 DE LA INSPECCIÓN DE LAS OBRAS DE CONTROL ALUVIONAL EN CONSTRUCCIÓN:

Las obras de control aluvional resultan de ingeniería de cierta complejidad, donde su geometría, materiales y tecnología constructiva están definidos para una determinada funcionalidad y seguridad de las obras.

Se destaca el importante rol de la Inspección de la Obra por el organismo Comitente, quien debe disponer de la idoneidad profesional, recursos humanos, medios e infraestructura para el mejor y más estricto control durante la construcción, siguiendo y haciendo respetar fielmente los planos y especificaciones técnicas de proyecto, que garantice un producto final de fiel reproducción de lo proyectado.

#### 4.5 DE LAS OBRAS DE CONTROL ALUVIONAL CONSTRUIDAS:

**Vigilancia y Auscultación:** Es necesario establecer un plan ordenado de tareas de vigilancia periódica y auscultación de obras, a fin de determinar el grado de deterioro de las mismas o partes de ellas, de pérdida de eficacia, de alteración de su geometría, fallas o roturas parciales en conductos y terraplenes, erosión localizada, filtraciones, etc., que permita determinar su plan de mantenimiento preventivo u operativo.

**Monitoreo:** Durante las crecidas; discriminando el grado de alerta según la magnitud de las tormentas. El monitoreo debe establecerse para cada caso en particular, a fin de conocer a tiempo real el grado de alerta y riesgo durante una crecida y la previsión de tareas de emergencia de mantenimiento por seguridad parcial o total y de evacuaciones aguas abajo en eventuales situaciones de riesgo.

**Mantenimiento:** De las recomendaciones de proyecto, de experiencia de las obras existentes, de las tareas de vigilancia y auscultación, debe surgir el Plan de Mantenimiento -preventivo y operativo- de funcionalidad y seguridad de las obras.

#### 4.6 DE LAS CRECIDAS POR LLUVIAS EN EL CUENCO ALUVIONAL AREA DIQUE – BOCA TOMA Y DE LAS CRECIDAS DE EMBALSE:

No ha sido objeto de este documento el análisis de crecidas con génesis en tormentas en el cuenco aluvional ubicado entre el Dique Florentino Ameghino y Boca Toma (por caso las ocurridas en el mes de Mayo de 1992). Sin embargo y por su importancia, cabe reiterar la



necesaria consideración de esta cuestión, expresada a través de distintos estudios y proyectos.<sup>5</sup>

Asimismo, se destaca la necesaria revisión de *las consignas de operación del embalse Ameghino.*, particularmente en previsión de grandes crecidas de muy larga duración (dos años hidrológicos o más). En tales circunstancias, -agravado por las limitaciones de caudal máximo erogable por capacidad del río aguas abajo-, la capacidad de laminación de crecidas del embalse se reduce, haciendo prever erogaciones medias mensuales muy altas en un período muy prolongado, incluyendo posibles erogaciones por el vertedero superior de la presa. (Ref. Plan Director de Obras de Reacondicionamiento de Cauce y Protección de Crecidas en el VIRCh, FI, UNPSJB 1996 y Proyecto de Investigación “Estimación de Crecidas en el VIRCh, FI, CIUNPAT, UNPSJB 1992/95).

---

<sup>5</sup> Estudio Integral del VIRCh: Obras para la Sistematización del Cauce y Protección de Crecidas, AyEE – PROINSA, 1.994.

EVARSA: Estudios varios, (expuestos en el pre-citado Taller de Evaluación Técnica, Trelew. Julio 1998)

Proyecto de Investigación “*Estimación de Crecidas en el VIRCh*”, Facultad de Ingeniería, CIUNPAT, UNPSJB, 1992/95.

CORFO CHUBUT: *Plan de Director de Acciones y Obras de Reacondicionamiento de Cauce y Protección de Crecidas en el VIRCh*, dihyc, Facultad de Ingeniería, UNPSJB, 1996.



## **5 PROYECTOS DE OBRAS DE CONTROL DE CRECIDAS EN AREAS URBANAS DE PUERTO MADRYN, DOLAVON Y GAIMAN** **Informe de Revisión de Proyectos**

### **5.1 INTRODUCCION**

El presente Informe se efectúa en el marco del pedido de revisión del proyecto solicitado por CORFO CHUBUT, con relación a la tormenta extraordinaria ocurrida el 23/24 de Abril ppdo., la verificación del conjunto de sus obras civiles e hidráulicas y la seguridad a fallas o roturas.

### **5.2 CIERRES DE LAMINACION DE CRECIDAS DE MADRYN: CUENCO 3 (INF. P. NRO. I)**

Anexo I.

### **5.3 CIERRES DE LAMINACION DE CRECIDAS DE MADRYN: CUENCO 3/4 Y 4 (INF. PAR. NRO. II)**

Anexo II

### **5.4 CIERRE DE LAMINACION DE CRECIDAS DE DOLAVON (MEDIO): CIERRE FELIPE (L.A.T. INF. P. NRO. IV)**

Anexo III

### **5.5 OBRAS DE CORRECCION DE TORRENTES EN CAUCE INFERIOR CAÑADONES DOLAVON Y BARAIBAR (GAIMAN): CUENCO 3 (INF. P. NRO. V Y VI)**

Ambos cañadones, (Cañadón Dolavon en Dolavon y Cañadón Baraibar en Gaiman), disponen de sendos Proyectos según Informes Parciales Nro. V y VI del Convenio entre CORFO y Facultad de Ingeniería UNPSJB, finalizados en 1997, para la construcción de obras de corrección de cauce y márgenes en el tramo inferior, en cercanías y aguas debajo de la Ruta Nacional Nro. 25.

Las obras proyectadas consisten en una sucesión de traviesas u obras transversales de consolidación del cauce y sus márgenes, dispuestas en cascada, de baja altura (del orden de 1



m). Su finalidad es la de retener material de arrastre, produciendo la disminución de pendiente -disminución de energía de transporte- y saltos disipadores concentrados.

