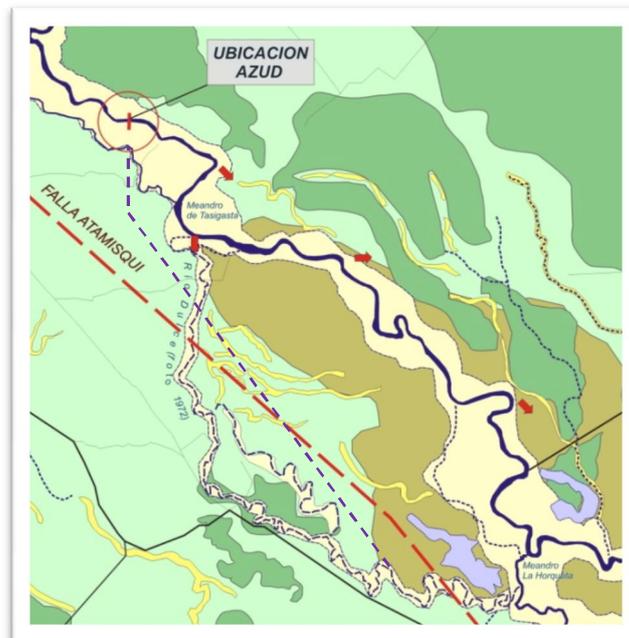


PROVINCIA DE SANTIAGO DEL
ESTERO
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE
DEL RÍO DULCE
PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO



INFORME FINAL

REVISION DIC. 2010

GEOLOGO OSVALDO BARBEITO

(Este informe reemplaza al entregado en Junio de 2010)

ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE DEL RIO DULCE

INFORME FINAL

REVISION DIC. 2010

INDICE

I.	Introducción	3
II.	Desarrollo del Estudio.....	4
1.	Reconocimientos generales en el área de estudios	4
2.	Estudio de Fotointerpretación Geológica.....	4
2.1.	Área de estudio	4
2.2.	Materiales y métodos	4
2.3.	Resultados	5
2.4.	Antecedentes consultados	20
3.	Restitución desde imágenes radar	21
4.	Estudios Hidrológicos	21
5.	Reconocimientos y Estudios Geológicos del área de estudios	23
6.	Planteo de Alternativas.....	23
7.	Prediseño Hidráulico de las obras	23
7.1.	Criterio 1	23
7.2.	Criterio 2.....	25
8.	Evaluación Geotécnica de las alternativas	46
9.	Análisis de Estabilidad Preliminar de las Estructuras.....	46
10.	Cómputo métrico	46
10.1.	Criterio 1	46
10.2.	Criterio 2.....	47
11.	Presupuesto	48

12. Conclusiones.....	51
13. Recomendaciones para etapas posteriores de estudio.....	54

PLANOS

- RD-01 Ubicación general
- RD-02a Carta hidrogeomorfológica (Escala 1:50000)
- RD-02b Carta hidrogeomorfológica (Escala 1:100000)
- RD-03 Curvas de Nivel (Imagen Radar) Equidistancia 2 m
- RD-04 Curvas de Nivel (Imagen Radar) Equidistancia 5 m
- RD-05 Zona de estudio
- RD-06 Criterio 1 - Perfil Longitudinal Hoja 1
- RD-07 Criterio 1 - Perfil Longitudinal Hoja 2
- RD-08 Criterio 1 - Secciones computo
- RD-09 Criterio 2 - Perfiles Longitudinales
- RD-10 Criterio 2 - Sección tipo I – Caudal 10 m³/s - Secciones computo
- RD-11 Criterio 2 - Sección tipo I – Caudal 40 m³/s - Secciones computo
- RD-12 Criterio 2 - Sección tipo II - Secciones computo

ANEXO

ANEXO: Memoria Descriptiva (Estudio de Sistematización del Río Dulce en Los Tolosa Santiago del Estero – Segunda Etapa – CFI – 2008)

I. Introducción

Por solicitud de la provincia se incorpora en el presente informe la alternativa de canal de trasvase para una capacidad máxima de 400 m³/s, por lo que este informe reemplaza al entregado en Junio de 2010.

A fin de poder evaluar las condiciones del terreno para una futura obra de derivación del Río Dulce, se utilizó la fotointerpretación geológica y geomorfológica para conocer y caracterizar las unidades y elementos hidrogeomorfológicos que componen el ámbito fluvial y los procesos hidrodinámicos asociados (inundaciones, erosión de márgenes, desbordes, etc.).

La metodología empleada se basa en el empleo de las técnicas de la teledetección utilizando fotografías aéreas e imágenes satelitales de distintas fechas, para la realización de análisis temporales.

Al oeste del cauce actual del río, se evaluaron alternativas de obras de canalización para derivar determinados caudales del río, con el objeto de satisfacer la demanda de agua para consumo humano y ganadería de las poblaciones de la zona de estudio, a partir del azud derivador proyectado.

Con esta finalidad se efectuaron los análisis de alternativas correspondientes, basados principalmente en los estudios de fotointerpretación geológica y de restitución de información radar de imágenes.

Una vez identificadas las alternativas, que tienen su origen en el azud proyectado anteriormente, se hicieron los presupuestos preliminares a nivel de inventario, que orientarán al encuentro de la solución del problema.

El área de emplazamiento de las obras de derivación, canal de trasvase y re encauzamiento, fue relevado con la información topográfica del terreno proveniente de la información de radar de alta resolución.

Se establecieron curvas de nivel con equidistancia 5 y 2 metros, con el objeto de detallar la realidad topográfica de la región de estudio. (Ver planos RD-03 Y RD-04)

Se realizó el reconocimiento y los estudios geológicos del área de estudio obteniéndose como resultado la carta hidrogeomorfológica.

Contando con la información de topografía, mapa geomorfológicos y el estudio antecedente “Sistematización del cauce del río Dulce en la zona de Los Tolosa. Segunda Etapa”, se propone la traza del canal de trasvase y se realiza el cálculo hidráulico, computo métrico y presupuesto.

II. Desarrollo del Estudio

1. Reconocimientos generales en el área de estudios

Se realizó un recorrido por la zona de interés para este estudio, desde la latitud de Atamisqui hasta la de Sumampa en relación al curso del Río Dulce en los distintos sectores de ese tramo del río a los que se pudo acceder.

2. Estudio de Fotointerpretación Geológica

2.1. Área de estudio

Se considera como área de estudio el conjunto del sistema fluvial del río Dulce, desde la difluencia histórica a partir del ápice en las Cercanías de Villa San Martín, hasta la altura de la población de Los Telares, abarcando las distintas posiciones de este en el extenso paleoabanico a que dio lugar en la evolución geológica reciente. Se enfatizó la zona al oeste del río, que corresponde al área de interés.

2.2. Materiales y métodos

El estudio se realiza a partir del empleo del criterio geológico y geomorfológico y de las técnicas de la teledetección, con el correspondiente control de campo.

Como material de análisis se emplean imágenes satelitales de distinta fecha e imágenes empleadas en el estudio antecedente “Sistematización del cauce del río Dulce en la zona de Los Tolosa. Segunda Etapa”.

Como base se emplea un mosaico con imágenes satelitales de fecha 2006, en el que se transfiere la información obtenida en los fotoanálisis.

Como resultado se obtiene un Mapa Geomorfológico Indicativo del conjunto de los ambientes y unidades hidrogeomorfológicas.

El mapa hidrogeomorfológico se ha representado en escala 1:50000 en un formato fuera de norma y en escala 1:100000 en formato A1. Este último se incluye impreso en el presente informe en formato A3 al igual que el resto de los planos.

2.3. Resultados

2.3.1. Tendencia evolutiva histórica del sistema fluvial

El río Dulce organiza sus nacientes en las cumbres Calchaquíes y el cordón del Aconquija a 5500 msnm, con el nombre de río Tala o Candelaria, en el límite de Salta y Tucumán, para luego adoptar el nombre de Salí y finalmente río Dulce, en el ingreso a la Provincia de Santiago del Estero. Constituye un sistema fluvial endorreico con nivel de base en la Laguna de Mar Chiquita.

Debido a la pérdida de competencia y capacidad de carga por cambio de pendiente, el cauce en el ingreso a la Región de la Llanura Chaco Pampeana, ha dado lugar a un extenso paleoabanico con ápice en las cercanías de las Ciudades de La Banda y Santiago del Estero.

Los análisis de teledetección permiten diferenciar distintas situaciones evolutivas por divagación en forma de abanico a partir del ápice. En la posición evolutiva inicial, el curso del río corría por el borde oriental del gran paleoabanico en cercanías de la ruta Nac. N° 34, en el sector que los paleoderrames entraban en coalescencia con los del río Juramento-Salado, para progresivamente por divagación lateral, ocupar el borde occidental más al oeste de la ruta Nac. N° 9 (actual río Nambi).

En un estado evolutivo posterior, el río por efecto de la falla Atamisqui, acusa un brusco cambio de curso de N-S a NO-SE, dando lugar a la construcción de un nuevo abanico sobreimpuesto, con ápice a la altura de la población de Villa San Martín.

Esta paleoforma constituye un sistema fluvial típico de llanura de carácter constructivo, en donde existe un predominio de los procesos de sedimentación, sobre los de erosión y transporte.

Como consecuencia la dinámica fluvial se caracteriza por tener alta inestabilidad, con frecuentes cambios y divagaciones de flujo por colmatación, elevación de cauces y la generación de una nueva corriente en una posición topográfica más deprimida, procesos responsables de la migración lateral histórica que ha sufrido el cauce.

Esta última tendencia evolutiva fluvial en la zona de estudio, se manifiesta en numerosas formas fluviales actuales y pasadas, tales como cauces activos, paleocauces de tamaño, continuidad y colmatación variable, espiras meándricas abandonadas, albardones, etc. Unas con actividad hidrológica directamente vinculada a desbordes de la planicie aluvial actual del río Dulce y otras, funcionales como sistemas de carácter autóctono por acción de los aportes de origen pluvial.

2.3.2. Reconocimiento y caracterización de Ambientes y Unidades Geológicas-geomorfológicas

En base al análisis de teledetección se reconocen ambientes o paisajes geomorfológicos y sus respectivas unidades, indicadas en el siguiente cuadro:

A.- PALEOABANICO DEL RIO DULCE

A1.- Paleoplanicie aluvial (altos vegetados)

A2.- Planicie aluvial de actividad esporádica

A3.- Planicies aluviales actuales

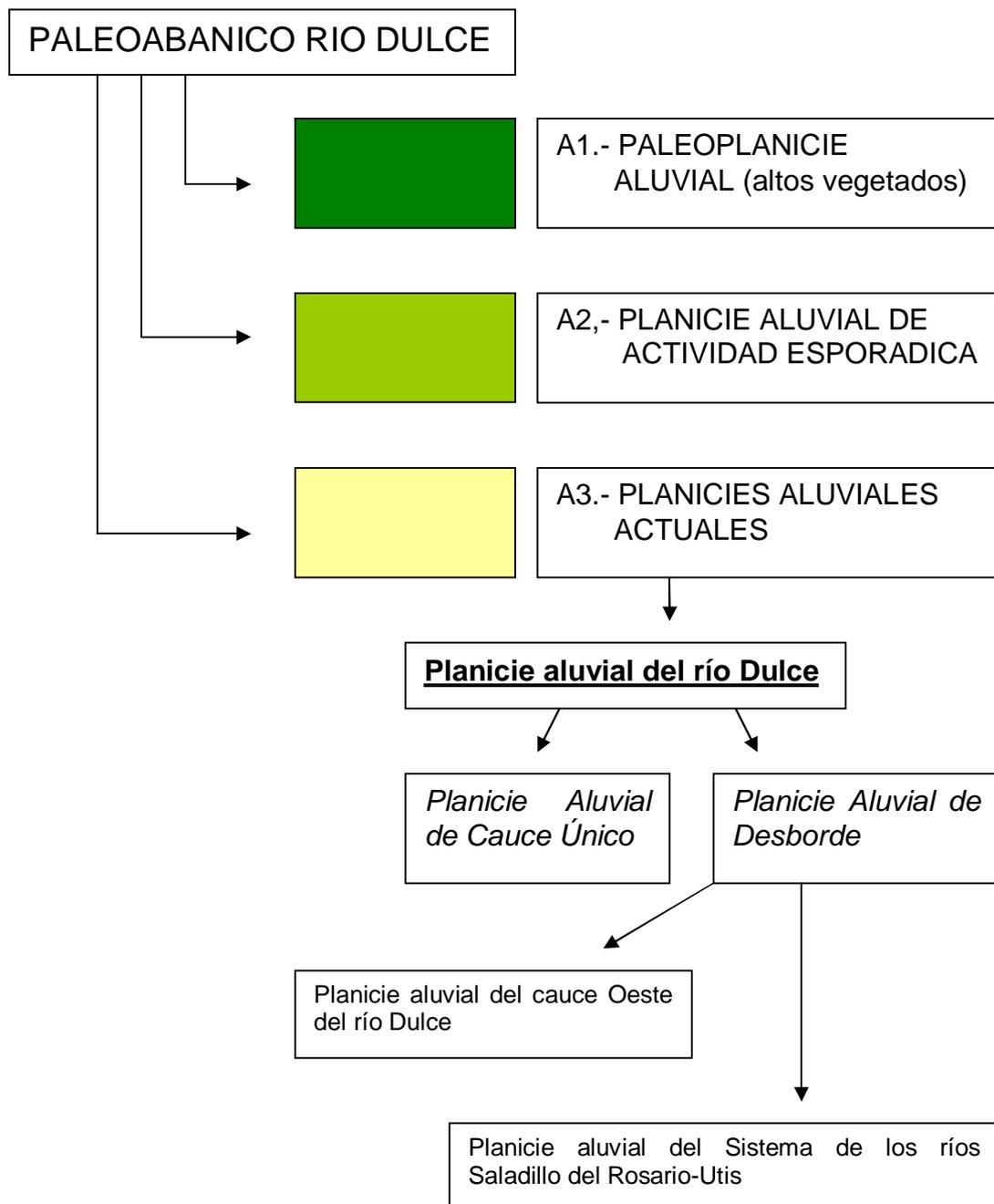
A3.1.- Planicie aluvial río Dulce

a) Planicie aluvial de cauce único

b) Planicie aluvial de desborde

b1.- Planicie aluvial del cauce oeste del río Dulce

b2.- Planicie aluvial del sistema de los ríos Saladillo del Rosario-Utis.



En la descripción de los ambientes y unidades hidrogeomorfológicas, se tiene en cuenta en cada caso particular la naturaleza geológica, las características hidrogeomorfológicas y los procesos riesgos fluviales que pudieran activarse y/o intensificarse, en el ámbito fluvial histórico.

En la zona de estudio el paleoabánico del río Dulce constituye un extenso ambiente fluvial con una amplitud superior a los 70 km. que incluye unidades hidrogeomorfológicas entre las que se destacan la *paleoplanicie aluvial* como nivel aluvional original, las *planicies aluviales esporádicas* y las *planicies aluviales actuales*.

Estas unidades de acuerdo a su edad evolutiva y sus características, son las regentes de la dinámica y alcance que adoptan las inundaciones.

A1.- Paleoplanicie aluvial (altos vegetados)

La Paleoplanicie aluvial se corresponde con el nivel deposicional original del gran paleo-abánico, generado por la migración lateral histórica del curso, que constituye el nivel topográfico dominante del extenso paleoabánico.

Este antiguo nivel deposicional por encajamiento de las unidades fluviales más recientes, se presenta discontinuo en forma de superficies relictos de gran tamaño, elongadas en sentido del flujo histórico y ocupadas por el Bosque Chaqueño denso.

Naturaleza geológica:

- Complejo fluvio-eólico. Depósitos laterales de desborde limo-arenosos, limosos o limo arcillosos y cubierta eólica en partes retransportada (pleistoceno).

Suelos:

- Suelos profundos, bien drenados de texturas arcillo-limosas, de buen contenido orgánico y suelos aluviales de texturas francas a

veces con condiciones de hidromorfismo. Alta susceptibilidad a la erosión hídrica.

Hidrogeomorfología:

- Llanura alta interfluvial de relieve plano ondulado con pendientes menores al 2%.
- Paleoformas fluviales de bajo grado de definición y continuidad por colmatación y obliteración por deposición eólica (paleocauces, espiras meándricas, albardones, etc.).

Procesos riesgos fluviales:

- Planaltos de posición topográfica dominante (interfluvios), no inundables por la acción de los cursos fluviales actuales, solo afectados por escorrentía elemental de origen pluvial.

A2.- Planicies aluviales de actividad esporádica:

Las planicies aluviales de actividad esporádica constituyen un nivel deposicional de posición topográfica intermedia entre los altos vegetados y las planicies aluviales actuales.

En este ambiente se incluyen numerosas improntas fluviales de clara definición geomorfológica en respuesta a su edad evolutiva más reciente, derivadas de la migración lateral histórica del río Dulce.

En la zona de estudio entre las geoformas de mas reciente evolución, se destacan al oeste de la unidad, los causes de los ríos Nambi, Pinto, Ayuncha y Cabeza del Hombre, que obedecen a brazos de crecida de un estado evolutivo reciente del río Dulce.

Naturaleza geológica:

- Depósitos aluviales actuales de baja energía fluvial. Arenas finas y limos de desborde y limo-arcillosos (Holoceno).

Suelos:

- Suelos aluviales mal drenados con fuertes características hidromórficas (permanencia prolongada de agua en el perfil). Texturas arenosa, franca y limosa. Alta susceptibilidad a la erosión hídrica.

Hidrogeomorfología:

- Relieve plano ondulado con inclusión de frecuentes formas fluviales de clara definición geomorfológica (paleocauces, cauces activos y cañadas).

Procesos riesgos fluviales:

- Inundaciones por escorrentía elemental de origen pluvial de moderada a larga duración, regidas por las paleo-formas fluviales, e inundaciones de mayor duración por desbordes de las planicies aluviales actuales en crecidas extremas, con mayor significación en los cauces de clara definición geomorfológica por desbordes del río Dulce (Ríos Nambi, Pinto, Ayuncha y Cabeza del Hombre).

A3.- Planicies aluviales actuales

Las planicies aluviales actuales constituyen el último estado evolutivo dentro del extenso paleoabánico, ocupando la posición topográfica más deprimida.

Constituyen los ambientes hidrogeomorfológicas de mayor actividad hidrológica, de clara definición geomorfológica, tanto en forma longitudinal, como lateral, en las que se incluyen los lechos ordinarios actuales.

En el área de estudio se incluyen la planicie central del río Dulce y las planicies laterales ligadas a los sistemas A^o Seco-Mailin, al este y del sistema Río Nambi-Saladillo, al oeste.

A3.1.- Planicie aluvial río Dulce

La planicie aluvial activa del río Dulce en el sector estudiado, presenta características hidrogeomorfológicas distintivas que permiten considerar dos tramos claramente definidos: a) *Planicie aluvial de cauce único* y b) *Planicie aluvial de desborde*.

a) Planicie aluvial de cauce único

En El sector estudiado desde la población de Villa San Martín, hasta la altura de la población de Villa Atamisqui, en un recorrido de 65 km., la planicie aluvial actual del río Dulce incluye un único cauce con lecho ordinario de franco diseño meandriforme.

En este tramo existe un cierto equilibrio entre los procesos fluviales de erosión y acumulación.

Sobre la margen derecha a partir del codo en las inmediaciones de Va. San Martín, se observan cauces de

clara definición geomorfológica que denotan un estado evolutivo reciente, destacándose los ríos Nambi, Seco y Ayuncha, ligados a una posición antecedente del curso.

En el caso del río Nambi, como el de más reciente evolución, la actividad por desborde, se corrobora con la inundación extrema que tuvo lugar en el año 1907 y que afecto severamente a la localidad de Loreto Viejo.

No obstante el efecto regulador que al presente ejerce la presa de Río Hondo, probablemente imposibilite nuevos desbordes.

Naturaleza geológica:

- Depósitos aluviales actuales de alta energía fluvial. Arenas medias a finas (holoceno).

Suelos:

- Suelos aluviales de texturas franco arenosa a franca, mal drenados, bajo contenido orgánico. Susceptibles a la erosión hídrica.

Hidrogeomorfología:

- Planicie aluvial activa con un ancho variable entre 1 a 3 km., con inclusión de niveles de terraza y frecuentes espiras meándricas abandonadas por estrangulamiento con distintos grados de evolución (colmatadas y no-colmatadas).

- Lecho ordinario encajado de amplitud variable entre 150 y 250 mts., con borde abarrancado de 3 a 5 mts. y altura decreciente en su progresión aguas abajo, con inclusión de numerosas barras laterales y centrales.
- Diseño de escurrimiento meandriforme de alta a moderada sinuosidad, alternante por tramos de diseño semirrecto, debido a un probable control por fallamiento en profundidad.

Procesos riesgos fluviales:

- Unidad de mayor actividad hidrológica. Activación parcial en Inundaciones de recurrencia ordinaria y total en eventos extremos de alta recurrencia, por desborde del lecho ordinario.
- Tramo de alta inestabilidad fluvial por fuerte erosión de márgenes condicionada por el diseño meandriforme del lecho ordinario y el carácter friable del material geológico. Progresión del proceso en las partes externas de las curvas, con fuerte tendencia la estrangulamiento y avance de las curvas en el sentido del flujo.
- Sobre margen derecha se manifiestan cauces de clara definición geomorfológica que denotan una evolución reciente, entre los que se destacan el río inmediatamente al este Nambis fuera de la zona de estudio y los ríos Ayuncha y Seco.

b) Planicie aluvial de desborde

Aguas debajo de la Población de Villa Atamisqui en el sitio identificado como codo de Tasigasta, el río Dulce pierde encajamiento y la condición de cauce único, para adoptar las típicas características de las planicies aluviales de desborde, con cauce múltiple por la difluencia y confluencia de flujos incluidos en una amplia planicie aluvial.

Esta unidad ha derivado de importantes procesos de acumulación aluvional y desbordes de corrientes sobrecargadas de sedimentos por disminución de la pendiente longitudinal del río. En este tramo a diferencia del que presenta cauce único, existe un predominio de los procesos de acumulación aluvional, sobre la erosión.

Constituye un ambiente de alta inestabilidad fluvial con frecuentes y rápidos cambios en las direcciones de flujo, hecho evidente en situaciones muy recientes, observables en análisis temporales de fotografías aéreas e imágenes satelitales.

En la situación evolutiva actual se evidencian dos planicie aluviales activas principales: al oeste la planicie aluvial actual del denominado Antiguo Cauce Oeste del río Dulce y al este, la planicie aluvial evolucionada a partir del sistema de los ríos Saladillo del Rosario-Utis.

Entre ambas existen numerosos cauces de franco diseño meandriforme vinculados a una situación evolutiva antecedente, activos por desbordes ante la ocurrencia de crecidas de magnitud.

b1.- Planicie aluvial del cauce oeste del río Dulce

En el estado evolutivo actual a partir del meandro acusado que describe el río Dulce a la margen derecha en el paraje La Horqueta, se general la planicie aluvial activa del cauce oeste del río Dulce.

Luego de un recorrido de 1. 3 km. desde dicho paraje, se integra a la planicie aluvial por margen derecha, un cauce de evolución muy reciente ligado a una posición antecedente del río Dulce (foto aérea 1972), para 5 km. más al sur desdoblarse por difluencia en un recorrido de 27 Km., a partir de donde vuelve a continuar como una única planicie aluvial, que luego de superar la población de Salavina, recibe por la margen derecha la planicie aluvial del río Cabeza de Hombre, ligada a un derrame antecedente del río Dulce.

Fuera del área de estudio por margen derecha se integra la planicie aluvial del sistema río Nambi-Saladillo en cercanías de la población de Atamisqui.

Al igual que el sistema del Aº Seco, el sistema del Río Nambi-Saladillo, obedece a una antigua posición del río Dulce, pero en un estado evolutivo más reciente, cuando el río Dulce corría por la margen derecha del gran paleoabanico.

A partir del ápice del abanico sobreimpuesto con ápice en la Ciudad de Va. San Martín por efecto de la falla Atamisqui, río Dulce migró lateralmente de este a oeste, dejando numerosas improntas fluviales en forma de paleocauces de distribución en abanico, espiras meándricas, albardones, esteros y bañados,

destacándose por la definición geomorfológica los cauces de los ríos Ayuncha y Pinto.

El Antiguo Cauce Oeste del río Dulce, dentro del conjunto de la extensa planicie aluvial de desborde, evidencia por sus características hidrogeomorfológicas la edad evolutiva más reciente.

Después de un recorrido de 145 km., a partir de su origen se integra a la planicie aluvial del sistema río Saladillo del Rosario-Utis, antes del nivel de base final del sistema en la laguna de Mar Chiquita.

Naturaleza geológica:

- Depósitos aluviales actuales de alta energía fluvial arenas finas en cauces y limos de desborde en las planicies aluviales (holoceno).

Suelos:

- Suelos aluviales de texturas franco arenosa a franca, mal drenados, bajo contenido orgánico. Susceptibles a la erosión hídrica.

Hidrogeomorfología:

- Condiciones hidrogeomorfológicas que denotan el estado evolutivo más reciente de la planicie aluvial de desborde: planicie aluvial activa aterrazada con un ancho variable entre 400 a 500 mts., con inclusión de escasas espiras meándricas

abandonadas por estrangulamiento aguas arriba de la población de Salavina y de menos de 300 mts. y ausencia de espiras meándricas, aguas abajo.

- Lecho ordinario de diseño meandriforme alternante con trazos semi-rectos con encajamiento entre 3 a 5 mts. y una amplitud no superior a los 35 mts. y ausencia de barras.

Procesos riesgos Fluviales:

- Planicie aluvial inundable en forma total y/o parcial en inundaciones ordinarias e integración por desborde en crecientes de magnitud con la planicie aluvial del Sistema río Saladillo del Rosario-Utis.
- Lecho ordinario con fuerte erosión de márgenes en tramos de diseño meandriforme.

b.2.- Planicie aluvial del sistema de los ríos Saladillo del Rosario-Utis.

A partir del paraje La Horqueta, como la unidad de mayor actividad hidrológica de la extensa planicie aluvial de desborde, se origina la planicie aluvial del sistema de los ríos Saldillo del Rosario-Utis.

Por la margen izquierda se integran al sistema las planicies aluviales que por difluencia derivan de desbordes laterales históricos del A° Seco, que se relaciona con la posición antecedente del río Dulce, cuando en el estado evolutivo inicial del extenso

paleoabánico, ocupaba el borde oriental de este en cercanías de la ruta Nac. N° 34.

En primera instancia a 14 km de su origen, se integra la planicie aluvial A° Zhuhj, a 21 km. la del A° Seco propiamente dicho y más al sur a 38 km., la del Río Mailin.

De estas planicies la que denota el estado de evolución más reciente y mayor actividad hidrológica, es la del A° Zhuhj.

A la altura de la población de Salavina en un sector de bañados y lagunas permanentes, se origina el río Utis a la margen derecha del río Saladillo, manteniendo ambos sentido paralelo formando parte de una única planicie aluvial.

El río Saladillo del Rosario en la situación evolutiva actual, constituye de todas las difluencias comprendidas dentro de la extensa planicie aluvial de desborde, la de mayor grado de definición geomorfológica y actividad hidrológica.

Naturaleza geológica:

- Depósitos aluviales actuales de alta energía fluvial en cauces (arenas finas y limos) y depósitos de desborde de baja energía fluvial de desborde (limos y depósitos salinos).

Suelos:

- Suelos mal drenados hidromórficos de textura franco limosa de pobre contenido en materia orgánica. Susceptibles a erosión hídrica.

