

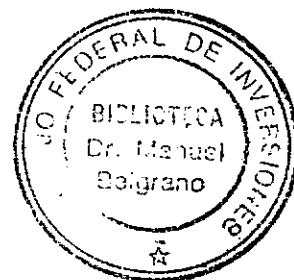
CONVENIO  
PROVINCIA DE TUCUMAN - CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

# ESTUDIO DE SISTEMATIZACION DE CUENCAS HIDRICAS Y CONTROL DE TORRENTES

TEMA IV: HIDRAULICA FLUVIAL Y PROPUESTA DE OBRAS CONTRA LAS  
INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE FAMAILLA

Autores:

Ing. Rec. Hídricos Anibal Comba  
Ing. Civil Juan Czarnowski  
Ing. Civil Mario Parrado



Mayo, 1993

0/x 12  
C 26 5  
TU  
H 1112

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

AUTORIDADES

PROVINCIA DE TUCUMAN

GOBERNADOR

Sr. Ramón Ortega

Ministro de Economía

C.P.N. Raúl Paulino Ríos

Secretario de Estado de Obras  
y Servicios Públicos

Ing. Raúl Natella

Secretario de la Producción

Sr. Juan Antonio Rodríguez

Representante en el Convenio

Director Provincial del Agua

Arq. Manuel Alías

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

SECRETARIO GENERAL

Ing. Juan José Ciácerá

Dirección Cooperación Técnica

Ing. Susana Blundi

Area Infraestructura Hídrica

Ing. Horacio Diez

Representantes en el Convenio

Lic. Rubén Daffinoti

Ing. Juan Czarnowski

INDICE GENERAL

- I.- SINTESIS, CONCLUSIONES Y PROPUESTAS DE LINEAS DE ACCION.
- II.- GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA.
- III.- HIDROLOGIA SUPERFICIAL.
- IV.- HIDRAULICA FLUVIAL Y PROPUESTA DE OBRAS CONTRA LAS INUNDACIONES DE LA CIUDAD DE FAMAILLA.
- V.- SUELOS.
- VI.- VEGETACION Y GANADERIA.
- VII.- SOCIOECONOMIA.

# CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

## INDICE DE HIDRAULICA FLUVIAL Y PROPUESTAS DE OBRAS

1.	INTRODUCCION . . . . .	- 1 -
2.	SITUACION ACTUAL . . . . .	- 1 -
2.1.	REUNIONES PUBLICAS Y TECNICAS . . . . .	- 2 -
2.2.	SECTORES CRITICOS DE INUNDACION . . . . .	- 3 -
3.	ANALISIS DE LAS CRECIDAS . . . . .	- 4 -
3.1.	CONSIDERACIONES GENERALES . . . . .	- 4 -
3.2.	RELACION INTENSIDAD - FRECUENCIA - DURACION . . . . .	- 5 -
3.3.	CAUDALES DE CRECIDAS . . . . .	- 5 -
3.4.	ANALISIS DEL ESCURRIMIENTO DURANTE LAS CRECIDAS . . . . .	- 7 -
3.4.1.	DESCRIPCION GENERAL . . . . .	- 7 -
3.4.2.	NIVELES DE CRECIDA A FONDO FIJO Y SIN INCLUIR TRANSPORTE . . . . .	- 8 -
3.4.3.	NIVELES DE CRECIDA Y DE FONDO DEL CAUCE INCLUYENDO TRANSPORTE DE MATERIAL SOLIDO . . . . .	- 9 -
3.4.3.1	Análisis en las tormentas de diseño y para el tramo urbano. . . . .	- 9 -
3.4.3.2	Análisis del tramo desde la ciudad de Famaillá hasta la desembocadura del río Colorado en el Famaillá. . . . .	- 11 -
3.4.4.	CONCLUSIONES . . . . .	- 11 -
4.	DESCRIPCION DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS . . . . .	- 12 -
4.1.	CONSIDERACIONES GENERALES . . . . .	- 12 -
4.2.	DESCRIPCION DE LAS OBRAS PROPUESTAS . . . . .	- 13 -
4.2.1.	CONSOLIDACION Y RECRECIMIENTO DE LOS TERRAPLENES LATERALES . . . . .	- 13 -
4.2.2.	PROTECCION DE MARGENES Y OBRAS DE ENCAUZAMIENTO . . . . .	- 15 -

## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

4.2.3.	DESCARGAS DE CIERRE AUTOMATICO DE LOS DESAGÜES PLUVIALES URBANOS. . . . .	- 17 -
4.2.4.	SISTEMA DE CIERRE AUTOMATICO DEL INGRESO DE AGUA A LOS CANALES DE RIEGO. . . . .	- 18 -
4.2.5.	ENSANCHAMIENTO Y RECTIFICACION DEL CAUCE AGUAS ABAJO DE LA AUTOPISTA DE LA RUTA PROVINCIAL Nº 38. . . . .	- 18 -
5.	PRESUPUESTOS . . . . .	- 18 -
5.1.	PRECIOS UNITARIOS . . . . .	- 18 -
5.	COMPUTOS Y PRESUPUESTOS . . . . .	- 20 -
5.1	RECRECIMIENTO DE TERRAPLENES: . . . . .	- 20 -
5.2	CONSTRUCCION Y COLOCACION DE GAVIONES Y COLCHONETAS EN EL TRAMO UBICADO AGUAS ARRIBA DEL PUENTE DEL F.G.M.B.: . . . . .	- 21 -
5.3	CONSTRUCCION Y COLOCACION DE GAVIONES Y COLCHONETAS EN EL TRAMO UBICADO AGUAS ABAJO DEL PUENTE DEL F.G.M.B.: . . . . .	- 21 -
5.4	COLOCACION DE COLCHONETAS DE GAVIONES AGUAS ABAJO DEL PUENTE EN CORRESPONDENCIA CON LA AVENIDA ALEM: . . . . .	- 21 -
5.5	CONSTRUCCION DE LAS OBRAS DE DESGÜE CON COMPUERTAS AUTOMATICAS: . . . . .	- 22 -
5.6	CONSTRUCCION DE LA OBRA DE TOMA EN EL CANAL AL EX-INGENIO NUEVA BAVIERA: . . . . .	- 22 -
5.7	ENSANCHAMIENTO DEL CAUCE DEL RIO FAMAILLA EN EL TRAMO ENTRE LA AUTOPISTA (RUTA Nº 38) Y SU CONFLUENCIA CON EL RIO COLORADO: . . . . .	- 22 -
5.8	PRESUPUESTO TOTAL: . . . . .	- 23 -
6.	PLANOS, ESQUEMAS, CUADROS Y GRAFICOS . . . . .	- 24 -
6.1	PLANOS . . . . .	- 24 -
6.2	ESQUEMAS . . . . .	- 25 -
6.3	CUADROS . . . . .	- 26 -
6.4	GRAFICOS . . . . .	- 27 -

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

7. ANEXO I:	- 28 -
8. ANEXO II:	- 29 -
9. ANEXO III: ANALISIS GRANULOMETRICO DE LAS MUESTRAS DEL MATERIAL DE FONDO DEL CAUCE.	- 30 -
10. ANEXO IV:	- 31 -

# CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

## 1. INTRODUCCION

El presente informe resume aspectos relevantes en relación con el funcionamiento hidráulico - hidrológico de la cuenca del río Famaillá, orientado a ofrecer soluciones que aseguren una adecuada protección de los sectores mas expuestos a las inundaciones y erosiones de márgenes. En este sentido se incluyen propuestas de soluciones, dentro del corto y mediano plazo, que eviten los perjuicios de mayor importancia.

El eje de este análisis es el comportamiento del río Famaillá, particularmente en los sectores en cuyas márgenes existe un mayor grado de urbanización, en correspondencia de la ciudad de Famaillá. No se ha efectuado un análisis cuantitativo del funcionamiento en los sectores rurales por carecerse de información detallada. De todas formas existe información cualitativa incluida en el análisis geomorfológico de la cuenca, que permite una evaluación de los riesgos de inundación en estos sectores.