De la revisión efectuada para estos proyectos, teniendo en cuenta los criterios de diseño oportunamente adoptados y la reciente tormenta ocurrida el pasado 23/24 de Abril, no surgen elementos técnicos de relevancia para modificar los mismos. Su funcionalidad y seguridad se corresponden con los indicados en los respectivos informes. Estas obras están diseñadas para un caudal de proyecto dado (del orden de R 50 años). Superado el caudal de diseño, las obras pueden sufrir eventuales daños parciales -o en casos extremos daños generalizados en la obra-, pero no comprometen grandes daños aguas abajo por carecer de embalses de agua. En tales circunstancias extremas, se esperan arrastres de sedimentos mayores a los normales y necesarias reparaciones y mantenimientos de las mismas.

No se proponen modificaciones.



## **6 ANEXOS:**

Forman parte e integran el presente Informe los siguientes Anexos:

- 6.1 ANEXO I: 5.2 CIERRES DE LAMINACION DE CRECIDAS DE MADRYN: CUENCO 3 (INF. P. NRO. I)**
- 6.2 ANEXO II: 5.3 CIERRES DE LAMINACION DE CRECIDAS DE MADRYN: CUENCO 3/4 Y 4 (INF. PAR. NRO. II)**
- 6.3 ANEXO III: 5.4 CIERRE DE LAMINACION DE CRECIDAS DE DOLAVON (MEDIO): CIERRE FELIPE (L.A.T. INF. P. NRO. IV)**
- 6.4 ANEXOS VARIOS:**
  - 6.4.1 Conclusiones del Taller de Evaluación Técnica de Ingeniería de Crecidas en Cuencas Torrenciales Urbanas, Facultad de Ingeniería, UNPSJB, Junio – Julio 1998.**
  - 6.4.2 Estudio de “Actualización de las Ecuaciones de Tormentas en el Valle Inferior del Río Chubut”, Ing. María J. CHACHERO, CIUNPAT, UNPSJB.**
  - 6.4.3 Estudio del estado actual de las presas de control de crecidas aluvionales en el cuenco del Parque Industrial de Trelew. Ing. J. BAN, Alum. Martín NOZIJKOSWKI y otros, dihyc, UNPSJB.**
  - 6.4.4 Informe Técnico del estado actual de la Presa de Laminación de Crecidas Cuenco 2 – Puerto Madryn; Alums. Carlos OJEDA, Francisco OJEDA, dihyc, unpsjb.**

Departamento de Ingeniería Hidráulica y Civil  
Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco  
Trelew, Noviembre de 1.998.



# ANEXO I

## PRESA DE LAMINACIÓN DE CRECIDAS CUENCO 3 - PUERTO MADRYN

### Informe de revisión del proyecto

#### 1.- Objeto

El presente informe tiene por objeto la revisión y el ajuste del proyecto realizado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Civil (FI – UNPSJB) en Agosto de 1996 en función del mayor tiempo de permanencia del agua en el embalse que pudiera producirse como resultado de acciones antrópicas no previstas en el proyecto original. Se considera tal hipótesis a partir de lo observado en la presa del cuenco 2, construida entre 1992 y 1993, cuya estructura de descarga fuera obturada intencionalmente poniendo en riesgo la integridad de la obra y la seguridad de la población aguas debajo de la misma.

Atendiendo tal circunstancia, se han introducido modificaciones en la disposición de los materiales de la presa, se ha agregado una limitación adicional en el contenido de arena de los suelos impermeables, y se ha decidido la colocación de un blanket de impermeabilización aguas arriba de la presa para lograr un mayor control sobre las filtraciones que podrían producirse a través de la fundación y de los estribos.

Se toma también en cuenta, a partir de los hechos registrados en la presa del cuenco 2, el tránsito vehicular no controlado circulando por el coronamiento. Esta circunstancia, que explícitamente se la consideraba como no permitida en los criterios de diseño del proyecto original, ha desestabilizado parte del coronamiento de la presa del cuenco 2, en su encuentro con el paramento aguas arriba. Para evitar el peligro que estos daños suponen, se ha agregado un sobreebanco y cordones de hormigón al coronamiento de la presa del cuenco 3, lo que debería estar acompañado por un señalamiento adecuado de la zona por donde estará permitido circular.

Asimismo, se ha observado que es necesario poner mayor énfasis en la preservación de la vegetación en los taludes naturales de los estribos, para preservarlos de la erosión. Ello se logrará estableciendo como especificación obligatoria el criterio de diseño que establecía cuidar este aspecto.

Por último, se ha modificado el diseño de la reja dispuesta sobre la torre de toma a efectos de dotarla de una mayor superficie para el paso de agua y disminuir su posibilidad de obturación.



## 2.- Correcciones a las especificaciones técnicas

Las modificaciones que se introducen en las especificaciones técnicas son las siguientes:

### 2.1.- En el numeral 2.1.1.1. Profundidades

Donde decía:

“...Si por cualquier causa se realizaran sobreexcavaciones no autorizadas, las mismas deberán ser rellenadas con material de relleno compactado, salvo que la sobreexcavación se encuentre adyacente a estructuras de hormigón, en cuyo caso deberán ser llenadas con hormigón H8; estos rellenos deberá efectuarlos el Contratista sin derecho a pago alguno.”

Debe decir:

**Si por cualquier causa se realizaran sobreexcavaciones fuera de los límites y rasantes indicados en los planos, las superficies originales deberán ser restituidas con un relleno compactado de Suelo Tipo 2, salvo que la sobreexcavación se encuentre adyacente a estructuras de hormigón, en cuyo caso deberán ser llenadas con hormigón H8. En ambos casos, la restitución de las superficies sobreexcavadas deberá efectuarla el Contratista sin derecho a pago alguno.**

### 2.2.- En el numeral 2.4.2.1

Donde decía:

“Las cárcavas deberán ser excavadas y niveladas con pendiente 3H:1V o más tendidas, y las superficies resultantes recibirán el tratamiento indicado en el primer párrafo de este apartado.”