Hidrogeomorfología

- Típicas condiciones hidrogeomorfológicas de planicie aluvial de desborde. Cauces múltiples con lechos ordinarios de bajo grado de encajamiento no superior a los 2 mts., incluidos en una amplia planicie aluvial activa.
- Frecuencia de cauces someros, albardones continuos y fragmentados, explayamientos por desbordes y/o ruptura de albardones y formación de bajos de anegamiento permanente y temporal interconectados. (bañados y esteros).

Procesos riesgos Fluviales:

- Área de mayor inestabilidad fluvial del sistema. Inundable en forma total y/o parcial, por desbordes de corrientes encauzadas, con activación de áreas de bañados y esteros en crecientes ordinarias.
- Probabilidad cierta de activación total ante la ocurrencia de un evento extremo, con acción de significativos y rápidos procesos de acumulación y cambios rápidos en las

direcciones de flujo por taponamientos, desbordes y erosión de albardones y márgenes.

2.4. Antecedentes consultados

CBSM. Subsistema Santiago del Estero. 1977. Convenio de los Bajos Submeridionales. CFI. Provincia de Santiago del Estero. Tomo II.

DIGID 1979. Provincia de Santiago del Estero. Estudio de Los Recursos Naturales. Tomo II. Informe final. Dirección de Minería y Geología.-Ministerio de Economía.

INTA 1990. Atlas de la República Argentina Tomo II. Proyecto PNUD ARG.- 85/019.

INTA 2003. Geomorfología de Santiago del Estero. Proyecto Sustentabilidad de los Sistemas Productivos del NOA.

MARTIN, A. 1999. Hidrogeología de Santiago del Estero. Universidad Nacional de Tucumán.

OPPEDISANO, E. 2008. "Sistematización del cauce del río Dulce en la zona de Los Tolosa. Segunda Etapa". Provincia de Santiago del Estero. Consejo Federal de Inversiones.

SECRETARIA DE ENERGIA Y MINERIA 2000. Mapa Geológico Minero. Escala 1: 500.000.

VARGAS GIL J. R. 1991. Suelos de Santiago del Estero. Informe interno Proyecto PNUD ARG.- 85/019.

3. Restitución desde imágenes radar

Para el área de emplazamiento potencial de las obras derivación, canal de trasvase y re encauzamiento, se realizó el relevamiento, con información satelital radar de alta resolución, a fin de extraer la información en formato raster, convertida a vectorial y tratada con software específico para generar las curvas de nivel de la región de interés. Este relevamiento incluye también el área del proyecto del azud.

Los cálculos se efectuaron con el empleo de métodos de interpolación ajustados y probados. Se buscó obtener las menores equidistancias posibles con el objeto de detallar lo más ajustadamente posible la realidad topográfica de la región en estudio.

El procesamiento permitió obtener el material gráfico y numérico.

Con el objeto de realizar trabajos de medición sobre el plano se procedió a proyectar las curvas de nivel utilizando los conjuntos de parámetros definidos en los archivos utilizados en Argentina.

Finalmente se exportaron la imagen del Sistema de Información Geográfica a Autocad con formato DWG.

4. Estudios Hidrológicos

(Extracto del Estudio de Sistematización del río dulce en Los Tolosa – Santiago del Estero - Segunda etapa (nov. 2008)

“De acuerdo a datos suministrados por la Unidad Ejecutora del Servicio de Riego del Río Dulce de la provincia de Santiago del Estero, se poseen actualizaciones de tipo hidrológica y relacionadas con los caudales de evacuación del sistema los que se transcriben a continuación:

4.1.1. Datos Hidrológicos:

Área de la cuenca de aporte	18.250 km ²
Evaporación	1500 mm
Caudal máximo maximorum	2800 m³/seg

Actualizado – 1997	(24/3/1933) 2916 m³/seg (18/3/1984)
Caudal instantáneo de la mayor crecida conocida. Actualizado – 1997	3200 m³/seg 4100 m³/seg (18/3/1984)
Caudal mínimo registrado	0.00 m ³ /seg (Nov.1937)
Caudal de cálculo del vertedero	6000 m ³ /seg
Modulo Actualizado – 1997	86.4 m ³ /seg (1926-1964) 104 m³/seg.

“Con los caudales máximos diarios en el periodo 1975 al 1997, que son datos de aforos en la Presa derivadora Los Quiroga y usando las **funciones de distribución de probabilidades típicas**, se calculó un pico de creciente de 2100 m³/s para un intervalo de recurrencia de 1000 años. Si bien la serie de caudales máximos diarios de cada año usada no representan en realidad fenómenos totalmente estocásticos puesto que se origina en función del manejo del embalse, donde interviene la mano del hombre a voluntad, esta serie nos arroja buenos datos para lucubraciones y proyectos de aprovechamientos del Río Dulce aguas abajo de Los Quiroga con suficiente validez”.

Recurrencia 10 años	870 m³/s
Recurrencia 25 años	1050 m³/s
Recurrencia 50 años	1300m³/s
Recurrencia 100 años	1420 m³/s
Recurrencia 200años	1650 m³/s
Recurrencia 1000 años	2100 m³/s

5. Reconocimientos y Estudios Geológicos del área de estudios

Se efectuó un reconocimiento del área de estudios por donde fue posible para un automóvil común, lo que permitió precisar mejor la caracterización de las condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrodinámicas del sistema fluvial, a los efectos de obtener información relacionada a los probables cambios e impactos que podrían generarse de ejecutarse obras de intervención.

Se analizaron los antecedentes pertinentes y se realizó la zonificación geológica de la zona para un mejor entendimiento de los procesos geomorfológicos que pudiesen incidir en la evaluación de las alternativas.

6. Planteo de Alternativas

Se plantearon dos grupos de alternativas o criterios, a saber:

- Criterio 1: Tomando como antecedente la Memoria Descriptiva que se encuentra en el anexo del presente informe, se procedió al estudio del canal de trasvase para la capacidad y sección proyectado en la memoria, es decir, $400 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Criterio 2: Como aún no se cuenta con la información sobre la demanda real de las poblaciones de la zona de proyecto, se plantearon doce alternativas para conducir 10, 20, 30 y $40 \text{ m}^3/\text{s}$, teniendo en cuenta el método de la velocidad permisible.

7. Prediseño Hidráulico de las obras

7.1. Criterio 1

Sobre la base de la topografía obtenida de la restitución de imágenes radar, se planteo la traza del canal de trasvase. Ver plano RD-08.

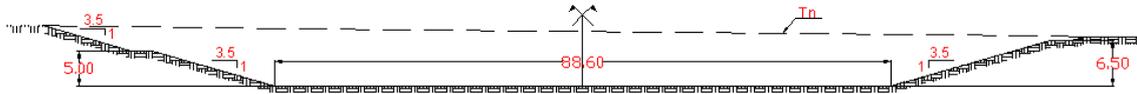
El perfil longitudinal puede verse en los planos RD-06 y 07

El diseño se verificó utilizando el software Hec-Ras.

Datos:

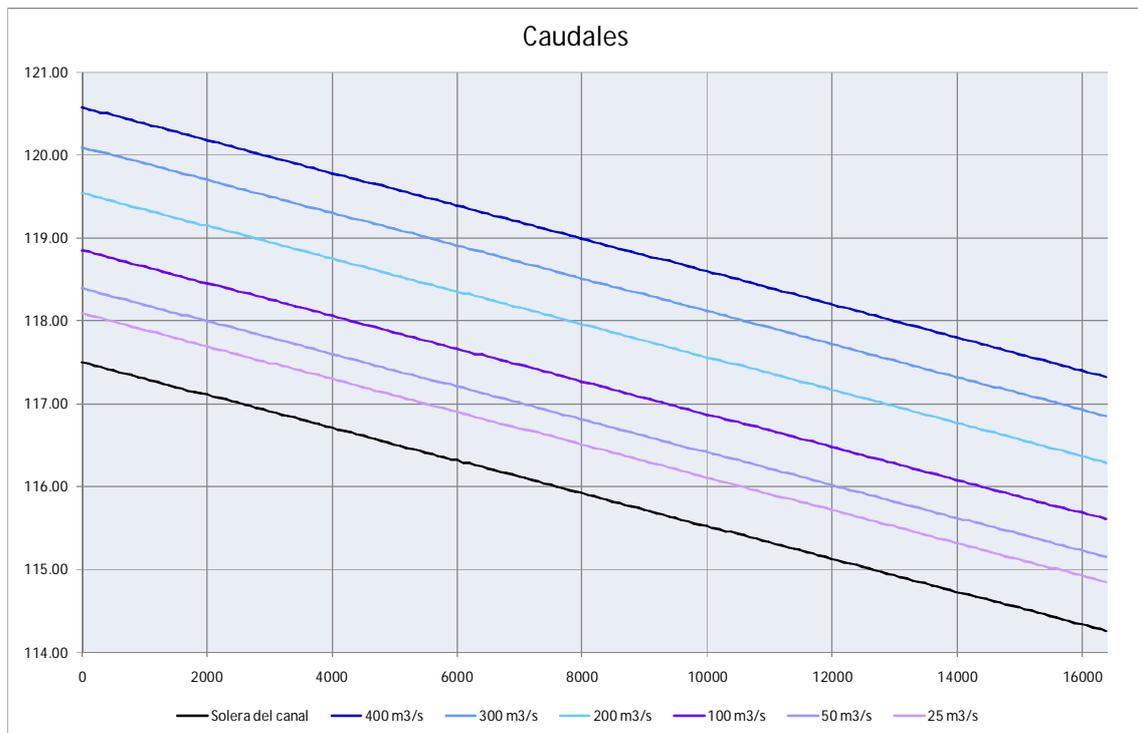
- Longitud del canal = 16380 m
- Pendiente = 0.02 %

- $n = 0.020$

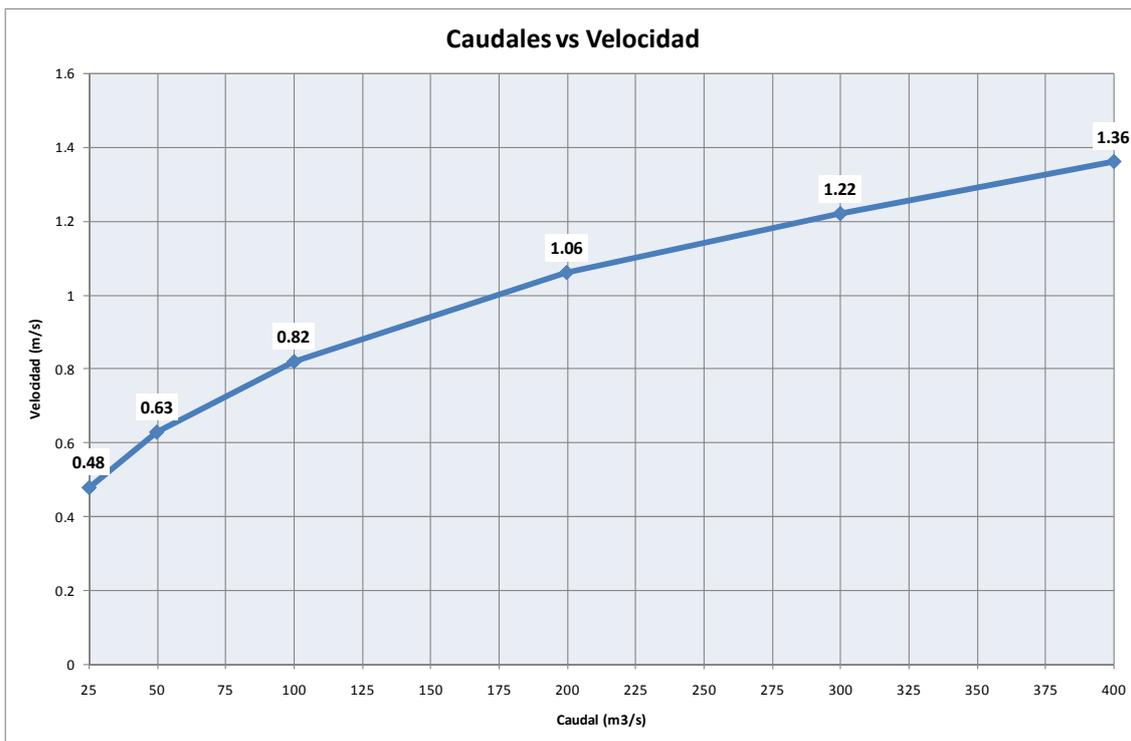


Se procedió al cálculo para distintos caudales.

En el gráfico siguiente se observa el perfil longitudinal del canal y los tirantes correspondientes a los caudales analizados.



Por último se determinó las velocidades correspondientes a cada caudal.



7.2. Criterio 2

Sobre la base de la topografía obtenida de la restitución de imágenes radar, se planteo la traza del canal de trasvase, que en este estudio es única ya que no se dispone de la información adecuada del terreno. Ver plano RD-10.

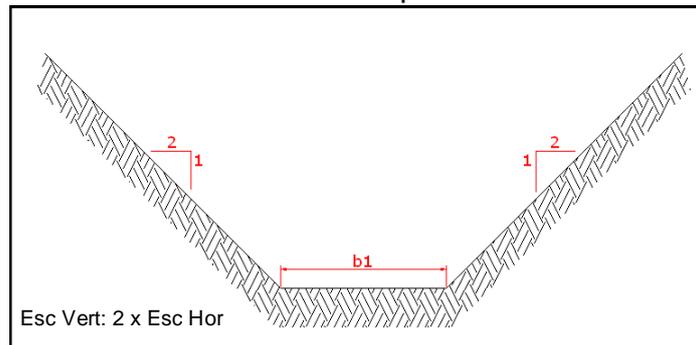
El perfil longitudinal puede verse en el plano RD-09.

Se plantearon doce alternativas para conducir 10, 20, 30 y 40 m³/s.

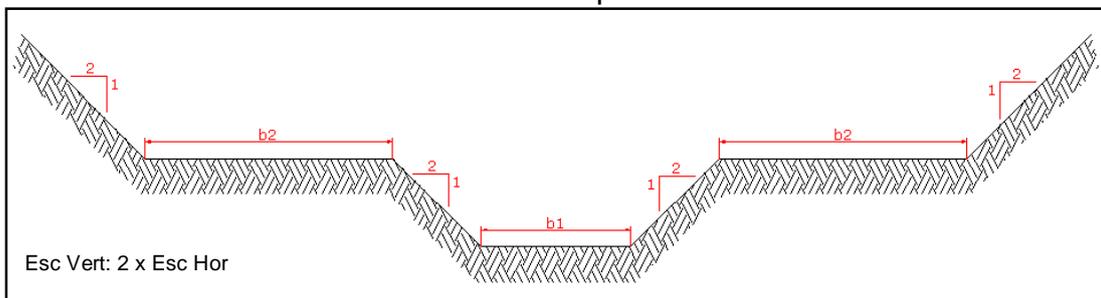
Se evaluaron dos tipos de secciones: Tipo I (sección simple) para transportar 10 o 40 m³/s y Tipo II (sección compuesta) con el objeto de transportar entre 10 y 40 m³/s.

La sección Tipo II se diseñó con el objeto de que su comportamiento hidráulico sea eficiente tanto para caudales grandes como 40 m³/s como para caudales menores de 10 m³/s, evitando tanto velocidades erosivas como velocidades de sedimentación.

Sección tipo I



Sección tipo II



Por otro lado, y para cada una de estas alternativas, se evaluaron para velocidades máximas de flujo de 0.2 m/s y 0.3 m/s.

Finalmente, se adoptaron dos valores de rugosidad de Manning "n" de 0.02 y 0.03.

En la tabla siguiente se resumen las cuatro alternativas, con las tres variantes planteadas para cada una.

		Velocidad (m/s)	
		0.20	0.30
Caudal (m ³ /s)	10	ALTERNATIVA 01 n=0.02 	ALTERNATIVA 02 n=0.02 
		ALTERNATIVA 03 n=0.03 	ALTERNATIVA 04 n=0.03 
	40	ALTERNATIVA 05 n=0.02 	ALTERNATIVA 06 n=0.02 
		ALTERNATIVA 07 n=0.03 	ALTERNATIVA 08 n=0.03 
	10 a 40	ALTERNATIVA 09 n=0.02 	ALTERNATIVA 10 n=0.02 
		ALTERNATIVA 11 n=0.02 	ALTERNATIVA 12 n=0.02 

Para el diseño de las secciones planteadas se utilizó el método de la velocidad permisible.

La velocidad máxima permisible es la mayor velocidad que no causará erosión en el cuerpo del canal.

Cuando otras condiciones son iguales, un canal más profundo conducirá el agua con una velocidad media más alta sin erosión que un canal poco profundo. Es probable que esto se deba a que la socavación primordialmente es causada por las velocidades cerca del fondo y, para la misma velocidad media, las velocidades cercanas al fondo son mayores en canales menos profundos.

Se plantearon para el análisis dos valores de rugosidad de Manning, 0.02 y 0.03, como se observa en la tabla siguiente:

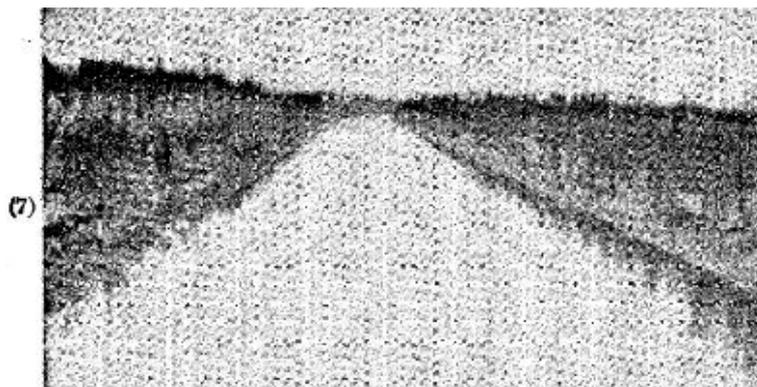
Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
C. Excavado o dragado			
a. En tierra, recto y uniforme			
1. Limpio, recientemente terminado	0.016	0.018	0.020
2. Limpio, después de exposición a la intemperie	0.018	0.022	0.025
3. Con gravas, sección uniforme, limpio	0.022	0.025	0.030
4. Con pastos cortos, algunas malezas	0.022	0.027	0.033

Fuente: "Hidráulica de Canales Abiertos. Ven Te Chow

El primer valor máximo de rugosidad (0.020) corresponde al momento en que la obra entra en funcionamiento y el cuarto valor máximo (0.033), se estipula considerando la evolución natural de la vegetación, la que incrementará la rugosidad.



5. $n = 0.018$. Canal en tierra excavado en marga arcillosa, con depósito de arenas limpias en el medio y lodo limoso cerca de los lados.



7. $n = 0.020$. Canal de irrigación, recto, en arena suave muy densa.



13. $n = 0.029$. Canal en tierra excavado en un suelo de limo aluvial, con depósitos de arena en el fondo y crecimiento de pastos.

Fuente: "Hidráulica de Canales Abiertos. Ven Te Chow

En la figura siguiente se establecen las velocidades máximas permisibles en canales rectos por encima de las cuales se produciría socavación en materiales no cohesivos.

Se plantearon dos velocidades máximas no erosionables, 0.2 y 0.3 m/s, considerando que los tipos de suelo de la zona de estudio se encuentra entre el rango de arenas finas y limos arenosos.

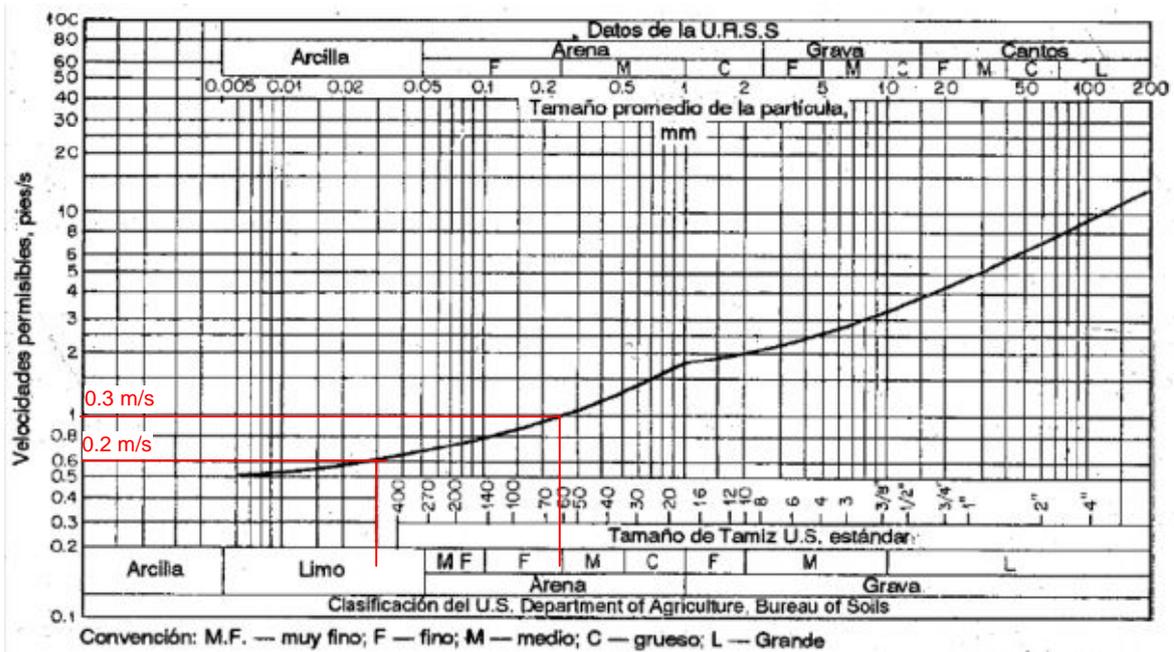


Figura 7-3. Datos de los Estados Unidos y de la URSS sobre velocidades permisibles en suelos no cohesivos.

Fuente: "Hidráulica de Canales Abiertos. Ven Te Chow

Otro punto a considerar es la velocidad mínima permisible o velocidad no sedimentante, para evitar la deposición de material en suspensión.

Material de arrastre	Velocidad mínima (m/s)
Arcilla	0.08
Arena fina (diám. 2 mm)	0.16

Contando con la información preliminar de estar en presencia de suelos limo-arenosos y arenas finas, se considerará que velocidades menores a 0.16 m/s producirán la sedimentación del material de arrastre.

Procedimiento de diseño para una sección de canal:

- Se adopta el coeficiente de rugosidad "n", pendiente de talud lateral "z" y velocidad máxima permisible "V".
- Calcular el área mojada requerida para el caudal y velocidad permisible determinado, $A=Q/V$.
- A partir de la ecuación de Manning, por proceso iterativo, se determina el radio hidráulico "Rh" y la pendiente hidráulica "i".

- Se adopta una revancha de 1 m.
- Conocida la cota de inicio y la pendiente del canal, se establece la cota final y la longitud correspondiente del canal para la alternativa analizada.

En las tablas siguientes se presentan los diferentes escenarios analizados.

SECCION TIPO I

n=0.02

		Velocidad (m/s)			
		0.20		0.30	
Caudal (m ³ /s)	10	n= 0.02 Cota inicio (msnm)= 117.50 b1 (m)= 15 Talud lateral= 1v:2h Pendiente (m/m)= 0.000007 Longitud (m) = 14037 Cota final (msnm)= 117.40	n= 0.02 Cota inicio (msnm)= 117.50 b1 (m)= 8.50 Talud lateral= 1v:2h Pendiente (m/m)= 0.000002 Longitud (m) = 14175 Cota final (msnm)= 117.22		
	40	n= 0.02 Cota inicio (msnm)= 117.50 b1 (m)= 75 Talud lateral= 1v:2h Pendiente (m/m)= 0.000005 Longitud (m) = 14012 Cota final (msnm)= 117.43	n= 0.02 Cota inicio (msnm)= 117.50 b1 (m)= 49 Talud lateral= 1v:2h Pendiente (m/m)= 0.000001 Longitud (m) = 14072 Cota final (msnm)= 117.36		

SECCION TIPO II

n=0.02

		Velocidad (m/s)			
		0.20		0.30	
Caudal (m ³ /s)	10 a 40	n= 0.02 Cota inicio (msnm)= 117.50 Talud lateral= 1v:2h Pendiente (m/m)= 0.000002 Longitud (m) = 14175 Cota final (msnm)= 117.22 b1= 48.0 y1= 1.0 b2= 21.5 y2= 2.5	n= 0.02 Cota inicio (msnm)= 117.50 Talud lateral= 1v:2h Pendiente (m/m)= 0.000004 Longitud (m) = 14655 Cota final (msnm)= 116.91 b1= 32.0 y1= 1.0 b2= 17.0 y2= 2.5		

SECCION TIPO I

n=0.03

		Velocidad (m/s)			
		0.20		0.30	
		n= 0.03		n= 0.03	
Caudal (m ³ /s)	10	Cota inicio (msnm)= Ancho solera (m)= Talud lateral= Pendiente (m/m)= Longitud (m) = Cota final (msnm)=	117.50 15 1v:2h 0.00002 14175 117.22	Cota inicio (msnm)= Ancho solera (m)= Talud lateral= Pendiente (m/m)= Longitud (m) = Cota final (msnm)=	117.50 8.50 1v:2h 0.00004 14655 116.91
	40	Cota inicio (msnm)= Ancho solera (m)= Talud lateral= Pendiente (m/m)= Longitud (m) = Cota final (msnm)=	117.50 75 1v:2h 0.00001 14072 117.36	Cota inicio (msnm)= Ancho solera (m)= Talud lateral= Pendiente (m/m)= Longitud (m) = Cota final (msnm)=	117.50 49 1v:2h 0.00003 14352 117.07

SECCION TIPO II

n=0.03

		Velocidad (m/s)			
		0.20		0.30	
		n= 0.03		n= 0.03	
Caudal (m ³ /s)	10 a 40	Cota inicio (msnm)= Talud lateral= Pendiente (m/m)= Longitud (m) = Cota final (msnm)= b1= y1= b2= y2=	117.50 1v:2h 0.00004 14665 116.91 48.0 1.0 27.0 2.5	Cota inicio (msnm)= Talud lateral= Pendiente (m/m)= Longitud (m) = Cota final (msnm)= b1= y1= b2= y2=	117.50 1v:2h 0.00009 14815 116.16 32.0 1.0 13.0 2.5

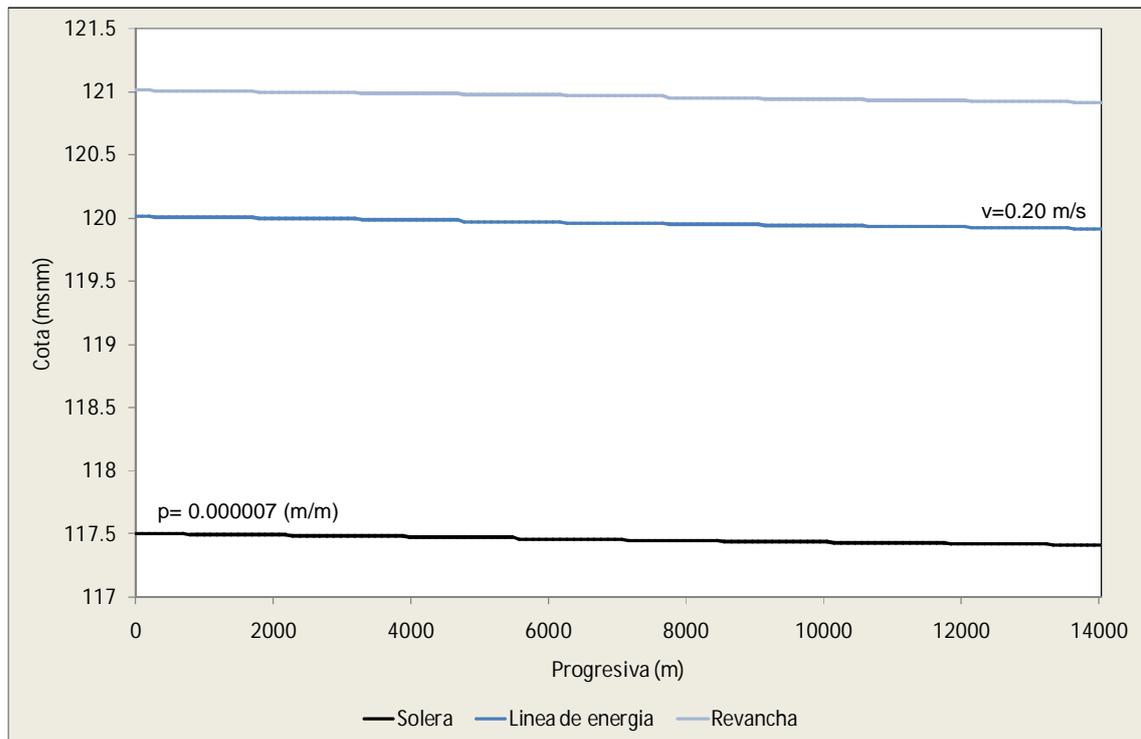
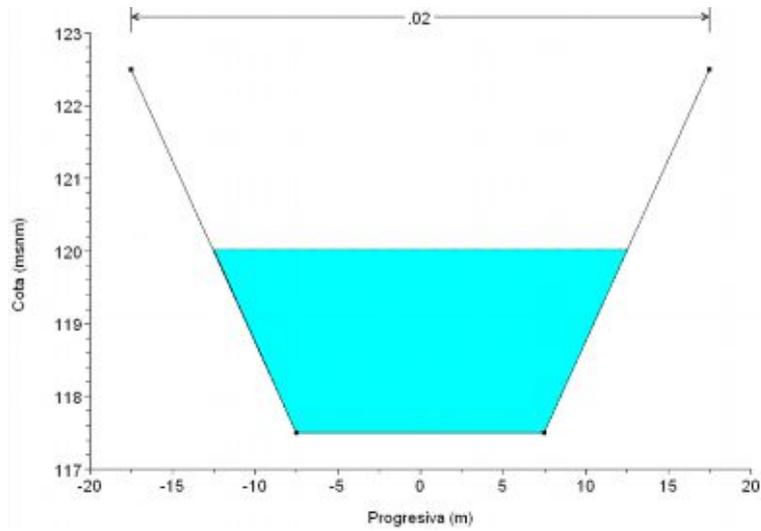
7.2.1. Estudios Hidráulicos

Una vez planteadas las doce alternativas se realizaron las verificaciones de los mismos con el programa HEC RAS.

