

0/H.1112

U24e/60040004

46 045

PROVINCIA DE SANTA FE

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

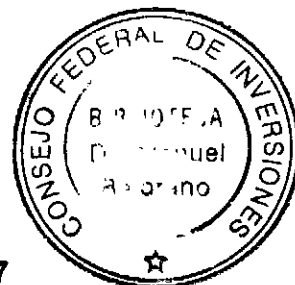
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS HÍDRICAS

**"ESTUDIO DE LOS IMPACTOS POR LA
AMPLIACIÓN DE LA OBRA LÍNEA PARANÁ"**

INFORME FINAL

CUERPO PRINCIPAL



SETIEMBRE DE 2007

EQUIPO DE TRABAJO

Coordinador Técnico

Ing. Roberto Gioria

Cartografía

Departamento de Cartografía y Agrimensura - FICH

Cátedras de Interpretación de Imágenes, Teledetección y SIG I

MSc. Cart. Raquel Tardivo

MSc. Cart. Silvio Graciano

Becario Estudiante: P.T.C. Sandra Villafañe

Becario Estudiante: L.C. Darío Tabernig

Estudio de Dinámica Hídrica

Lic. Miguel Fertoni

Estudios Hidrológicos e Hidráulicos

Ing. Gustavo Torres

INSPECCIÓN: Ing. Nora Antúnez

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	OBJETIVO.....	4
3.	ÁREA DE ESTUDIO	4
4.	RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	5
5.	OBRAS DE DRENAJE EXISTENTES Y EN CONSTRUCCIÓN	5
5.1	Descripción de las Obras de Drenaje	6
5.1.1	Obra de Traslase de Caudales del Río Negro (Prov. del Chaco) al Río Salado (Prov. del Chaco)	6
5.1.2	Obra de Limpieza del Río Palometa (Prov. del Chaco).....	6
5.1.3	Obra de Ampliación y Limpieza del Río Tapenagá (Prov. del Chaco)	7
5.1.4	Ampliación Obra Línea Paraná, Tramo I (Provincia de Santa Fe)	9
6.	CARTOGRAFÍA BÁSICA.....	9
6.1	Recopilación de Antecedentes	9
6.2	Metodología para la Generación de Cartografía Básica	11
7.	DINÁMICA HÍDRICA SUPERFICIAL REGIONAL.....	12
7.1	Introducción	12
7.2	Características dinámicas de los componentes B y C	14
7.2.1	Componente B.....	14
7.2.2	Componente C.....	14
8.	ESTUDIOS ESTADÍSTICOS	15
8.1	Análisis de Frecuencia de Variables Hidrológicas	15
9.	MODELACIÓN HIDRODINÁMICA.....	18
9.1	Introducción	18
9.2	Objetivo.....	19
9.3	Recopilación de Antecedentes	19
9.4	Metodología	20
9.5	Descripción del Modelo Hidrodinámico.....	21
9.5.1	Ecuación de Continuidad	22
9.5.2	Ecuación de Cantidad de Movimiento	23
9.6	Implementación del Modelo	29
9.7	Calibración.....	33
9.8	Explotación	33
9.8.1	Escenarios	33
9.8.2	Condiciones Iniciales	34
9.8.3	Explotación	35
9.9	Conclusiones.....	43

- Plano N°CT-01: Cartografía Básica
- Lámina N°1: Mapa Dinámica Hídrica
- Lámina N°2: Área de Estudio – Ubicación General
- Plano N°MO-01: Modelo Hidrodinámico – Ubicación Relevamientos Topobatimétricos
- Plano N°MO-02: Modelo Hidrodinámico – Esquema Topológico

1. INTRODUCCIÓN

Este estudio se realizó a fin de estimar los impactos que provocan las obras hidráulicas realizadas en los sistemas de drenaje que aportan caudales sobre la margen derecha del valle de inundación del Río Paraná, en la zona comprendida entre las transectas Basail – Empedrado y Villa Ocampo – Bella Vista. Además, se incluyó una cuantificación del impacto que ocasionaría una futura ampliación del Tramo I del Sistema Línea Paraná.

Estas obras provocan: a) el incremento de la capacidad de conducción, debido a la ampliación de secciones, tanto de cauces como de obras de arte y a la limpieza de obstrucciones y b) incremento de los caudales a conducir, debido al trasvase de cuencas.

Se presenta en este informe la recopilación de antecedentes, el estudio de dinámica hídrica regional del valle de inundación del río Paraná, el estudio estadístico de la estación hidrométrica Bella Vista y la aplicación y los resultados de la explotación del modelo hidrodinámico.

2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es:

a) Desarrollar un estudio de evaluación del impacto hidráulico a producirse en el área de estudio, valle de inundación del río Paraná, como consecuencia de las descargas producidas por las obras de drenaje existentes y en construcción, que aportan excedentes hídricos superficiales desde la Provincia del Chaco al río Paraná y a una ampliación del caudal máximo de diseño del Tramo I de Línea Paraná.

b) Estimar los daños incrementales producidos por el efecto de las descargas antes mencionadas.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende el valle de inundación del río Paraná entre los siguientes límites aproximados (ver plano N°CT-01 – Cartografía Básica y lámina N°2 – Área de Estudio - Ubicación General):

- Al N, sobre el río Paraná, el perfil transversal Basail - Empedrado.
- Al E, el cauce principal del río Paraná.
- Al S, sobre el río Paraná, el perfil transversal Villa Ocampo – Bella Vista.

- Al O, la ruta Nacional N°11.

4. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se realizaron dos recorridas del área de estudio, una el día 25 de julio de 2006 y otra el 11 de agosto del mismo año.

Los lugares a los que se accedió fueron los siguientes.

- Sección del río Tapenagá ubicada unos 3 km aguas arriba del límite entre las provincias del Chaco y Santa Fe. Es conocida por los lugareños como “El Balneario”. Esta es una sección amplia, con un extenso valle de inundación y el camino que la cruza tiene un puente sobre el cauce principal y varios aliviadores sobre el valle. Todos son de madera y se encuentran en muy buen estado, algunos recién reparados.

A esta sección se accede desde la ruta Nacional N°11 (RN11) y desviando hacia el oeste por un camino secundario situado próximo y al sur de Basail.

- Sección del río Tapenagá en RN11. El puente es de hormigón. Hay instalada una escala hidrométrica, en parte hincada en el terreno y en parte adosada a un pilar.
- Islas del Valle de Inundación del río Paraná en la zona ubicada frente a Florencia.
- Camino al ex Puerto Piracúa. Se encuentran puentes destruidos por crecientes.
- Sección del Canal Línea Paraná Tramo I en RN11.

5. OBRAS DE DRENAJE EXISTENTES Y EN CONSTRUCCIÓN

Las obras de drenaje existentes o en construcción y que aportan al valle de inundación del río Paraná en la zona de estudio, son las siguientes (ver lámina N°2 – Área de Estudio - Ubicación General):

- Obra de Traslase del Río Negro al Río Salado (Provincia del Chaco).
- Obra de Limpieza del Río Palometa (Provincia del Chaco).
- Obra de Ampliación y Limpieza del Río Tapenagá (Provincia del Chaco).
- Obra Línea Paraná, Tramo I (Provincia de Santa Fe).

5.1 Descripción de las Obras de Drenaje

5.1.1 Obra de Trasvase de Caudales del Río Negro (Prov. del Chaco) al Río Salado (Prov. del Chaco)

El sistema de protección contra inundaciones del Área Metropolitana del Gran Resistencia, capital de la Provincia del Chaco, cuya población es del orden de 370.000 habitantes (Provincia del Chaco, 1998), debe atender eventos de diferente naturaleza y magnitud:

- las crecidas de los ríos Alto Paraná y Paraguay;
- las precipitaciones directas sobre el área urbana;
- las crecidas periódicas del río Negro.

Las crecidas periódicas del río Negro, con una cuenca de aporte total de 8.100 km², son atendidas en dos instancias estructurales diferentes: la primera controla y deriva los aportes de la cuenca alta-media transfuyéndolos a la cuenca vecina del río Salado (que desemboca en el río Paraná, aguas debajo de Resistencia), mediante la Obra de Control ya construida en el sitio denominado Laguna Blanca. La segunda instancia prevé el control sobre la cuenca inferior del río Negro mediante un recinto de almacenamiento vecino al área urbana defendida, cuya salida es regulada por vertedero y/o bombeo – obras a construir – según el escenario impuesto por las condiciones hidrométricas del río Paraná.

En el estudio que nos ocupa nos interesa la magnitud de los caudales derivados y su incidencia en el escurrimiento en el valle del río Paraná.

El área de aporte efectiva a la Obra de Control en Laguna Blanca, desde el punto de vista de la conformación de los caudales de crecida, alcanza un valor de 4.719 km² (AFIN, 2000). La parte alta-media de la cuenca del río Negro está constituida por tres subsistemas: el riacho Salto de la Vieja con 2.951 km² (63 % del total), el arroyo Saladillo con 1.174 km² (25 %) y el río Negro propiamente dicho con 594 km² (12 %). (Pilar, Jorge V. - Depetris, Carlos A. - Broner, Sonia J. - Departamento de Hidráulica - Facultad de Ingeniería – UNNE).

5.1.2 Obra de Limpieza del Río Palometa (Prov. del Chaco)

La cuenca de los arroyos Polvorín - Palometa se desarrolla en su totalidad en la Provincia del Chaco, aproximadamente entre los meridianos 59° 10' y 60° 5' W y los

paralelos 26° 43' S. Queda comprendida entre las inmediaciones de la localidad de Juan J. Castelli (unos 20 Km. al SO de esa ciudad) y la ruta Nacional N°16, lo que se conoce como Sistema del Arroyo Polvorín; mientras que entre dicha ruta y la ruta Nacional N°11 se desarrolla el Sistema del Río Palometa. El área total de la cuenca es de unos 5.900Km².

La obra trata de una limpieza del curso de agua con un caudal de diseño compatible con la sección escurrimiento del curso de agua.

5.1.3 Obra de Ampliación y Limpieza del Río Tapenagá (Prov. del Chaco)

Esta obra, llamada Proyecto de Desarrollo Productivo y Saneamiento Hídrico Línea Tapenagá, tiene como objetivo el saneamiento hídrico de la cuenca, de una superficie de 400.000 hectáreas, con prioridad para 120.000 hectáreas agrícolas y 200.000 hectáreas ganaderas.

Fue ejecutada por el Ministerio de la Producción de la Provincia del Chaco mediante el PROSAP, con un aporte de más de 8 millones de dólares del Banco Mundial.

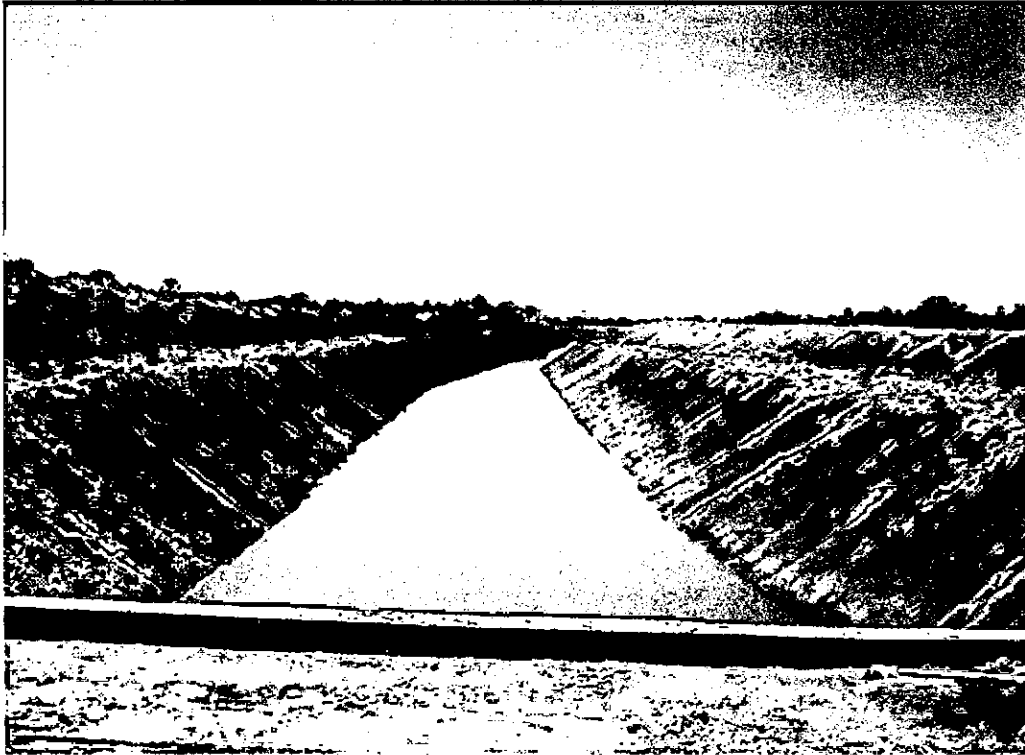
Se construyó el Canal Principal de 103 km de longitud, al cual se conectan los canales Bajo Hondo I, II y III, de la zona de Sáenz Peña y Quitilipi, como así también los efluentes cloacales, aguas abajo, para desembocar en el río Tapenagá y posteriormente en el río Paraná.

Para el cauce del canal se realizaron excavaciones en 103 km, permitiendo el paso de un caudal de 20 m³/s. Además se limpiaron 183 km del cauce del río Tapenagá.

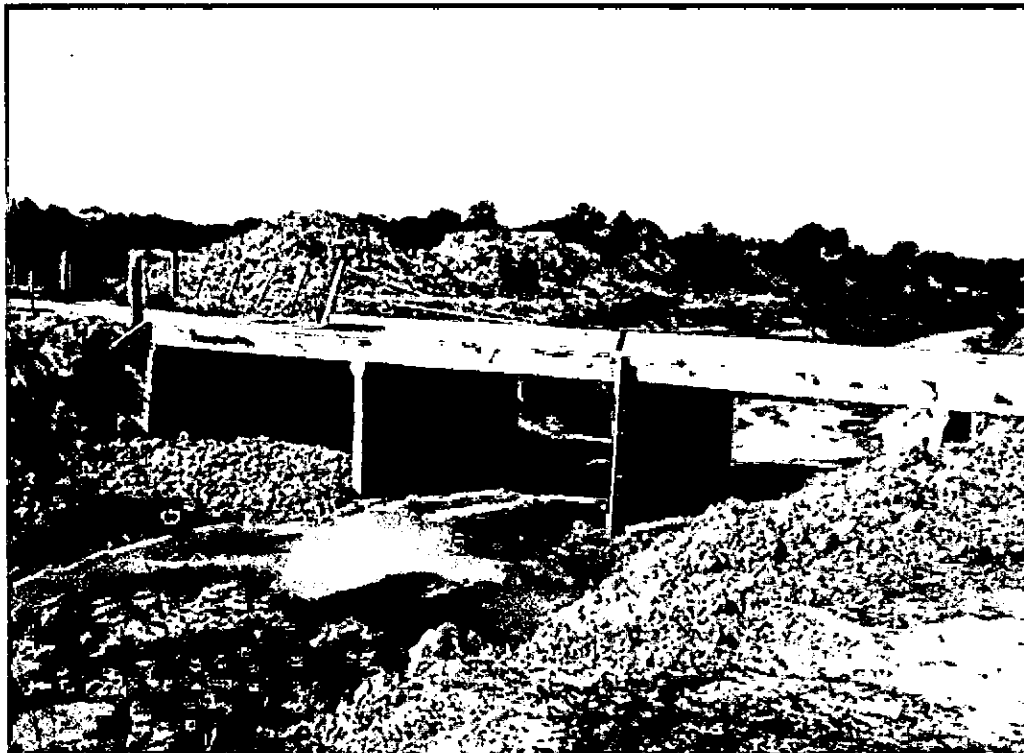
Estas obras incluyen las conexiones a los canales ya existentes de Bajo Hondo I, II y III con la obra principal. El Canal Bajo Hondo II se amplió en unos 32 km.

