

Estimación de Caudales del Rio Ibare

Marco Mejillones
Hidroelectrica Boliviana S. A.
Octubre 2013



Estimación de Caudales del Rio Ibare

1. Introducción
2. Características de la cuenca
3. Datos Hidrológicos
4. Estimaciones de caudales
5. Eventos hidrológicos extremos
6. Conclusiones

1. Introducción

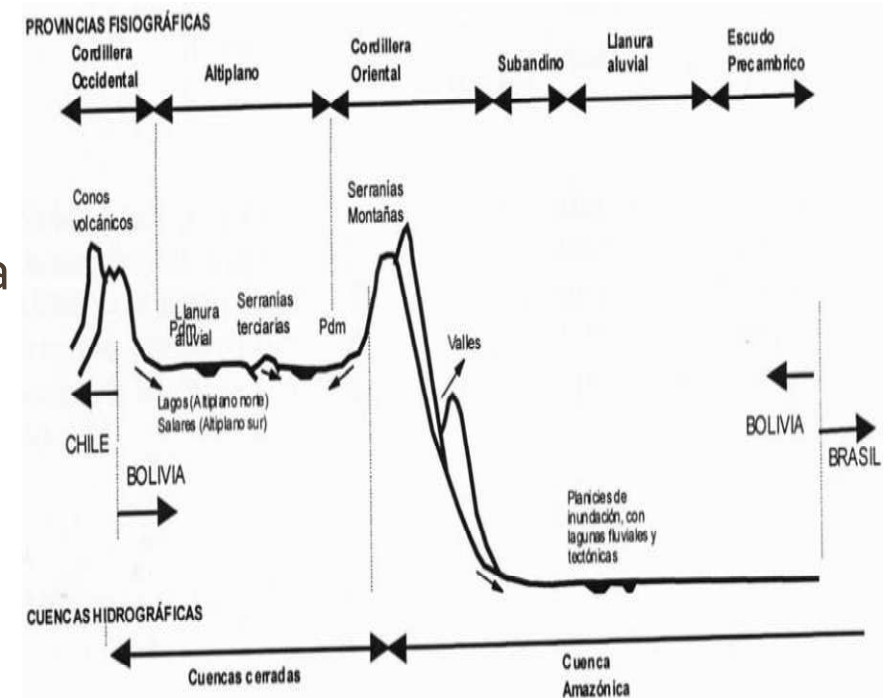
- Bolivia se beneficia de una diversidad de climas y relieves que fundamentan su potencial hídrico e hidroeléctrico.
- Cuencas (pequeñas) alto-andinas con elevada pendiente, donde se puede generar grandes caídas artificiales de agua; como en los grandes ríos amazónicos con poca pendiente pero con enormes caudales.

- El presente trabajo:

Adquisición de información cartográfica, mapas hidrográficos.

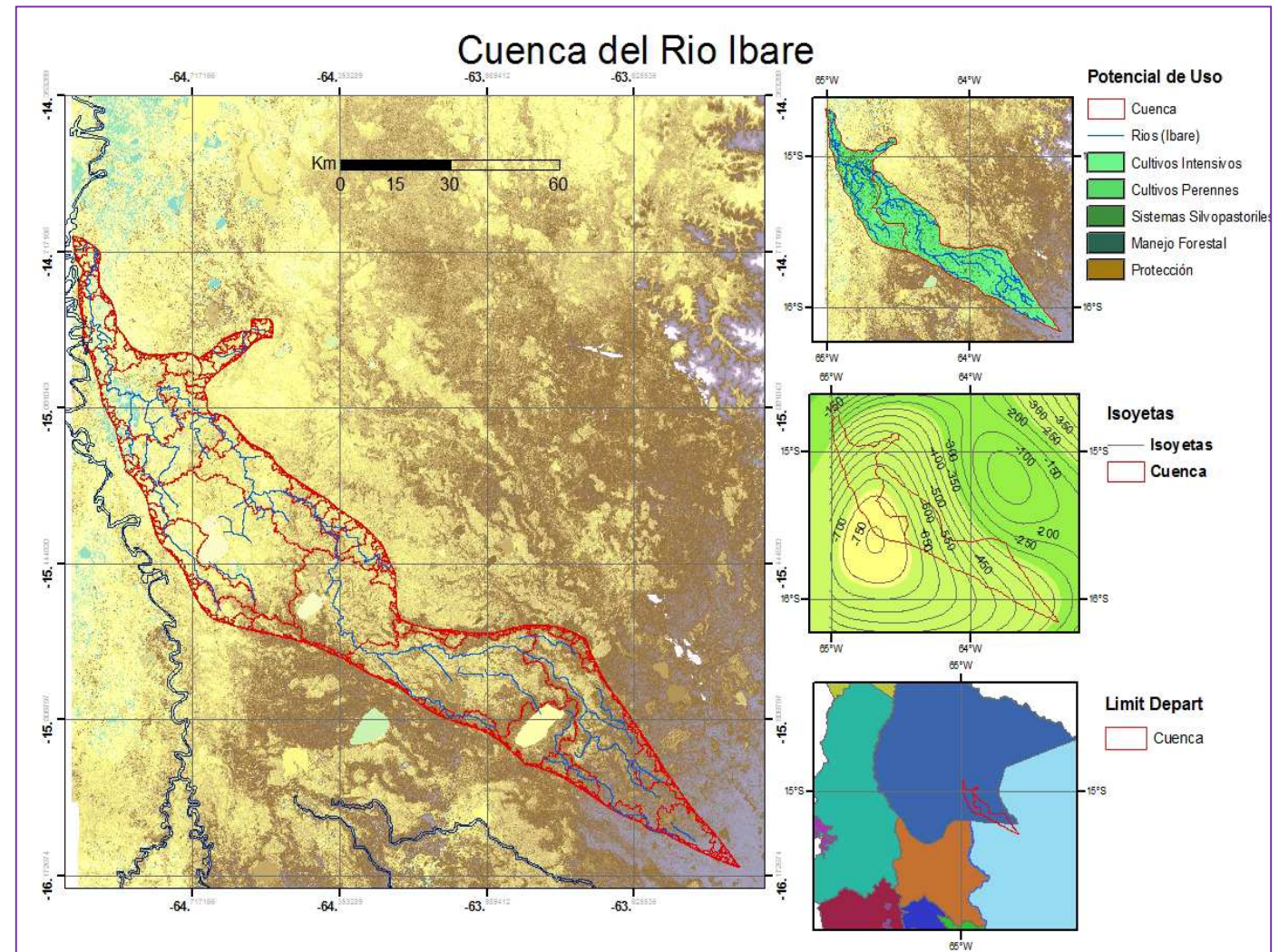
Recopilar la información hidrológica del área de estudio, tratamiento y elaboración de datos en base a la información existente.

Estimar la oferta de agua en series y caudales máximos.