A continuación se presentan las salidas correspondientes.

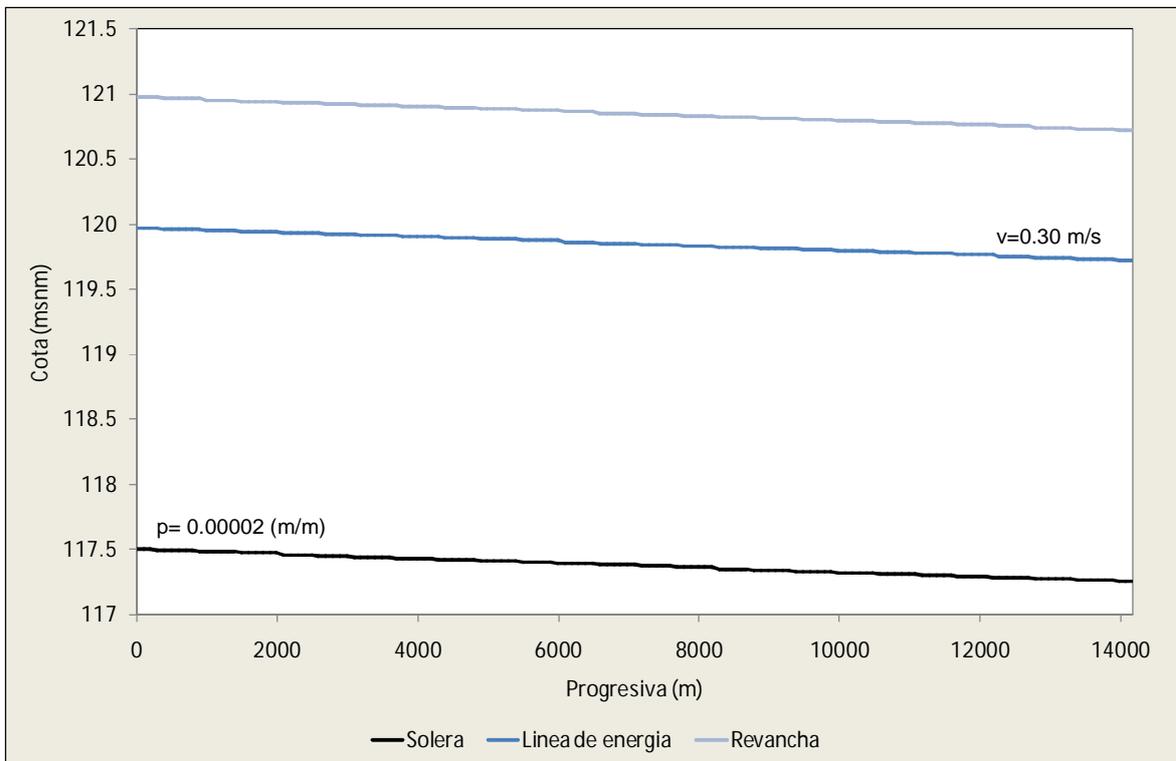
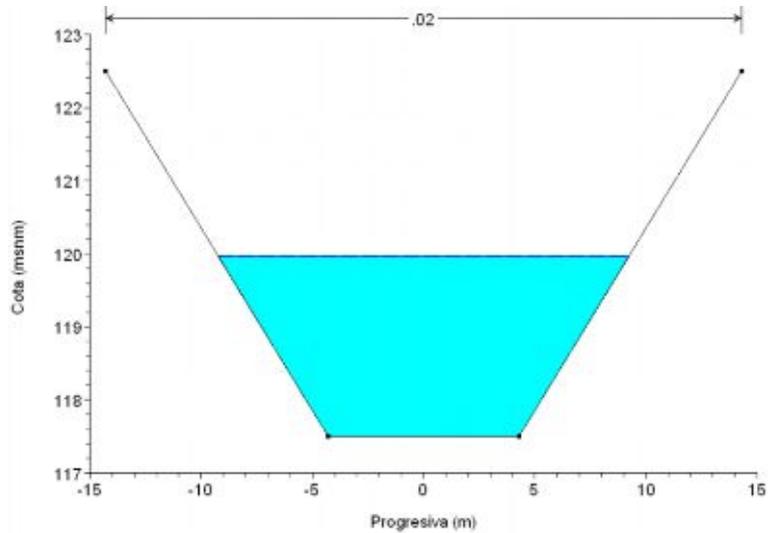
7.2.1.1. Alternativa 01

Sección tipo I, $n=0.02$, $v=0.20$ m/s y $Q=10$ m³/s



7.2.1.2. Alternativa 02

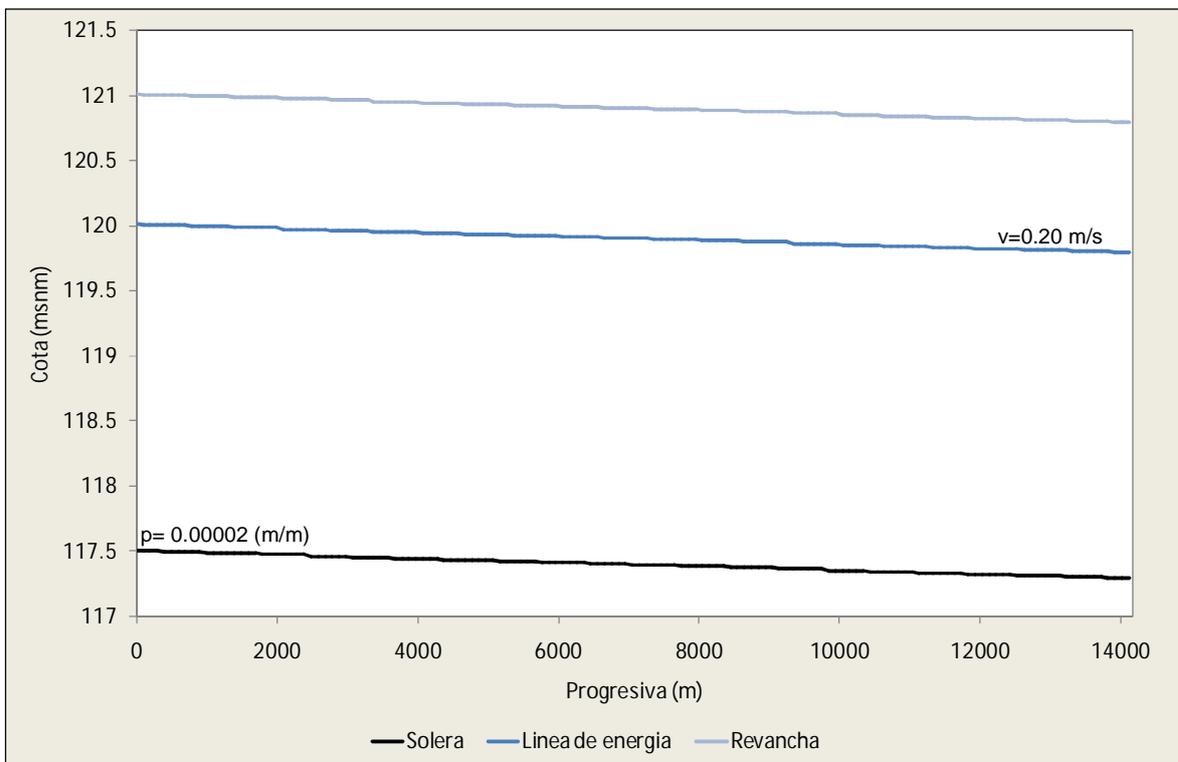
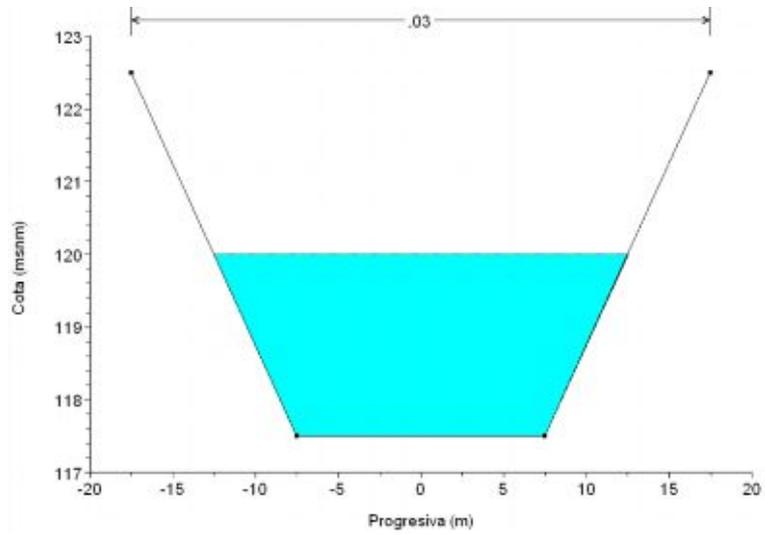
Sección tipo I, $n=0.02$, $v=0.30$ m/s y $Q=10$ m³/s



De la comparación de los escenarios anteriores se puede concluir que para una misma rugosidad y caudal, para incrementar la velocidad a 0.3 m/s se debió incrementar la pendiente y disminuir la sección de canal.

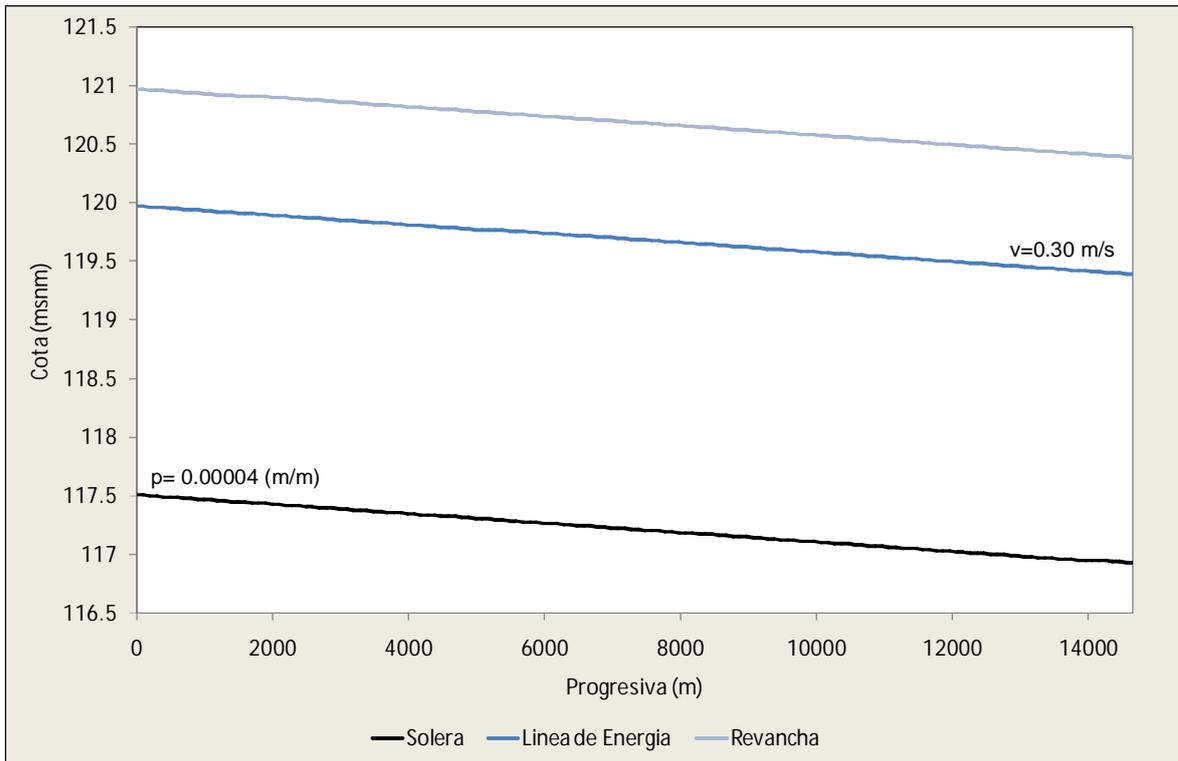
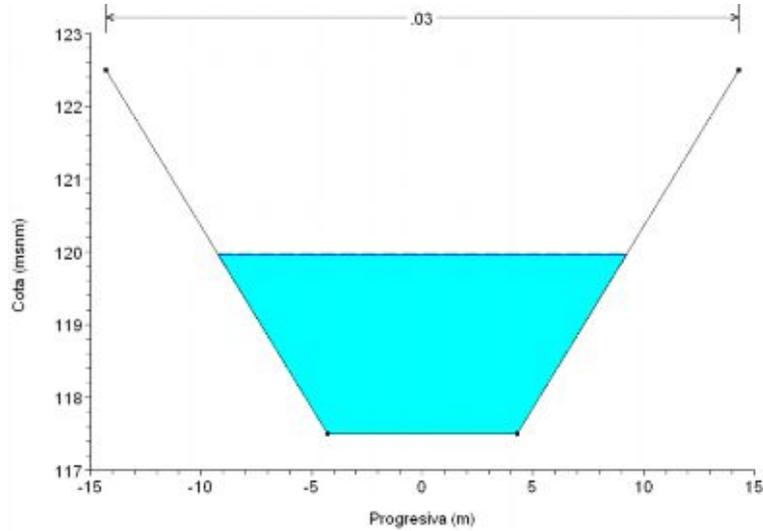
7.2.1.3. Alternativa 03

Sección tipo I, $n=0.03$, $v=0.20$ m/s y $Q=10$ m³/s



7.2.1.4. Alternativa 04

Sección tipo I, $n=0.03$, $v=0.30$ m/s y $Q=10$ m³/s

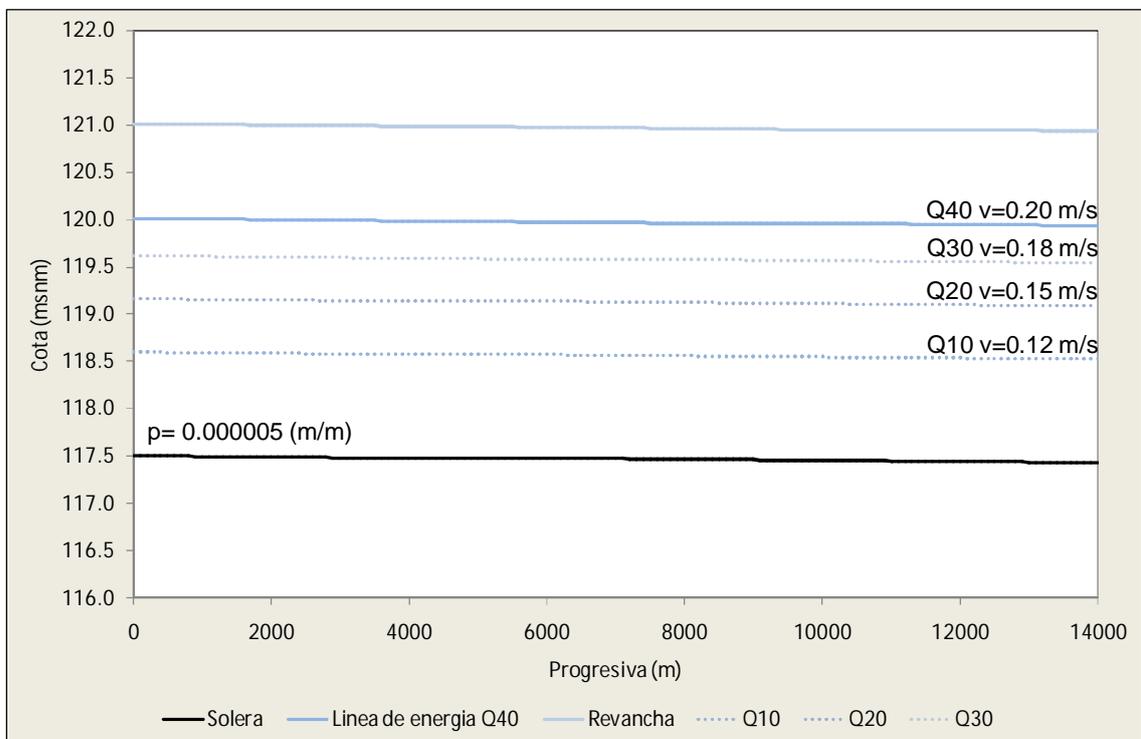
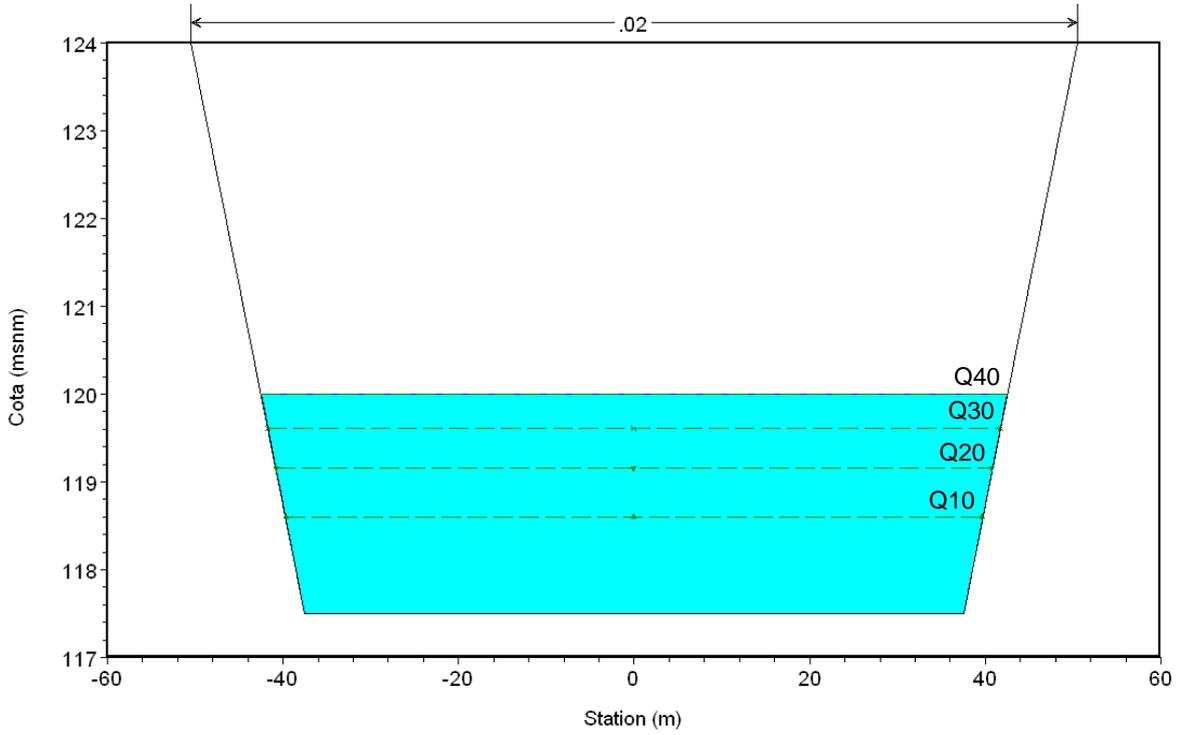


Lo mismo sucede para una rugosidad de 0.03 y mismo caudal.

Por otro lado, para una misma velocidad, caudal y sección transversal, al incrementar la rugosidad a 0.03, se debe incrementar la pendiente con el objeto de obtener la misma velocidad.

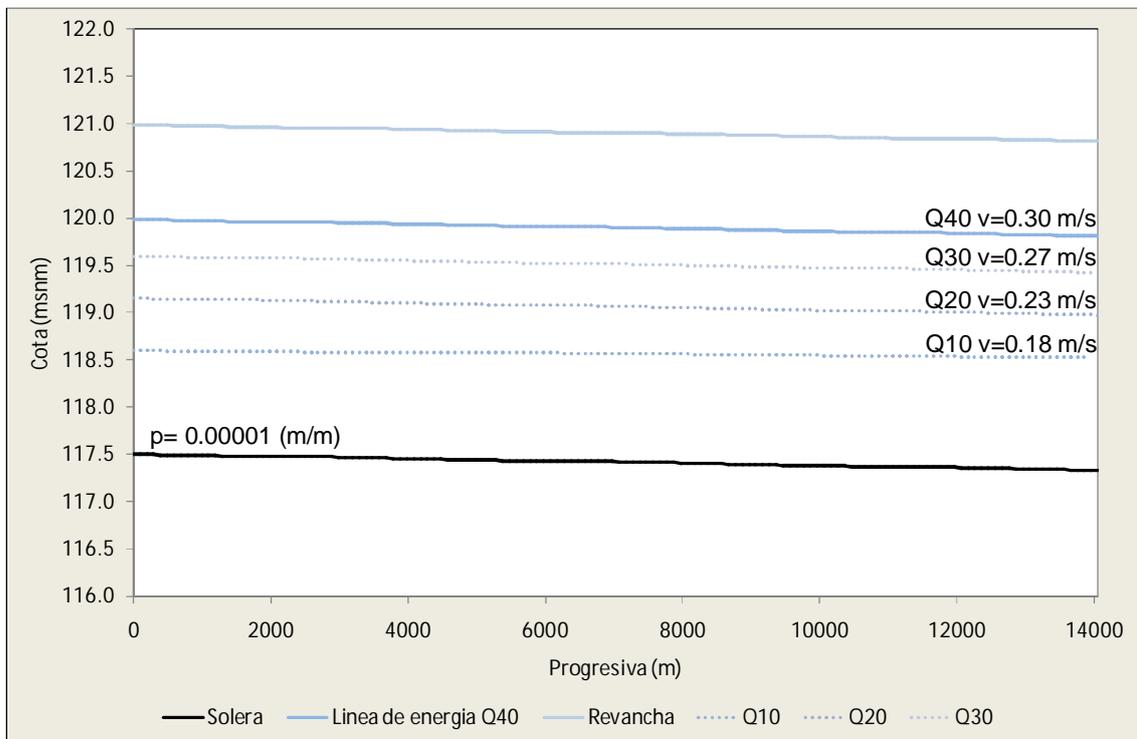
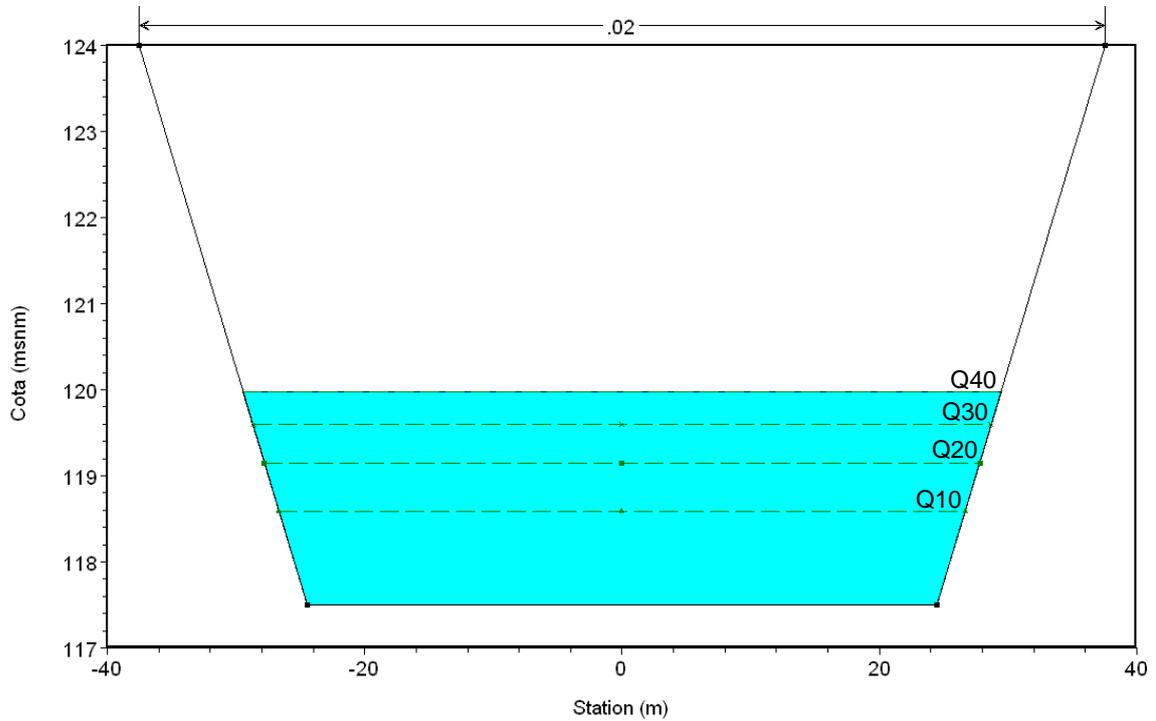
7.2.1.5. Alternativa 05