El proyecto contempló la limpieza del cauce del río Tapenagá en su cuenca baja (65 km), que incluyó el retiro de malezas y árboles secos, así como el retiro de cierres de tierra que atraviesan el curso.

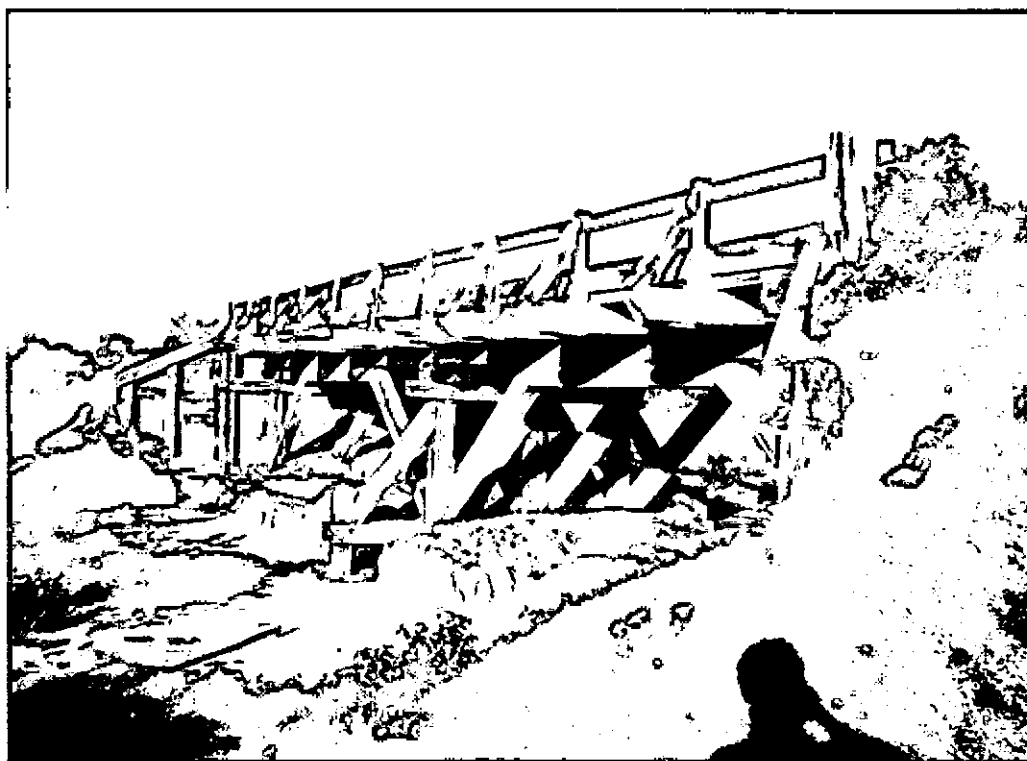
Se realizaron las adecuaciones hídricas necesarias para facilitar el rápido escurrimiento de los excesos de agua (información extraída del sitio oficial del Gobierno del Chaco: <http://www.chaco.gov.ar>).



Tramo de canal y alcantarilla sobre la RP10



Alcantarilla en el Paraje El 24



Puente de madera en Colonia Urdaniz

5.1.4 Ampliación Obra Línea Paraná, Tramo I (Provincia de Santa Fe)

Esta obra situada en la Provincia de Santa Fe pero que drena aguas provenientes de la Provincia del Chaco, y que aporta al valle del río Paraná, al sur de la localidad de El Rabón, está ejecutada para un caudal de $35 \text{ m}^3/\text{s}$, siendo este valor inferior al original de diseño de Proyecto. Por lo tanto, se evalúan las afectaciones que puede provocar llevarla a su valor de diseño.

6. CARTOGRAFÍA BÁSICA

6.1 Recopilación de Antecedentes

La generación de cartografía básica del área de estudio requirió la integración, análisis y procesamiento de información analógica y digital, en función de la disponibilidad de documentación cartográfica y antecedentes procedentes de distintas fuentes de datos y en variados formatos.

Se recopilaron los siguientes antecedentes cartográficos e imágenes de sensores remotos del área de estudio, de utilidad para la generación de cartografía básica:

- Cartas Topográficas del Instituto Geográfico Militar en escala 1:250.000. Hojas 2960-I y 2960-II.

- Cartas Topográficas del Instituto Geográfico Militar en escala 1:250.000. Hojas 2960-I y 2960-II.
- Cartas Imágenes del Instituto Geográfico Militar en escala 1:250.000. Hojas 2960-I y 2960-II.
- Imágenes de satélite Landsat Thematic Mapper (TM) de 30 x 30 m de resolución espacial:
 - Imagen TM Path-Row 227/079 de fechas 17-04-2000, 01-04-2001, 18-12-2000 y 25-01-2000 (Fuente CONAE) con 7 bandas multiespectrales (1-2-3 visible, 4 infrarrojo cercano, 5-7 infrarrojo medio), formato .DAT.
 - Imagen TM Path-Row 227/080 de fechas 05-02-2004, 28-01-2004, 12-01-2004 y 02-10-2004 (Fuente CONAE) con 7 bandas multiespectrales (1-2-3 visible, 4 infrarrojo cercano, 5-7 infrarrojo medio), formato .DAT.
 - Imagen TM Path-Row 226/080 de fechas 02-01-2000, 21-06-1998, 04-05-1998 y 13-02-1998 (Fuente CONAE) con 7 bandas multiespectrales (1-2-3 visible, 4 infrarrojo cercano, 5-7 infrarrojo medio), formato .DAT.
 - Mosaico de imágenes TM Landsat del sector norte de los Dptos. 9 de Julio y Vera, formato .TIF (Fuente: CFI-Convenio Bajos Submeridionales).
- Mapa de Dinámica Hídrica Superficial del Sector Norte del Dpto. 9 de Julio y Vera, en escala 1:250.000, base de georreferenciación Catastro Gráfico SCIT, septiembre de 2001, formato .DWG (Fuente: CFI-Convenio Bajos Submeridionales).
- Mapa de Dinámica Hídrica Superficial (con delimitación de áreas boscosas) del Sector Norte del Dpto. 9 de Julio y Vera, en escala 1:250.000, base de georreferenciación Catastro Gráfico SCIT, septiembre de 2001, formato .DWG (Fuente: CFI-Convenio Bajos Submeridionales).
- Mapa de Dinámica Hídrica Superficial del Sector Noroeste del Dpto. Gral. Obligado. Hoja N° 1 “Los Amores”, en escala 1:100.000, base de georreferenciación Catastro Gráfico SCIT, mayo de 2003, formato .DWG (Fuente: CFI-Convenio Bajos Submeridionales).

- Mapa de Dinámica Hídrica Superficial del Sector Noroeste del Dpto. Gral. Obligado. Hoja N° 2 “Florencia-Villa Guillermina”, en escala 1:100.000, base de georreferenciación Catastro Gráfico SCIT, mayo de 2003, formato .DWG (Fuente: CFI-Convenio Bajos Submeridionales).
- Mapa de Canales Construidos y No Construidos, en escala 1:250.000, base de georreferenciación Catastro Gráfico SCIT, Versión 2006, Informe 249, formato .DWG (Fuente: CFI-Convenio Bajos Submeridionales).
- Cartografía de Zona de Islas del Dpto. Gral. Obligado, en escala 1:50.000, base de georreferenciación Catastro Gráfico SCIT, formato .DGN/DXF (Fuente: SCIT Pcia. de Santa Fe).

6.2 Metodología para la Generación de Cartografía Básica

A partir de los antecedentes recopilados, se planteó la elaboración de la cartografía básica digital del área de estudio en escala 1:100.000, de utilidad para ubicación general de los elementos naturales y antrópicos relevantes, así como para la georreferenciación y vinculación posterior de la información temática requerida.

El ajuste geométrico de la base cartográfica corresponde al Sistema de Referencia WGS 84, Proyección Cilíndrica Conforme Gauss Krüger Faja 5, con precisión planimétrica correspondiente a la cartografía básica del Servicio de Catastro e Información Territorial de la Provincia de Santa Fe (SCIT).

Los reconocimientos de campo realizados en el área de estudio, constituyen aportes complementarios para los ajustes métricos y temáticos requeridos para generación cartográfica. Las imágenes del satélite Landsat recopiladas constituyeron la base para la actualización cartográfica del área de estudio y para generación de nueva información planimétrica, en áreas no cubiertas por la cartografía antecedente en escala 1:100.000.

Se utilizó el software de procesamiento digital de imágenes y sistema de información geográfica Er Mapper, para llevar a cabo las tareas de pre-procesamiento de imágenes de satélite Landsat TM de 30 x 30 metros de resolución espacial. Así mismo, se ha utilizado del software de cartografía digital AutoCad, para las tareas de digitalización cartográfica y diseño cartográfico final.

Para llevar a cabo el tratamiento digital de las imágenes (correspondientes a aguas bajas y aguas medias), se ha definido la importación de imágenes de satélite Landsat seleccionadas (disponibles en formato .TIFF y .DAT), con visualización de bandas espectrales captadas en el espectro visible, infrarrojo cercano e infrarrojo medio y el análisis estadístico de cada banda.

La corrección geométrica de las imágenes se ha realizado a partir de puntos de control terrestre en coordenadas Gauss Kruger Faja 5 y sistema de referencia WGS 84, adecuadamente distribuidos en el espacio y bien identificables en la cartografía básica disponible.

El análisis visual de las imágenes se llevó a cabo a partir de la realización de realces visuales; así como la preparación de distintas composiciones en color (color natural simulado 5-4-3 RGB y falso color mejorado 4-5-3 RGB) requeridas para la discriminación de elementos a cartografiar.

Se ha definido la generación y actualización cartográfica por el método de digitalización vectorial, a partir de la integración de la información cartográfica disponible en escala 1:100.000 (Fuente: CFI - Convenio Bajos Submeridionales) con la información de imágenes de sensores remotos y los aportes de relevamientos de campo, con presentación cartográfica en formato .DWG de Autocad y diseño cartográfico para impresión a escala 1:100.000, con agregado de toponimia y otros elementos cartográficos de interés.

7. DINÁMICA HÍDRICA SUPERFICIAL REGIONAL

7.1 Introducción

El valle aluvial del río Paraná es un sistema muy complejo, conformando un espacio fluvioaluvial muy particular. Esta particularidad está expresada, además de su extensión, por la magnitud y singularidad de los procesos y su carácter alóctono, que determina en el valle, procesos de alta aleatoriedad, generando variadas situaciones en tiempo y espacio. Esto se debe a que la dinámica del río Paraná propiamente dicho, funciona independientemente de las condiciones locales o regionales.

En términos simplificados, determinamos estados de baja, media y alta, no referenciados temporalmente y éstas sí, relacionadas con las características dinámicas regionales.

En este caso, el valle representa un medio de acumulación, cuya morfogénesis fue y es determinada por la dinámica del río Paraná. Estos procesos, en el tiempo, construyen espacios morfogenéticamente y por ende, dinámicamente diferenciables. Es importante aclarar que estos términos no son linealmente equivalentes. Esta discretización espacial, en términos dinámicos, es aplicable cuando el sistema en su conjunto funciona en aguas bajas y medias-bajas. Si bien se grafican estos componentes como divisorias netas, en realidad son espacios de transición (existen elementos discontinuos entrecruzados) ya que responden, a procesos dinámicos con gran movilidad de formas y que van adquiriendo en el tiempo, una tendencia evolutiva característica. Pero en el conjunto de los procesos resultantes estos son diferenciables y muy prácticos para la interpretación del funcionamiento hídrico, para diferentes situaciones.

Se pueden determinar, al menos, tres áreas dinámicamente diferenciables, que se reparten a lo largo del valle, dentro de los límites del estudio (ver lámina N°1 - Dinámica Hídrica):

1. La determinada por rasgos anastomosados recientes, que tienen una relación directa con el cauce madre (A).
2. Un espacio central conformado por una estructura de disipación, integrada en términos de transferencia, de baja energía, representada por un patrón cuasi reticular mixto (cauces y lagunas entrelazados), pero con sentido de escurrimiento resultante definido según la pendiente longitudinal y paralelo al cauce madre (B).
3. Una franja longitudinal, donde la dinámica de los aportes locales, en este caso de la margen derecha del sistema, han labrado una morfología propia, enmascarando las condiciones antecedentes. Responde fundamentalmente a condicionantes genéticos de los tributarios (C).

Se puede hacer una cuarta diferenciación, que corresponde a un tramo intermedio entre A y B. Está conformado por los rasgos anastomosados pero más antiguos que los de A. Por lo tanto, tienen una baja relación con este espacio y no está directamente integrado, en términos generales, con el componente B. Pierde significación luego del estrangulamiento del valle, producido por el cauce madre un poco más aguas abajo de la localidad de Florencia.

7.2 Características dinámicas de los componentes B y C

Se especifican estos dos componentes ya que conforman, en el tramo del valle que nos ocupa, una unidad dinámica con los tributarios de la margen derecha del sistema Paraná. El componente A trabaja como límite de estos procesos. La interrelación sólo se produce por los desbordamientos del cauce madre, es decir, hay una relación unidireccional entre éstos.

7.2.1 Componente B

Éste, como se citó, tiene una estructura de disipación propia que en valores medios-bajos se comporta como una unidad independiente. Si bien es un área de gran capacidad de almacenamiento, a medida que se carga el sistema, ya sea por contribución de los tributarios o del cauce madre desarrolla una importante capacidad de transferencia. Su estructura de disipación está representada por un diseño de sistemas de lagunas permanentes (relictos de la actividad de los meandros) de variados tamaños y formas, donde sobresalen La del Medio, La Larga, La del Pescado e interrelacionados por cauces, en su mayoría meandrosos que conforman una red con bajo nivel de jerarquización. Esto determina que a medida que se carga el sistema, éste tiende a transformarse en características laminares. Si este espacio no es requerido por desbordes del cauce madre, resuelve las energías transferidas por los tributarios en forma independiente, teniendo como salida, en este tramo, al Paraná Mini y al Pindó como los más relevantes.