Debe decir:

**Las cárcavas y toda otra superficie que reciba relleno de suelo, ya sea del cuerpo de la presa o del blanket de impermeabilización, deberán ser excavadas y niveladas con pendiente 3H:1V o más tendidas, y las superficies resultantes recibirán el tratamiento indicado en el primer párrafo de este apartado.**

### 2.3.- En el numeral 2.4.2.2

Donde decía:

“Las superficies que recibirán rellenos de Suelo Tipo 1-a deberán excavarse con



pendientes 3H:1V o más tendidos.”

Debe decir:

**Las superficies de la formación rocosa (toba) que reciban rellenos de suelos, ya sea del cuerpo de la presa o del blanket de impermeabilización, deberán excavarse con pendientes 3H:1V o más tendidos.**

#### **2.4.- En el numeral 2.4.2.3**

Donde decía:

“Luego de eso, e inmediatamente antes de la colocación de la primera capa de relleno, se colocará un mortero de contacto compuesto por una parte de cemento por seis partes de arena mediana y con suficiente agua como para formar una lechada espesa de 3 cm de espesor sobre toda la superficie de contacto.”

Debe decir:

**Luego de eso, e inmediatamente antes de la colocación de cada capa de relleno, se colocará un mortero de contacto compuesto por una parte de cemento por seis partes de arena mediana y con suficiente agua como para formar una lechada espesa de 3 cm de espesor sobre toda la superficie de contacto.**

#### **2.5.- En el numeral 2.5.2.1**

Donde decía:

“Relleno de Suelo tipo 1-a:

Estará constituido por arcillas y limos de baja o mediana plasticidad, con un Índice de Plasticidad (IP) mínimo del 7% (siete por ciento). Provenirá del préstamo indicado en los planos.”

Debe decir:

**Relleno de Suelo tipo 1-a:**

**Estará constituido por arcillas y limos de baja o mediana plasticidad, con un Índice de Plasticidad (IP) mínimo del 7% (siete por ciento) y un contenido mínimo de 40% (cuarenta por ciento) de material que pasa el tamiz malla # 200. Provenirá del préstamo indicado en los planos.**

#### **2.6.- En el numeral 2.5.3.1. Suelos tipo 1**

Donde decía:



“Previo a la compactación deberá verificarse que el contenido de humedad se encuentre entre la humedad óptima del Proctor Standard (AASHTO T-99) y 2 % debajo del mismo.”

Debe decir:

**Previo a la compactación deberá verificarse que el contenido de humedad se encuentre entre la humedad óptima del Proctor Standard (AASHTO T-99) y 2% por encima de la misma.**

### 3.- Correcciones a los planos

En función de las modificaciones introducidas al proyecto, se han modificado y forman parte del presente informe los planos N° 06, 07 (transformado en los planos 7ª y 7B) y 09.

### 4.- Dimensionamiento del BLANKET

Se adjunta al presente informe la memoria de dimensionamiento del blanket introducido al proyecto de la presa.

### 5.- Ajuste de los cálculos métricos

El siguiente cuadro presenta la modificación sufrida por las cantidades de los distintos materiales componentes de la presa en función de las modificaciones realizadas sobre el proyecto.

Material	Actual m <sup>3</sup>	Anterior m <sup>3</sup>	Diferencia	
			m <sup>3</sup>	%
Suelo 1a	11784	7829	3955	51
Suelo 1b	8685	13814	-4735	-34
Recubrim 2	2960	1991	735	37
Filtro 3	3824	323	3501	1084
Filtro 4	2599	2032	567	28
Rip-Rap 5	1810	1782	-214	-12
<b>TOTAL</b>	<b>31662</b>	<b>27771</b>	<b>3809</b>	<b>13.7</b>

Se adjunta además una versión actualizada de la planilla de cómputo correspondiente a la obra incluyendo las modificaciones de todos los ítems de obra.



## PLANILLA DE CÓMPUTO Y COTIZACIÓN

ITEM		Cant.	U.Med.	P.Unit. \$/U	Total \$
N°	Descripción				
1	<b>Instalación del Contratista</b>	1	Gl		
2	<b>Excavaciones</b>				
	2.1.- Limpieza y destape	15850	m <sup>2</sup>		
	2.2.- Excavación en materiales sueltos presa	4370	m <sup>3</sup>		
	2.3.- Excavación en roca y prep. Fundaciones	1380	m <sup>3</sup>		
	2.4.- Excavación en roca canal de restitución	600	m <sup>3</sup>		
	2.5.- Excavación Aliviadero Superior	7200	m <sup>3</sup>		
3	<b>Hormigones</b>				
	3.1.- Hormigón clase H17	212	m <sup>3</sup>		
	3.2.- Hormigón clase H8	16	m <sup>3</sup>		
	3.3.- Armadura ADN 420	11200	kg		
4	<b>Presa y canal de descarga</b>				
	4.1.- Colocación Suelo tipo 1a	11784	m <sup>3</sup>		
	4.2.- Colocación Suelo tipo 1b	8685	m <sup>3</sup>		
	4.3.- Colocación Recubrimiento tipo 2	2960	m <sup>3</sup>		
	4.4.- Colocación Filtro tipo 3	3824	m <sup>3</sup>		
	4.5.- Colocación Filtro tipo 4	2599	m <sup>3</sup>		
	4.6.- Colocación Rip-Rap tipo 5	1810	m <sup>3</sup>		
5	<b>Accesorios</b>				
	5.1.- Junta estanca	30	m <sup>3</sup>		
	5.2.- Sumin. y montaje elem. Metálicos Obra Toma	1	Gl		