Sección tipo I, $n=0.02$, $v=0.20$ m/s y $Q=40$ m³/s



7.2.1.6. Alternativa 06

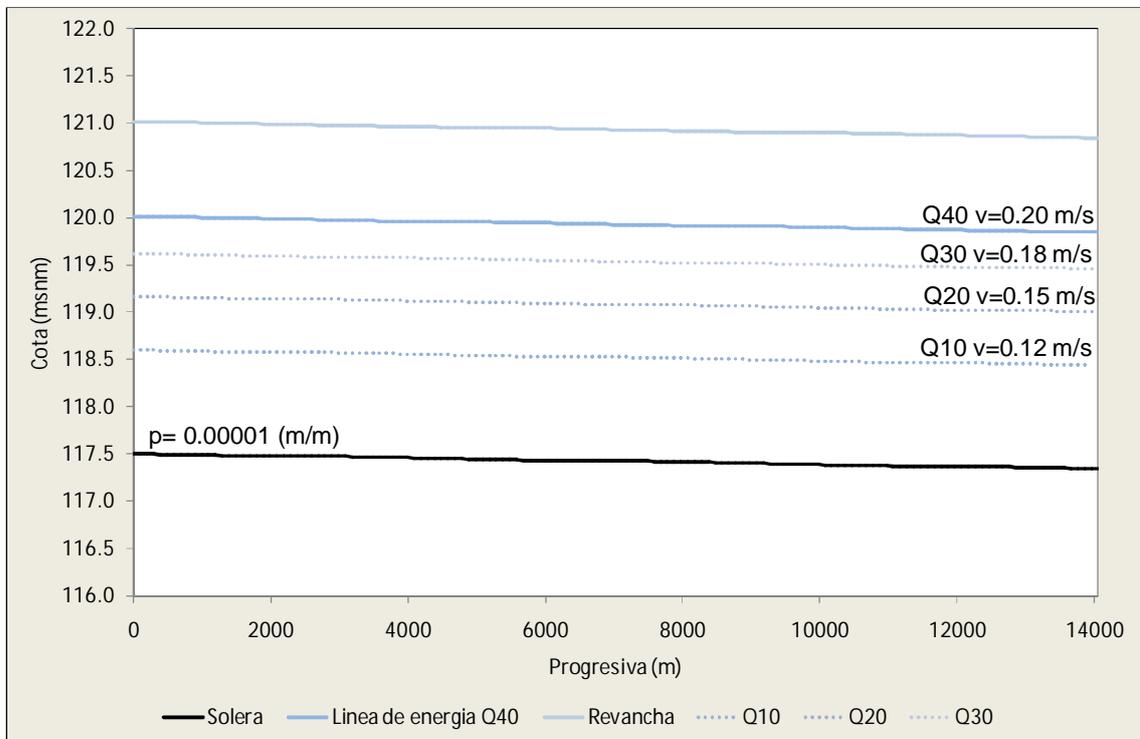
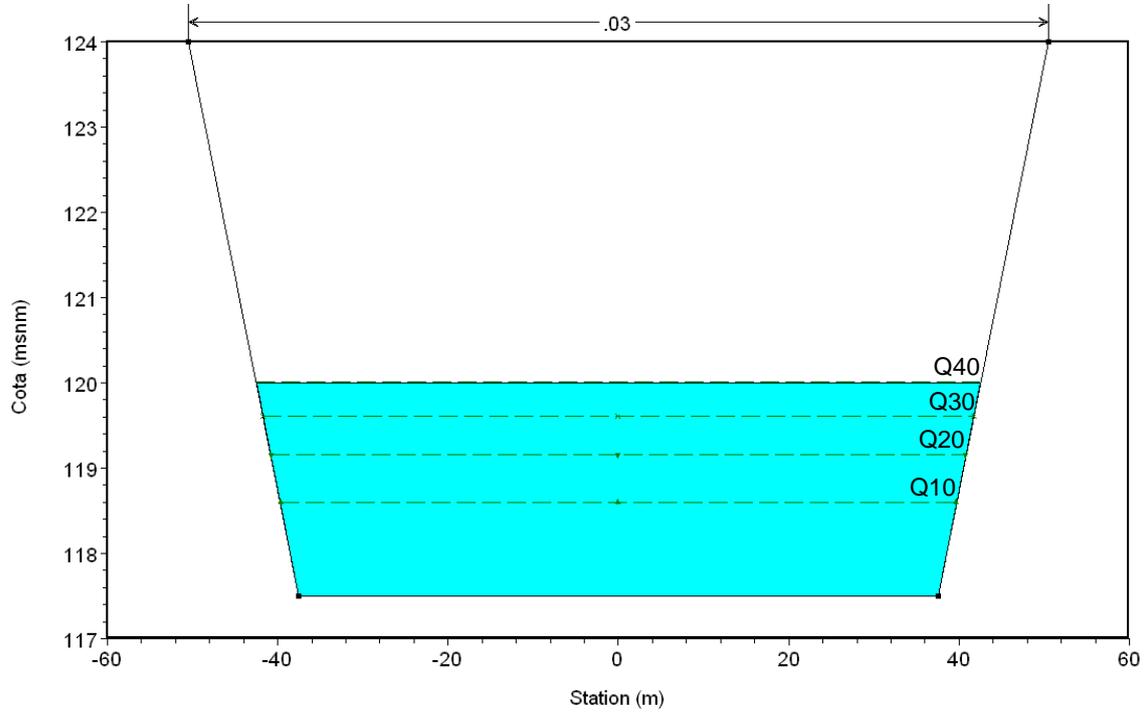
Sección tipo I, $n=0.02$, $v=0.30$ m/s y $Q=40$ m³/s



De la comparación de los escenarios anteriores se puede concluir que para una misma rugosidad y caudal, para incrementar la velocidad a 0.3 m/s se debió incrementar la pendiente y disminuir la sección de canal.

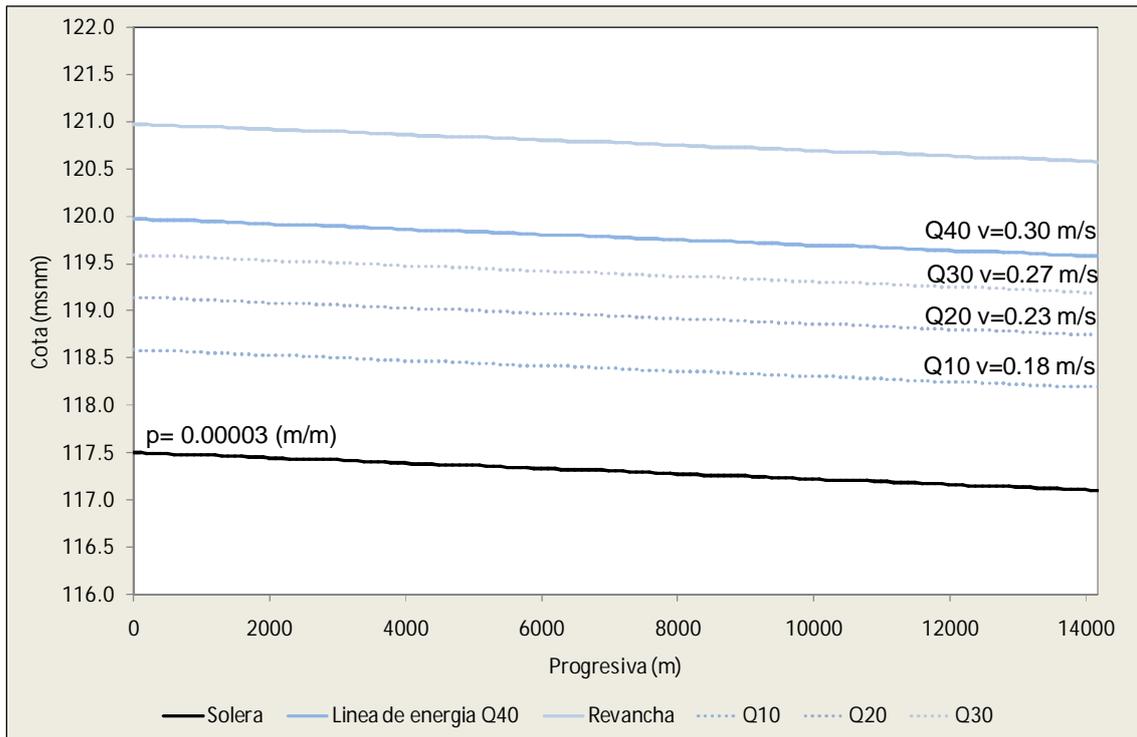
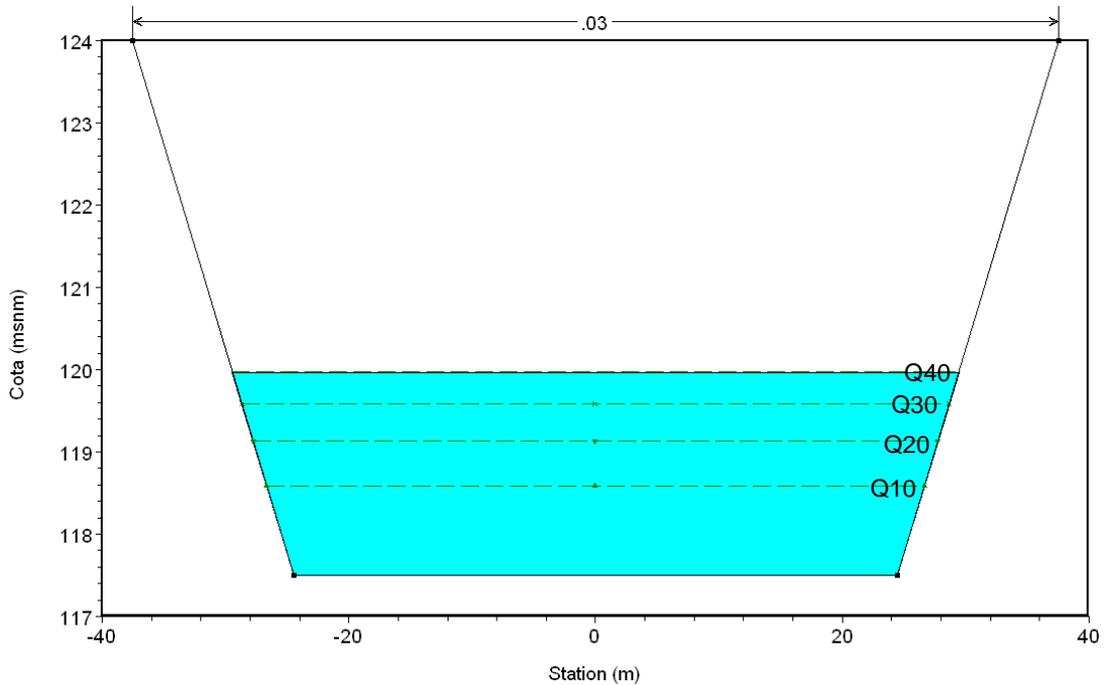
7.2.1.7. Alternativa 07

Sección tipo I, $n=0.03$, $v=0.20$ m/s y $Q=40$ m³/s



7.2.1.8. Alternativa 08

Sección tipo I, $n=0.03$, $v=0.30$ m/s y $Q=40$ m³/s

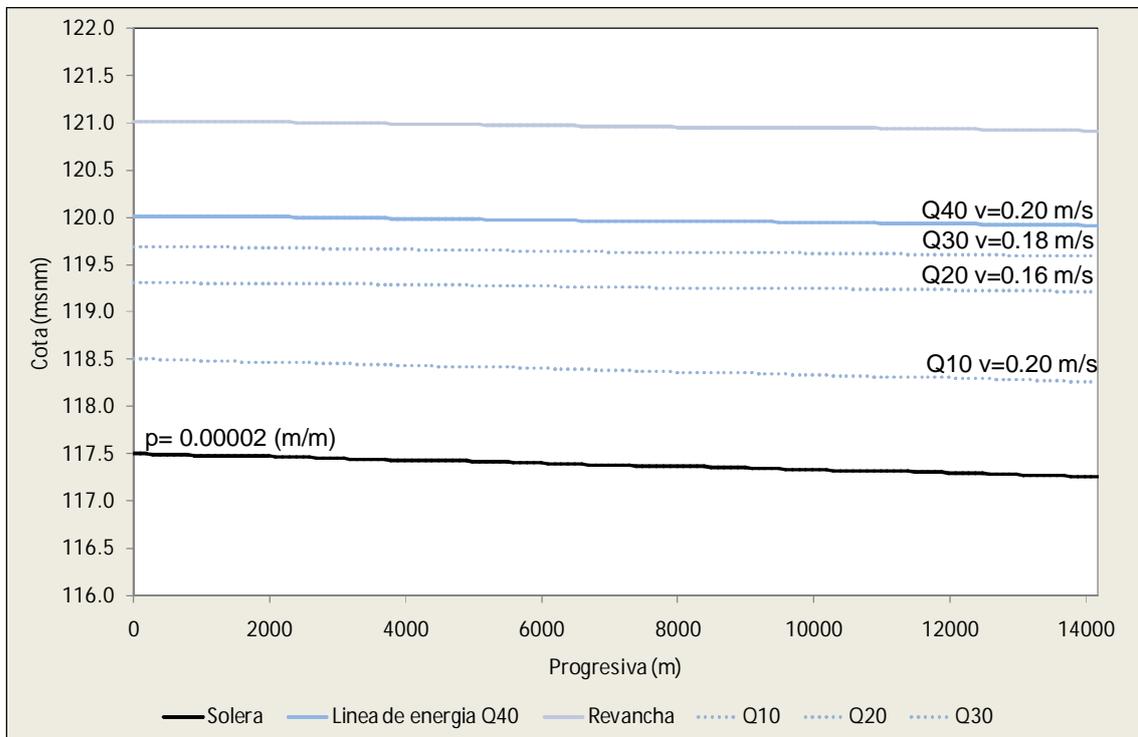
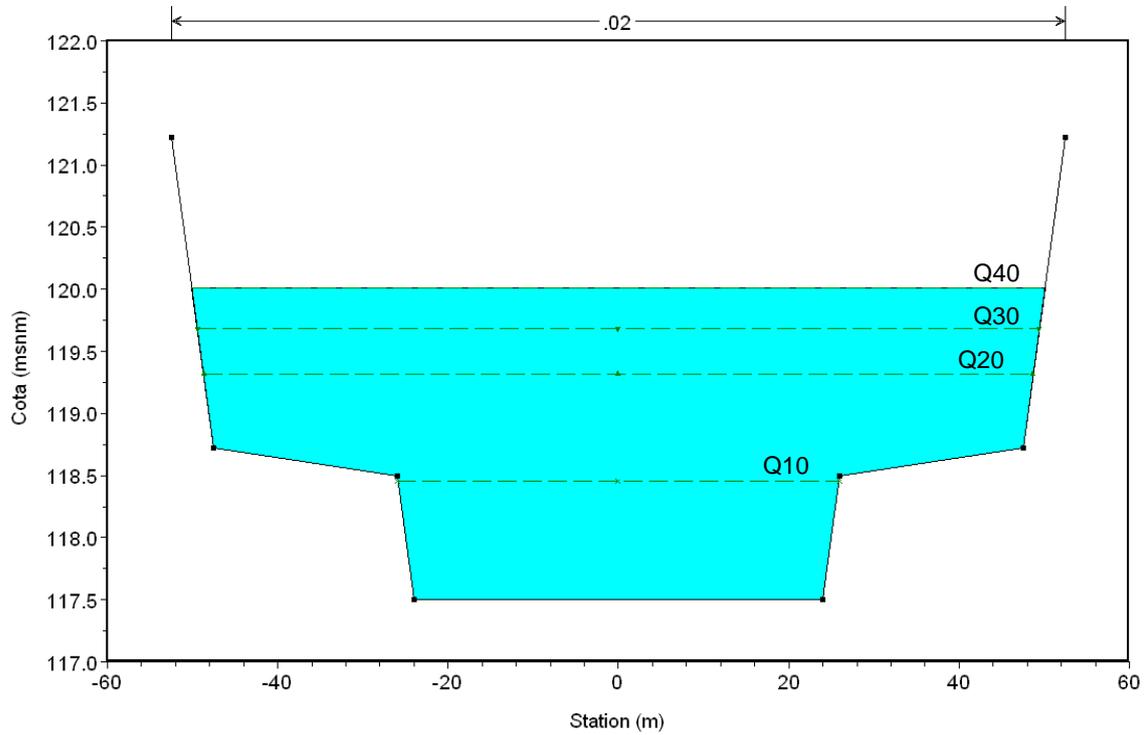


Lo mismo sucede para una rugosidad de 0.03 y mismo caudal.

Por otro lado, para una misma velocidad, caudal y sección transversal, al incrementar la rugosidad a 0.03, se debe incrementar la pendiente con el objeto de obtener la misma velocidad.

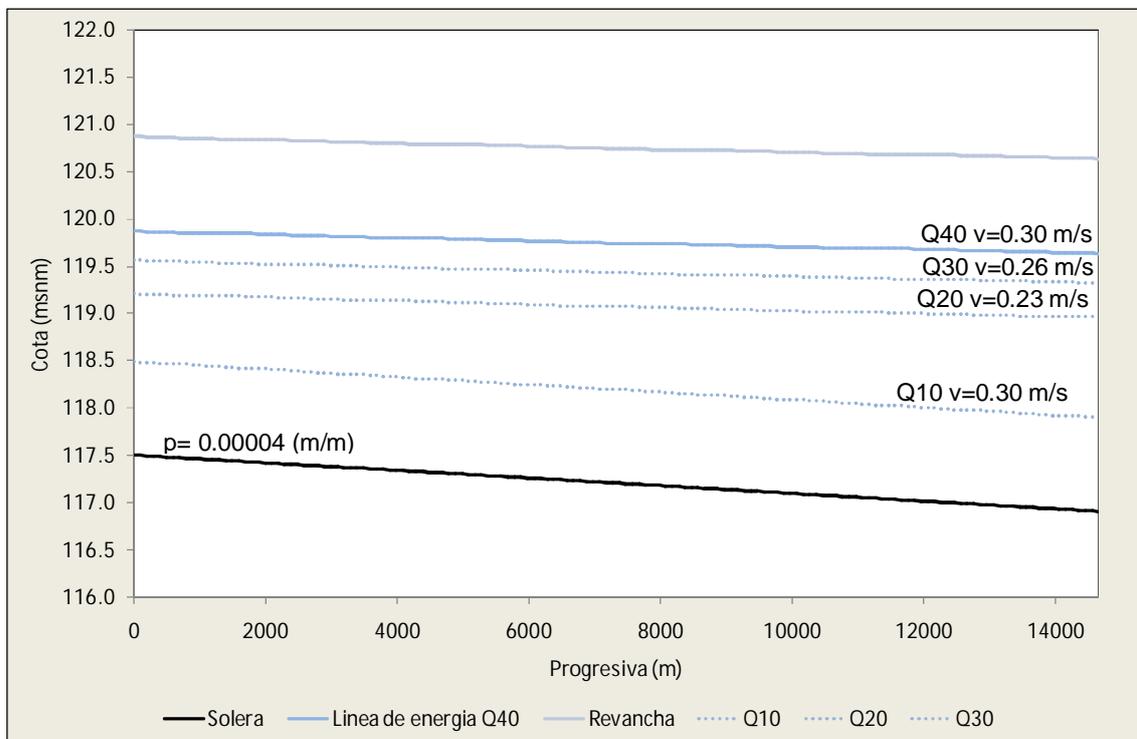
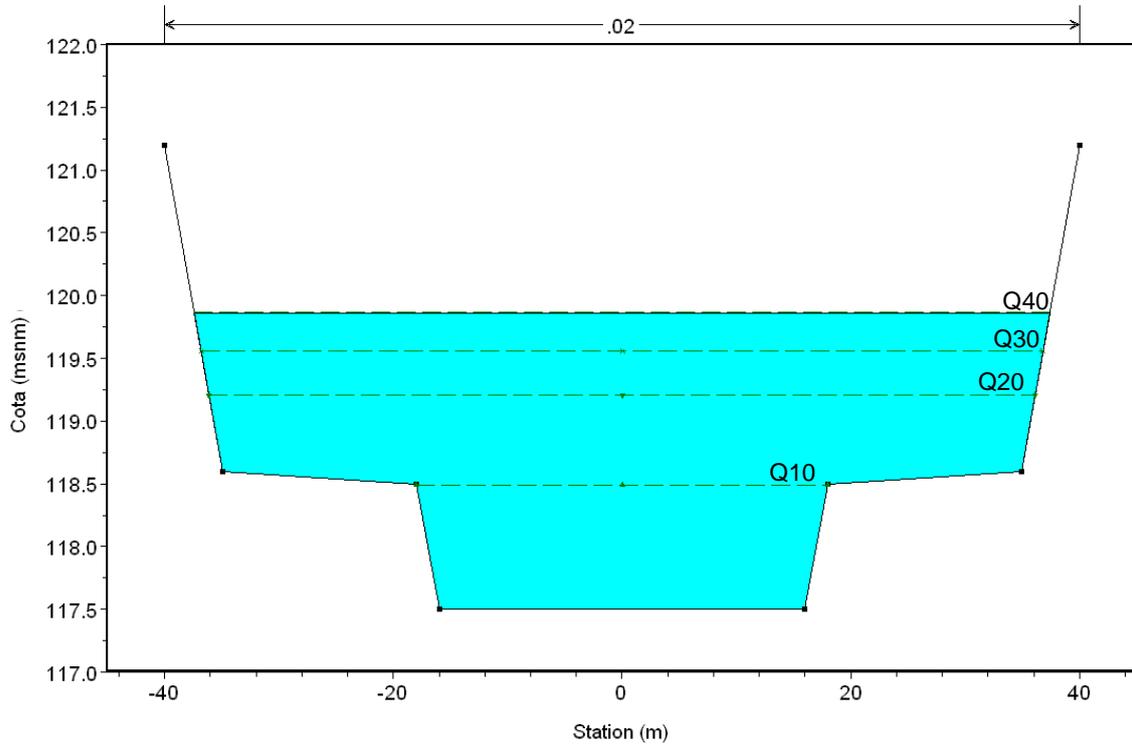
7.2.1.9. Alternativa 09

Sección tipo II, $n=0.02$, $v=0.20$ m/s y $Q=40$ m³/s



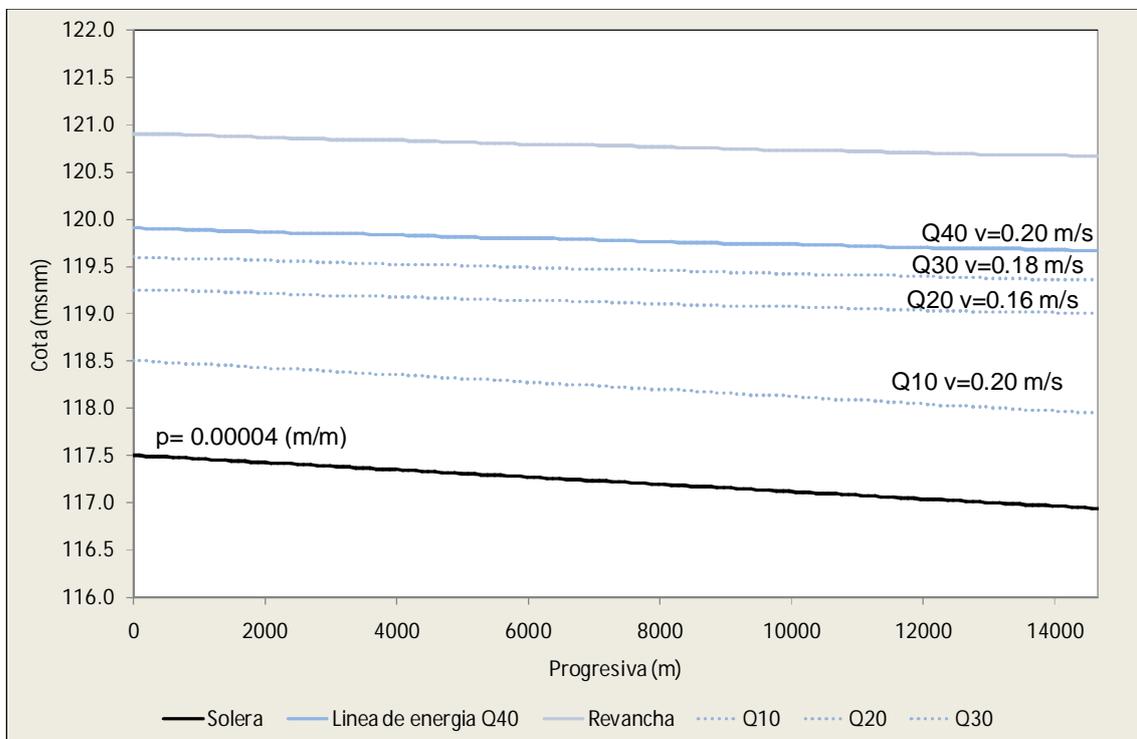
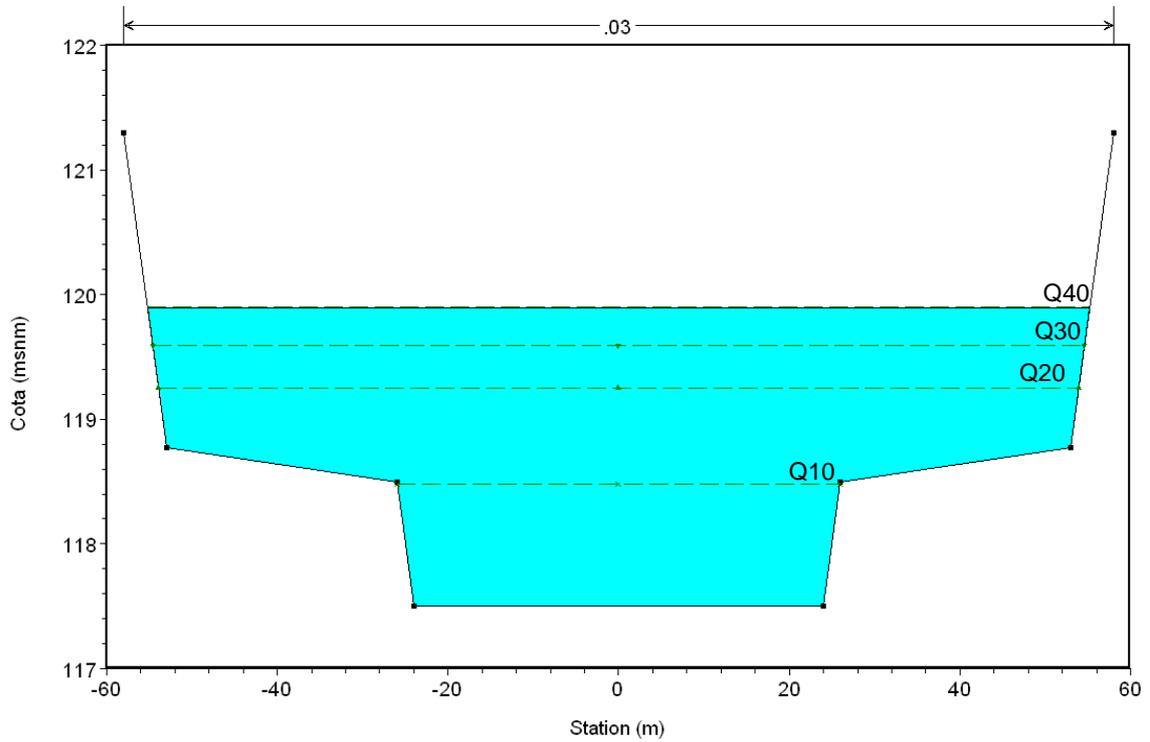
7.2.1.10. Alternativa 10