7.2.2 Componente C

Conforma una franja longitudinal irregular a lo largo del valle, recostada sobre el límite oeste del mismo.

Los procesos dinámicos de estos tributarios, dentro del valle, en su mayoría, tenían antiguamente tendencia a desplazarse en sentido longitudinal, pero los procesos sedimentarios que se han desarrollado en todo su período evolutivo y otros casos por captura, determinaron que estos tributarios se relacionen directamente a la estructura definida en el componente B.

Se ha desarrollado una morfología de meandros idéntica a la que los caracteriza fuera del valle. Esto significa que la superficie C, en aguas bajas y medias-bajas del río Paraná, sea prácticamente una extensión en las formas intrínsecas de cada tributario.

No ocurre lo mismo con las características dinámicas, que están temporalmente relacionadas con la dinámica del valle.

Por lo tanto, el punto de mayor jerarquía relacionado a cada superficies tributarias va a estar como mínimo en el límite del valle. Salvo en condiciones bajas y medias-bajas del río Paraná y condiciones equivalentes para los tributarios (debido a la tendencia de desbordamiento), se puede referenciar al punto de convergencia. Esto puede resultar práctico para determinados períodos, debido a que éstas son las condiciones de mayor permanencia.

Estas características no se extienden hacia al norte de la línea de Florencia, donde existe una mayor amplitud de espacios. Los tributarios no tienen la tendencia de unirse directamente al componente B, ya que conservan un recorrido longitudinal más pleno, con un valle de características más difusas.

En este tramo del valle no existe una clara definición de los componentes como al sur del paralelo 28, aunque la diferencia sustancial está en la formas en que se relacionan los tributarios de la margen derecha, donde la contribución de éstos en el valle está precedida por un área de morfología deprimida y no exenta de ser cubierta por las crecidas del río Paraná mediante procesos de desbordamiento, de muy baja energía morfogenética, ya que no alcanza a labrar formas propias, pero producen interferencias a la dinámica y a la fisiografía de los tributarios en ese sector.

Se pueden observar en la lámina N°2 – Dinámica Hídrica, las tres áreas dinámicamente diferenciables, y además, se ha marcado en la misma un estado superior inmediato (representado por las flechas) que se produce cuando se saturan las capacidades de transferencia de la estructura evidente y el sistema resuelve la disipación en primera instancia.

8. ESTUDIOS ESTADÍSTICOS

8.1 *Análisis de Frecuencia de Variables Hidrológicas*

La variable analizada fue la altura hidrométrica del río Paraná en la estación Bella Vista y teniendo en cuenta los objetivos del estudio, en los extremos máximo y mínimo.

Se trabajó con las series anuales, de las cuales se dispone de un valor por año claramente identificado. Se tomó el mayor o menor valor de la variable (extremo máximo o mínimo) ocurrido en cada año, es decir que cada año contribuye con un valor

independientemente del momento en que se produce. Por lo tanto, se consideró la serie parcial por excedencia, que consiste en tomar como eventos muestrales todos aquellos que superan un cierto umbral para el caso de máximos o que están por debajo de un cierto valor para el caso de mínimos.

Se utilizó el programa computacional AFMOM, realizado por un grupo de investigadores de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la U. N. L. de Santa Fe, para calcular los parámetros estadísticos (estimadores muestrales) en base al método de los momentos de diferentes distribuciones estadísticas.

La serie aplicada de alturas comprende los años hidrológicos 1965/66 a 2005/2006. El “cero” de la escala hidrométrica tiene una cota de 33.97 m IGM.

Para los mínimos, la distribución que mejor ajustó fue la de Pearson, presentándose los resultados en la tabla siguiente.

Tabla N°8.1
Río Paraná – Estación Hidrométrica Bella Vista
Niveles Medios Diarios Mínimos Anuales para Distintas Recurrencias

Recurrencia (años)	Altura Hidrométrica (m)	Cota Pelo de Agua (m IGM)
50	0.00	33.97
20	0.13	34.10
10	0.61	34.58
5	1.14	35.11
2	1.99	35.96

Tabla N°8.2
Río Paraná – Estación Hidrométrica Bella Vista
Niveles Medios Diarios Máximos Anuales para Distintas Recurrencias

Recurrencia (años)	Altura Hidrométrica (m)	Cota Pelo de Agua (m IGM)
100	7.67	41.64
50	7.38	41.35
20	6.97	40.94
10	6.63	40.60
5	6.25	40.22
2	5.61	39.58

También se presenta para todo el registro de observaciones de alturas medias diarias (1909 – 2005), una tabla y el gráfico correspondiente de frecuencia relativa. La

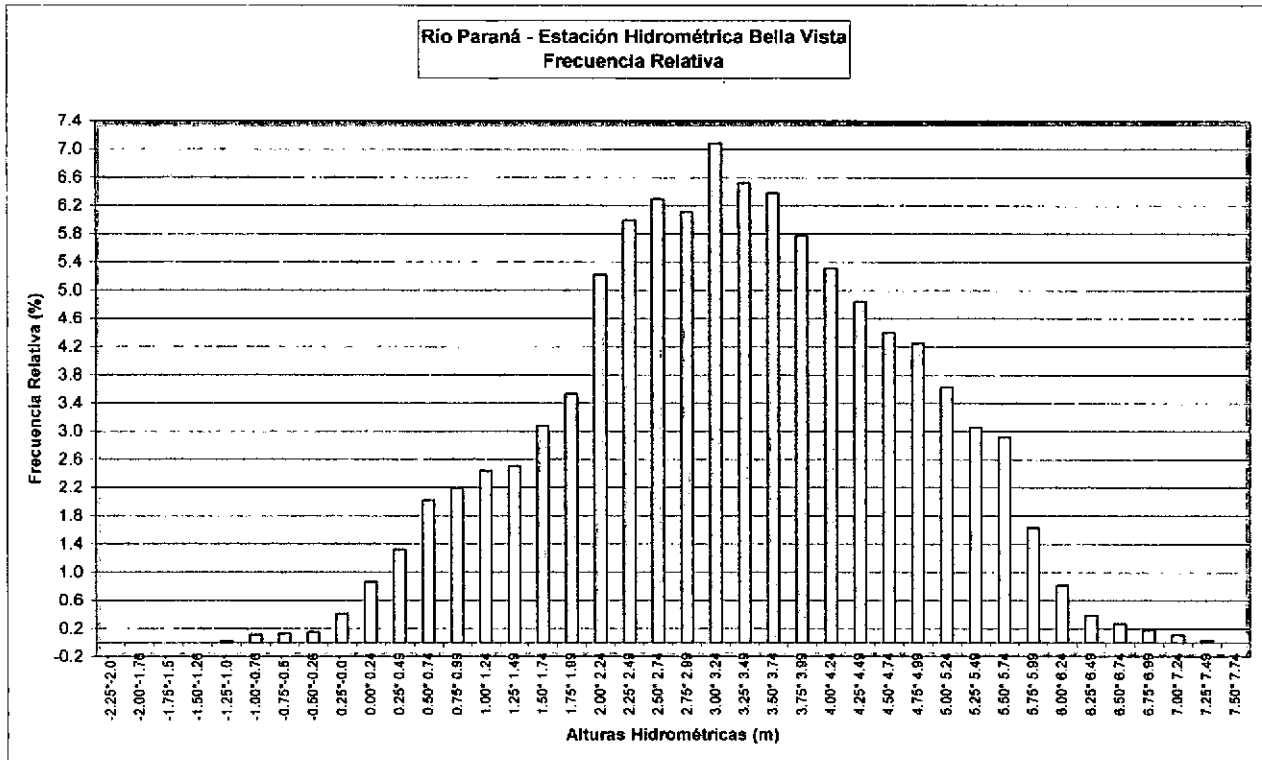
altura media del período es de 3.26 m, lo que implica una cota de pelo de agua de 37.23 m IGM.

**Tabla N°8.3
Río Paraná – Estación Hidrométrica Bella Vista
Niveles Medios Diarios – Frecuencia Relativa**

Interv. de Alturas (m)	Frecuencia Relativa (%)
(-)1.50 - (-)1.26	0.00
(-)1.25 - (-)1.01	0.02
(-)1.00 - (-)0.76	0.11
(-)0.75 - (-)0.51	0.13
(-)0.50 - (-)0.26	0.15
0.25 - (-)0.01	0.41
0.00 - 0.24	0.86
0.25 - 0.49	1.32
0.50 - 0.74	2.02
0.75 - 0.99	2.19
1.00 - 1.24	2.44
1.25 - 1.49	2.51
1.50 - 1.74	3.08
1.75 - 1.99	3.53
2.00 - 2.24	5.22
2.25 - 2.49	6.00
2.50 - 2.74	6.30
2.75 - 2.99	6.11
3.00 - 3.24	7.09
3.25 - 3.49	6.52
3.50 - 3.74	6.38
3.75 - 3.99	5.77
4.00 - 4.24	5.31
4.25 - 4.49	4.84
4.50 - 4.74	4.40
4.75 - 4.99	4.25
5.00 - 5.24	3.63
5.25 - 5.49	3.06
5.50 - 5.74	2.92

Interv. de Alturas (m)	Frecuencia Relativa (%)
7.00 - 7.24	0.11
7.25 - 7.49	0.04
7.50 - 7.74	0.00

Gráfico N°8.1
Río Paraná – Estación Hidrométrica Bella Vista
Niveles Medios Diarios – Frecuencia Relativa



9. MODELACIÓN HIDRODINÁMICA

9.1 Introducción

La región del valle del río Paraná que comprende al área de estudio es alimentada por aportes provenientes desde la Provincia del Chaco, a través de los ríos Salado, Palometa y Tapanagá y del Sistema Línea Paraná.

Estos aportes han sido alterados al haberse construidos obras hidráulicas que producen un incremento de los picos y de los tiempos de llegada de las crecidas, con el objetivo de mejorar el drenaje superficial de grandes áreas de la provincia.

Además, el río Salado recibe excedentes del río Negro, como resultado del desvío de volúmenes de éste, con el fin de evitar mayores afectaciones en la ciudad de Resistencia.

Estos aportes han sido alterados al haberse construido obras hidráulicas que producen un incremento de los picos y de los tiempos de llegada de las crecidas, con el objetivo de mejorar el drenaje superficial de grandes áreas de la provincia.

Además, el río Salado recibe excedentes del río Negro, como resultado del desvío de volúmenes de éste, con el fin de evitar mayores afectaciones en la ciudad de Resistencia.

Estos incrementos de aportes producen mayores niveles de pelo de agua y de permanencia en el conjunto de bañados, arroyos y riachos que conforman el sistema mencionado y que pueden provocar problemas a la actividad pecuaria que allí se desarrolla.

En este estudio se calculan las afectaciones hidráulicas provocadas por el incremento de aportes.

A tal fin implementó la herramienta computacional Hec-Ras, de uso público, versión V 4.0 Beta de noviembre de 2006, que constituye un modelo matemático hidrodinámico 1D en ramas.

9.2 Objetivo

El objetivo de la modelación del sistema fue establecer las afectaciones hidráulicas ante diferentes hipótesis de funcionamiento del sistema, diferenciando la superficie naturalmente ocupada por el sistema: a) antes de la implementación de las distintas obras (estado de aguas bajas y medias); b) la situación actual con las obras construidas y c) luego de construidas las proyectadas.

9.3 Recopilación de Antecedentes

La información fue proporcionada por el Convenio CFI - Prov. de Santa Fe. La misma consistió en lo siguiente.

- Convenio CFI - Prov. de Santa Fe. Perfiles Topobatimétricos del Valle del Río Paraná del Área de Estudio. Febrero de 2007. En el plano N°MO-1 se muestra la ubicación de los puntos georreferenciados pertenecientes a los cuatro perfiles relevados.
 - Tramo: RN N°11 - A° El Tapado (longitud: 42 km)
 - Tramo: Florencia – Río Paraná (longitud: 18.45 km)

- Tramo: Albardón – Puerto Piracuacito (longitud: 40 km)
- Tramo Villa Ocampo – Puerto Ocampo (longitud: 12 km (incompleto))

En todos los casos las batimetrías de los arroyos intermedios están referidas a planos arbitrarios diferentes a IGM o MOP..

- UNNE – Dpto. de Hidráulica. Evaluación Laguna Blanca. Informe Final. Abril de 2004
- Expte. DPOH- S. Fe - 00603-0008096-8. Problemática de los Desagües Artificiales del Chaco que afecta al territorio de Norte de la Provincia de Santa Fe. Agosto de 2003
- Convenio CFI - Prov de Santa Fe: Río Tapenagá Evaluación Hidrológica. Año 1994
- Trasvase Río Negro - Río Salado - Prov del Chaco. Impacto sobre Paraná Mini – Florencia. Diciembre 1993.
- Alturas medias diarias de las estaciones hidrométricas del río Paraná en Corrientes, Empedrado, Bella Vista, Goya y Reconquista (años 1973 – 2005).

9.4 Metodología

La evaluación se realizó mediante los escenarios que se mencionan a continuación.

- a) SS Valle fluvial del Paraná: en las condiciones previas al incremento de los aportes superficiales debidos a la derivación del Río Negro (Dique Laguna Blanca) al río Salado (Chaco).
- b) SS Valle fluvial del Paraná: en las condiciones actuales, con el incremento de aportes superficiales debidos a la derivación del Río Negro (Dique Laguna Blanca) al río Salado (Chaco).
- c) SS Valle fluvial del Paraná: bajo condiciones de incremento de aportes superficiales debidos a: i) Derivación del Río Negro (Dique Laguna Blanca) al río Salado (Chaco), y ii) Sistema Línea Tapenagá.
- d) SS Línea Paraná y SS Valle fluvial: bajo condiciones de incremento de aportes superficiales debidos a una ampliación de los caudales derivados desde la Provincia del Chaco por Línea Paraná (Tramos III y IV), con el

objeto de maximizar el volumen de saneamiento de dicha Provincia. Con un Valle de inundación del río Paraná que refleje su situación actual (incluye aportes superficiales debidos a la derivación del río Negro (Dique Laguna Blanca) al río Salado (Chaco).

- e) SS Línea Paraná y SS Valle fluvial: bajo condiciones de incremento de aportes superficiales debidos a una ampliación de los caudales derivados desde la Provincia del Chaco por Línea Paraná (Tramos III y IV), con el objeto de maximizar el volumen de saneamiento en dicha Provincia, sobre el mismo caudal de diseño analizado en escenario precedente. Con un Valle de inundación del R. Paraná que refleje una situación virtual conformada por los incrementos de los aportes superficiales tanto debido a la derivación del Río Negro (Dique Laguna Blanca) al río Salado (Chaco), como por la descarga del Sistema Tapenagá.