El centro urbano de mayor importancia dentro del ámbito de la cuenca es la ciudad de Famaillá, ubicada a la vera de la ruta nacional N° 38 a 30 km al sur de la ciudad de San Miguel de Tucumán. Su altitud es de 350 msnm y pertenece al departamento de Famaillá, cuenta en la actualidad con 10.500 habitantes y forma parte del subsistema Norte, de estructura radial con centro en la Capital provincial. Desde el punto de vista económico representa un importante núcleo de desarrollo en la actividad agroindustrial.

La planta urbana se encuentra atravesada por el río Famaillá, en correspondencia del tramo medio inferior de este río, al que aporta la mayor parte de la cuenca hidrográfica, que se extiende en dirección Noroeste hasta una altitud de 3.100 msnm.

## 2. SITUACION ACTUAL

La ciudad de Famaillá sufre periódicamente los embates de las crecidas súbitas del río que la atraviesa. Este río desborda en múltiples tramos del cauce, inundando Barrios como Elías Pérez, Tres Almacenes, Oeste, La Banda y Eva Perón, destruyendo además infraestructura vial, edilicia y de servicios.

Al desastre ocurrido durante los años 1985 y 1987 se suma la reciente inundación del 25 de Enero de 1993, que pudo haber tenido consecuencias imprevisibles de haber ocurrido en horario nocturno. Esta crecida tuvo amplia difusión periodística, reproduciéndose algunas de estas notas en el Anexo I: "Publicaciones Periodísticas".

El río Famaillá presenta condiciones de inestabilidad morfológica, caracterizada por la presencia de meandros activos, importantes transportes de material sólido, erosiones y deposiciones de márgenes. Este fenómeno es sensible a cualquier modificación de las condiciones imperantes y sus consecuencias son en general difícil de preveer.

Hasta el presente las acciones llevadas a cabo demostraron ser ineficaces para resolver los problemas descriptos. El dragado del

## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

lecho fué insuficiente para provocar un descenso del cauce en virtud de la alta carga de sólidos transportados, las defensas han sido parcialmente destruidas durante las crecidas de mayor magnitud y además las obras de ingreso de los desagües pluviales hacia el río durante las crecidas no aseguran estanqueidad.

Por los motivos planteados se propuso formular, dentro del marco de este estudio, un plan de acción y obras de emergencia contra los desbordes del río, lo que sumado a las obras y acciones que deberán encararse en el mediano y largo plazo, permitirán asegurar o bien disminuir la incertidumbre de futuras inundaciones.

### 2.1. REUNIONES PUBLICAS Y TECNICAS

A los fines de proponer, discutir, evaluar y seleccionar posibles soluciones al problema de las inundaciones, en la ciudad de Famaillá se realizaron numerosas reuniones entre los vecinos, las autoridades municipales y provinciales.

Como resultado de estas reuniones y de los análisis efectuados por el equipo de técnicos asignados a este estudio, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El puente en correspondencia de la ruta "vieja" Nº 38 obra como barrera al paso de troncos, ramas y objetos flotantes, provocando endicamientos transitorios durante las crecidas, con el consiguiente remanso hacia aguas arriba que favorece los desbordes laterales.

Esta situación ocurre eventualmente y esta en función de la magnitud de la creciente y de la corta de madera que se efectúe en la cuenca media. Desde este punto de vista se cree conveniente evitar la tala indiscriminada, evitándo destruir la estructura existente del puente, que representa un gran esfuerzo de inversión pública y que permitiría la comunicación de sectores urbanos próximos. En la actualidad este puente se encuentra roto, sin embargo existe interés en su reacondicionamiento.

- La elevación del lecho del río a la altura de la ciudad sería el principal responsable de los desbordes, según lo informado por los participantes de las reuniones, sin perjuicio de otros aspectos de alta incidencia.

- Se ha observa la existencia un pronunciado meandro en "S", que se encuentra ubicado aguas abajo del puente en correspondencia de la autopista de la ruta nacional Nº 38. De acuerdo a lo expuesto por participantes en las reuniones técnicas efectuadas en Famaillá esta sería una causa de obstrucción del cauce, provocándo un remanso hacia aguas arriba, disminuyéndo la velocidad de escurrimiento y depositándo de material sólido.

Esta interpretación pareciera no ser completa ya que la formación de este meandro es mas una consecuencia que una causa. De acuerdo a la interpretación de los técnicos, la causa tiene que ver con la obstrucción y angostamiento del cauce que se observa hacia aguas abajo.



## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Alem, sobre la margen izquierda del río, en un sector donde descargan las aguas que se desbordan en el Barrio Elías Pérez. A esto se suman los desagües pluviales, que al no tener posibilidad de descargar al río (por el terraplenamiento existente), remansa e inunda este sector.

- Barrio Oeste: ubicado en un lugar donde se concentra el desagüe de las lluvias. No cuenta con canales colectores y el desagüe se ve dificultado por el trazado Norte - Sur de la vía del FFCC que opera como dique.

- Barrio Sureste: sufre las consecuencias de los desbordes que ocurren aguas abajo del puente de la autopista y del meandro existente.

- Sector Ex-Ingenio Nueva Baviera: sufre las consecuencias de los desbordes de los canales de riego y desagüe existentes, de insuficiente capacidad de transporte.

- Se han detectado ingresos de agua a través de los desagües pluviales en correspondencia del empircado (Calles Heller y Artigas) ubicado sobre la margen derecha del río y aguas arriba del puente de la avenida Alem.

### 3. ANALISIS DE LAS CRECIDAS

#### 3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Los aportes pluviales que evacúa el río Famaillá en correspondencia de la ciudad provienen de su cuenca de aporte que posee una superficie aproximada de 200 km<sup>2</sup>.

Esta cuenca, tal como surge de la caracterización física que incluye al presente estudio, presenta una fuerte tendencia a la degradación de la cobertura vegetal y de los suelos por la acción antrópica. Si a esto se suman condiciones naturales adversas en relación con la topografía y la geología, particularmente de los sectores mas altos de la cuenca, se puede establecer que existe un riesgo potencial alto de incremento del riesgo de ocurrencia de las inundaciones con el paso del tiempo.

El riesgo de inundaciones aumenta a medida que: disminuye la retención hídrica que ofrece la vegetación, aumenta la impermeabilidad de la cuenca, aumentan los aportes sólidos y disminuye la efectividad de la evacuación de los tramos inferiores por procesos de sedimentación.

El presente análisis se desglosa en dos etapas. La primera incluye la evaluación de las crecidas bajo las condiciones actuales del cauce, evaluando las obras que eviten el ingreso del agua dentro del área urbana. La segunda evalúa la influencia de efectuar el ensanchamiento y limpieza del cauce aguas abajo de la autopista.

En ambos casos se ha considerado el estado actual de la cuenca y el resultante de un aumento significativo del aporte de material

sólido producido por la erosión.

Es difícil establecer la mecánica y cuantificar las magnitudes de la erosión en esta cuenca ya que no se poseen mediciones. Por ello, para este análisis se efectuaron extrapolaciones de cuencas vecinas, incrementándose estos valores en forma proporcional.

Básicamente, el presente análisis consiste en la determinación de caudales para tres recurrencias adoptadas y la evaluación de los niveles de las crecidas para condiciones de fondo fijo y fondo móvil, con transporte de material sólido.

### 3.2. RELACION INTENSIDAD - FRECUENCIA - DURACION

A partir del análisis de los datos de precipitaciones horarias obtenidas en la estación pluviográfica de Padilla (INTA Famaillá), se han determinado las relaciones existentes entre la duración, intensidad y recurrencia de las precipitaciones (ver tema HIDROLOGIA TORRENCIAL).

Para ello se adoptaron tiempos de duración de 1 h, 2 hs, 3 hs, 5 hs, 7 hs, 11 hs, 15 hs, 19 hs y 24 hs, para Recurrencias de 2, 5, 10, 15 y 20 años.

Si bien es posible mejorar los cálculos disminuyendo la incertidumbre en los resultados a partir de un procesamiento de las series de datos de precipitación más exhaustivo, utilizando diferentes funciones de distribución, y analizando cual es el mejor ajuste para las diferentes duraciones, este procesamiento se estima aceptable para obtener una primer aproximación. A los fines y alcances del presente estudio los valores obtenidos reproducen en forma bastante aproximada el funcionamiento del sistema.