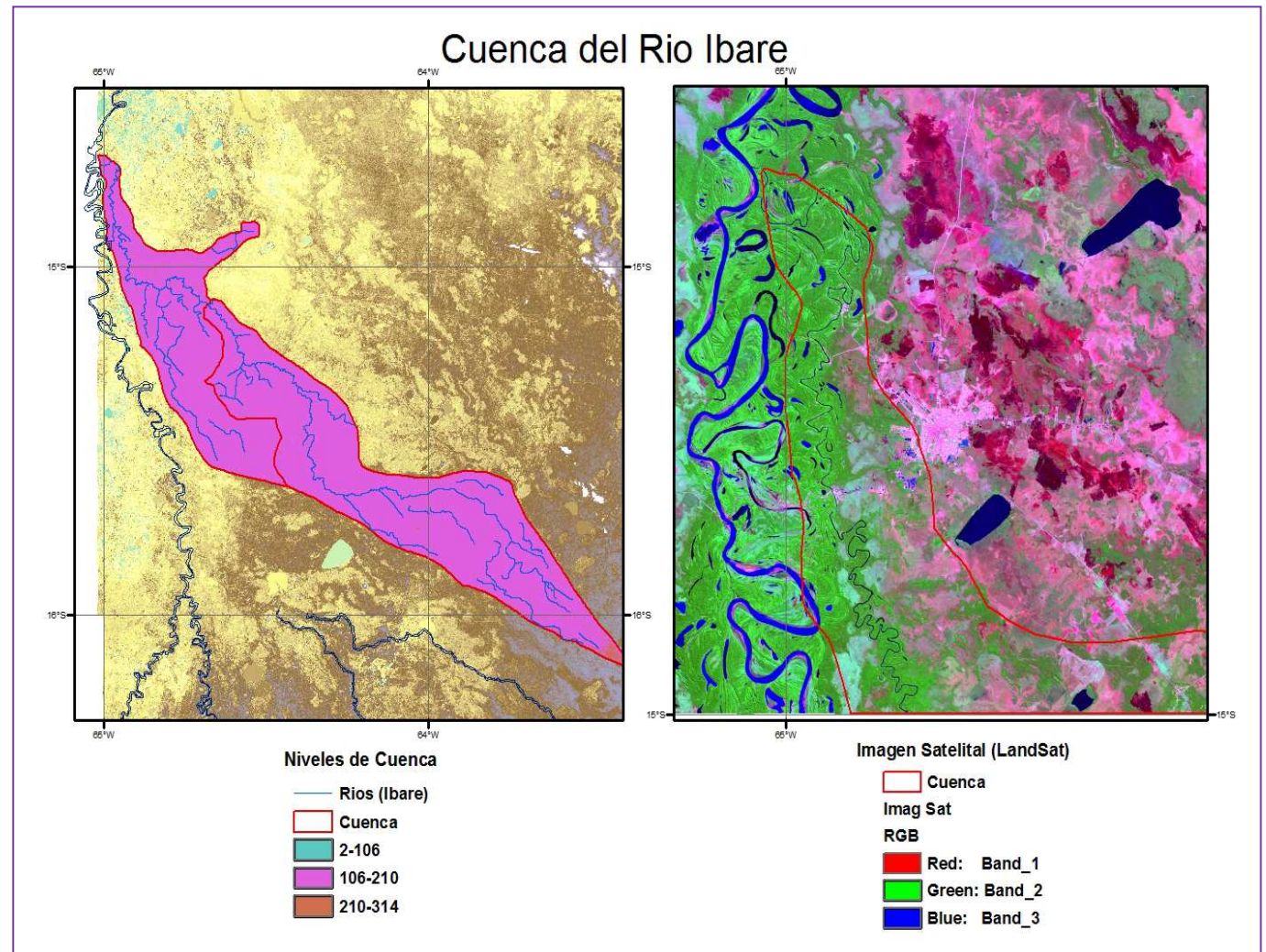
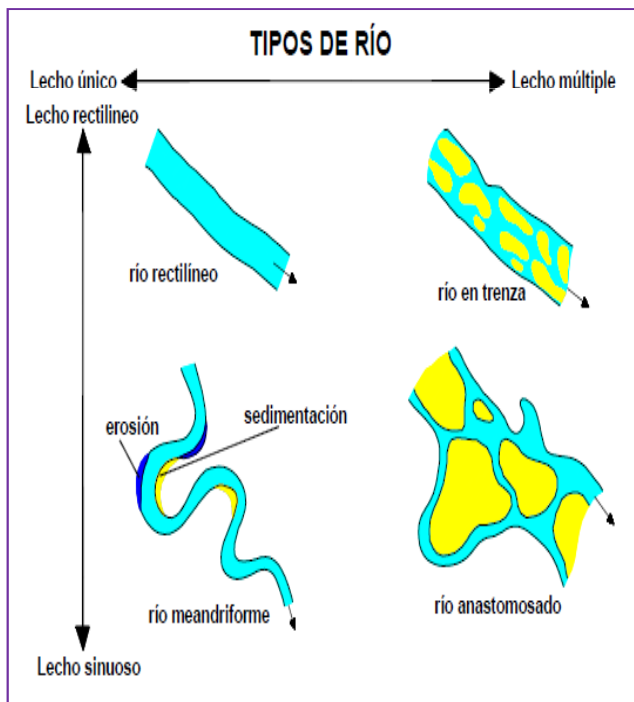
2. Características de la cuenca

- Bolivia, cuencas:
Altiplano: 13.2 %
Rio de La Plata: 20.9 %
Rio Amazonas: 68.9 %
- La cuenca del Rio Mamore comprende un área de 241,660 km².
- La cuenca del Rio Ibare: 5,864 km². Longitud del rio de: 278 km.
- Cuenca del Rio Ibare:
Provincias Marban, Cercado y Mamore.
- La diferencia de relieve:
altitud 192 msnm y 153 msnm.