En todos los casos estos escenarios fueron evaluados tanto en condiciones de aguas bajas, como de aguas medias del río Paraná, lo que determina una evaluación de impactos sobre 22 escenarios posibles.

Para efectuar los cálculos se implementó el modelo de uso público Hec Ras V.4.0, elaborado por US Army Corps¹ (noviembre de 2006), cuyos fundamentos se presentan más adelante.

Para la elaboración de la topología del modelo se utilizó información proporcionada por el Convenio CFI – Provincia de Santa Fe.

Las condiciones de borde se obtuvieron de los antecedentes que contienen información hidrológica.

9.5 Descripción del Modelo Hidrodinámico

El modelo HEC RAS V4.0 en su opción de modelación para flujos no estacionarios (transitorios), utiliza las ecuaciones de continuidad y cantidad de movimiento de Saint Venant para escurrimiento no permanente y unidimensional en canales abiertos, cuya obtención está basada en un trabajo de James Liggett a partir de una publicación de Mahmmod y Yevjevich².

¹ US Army Corps of Engineers, “HEC RAS River Analysis System” - Hydraulic Reference Manual V3.1. Nov 2002

² Mahmmod y Yevjevich “Unsteady Flows in Open Channels”. 1975

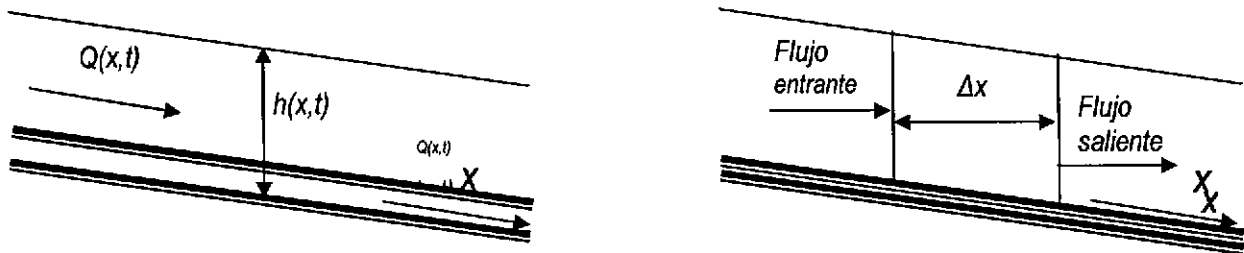
9.5.1 Ecuación de Continuidad

La conservación de la masa para un volumen de control establece que **“el flujo neto que atraviesa un volumen de control es igual a la tasa de cambio del almacenamiento en el volumen de control”**.

Considere un volumen de control elemental como el que se muestra en la figura 1. La distancia x se mide a lo largo del canal. En el centro del volumen de control, al flujo y el área de escurrimiento se consideran $Q(x,t)$ y A_T respectivamente. El área de flujo total, es la suma del área activa y la del área de almacenamiento S .

Figura N°9.1

Volumen de control elemental para la obtención de las ecuaciones de de continuidad y de cantidad de movimiento



El flujo de entrada se puede escribir como:

$$Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \tag{1}$$

y el flujo de salida como:

$$Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \tag{2}$$

y la tasa de almacenamiento como:

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} \Delta x \tag{3}$$

Asumiendo que Δx es pequeño, el cambio de masa en el volumen de control es:

$$\rho \frac{\partial A_T}{\partial t} \Delta x = \rho \left[\left(Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) + Q_1 \right] \tag{4}$$

Donde, Q_1 es el flujo lateral que entra al volumen de control y ρ la densidad del fluido. Simplificando y dividiendo por $\rho \Delta x$, se obtiene la forma conocida de la ecuación de continuidad.

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_1 = 0 \quad (5)$$

Siendo q_1 el flujo lateral que ingresa por unidad de longitud.

9.5.2 Ecuación de Cantidad de Movimiento

La ecuación de cantidad de movimiento es expresada por la segunda ley de Newton de la siguiente manera:

$$\sum F = \frac{dM}{dt} \quad (6)$$

Esta ecuación establece que *"la suma de todas las fuerzas exteriores que actúan sobre un volumen de control, es igual al flujo neto de cantidad de movimiento que atraviesa la superficie de control, más la tasa de cambio de la misma dentro del volumen de control"*. Como esta ecuación es vectorial, se debe desarrollar para cada dirección, que por lo general es la dirección del escurrimiento, de ahí la consideración de flujo unidimensional.

Las fuerzas que intervienen en el proceso son 3: 1) presión, 2) de gravedad y 3) de fricción.

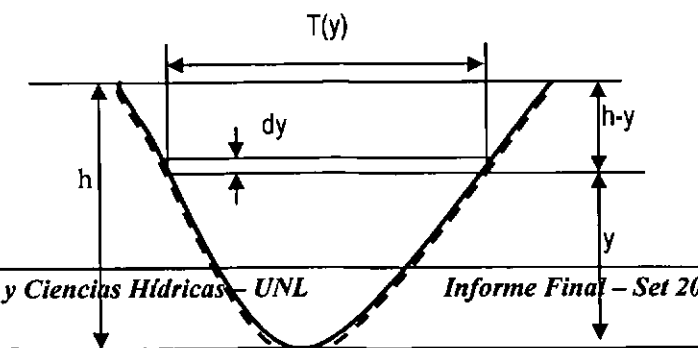
Fuerzas de Presión: la distribución de presión se asume hidrostática, es decir varía linealmente con la profundidad y su fuerza total en una sección cualquiera, se puede calcular integrándola en el área total de la siguiente manera.

$$F_p = \int_0^h \rho g (h - y) T(y) dy \quad (7)$$

Donde: h es la profundidad del flujo, $T(y)$ es un ancho en función de la profundidad y F_p es la fuerza en el punto medio del volumen de control en la dirección X. La figura 8.2. esquematiza lo mencionado.

Figura N°9.2

Esquema de las fuerzas de presión



Asumiendo que F_p es la fuerza de presión en el punto medio del volumen de control, las fuerzas de presión en la sección aguas arriba y abajo del VC son respectivamente.

$$F_p - \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad \text{y} \quad F_p + \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

Considerando el total de las fuerzas de presión actuantes tanto en la sección transversal como en las márgenes que denominaremos F_b , la suma de las fuerzas de presión es:

$$F_{pn} = \left[F_p - \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] - \left[F_p + \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] + F_b$$

F_{pn} es la fuerza de presión neta en el volumen de control y F_b es la ejercida por las márgenes en la dirección de X. Operando tenemos:

$$F_{pn} = -\frac{\partial F_p}{\partial x} \Delta x + F_b \quad (8)$$

Diferenciando la (7) y sustituyendo en (8), la ecuación de cantidad de movimiento queda:

$$F_{pn} = -\rho g \Delta x \left[\frac{\partial h}{\partial x} \int_0^h T(y) dy + \int_0^h (h-y) \frac{\partial T(y)}{\partial x} dy \right] + F_b \quad (9)$$

Donde la primera integral representa (multiplicada por $-\rho g \Delta x$) el área en la dirección transversal del flujo y la segunda, la fuerzas ejercidas sobre las márgenes, que son iguales a F_b pero de sentido contrario, por lo tanto la fuerza neta debida a las presiones será

$$F_{pn} = -\rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x \quad (10)$$

Fuerzas de Gravedad: esta fuerza sobre el volumen de control viene dada por:

$$F_g = \rho g A \text{ sen } \theta \Delta x \quad (11)$$

Siendo θ el ángulo de la pendiente del canal que en ríos naturales es similar a $\partial Z/\partial x$, que se puede escribir como:

$$F_g = -\rho g A \frac{\partial Z_0}{\partial x} \Delta x \quad (12)$$

Fuerzas de fricción: esta fuerza viene dada por:

$$F_f = -\tau_0 P \Delta x \quad (13)$$

Donde, τ_0 es la tensión de fricción y P , es el perímetro mojado de la sección transversal. El signo menos indica que se opone al movimiento. A partir del análisis dimensional, el valor de τ_0 se puede calcular en términos de un coeficiente de arrastre:

$$\tau_0 = C_D \rho V^2 / 2 \quad (14)$$

Donde C_D se puede expresar según Chezy: g/C^2 y teniendo en cuenta que la velocidad según Chezy se puede calcular como:

$$V = C \sqrt{RS_f} \quad (15)$$

Donde S_f es la pendiente de fricción.

Usando, en la ecuación 15, el coeficiente propuesto por Manning, la pendiente de fricción se puede calcular como:

$$S_f = \frac{Q|Q|n^2}{R^{4/3}A^2} \quad (16)$$

Donde: R es radio Hidráulico y n : el coeficiente de fricción de Manning.

Teniendo en cuenta que el flujo de cantidad de movimiento que atraviesa la superficie de control es:

$$-\rho \frac{\partial(QV)}{\partial x} \Delta x$$

Y que la variación de cantidad de movimiento dentro del volumen de control es:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho Q \Delta x) = \rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t}$$

La ecuación de cantidad de movimiento se puede escribir como sigue:

$$\rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t} = -\rho \Delta x \frac{\partial(QV)}{\partial x} - \rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x - \rho g A \frac{\partial Z_0}{\partial x} \Delta x - \rho g A S_f \Delta x \quad (17)$$

Teniendo en cuenta que la cota de la superficie del agua esta dada por $Z = Z_0 + h$, por lo tanto:

$$\frac{\partial Z}{\partial x} = \frac{\partial Z_0}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x}$$

La ecuación de cantidad de movimiento finalmente queda:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(QV)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial Z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (18)$$

Las ecuaciones (5) y (18) constituyen las ecuaciones de Saint Venant y se deben resolver conjuntamente para cada Δt y para cada rama o conjunto de ellas (red) del río.

La red de escurrimiento se esquematiza como un conjunto de ramas interconectadas, vinculadas entre sí por medio de nodos. Los nodos pueden ser: a) internos: donde se unen 2 ó más ramas; en algunos de estos nodos eventualmente puede ser necesaria la imposición de una condición de borde interna y b) externos: donde se especifica una condición de borde externa.

Las ramas se subdividen en segmentos por medio de perfiles transversales, de acuerdo a factores geométricos, hidráulicos y computacionales.

Para realizar la esquematización se tienen en cuenta los siguientes aspectos.

- Las características físicas, tanto en lo referente a la ubicación planimétrica de los aportes laterales al tramo en estudio, como a la geometría propia, de modo de representar adecuadamente las variaciones de la misma.
- La infraestructura vial y ferroviaria, que introduce modificaciones en las condiciones naturales de escurrimiento.
- El condicionante numérico, dado por la relación entre los incrementos de tiempo y longitud de segmento o tramo

Para resolver las ecuaciones dentro de una región delimitada es necesario conocer las condiciones iniciales y de borde de las variables dependientes.

Condiciones iniciales: son los valores correspondientes al instante inicial ($t=0$), de cada corrida, de las variables que representan el nivel del pelo de agua y el caudal en todas las secciones transversales.

Condiciones de borde externas: estas condiciones pueden ser:

$$\begin{aligned} H - H_b(t) &= 0 \\ Q - Q_b(t) &= 0 \end{aligned}$$

Donde H es la elevación de la superficie del agua y Q es el caudal.

Las funciones H_b y Q_b se integran al modelo (limnigramas o hidrogramas). Los valores de las funciones para cada instante $t = j\Delta t$ se podrán calcular por medio de interpolación. Para el borde de aguas abajo, como alternativa se podrá utilizar una curva de descarga:

$$Q - f(H) = 0$$

Condiciones de borde internas: en las líneas de conducción existen secciones en las cuales no son aplicables las ecuaciones de Saint Venant, como por ejemplo las estructuras de control, los puentes y sus respectivos terraplenes cuando éstos son sobrepasados. En el caso de las primeras, se produce una discontinuidad en las variables y los terraplenes, cuando son superados, funcionan como vertederos de pared ancha. Por lo tanto, las estructuras son consideradas como condiciones de borde internas.

Cada una de estas secciones incorpora dos incógnitas Q y H . Cada condición de borde interna se define en un tramo corto Δx entre dos secciones i e $i+1$, en la cual el flujo es gobernado por las ecuaciones:

$$\begin{aligned} Q_{i+1}^{j+1} &= Q_i^{j+1} \\ Q_i^{j+1} &= Q_s \end{aligned}$$

Donde Q_s es el caudal de salida de la estructura (a través del vertedero u otro dispositivo de evacuación).

El caudal que atraviesa una estructura depende los niveles aguas arriba y abajo de la misma. Para esta situación, el modelo cuenta con subrutinas que permiten utilizar curvas de descargas impuestas por el usuario o bien calculadas automáticamente en función valores de coeficientes típicos para la estructura, los que también pueden ser suministrados por al usuario.

En los nodos internos sin condición de borde se deben cumplir la continuidad de masa y compatibilidad de niveles. La asignación de estas condiciones internas es ejecutada automáticamente por el modelo, para lo cual se identifican las ramas que convergen a cada nodo, de acuerdo a la esquematización realizada del sistema.

La condición de compatibilidad de niveles para una unión interna k , a la cual convergen n ramas, es:

$$H(k, m) = H(k, m + 1); \quad n = 1, 2, \dots, n - 1$$

La condición de continuidad de caudales es:

$$\sum_{m=1}^n Q(k, m) = 0$$

Por lo tanto, en una unión interna de n ramas hay una condición de continuidad de caudales y $(n-1)$ condiciones de compatibilidad de alturas.

Los parámetros de mayor significación en el control computacional son el incremento de tiempo Δt , la longitud de los segmentos Δx y el factor de ponderación en el tiempo de diferencias finitas. La determinación de valores apropiados de estos parámetros es importante porque ellos tienen efecto en la precisión, convergencia y estabilidad del modelo.

Una vez seleccionado el incremento de longitud, se adopta el incremento de tiempo considerando la condición de Courant. Esta condición establece que, adoptado el paso de tiempo a usar en el modelo, no se podrá exceder un valor de referencia de Cr , para no tener una pérdida significativa de precisión en los resultados calculados. En general dicho valor está comprendido entre 10 y 15 y la expresión de dicha condición es la siguiente:

$$\frac{\Delta t}{\Delta x} (v \pm \sqrt{g y}) \leq Cr$$

Donde Δt es el incremento de tiempo; Δx es la longitud del segmento; v es la velocidad media del flujo; g es la aceleración de la gravedad; y es la profundidad media del flujo y Cr es el N° de Courant.

El modelo posee además una rutina que permite interpolar matemáticamente secciones entre las declaradas en el modelo.

Los parámetros de ajuste del modelo hidrodinámico son los coeficientes de rugosidad del cauce principal y planicie de desborde de cada sección transversal y, para cada una de éstas, se definen los sectores afectados a cada coeficiente por medio de progresivas en el perfil transversal.