La información disponible fue ajustada según diferentes funciones matemáticas, habiéndose obtenido un mejor grado de correlación con la aplicación de una función hipérbolica, de ecuación  $I=A/(t+B)$ . El coeficiente A está en función del intervalo de recurrencia y B es característico de la zona en estudio. Este análisis estadístico fue realizado por los ingenieros civiles Roberto R. Lazarte y Hugo Roger Paz, dentro del ámbito del Centro de Estudios de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Tucumán, bajo el título "Determinación Curva Intensidad - Duración - Recurrencia Localidad: Padilla".

### 3.3. CAUDALES DE CRECIDAS

El objetivo de este punto es determinar el hidrograma de crecienta provocado por una precipitación en la cuenca, asociado a una recurrencia.

Una vez reconstruidos los caudales, se pueden realizar las verificaciones hidráulicas para una recurrencia determinada en relación con las diferentes obras propuestas. Con los caudales y con la topografía de las secciones del río es posible establecer relaciones

## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

altura - caudal en diferentes tramos del río, asociar los niveles a estas recurrencias y conocer el comportamiento del río ante la variación de cualquier variables interviniente. Esto permite ajustar en mayor detalle los proyectos de obras de defensas y canalizaciones del cauce que requieran efectuarse.

Para la estimación de caudales se generaron tormentas sintéticas mediante la aplicación del método de Chicago en base a la utilización las curvas de intensidad - duración - recurrencia obtenidas en el punto anterior, fijándose una duración de 5 hs de tormenta y recurrencias de 2, 5 y 10 años.

### a) Cuenca Rural:

Las curvas citadas representan las condiciones de las tormentas en la cuenca baja, debido a la proximidad de la estación meteorológica del INTA en la localidad de Padilla. Para extender estas curvas a las subcuencas ubicadas en la cuenca media y superior del río Famaillá, se recurrió a su extrapolación en base a la aplicación de coeficientes que tienen en cuenta la variación de la precipitación media anual.

El modelo empleado es el HYMO 10, para lo cual se ha subdividido en cuatro subcuencas y se ha contemplado el traslado de la onda de crecida en los tramos intermedios, incluyéndose así el efecto de su atenuación.

La superficie de las subcuencas son:

- . Sub cuenca La Hoyada: 12.1 km<sup>2</sup>.
- . Sub cuenca Los Yugos: 43.2 km<sup>2</sup>.
- . Sub cuenca Ezcurra: 62.0 km<sup>2</sup>.
- . Sub cuenca Famaillá: 86.2 km<sup>2</sup>.

Este modelo, utilizado para el cálculo de crecientes en cuencas rurales, fué desarrollado para cuencas con o sin datos de aforo de caudales, en áreas no mayores a los 2.500 km<sup>2</sup>, con lo cual se ajusta perfectamente a la situación de la cuenca del río Famaillá.

Los datos y resultados obtenidos se resumen en:

## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

RECURRENCIA (años)	DURACION (horas)	PRECIPITACION (mm)	ESCORRENTIA (mm)	TIEMPO PICO (hs)	CAUDAL PICO (m <sup>3</sup> /s)
2	5	64.8	24.1	4.74	417.2
5	5	72.0	28.9	3.56	541.8
10	5	119.5	68.2	3.83	1023.9

Para un mayor detalle consultar el Anexo II: "Salidas de los programas HYMO 10, HEC2 Y HEC6".

### b) Cuenca Urbana:

Para determinar los caudales originados en la cuenca urbana se empleó el modelo ARHYMO. Para las tormentas sintéticas empleadas en el cálculo emplearon directamente las curvas intensidad - frecuencia - duración de la estación meteorológica de Padilla.

El sector analizado de la cuenca urbana es el correspondiente al barrio Elías Pérez y La Banda. La superficie de la cuenca de aporte que desagua en la alcantarilla ubicada en la traza de la vieja ruta N° 38 alcanza a las 60 has. Se consideró aceptable para este sector trabajar con una recurrencia de 5 años, con lo que se obtuvo un caudal de 2.9 m<sup>3</sup>/s a la altura de esta alcantarilla.

## 3.4. ANALISIS DEL ESCURRIMIENTO DURANTE LAS CRECIDAS

### 3.4.1. DESCRIPCION GENERAL

De acuerdo surge del análisis hidrológico las duraciones de las crecidas son relativamente cortas y con un hidrograma empinado. Esto se debe a la rápida respuesta que tiene la cuenca a los eventos pluviales.

Durante el transcurso de las crecidas se producen importantes transportes de material sólido. Sin embargo los movimientos del fondo del cauce, por erosión y deposición, pueden no desarrollarse completamente debido a su corta duración.

Para evaluar la influencia de los caudales correspondientes a las recurrencias de lluvias adoptadas, se han calculado los niveles del agua mediante la determinación de las curvas de remanso. En un caso se consideró el fondo como si fuera fijo y en el otro como fondo móvil.

La condición de fondo fijo correspondería al caso de que por la brevedad de la crecida, no se espera que se produzcan movimientos en el cauce, por lo tanto se trataría de una situación extrema que induce a sobredimensionar las alturas de las obras de defensa. El fondo móvil interpreta mejor el funcionamiento hidráulico en las crecidas, particularmente en las que poseen mayor duración.

3.4.2. NIVELES DE CRECIDA A FONDO FIJO Y SIN INCLUIR TRANSPORTE SOLIDO

Para la determinación de las curvas de remanso con fondo fijo se empleó el modelo computacional HEC2 del Hydrologic Engineering Center, Corps of Engineers. U.S.A..

Los parámetros básicos de diseño son:

. Se consideraron las secciones transversales desde el puente de la autopista de la ruta nacional N° 38 hasta el tercer perfil transversal ubicado aguas arriba del puente del ferrocarril General M. Belgrano, consignadas en los planos como secciones N° 20 a N° 1 y 1 a 3 (ubicadas aguas arriba del puente ferroviario).

. Se incluye el efecto de remanso de los puentes en correspondencia de la vieja ruta N° 38, la avenida Alem y el del puente ferroviario.

. Se consideran los terraplenes con un nivel tal que impidan el escurrimiento fuera del cauce del río.

. El valor del coeficiente de rugosidad de Manning se consideró igual a 0.025, correspondiente al escurrimiento en cauces de arena relativamente limpios. Es posible que incluso este valor pueda ser inferior debido a que por las velocidades con que escurre el agua las formas de fondo sean planas, por lo que el aporte a la resistencia hidráulica debida a éstas sea mínimo. La parte de la resistencia que se originada por las partículas de arena no es superior, medida en términos de coeficiente de Manning, a los .012.

. En los lugares donde se alcanza el régimen crítico de escurrimiento se adopta un nivel igual al tirante crítico.

. Los niveles del agua adoptados como borde inferior son estimados. El error que podría inducir esta circunstancia se disipa rápidamente debido a las fuertes pendientes que tiene el cauce.

Los niveles obtenidos se resumen en los cuadros N° 1 al 3 y el perfil de los niveles del agua durante la crecida para las recurrencias consideradas, se consignan en el gráfico N° 1.

Los resultados del programa HEC2 se incluyen en el Anexo II: "Salidas de los programas HYMO, HEC2 Y HEC6". Del análisis de la información generada se deduce que:

. Las velocidades de escurrimiento son elevadas, debido a la fuerte pendiente.

. Los puentes producen una influencia no despreciable del nivel del agua.

. Con las cotas actuales los terraplenes no están en condiciones de defender la ciudad de las crecidas de recurrencias mayores de 2 años.

3.4.3. NIVELES DE CRECIDA Y DE FONDO DEL CAUCE INCLUYENDO TRANSPORTE DE MATERIAL SOLIDO

3.4.3.1 Análisis en las tormentas de diseño y para el tramo urbano.

Para la determinación de las curvas de remanso considerando el fondo móvil y con transporte de material sólido, se ha empleado el modelo HEC6 del organismo citado precedentemente.

Este modelo, a diferencia del anterior, incorpora el transporte del material sólido que se le hace ingresar aguas arriba del tramo en consideración. Además, determina las variaciones del cauce debido a la deposición y erosión del material del fondo.

Para efectuar los cálculos se deben determinar básicamente los aportes sólidos diarios medidos en tn/día para determinados caudales, la curvas granulométricas del material en suspensión y del material que conforma el lecho del cauce.