2. Características de la cuenca

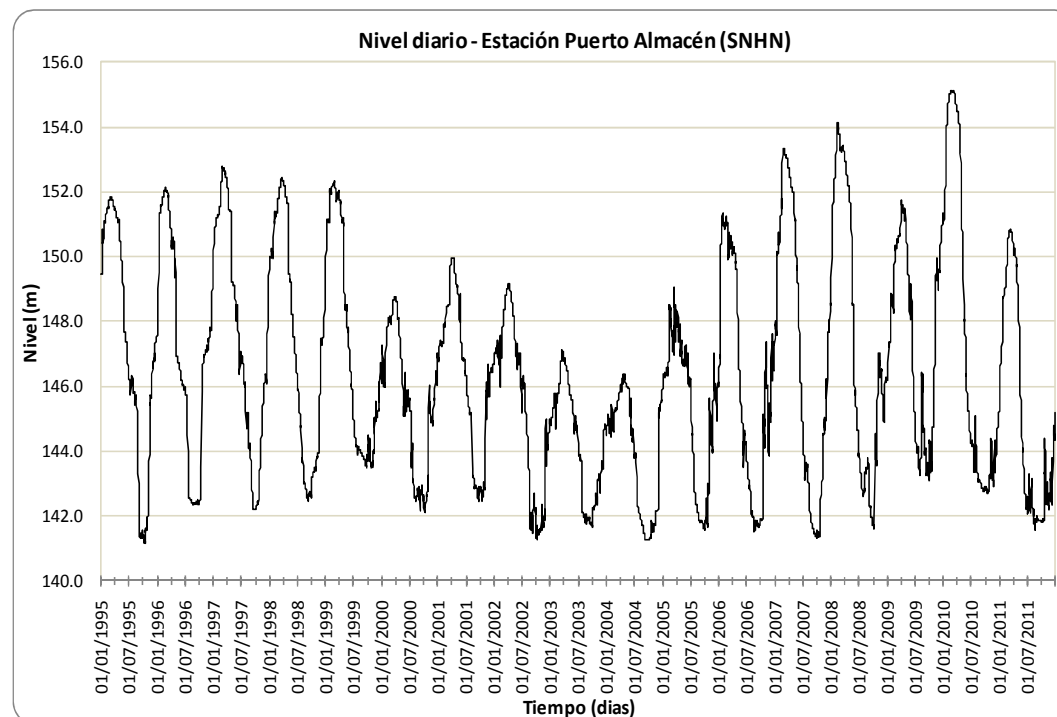
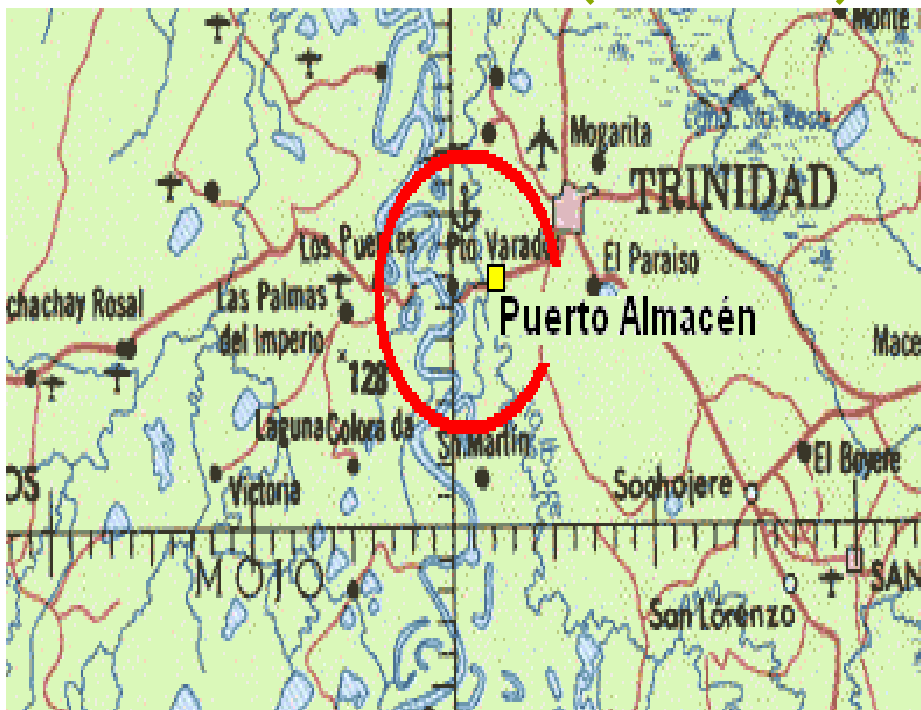
- El Rio Ibare llega a formar parte de uno de los afluentes del rio Mamore
- Geomórficamente se caracteriza, por ser combinado entre meandriforme a rectilíneo.



3. Datos Hidrológicos

Estación	Ubicación					Altura msnm	Periodo Disponible	
	Latitud Sur	Longitud Oeste	Rio	Depto	Provincia		Desde	Hasta
Puerto Almacén (SNHN)	14° 52' 14''	64° 58' 03''	Ibare	Beni	Cercado	152.8	01/01/1995	31/12/2011
Puerto Almacén (SENAMHI)	14° 52' 14''	64° 58' 03''	Ibare	Beni	Cercado	152.8	05/11/1986	01/04/2008
Loma Suarez (SNHN)	14° 45' 49''	64° 57' 47''	Ibare	Beni	Cercado	157.0	01/12/1997	31/12/2011
Camiazo (SENAMHI)	15° 20' 22''	64° 51' 26''	Mam ore	Beni	Marban	160.0	29/03/1986	23/10/2011

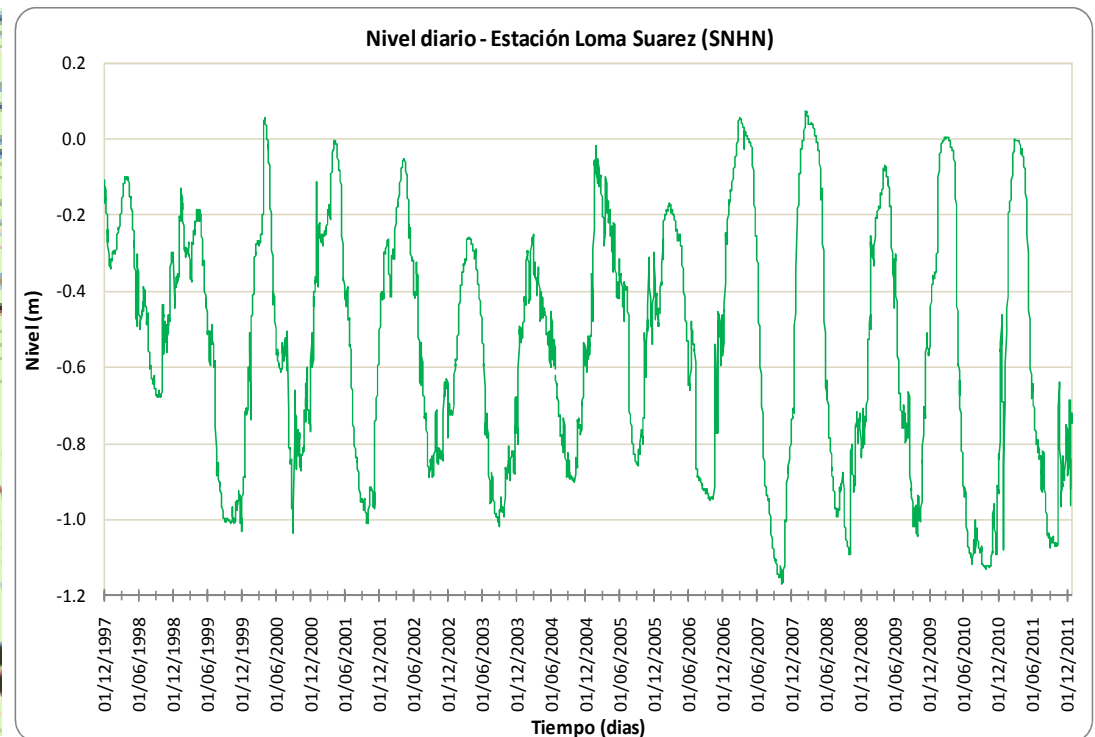
3. Datos Hidrológicos – Estación Puerto Almacén (SNHN)



- La Estación Puerto Almacén, localidad de Villa Mayor “Pedro Vaca Díez”, en el margen derecho del río Ibare.
- Registró la variabilidad de niveles, con respecto al nivel barranco (NB) hasta el 20/12/2004. En fecha 21/12/2004, se implementó en la estación, el sistema óptico de medición de niveles.