Sección tipo II, $n=0.02$, $v=0.30$ m/s y $Q=40$ m³/s



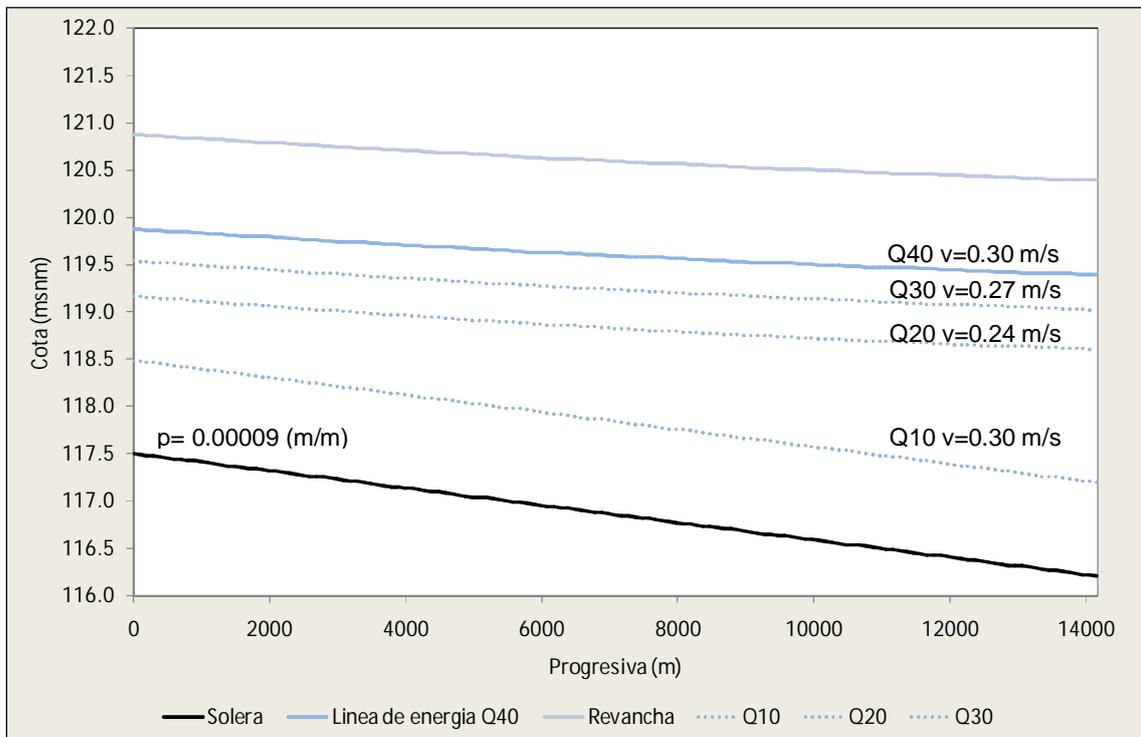
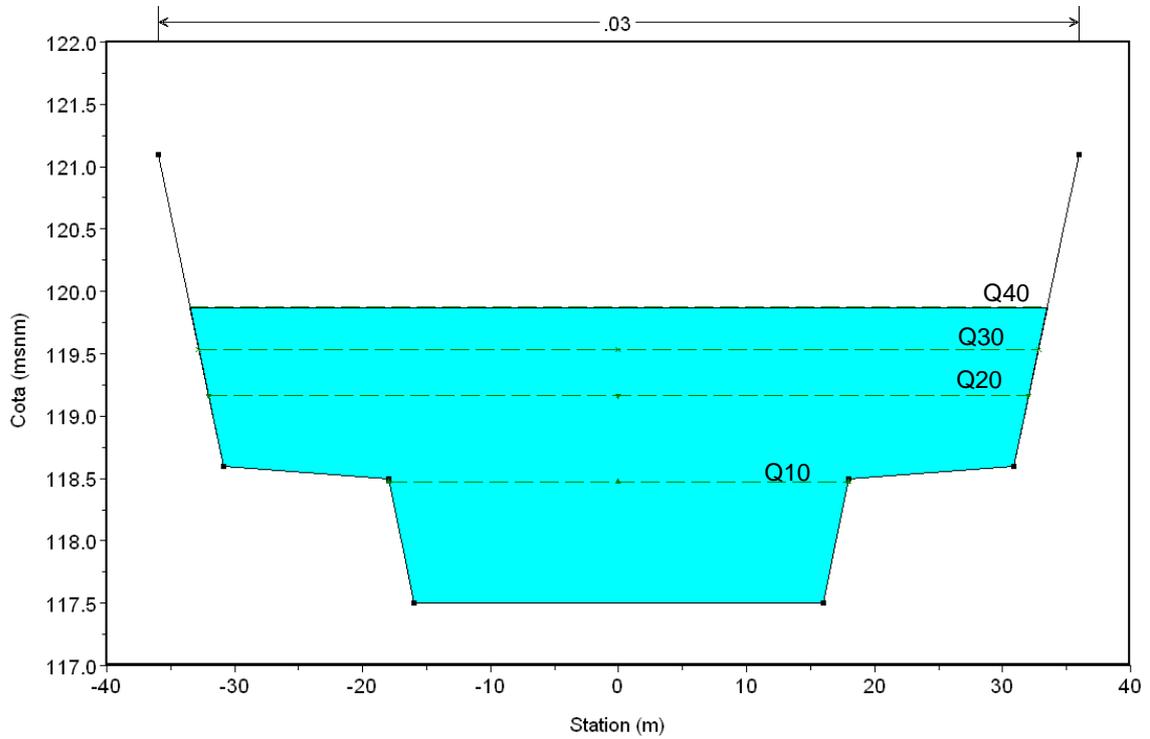
7.2.1.11. Alternativa 11

Sección tipo II, $n=0.03$, $v=0.20$ m/s y $Q=40$ m³/s



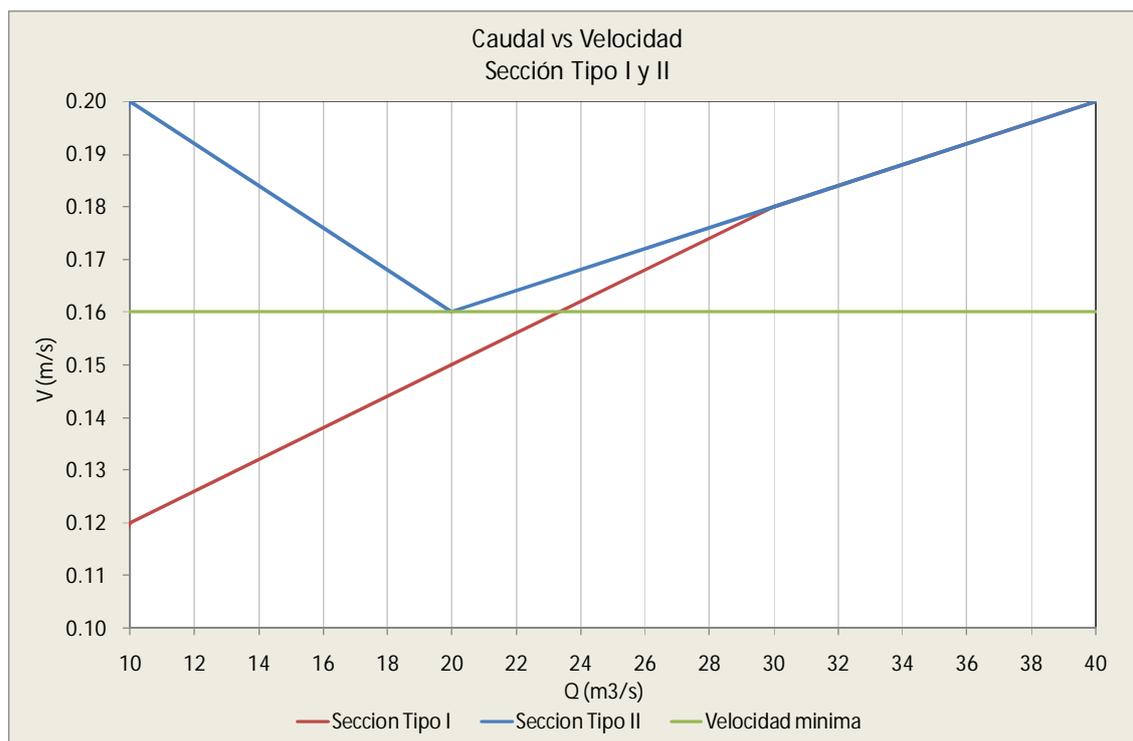
7.2.1.12. Alternativa 12

Sección tipo II, $n=0.03$, $v=0.30$ m/s y $Q=40$ m³/s



De la comparación entre las secciones Tipo I y II, se puede concluir:

- En ningún caso se supera la velocidad máxima, por lo que las probabilidades de erosión son bajas.
- Para las secciones Tipo I y velocidad máxima de 0.20 m/s, hay altas probabilidades de sedimentación para caudales menores de 24 m³/s.



8. Evaluación Geotécnica de las alternativas

De acuerdo a la naturaleza de los suelos existentes en la región, de naturaleza limosa o limo arenosa, en general débiles, con baja plasticidad y cohesión, se puede anticipar que son fácilmente erosionables, por lo que los taludes de los o del canal tendrán una pendiente que sea estable y la velocidad del agua no deberá provocar la erosión de los suelos que atraviese el canal.

En los casos estudiados y tomando en principio suelos limosos o areno limosos, se han considerado velocidades de escurrimiento del agua que no provocarían erosiones. En estas regiones en relativamente poco tiempo la vegetación seguramente cubrirá los taludes y soleras (si el flujo de agua se interrumpe), lo que aportará una importante protección no solo del agua que se derive, sino también del agua de lluvia sobre los taludes.

9. Análisis de Estabilidad Preliminar de las Estructuras

Las alternativas planteadas son canales excavados con pendiente uniforme, sin obras estructurales como saltos o disipadores, por lo que en esta etapa preliminar no se requieren análisis de estabilidad estructural.

10. Cómputo métrico

Se realizó el cómputo de los volúmenes de terraplén y de excavación para todas las alternativas planteadas.

10.1. Criterio 1

Se procedió a realizar el cómputo preliminar de los volúmenes de excavación y terraplén para la alternativa planteada de canal de trasvase para un caudal máximo de 400 m³/s. Ver plano RD-08.

ITEM	Volumen (m ³)
Excavación	7.540.723
Terraplén	803.315

10.2. Criterio 2

Se efectuaron perfiles transversales a partir de la topografía obtenida de las imágenes radar. Ver planos RD-10, RD-11 y RD-12 que corresponden a una velocidad de 0.20 m/seg y $n=0.02$ para diferentes caudales y tipos de secciones.

A continuación se presentan en una tabla los valores obtenidos:

Alternativa nº	Q (m ³ /seg)	Velocidad (m/seg)	Manning n	Dimensiones			Volumen	
				b1 (m)	b2 (m)	Longitud (m)	Terraplén (m ³)	Excavación (m ³)
1	10	0.2	0.02	15	-	14037	173,836	1,003,901
2	10	0.3	0.02	8.50	-	14175	163,048	723,601
3	10	0.2	0.03	15	-	14175	168,434	1,026,312
4	10	0.3	0.03	8.50	-	14655	168,199	753,772
5	40	0.2	0.02	75	-	14012	175,005	3,936,567
6	40	0.3	0.02	49	-	14072	171,949	2,693,336
7	40	0.2	0.03	75	-	14072	169,813	4,002,572
8	40	0.3	0.03	49	-	14352	160,933	2,826,261
9	10 a 40	0.2	0.02	48	21.5	14175	226,005	4,149,355
10	10 a 40	0.3	0.02	32	17	14655	256,754	3,053,378
11	10 a 40	0.2	0.03	48	27	14665	303,336	4,505,446
12	10 a 40	0.3	0.03	32	13	14815	151,725	3,293,017

Se realizó la comparación entre los diferentes escenarios planteados para transportar un caudal máximo de 40 m³/s, para dos velocidades máximas, 0.20 y 0.30 m/seg y valores de rugosidad de 0.02 y 0.03.

10.2.1. Velocidad de 0.20 m/s

Q=40 m³/seg v=0,20 m/seg n=0,02

Alternativa	Dimensiones (m)			Volumen (m ³)	
	b1	b2	Longitud	Terraplén	Excavación
5	75	-	14012	175,005.00	3,936,566.50
9	48	21.5	14175	226,005.00	4,149,354.50

Q=40 m³/seg v=0,20 m/seg n=0,03

Alternativa	Dimensiones (m)			Volumen (m ³)	
	b1	b2	Longitud	Terraplén	Excavación
7	75	-	14072	169,813.00	4,002,571.70
11	48	27	14665	303,336.00	4,505,446.40

10.2.2. Velocidad de 0.30 m/s

Q=40 m ³ /seg	v=0,30 m/seg	n=0,02
--------------------------	--------------	--------

Alternativa	Dimensiones (m)			Volumen (m ³)	
	b1	b2	Longitud	Terraplén	Excavación
6	49	-	14072	171,949.00	2,693,336.10
10	32	17	14655	256,754.00	3,053,377.60

Q=40 m ³ /seg	v=0,30 m/seg	n=0,03
--------------------------	--------------	--------

Alternativa	Dimensiones (m)			Volumen (m ³)	
	b1	b2	Longitud	Terraplén	Excavación
8	49	-	14352	160,933.00	2,826,260.70
12	32	13	14815	151,725.00	3,293,016.50

De las anteriores comparaciones se observa que los volúmenes de terraplén y de excavación de la sección tipo II es en todos los casos mayor con respecto a la sección Tipo I.

11. Presupuesto

Se calculó el presupuesto para cada uno de los criterios y alternativas planteadas, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Criterio	Alternativa n°	Q (m ³ /s)	Costo Total (\$)	Costo por km (\$/km)
1		400	\$ 212,928,413	\$ 12,999
2	1	10	\$ 25,601,665	\$ 1,824
2	2	10	\$ 19,434,873	\$ 1,371
2	3	10	\$ 25,931,828	\$ 1,829
2	4	10	\$ 20,202,388	\$ 1,379
2	5	40	\$ 87,218,027	\$ 6,225
2	6	40	\$ 61,030,732	\$ 4,337
2	7	40	\$ 88,469,144	\$ 6,287
2	8	40	\$ 63,535,733	\$ 4,427
2	9	10 a 40	\$ 93,012,575	\$ 6,562
2	10	10 a 40	\$ 70,796,534	\$ 4,831
2	11	10 a 40	\$ 102,501,110	\$ 6,990
2	12	10 a 40	\$ 73,098,197	\$ 4,934

\$ = Pesos Argentinos

Los precios unitarios de los ítems terraplén y excavación en suelo se obtuvieron de licitaciones recientes.

- Precio unitario terraplén: 26 \$/m³
- Precio unitario excavación en suelo: 21 \$/m³

A continuación se presenta el presupuesto detallado de cada una de las alternativas estudiadas.

Criterio 1

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	7,540,723	26	196,058,798
Excavacion	m ³	803,315	21	16,869,615
Total (\$)				212,928,413

Criterio 2

Alternativa n° 1

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	173,836	26	4,519,736
Excavacion	m ³	1,003,901	21	21,081,929
Total (\$)				25,601,665

Criterio 2

Alternativa n° 2

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	163,048	26	4,239,248
Excavacion	m ³	723,601	21	15,195,625
Total (\$)				19,434,873

Criterio 2

Alternativa n° 3

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	168,434	26	4,379,284
Excavacion	m ³	1,026,312	21	21,552,544
Total (\$)				25,931,828

Criterio 2

Alternativa n° 4

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	168,199	26	4,373,174
Excavacion	m ³	753,772	21	15,829,214
Total (\$)				20,202,388

Criterio 2

Alternativa n° 5

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	175,005	26	4,550,130
Excavacion	m ³	3,936,567	21	82,667,897
Total (\$)				87,218,027

Criterio 2

Alternativa n° 6

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	171,949	26	4,470,674
Excavacion	m ³	2,693,336	21	56,560,058
Total (\$)				61,030,732

Criterio 2

Alternativa n° 7

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	169,813	26	4,415,138
Excavacion	m ³	4,002,572	21	84,054,006
Total (\$)				88,469,144

Criterio 2

Alternativa n° 8

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	160,933	26	4,184,258
Excavacion	m ³	2,826,261	21	59,351,475
Total (\$)				63,535,733

Criterio 2

Alternativa n° 9

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	226,005	26	5,876,130
Excavacion	m ³	4,149,355	21	87,136,445
Total (\$)				93,012,575

Criterio 2

Alternativa n° 10

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	256,754	26	6,675,604
Excavacion	m ³	3,053,378	21	64,120,930
Total (\$)				70,796,534

Criterio 2

Alternativa n° 11

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	303,336	26	7,886,736
Excavacion	m ³	4,505,446	21	94,614,374
Total (\$)				102,501,110

Criterio 2

Alternativa n° 12

Item	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal (\$)
Terraplén	m ³	151,725	26	3,944,850
Excavacion	m ³	3,293,017	21	69,153,347
Total (\$)				73,098,197

12. Conclusiones

Sobre la base de los análisis de teledetección y fotointerpretación realizados y los controles de campo correspondientes, se desprende que:

- El extenso abanico aluvial con ápice en las cercanías de Va. San Marín (Loreto), se ha originado por una dinámica fluvial de alta inestabilidad, caracterizada por constantes cambios de flujo generados por importantes procesos de acumulación aluvional, colmatación de cauces, erosiones localizadas y desbordes, lo que dio lugar a la migración lateral histórica del curso del río Dulce, hidrodinámica aún activa en el presente.
- La dinámica y alcance de las ondas de crecida se rigen por las características de las distintas unidades y elementos hidrogeomorfológicos, adoptando particular importancia la edad evolutiva que estas presentan.
- La *paleoplanicie aluvial* sobre la que se asienta el Bosque Chaqueño (altos Vegetados), que obedece al nivel aluvional original, ocupa el nivel topográfico dominante, en donde las paleoformas fluviales son tenues y en parte se presentan obliteradas por depósitos de origen eólico.
- Este ambiente si bien es de génesis fluvial, no es afectado por inundaciones derivadas de desbordes de los cursos actuales, pero si por inundaciones de corta duración, asociadas a la escorrentía elemental local de origen pluvial, en parte regida por el trazo de las paleoformas (paleocauces, espiras meándricas, etc).
- Las *planicies aluviales de actividad esporádica* corresponden a un nivel deposicional intermedio, entre los altos vegetados y las

planicies aluviales de los cursos actuales, con inclusión de frecuentes improntas fluviales de clara definición geomorfológica, lo que indica un estado evolutivo más reciente.

Su actividad esporádica en forma parcial, está ligada al desborde de las planicies aluviales actuales ante la ocurrencia de inundaciones de carácter extremo o histórico.

- Las *planicies aluviales actuales* representan el ámbito fluvial de menor cota topográfica, evolución más reciente y mayor actividad, en las que se incluyen los lechos ordinarios de los cauces actuales.
- En el tramo en que el río Dulce presenta cauce único, los procesos fluviales se corresponden con inundaciones de carácter parcial por desborde del lecho ordinario en crecientes de baja recurrencia y total, en inundaciones de magnitud de recurrencia más alta.
Completan el marco fuertes procesos de erosión de márgenes dependientes del grado de sinuosidad que presente el curso por el diseño meandriforme.
- La *Planicie aluvial de desborde* en su conjunto cinado el río pierde cauce único, constituye el tramo fluvial de mayor inestabilidad con frecuentes cambios de flujo por la escasa pendiente longitudinal, importantes procesos de acumulación aluvional, desbordes y erosión.
- En este ambiente de las planicies aluviales del *Cauce Oeste del río Dulce* y del *Sistema de los ríos Saladillo del Rosario-Utis*, la segunda es la que en la actualidad presenta la mayor actividad hidrológica, probablemente en parte, a partir de la captura que se generó por efecto del canal Tala Yacu.

- El análisis de imágenes satelitales de distinta fecha, indica que esta rama es la que evidencia el estado evolutivo más avanzado e importante y que es la responsable del mayor aporte a la extensa área de bañados con desarrollo desde el meandro La Horqueta, hasta su integración a la depresión de La Mar Chiquita.
- A diferencia la planicie aluvial del cauce Oeste del río Dulce, indica un grado evolutivo más reciente con escasas áreas de bañados, amplitud más estrecha, escasas espiras meándricas abandonadas en la planicie aluvial y menor ancho de lecho ordinario.
- Estos aspectos deben ser considerados convenientemente en las obras de rectificación de cauces que se prevean, dado que un aumento importante en los caudales, dará lugar a la intensificación de los procesos fluviales en forma de erosión de márgenes y ampliación de la planicie aluvial.
- A la vez esto significaría la reducción de los aportes al Sistema de los ríos Saladillo del Rosario-Utis, lo que daría lugar a un cambio en el caudal ecológico afectando la biodiversidad y la dinámica de los extensos bañados, que tienen lugar aguas abajo.
- En consideración a esto es recomendable que las obras de captación/conducción que se prevean, involucren el traslado de caudales lo menos significativos posible.
- Es importante tener en cuenta que la hidrodinámica característica del conjunto de la *planicie aluvial de desborde*, significa ante la ocurrencia de un evento extremo, el aporte de una significativa

carga sólida (sedimentos, vegetación, etc.), lo que daría lugar a cambios repentinos de flujos difíciles de predecir con precisión. Esto ante una intervención inadecuada, significa la probable afectación de las obras de captación-conducción que se prevean.

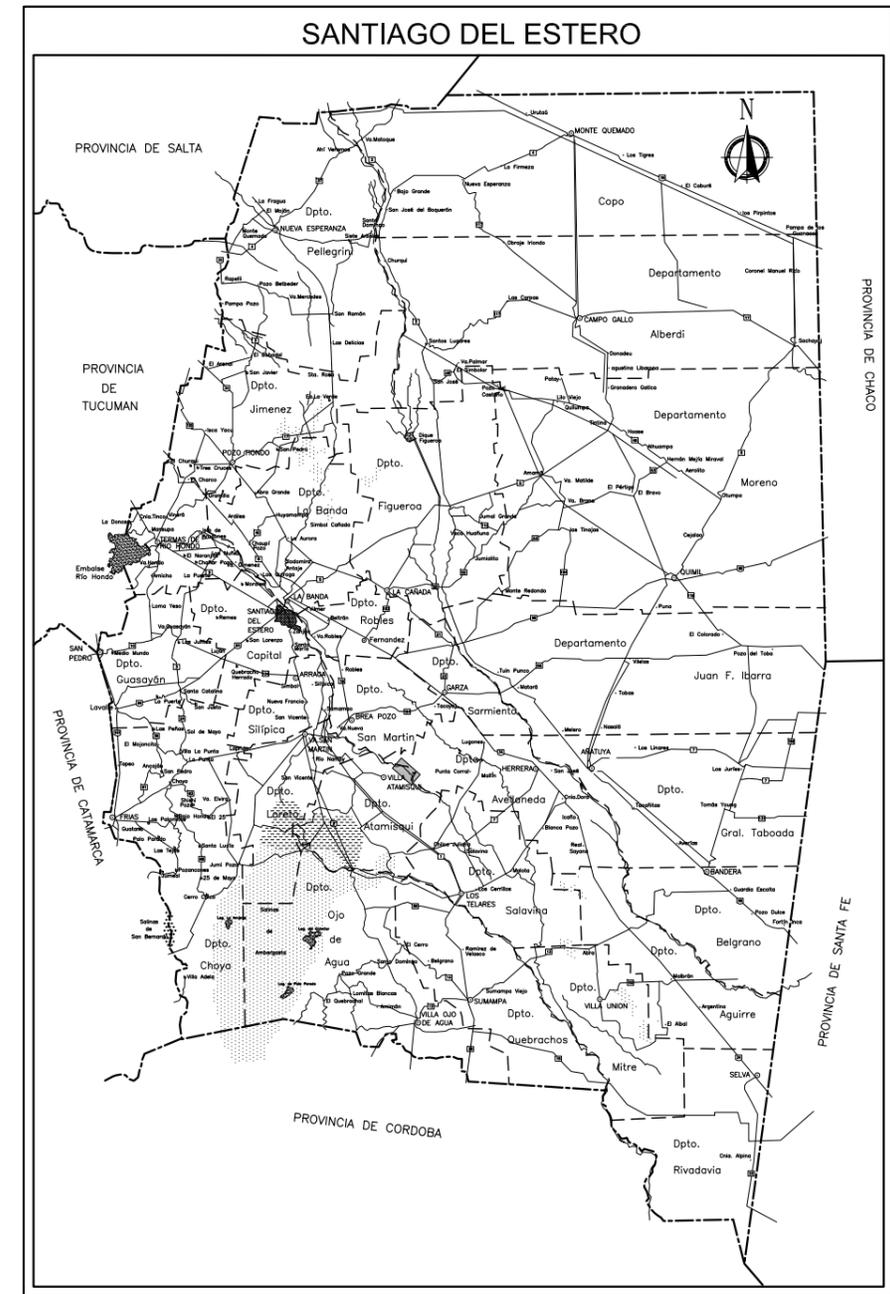
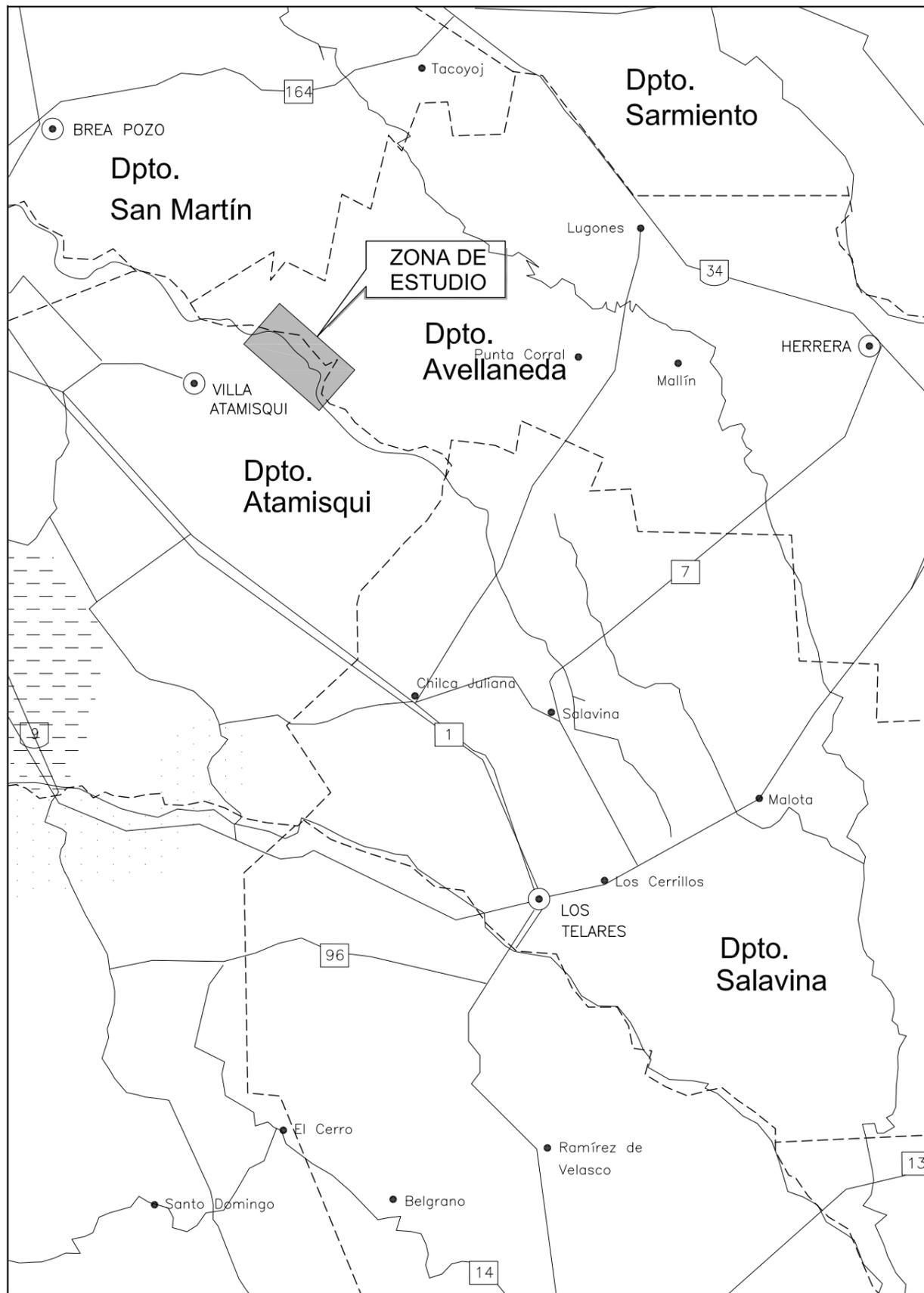
13. Recomendaciones para etapas posteriores de estudio

En las etapas posteriores se deberán realizar estudios topográficos en el terreno necesarios para la elaboración de las evaluaciones finales, además de proporcionar la información de base para la profundización de los estudios de hidrología, hidráulica, geología, geotecnia y ambiental.