Las pautas básicas de análisis son similares a las adoptadas en la aplicación del modelo HEC2, en relación con los perfiles topográficos, condiciones de borde aguas abajo, coeficiente de rugosidad de Manning, etc. La única limitación del HEC6 se refiere a la modelación de los puentes, ya que no incluye esta opción. El efecto de los puentes se considera a través de una sección restringida de iguales características.

En relación con el material aportado por el río durante las crecidas, se debió recurrir a extrapociones de otras cuencas, ya que se carece de mediciones de caudales sólidos.

Para ello se empleó información generada por (Ex) Agua y Energía de La Nación, consignada en la publicación "Estadística Hidroclimática hasta 1983 - Sedimentología y Nivología" (División Recursos Hídricos, 1987).

Los datos empleados corresponden al río Lules, medidos en la estación de Potrero de Las Tablas y el río Los Sosa, medidos en la estación Km 19 de la ruta 307. En ambos casos se cuenta con mediciones de la granulometría del material en suspensión en correspondencia de las tormentas de los días 29 de Febrero de 1983, para río Lules y 5 de Marzo de 1982, para el río Los Sosa, con recurrencias de 2 años y 5 años respectivamente. Los volúmenes consignados en esta fuente son totales mensuales.

Para obtener el caudal sólido diario se recurrió a la información pluviográfica disponible en la estación del INTA en Padilla, de la cual se obtuvieron las precipitaciones diarias totales para los meses en consideración. En base a ello se efectuó una distribución diaria de los volúmenes de transporte sólido, según las precipitaciones diarias registradas.

Esta distribución es apenas una mera aproximación ya que no se tiene la seguridad de que las distribuciones que generaron las cre-

## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

cidas en los ríos y en las fechas citadas tuvieron características similares a las registradas en la estación pluviográfica de Padilla. Sin embargo, a falta de otra información, se las ha considerado.

Para referirlos a la cuenca del río Famaillá se efectuó la adimensionalización por unidad de superficie ( $\text{km}^2$ ) de los ríos considerados y se multiplicó por su superficie ( $204 \text{ km}^2$ ). La validez de esta simplificación tampoco puede establecerse como cierta, teniendo solo el carácter de una estimación. Los caudales sólidos así obtenidos son de  $6.960 \text{ tn/día}$ , para un caudal líquido de  $527 \text{ m}^3/\text{s}$  y de  $182 \text{ tn/día}$ , para un caudal líquido de  $12.4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Los caudales líquidos asociados a los valores de caudales sólidos son los obtenidos en el análisis hidrológico.

Atendiendo a la incertidumbre en el grado validez de este procedimiento, se ha efectuado el cálculo para un caudal de sedimentos cinco veces superior, a fin de observar las variaciones que pudieran aparecer por errores de las estimaciones.

El material transportado en suspensión se subdividió en 7 fracciones que van de las gravas medias y finas ( $4 \text{ mm} - 2 \text{ mm}$ ) a arenas muy finas ( $0.062 \text{ mm} - 0.162 \text{ mm}$ ). Si bien se han contemplado las fracciones de limos y arcillas, éstas carecen de toda importancia para el tramo en estudio, debido a la importante energía hidráulica puesta en juego.

La distribución del caudal sólido en las fracciones consideradas se efectuó en base a la distribución granulométrica, que resultó de una combinación de las curvas disponibles en la documentación citada previamente y las obtenidas del análisis granulométrico del material de fondo.

Para la obtención de las granulometrías del material depositado en el lecho se han considerado las muestras N<sup>o</sup> 6 y N<sup>o</sup> 7 que se incluyen en el Anexo III: "Análisis granulométrico de las muestras del material del fondo del cauce".

Ambas muestras indican que en el material de fondo del tramo considerado predominan las fracciones de arenas medias a gravas medias. El diámetro medio ( $D_{50}$ ) es de aproximadamente  $1 \text{ mm}$ .

La profundidad a la que llegan las arenas no se ha obtenido y a los fines de los cálculos se ha considerado de  $3 \text{ m}$  aproximadamente.

De acuerdo a lo enunciado precedentemente, se evaluó el comportamiento de crecidas de corta duración. Para la aplicación del programa se supusieron crecidas simplificadas de tres etapas, una inicial de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  con una duración de 10 días, otra de una duración de 4.5 hrs con el caudal de pico considerado y una final también de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  y 10 días de duración.

Los resultados obtenidos se encuentran en los cuadros N<sup>o</sup> 4 y N<sup>o</sup> 5. Los niveles del agua y las cotas del fondo para las recurrencias consideradas se pueden observar en los gráficos N<sup>o</sup> 2 y N<sup>o</sup> 3. En to-

dos los casos se discrimina la condición de aporte de material sólido estimado medio y el estimado como máximo (cinco veces superior).

#### 3.4.3.2 Análisis del tramo desde la ciudad de Famaillá hasta la desembocadura del río Colorado en el Famaillá.

Se han efectuado corridas del modelo HEC6 en este tramo con el objeto de evaluar el comportamiento del río ante la modificación de el ancho y de su longitud mediante el corte de meandros.

Los resultados de estas corridas no se incluyen en este informe debido a que los resultados no han sido definitorios, habiéndose observado inestabilidades que no interpretan correctamente el fenómeno de erosión. Por ello no se pudo concluir en forma contundente que el ensanchamiento propuesto tenga una rápida del descenso del nivel del lecho en el tramo urbano de Famaillá.

Desde el punto de vista teórico es obvio que un ensanchamiento de cauce aumenta su capacidad de escurrimiento, debido a un coeficiente de rugosidad de Manning menor. Este se traducirá en un aumento de la velocidad media y en consecuencia de la capacidad de transporte.

Este criterio estaría confirmado por el hecho de que el grueso del material que se deposita aguas abajo del puente de la ruta N° 38 lo hace en un tramo no mayor a 6.000 m (Gráfico N° 4). Allí se producen dos situaciones que convergen agravando la situación, la primera, es que la vegetación (mayoritariamente cañas, ver fotos N° 11 y N° 12) ha ido cerrando el cauce hasta alcanzar en algunos casos los 12 m de ancho, y por otro lado, la elevación del lecho provoca, en las crecidas de cierta significación, el desborde del agua riengresa al curso varios kilómetros aguas abajo.

Las causas descritas precedentemente se manifiestan en una disminución de la velocidad y, en consecuencia, pérdida en la capacidad de transporte. Esto provoca la deposición de las fracciones mas gruesas del material transportado por la corriente.

El ensanchamiento de cauce y la rectificación de los meandros son acciones que deberán realizarse. Sin embargo, es difícil establecer con exactitud el valor mínimo que debería poseer este ensanchamiento. En tal sentido se recomienda efectuar un ensanchamiento de 30 metros de ancho y los cortes de los meandros agudos, ubicados algo aguas arriba de la confluencia de los ríos Colorados y Famaillá, para aumentar la pendiente longitudinal.

Los cortes de meandros de recomendados corresponden a los denominados como corte 1 y 2, consignados en el plano N° 8.

#### 3.4.4. CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados de las corridas se concluye que:

. Los niveles obtenidos de la aplicación del modelo HEC6 son sensiblemente inferiores a los obtenidos de la aplicación del modelo HEC2. Es decir, la influencia de considerar el fondo como fijo es



## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

excesivamente condicionante para estas condiciones del escurrimiento, alcanzándose incluso en algunos perfiles el régimen crítico que no debiera presentarse en cursos con arenas, ya que en estos casos antes de alcanzar esta situación se profundizaría el cauce por erosión.

. Los niveles obtenidos para una tormenta de recurrencia de 5 años son algo superiores, del orden de los 50 cm, a las registradas durante la crecida del de Enero de 1993 en correspondencia de los perfiles N° 5 y N° 11. Esta tormenta tiene una recurrencia aproximada de 5 años, por lo que podría ser que los coeficientes de Manning adoptados pueden ser excesivos o la recurrencia de la tormenta adoptada algo menor a la de cinco años. De todas formas, para el dimensionado de las obras de defensa estos valores se ponen del lado de la seguridad.