<b>A) SUBTOTAL</b>	\$
<b>B) GASTOS GENERALES</b>	\$ _____
<b>SUBTOTAL A + B</b>	\$ _____
<b>C) GASTOS FINANCIEROS</b>	\$ _____
<b>SUBTOTAL A + B + C</b>	\$ _____
<b>D) BENEFICIO</b>	\$ _____
<b>SUBTOTAL A + B + C + D</b>	\$ _____
<b>E) IMPUESTO AL VALOR AGRGADO (IVA)</b>	\$ _____

<b>PRECIO TOTAL DE LA OBRA</b>	\$
--------------------------------	----



## ANEXO III

# CIERRES DE LAMINACION DE CRECIDAS PUERTO MADRYN: Cuenco 3/4 y 4

### Informe de revisión del proyecto

#### 1.- Objeto

El presente informe tiene por objeto la revisión y el ajuste del proyecto realizado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Civil (FI – UNPSJB) en Agosto de 1996 en función del mayor tiempo de permanencia del agua en el embalse que pudiera producirse como resultado de acciones antrópicas no previstas en el proyecto original. Se considera tal hipótesis a partir de lo observado en la presa del cuenco 2, construida entre 1992 y 1993, cuya estructura de descarga fuera obturada intencionalmente poniendo en riesgo la integridad de la obra y la seguridad de la población aguas debajo de la misma.

Atendiendo tal circunstancia, se han introducido modificaciones en la disposición de los materiales de las presas y se ha decidido la colocación de un blanket de impermeabilización aguas arriba de las presas para lograr un mayor control sobre las filtraciones que podrían producirse a través de la fundación y de los estribos.

#### 2.- Correcciones a las especificaciones técnicas

Las modificaciones que se introducen en las especificaciones técnicas son las siguientes:

##### 2.1. Profundidades:

Donde decía:

“...Si por cualquier causa se realizaran sobreexcavaciones no autorizadas, las mismas deberán ser rellenadas con material de relleno compactado, salvo que la sobreexcavación se encuentre adyacente a estructuras de hormigón, en cuyo caso deberán ser llenadas con hormigón H8; estos rellenos deberá efectuarlos el Contratista sin derecho a pago alguno.”

Debe decir:



Si por cualquier causa se realizaran sobreexcavaciones fuera de los límites y rasantes indicados en los planos, las superficies originales deberán ser restituidas con un relleno compactado de Suelo Tipo 1, salvo que la sobreexcavación se encuentre adyacente a estructuras de hormigón, en cuyo caso deberán ser llenadas con hormigón H8. En ambos casos, la restitución de las superficies sobreexcavadas deberá efectuarla el Contratista sin derecho a pago alguno.

### **2.2. Superficies de suelo:**

Donde decía:

“Las cárcavas deberán ser excavadas y niveladas con pendiente 3H:1V o más tendidas, y las superficies resultantes recibirán el tratamiento indicado en el primer párrafo de este apartado.”

Debe decir:

**Las cárcavas y toda otra superficie que reciba relleno de suelo, ya sea del cuerpo de la presa o del blanket de impermeabilización, deberán ser excavadas y niveladas con pendiente 3H:1V o más tendidas, y las superficies resultantes recibirán el tratamiento indicado en el primer párrafo de este apartado.**

### **2.3.- Base de asiento para presas. Ejecución Superficies de roca:**

Donde decía:

“Las superficies que recibirán rellenos de Suelo Tipo 1 deberán excavarse con pendientes 3H:1V o más tendidos.”

Debe decir:

**Las superficies de la formación rocosa (toba) que reciban rellenos de suelos, ya sea del cuerpo de la presa o del blanket de impermeabilización, deberán excavarse con pendientes 3H:1V o más tendidos.**

### **2.4.- Base de asiento para presas. Ejecución Superficies de hormigón:**

Se agrega:

**Luego de eso, e inmediatamente antes de la colocación de la primera capa de relleno, se colocará un mortero de contacto compuesto por una parte de cemento por seis partes de arena mediana y con suficiente agua como para formar una lechada espesa de 3 cm de espesor sobre toda la superficie de contacto.**

**El relleno impermeable se colocará inmediatamente antes de que la lechada comience a perder humedad.**



**2.5.- RELLENOS. Materiales, Formación y Compactación, Calidad y Control del relleno:**

Donde decía:

“Recubrimiento tipo 3:”

Debe decir:

**Dren. Suelo tipo 6:**

**2.6.- RELLENOS. Materiales, Formación y Compactación, Calidad y Control del relleno:**

Se agrega:

**Recubrimiento tipo 3:**

Grava arenosa natural, con un máximo de 10 % de material que pasa el tamiz N° 200.

**Filtro de arena. Suelo tipo 5:**

Suelo constituido por arena libre de partículas que pasan el tamiz N° 200, que conforme la especificación “Arido fino para hormigones entre granulometrías A y B”, de la Norma IRAM N° 1627. Deberá estar libre de partículas alterables o que se desintegren durante el manipuleo, la colocación, bajo agua o a la intemperie.

### **3.- Correcciones a los planos**

En función de las modificaciones introducidas al proyecto, se han modificado y forman parte del presente informe los planos N° 03, 04, 06, 08, 09, 12.