La geometría del sistema se incorpora en forma de tablas que contienen: longitud acumulada del perfil - cota - progresiva en la rama. El modelo elabora internamente una tabla que contiene cota - área mojada - radio hidráulico y ancho para el cauce principal y valle de todos los perfiles transversales.

Como las ecuaciones se plantean para un segmento de cauce, la totalidad del tramo se debe resolver mediante un sistema de ecuaciones no lineales. En el modelo, se resuelve por medio de un esquema numérico de diferencias finitas de 4 puntos (o de caja) que es el más común de ellos. Esto es debido a su probada efectividad y seguridad en la obtención de las soluciones (estabilidad y convergencia de solución) como lo han demostrado Fread (1974), Liggett y Cunge (1975) y Amein (1978). En un

esquema de este tipo, las variables de estado (altura y caudal) son evaluadas en cada paso de tiempo de manera simultánea en el interior de la “caja” en un punto $(n+\theta)\Delta t$ (intermedio entre dos pasos de tiempos sucesivos) para θ variando entre 0,5 y 1 y permite obtener en cualquier punto la información de dichos estados para cualquier momento del tiempo de simulación, aplicando el método de Newton-Raphson³ (Cap. 2, Flujo No estacionario).

La geometría del sistema se incorpora para el cauce principal y valle de inundación de todos los perfiles transversales considerados y el modelo los utiliza en forma de tablas cota - área - ancho, debiéndose ingresar al modelo además de los perfiles (que deben llevar una designación), las distancias entre ellos.

9.6 Implementación del Modelo

El armado del esquema topológico se basó en la descripción de la dinámica hídrica, la información disponible y el reconocimiento de campo.

De acuerdo a la descripción de la dinámica hídrica, el sistema, que es anastomosado, funciona como un Sistema Hidrológico No Típico, es decir con algunos cauces definidos, pero también a través del desborde de sistemas lagunares, esteros y/o bañados, lo cual se puede observar en la imagen mostrada en el informe de Dinámica Hídrica.

Se representaron en el borde de aguas arriba las entradas de los cursos Saladillo, Palometa – Salado, Paraná Mini y Charo o Charra.

Los caudales aportados por el río Tapenagá, al igual que los del sistema Línea Paraná - Tramo I, se implementaron como laterales.

El borde de aguas abajo del modelo se situó en la transecta de Villa Ocampo y se implementó mediante una curva Altura - Caudal (H – Q).

Los perfiles utilizados se obtuvieron mayormente por interpolaciones, al tenerse en todo el sistema, de unos 65 km de longitud en la dirección predominante del escurrimiento, sólo cuatro perfiles transversales.

Por lo tanto, las áreas afectadas en cada escenario se determinaron en función de los anchos calculados por el modelo como sumatoria de áreas superficiales parciales entre secciones consecutivas del valle.

³ US Army Corps of Engineers. “HEC RAS River Analysis System” - Hydraulic Reference Manual V4.0 Junio 2005

Las áreas se calcularon mediante un programa “ad hoc” que toma los anchos calculados por el modelo y determina las áreas superficiales entre secciones sucesivas y posteriormente las suma. El resultado de esta sumatoria es la superficie cubierta por las aguas para cada escenario.

El modelo se inicia en coincidencia con el perfil conformado P1, elaborado a partir de la información topobatemétrica proporcionada por el Comitente. Se dividió en 4 ramas (R1, R2, R3 y R4), cada una con una función caudal – tiempo como condición de borde de aguas arriba. Representan los aportes de los cursos: Saladillo, Palometa – Salado, Paraná Miní, Revolcado – El Charo o Charra.

En la transecta P2, que se encuentra en Florencia y representando el sitio de ingreso de las aguas del río Tapenagá al valle de inundación, se unen la rama R1 (arroyo Saladillo) y la rama R2 (que representa la conducción de los aportes del río Salado y del arroyo Palometa), formando la rama R5, representativa del escurrimiento del río Paraná Miní.

La rama R3 representa los aportes del río Salado y la conducción del Paranacito y la rama R4 y el arroyo Charra o Charo. Las ramas R8 y R9 son auxiliares y se trata de conexiones entre las ramas R2, R3 y R4.

La rama R5 nace en el nodo N1, que es la unión de las ramas R1 y R2 y constituye al río Paraná Miní luego de dicha unión.

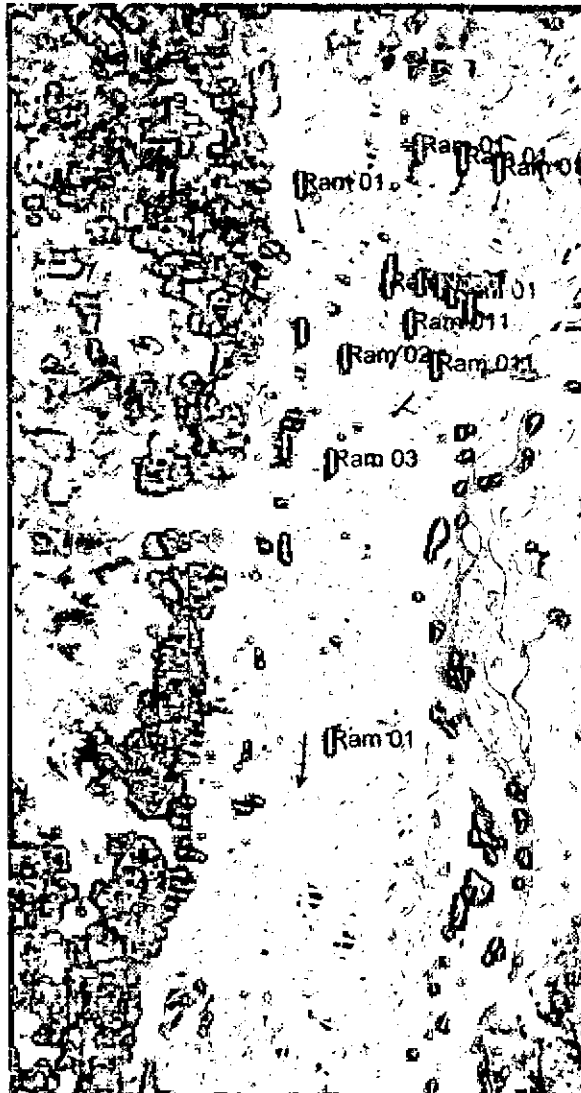
La rama R6 es también al río Paraná Miní, pero luego de la unión en el nodo N2 de las ramas R5 y R3.

En el nodo N3 se unen las ramas R6 y R4 y de allí nace la rama R7, que representa al río Paraná Miní.

La rama R7 termina y es donde se ubica la condición de aguas abajo (función H-Q), en la transecta P4, en Villa Ocampo.

El plano N°MO-2 muestra el esquema topológico implementado y la figura N°9.3, al elaborado por el modelo sobre la imagen de la región.

Figura N°9.3
Esquema Topológico



Las secciones que se aprecian en color marrón oscuro corresponden a los perfiles entregados por el Comitente, mientras que los verdes son los interpolados por el modelo.

La zona de mayor interés del estudio es aproximadamente a partir de donde aparece en la figura el río Paraná (ingreso en margen derecha del río Tapenagá) hasta donde finaliza la representación del modelo

En el plano N°MO-2 se pueden apreciar las ramas representativas de los cursos constitutivos del sistema, ramas R1 a R7 y dos auxiliares (ramas R8 y R9) y sus nodos de unión.

A continuación se presentan los cursos que representa cada rama.

- Rama 1: A° Saladillo
- Rama 2: Río Paraná Mini - Palometa
- Rama 3: Río Paranacito - Salado
- Rama 4: A° Revolcado – A° Charra o Charo
- Rama 5: Río Paraná Mini
- Rama 6: Río Paraná Mini
- Rama 7: Río Paraná Mini
- Ramas 8 y 9: Conexiones Auxiliares entre las ramas R2, R3 y R4

Las longitudes de cada rama, fueron estimadas en la representación del modelo al introducir una imagen georreferenciada de fondo para elaborar la topología, como se muestra en la figura 8.3.

Al respecto las longitudes de las mismas son:

**Tabla N°9.1
Longitud de las Ramas**

Rama	Longitud (km)
R1	14.350
R2	10.901
R3	18.730
R4	18.770
R5	5.484
R6	7.910
R7	32.500

Los perfiles interpolados se determinaron teniendo en cuenta lo mencionado en el ítem referido a las características del modelo y la experiencia en modelación. Los perfiles se interpolaron cada 750 m y son las rectas de color verde de la figura N°8.3. El paso de tiempo fue de 2 horas, ya que las velocidades que se pueden dar en el sistema en las condiciones de simulación son del orden de los 0.70 a 1.00 m/s, resultando el N° de Courant entre 6.7 y 9.6.

El aporte del A° Tapenagá se incorpora como caudal lateral en la progresiva km 3.864 de la rama R1 (A° Saladillo); los caudales de Línea Paraná ingresan en el km 28.807 de la rama R7 (río Paraná Mini).

9.7 Calibración

No se cuenta con datos para efectuar una calibración contrastando resultados calculados con mediciones de alturas o caudales, por lo que se realizó la adjudicación de valores a los coeficientes de resistencia ("n" de Manning) en función de la experiencia en modelación de sistemas similares y de los que recomienda la bibliografía específica⁴.

9.8 Explotación

9.8.1 Escenarios

Las corridas se efectuaron para cada uno de los escenarios planteados y para los estados de aguas bajas y medias.

Escenario 1: Sistema únicamente con aportes del río Salado de Recurrencia 2 años ($Q=86 \text{ m}^3/\text{s}$).

Escenario 2: Sistema únicamente con aportes del río Salado de Recurrencia 10 años ($Q=212 \text{ m}^3/\text{s}$).

Escenario 3: Sistema combinado con Esc. 1 + Aportes Tapenagá ($Q 20 \text{ m}^3/\text{s}$).

Escenario 4: Sistema con aporte del Sistema Línea Paraná en obra actual ($Q=35 \text{ m}^3/\text{s}$).

Escenario 5: Sistema con aporte del Sistema Línea Paraná en obra ampliada ($Q=50 \text{ m}^3/\text{s}$).

Escenario 6: Sistema con aporte del Sistema Línea Paraná en obra ampliada ($Q=75 \text{ m}^3/\text{s}$).

Escenario 7: Sistema con aporte del Sistema Línea Paraná en obra ampliada ($Q=100 \text{ m}^3/\text{s}$).

Escenario 8: Sistema combinado con Esc. 3 + Esc. 4.

Escenario 9: Sistema combinado con Esc. 3 + Esc. 5.

Escenario 10: Sistema combinado con Esc. 3 + Esc. 6.

Escenario 11: Sistema combinado con Esc. 3 + Esc. 7.

⁴ CHOW, V.T. "Open Channels Hydraulics" Ed. Mc Graw Hill. 1959

El escenario 1 incluye los aportes del río Palometa ya que este río se une al Salado antes de ingresar al Sistema modelado, tal cual se describe en la Dinámica Hídrica Superficial.

9.8.2 Condiciones Iniciales

Estos escenarios se evaluaron para estados de aguas bajas y medias del propio Sistema del Valle de Inundación.

Estas condiciones se estimaron mediante corridas para combinaciones de caudales que establecieran para las transectas de Florencia y Va. Ocampo: a) aguas bajas en los cauces y b) cauces llenos, a punto de desborde.

Aguas abajo, en la salida del modelo, se estableció una curva de descarga $f(H,Q)=0$. Se determinaron así, los estados de los bañados a efectos de evaluar el incremento de sus áreas por tránsito de crecidas.

Estos estados se consideraron como básicos del sistema para tener en cuenta aguas bajas y medias propias, independientemente del río Paraná.

Es necesario remarcar que estos estados representan el sistema físico actual con escurrimientos que provienen de aportes base de los cursos que lo alimentan. Sobre ellos se montaron cada uno de los escenarios planteados.

Los caudales para las ramas de entrada (R1, R2, R3 y R4) del modelo fueron:

- Aguas Bajas: 10m³/s, 28 m³/s, 30 m³/s, 10 m³/s, respectivamente.
Total: 78 m³/s
- Aguas Medias: 20m³/s, 30 m³/s, 35 m³/s, 20 m³/s, respectivamente.
Total: 105 m³/s

La curva H - Q de aguas abajo, en la rama R7, es la siguiente.

Tabla N°9.2
Pares de Valores Nivel de Pelo de Agua (H) – Caudal (Q)

Nº	H (m IGM)	Q (m3/s)	Nº	H (m IGM)	Q (m3/s)
1	34.26	0.00	18	38.51	444.00
2	34.51	0.10	19	38.76	633.70
3	34.76	0.80	20	39.01	908.90
4	35.01	2.20	21	39.26	1248.60
5	35.26	4.80	22	39.51	1611.00

Nº	H (m IGM)	Q (m3/s)	Nº	H (m IGM)	Q (m3/s)
6	35.51	8.80	23	39.76	2044.20
7	35.76	14.30	24	40.01	2558.30
8	36.01	19.50	25	40.26	3127.10
9	36.26	30.60	26	40.51	3789.60
10	36.51	45.90	27	40.76	4506.90
11	36.76	66.50	28	41.01	5279.30
12	37.01	93.70	29	41.26	6103.00
13	37.26	128.00	30	41.51	6975.90
14	37.51	172.60	31	41.76	7896.80
17	37.76	226.40	32	42.01	8864.50
16	38.01	280.10	33	42.26	9873.20
17	38.26	324.70			

9.8.3 Explotación

Para la modelación de cada escenario sobre la base de las condiciones iniciales establecidas para estado medio o bajo, se reemplaza cada entrada en la rama correspondiente por la del hidrograma del escenario que se quiere simular.

A los efectos de la presentación de cómo se obtienen los resultados con el modelo, se muestra una salida del mismo (Esc. 11 para estado de aguas medias). Cabe mencionar que se presentan para cada rama, solamente los valores correspondientes a las áreas de interés y no en la totalidad de su extensión.