. El tramo considerado no presenta erosiones y socavaciones significativas, salvo en correspondencia de los puentes, para las tormentas de recurrencias de 2, 5, y 10 años, aún aceptando una gran variación del aporte de material sólido ingresado al modelo. Esto significa que este tramo es mas bien de transporte para el material sólido debido a la importante pendiente longitudinal, lo que confirma que cualquier obra que mejore las condiciones de evacuación aguas abajo del puente de la autopista va a mejorar sensiblemente el descenso de cauce en el tramo urbanizado.

. Los terraplenes de defensa debieran tener una altura algo mayor a la que resultan de los niveles obtenidos para la recurrencia de 5 años y con la condición de fondo móvil, correspondiente a la aplicación del modelo HEC6.

### 4. DESCRIPCION DE LAS SOLUCIONES PROPUESTAS

#### 4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Las soluciones para proteger la ciudad de Famaillá de las inundaciones periódicas se pueden agrupar en estructurales y no estructurales.

Entre las soluciones no estructurales se incluyen las acciones que tienden a fomentar el correcto manejo de la cuenca media y superior, evitando la degradación de la cobertura vegetal, con lo que se favorece la atenuación de las crecidas. Se incluyen en este grupo, además, la prevención de las crecidas mediante sistemas de alarmas y la sectorización de las áreas urbanizadas y productivas de acuerdo su grado de inundabilidad, para evitar el crecimiento urbano desordenado.

Las obras estructurales corresponden a obras físicas que tienden a controlar o minimizar los efectos negativos de los eventos bajo análisis. En Famaillá estas obras deben orientarse a impedir el ingreso de las aguas durante las crecidas al área urbanizada, evitar la erosión de las márgenes en los puntos críticos y favorecer el transporte de los materiales sólidos para provocar descensos en el lecho del río.

## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

A su vez, las soluciones se diferencian según se trate de medidas de corto, mediano y largo plazo. En el presente informe se da prioridad a las acciones de corto plazo, debido a recurrencia con que actualmente acurren las inundaciones. Por ello, se dimensionan en primer término las obras que tienden a defender el ingreso de las aguas sin considerar la limpieza del cauce aguas abajo de la autopista y la sistematización de la cuenca media y alta. Esto se debe a que cualquiera de estas acciones ofrecerán beneficios en el mediano plazo, pero no protegerán a la ciudad en el corto plazo.

De acuerdo a lo surgido de las reuniones públicas y técnicas y de los análisis hidráulicos efectuados, se recomienda efectuar a la brevedad las siguientes obras:

. Incrementar la altura de todos los terraplenes hasta alcanzar las cotas adecuadas al margen de seguridad deseado, de acuerdo a una recurrencia igual o mayor de 5 años.

Para ello se deberá perfilar y compactar los coronamientos de los terraplenes actuales, recrecerlos hasta las cotas adoptadas con material fino, básicamente arcillas o limos aptos para recibir cargas superiores. El objetivo es que sirvan al paso de vehículos para permitir la ejecución de tareas de mantenimiento y para uso vecinal.

. Defender los márgenes del cauce en aquellos tramos que están expuestos severamente a la acción erosiva de la corriente. Se prevé la protección con colchonetas de gaviones de 17 cm de espesor y la construcción de espigones escalonados transversales.

. Cerrar salidas de desagües pluviales innecesarios y construir compuertas de cierre automático para impedir el ingreso del agua al área urbana durante las crecidas.

. Construir un sistema de cierre automático para interrumpir el ingreso de agua al canal de riego que alimenta el sector de Ex-Ingenio Nueva Baviera durante las crecidas.

### 4.2. DESCRIPCION DE LAS OBRAS PROPUESTAS

#### 4.2.1. CONSOLIDACION Y RECRECIMIENTO DE LOS TERRAPLENES LATERALES

##### A) Alternativa de recrecer con suelos finos (Alternativa Nº 1):

En este caso se contempla la posibilidad de recrecer los terraplenes con suelo que contenga algo de material fino, a partir de cierto nivel, para asegurar la consolidación para su uso como camino vecinal y evitar la degradación del coronamiento.

Para ello los terraplenes de defensa deberán consolidarse y recrecerse respetando las siguientes pautas básicas:

1. Antes de recrecerlos se deberán perfilar las secciones actuales a cotas que se resulten de restar 1 m (ver cotas en cuadro en página siguiente) de las cotas definitivas de los terraplenes, asegurando una compactación inicial del suelo no inferior al 90% del ensayo Proctor del mismo material. En el caso de requerirse relleno se po-

## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

drá emplear arena, asegurando un ancho (aproximadamente 7 m) tal que el coronamiento superior, una vez terminado el terraplén, tenga al menos 4 m. Los taludes de estos rellenos o del perfilado deberá ser mayor a 1 en 3 (1 en Vertical y 3 en horizontal).

2. Apartir de las cotas alcanzadas en el perfilado inicial, y con posterioridad a la colocación de los anclajes de las cochonetas de gaviones, se efectuará el recrecimiento con un material fino o con una fracción de finos mayor al 15 % (Arenas limosas o arcillosas, limos o arcillas), con índices de plasticidad no mayores al 40 % y límites líquidos inferiores al 60 %. Las cotas a alcanzar serán aquellas que surjan de considerar una recurrencia de la tormenta empleada de 5 años mas una revancha adecuada, consiguiendos en el cuadro del punto 4.

La obtención de suelos finos requiere un significativo costo de transporte, ya que habría que transportarlo de unos 25 km de distancia (cantera de vialidad en la ruta N° 307). En el caso de no encontrarse yacimientos mas cercanos se computará un volúmen del 30% del necesario para efectuar el recrecimiento definitivo. El material del recrecimiento resultará de la mezcla de suelo arenoso extraído del cauce con este porcentaje de material fino.

3. El ancho de coronamiento superior una vez terminado el terraplén deberá ser igual o mayor 4 m y los taludes mayores a 1 en 2.

4. En los lugares donde esté previsto colocar colchonetas de gaviones para la protección de las márgenes, se deberá efectuar primero el perfilado inicial, luego colocar las colchonetas de ancladas adecuadamente y por último efectuar el recrecimiento con el material recomendado en la descripción del engavionado, punto 4.2.2.).

Los volúmenes de suelo (mezcla) para el recrecimiento que resultan necesarios son:

DENOMINACION	TRAMO (m)	COTA CORONAM. (m)	COTA PERFILADO (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
MD1	1	365.50	364.50	4.440
	6	367.30	366.30	
MI1	PTE FCGB	365.50	364.50	6.410
	AV. ALEM	364.30	363.30	
MI2	AV. ALEM	364.00	363.00	5.330
	AUTOPISTA	362.00	361.00	
MD2	AV. ALEM	364.00	363.00	5.150
	AUTOPISTA	362.00	361.00	
VOLUMEN TOTAL:				21.330

## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Las denominaciones de los terraplenes corresponden a:

MD1: tramo del terraplén ubicado sobre la margen derecha, aguas arriba del puente del ferrocarril General Belgrano (Margen Derecha 1).

MI1: tramo ubicado sobre la margen izquierda, entre el puente del ferrocarril y el puente de la avenida Alem (Margen Izquierda 1).

MI2: tramo del terraplén ubicado sobre la margen izquierda, entre el puente de la avenida Alem y el puente de la autopista (Margen Izquierda 2).

MD2: idem al anterior pero ubicado sobre la margen derecha (Margen Derecha 2).

Esta obra podrá dividirse en etapas que incluyan en primer instancia las obras de recrecimiento y posteriormente la protección con engavionado.

**B) Alternativa de recrecer los terraplenes con arena (Alternativa N° 2).**

Esta alternativa incluye el recrecimiento hasta la cota de diseño con suelo arenoso, protegiéndose con colchonetas de gaviones hasta la parte superior. En este caso será recomendable proteger el coronamiento con las colchonetas debido al deterioro observado en las obras existentes. Estos deterioros se manifiestan en la pérdida de los suelos en el coronamiento y la consiguiente abertura de brechas que permiten el paso del agua en las crecidas, tal como ocurrió por ejemplo en el barrio Elías Pérez.

### 4.2.2. PROTECCION DE MARGENES Y OBRAS DE ENCAUZAMIENTO

Para la protección y encauzamiento del cauce en correspondencia de los terraplenamientos se ha previsto emplear una combinación de colchonetas de gaviones con espigones de gaviones según consta en el plano de ubicación de las obras (Planos N° 2 y N° 3).