### **4.- Dimensionamiento del BLANKET**

#### **4.1.- DATOS**

	Presa 3/4	Presa 4
Cota de coronamiento	36,50	33,00
Cota de embalse máximo	35,80	32,33



Cota terreno natural mínima	33,00	29,30
Cota terreno natural media (borde presa)	33,30	29,00
Carga de agua máxima, H <sub>máx</sub> (m)	2,80	3,00
Carga de agua media (borde presa), H (m)	2,50	3,00
Ancho medio de la base impermeable de la presa, B (m)	9,50	10,50
Espesor del suelo permeable, D <sub>m</sub> (m)	2,40	3,50
Tipo de suelo medio (SUCS)	SM y SP	SM
Permeabilidad del suelo adoptada, k <sub>o</sub> (cm/seg)	5 * 10 <sup>-4</sup>	5 * 10 <sup>-5</sup>
Longitud fundación filtrante (a lo largo de la presa) L (m)	70	150
Longitud del blanket, B' (m)	15	20

#### 4.2.- CALCULO DE LA LONGITUD DEL BLANKET

La longitud del blanket se verifica con la expresión dada por Marsal y Reséndiz:

$$\frac{q}{k_o * H} = \frac{1}{0,88 + \frac{B + B'}{D_m}}$$

donde q = caudal unitario de filtración = Q/L

B' = Longitud del blanket, a partir del pie de presa (m)

Para una presa con embalse permanente se considera aceptable que la relación adimensional tome el valor:

$$\frac{q}{k_o * H} = 0,1$$

Con lo que resulta:

$$\frac{B + B'}{D_m} + 0,88 = 10$$



Esta relación se ha verificado para ambas presas, obteniéndose 11,1 para la presa 3/4 y 9,6 para la presa 4.

En consecuencia, se adopta:

Longitud del blanket presa 3/4: **B' = 15 m**

Longitud del blanket presa 4: **B' = 20 m**

### 4.3.- ESPESOR DEL BLANKET

Para establecer el espesor se considera el criterio de tomar un espesor:  
 $e \cong 0,15 * H_{max}$

Se obtiene:

Espesor del blanket para la presa 3/4 y la presa 4, **e = 0,40 m**

### 4.4.- CALCULO DE LA EFICIENCIA HIDRAULICA DEL BLANKET

La eficiencia del blanket se expresa como una relación entre el caudal de filtración en las condiciones con y sin blanket:

$$E_f = \frac{\Delta Q}{Q_o}$$

#### 4.4.1. Caudal de filtración sin blanket

##### 4.4.1.1. Presa 3/4

De la relación  $\frac{B}{D_m} \cong 4$  se obtiene  $\frac{Q_o}{L} = 0,2$

Para una carga de agua media  $H_{típ} = 2,50$  m:

$$Q_o = 175 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

##### 4.4.1.2. Presa 4



De la relación  $\frac{B}{Dm} \cong 3$  se obtiene  $\frac{\frac{Qo}{L}}{ko * H} = 0,26$

Para una carga de agua media  $Htíp = 3,00$  m:

$$Qo = 59 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

#### 4.4.2. Caudal de filtración con blanket

##### 4.4.2.1. Presa $\frac{3}{4}$

De la relación  $\frac{B + B'}{Dm} \cong 11,1$  se obtiene  $\frac{\frac{Qb}{L}}{ko * H} \cong 0,1$

Para la misma carga de agua media,  $Htíp = 2,50$  m, se tiene:

$$Qb = 88 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

##### 4.4.2.2. Presa 4

De la relación  $\frac{B + B'}{Dm} \cong 0,96$  se obtiene  $\frac{\frac{Qb}{L}}{ko * H} \cong 0,1$

Para la misma carga de agua media,  $Htíp = 3,00$  m, se tiene:

$$Qb = 23 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

#### 4.4.3. Eficiencia hidráulica del blanket

##### 4.4.3.1. Presa $\frac{3}{4}$



$$E_f = \frac{\Delta Q}{Q_o} = (175 - 88) / 175 = 0,50$$

#### 4.4.3.2. Presa 4

$$E_f = \frac{\Delta Q}{Q_o} = (59 - 23) / 59 = 0,62$$

La Eficiencia Hidráulica del blanket para la presa  $\frac{3}{4}$  es  $E_f = 0,50$  y para la presa 4 es  $E_f = 0,60$ , lo que en ambos casos justifica su incorporación.



## 5.- Ajuste de los presupuestos de obra

El presupuesto total de las obras, luego de los ajustes practicados al proyecto, alcanza la suma de **PESOS DOSCIENTOS SETENTA MIL OCHOCIENTOS DIEZ (\$ 270.810.-)**, de acuerdo al siguiente detalle:

<b>Presas ¾</b>	<b>\$ 72.837.-</b>
<b>Presas 4</b>	<b>\$ 197.973.-</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 270.810.-</b>



Provincia del Chubut



Corporación de Fomento del Chubut

## PLANILLA DE CÓMPUTO Y COTIZACIÓN

### PRESA CUENCO 3/4

ITEM		Cant.	U.Med.	P.Unit. \$/U	Total \$
Nº	Descripción				
1	<b>Excavaciones</b>				
	1.1.- Limpieza y destape	3850	m <sup>2</sup>		
	1.2.- Excavación en materiales sueltos	1700	m <sup>3</sup>		
	1.3.- Excavación en roca y prep. Fundaciones	3200	m <sup>3</sup>		
2	<b>Hormigones y elementos complementarios</b>				
	2.1.- Hormigón clase H17	13	m <sup>3</sup>		
	2.2.- Varios (Caño, juntas, reja entrada)	-	Gl		
3	<b>Presa y canal de descarga</b>				
	3.1.- Colocación Suelo tipo 1	2019,6	m <sup>3</sup>		
	3.2.- Colocación Suelo tipo 2	324	m <sup>3</sup>		
	3.3.- Colocación Suelo tipo 5 (filtro)	561	m <sup>3</sup>		
	3.4.- Colocación Suelo tipo 6 (dren)	410	m <sup>3</sup>		

<b>A) SUBTOTAL</b>	\$
<b>B) GASTOS GENERALES</b>	\$ _____
<b>SUBTOTAL A + B</b>	\$
<b>C) GASTOS FINANCIEROS</b>	\$ _____
<b>SUBTOTAL A + B + C</b>	\$
<b>D) BENEFICIO</b>	\$ _____
<b>SUBTOTAL A + B + C + D</b>	\$
<b>E) IMPUESTO AL VALOR AGRGADO (IVA)</b>	\$
<b>PRECIO TOTAL DE LA OBRA</b>	\$