**Tabla Nº9.3
Escenario 11 de Aguas Medias - Resultados**

Rama	Progr. (km)	Q Total (m3/s)	Nivel Peio de Agua (m)	Vel. Media (m/s)	Área (m ²)	Ancho Total (m)
R6	0.000	159.11	39.27	0.57	664.49	1104.03
R6	710000*	159.11	39.40	0.50	800.66	1751.42
R6	1.42*	159.11	39.50	0.47	932.21	2075.63
R6	2.13*	159.11	39.57	0.43	1038.88	2314.09
R6	2.84*	159.11	39.64	0.40	1123.53	2381.75
R6	3.55*	159.11	39.70	0.38	1192.34	2429.68
R6	4.26*	159.11	39.75	0.36	1248.64	2467.31
R6	4.97*	159.11	39.80	0.34	1295.73	2497.95
R6	5.68*	159.11	39.84	0.33	1334.80	2523.41
R6	6.39*	159.11	39.88	0.32	1363.49	2541.50
R6	7.100	159.11	39.92	0.31	1385.78	2556.45
R5	0.000	159.11	39.92	0.18	1121.14	2423.60

"Estudio de los Impactos por la Ampliación de la Obra Línea Paraná"

Rama	Progr. (km)	Q Total (m3/s)	Nivel Pelo de Agua (m)	Vel. Media (m/s)	Área (m ²)	Ancho Total (m)
R5	.719090*	83.66	39.93	0.21	875.47	1967.43
R5	1.43818*	83.66	39.95	0.24	694.66	1603.39
R5	2.15727*	83.66	39.97	0.28	559.05	1201.48
R5	2.87636*	83.66	40.00	0.32	463.24	1092.85
R5	3.59545*	83.66	40.04	0.37	380.85	1080.50
R5	4.31454*	83.66	40.09	0.41	311.77	1043.37
R5	5.03363*	83.66	40.16	0.45	259.94	945.47
R5	5.75272*	83.66	40.23	0.49	232.60	774.94
R5	6.47181*	83.66	40.33	0.53	222.52	693.83
R5	7.19090*	83.66	40.43	0.57	224.92	659.68
R5	7.910	83.66	40.54	0.08	1969.39	1462.90
R3	0.000	75.45	39.92	0.09	1830.43	1589.82
R3	.680000*	75.45	39.92	0.11	1649.70	1716.73
R3	1.36*	75.45	39.93	0.13	1431.57	1819.56
R3	2.04*	75.45	39.93	0.16	1186.53	1892.96
R3	2.72*	75.45	39.94	0.20	928.09	1908.36
R3	3.4*	75.45	39.96	0.25	682.96	1873.89
R3	4.08*	75.45	39.99	0.32	486.99	1652.40
R3	4.76*	75.45	40.05	0.39	382.66	1287.18
R3	5.44*	75.45	40.14	0.45	338.50	1234.63
R3	6.12*	75.45	40.27	0.49	335.69	1239.35
R3	6.800	75.45	40.43	0.09	10170.73	10363.03
R7	0.000	282.59	38.02	0.10	9629.73	10160.95
R7	.738629*	282.62	38.03	0.10	9104.05	9956.82
R7	1.47726*	282.65	38.03	0.11	8592.36	9760.49
R7	2.21590*	282.68	38.03	0.11	8094.16	9578.62
R7	2.95454*	282.71	38.03	0.12	7611.38	9369.82
R7	3.69317*	282.73	38.04	0.12	7144.10	9018.70
R7	4.43181*	282.76	38.04	0.13	6701.18	8621.94
R7	5.17045*	282.78	38.05	0.13	6275.07	8343.44
R7	5.90908*	282.81	38.05	0.14	5869.03	8080.36
R7	6.64772*	282.83	38.06	0.15	5479.33	7812.73
R7	7.38636*	282.85	38.06	0.15	5108.84	7511.21
R7	8.12499*	282.87	38.07	0.16	4756.72	7256.73
R7	8.86363*	282.89	38.08	0.17	4421.80	6999.65
R7	9.60227*	282.91	38.09	0.18	4111.38	6603.80
R7	10.3409*	282.93	38.10	0.19	3825.92	6170.24
R7	11.0795*	282.94	38.11	0.20	3567.35	5873.02
R7	11.8181*	282.96	38.12	0.21	3329.91	5652.26
R7	12.5568*	282.98	38.14	0.22	3110.21	5418.44
R7	13.2954*	282.99	38.16	0.23	2911.54	5191.82
R7	14.0340*	283.00	38.18	0.24	2736.96	4913.16
R7	14.7727*	283.01	38.20	0.25	2581.28	4579.42
R7	15.5113*	283.02	38.22	0.27	2447.76	4413.56
R7	16.25*	283.04	38.25	0.28	2337.58	4363.50
R7	16.9886*	283.05	38.28	0.29	2241.76	4348.22
R7	17.7272*	283.05	38.32	0.30	2163.26	4313.71

Rama	Progr. (km)	Q Total (m ³ /s)	Nivel Pelo de Agua (m)	Vel. Media (m/s)	Área (m ²)	Ancho Total (m)
R7	18.4659*	283.06	38.35	0.31	2109.19	4356.87
R7	19.2045*	283.07	38.40	0.32	2074.27	4446.56
R7	19.9431*	283.07	38.44	0.33	2052.97	4533.51
R7	20.6818*	283.08	38.49	0.34	2048.16	4581.91
R7	21.4204*	283.08	38.54	0.35	2063.30	4681.55
R7	22.1590*	283.09	38.60	0.35	2094.62	4792.89
R7	22.8977*	283.09	38.66	0.36	2128.89	4893.52
R7	23.6363*	283.09	38.71	0.36	2167.94	5128.14
R7	24.375*	283.10	38.77	0.36	2215.91	5309.93
R7	25.1136*	283.10	38.83	0.36	2283.13	5598.89
R7	25.8522*	283.10	38.89	0.36	2363.84	5912.51
R7	26.5909*	283.10	38.95	0.35	2437.62	6024.07
R7	27.3295*	283.10	39.01	0.36	2499.42	6068.14
R7	28.0681*	283.11	39.07	0.23	2474.94	6010.68
R7	28.8068*	183.11	39.11	0.24	2359.67	5762.04
R7	29.5454*	183.11	39.14	0.25	2263.65	5595.97
R7	30.2840*	183.11	39.17	0.25	2185.42	5362.44
R7	31.0227*	183.11	39.20	0.26	2135.54	5040.81
R7	31.7613*	183.11	39.23	0.26	2111.80	4814.31
R7	32.500	183.11	39.27	0.06	1287.70	3657.62
R4	0.000	24.00	39.27	0.07	1061.77	2930.69
R4	.688889*	24.00	39.27	0.07	884.37	2530.18
R4	1.37777*	24.00	39.28	0.08	732.85	2204.70
R4	2.06666*	24.00	39.28	0.08	601.17	1997.44
R4	2.75555*	24.00	39.29	0.09	485.70	1805.41
R4	3.44444*	24.00	39.30	0.11	388.04	1557.42
R4	4.13333*	24.00	39.31	0.12	309.49	1399.18
R4	4.82222*	24.00	39.34	0.14	249.73	1292.75
R4	5.51111*	24.00	39.37	0.15	210.18	1217.11
R4	6.200	24.00	39.42	0.16	201.02	1170.03
R4	6.700	24.00	39.46	0.16	171.98	899.25
R4	7.38666*	24.00	39.52	0.16	161.70	736.99
R4	8.07333*	24.00	39.59	0.16	163.29	600.64
R4	8.76*	24.00	39.66	0.16	170.45	577.70
R4	9.44666*	24.00	39.73	0.16	177.73	578.96
R4	10.1333*	24.00	39.80	0.16	190.72	752.33
R4	10.82*	24.00	39.87	0.16	213.93	887.92
R4	11.5066*	24.00	39.95	0.16	246.61	1095.89
R4	12.1933*	24.00	40.02	0.15	278.81	1083.71
R4	12.880	24.00	40.09	0.57	664.49	1104.03

Nota: (*) significa perfil interpolado por el modelo.

Se presenta a continuación una tabla con los resultados de la modelación respecto de los niveles de pelo de agua para cada estado de aguas y para cada escenario, además de la diferencia de niveles generada por los aportes adicionales.

Los niveles de pelo de agua en Villa Ocampo pueden compararse con los de Bella Vista, ya que están prácticamente enfrentadas, una en cada margen del río Paraná. En la tabla se puede observar que el nivel para el estado de aguas bajas es de 36.93 m IGM y para aguas medias, de 37.14 m IGM, que como se ha dicho antes, corresponden a estados de cauces interiores con aguas bajas y a estados de cauces a punto de inundar islas o bañados (se chequeó en donde los perfiles relevados). Estos valores son algo menores al valor medio en Bella Vista, que es de 37.23 m IGM. La altura mínima de recurrencia 2 años es de 35.96 m IGM, es decir que los valores en el valle están un metro por encima de ellos. Al mismo tiempo, la altura máxima de recurrencia 2 años es de 39.58 m IGM, por lo que las alturas en el valle son alrededor de 1.5 m menores.

Los resultados se presentan para cada sitio de interés.

Tabla N°9.4
Escenarios y Estados de Aguas Bajas y Medias
Nivel de Pelo de Agua

Escenario/Rama	Niv. Agua Estado (m IGM)	Niv. Agua Escenario (m IGM)	Diferenc. (Esc-Est) (m)	Sitio
Estado de Aguas Bajas				
<i>Salado R2 años</i>				
Rama 5	39.90	40.16	0.26	Florencia
Rama 3	39.71	40.42	0.71	Florencia
Rama 4	39.90	39.93	0.03	Florencia
Rama 7	38.25	38.66	0.41	Línea Paraná
Rama 7	37.07	37.51	0.44	Las Toscas
Rama 7	36.93	37.35	0.42	Villa Ocampo
<i>Salado R10 años</i>				
Rama 5	39.90	40.48	0.58	Florencia
Rama 3	39.71	40.87	1.16	Florencia
Rama 4	39.90	39.95	0.05	Florencia
Rama 7	38.25	39.09	0.84	Línea Paraná
Rama 7	37.07	38.15	1.08	Las Toscas
Rama 7	36.93	37.95	1.02	Villa Ocampo
<i>Salado R2+ TPGA</i>				
Rama 5	39.90	40.42	0.52	Florencia
Rama 3	39.71	40.43	0.72	Florencia
Rama 4	39.90	39.93	0.03	Florencia

Escenario/Rama	Niv. Agua Estado (m IGM)	Niv. Agua Escenario (m IGM)	Diferenc. (Esc-Est) (m)	Sitio
Rama 7	38.25	38.75	0.50	Línea Paraná
Rama 7	37.07	37.63	0.56	Las Toscas
Rama 7	36.93	37.46	0.53	Villa Ocampo
<i>Línea P.-Q 35 m3/s</i>				
Rama 5	39.90	39.90	0.00	Florencia
Rama 3	39.71	39.71	0.00	Florencia
Rama 4	39.90	39.90	0.00	Florencia
Rama 7	38.25	38.50	0.25	Línea Paraná
Rama 7	37.07	37.35	0.28	Las Toscas
Rama 7	36.93	37.20	0.27	Villa Ocampo
<i>Línea P.-Q 50 m3/s</i>				
Rama 5	39.90	39.91	0.01	Florencia
Rama 3	39.71	39.72	0.01	Florencia
Rama 4	39.90	39.90	0.00	Florencia
Rama 7	38.25	38.59	0.34	Línea Paraná
Rama 7	37.07	37.46	0.39	Las Toscas
Rama 7	36.93	37.30	0.37	Villa Ocampo
<i>Línea P.-Q 75 m3/s</i>				
Rama 5	39.90	39.92	0.02	Florencia
Rama 3	39.71	39.72	0.01	Florencia
Rama 4	39.90	39.90	0.00	Florencia
Rama 7	38.25	38.72	0.47	Línea Paraná
Rama 7	37.07	37.61	0.54	Las Toscas
Rama 7	36.93	37.44	0.51	Villa Ocampo
<i>Línea P.-Q100 m3/s</i>				
Rama 5	39.90	39.93	0.03	Florencia
Rama 3	39.71	39.73	0.02	Florencia
Rama 4	39.90	39.90	0.00	Florencia
Rama 7	38.25	38.82	0.57	Línea Paraná
Rama 7	37.07	37.75	0.68	Las Toscas
Rama 7	36.93	37.57	0.64	Villa Ocampo
<i>Lín. P.-Q35+TPGA</i>				
Rama 5	39.90	40.42	0.52	Florencia
Rama 3	39.71	40.44	0.73	Florencia
Rama 4	39.90	39.93	0.03	Florencia
Rama 7	38.25	38.88	0.63	Línea Paraná
Rama 7	37.07	37.82	0.75	Las Toscas
Rama 7	36.93	37.64	0.71	Villa Ocampo
<i>Lín. P.-Q50+TPGA</i>				
Rama 5	39.90	40.43	0.53	Florencia
Rama 3	39.71	40.44	0.73	Florencia
Rama 4	39.90	39.93	0.03	Florencia
Rama 7	38.25	38.93	0.68	Línea Paraná
Rama 7	37.07	37.90	0.83	Las Toscas
Rama 7	36.93	37.71	0.78	Villa Ocampo
<i>Lín. P.-Q75+TPGA</i>				
Rama 5	39.90	40.43	0.53	Florencia

Escenario/Rama	Niv. Agua Estado (m IGM)	Niv. Agua Escenario (m IGM)	Diferenc. (Esc-Est) (m)	Sitio
Rama 3	39.71	40.44	0.73	Florencia
Rama 4	39.90	39.93	0.03	Florencia
Rama 7	38.25	39.00	0.75	Línea Paraná
Rama 7	37.07	38.02	0.95	Las Toscas
Rama 7	36.93	37.83	0.90	Villa Ocampo
Lín. P.-Q100+TPGA				
Rama 5	39.90	40.43	0.53	Florencia
Rama 3	39.71	40.44	0.73	Florencia
Rama 4	39.90	39.93	0.03	Florencia
Rama 7	38.25	39.07	0.82	Línea Paraná
Rama 7	37.07	38.14	1.07	Las Toscas
Rama 7	36.93	37.94	1.01	Villa Ocampo

Estado de Aguas Medias				
Salado R2 años				
Rama 5	40.12	40.29	0.17	Florencia
Rama 3	39.86	40.42	0.56	Florencia
Rama 4	40.06	40.09	0.03	Florencia
Rama 7	38.47	38.75	0.28	Línea Paraná
Rama 7	37.29	37.63	0.34	Las Toscas
Rama 7	37.14	37.46	0.32	Villa Ocampo
Salado R10 años				
Rama 5	40.12	40.56	0.44	Florencia
Rama 3	39.86	40.87	1.01	Florencia
Rama 4	40.06	40.11	0.05	Florencia
Rama 7	38.47	39.14	0.67	Línea Paraná
Rama 7	37.29	38.24	0.95	Las Toscas
Rama 7	37.14	38.04	0.90	Villa Ocampo
Salado R2+ TPGA				
Rama 5	40.12	40.53	0.41	Florencia
Rama 3	39.86	40.43	0.57	Florencia
Rama 4	40.06	40.09	0.03	Florencia
Rama 7	38.47	38.83	0.36	Línea Paraná
Rama 7	37.29	37.74	0.45	Las Toscas
Rama 7	37.14	37.56	0.42	Villa Ocampo
Línea P.-Q 35 m3/s				
Rama 5	40.12	40.09	-0.03	Florencia
Rama 3	39.86	39.80	-0.06	Florencia
Rama 4	40.06	40.05	-0.01	Florencia
Rama 7	38.47	38.63	0.16	Línea Paraná
Rama 7	37.29	37.49	0.20	Las Toscas
Rama 7	37.14	38.63	1.49	Villa Ocampo
Línea P.-Q 50 m3/s				
Rama 5	40.12	40.13	0.01	Florencia
Rama 3	39.86	39.87	0.01	Florencia
Rama 4	40.06	40.06	0.00	Florencia
Rama 7	38.47	38.73	0.26	Línea Paraná