Las secciones tipo recomendadas para la construcción de los espigones son la que se grafican como sección 1 y sección 2 (Esquemas N° 1, N° 2 y N° 2'). ubicadas respectivamente aguas abajo y aguas arriba del puente del ferrocarril.

Los esquemas N° 1 y N° 2 (Secciones 1 y 2 respectivamente) detallan la solución de espigones para el caso de considerar un recrecimiento parcial con suelo fino en la parte superior. La sección 1 corresponde a los espigones ubicados aguas abajo del puente F.C.G.M.B., que se separan cada 18 m. inclinados como figuran en el plano N° 2. La sección 2 corresponde a los espigones ubicados aguas arriba del puente del ferrocarril, que se separan cada 10 m. El esquema N° 2' es alternativo para el caso de terraplenamiento con suelo arenoso hasta la cota definitiva. Las separaciones son a título indicativo, pudiéndose efectuar una etapa con separaciones mayores y, de acuerdo a los resultados obtenidos, colocar espigones interme-

## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

dios.

El principio básico de funcionamiento de los espigones es el de alejar las mayores velocidades de escurrimiento, que se producen durante las crecidas, hacia el centro del cauce. La forma escalonada esta asociada al hecho de que a medida que aumenta el nivel de crecida, y por lo tanto el caudal, debe incrementarse la sección transversal de escurrimiento y evitar así las fuertes socavaciones locales que se suelen producir en los extremos de los espigones (Cabeceo).

Además de los espigones, se protegerá el talud de los terraplenes expuestos a la corriente con cochonetas de gaviones. El tramo ubicado aguas arriba del puente ferroviario tendrá como mínimo una longitud de 200 m. La cochonetas de gaviones tendrán un espesor mínimo de 0.17 m y se colocará sobre un geotextil que evite la pérdida de material fino (ver planos N° 1 . N° 2 y N°-3)

Aguas abajo del puente ferroviario se colocarán colchonetas de gaviones en una longitud de 350 m, con las mismas características que para el caso anterior.

Por último se deberá colocar una protección de colchonetas sobre la margen izquierda aguas abajo del puente de la avenida Alem, debido a las grandes velocidades que allí se desarrollan provocando fuertes erosiones de la margen. La longitud de esta protección deberá ser como mínimo de 200 m.

Sin perjuicio de las obras de defensa descritas precedentemente, se recomienda fomentar la construcción de defensas ribereñas de bajo costo y tecnología simple que permita el empleo de materiales disponibles en la zona.

En tal sentido se incluye la descripción del empleo de las "patas de cabra" en el plano N° 7. La experiencia indica que si bien estas obras son precarias cumplen bien los objetivos de protección, ya que funcionan alejando las máximas velocidades de las márgenes a proteger. Son obras permeables que introducen una resistencia hidráulica, provocando la disminución de la velocidad del agua. Se adaptan bien a la variación de los niveles durante las crecidas y permiten una fácil reposición de las partes dañadas o efectuar refuerzos y modificaciones sobre la marcha.

En principio podrían colocarse en el tramo del río correspondiente a Tres Almacenes. Se recomienda tomar un sector para efectuar experiencias y evaluar su rendimiento, con la participación de los técnicos de la D.P.A. y con aportes de la Municipalidad.

Esta solución podría ser adoptada por los particulares para resolver problemas de erosiones localizadas en las márgenes de sus fincas y que difícilmente sean encaradas por el Estado.

Otras soluciones que podrían ensayarse, en los casos que requiera protecciones algo mas consolidadas, serían por ejemplo las que se muestran en el Esquema N° 3 (Punto 6.).

4.2.3. DESCARGAS DE CIERRE AUTOMATICO DE LOS DESAGÜES PLUVIALES URBANOS.

Las salidas del sistema de drenaje pluvial del área urbana se deberán concentrar en tres puntos. El desagüe de los aportes provenientes de la margen izquierda (Barrios Elías Pérez y La Banda) se efectuará a través de los canales actuales que conducen al agua hacia la alcantarilla ubicada en correspondencia de la ruta N° 38 "Vieja". Desde allí habrá que efectuar una canalización hasta el terraplén de la nueva autopista, donde se deberá construir una obra de descarga con compuertas automáticas. Estas compuertas evitarán el ingreso del agua del río durante las crecidas hacia el canal, ya que funcionan automáticamente por presión hidrostática.

De acuerdo al análisis hidrológico de este sector el caudal que resultaría para una recurrencia de 5 años es de aproximadamente 3 m<sup>3</sup>/s y se estima que la alcantarilla del terraplén de la ruta vieja, previa limpieza, permitirá perfectamente evacuarlo.

Para mejorar el escurrimiento interno en este sector se recomienda construir un canal que conecte el desagüe paralelo a la avenida Alem con el paralelo al terraplén de la ruta vieja, mediante un canal paralelo a la calle Lola Mora (Ver plano N° 3).

El desagüe del sector urbano ubicado sobre la margen derecha, se efectúa actualmente a través de dos salidas pluviales directas hacia el río, ubicados en las calles Gral. Belgrano y Heller y en las callaes Gral. Belgrano y Artigas.

En ambos casos se produce ingreso del agua durante las crecidas, por lo que deberán ser cerrados o construir descargas con compuertas automáticas. En tal sentido, se recomienda cerrar la primera de las salidas citadas y construir compuertas automáticas para la segunda (Plano N° 4).

Las compuertas automáticas podrán ser planas (Plano N° 7) o circulares (Esquema N° 1), y deberán estar expuestas a la corriente, tal como se indica en el plano, para asegurar que no se produzcan sedimentaciones en la salida obturando el cierre.

El caudal estimado para este salida no será mayor a 1 m<sup>3</sup>/s, que podrá ser conducido por 2 caños de 1 m de diámetro interno.

El detalle de las alternativas para esta salida y el de las compuertas se adjunta como planos N°4 y N° 5. Allí se consignan 6 caños de 1 m de diámetro, siendo esto indicativo. Tanto la cantidad de caños como la longitud de los mismos será producto de un análisis específico en cada caso, atendiendo a la superficie a drenar y al perfil transversal al cauce del río.

En el caso de las compuertas planas es fundamental asegurar en su construcción una correcta alineación, de forma que las compuertas sean realmente planas y apoyen herméticamente en la posición cerrada.

## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

### 4.2.4. SISTEMA DE CIERRE AUTOMATICO DEL INGRESO DE AGUA A LOS CANALES DE RIEGO.

La toma de agua para el canal de riego del área del Ex - Ingenio Nueva Baviera es una seria complicación durante las crecidas, ya que las aguas ingresan por este canal provocando inundaciones.

La única forma de evitar este ingreso es que sea cerrado totalmente durante las crecidas. Pero, atendiendo a que las crecidas ocurren en forma imprevista, resulta necesario que este sistema sea automático.

Para ello se ha propuesto un sistema de compuerta que se cierre en forma automática cuando el nivel del agua sobrepase una determinada cota. Este sistema funciona mediante flotadores que accionan un mecanismo, a través de un sistema de palanca y polea, que sustrae pasadores que mantienen trabada la compuerta en posición abierta. Al sacarse los pasadores laterales la compuerta cae girando libremente apoyándose sobre un taco de madera o goma dura en el fondo, impidiendo el paso del agua.

En el Plano N° 6 se consigna un detalle de esta compuerta que deberá ajustarse en el proyecto detallado. En este detalle se prevén dos flotadores, pero se estima conveniente colocar un solo flotador lateral abratando la solución. Por otro, para la protección de los flotadores se ha previsto colocar una rejilla superior, pero quizás convenga colocar una tapa metálica que no permita introducir ningún elemento a través del que se pueda correr el pasador desde afuera.

### 4.2.5. ENSANCHAMIENTO Y RECTIFICACION DEL CAUCE AGUAS ABAJO DE LA AUTOPISTA DE LA RUTA PROVINCIAL N° 38.

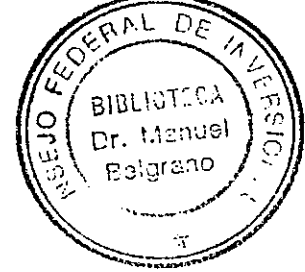
El ensanchamiento del cauce es una obra importante que deberá efectuarse en el corto a mediano plazo. Además, como se describió precedentemente se recomienda efectuar el corte de los meandros agudos ubicados aguas arriba de la confluencia de los ríos Colorado y Famaillá.