Provincia del Chubut



Corporación de Fomento del Chubut

## PLANILLA DE CÓMPUTO Y COTIZACIÓN

### PRESA CUENCO 4

ITEM		Cant.	U.Med.	P.Unit. \$/U	Total \$
N°	Descripción				
1	<b>Excavaciones</b>				
	1.1.- Limpieza y destape	6600	m <sup>2</sup>		
	1.2.- Excavación en materiales sueltos	2000	m <sup>3</sup>		
	1.3.- Excavación en roca y prep. Fundaciones	6000	m <sup>3</sup>		
2	<b>Hormigones y elementos complementarios</b>				
	2.1.- Hormigón clase H17	7,5	m <sup>3</sup>		
	2.2.- Varios (Caño, juntas, reja entrada)	-	kg		
3	<b>Ejecución Presa</b>				
	3.1.- Colocación Suelo tipo 1	5007	m <sup>3</sup>		
	3.2.- Colocación Suelo tipo 2	1000	m <sup>3</sup>		
	3.3.- Colocación Suelo tipo 3 (recub bajo rip rap)	588	m <sup>3</sup>		
	3.4.- Colocación Suelo tipo 4 (rip rap)	785	m <sup>3</sup>		
	3.5.- Colocación Suelo Tipo 5 (filtro)	1270	m <sup>3</sup>		
	3.6.- Colocación Suelo Tipo 6 (dren)	1114	m <sup>3</sup>		

<b>A) SUBTOTAL</b>	\$
<b>B) GASTOS GENERALES</b>	\$ _____
<b>SUBTOTAL A + B</b>	\$ _____
<b>C) GASTOS FINANCIEROS</b>	\$ _____
<b>SUBTOTAL A + B + C</b>	\$ _____
<b>D) BENEFICIO</b>	\$ _____
<b>SUBTOTAL A + B + C + D</b>	\$ _____
<b>E) IMPUESTO AL VALOR AGRGADO (IVA)</b>	\$ _____
<b>PRECIO TOTAL DE LA OBRA</b>	\$ _____



## ANEXO III

# CIERRE DE LAMINACION DE CRECIDAS DE DOLAVON (Medio): Cierre Felipe (L.A.T)

### Informe de revisión del proyecto

#### 1.- Objeto

El presente informe tiene por objeto la revisión y el ajuste del proyecto realizado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Civil (FI – UNPSJB) en Agosto de 1996 en función del mayor tiempo de permanencia del agua en el embalse que pudiera producirse como resultado de acciones antrópicas no previstas en el proyecto original. Se considera tal hipótesis a partir de lo observado en la presa del cuenco 2, construida entre 1992 y 1993, cuya estructura de descarga fuera obturada intencionalmente poniendo en riesgo la integridad de la obra y la seguridad de la población aguas debajo de la misma.

Atendiendo tal circunstancia se ha decidido la colocación de un blanket de impermeabilización aguas arriba de la presa para lograr un mayor control sobre las filtraciones que podrían producirse a través de la fundación y del estribo derecho.

Por último, se ha modificado el diseño de la reja dispuesta sobre la torre de toma a efectos de dotarla de una mayor superficie para el paso de agua y disminuir su posibilidad de obturación.

#### 2.- Correcciones a las especificaciones técnicas

Las modificaciones que se introducen en las especificaciones técnicas son las siguientes:

##### **2.1.- En el numeral 2.3.3.1. Profundidades**

Donde decía:

“...Si por cualquier causa se realizaran sobreexcavaciones no autorizadas, las mismas deberán ser rellenadas con material de relleno compactado, salvo que la sobreexcavación se encuentre adyacente a estructuras de hormigón, en cuyo caso deberán ser llenadas con hormigón H8; estos rellenos deberá efectuarlos el Contratista sin derecho a pago alguno.”



Debe decir:

**Si por cualquier causa se realizaran sobreexcavaciones fuera de los límites y rasantes indicados en los planos, las superficies originales deberán ser restituidas con un relleno compactado de Suelo Tipo 1a, salvo que la sobreexcavación se encuentre adyacente a estructuras de hormigón, en cuyo caso deberán ser llenadas con hormigón H8. En ambos casos, la restitución de las superficies sobreexcavadas deberá efectuarla el Contratista sin derecho a pago alguno.**

### **2.2.- En el numeral 2.4.2.1**

Donde decía:

“Las cárcavas deberán ser excavadas y niveladas con pendiente 3H:1V o más tendidas, y las superficies resultantes recibirán el tratamiento indicado en el primer párrafo de este apartado.”

Debe decir:

**Las cárcavas y toda otra superficie que reciba relleno de suelo, ya sea del cuerpo de la presa o del blanket de impermeabilización, deberán ser excavadas y niveladas con pendiente 3H:1V o más tendidas, y las superficies resultantes recibirán el tratamiento indicado en el primer párrafo de este apartado.**

### **2.3.- En el numeral 2.4.2.3**

Donde decía:

“Luego de eso, e inmediatamente antes de la colocación de la primera capa de relleno, se colocará un mortero de contacto compuesto por una parte de cemento por seis partes de arena mediana y con suficiente agua como para formar una lechada espesa de 3 cm de espesor sobre toda la superficie de contacto.”

Debe decir:

**Luego de eso, e inmediatamente antes de la colocación de cada capa de relleno, se colocará un mortero de contacto compuesto por una parte de cemento por seis partes de arena mediana y con suficiente agua como para formar una lechada espesa de 3 cm de espesor sobre toda la superficie de contacto.**



**2.4.- En el numeral 2.5.2 Materiales:**

Donde decía:

**“2.5.2.5. Suelo tipo 5:**

Arena limosa. Provenirá de la capa superior de suelo extraído de las excavaciones obligatorias de la Obra de Toma, el Conducto de Desagüe, el Canal de Desagüe y del destape del préstamo de Suelo tipo 1.”