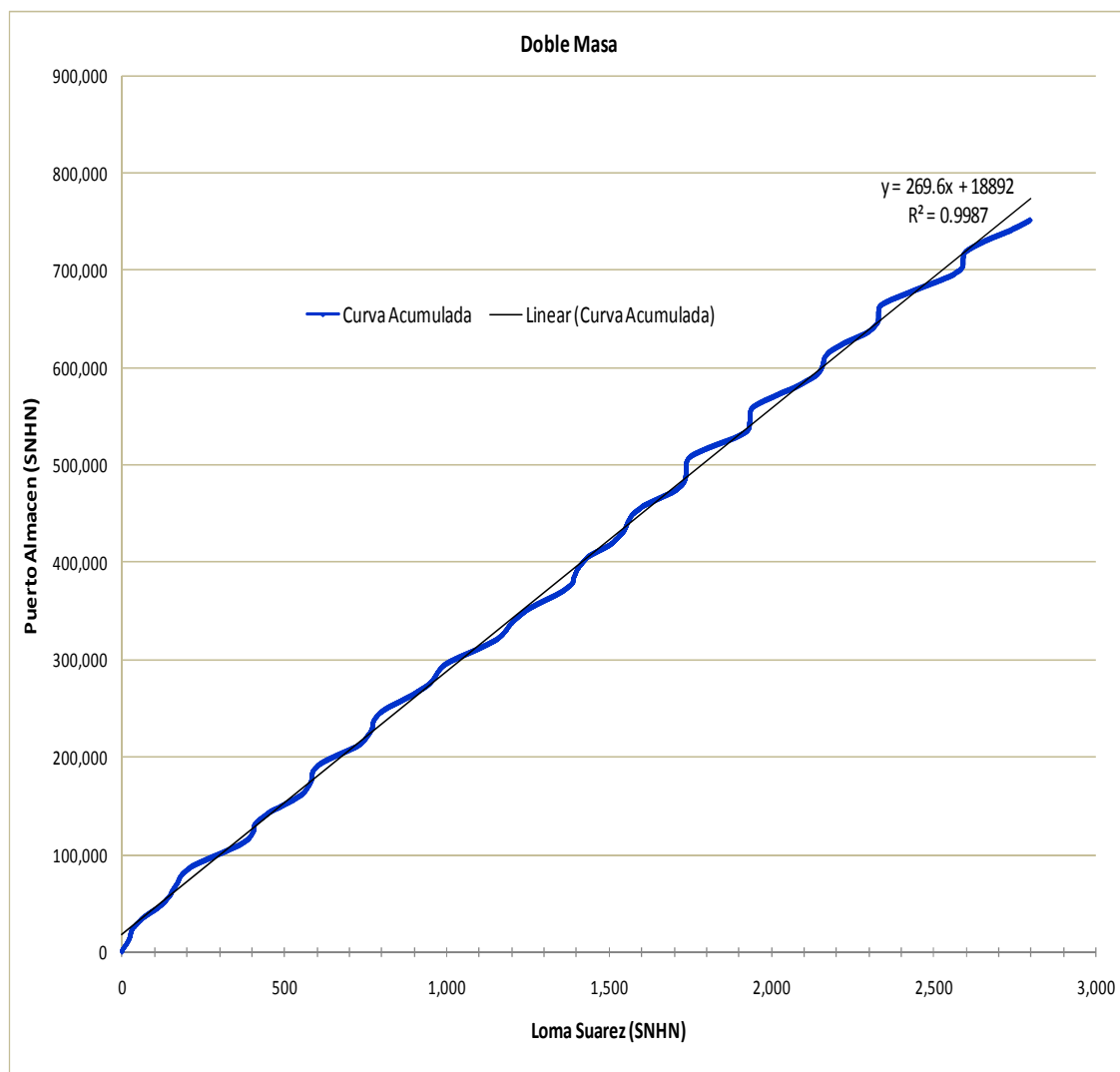
- En la grafica de niveles, se aprecia un descenso en los años 2002 a 2004.

3. Datos Hidrológicos – Estación Loma Suárez (SNHN)



- La Estación de “Loma Suárez” se encuentra en la Provincia Cercado, en el margen derecha del río Ibare, dentro de la jurisdicción de la Escuela de Sargentos de la Armada “Reynaldo Zeballos”.
- Se reportan niveles diarios al SNHN. La Estación registró los niveles, referidos al nivel barranco (NB).

3. Datos Hidrológicos – Consistencia de niveles



- Análisis de doble masa

Una forma usual de detectar periodos donde se han producido posibles errores, los cuales se observan en forma de quiebres en la pendiente de la curva.

En la grafica no se observan quiebres significativos, esto significa que no hubo una causa para que la pendiente de la curva cambie.

4. Estimación de caudales – Estación Puerto Almacén (SNHN)

Formula para canales abiertos:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} \sqrt{s} \quad [1]$$

Donde:

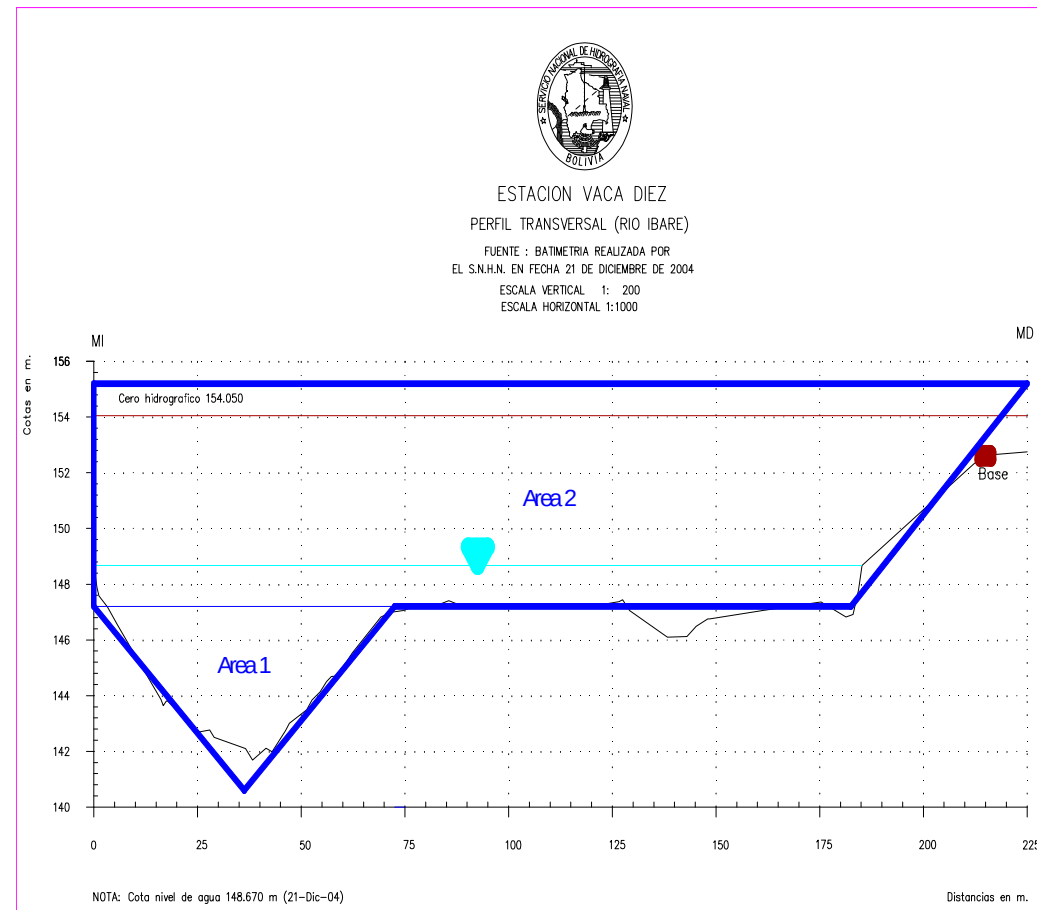
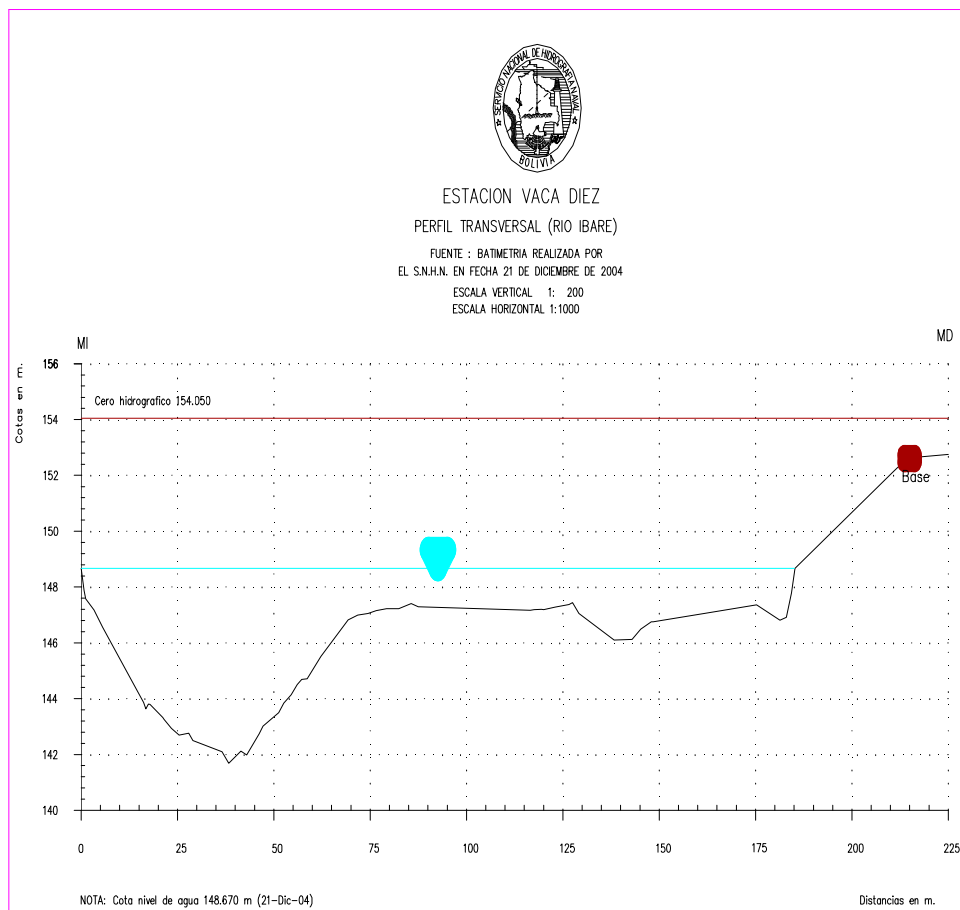
Q : caudal