Escenario/Rama	Niv. Agua Estado (m IGM)	Niv. Agua Escenario (m IGM)	Diferenc. (Esc-Est) (m)	Sitio
Rama 7	37.29	37.62	0.33	Las Toscas
Rama 7	37.14	37.45	0.31	Villa Ocampo
Línea P.-Q 75 m3/s				
Rama 5	40.12	40.13	0.01	Florencia
Rama 3	39.86	39.87	0.01	Florencia
Rama 4	40.06	40.06	0.00	Florencia
Rama 7	38.47	38.83	0.36	Línea Paraná
Rama 7	37.29	37.66	0.37	Las Toscas
Rama 7	37.14	37.48	0.34	Villa Ocampo
Línea P.-Q100 m3/s				
Rama 5	40.12	40.14	0.02	Florencia
Rama 3	39.86	39.88	0.02	Florencia
Rama 4	40.06	40.06	0.00	Florencia
Rama 7	38.47	38.92	0.45	Línea Paraná
Rama 7	37.29	37.88	0.59	Las Toscas
Rama 7	37.14	37.70	0.56	Villa Ocampo
Lín. P.-Q35+TPGA				
Rama 5	40.12	40.53	0.41	Florencia
Rama 3	39.86	40.43	0.57	Florencia
Rama 4	40.06	40.09	0.03	Florencia
Rama 7	38.47	38.95	0.48	Línea Paraná
Rama 7	37.29	37.91	0.62	Las Toscas
Rama 7	37.14	37.73	0.59	Villa Ocampo
Lín. P.-Q50+TPGA				
Rama 5	40.12	40.53	0.41	Florencia
Rama 3	39.86	40.43	0.57	Florencia
Rama 4	40.06	40.09	0.03	Florencia
Rama 7	38.47	38.99	0.52	Línea Paraná
Rama 7	37.29	37.99	0.70	Las Toscas
Rama 7	37.14	37.80	0.66	Villa Ocampo
Lín. P.-Q75+TPGA				
Rama 5	40.12	40.54	0.42	Florencia
Rama 3	39.86	40.43	0.57	Florencia
Rama 4	40.06	40.09	0.03	Florencia
Rama 7	38.47	39.05	0.58	Línea Paraná
Rama 7	37.29	38.11	0.82	Las Toscas
Rama 7	37.14	37.91	0.77	Villa Ocampo
Lín. P.-Q100+TPGA				
Rama 5	40.12	40.54	0.42	Florencia
Rama 3	39.86	40.43	0.57	Florencia
Rama 4	40.06	40.09	0.03	Florencia
Rama 7	38.47	39.11	0.64	Línea Paraná
Rama 7	37.29	38.22	0.93	Las Toscas
Rama 7	37.14	38.03	0.89	Villa Ocampo

A continuación se presenta una tabla en donde se incluyen las áreas inundadas cada escenario y estado de las aguas.

**Tabla N°9.5
Escenarios y Estados de Aguas Bajas y Medias.
Áreas Totales Inundadas**

Escenario	Áreas Totales Inundadas		
	Cauces (ha)	Valle de In. (ha)	Bañados (ha)
Estado de Aguas Bajas			
<i>Salado R2 años</i>			
	1634	7460	3070
<i>Salado R10 años</i>			
	1749	23426	3070
<i>Salado R2+ TPGA</i>			
	1660	9491	3070
<i>Línea P.-Q 35 m3/s</i>			
	1560	4107	3070
<i>Línea P.-Q 50 m3/s</i>			
	1578	4887	3070
<i>Línea P.-Q 75 m3/s</i>			
	1604	6578	3070
<i>Línea P.-Q100 m3/s</i>			
	1626	8542	3070
<i>Lín. P.-Q35+TPGA</i>			
	1688	12316	3070
<i>Lín. P.-Q50+TPGA</i>			
	1698	13726	3070
<i>Lín. P.-Q75+TPGA</i>			
	1713	16839	3070
<i>Lín. P.-Q100+TPGA</i>			
	1726	20648	3070
Estado de Aguas Medias			
<i>Salado R2 años</i>			
	1697	9526	4672
<i>Salado R10 años</i>			
	1781	26802	4672
<i>Salado R2+ TPGA</i>			
	1718	11853	4672

Escenario	Áreas Totales Inundadas		
	Cauces (ha)	Valle de In. (ha)	Bañados (ha)
<i>Línea P.-Q 35 m3/s</i>			
	1639	5801	4582
<i>Línea P.-Q 50 m3/s</i>			
	1665	7476	4672
<i>Línea P.-Q 75 m3/s</i>			
	1686	9419	4672
<i>Línea P.-Q100 m3/s</i>			
	1705	11676	4672
<i>Lín. P.-Q35+TPGA</i>			
	1739	14932	4672
<i>Lín. P.-Q50+TPGA</i>			
	1748	16817	4672
<i>Lín. P.-Q75+TPGA</i>			
	1759	20539	4672
<i>Lín. P.-Q100+TPGA</i>			
	1766	24293	4672

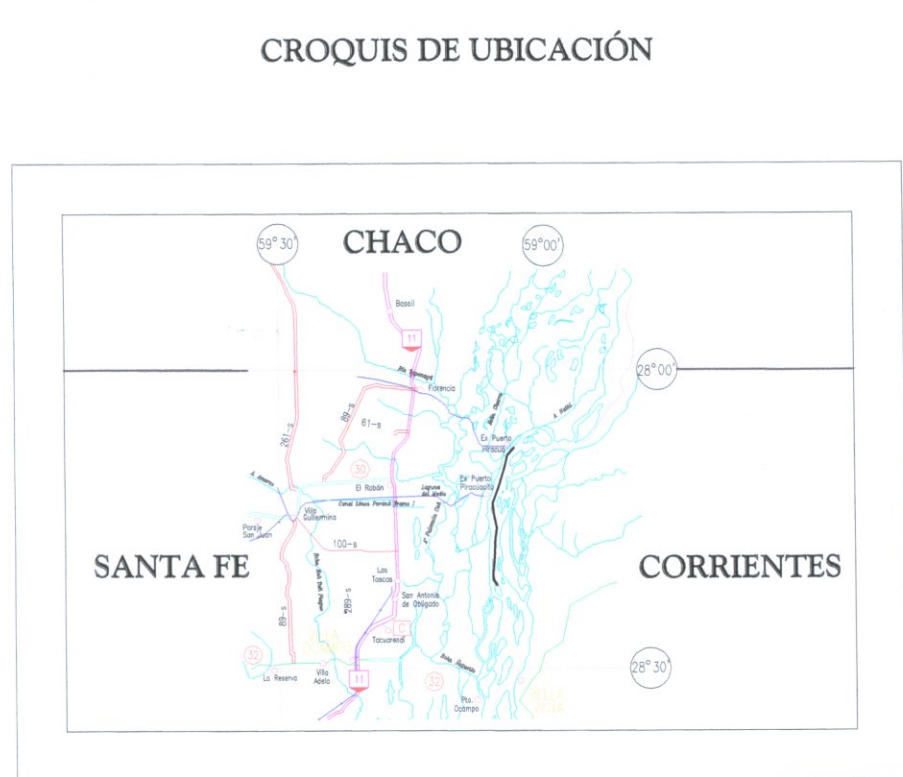
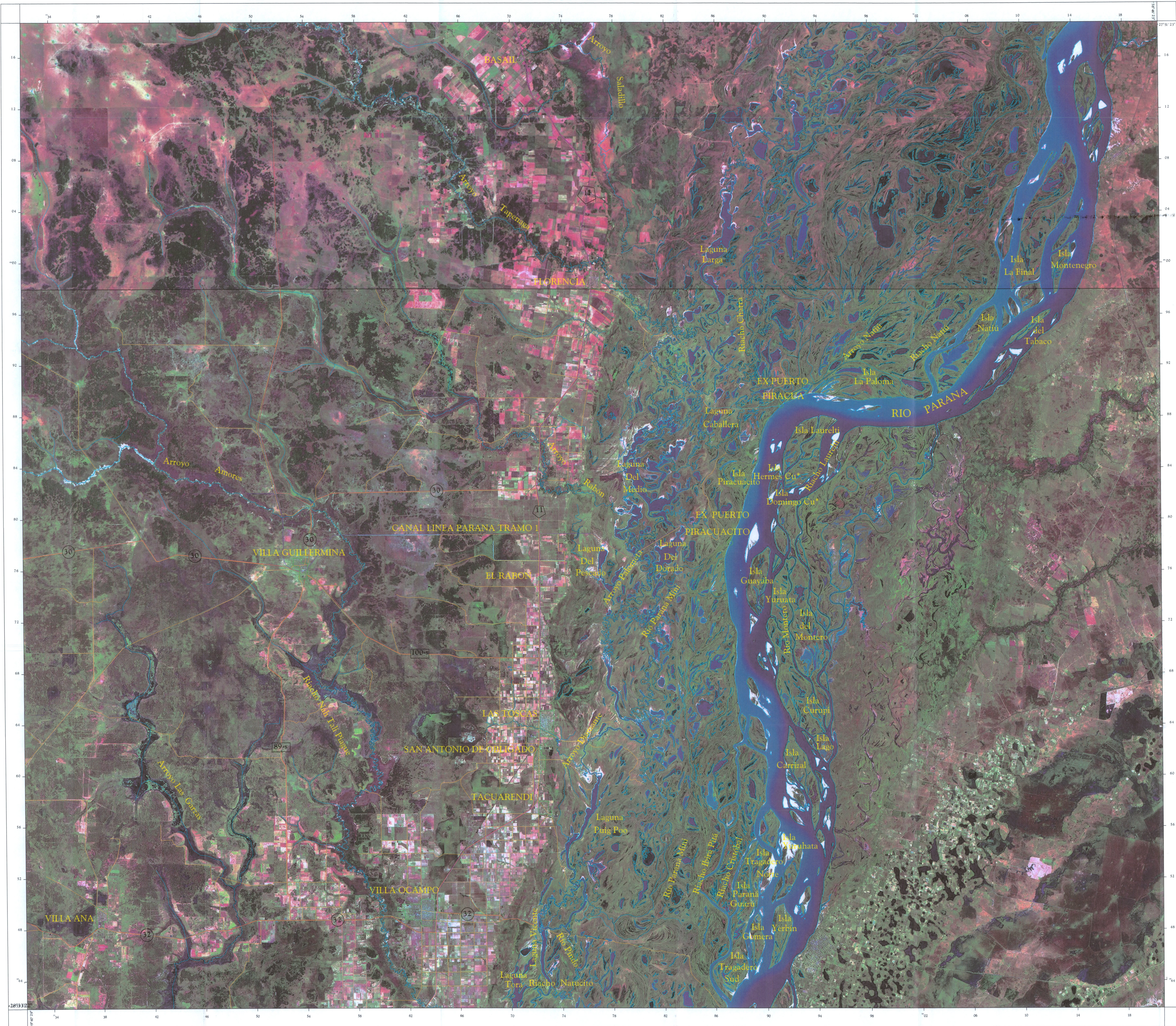
9.9 Conclusiones

Los resultados obtenidos son generales y a un nivel de detalle que lo dan los datos antecedentes y los relevamientos realizados. Para estimar con niveles y caudales en los distintos escenarios y para sitios específicos, es necesario realizar tareas de campo consistentes en relevamientos topobatimétricos e hidrométricos de un mayor detalle.

No obstante, en vista de los objetivos del estudio, en base a los datos disponibles y teniendo en cuenta que el sistema está compuesto mayormente por bañados y esteros, configurando como se ha mencionado un Sistema No Típico, la interpolación de perfiles tomando como base los perfiles de los caminos relevados desde prácticamente la RN N°11 hasta el cauce principal del río Paraná, son aceptables.

Los datos de áreas afectadas, que serán utilizados en los estudios de daños emergentes, son confiables al nivel de preliminares que tienen éstos.