Debe decir:

**2.5.2.5. Filtro. Suelo tipo 5:**

Suelo constituido por arena libre de partículas que pasan el tamiz N° 200, que conforme la especificación “Arido fino para hormigones entre granulometrías A y B”, de la Norma IRAM N° 1627. Deberá estar libre de partículas alterables o que se desintegren durante el manipuleo, la colocación, bajo agua o a la intemperie.

Se agrega:

**2.5.2.6. Suelo tipo 6:**

Grava constituida por materiales cribados y lavados de origen natural, duros y durables, libre de partículas alterables o que se desintegren durante el manipuleo, colocación, bajo agua o a la intemperie. Tendrá la siguiente distribución granulométrica:

Tamiz estándar	Porcentaje que pasa
2 “	100
1”	75 –100
3 / 4”	65 –85
3 / 8”	45 –65
Nº 4	30 –50
Nº 8	15 –35
Nº 16	0 – 20
Nº 100	0 – 5
Nº 200	0



### **2.6.- En el numeral 2.5.3.2**

Donde decía:

“2.5.3.2. Suelo tipo 2, Suelo tipo 4 y Suelo tipo 5:”

Debe decir:

**2.5.3.2. Suelo tipo 2, Suelo tipo 4, Suelo tipo 5 y Suelo tipo 6:**

### **2.7.- En el numeral 2.5.3.1. Suelos tipo 1**

Donde decía:

“Previo a la compactación deberá verificarse que el contenido de humedad se encuentre entre la humedad óptima del Proctor Standard (AASHTO T-99) y 2 % debajo del mismo.”

Debe decir:

**Previo a la compactación deberá verificarse que el contenido de humedad se encuentre entre la humedad óptima del Proctor Standard (AASHTO T-99) y 2% por encima de la misma.**

## **3.- Correcciones a los planos**

En función de las modificaciones introducidas al proyecto, se han modificado y forman parte del presente informe los planos N° 06, 07 y 08.

## **4.- Dimensionamiento del BLANKET**

### **4.1.- DATOS**

Cota de coronamiento: 52,00

Cota máximo embalse: 50,90

Cota terreno natural mínima: 45,50

Cota terreno natural media (borde presa paramento aguas arriba): 48,00

Carga de agua máxima, H<sub>máx</sub> (m): 5,40

Carga de agua media (borde presa paramento aguas arriba), H<sub>típ</sub> (m): 3,00



Ancho de la base impermeable de la presa a cota terreno natural media  $B_{típ}$  (m): 20,00

Espesor del suelo permeable,  $D_m$  (m): 6,00

Tipo de suelo medio (SUCS): SP, GP, GM

Permeabilidad del suelo adoptada,  $k_o$  (cm/seg):  $10^{-3}$

Longitud de la fundación filtrante (a lo largo de la presa)  $L$  (m): 220,00

#### 4.2.- CALCULO DE LA LONGITUD DEL BLANKET

La longitud del blanket se calcula con la expresión dada por Marsal y Reséndiz:

$$\frac{q}{k_o * H} = \frac{1}{0,88 + \frac{B + B'}{D_m}}$$

donde  $q$  = caudal unitario de filtración =  $Q/L$

$B'$  = Longitud del blanket, a partir del pie de presa (m)

Para el blanket de una presa con embalse permanente se adopta un valor aceptable de la relación adimensional:

$$\frac{q}{k_o * H} = 0,1$$

se obtiene

$$\frac{B + B'}{D_m} + 0,88 = 10$$

Operando se calcula la longitud  $B'$  para el ancho de la base impermeable de la presa  $B = 20$  m, obteniéndose:

Longitud del blanket,  $B' = 35$  m

#### 4.3.- ESPESOR DEL BLANKET



Adoptando un espesor:  $e \cong 0,1 * H_{max}$

se obtiene:

Espesor del blanket:  $e = 0,60 \text{ m}$

#### 4.4.- CALCULO DE LA EFICIENCIA HIDRAULICA DEL BLANKET

La eficiencia del blanket se expresa como una relación entre el caudal de filtración en las condiciones con y sin blanket:

$$Ef = \frac{\Delta Q}{Q_0}$$

##### 4.4.1. Caudal de filtración sin blanket

De la relación

$$\frac{B}{Dm} \cong 1,5 \text{ se obtiene } \frac{\frac{Q_0}{L}}{k_0 * H} = 0,4$$

Para una carga de agua media  $H_{típ} = 3 \text{ m}$

$$Q_0 = 240 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

##### 4.4.2. Caudal de filtración con blanket

$$\frac{B + B'}{Dm} \cong 9 \text{ se obtiene } \frac{\frac{Q_b}{L}}{k_0 * H} = 0,1$$

Para la misma carga de agua media,  $H_{típ} = 3 \text{ m}$

$$Q_b = 60 \text{ cm}^3/\text{seg}$$



### 4.4.3. Eficiencia hidráulica del blanket

$$E_f = \frac{\Delta Q}{Q_o} = (240 - 60) / 240 = 0,75$$

La Eficiencia Hidráulica del blanket es  $E_f = 0,75$ , un valor alto, que justifica su incorporación.



#### 4.5.- Ajuste de los cálculos métricos y presupuesto

El siguiente cuadro presenta la modificación sufrida por las cantidades de los distintos materiales componentes de la presa en función de las modificaciones realizadas sobre el proyecto.

Material	Actual m <sup>3</sup>	Anterior m <sup>3</sup>	Diferencia	
			m <sup>3</sup>	%
Suelo tipo 1	14277	16543	-2266	13,7
Suelo tipo 2	5444	8900	-3456	38,8
Suelo tipo 3	5416	3399	2017	-59,3
Suelo tipo 4	2149	2447	-298	12,2
Suelo tipo 5	3626	0	3626	-
Suelo tipo 6	3564	0	3564	-
<b>TOTAL</b>	<b>34476</b>	<b>31289</b>	<b>3187</b>	<b>10,2</b>

Se adjunta además una versión actualizada de la planilla de cálculo correspondiente a la obra incluyendo las modificaciones de todos los ítems de obra.