Asimismo, se deberán llevar a cabo estudios de suelos a lo largo de trazas y posibles obras de arte, a fin de precisar la naturaleza de los mismos en toda la longitud del o los canales, a fin de definir fundaciones y taludes, como así también la pendiente definitiva que deberá tener la conducción.

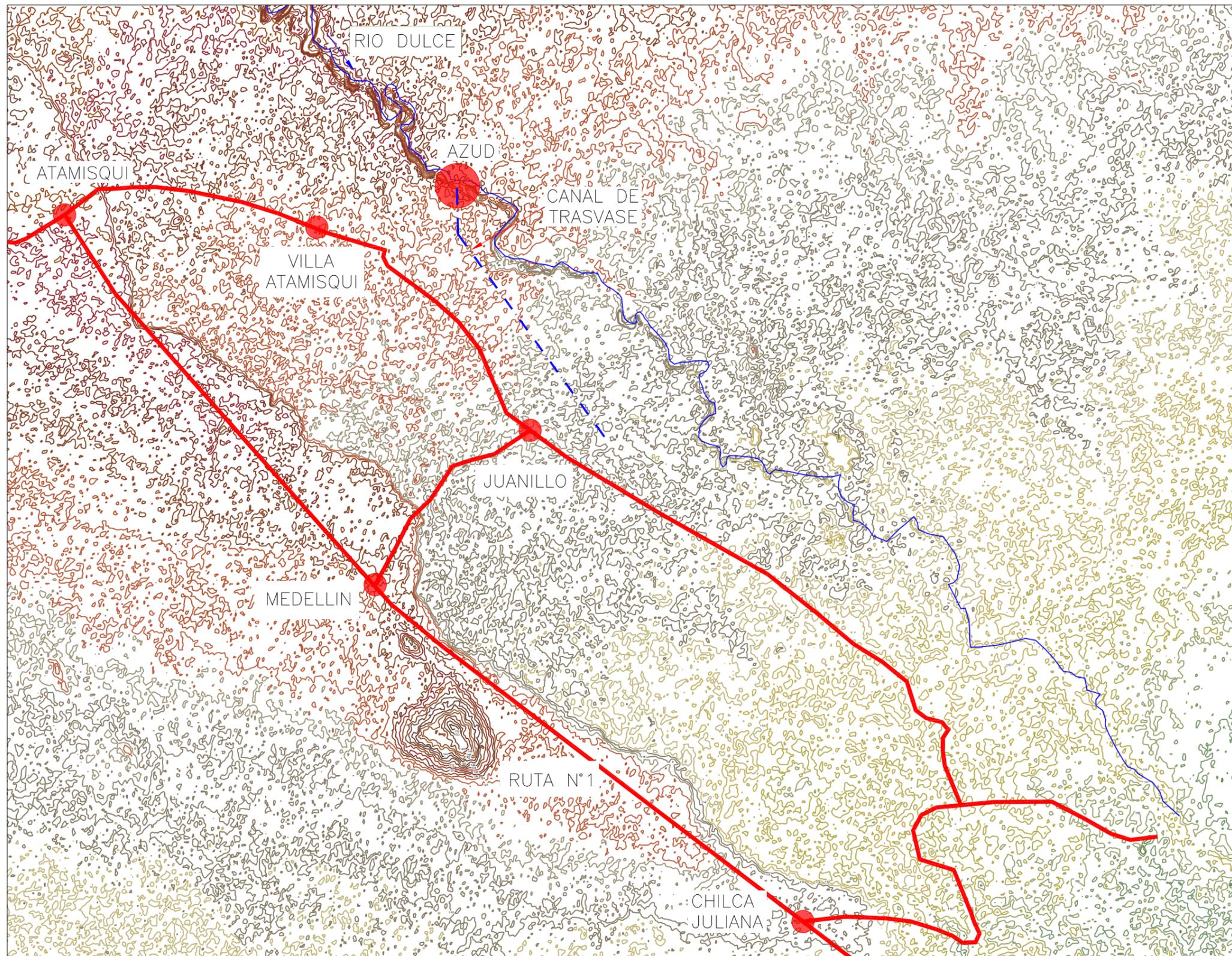
Serán también de gran importancia los estudios ambientales para prevenir los impactos y tomar las medidas de remediación correspondientes.

PLANOS

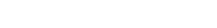


PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO	
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE DEL RIO DULCE	
UBICACION GENERAL	EXPERTO
FECHA: DICIEMBRE-2010	ESCALA: S/E
PLANO N°: RD-01	REV: 2
GEOLOGO OSVALDO BARBEITO	

PLANIMETRIA
Esc: 1:200000



REFERENCIAS

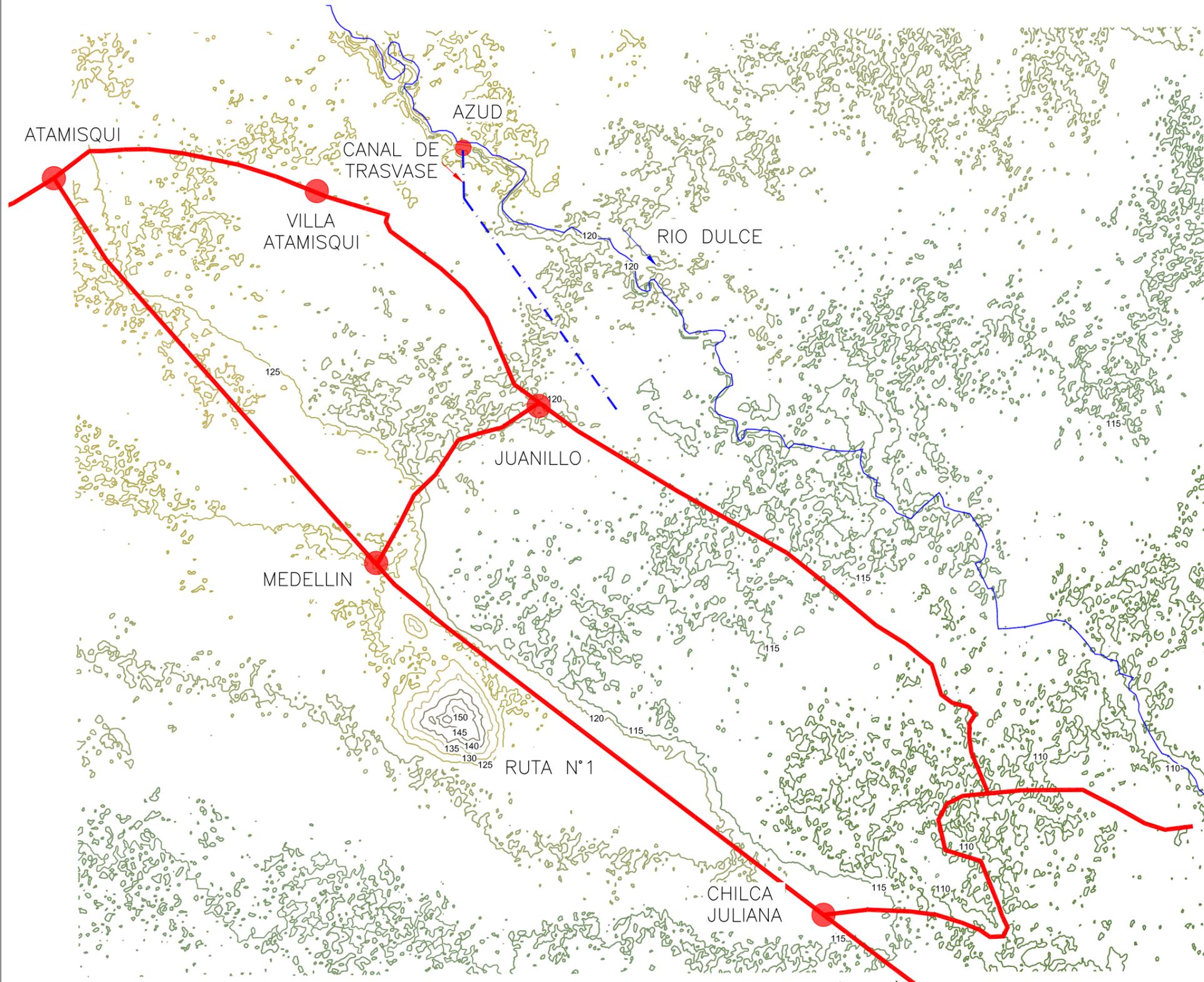
-  Cota 108 msnm
-  Cota 110 msnm
-  Cota 112 msnm
-  Cota 114 msnm
-  Cota 116 msnm
-  Cota 118 msnm
-  Cota 120 msnm
-  Cota 122 msnm
-  Cota 124 msnm
-  Cota 126 msnm
-  Cota 128 msnm
-  Cota 130 msnm
-  Cota 132 msnm
-  Cota 134 msnm
-  Cota 136 msnm
-  Cota 140 msnm
-  Cota 142 msnm
-  Cota 144 msnm
-  Cota 146 msnm
-  Cota 148 msnm
-  Cota 150 msnm
-  Cota 152 msnm

PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

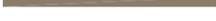
CFI CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE
DEL RIO DULCE

CURVAS DE NIVEL (IMAGEN RADAR) EQUIDISTANCIA: 2 m		EXPERTO
FECHA: DICIEMBRE-2010	ESCALA: 1:200000(A3)	GEOLOGO OSVALDO BARBEITO
PLANO N°: RD-03	REV: 2	

PLANIMETRIA
Esc: 1:200000



REFERENCIAS

-  Cota 105 msnm
-  Cota 110 msnm
-  Cota 115 msnm
-  Cota 120 msnm
-  Cota 125 msnm
-  Cota 130 msnm
-  Cota 135 msnm
-  Cota 140 msnm
-  Cota 145 msnm
-  Cota 150 msnm

PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

 CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE
DEL RIO DULCE

CURVAS DE NIVEL
(IMAGEN RADAR)
EQUIDISTANCIA: 5 m

EXPERTO

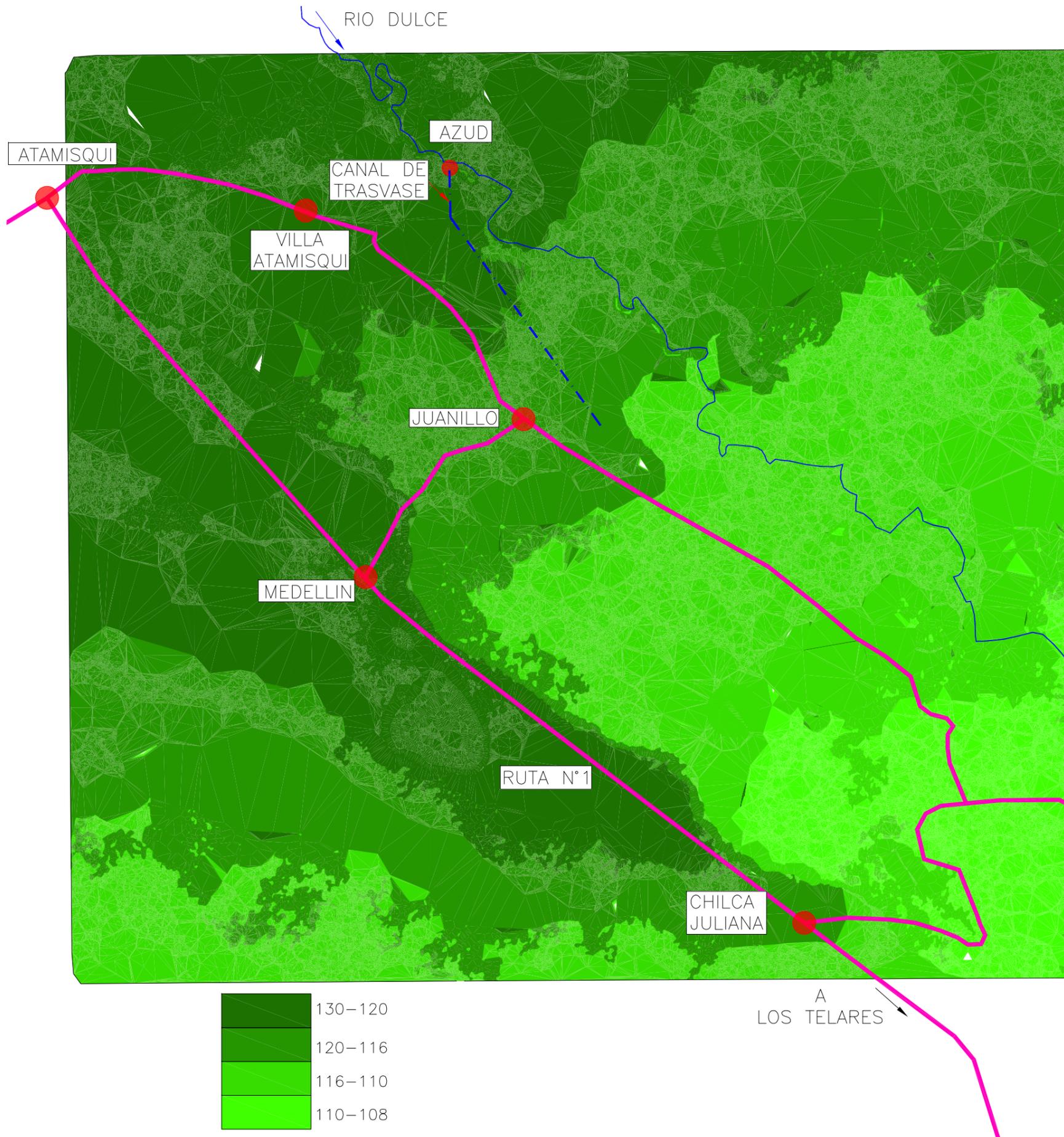
FECHA: DICIEMBRE-2010 ESCALA: 1:200000(A3)

GEOLOGO OSVALDO BARBEITO

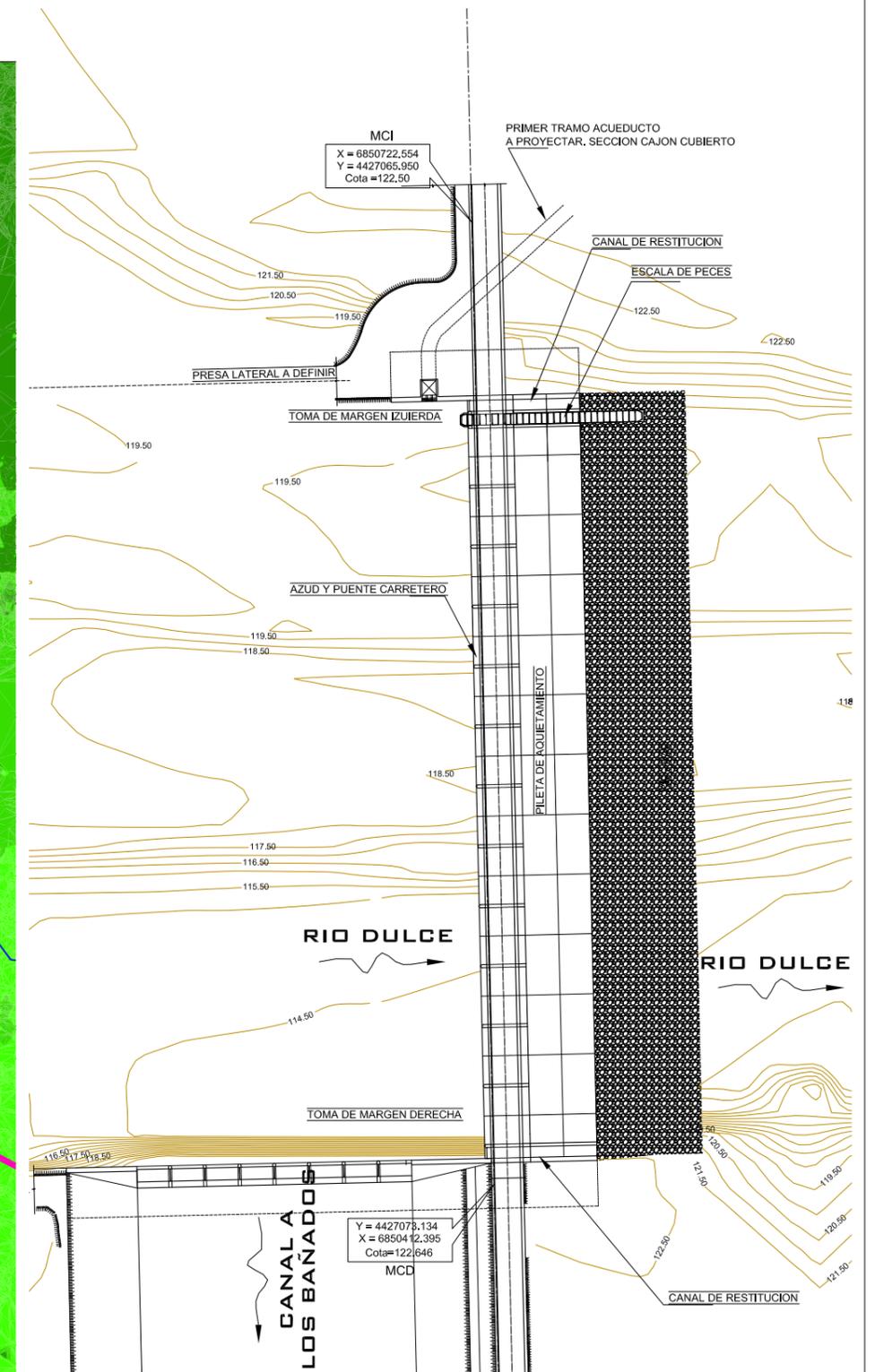
PLANO N°: RD-04

REV: 2

PLANIMETRIA
Esc 1:200000



DETALLE GENERAL DE LAS OBRAS
Esc 1:2000

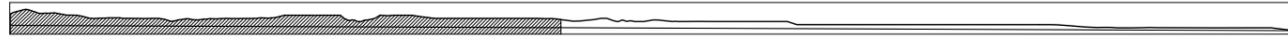


PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

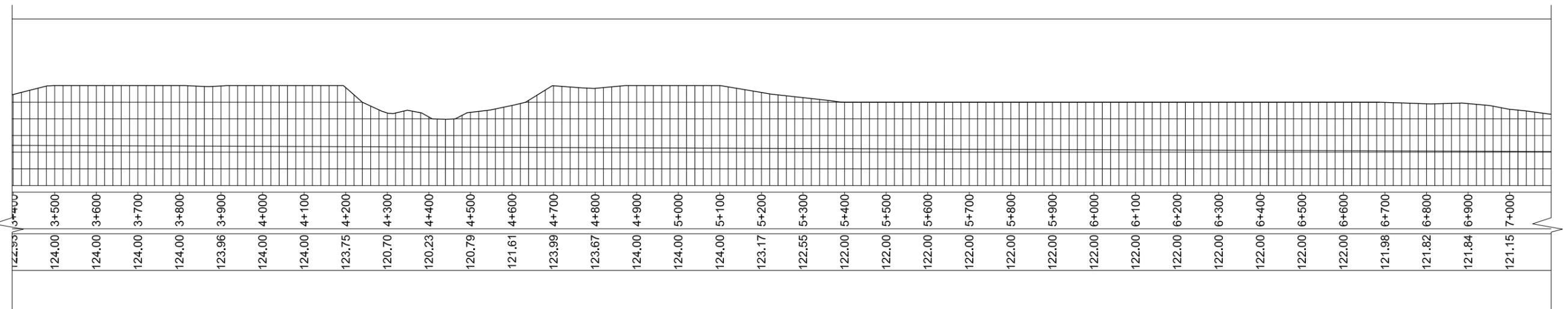
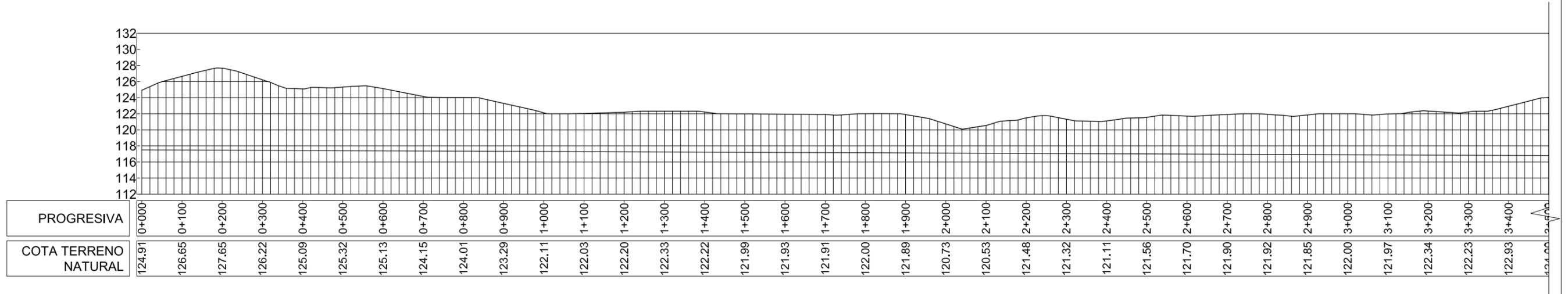
CFI CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE
DEL RIO DULCE

ZONA DE ESTUDIO		EXPERTO
FECHA: DICIEMBRE-2010	ESCALA: INDICADAS(A3)	GEOLOGO OSVALDO BARBEITO
PLANO N°: RD-05	REV: 2	

PLANO CLAVE
Sin escala



PERFIL LONGITUDINAL
Esc Horizontal: 1:10000
Esc Vertical: 1:500



PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

CFI CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE DEL RIO DULCE

CRITERIO 1

PERFIL LONGITUDINAL-HOJA 1

EXPERTO

FECHA: DICIEMBRE-2010 ESCALA: INDICADAS(A3)