$AR^{2/3}$: factor de sección para el cálculo de flujo (elementos geométricos). A es el área mojada y R el radio hidráulico.

s : pendiente de la superficie del agua

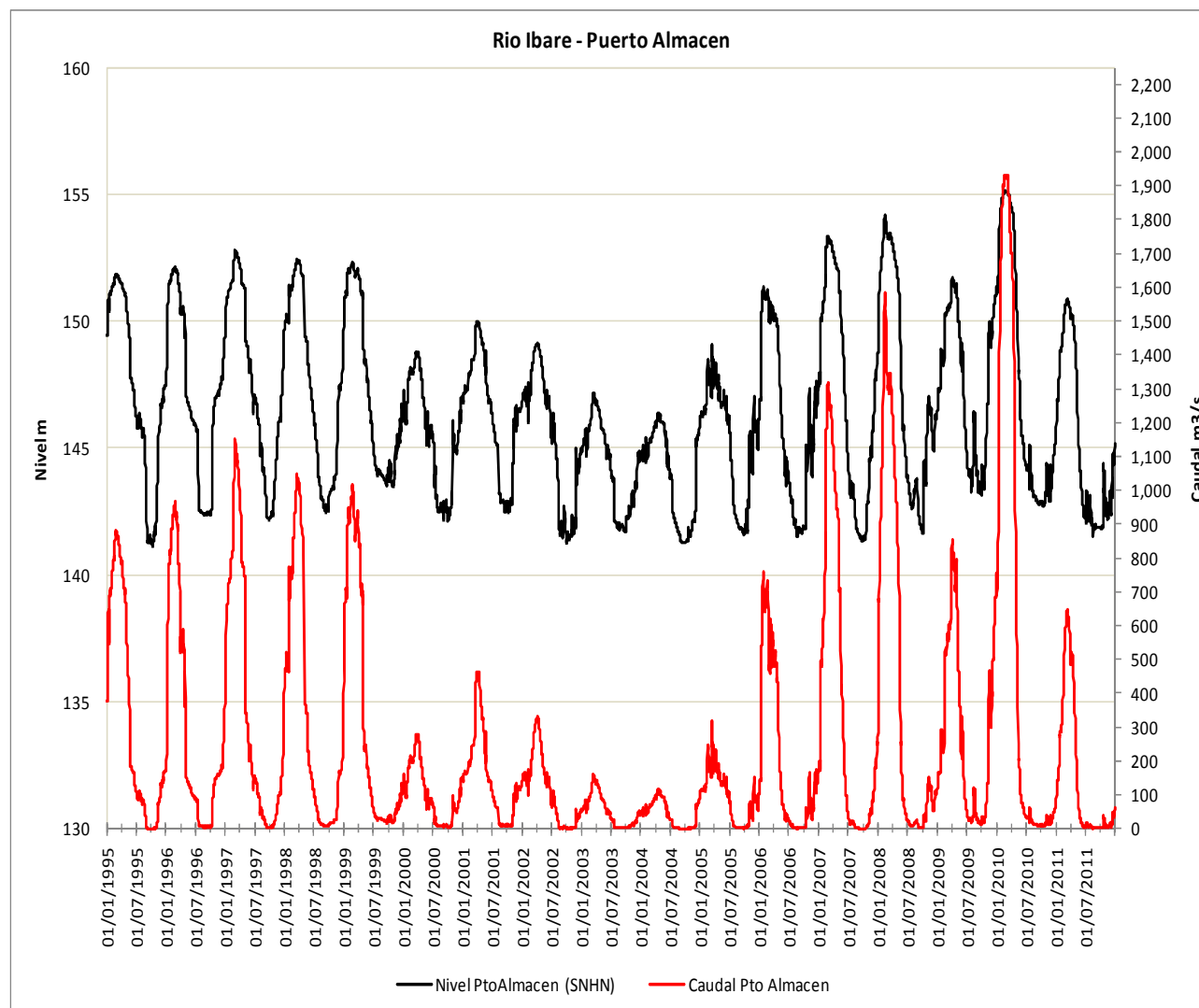
n : coeficiente que representa la rugosidad del canal, conocido como coeficiente de rugosidad

4. Estimación de caudales – Estación Puerto Almacén (SNHN)



4. Estimación de caudales – Puerto Almacén

Variable	Valor
s , pendiente de la superficie de agua	0.01%; semejante a: Balcázar, H. Eduardo. 2008.
n , coeficiente que representa la rugosidad del canal, conocido como coeficiente de rugosidad	0.033; corriente natural, sinuoso algunos charcos y escollos, limpio: Villon, M. 2011. Concordante con Balcázar, H. Eduardo. 2008.
$AR^{2/3}$: factor de sección para el cálculo de flujo	En función del nivel, según perfil topográfico.