El ensanchamiento deberá efectuarse sobre una margen, arrancando desde la confluencia de los ríos Colorado y Famaillá, en el ancho recomendado precedentemente. Para la excavación podrá emplearse una retroexcavadora o dragalina, previa limpieza mediante topadoras.

## 5. PRESUPUESTOS

Los montos consignados en este informe son a título indicativo ya que hay varios ítem que requieren de mayor detalle en su definición. El objetivo es tener una orden de magnitud de la inversión a realizar en cada caso.

### 5.1. PRECIOS UNITARIOS



Los valores adoptados resultan de considerar los valores empleados por la Dirección Provincial del Agua, el Departamento de Irrigación y la Dirección Provincial de Vialidad. Incluyen en todos los casos los gastos generales, beneficios y el I.V.A..

1) Limpieza del terreno y compactación de la base para el recrecimiento del terraplén:

Se refiere a la limpieza y perfilado de los terraplenes existentes. Se prevé el empleo de una motoniveladora de 135 HP (rendimiento 10 Hm/d), adoptándose un valor 60 \$/Ha (s/V. P., diciembre 1992).

2) Desbosque, destronque y Limpieza de terreno para efectuar excavación de ensanche del cauce:

Incluye todas las tareas necesarias previas a la excavación necesaria para el ensanchamiento del cauce aguas abajo de la autopista. Se prevé el empleo de una motoniveladora de 135 HP y tractor oruga c/topador de 200 HP (rendimiento 6 Ha/d), adoptándose un valor de 265 \$/Ha (s/V. P., Diciembre 1992).

3) Construcción del recrecimiento del terraplén:

Incluye las tareas de preparación de la base (Compactación inicial), transporte del material de recrecimiento a la obra, mezcla del suelo (en el caso que así se realizara), colocación del material y compactación en capas de 20 cm de espesor.

. Preparación de la base y compactación inicial, considerando un espesor de 0.30 m a \$ 1.80/m<sup>3</sup> (s/V.P., Dic. 1992), resulta \$0.54/m<sup>2</sup>.

. Transporte (material fino) desde la cantera de Vialidad Provincial ubicada a 25 km (ruta 307, km 24), a 0.05 \$/Hm<sup>3</sup> (s/V.P., Dic. 1992), resulta 12.5 \$/m<sup>3</sup>.

. Compactación del material de recrecimiento, incluye la compactación propiamente dicha, el mezclado de los suelos y el perfilado en de capas de aproximadamente 20 cm de espesor, con la humedad adecuada. La compactación de efectuará mediante un número adecuado de pasadas de rodillos patas de cabra. Se adopta el valor de 3.5 \$/m<sup>3</sup> (superior en \$ 1 al de V.P., Dic. 1992), que incluye el empleo de una motoniveladora de 135 HP y tractor neumático de 123 HP.

. Considerando que existen dos alternativas para el material del terraplén se adopta para la Alternativa N<sup>o</sup> 1 el valor de 8.93 \$/m<sup>3</sup>. Este valor incluye un 30 % de material fino transportado desde la cantera citada, que se mezclará con la arena extraída del lecho del cauce y que posee un costo de 16 \$/m<sup>3</sup> colocado en el terraplén. El material del lecho del cauce (arenas) colocado y compactado en el terraplén tiene un costo de 5.90 \$/m<sup>3</sup>, que es el adoptado en la alternativa N<sup>o</sup> 2.

4) Excavación para ensanchamiento del cauce:



## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

Incluye la excavación con retroexcavadora o dragalina y depósito del material excavado sobre la margen. Se adopta como valor estimado 2.5 \$/m3.

### 5) Revestimiento con colchonetas de gaviones y geotextil:

Incluye provisión de colchoneta prefabricada y piedra de relleno, mano de obra y colocación en obra (con cargadora frontal de 112 HP - 1.8 m3). Se adopta (Según Dirección Provincial del Agua) 17.40 \$/m2. Para el geotextil se adopta un valor de 1.88 \$/m2 (s/ D.P.A.).

### 6) Construcción de espigones:

Incluye provisión del gavión, piedra de relleno, mano de obra y colocación en obra (empleo de cargadora frontal de 112 HP - 1.8 m3). Se adopta 46.50 \$/m3

### 7) Hormigón para obras de arte:

Se considera hormigón tipo "B", para muros y pantallas. Se adopta un valor de 208 \$/m3 de hormigón colocado en obra (S V.P., julio de 1993).

### 8) Caños de hormigón simple para desagües pluviales:

Se consideran caños de 1 m de diámetro y 1.20 m de longitud. Valor adoptado (estimativo) \$ 220 por caño.

## 5. COMPUTOS Y PRESUPUESTOS

### 5.1 RECRECIMIENTO DE TERRAPLENES:

De acuerdo a las descripciones precedentes y considerando las dos alternativas del tipo de material para el recrecimiento de los terraplenes, se obtienen los siguientes costos parciales:

DENOMINACION TRAMO	PREPARACION BASE TERR.		CONSTRUCCION TERRAPLEN		
	SUP. (m2)	COSTO (\$)	VOLUMEN (m3)	ALTERN. Nº 1 COSTO PARCIAL (\$)	ALTERN. Nº 2 COSTO PARCIAL (\$)
MD1	4830	2608	4.440	39.649	26.196
MI1	13155	7104	6.410	57.241	37.819
MI2	10860	5864	5.330	47.597	31.447
MD2	11445	6180	5.150	45.989	30.385
SUB TOTALES:		21756		190.476	125.847

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

5.2 CONSTRUCCION Y COLOCACION DE GAVIONES Y COLCHONETAS EN EL TRAMO UBICADO AGUAS ARRIBA DEL PUENTE DEL F.G.M.B.:

El volúmen de cada espigón es de 9 m<sup>3</sup> (son 19 espigones) y el ancho de las colchonetas de gaviones de 10.65 m para la Alternativa N<sup>o</sup> 1 y de 14 m para la alternativa N<sup>o</sup> 2. Los costos dan, respectivamente, los siguientes valores:

ITEM	ALTERNATIVA N <sup>o</sup> 1		ALTERNATIVA N <sup>o</sup> 2	
	CANTIDAD	COSTO (\$)	CANTIDAD	COSTO (\$)
GAVIONES	171 m <sup>3</sup>	7951	171 m <sup>3</sup>	7951
COLCHONETAS	2982 m <sup>2</sup>	51887	3933 m <sup>2</sup>	68434
GEOTEXTIL	2982 m <sup>2</sup>	5606	3933 m <sup>2</sup>	7394
SUB TOTAL:		65444		83779

5.3 CONSTRUCCION Y COLOCACION DE GAVIONES Y COLCHONETAS EN EL TRAMO UBICADO AGUAS ABAJO DEL PUENTE DEL F.G.M.B.:

El volúmen de cada espigón es de 19 m<sup>3</sup> (son 13 espigones) y el ancho de las colchonetas de gaviones de 13.5 m para la Alternativa N<sup>o</sup> 1 y de 17 m para la alternativa N<sup>o</sup> 2. Los costos dan:

ITEM	ALTERNATIVA N <sup>o</sup> 1		ALTERNATIVA N <sup>o</sup> 2	
	CANTIDAD	COSTO (\$)	CANTIDAD	COSTO (\$)
GAVIONES	247 m <sup>3</sup>	11486	247 m <sup>3</sup>	11486
COLCHONETAS	4725 m <sup>2</sup>	82215	5950 m <sup>2</sup>	103530
GEOTEXTIL	4725 m <sup>2</sup>	8883	5950 m <sup>2</sup>	11186
SUB TOTAL:		102584		126202

5.4 COLOCACION DE COLCHONETAS DE GAVIONES AGUAS ABAJO DEL PUENTE EN CORRESPONDENCIA CON LA AVENIDA ALEM:

En este caso se estima conveniente no construir espigones ya que no debería restringirse en lo posible la sección transversal. Por otro lado el alejamiento de la corriente de agua de la margen a proteger incidirá negativamente sobre la erosión en la margen opues-

ta. Por ello no se incluyen los gaviones. resultando:

ITEM	ALTERNATIVA Nº 1		ALTERNATIVA Nº 2	
	CANTIDAD	COSTO (\$)	CANTIDAD	COSTO (\$)
COLCHONETAS	2343 m2	40768	3080 m2	53592
GEOTEXTIL	2343 m2	4405	3080 m2	5790
SUB TOTAL:		45173		59382

**5.5 CONSTRUCCION DE LAS OBRAS DE DESGÜE CON COMPUERTAS AUTOMATICAS:**

Se consideran los cierres en correspondencia con las calles Belgrano y Heller y el cierre ubicado aguas arriba de la autopista, resultando:

OBRA	VOL. HORMIGON (m3)	CANOS CANTIDAD	COSTO (\$)	COMPUERTAS (GLOBAL) (\$)
SALIDA EN CALLES HELLER Y BELGRANO	9	25	7372	3000
AGUAS ARRIBA AUTOPISTA	20	35	11860	4000

**5.6 CONSTRUCCION DE LA OBRA DE TOMA EN EL CANAL AL EX-INGENIO NUEVA BAVIERA:**

No se incluye en el presente informe el presupuesto ya que para ello se requerirán definir aspectos particulares del proyecto de detalle.