El presupuesto de la obra, luego de los ajustes practicados al proyecto, alcanza la suma de **PESOS QUINIENTOS CINCUENTA Y UN MIL CIENTO OCHENTA Y UNO (\$ 551.181.-)**.



Provincia del Chubut



Corporación de Fomento del Chubut

## PLANILLA DE CÓMPUTO Y COTIZACIÓN

ITEM		Cant.	U.Med.	P.Unit. \$/U	Total \$
N°	Descripción				
1	<b>Instalación del Contratista</b>	1	Gl		
2	<b>Excavaciones</b>				
	2.1.- Limpieza y destape	19913	m <sup>2</sup>		
	2.2.- Excavación en materiales sueltos presa	5070	m <sup>3</sup>		
	2.3.- Excavación en roca y prep. Fundaciones	980	m <sup>3</sup>		
	2.4.- Excavación en roca canal de restitución	1930	m <sup>3</sup>		
	2.5.- Excavación Aliviadero Superior	8017	m <sup>3</sup>		
3	<b>Hormigones</b>				
	3.1.- Hormigón clase H17	262	m <sup>3</sup>		
	3.2.- Hormigón clase H8	29	m <sup>3</sup>		
	3.3.- Armadura ADN 420	15350	kg		
4	<b>Presa y canal de descarga</b>				
	4.1.- Colocación Suelo tipo 1 (núcleo)	14277	m <sup>3</sup>		
	4.2.- Colocación Suelo tipo 2 (espaldón permeable)	5444	m <sup>3</sup>		
	4.3.- Colocación Suelo tipo 3 (recubrim agua arriba)	5416	m <sup>3</sup>		
	4.4.- Colocación Suelo tipo 4(recubrim. agua abajo)	2149	m <sup>3</sup>		
	4.5.- Colocación Suelo tipo 5 (filtro)	3626	m <sup>3</sup>		
	4.6.- Colocación Suelo tipo 6 (dren)	3564	m <sup>3</sup>		
5	<b>Accesorios</b>				
	5.1.- Junta estanca	19	m		
	5.2.- Filtro Geotextil	4000	m <sup>2</sup>		
	5.3.- Sumin. y montaje elem. Metálicos Obra Toma	1	Gl		

<b>A) SUBTOTAL</b>	\$
<b>B) GASTOS GENERALES</b>	\$ _____
<b>SUBTOTAL A + B</b>	\$ _____
<b>C) GASTOS FINANCIEROS</b>	\$ _____
<b>SUBTOTAL A + B + C</b>	\$ _____
<b>D) BENEFICIO</b>	\$ _____
<b>SUBTOTAL A + B + C + D</b>	\$ _____
<b>E) IMPUESTO AL VALOR AGRGADO (IVA)</b>	\$ _____

<b>PRECIO TOTAL DE LA OBRA</b>	\$ _____
--------------------------------	----------

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA  
FACULTAD DE INGENIERIA**

**LA SEGURIDAD EN LAS OBRAS HIDRAULICAS DE  
CONTROL DE CRECIDAS EN CUENCOS ALUVIONALES  
URBANOS DEL VIRCH Y PUERTO MADRYN  
DOCUMENTO DE EVALUACIÓN TÉCNICA**

por:

**Ramón Juan J. SERRA**

Ing. en Recursos Hídricos

Director de Proyecto. Area: Hidrología Gral. Hidrología de Cuencas torrenciales  
Profesor Asociado de la cátedra de Hidrología, Hidráulica Agrícola y Fluvial, Facultad  
de Ingeniería.

**José SAINZ TRAPAGA**

Ing. Civil/Hidráulico

Proyectista Senior en obras hidráulicas y civiles. Area: Ingeniería de Proyecto.  
Profesor Adjunto de la cátedra de Máquinas Hidráulicas y Aprovechamientos  
Hidroeléctricos. Profesor Titular de la cátedra de Diseño de Construcciones  
Hidráulicas. Facultad de Ingeniería.

**Winston H. GRECO**

Lic. en Geología

Proyectista Senior en fundaciones y presas de materiales sueltos Area: Geología  
y Geotécnica - Diseño de Presa. Profesor Adjunto de la cátedra de Geología  
Aplicada. Facultad de ciencias Naturales.

**Héctor Andrés MALNERO**

Ing. Civil/Hidráulico

Proyectista en obras hidráulicas y civiles. Area: Ingeniería de Proyecto. CAD  
Jefe de Trabajos Prácticos de la cátedra de Máquinas Hidráulicas y  
Aprovechamientos Hidroeléctricos y de la cátedra de Diseño de Construcciones  
Hidráulicas. Facultad de Ingeniería.

**COLABORADORES**

Ing. María J. CHACHERO

Ing. Alejandro SORONDO

Ing. Javier BAN

Alum. Carlos Mauricio OJEDA

Alum. Francisco Emilio OJEDA

Alum. Martín NOZIKOSWKI

Alum. Mauricio WILLIAMS QUINTANA

Alum. Estela HELT

Alum. Sebastián D' ADDONA

El presente trabajo, titulado *“La Seguridad en Las Obras Hidraulicas De Control De Crecidas En Cuencos Aluvionales Urbanos del Virch y Puerto Madryn - Documento De Evaluación Técnica”*, ha sido elaborado y publicado por el Departamento de Ingeniería Hidráulica y Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, durante el período Junio – Noviembre de 1.998, con la participación ad-hoc de investigadores, docentes, alumnos y profesionales, como una colaboración de la disciplina al mejor conocimiento y evaluación de los sucesos y las graves consecuencias sociales y económicas derivadas de la tormenta extraordinaria del pasado 23 al 25 de Abril.

dihyc