5. Eventos hidrológicos extremos

- Uso del Análisis de Frecuencias
- Series Estadísticas y Períodos de Retorno

Cálculo de caudal de diseño utilizando la distribución Gumbel

Ingreso de datos:

Año de inicio: 1995

Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER.

N°	X
2000	279.23
2001	464.55
2002	331.72
2003	159.73
2004	115.1
2005	317.52
2006	760.06
2007	1319.67
2008	1584.83
2009	854.62
2010	1929.04
2011	646.66
[>]	



Período de retorno de cálculo del caudal de diseño (T): 1.25 años

Resultados:

N° años disponibles	Qm	SQ	YN	SN	Qmáx	DeltaQ	IntervaloQ	Qdiseño
17	813.0371	510.2048	0.5176	1.034	667.7219	562.5257	105.2 - 1230.25	1230.2475

Archivos y resultados:

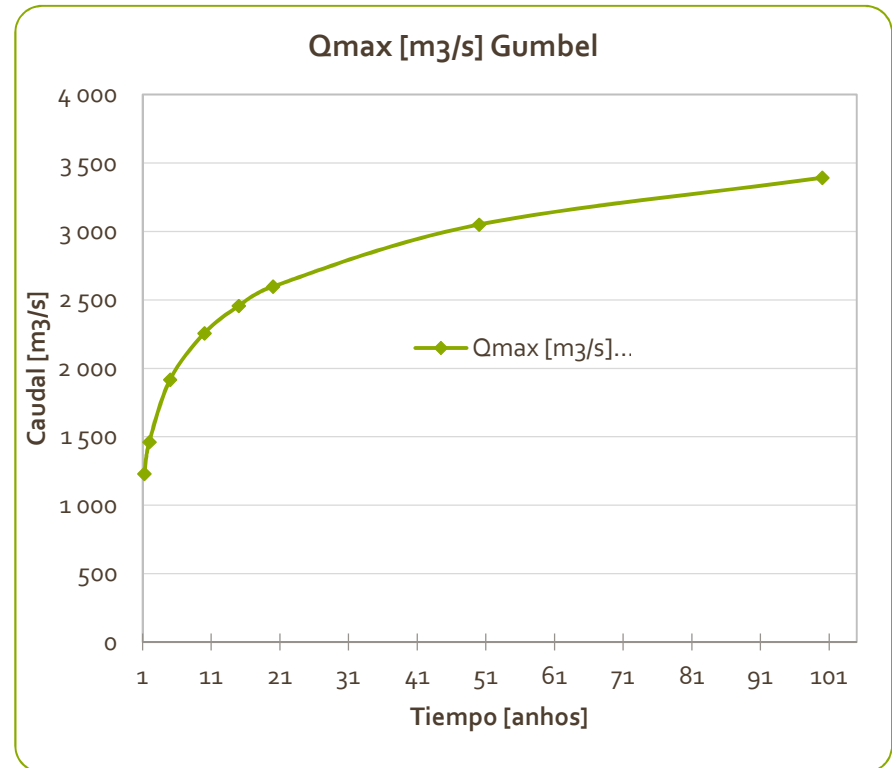
Calcular Limpia Imprimir Menú Principal Crear Accesar Reporte

Año	Fecha	Qmax [m3/s]
1995	02/03/1995	880
1996	26/02/1996	966
1997	03/03/1997	1151
1998	19/03/1998	1046
1999	24/02/1999	1016
2000	25/03/2000	279
2001	27/03/2001	465
2002	07/04/2002	332
2003	18/03/2003	160
2004	16/04/2004	115
2005	17/03/2005	318
2006	25/01/2006	760
2007	27/02/2007	1320
2008	12/02/2008	1585
2009	03/04/2009	855
2010	15/02/2010	1929
2011	12/03/2011	647

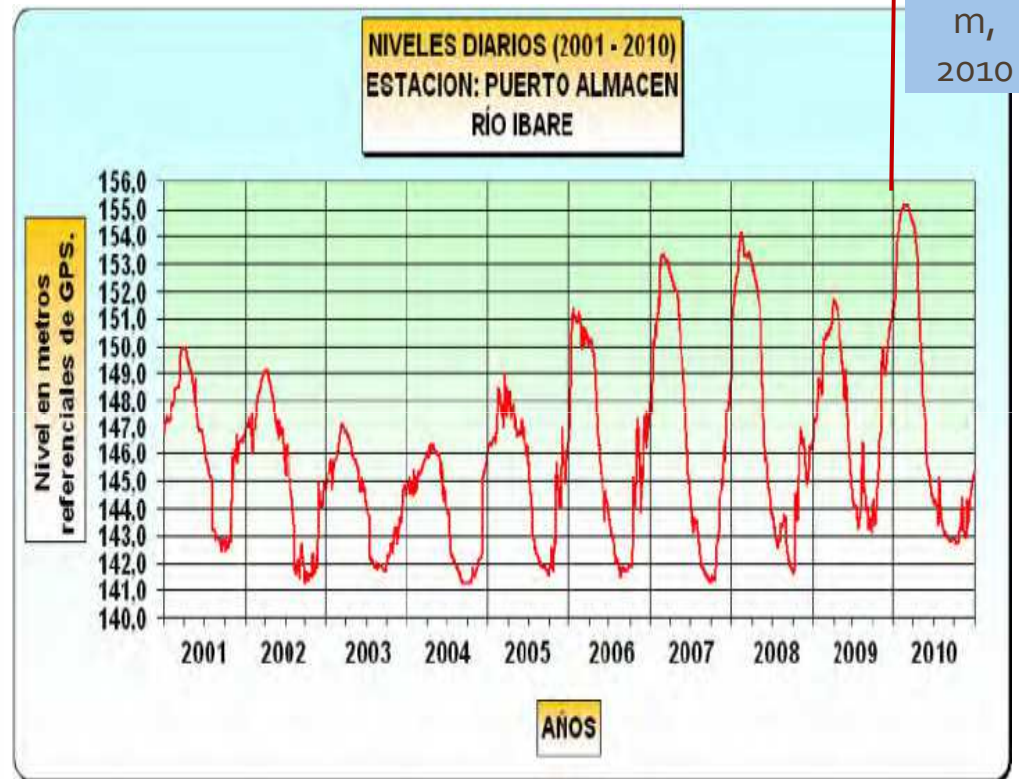
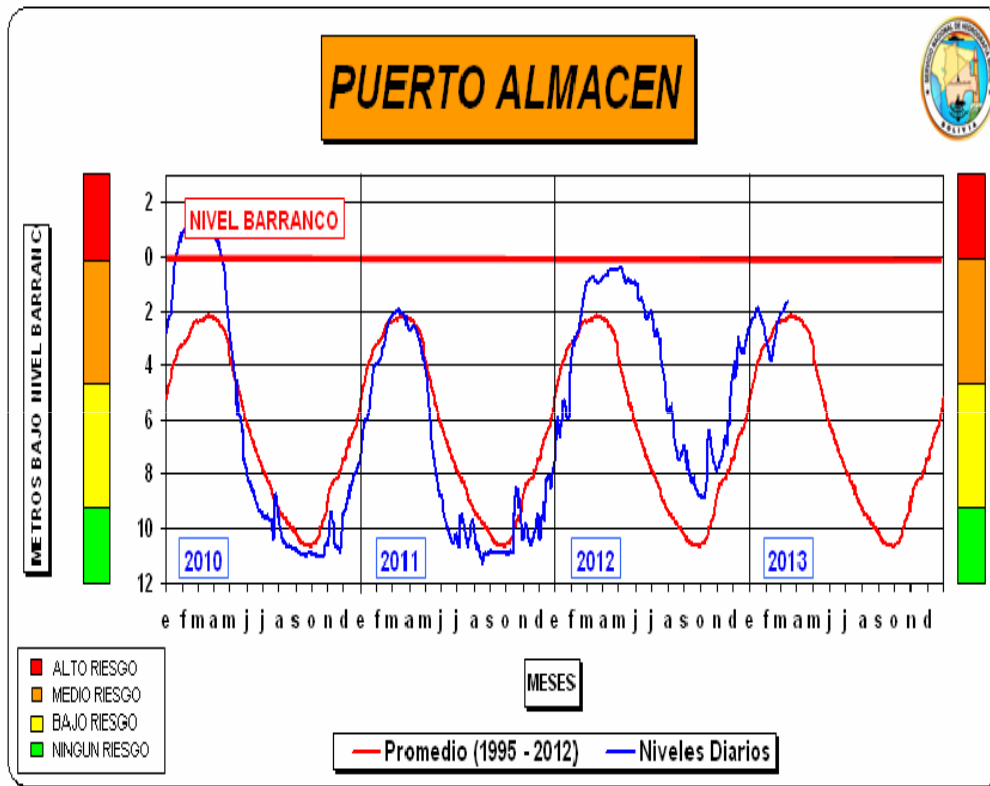
5. Eventos hidrológicos extremos – Caudales Maximos