**5.7 ENSANCHAMIENTO DEL CAUCE DEL RIO FAMAILLA EN EL TRAMO ENTRE LA AUTOPISTA (RUTA Nº 38) Y SU CONFLUENCIA CON EL RIO COLORADO:**

El cómputo de esta tarea se efectuó en base al relevamiento topográfico realizado oportunamente por la D.P.A.. Se consideró un ancho de ensanchamiento de 30 m y la profundidad para cada tramo igual a la diferencia entre las cotas de las márgenes y del centro del cauce.

De los cálculos se obtuvo un volumen de 92.000 m3 y una superficie a desmontar de aprox. 90.000 m2. con lo cual el costo total asciende a \$ 232.400.

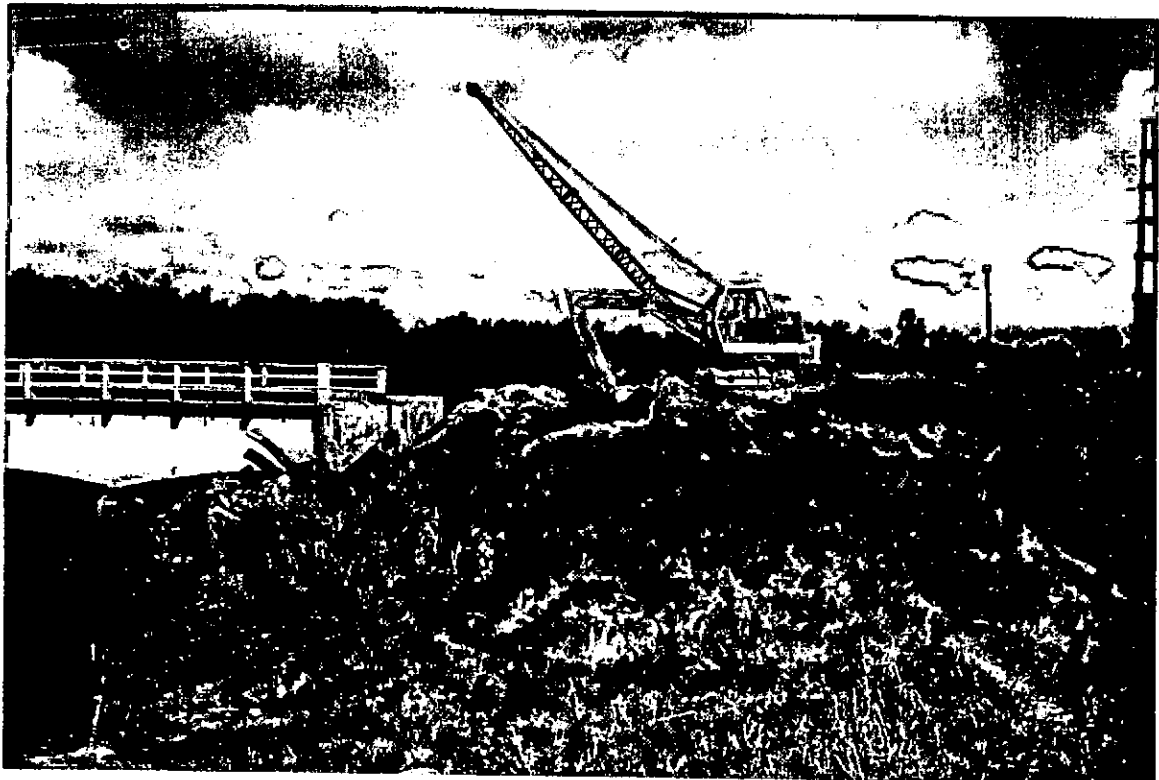
## CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

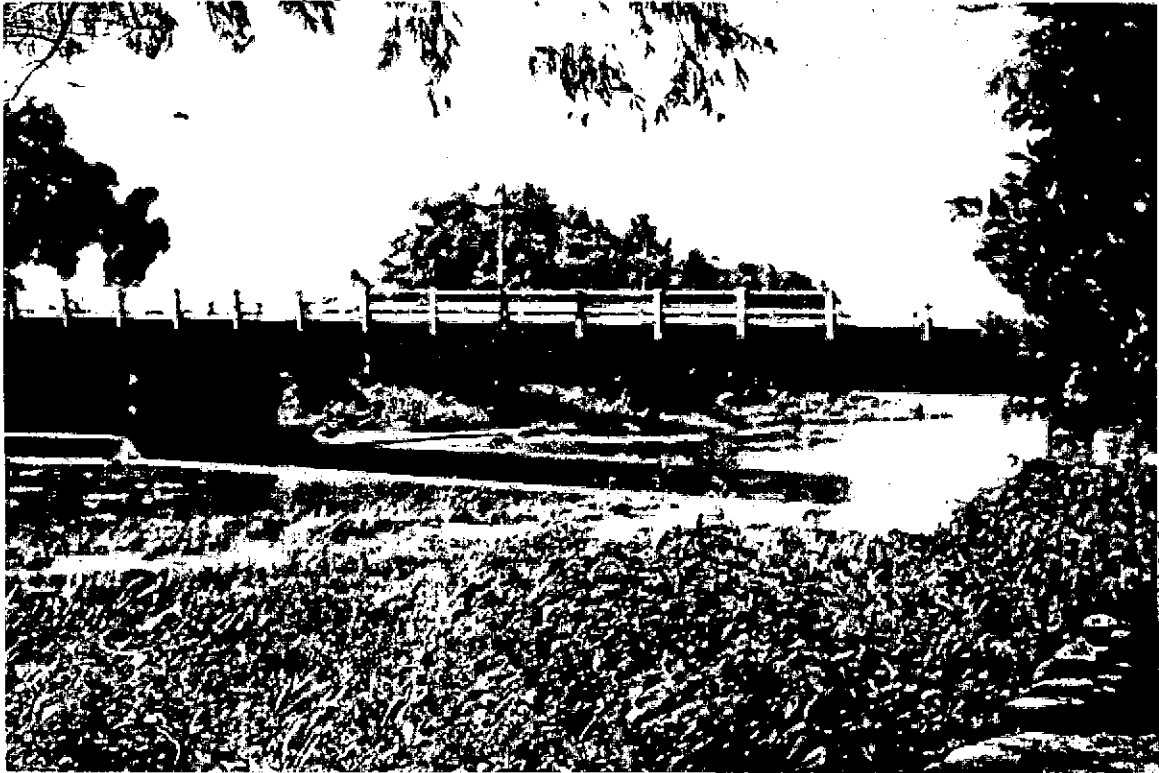
### 5.8 PRESUPUESTO TOTAL:

Totalizando los costos calculados en los puntos precedentes se obtiene para la alternativa N<sup>o</sup> 1 un monto de \$ 684.045 y para la alternativa N<sup>o</sup> 2 un monto de \$ 675.668.



Nº1-Nº2 : Apertura de estribos  
Puente Ruta "Vieja"





Nº3. Hidrómetro sobre pila izquierda  
Puente Av. Alem.



Nº4. Puente Av. Alem.  
Vista hacia aguas arriba.