GEOLOGO OSVALDO BARBEITO

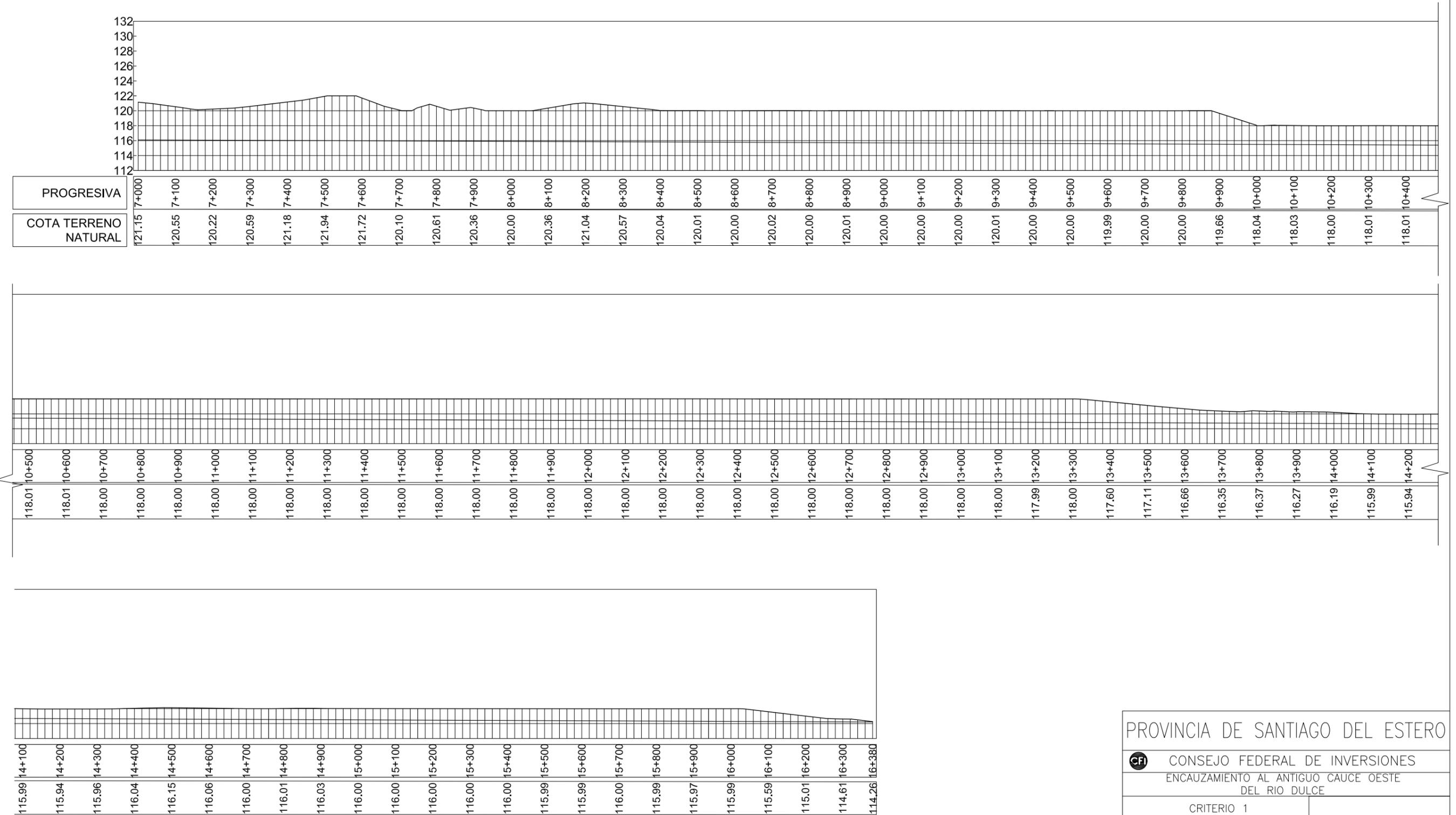
PLANO N°: RD-06

REV: 2

PLANO CLAVE
Sin escala

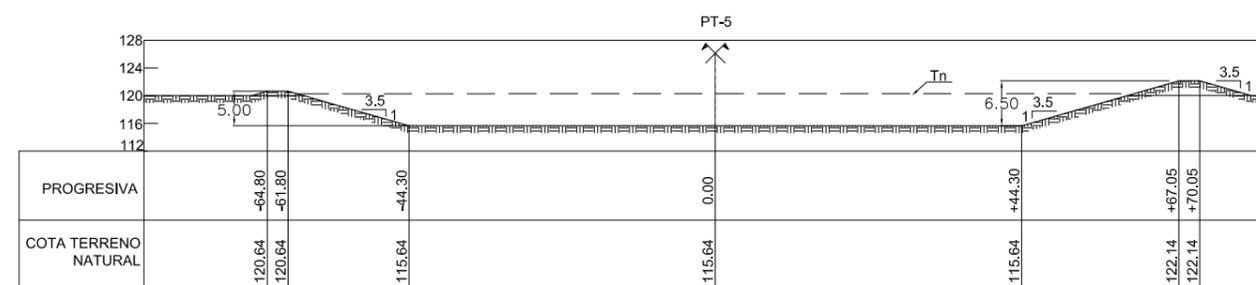
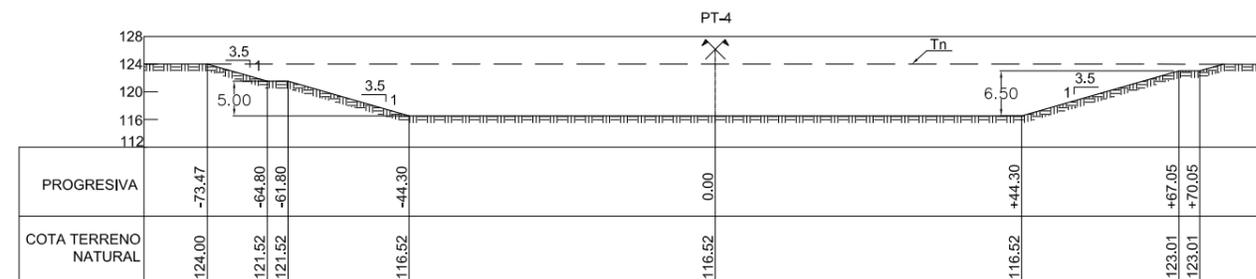
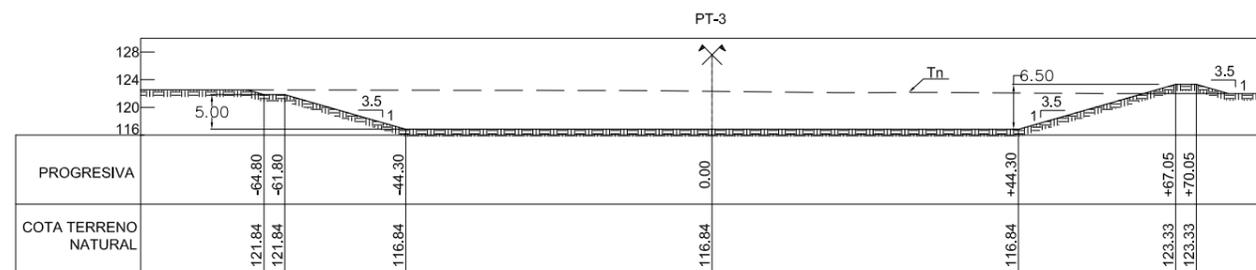
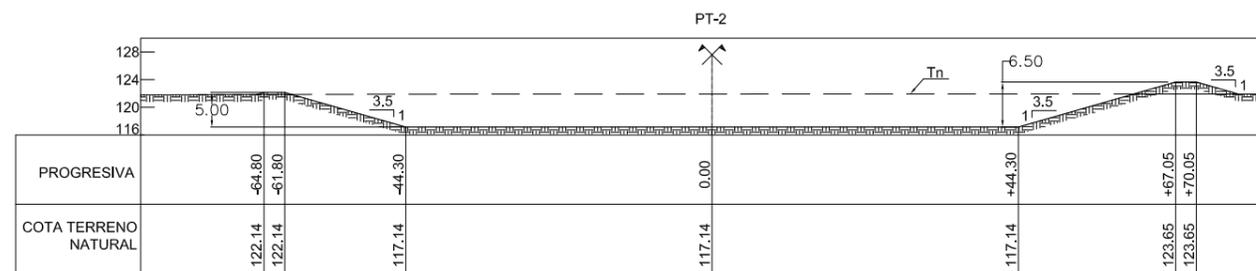
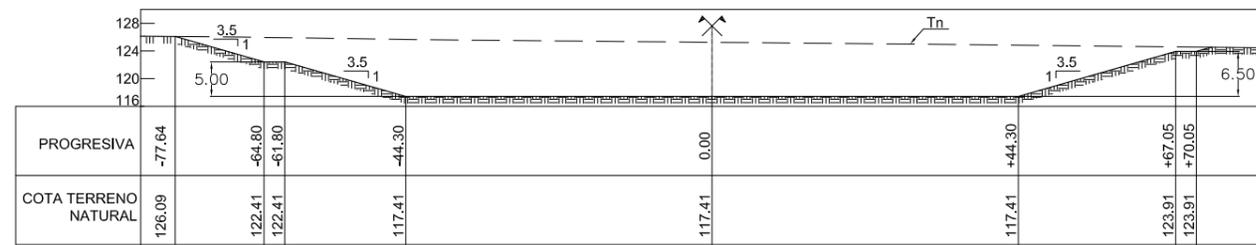


PERFIL LONGITUDINAL
Esc Horizontal: 1:10000
Esc Vertical: 1:500

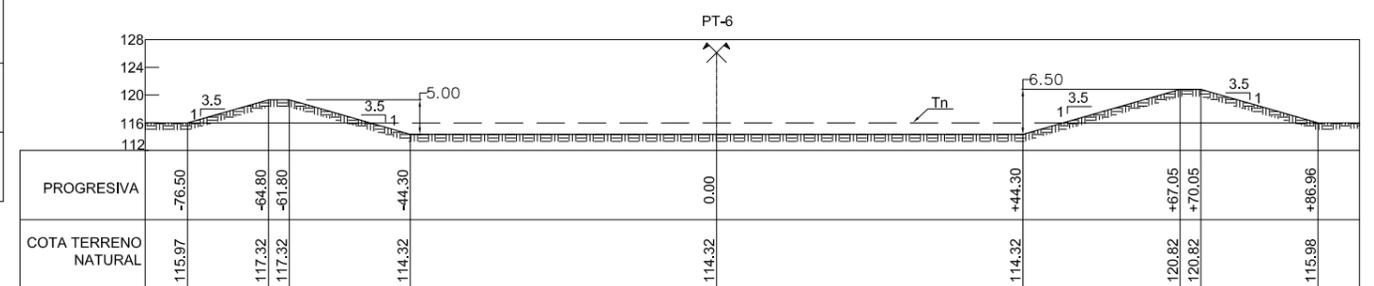
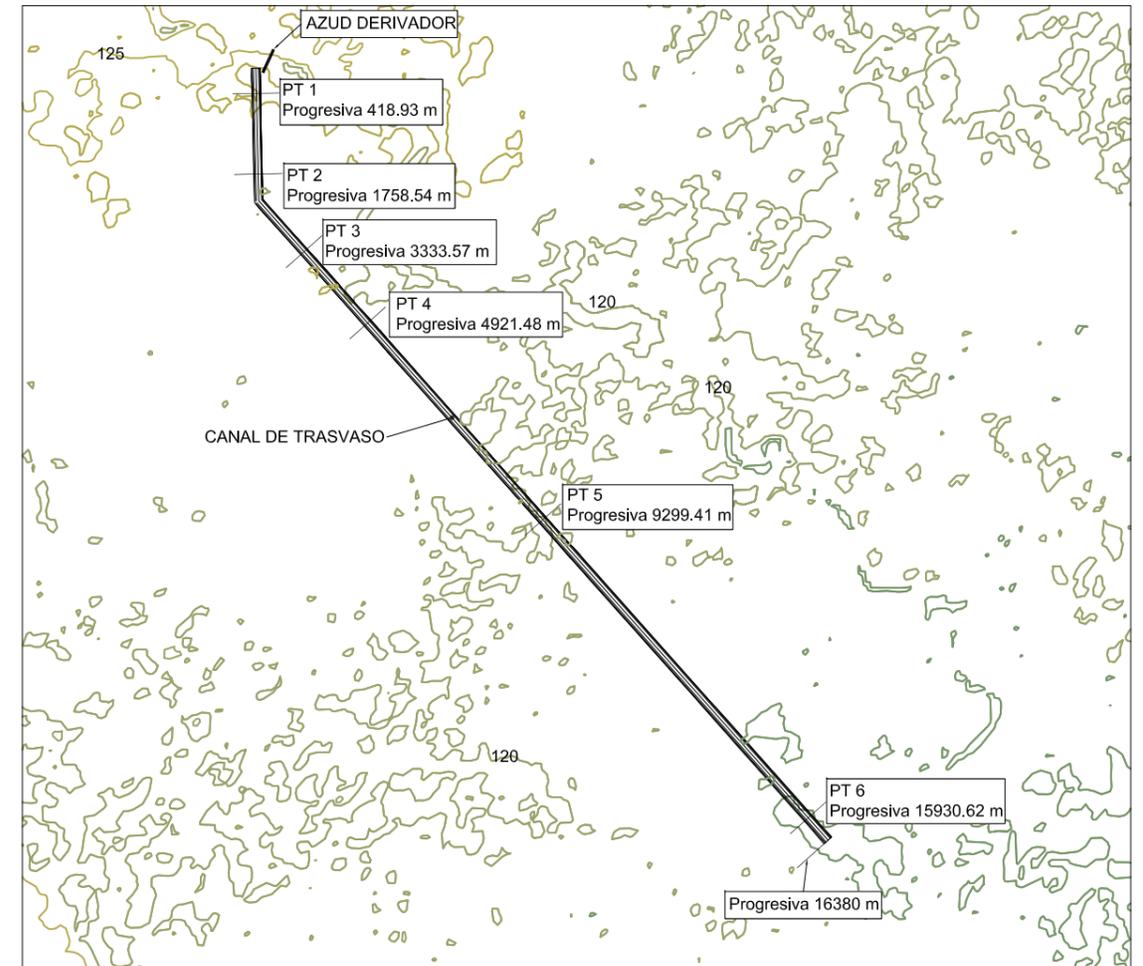


PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO	
	CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE DEL RIO DULCE	
CRITERIO 1	EXPERTO
PERFIL LONGITUDINAL-HOJA 2	GEOLOGO OSVALDO BARBEITO
FECHA: DICIEMBRE-2010	ESCALA: INDICADAS(A3)
PLANO N°: RD-07	REV: 2

PERFILES TRANSVERSALES: COMPUTO
Esc: 1:1000



PLANIMETRIA GENERAL
Sin Escala



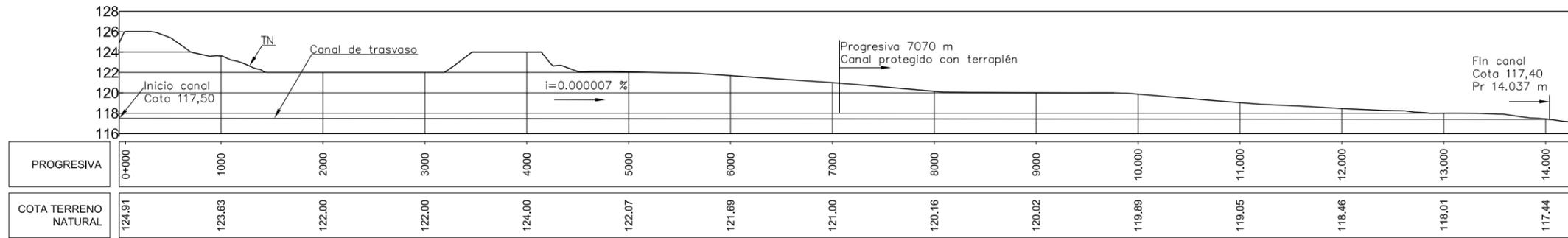
Esc: 1:1000

PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

CFI CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE
DEL RIO DULCE

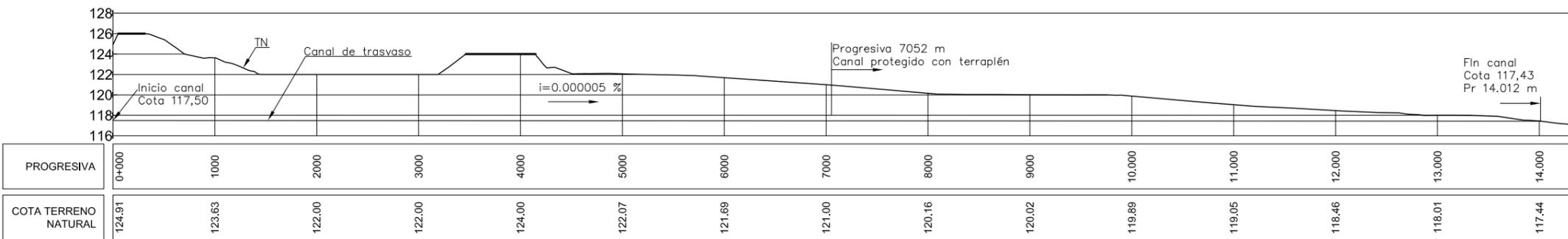
CRITERIO 1	EXPERTO
SECCIONES COMPUTO	GEOLOGO OSVALDO BARBEITO
FECHA: DICIEMBRE-2010	ESCALA: 1:1000(A3)
PLANO N°: RD-08	REV: 2

PERFIL LONGITUDINAL:
 Seccion Tipo I, Q=10 m3/seg, v= 0,20 m/seg



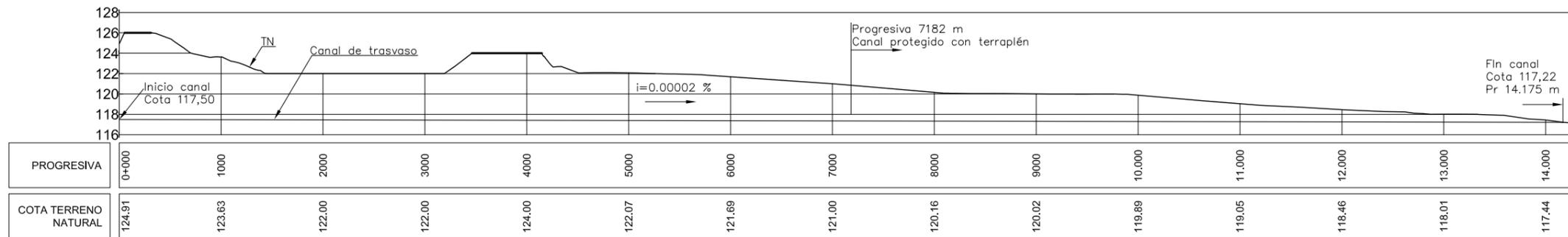
Esc Horizontal: 1:50000
 Esc Vertical: 1:500

PERFIL LONGITUDINAL:
 Seccion Tipo I, Q=40 m3/seg, v= 0,20 m/seg

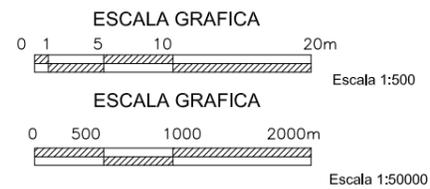


Esc Horizontal: 1:50000
 Esc Vertical: 1:500

PERFIL LONGITUDINAL:
 Seccion Tipo II, Q=10 a 40 m3/seg, v= 0,20 m/seg

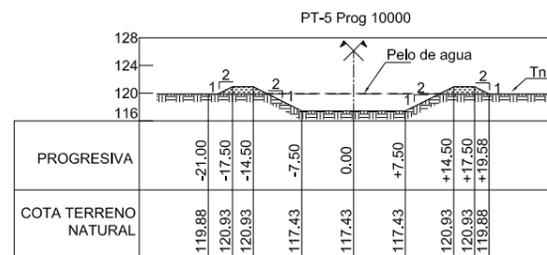
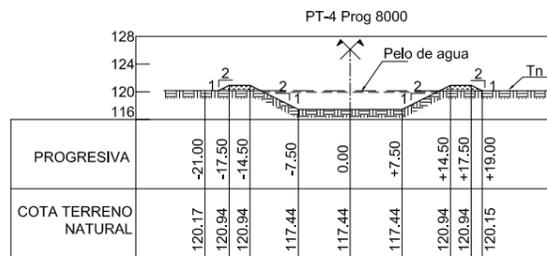
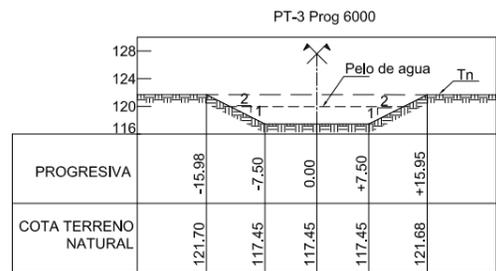
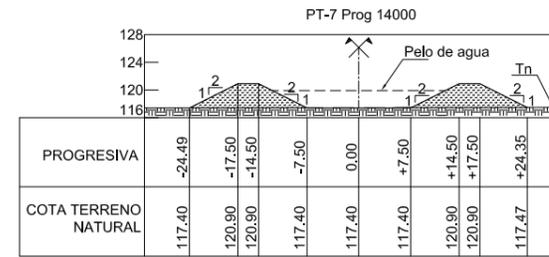
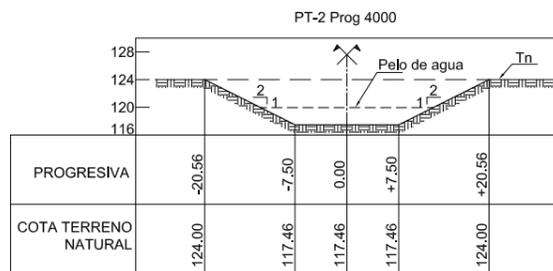
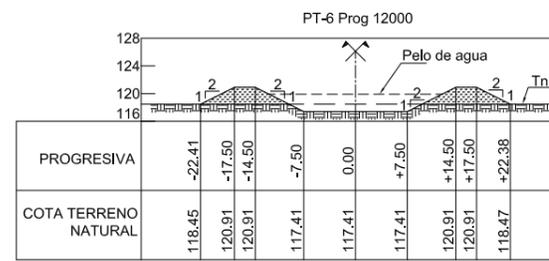
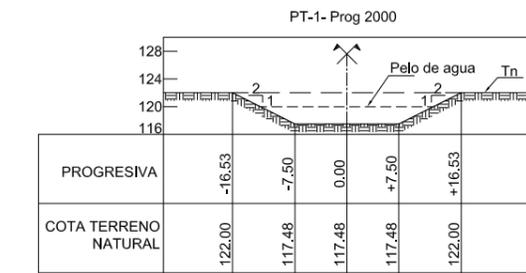


Esc Horizontal: 1:50000
 Esc Vertical: 1:500

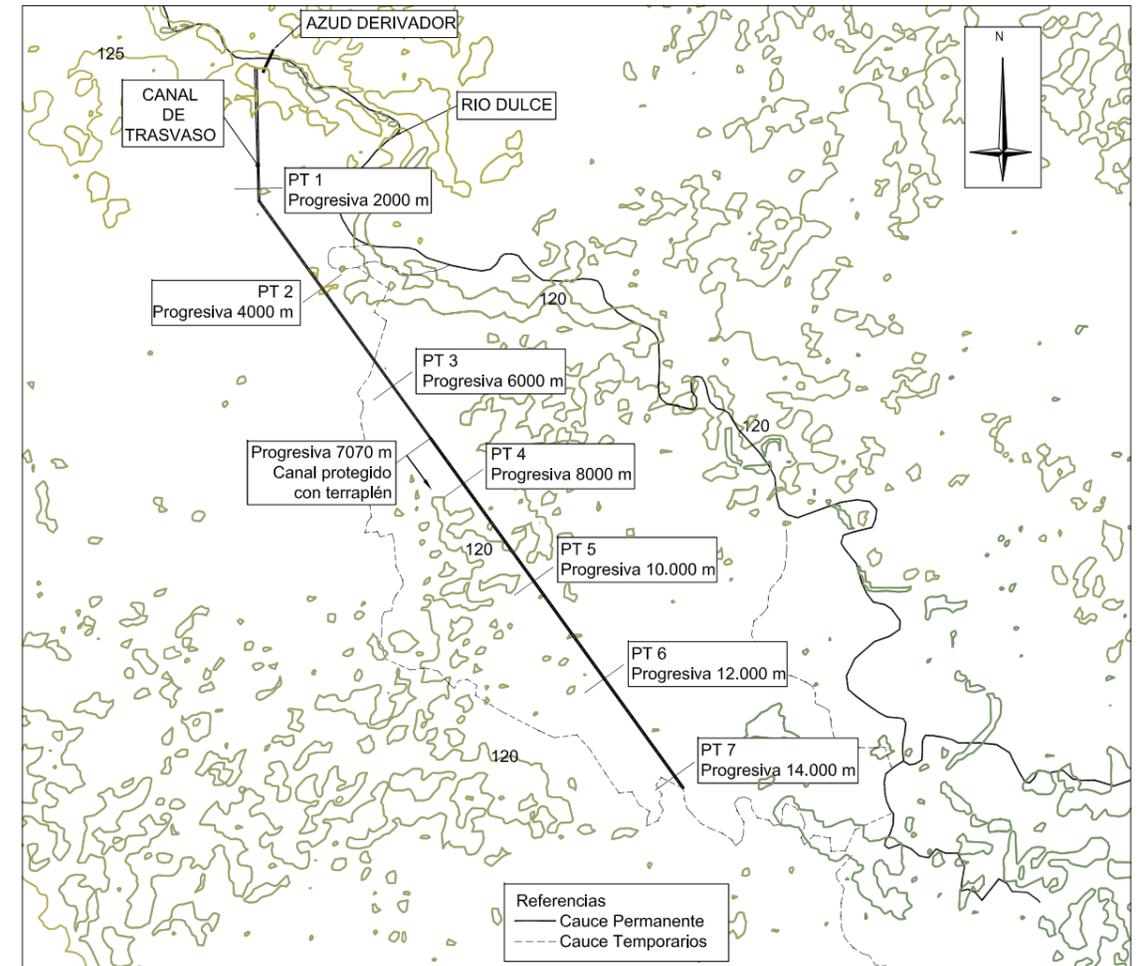


PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO	
CFI CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES	
ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE DEL RIO DULCE	
CRITERIO 2	EXPERTO
PERFILES LONGITUDINALES	GEOLOGO OSVALDO BARBEITO
FECHA: DICIEMBRE-2010	ESCALA: INDICADAS(A3)
PLANO N°: RD-09	REV: 2

PERFILES TRANSVERSALES: COMPUTO
Esc: 1:1000



PLANIMETRIA GENERAL
Sin Escala



DATOS DE CANAL DE TRASVASO

Caudal =	10	m3/seg
Velocidad =	0,2	m/seg
n =	0,02	
Cota inicio =	117,5	msnm
Ancho solera =	15	m
Talud =	1v:2h	
Pendiente =	0,000007	m/m
Longitud =	14037	m
Cota final =	117,4	msnm
Vol de Excavacion =	1.195.121,0	m3
Vol de Terraplen =	173.836,0	m3



Esc: 1:1000

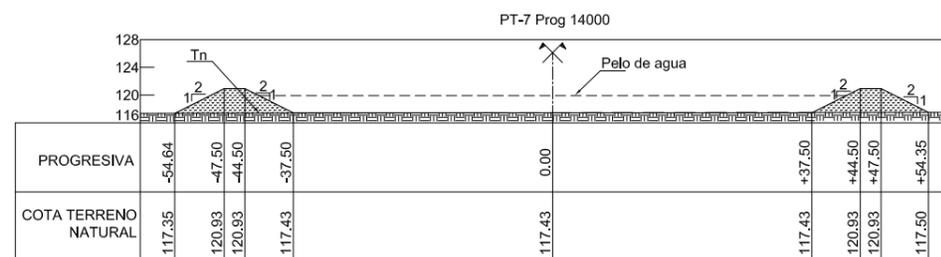
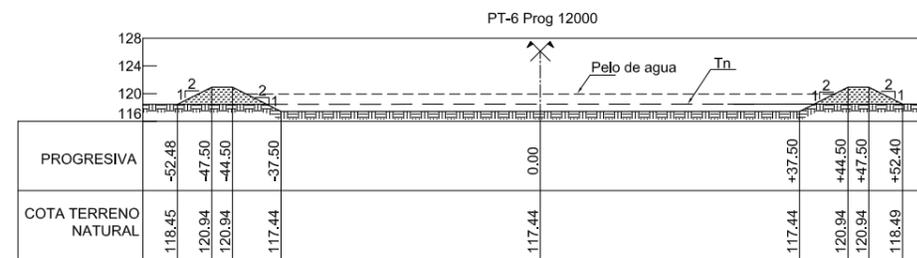
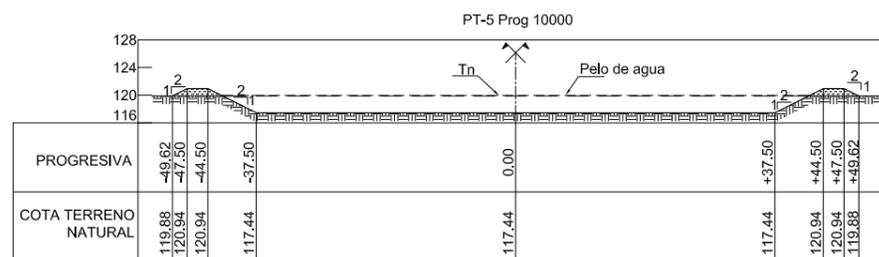
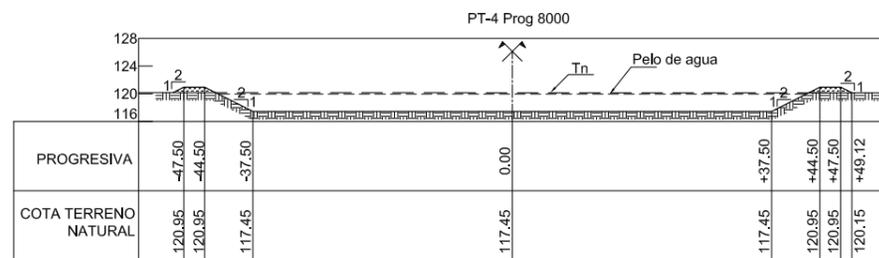
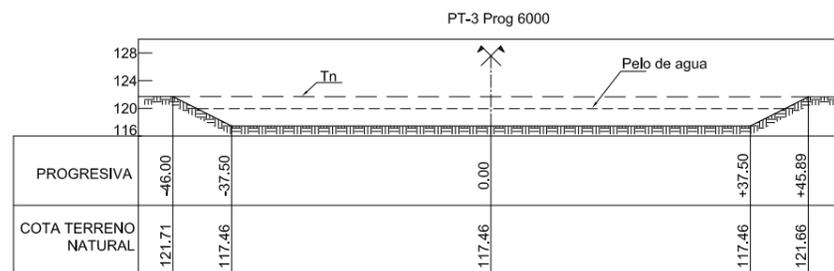
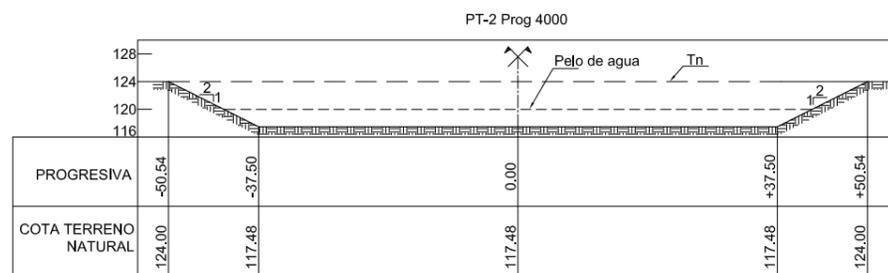
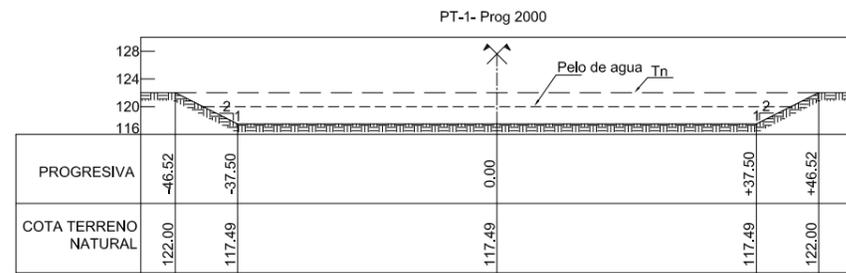
PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