- Para la determinación de los caudales máximos de crecidas se empleó el software HidroEsta
- Distribuciones, Gumbel y Nash.
- El valor empleado es aquel que resultó mayor en los métodos indicados para el período de retorno exigido, Gumbell.

Tr (Años)	Gumbell Qmax [m3/s]
1.25	1,231
2	1,462
5	1,917
10	2,256
15	2,456
20	2,598
50	2,598
50	3,051
100	3,393



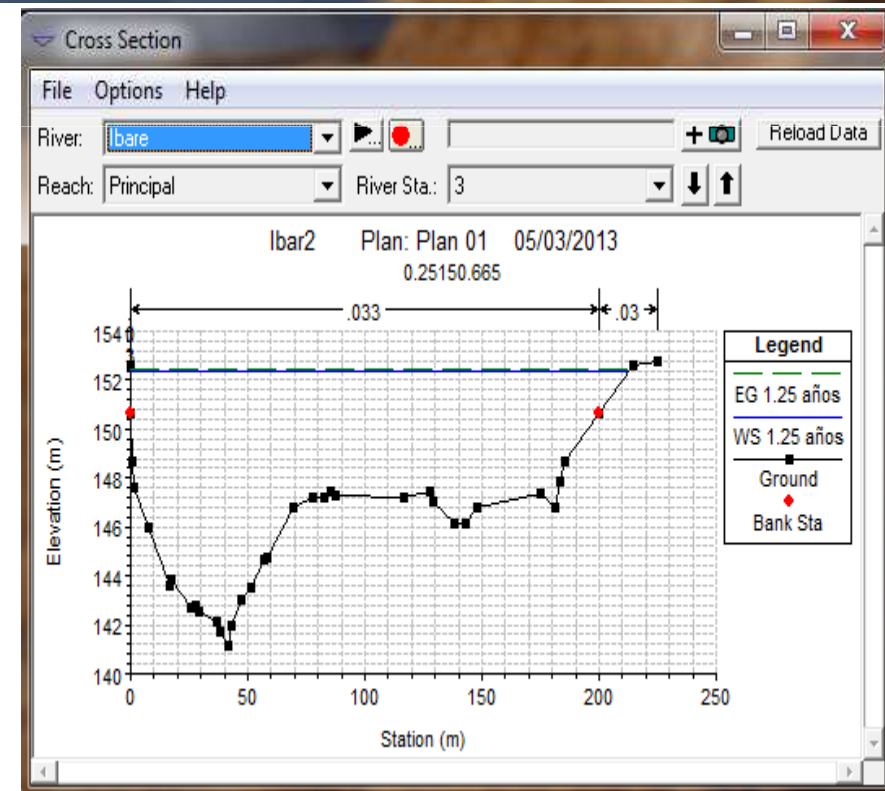
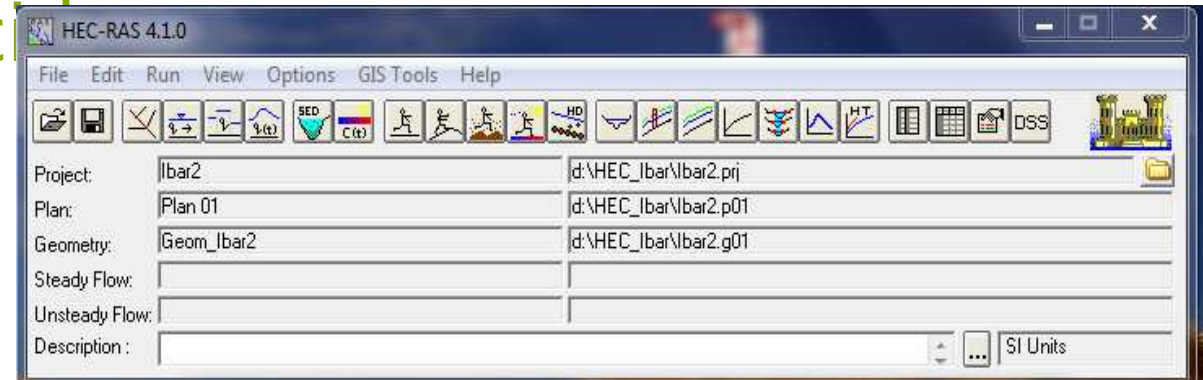
5. Eventos hidrológicos extremos – Inundaciones del Rio Ibare (SNHN)