CARTOGRAFÍA BÁSICA LÍNEA PARANÁ

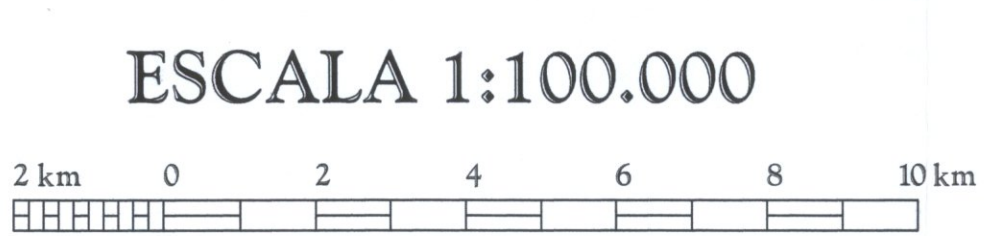


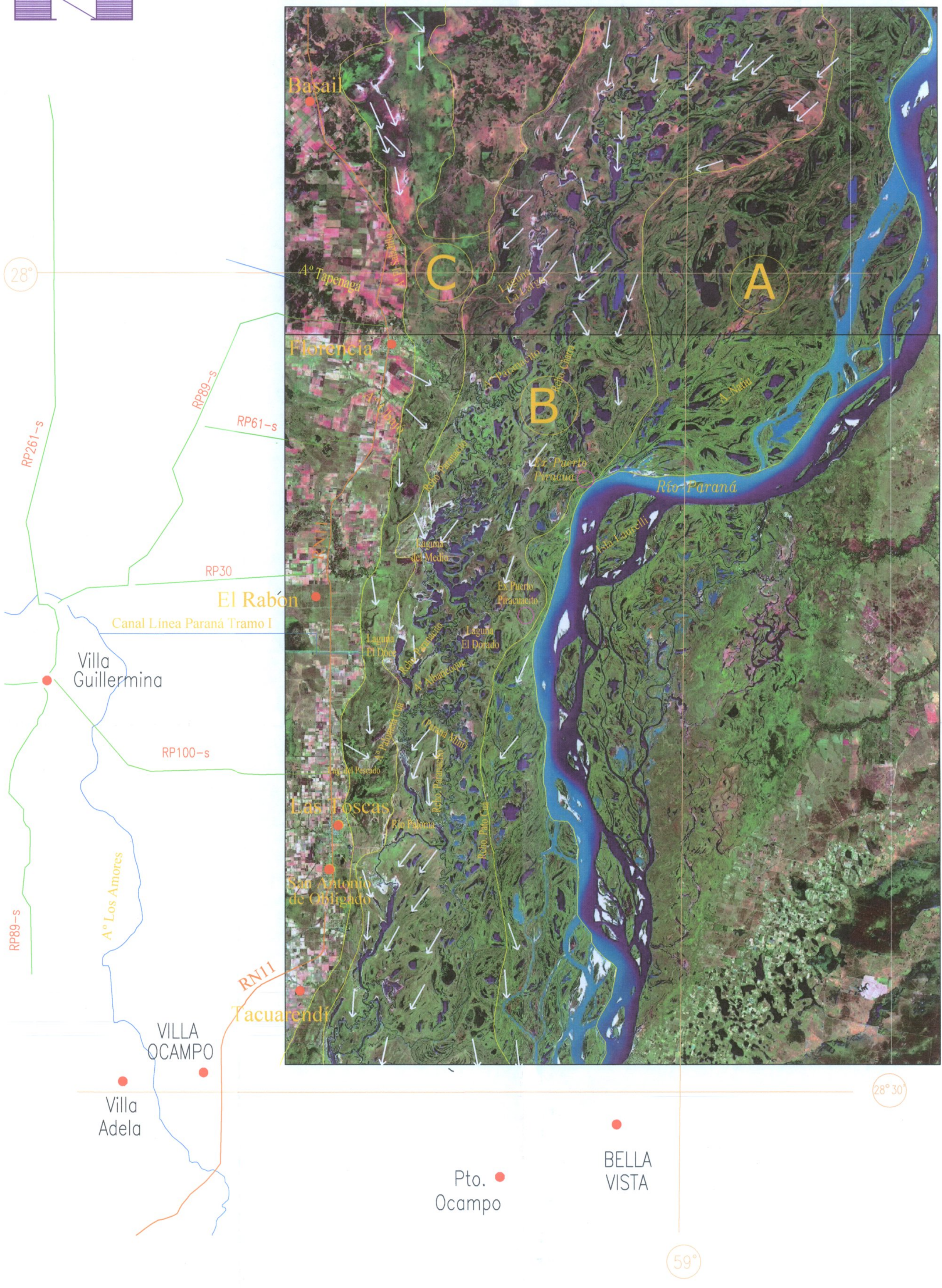
- LEYENDA**
- CURSO DE AGUA
 - CUERPO DE AGUA
 - ZONA URBANA
 - ÁREA AGRÍCOLA
 - BOSQUE

DATOS DE LA PROYECCION
 SISTEMA DE REFERENCIA: WGS 84
 PROYECCION: CILINDRICA CONFORME GAUSS KRUGER
 MERIDIANO CENTRAL: FAJA 5
 LATITUD DE ORIGEN: -90°


EDICION: Febrero 2007
 ACTUALIZACIÓN: Septiembre 2007


CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS HIDRICAS - UNIV. NAC. DEL LITORAL			
ESTUDIO DE ACTUALIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA AMPLIACIÓN DE LA OBRA LÍNEA PARANÁ, PROVINCIA DE SANTA FE			
INFORME FINAL			
CARTOGRAFÍA BÁSICA			
AUTOCAD: Datos de Cartografía COORDINACIÓN Ing. Roberto Otero DISEÑO: Ing. María Victoria	Escala: 1:100.000	Fecha: Set. 2007	Hoja N°: CT-01



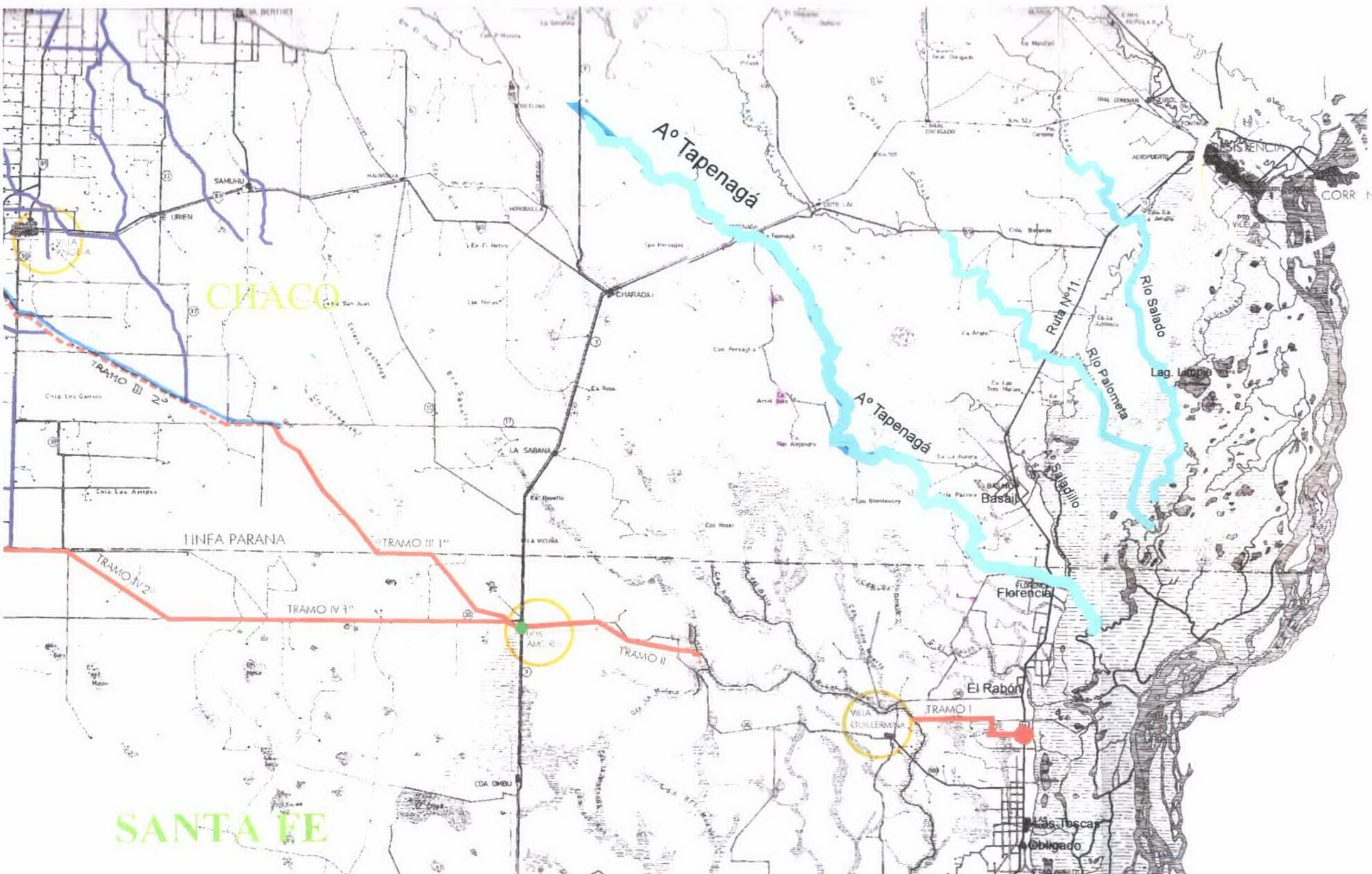


REFERENCIAS

 DIRECCIÓN ESCURRIMIENTO

 LÍMITE ÁREA COMPONENTE DINÁMICO

PROVINCIA DE SANTA FE		
ESTUDIO DE LOS IMPACTOS POR LA AMPLIACIÓN DE LA OBRA LÍNEA PARANÁ EN LA PROVINCIA DE SANTA FE		
DINÁMICA HÍDRICA	Escala: 1:20.000	Fecha: Oct 2006
		Lámina Nº: 01



- LÍNEA PARANÁ**
- TRAMO I Construido Prov. Santa Fe y Chaco
 - TRAMO II Construido Prov. Santa Fe y Chaco y Licitado su Readecuamiento
 - TRAMO III 1°, TRAMO IV 1° Y 2° Finalizada su construcción, Financ. SRN y DS
 - - - TRAMO IV 3° Y 4° Licitado a construir, SRN y DS
 - - - TRAMO III 2° Licitado a construir, SRN y DS
 - Vinculación TRAMO II - TRAMO IV y Defensa Localidad Los Amores
 - Ruta N°89 Puente Ruta Nacional N° 11 y Obra de Descarga
 - CANALES CONSTRUIDOS EN LA PROV. DE CHACO

- SIMBOLOGIA CARTOGRAFICA**
- ZONA URBANIZADA - CIUDAD - PUEBLO Y BARRIO
 - CASA - VIVIENDA - CASCO DE ESTANCIA
 - CASERIO - VILORIO - FINCA CONJUNTO
 - VIA FERREA
 - CAMINO PAVIMENTADO
 - CAMINO DE TIERRA PRINCIPAL
 - CAMINO DE TIERRA SECUNDARIO
 - HUELLA - SENDA - CAMINO DE SERVIDO
 - RUTA NACIONAL
 - RUTA PROVINCIAL
 - LIMITE INTERPROVINCIAL
 - LIMITE DEPARTAMENTAL
 - CURSO DE AGUA - RIO - ARROYO
 - ESPEJO DE AGUA - LAGUNA
 - ESTERO
 - AREA DEPOSITIVA - BAJAZ
 - CAÑADA - SENTIDO DE ESCURRIMIENTO
 - BAÑADO
 - CANAL



CHACO

SANTA FE



REFERENCIAS



PUNTO RELEVADO Y
PERFIL TRANSVERSAL

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

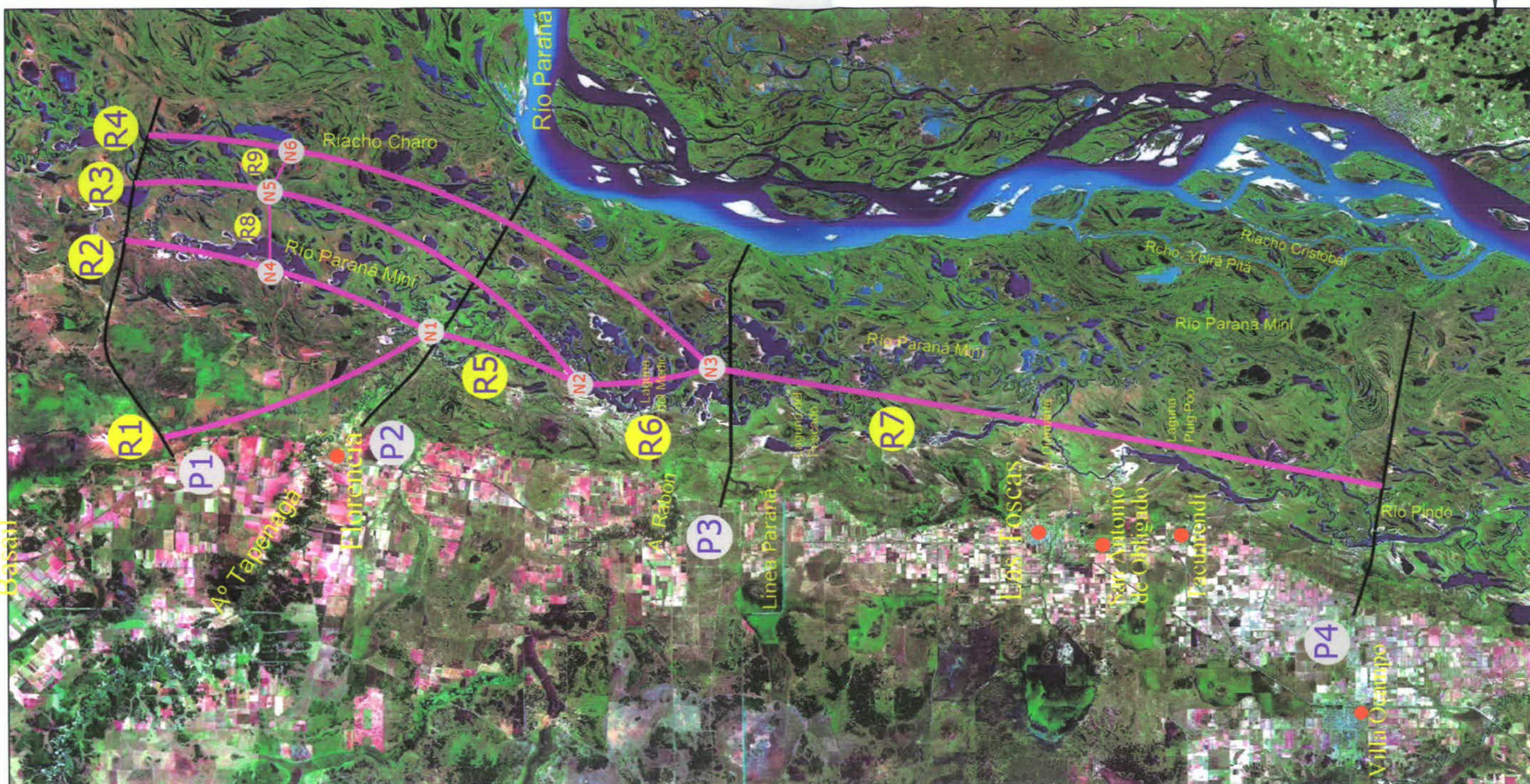
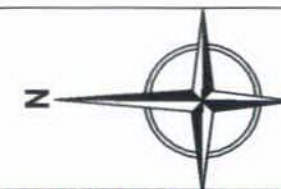
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS HÍDRICAS - UNIV. NAC. DEL LITORAL

ESTUDIO DE ACTUALIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA AMPLIACIÓN DE LA OBRA LÍNEA PARANÁ, PROVINCIA DE SANTA FE

INFORME FINAL

MODELO HIDRODINÁMICO
UBICACIÓN RELEVAMIENTOS TOPOBATIMÉTRICOS

ANTEC.:	ELABORÓ: Ing. Gustavo Torres CAD: Ing. Gustavo Torres COORDINADOR: Ing. Roberto Gloria INSPECTOR: Ing. Nora Antúñez	Escala:	Fecha: Set. 2007	Plano N°: MO-01
---------	--	---------	------------------	-----------------



REFERENCIAS	
	RAMA R1
	NODO
	PERFIL TRANSVERSAL

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES			
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS HÍDRICAS - UNIV. NAC. DEL LITORAL			
ESTUDIO DE ACTUALIZACIÓN DEL IMPACTO DE LA AMPLIACIÓN DE LA OBRA LÍNEA PARANÁ, PROVINCIA DE SANTA FE			
INFORME FINAL			
MODELO HIDRODINÁMICO ESQUEMA TOPOLOGICO			
ANTEC.:	ELABORÓ: CAD: COORDINADOR: INSPECTOR:	Ing. Gustavo Torres Ing. Gustavo Torres Ing. Roberto Gloria Ing. Nora Antúnez	Escala: Fecha: Set. 2007 Plano N°: MO-02