CFI CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE DEL RIO DULCE

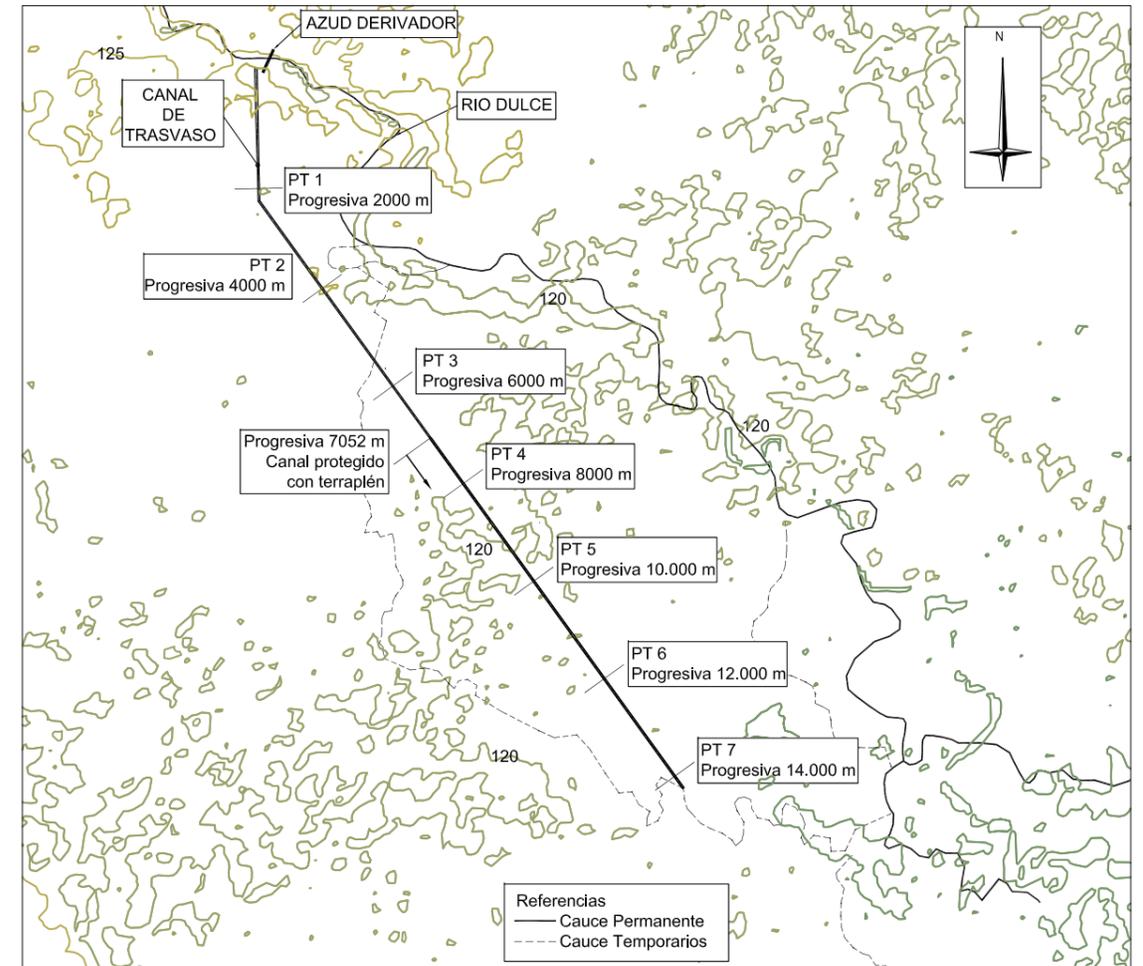
CRITERIO 2
SECCIONES COMPUTO
Q=10 m3/s, V=0,20m/s, n=0,02
FECHA: DICIEMBRE-2010 ESCALA: 1:1000(A3)
PLANO N°: RD-10 REV: 2

EXPERTO
GEOLOGO OSVALDO BARBEITO

PERFILES TRANSVERSALES: COMPUTO
Esc: 1:1000



PLANIMETRIA GENERAL
Sin Escala



DATOS DE CANAL DE TRASVASO

Caudal =	40	m3/seg
Velocidad =	0,2	m/seg
n =	0,02	
Cota inicio =	117,5	msnm
Ancho solera =	75	m
Talud=	1v:2h	
Pendiente =	0,000005	m/m
Longitud =	140012	m
Cota final =	117,43	msnm
Vol de Excavacion =	4.129.072,0	m3
Vol de Terraplen=	175.005,0	m3



Esc: 1:1000

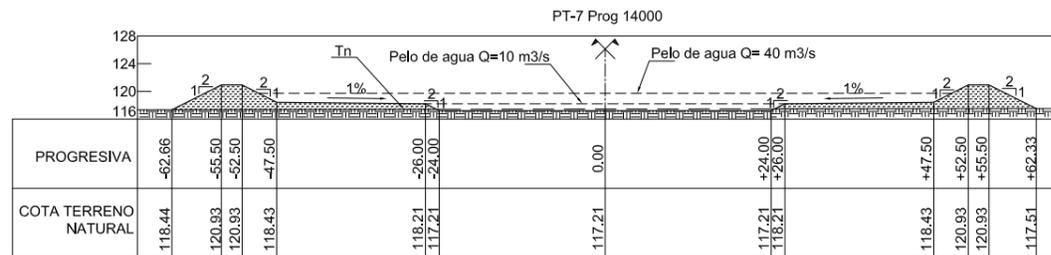
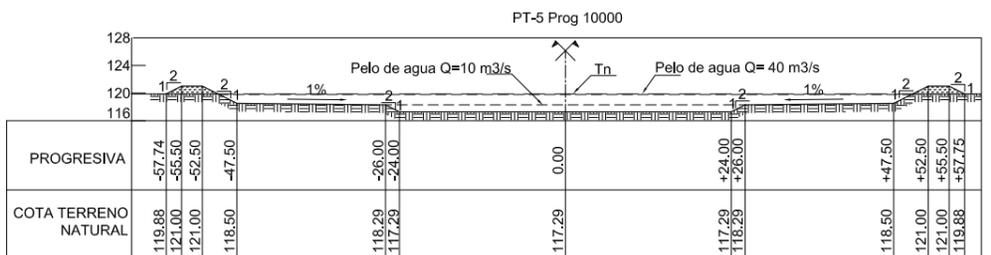
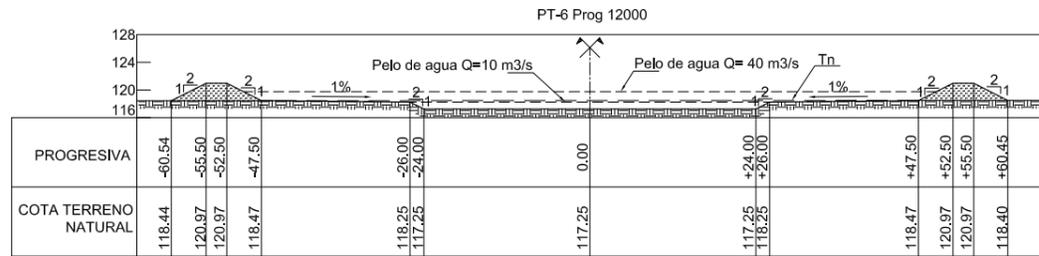
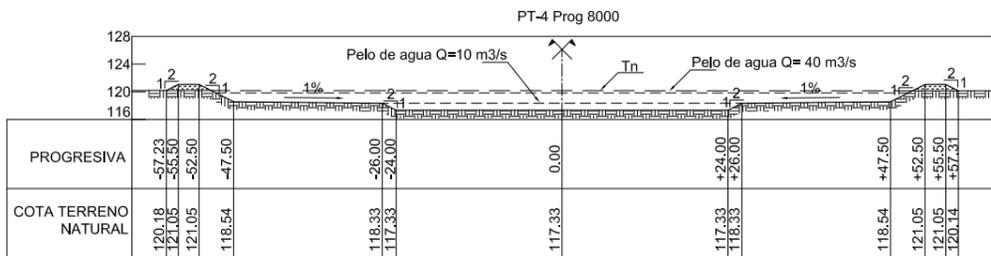
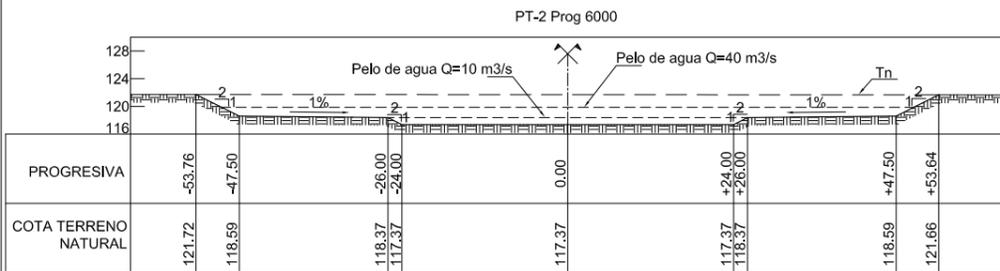
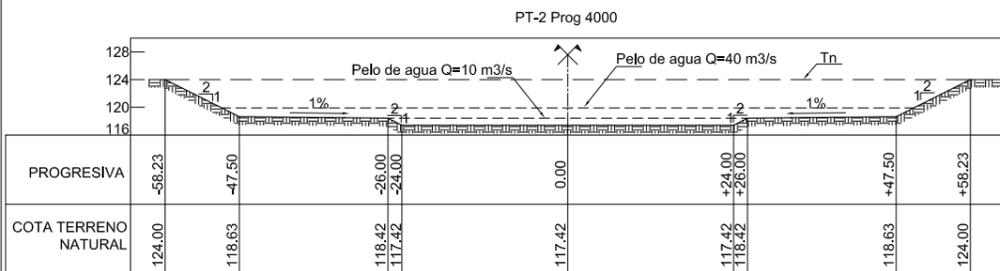
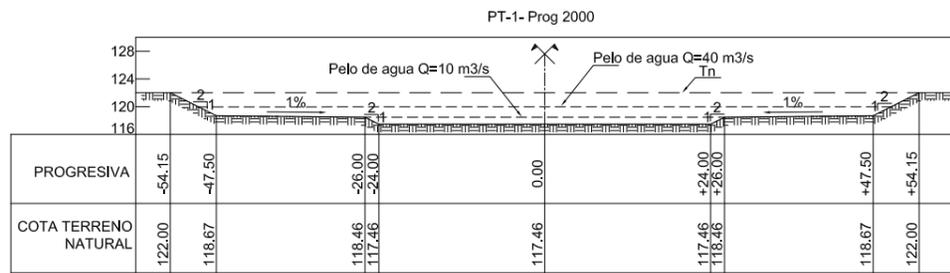
PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

CFI CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
 ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE DEL RIO DULCE

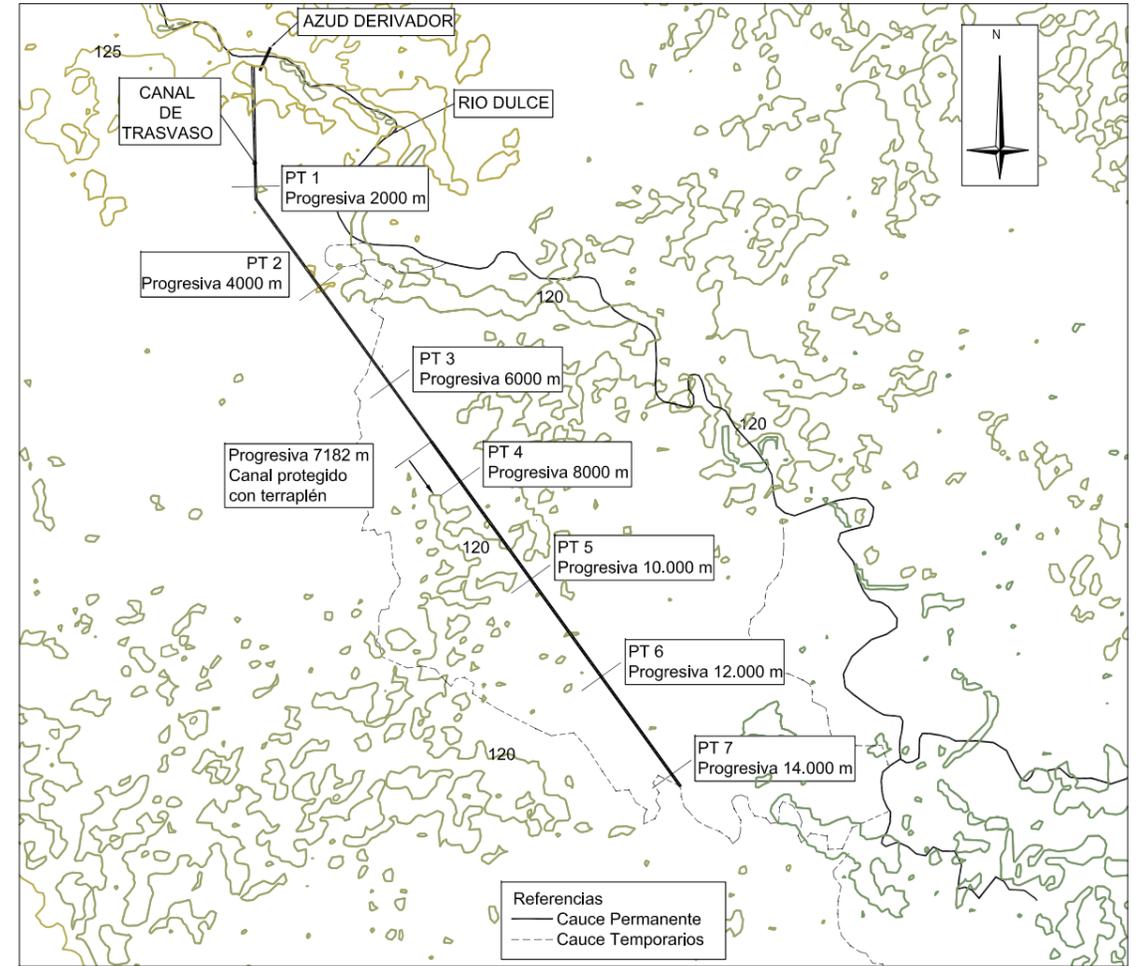
CRITERIO 2
 SECCIONES COMPUTO
 Q=40 m3/s, V=0,20m/s, n=0,02
 FECHA: DICIEMBRE-2010 | ESCALA: 1:1000(A3)
 PLANO N°: RD-11 | REV: 2

EXPERTO
 GEOLOGO OSVALDO BARBEITO

PERFILES TRANSVERSALES: COMPUTO
Esc: 1:1000



PLANIMETRIA GENERAL
Sin Escala



DATOS DE CANAL DE TRASVASO

Caudal =	10 a 40	m ³ /seg
Velocidad =	0.2	m/seg
n =	0.02	
Cota inicio (msnm) =	117.5	msnm
Talud lateral =	1v:2h	
Pendiente (m/m) =	0.00002	m/m
Longitud (m) =	14175	m
Cota final (msnm) =	117.2165	msnm
b1 =	48	m
y1 =	1	m
b2 =	21.50	m
y2 =	2.5	m
Vol de Excavacion =	4,397,960	m ³
Vol de Terraplen =	226,005	m ³

PROVINCIA DE SANTIAGO DEL ESTERO

CFI CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES
 ENCAUZAMIENTO AL ANTIGUO CAUCE OESTE DEL RIO DULCE

CRITERIO 2 SECCIONES COMPUTO-Q=10 a 40 m ³ /s, V=0,20 m/s, n=0,02	EXPERTO
FECHA: DICIEMBRE-2010 ESCALA: 1:1000(A3)	GEOLOGO OSVALDO BARBEITO
PLANO N°: RD-12	REV: 2



Esc: 1:1000

ANEXO

MEMORIA DESCRIPTIVA

(Estudio de Sistematización del Río Dulce en Los
Tolosa Santiago del Estero - Segunda Etapa - CFI -
2008)

MEMORIA DESCRIPTIVA DEL ESTUDIO
DE SISTEMATIZACIÓN DEL RÍO DULCE
EN LOS TOLOSA – SANTIAGO DEL ESTERO
SEGUNDA ETAPA (Nov. 2008)

1.2 DESCRIPCION DE LAS OBRAS

1.2.1 GENERALIDADES

Los Bañados del Río Dulce (Cabeza de Hombre, etc.) se formaron con los desbordes de crecientes del Río Dulce antes de 1968, hasta cuando se termina de construir la Presa “Dique Frontal Río Hondo”. Antes de 1968 los picos de creciente oscilaban entre los 1000 a 6000 m³/s.

Posteriormente a 1968 los picos de crecientes atenuadas por el embalse, o sea las erogadas por los mecanismos de evacuación, vertederos y otros, no superaron los 2000 m³/s.

Con los caudales máximos diarios en el periodo 1975 al 1997, que son datos de aforos en la Presa derivadora Los Quiroga y usando las **funciones de distribución de probabilidades típicas**, se calculó un pico de creciente de 2100 m³/s para un intervalo de recurrencia de 1000 años. Si bien la serie de caudales máximos diarios de cada año usada no representan en realidad fenómenos totalmente estocásticos puesto que se origina en función del manejo del embalse, donde interviene la mano del hombre a voluntad, esta serie nos arroja buenos datos para lucubraciones y proyectos de aprovechamientos del Río Dulce aguas abajo de Los Quiroga con suficiente validez.

Recurrencia 10 años	870 m³/s
Recurrencia 25 años	1050 m³/s
Recurrencia 50 años	1300m³/s
Recurrencia 100 años	1420 m³/s

Recurrencia 200 años 1650 m³/s

Recurrencia 1000 años 2100 m³/s

Por lo dicho anteriormente, es fundamental destacar que la acción del **poder laminador** del gran lago de la Presa de Embalse “Dique Frontal Río Hondo” es la de disminuir los picos de las crecientes pero **mantiene sus volúmenes**.

Es posible **reactivar Los Bañados** con obras que provoquen efectos similares a los desbordes que existían antes de la construcción de la Presa de embalse en Río Hondo, y garanticen su ocurrencia. Es decir, se trata de obras, como la proyectada, que elevan el nivel del pelo libre del agua en secciones del cauce geológica y topográficamente favorables.

A los efectos de determinar la ubicación de la obra han sido tenidos en cuenta aspectos que hacen a la estabilidad del cauce y a la preservación del ecosistema. En definitiva se estudió la ubicación del eje del azud de cierre siguiendo criterios: Geomorfológicos, de fácil canalización hacia Los Bañados, Hidráulicos, Ambientales, Topográficos, Geotécnicos y de ubicación de yacimientos.

Elegido el eje del azud, se los identificó con dos mojones de hormigón:

Mi: Y = 4427065,950 X = 6850722,554 Cota = 122,50 MSNM

Md: Y =4427073,134 X = 6850412,395 Cota = 122,646MSNM

1.2.2 VARIANTES ANALIZADAS

Elegido el lugar de emplazamiento del azud y con los informes geológicos, geotécnicos, hidrológicos, apreciaciones hidroeconómicas y opiniones de técnicos del Gobierno de la Provincia de Santiago del Estero, se procedió a analizar las variantes planteadas.

Variante A: Obra precaria o flexible. Técnicamente es imposible realizar este tipo de obras para derivar crecientes por desborde y además permitir el paso de un pico de $2100\text{m}^3/\text{s}$. Sólo es factible para derivar pequeños caudales pero los muros guías, en este caso, tendrían que ser reparados o reconstruidos después de cada creciente, como sucede con la toma en La Horqueta.

Una presa de materiales sueltos tampoco es factible técnicamente, puesto que habría que confiar que el canal y cauce de desborde absorban los $2100\text{m}^3/\text{s}$ en todas las circunstancias, pero esto no se puede garantizar.

Por lo antes expresado se rechaza esta variante sin más análisis.

Variante B: Azud para el cierre frontal que permita elevar el pelo de agua y azud, sin compuertas, en margen derecha como obra de toma para la derivación de las crecientes o un porcentaje de ellas para reactivar bañados. Caudales considerados en m^3/s : 20 – 250 – 300 – 500 – 1000 y 2100. Obra de toma para restitución al río del caudal mínimo $Q_{\text{mín}} = 12 \text{ m}^3/\text{s}$ y obra de toma para derivar $3 \text{ m}^3/\text{s}$ por margen izquierda.

Variante C: Presa móvil con compuertas de 6,00m de altura y 9 vanos de 12,00m para el cierre frontal que permita elevar el pelo de agua y azud fijo, en margen derecha, como obra de toma para la derivación de las crecientes o un porcentaje de ellas para reactivar bañados. Obra de toma para restitución al río del caudal mínimo $Q_{\text{mín}} = 12 \text{ m}^3/\text{s}$ y obra de toma en vertedero lateral a canal de conducción para derivar $3 \text{ m}^3/\text{s}$ por margen izquierda.

Variante D: Azud para el cierre frontal que permita elevar el pelo de agua y presa móvil con compuertas de 2,5 m de altura y número de vanos según lo indicado en plano de proyecto (en función de los caudales a derivar, crecientes o un porcentaje de ellas) como obra de toma en margen derecha, para reactivar bañados.

El azud frontal al Río Dulce deberá ser exactamente igual al de la variante B.

Obra de toma para restitución al río del caudal mínimo $Q_{\text{mín}} = 12 \text{ m}^3/\text{s}$

Obra de toma en vertedero lateral a canal de conducción para derivar $3 \text{ m}^3/\text{s}$ por margen izquierda.

1.2.3 VARIANTE SELECCIONADA

Se propone la variante D, pues mientras se desarrollan las obras de reactivación de los bañados se necesita disponer de medios de regulación de caudales. Además le confiere mayor seguridad a la zona a servir ya que ante cualquier eventual fallo en el sistema a desarrollarse se clausura el ingreso de agua al mismo pasando los caudales a discurrir, en la emergencia, por el cauce actual del río.

Respecto al costo esta variante resulta, aproximadamente, un 12% mayor que la variante B y un 23% menor que la alternativa C.

1.2.4 EQUIPAMIENTO HIDROMECÁNICO

El equipamiento hidromecánico previsto para esta obra está conformado fundamentalmente por compuertas del tipo segmento.

Como elementos de control de los caudales, se instalarán en el azud de derivación compuertas de servicio del tipo segmento, ya que por su diseño permiten cerrar vanos de dimensiones importantes sin incrementar considerablemente los esfuerzos necesarios para su accionamiento, contando con las ventajas, además, de no ser sensibles a aguas que arrastran considerables cantidades de limo y arena que eventualmente podrían sedimentar agua arriba de las mismas. En las obras de restitución al río se prevén compuertas de segmento.

Estas compuertas serán accionadas mediante sistemas oleohidráulicos, compuesto por centralinas que operarán los pares de servomecanismos

instalados en cada elemento de cierre. Contarán además con compuertas de guardia del tipo plana, que permitirán cerrar los vanos cuando sea necesario realizar su mantenimiento y/o reparación.

Para permitir el accionamiento de las compuertas de guardia y como elemento auxiliar de las tareas del mantenimiento de las compuertas de servicio se montarán grúas pórticos en los puentes de maniobra emplazados sobre los aliviaderos.

En las obras de toma y derivación se instalarán compuertas de regulación del tipo segmento, accionadas mediante sistemas del tipo electromecánicos, dotadas de compuertas de guardia, previstas agua arriba de las de servicio.

Para permitir el abastecimiento de agua potable y posibilitar el desarrollo silvo pastoril en una importantísima zona del sureste santiagueño y noroeste santafecino se ejecutarán, además, en margen izquierda:

Tres (3) compuertas de servicio del tipo plana con accionamiento electromecánico ubicadas en margen izquierda.

Tres (3) paños de reja con parrilla inferior accionadas para su limpieza con un aparejo monorriel de tipo electromecánico.

1.2.5 RESUMEN

La obra (CIERRE VERTEDERO) consiste en un azud de hormigón (Pequeña Presa de gravedad maciza vertedora) cuya finalidad es elevar el pelo de agua para permitir la entrada a las tomas de ambos márgenes, conformando un vertedero con capacidad de erogar por su cresta $2100 \text{ m}^3/\text{s}$, con una longitud efectiva de 220 m., planta recta, con una altura sobre el lecho de 6 m, cota 120 m.s.n.m., formado por 12 vanos de 18,33 m c/u. Estos vanos están separados por pilas de hormigón armado de 1,00m de espesor que a su vez sirven de apoyo a las vigas de un puente carretero de 8,30 m de ancho y veredas en ambos costados de 0,80 m de ancho. El puente tendrá un ancho total de 10,30 m y una longitud de 245.50 m (incluido el apoyo en los estribos).

El eje del puente carretero está desfasado paralelamente con el eje del azud una distancia hacia aguas debajo de 4.43 m.

En ambas márgenes se encuentran emplazados canales de restitución al río controlados por compuertas de segmento que permiten una abertura efectiva de 3, 5 m de ancho por 2 m de alto. Junto al de margen izquierda se encuentra enclavada la escala de peces con un ancho de 3,5 m y 59,19 m de longitud.

La distancia total entre los estribos de margen derecha e izquierda, medidos desde sus caras mojadas, es de 244,50 m.

La obra se encuentra emplazada sobre un lecho permeable, lo que determina la necesidad de una pantalla de impermeabilización aguas arriba. La misma se fundará, en principio, a cota 99 ms.n.m. y se prolongará por debajo de ambos estribos. El eje del azud está materializado en el terreno por los mojones Mi y Md, con un ángulo con la dirección Norte de $1^{\circ} 19' 38''$

Inmediatamente aguas debajo del azud y formando un solo edificio pero separado por una junta, se proyectó un estanque amortiguador de las dimensiones indicadas en los planos. Se prolonga la defensa con geotextil y Rip – Rap en todo el ancho del río y 30 m de longitud.

Los estribos, que son del azud y del puente carretero, con una cota de coronamiento de 124,00 MSNM, están constituidos en ambas márgenes por muros de contención de hormigón en masa de gravedad macizos. Como una prolongación a estos estribos se conformaron las dos obras de toma, una en cada margen:

- La de margen derecha (OBRAS MARGEN DERECHA), para reactivar Los Bañados y resolver, además, los efectos no deseados de las crecidas del río Dulce, consta de 8 vanos libres de 10.20m por 2,50m de altura cada uno (con capacidad máxima de derivación de $400 \text{ m}^3/\text{s}$), separados por 7 pilas de 1.00m de espesor. En las pilas se anclan los dados de las 8 compuertas de sector de maniobras y las recatas para las compuertas de mantenimiento.

- La de margen izquierda (OBRAS MARGEN IZQUIERDA), para alimentar un acueducto que suministrará agua potable, y agua para huertas familiares, bebida del ganado y uso industrial, con capacidad máxima de derivación de $3,00\text{m}^3/\text{s}$, tendrá tres vanos de 1,26m de ancho por 0,60m de altura cada uno, separados por 2 pilas de hormigón de 0,40m de espesor.

Toda la fundación del azud y las losas del estanque amortiguador se asentarán en un piso de hormigón poroso (sin agregado fino) de 0,80m de espesor, en el que se colocarán las cañerías de drenajes para alivio de la subpresión.

La obra se complementa con terraplenes laterales de baja altura, ubicados en ambas márgenes y protecciones de barrancas (CIERRES LATERALES), con el objetivo de evitar los desbordes de la crecida milenaria y la erosión por la corriente del río y el oleaje y con las OBRAS COMPLEMENTARIAS.