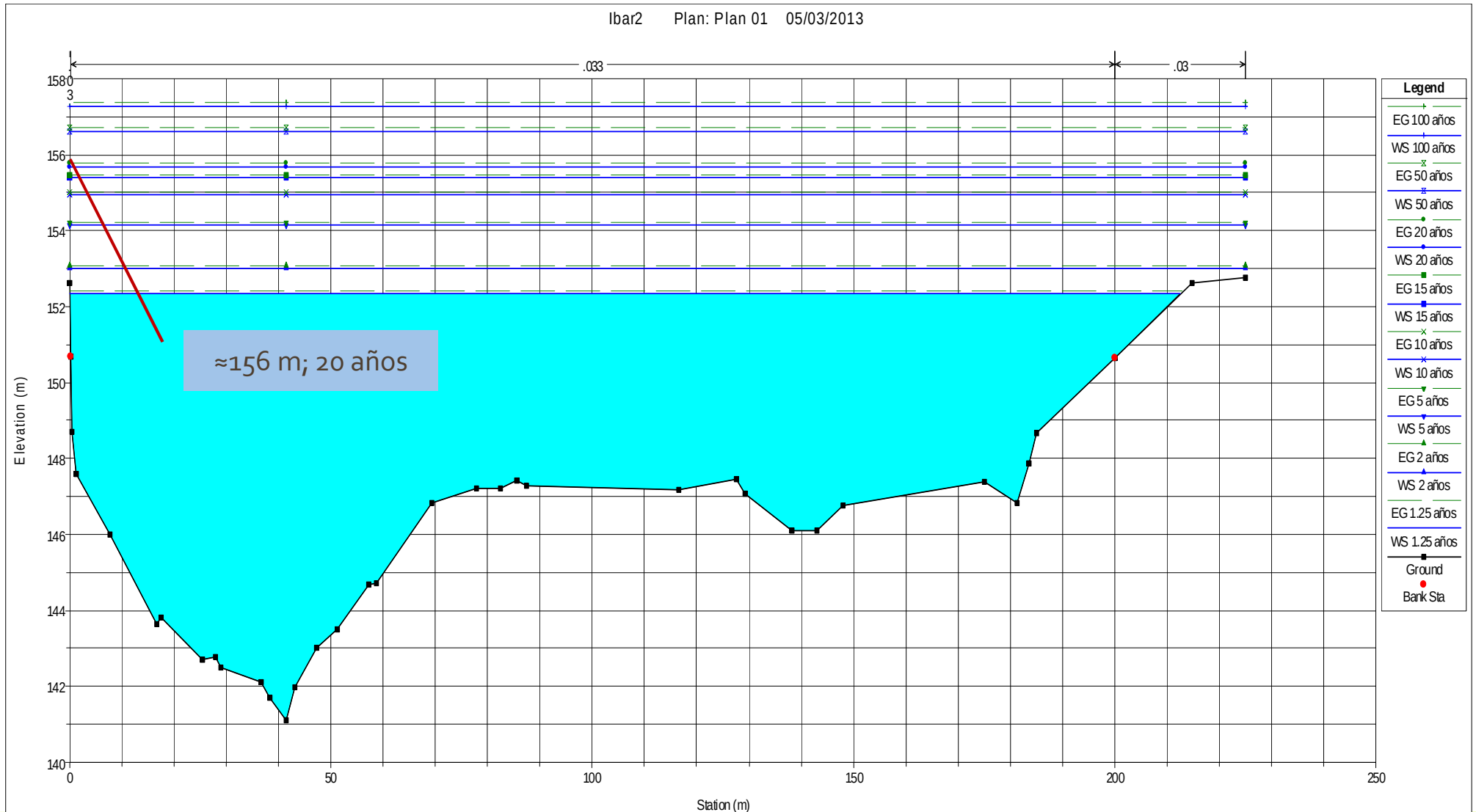
- El Rio Ibare presenta riesgo de inundación en niveles mayores a 152.8 m (NB); equivalente a 1,150 m³/s (según los caudales estimados).
- Niveles superiores a este, se presentaron en las gestiones 2007, 2008 y 2010

5. Eventos hidrológicos extremos – Análisis de crecidas

- HEC – RAS
 - Rugosidad
 - Topografía y Batimetría
 - Caudal de Calculo
- Salidas del HEC – RAS
 - Secciones Transversales



5. Eventos hidrológicos extremos – Análisis de crecidas



6. Consideraciones finales

- En base a los datos de niveles y la sección transversal del río Ibare se estimó los caudales diarios para el periodo de 1995 al 2011. Se vislumbra, marcados escenarios de épocas de lluvia y estiaje. Es decir, en periodos húmedos los caudales son muy altos y en épocas de estiaje los caudales son muy bajos, casi nulos.

Época	Q m ³ /s
Prom. Estiaje (Jun a Sep)	42.82
Prom. Avenida (Ene a May & Oct a Dic)	355.45
Prom. Total	251.24

- Se estimó los caudales de crecidas y periodos de retorno, considerando el método de Gumbell
- Por otra parte, la zona de estudio es propensa a inundaciones y se debe tener en cuenta opciones de remediación. Sería necesario rellenar el terreno con un terraplén de modo que la cota final sobre la que se construya esté por encima de la cota de inundación; por ejemplo, para un período de retorno de 20 años se estima un nivel aproximado de 156 m.

7. Referencias Bibliograficas

- [1] Servicio Nacional de Hidrografía Naval (SNHN). 2007. Hidrografía de Bolivia, 2da Edición. La Paz-Bolivia.
- [2] Balcázar, H. Eduardo. 2008. Hidrología y Dinámica Fluvial de la cuenca del Rio Mamore. Cochabamba-Bolivia.
- [3] Villon, M. 2011. Hidrología. Editorial Villon. Lima-Perú.
- [4] Ven Te Chow 1994. Hidráulica de Canales Abiertos. McGraw Hill, Interamericana.
- [5] Memoria Hidrométrica 2001-2010. 2011 [en línea]. [Consultado el: 01/12/2012]. Disponible en la Web: <http://www.rree.gob.bo/webmre/Documentos//d453.pdf>
- [6] Diagnostico Trinidad. 2012 [en línea]. [Consultado el: 01/12/2012]. Disponible en la Web: www.uabjb.edu.bo/ecominga
- [7] Centro Digital de Recursos de Bolivia (CDRB). 2012. Cambio Climático, Base de Datos para el Modelamiento [en línea]. [Consultado el: 01/12/2012]. Disponible en la Web: http://essm.tamu.edu/bolivia/cambio_climatico_es.htm
- [8] Formulación de un plan de acción de prevención y gestión de riesgos de inundaciones en las llanuras del Beni. 2009. [en línea]. [Consultado el: 01/12/2012]. Disponible en la Web: <http://www.cuencasbolivia.org/files/formulacionvivirconelagua.pdf>
- [9] Disponibilidad, uso y calidad de los recursos hídricos en Bolivia. 2002. [en línea]. [Consultado el: 01/12/2012]. Disponible en la Web: <http://www.scribd.com/doc/105255466/RECURSOS-HIDRICOS-DE-BOLIVIA>
- [10] Mini centrales Hidroeléctricas. 2006. [en línea]. [Consultado el: 01/12/2012]. Disponible en la Web: http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10374_Minicentrales_hidroelectricas_o6_d3do56dd.pdf
- [11] Diseñó Hidráulico y Mecánico de la Central Mini hidroeléctrica del Embalse de Valmayor. 2008. [en línea]. [Consultado el: 01/12/2012]. Disponible en la Web: <http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/486819da9092d.pdf>
- [12] Mini hidráulica en el País Vasco. 1995. [en línea]. [Consultado el: 01/12/2012]. Disponible en la Web: <http://www.eve.es/CMSPages/GetFile.aspx?guid=811f3886-oab2-4a01-ad2b-04cafa707466>
- [13] Fotos del Rio Ibare. [en línea]. [Consultado el: 01/12/2012]. Disponible en la Web: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=693854>
- [14] Discusión del caudal de diseño de una central hidroeléctrica. [en línea]. [Consultado el: 01/12/2012] Disponible en la Web: http://www.linkedin.com/groups/Using-Flow-Duration-Curve-FDC-3698324.S.213214137?trk=group_search_item_list-o-b-ttl&goback=.anb_975457_*2_*1_*1_*1_*1_*1.gmp_3698324.gna_3698324
- [15] Análisis del comportamiento hidrológico. 2013. [en línea]. [Consultado el: 01/03/2013]. Disponible en la Web: <http://www.hidronav.org.bo/images/EvalHidro.pdf>





Gracias

