

Análisis, crítica y tratamiento de los datos hidrométricos de la cuenca alta del río Pilcomayo disponibles aguas arriba de Misión La Paz (Argentina)

INFORME FINAL

Marzo del 2006

Ing. Philippe VAUCHEL

Ing. Aurélie MALBRUNOT

Egr. Ruby Isabel AGUILAR REY



**Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro
de la Cuenca del Río Pilcomayo**



**Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología de Bolivia
(SENAMHI)**



**Instituto de Hidráulica e Hidrología
Universidad Mayor de San Andrés – La Paz, Bolivia**



Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD)

Agradecimientos

Queremos agradecer a todas las personas que han contribuido de una manera o otra a la realización de este trabajo, en particular :

Al Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés de la ciudad de La Paz, y especialmente al Ing. Jorge MOLINA CARPIO por todo el apoyo incondicional que ha mostrado durante la realización de este estudio.

Al SENAMHI de La Paz, en particular al Ing. Luis NORIEGA por su ayuda en el conocimiento de las estaciones de la cuenca boliviana del Pilcomayo y de los datos disponibles, al Tec. Oscar FUERTES para las numerosas horas que ha pasado introduciendo los datos en la base de datos HYDRACCESS del SENAMHI y al Ing. Oscar PUITA para su ayuda en el SIG.

Al Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del Río Pilcomayo en Tarija para su constante colaboración para que este estudio sea la más completa posible. En particular queremos agradecer al Ing. José MOLINA, jefe de la sección Hidráulica-Civil del Proyecto Pilcomayo y al Ing. Mario GAMARRA.

Aurélie MALBRUNOT, Isabel AGUILAR REY, Philippe VAUCHEL

Marzo del 2006

Índice

1	INTRODUCCIÓN – OBJETIVO DEL ESTUDIO	1
2	ÁREA DE ESTUDIO	2
2.1	Descripción general de la cuenca del río Pilcomayo	2
2.2	Descripción general de la cuenca alta del río Pilcomayo.....	2
2.2.1	Medio físico de la cuenca alta	2
2.2.2	Hidrografía de la cuenca alta del río Pilcomayo	3
2.3	Estaciones hidrométricas de la cuenca alta	3
3	METODOLOGÍA DE TRABAJO	5
3.1	Metodología general.....	5
3.1.1	Etapas de la elaboración de series de caudales confiables.....	5
3.1.2	Herramienta de tratamiento de los datos: el Programa HYDRACCESS.....	5
3.2	Recolección e inventario de la información existente	6
3.3	Identificación de la red hidrográfica y ubicación precisa de las estaciones.....	7
3.3.1	Realización de un mapa de la cuenca alta	7
3.3.2	Ubicación precisa de las estaciones hidrométricas	7
3.4	Análisis, crítica y tratamiento de la información hidrométrica básica	7
3.4.1	Primer análisis y tratamiento de las cotas	7
3.4.2	Análisis y tratamiento de los aforos.	9
3.5	Realización de la curvas de calibración H-Q cuando sea posible.	11
3.6	Análisis complementarios para el ajuste de las curvas de calibración.....	14
3.6.1	Primer análisis haciendo comparaciones entre los caudales de cada estación y de sus vecinas 14	
3.6.2	Segundo análisis por correlaciones lineales simples y múltiples sobre los caudales diarios de las estaciones.....	17
3.6.3	Tercer análisis con la formula de Manning-Strickler	19
3.7	Ultimo tratamiento de las cotas instantáneas	23
3.7.1	Identificación de las cotas dudosas por comparaciones con sus estaciones vecinas.....	23
3.7.2	Identificación de las cotas dudosas por correlaciones sobre los caudales.....	23
3.7.3	Relleno de las lagunas de cotas cuando fuera posible por correlaciones lineales simples y múltiples.....	24
3.8	Calculo de las cotas y de los caudales diarios, mensuales y anuales.....	25
3.9	Análisis de consistencia de los caudales con el método del Vector Regional.	25
3.9.1	Generalidades sobre el método del Vector Regional	26
3.9.2	Etapas del análisis de consistencia con el Vector Regional.....	26
3.10	Relleno de Caudales Mensuales.	34

4	RESULTADOS DEL TRATAMIENTO PARA CADA ESTACIÓN	35
4.1	La Angostura (Tupiza)	36
4.1.1	Características generales	36
4.1.2	Evolución del perfil transversal del río	38
4.1.3	Tratamiento de las lecturas de escala	38
4.1.4	Aforos disponibles.	40
4.1.5	Curvas de calibración.	42
4.1.6	Cálculo de caudales diarios, mensuales y anuales – Relleno mensual	45
4.2	El Canal Molino	49
4.2.1	Características generales	49
4.2.2	Evolución del perfil transversal del río	51
4.2.3	Tratamiento de las lecturas de escala	51
4.2.4	Aforos disponibles.	51
4.3	Charaja	53
4.3.1	Características generales	53
4.3.2	Evolución del perfil transversal del río	55
4.3.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	55
4.3.4	Aforos disponibles.	55
4.4	Chilcara.....	58
4.4.1	Características generales	58
4.4.2	Evolución del perfil transversal del río	60
4.4.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	60
4.4.4	Aforos disponibles.	62
4.4.5	Curvas de calibración.	64
4.4.6	Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales – Relleno mensual	68
4.5	Cotagaita.....	73
4.5.1	Características generales	73
4.5.2	Evolución del perfil transversal del río	75
4.5.3	Tratamiento de las lecturas de escala	75
4.5.4	Aforos disponibles.	76
4.6	El Molino.....	78
4.6.1	Características generales	78
4.6.2	Evolución del perfil transversal del río	80
4.6.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	80
4.6.4	Aforos disponibles.	80
4.6.5	Curvas de calibración	83
4.6.6	Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual	84

4.7	El Puente San Juan del Oro	88
4.7.1	Características generales	88
4.7.2	Evolución del perfil transversal del río	90
4.7.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	91
4.7.4	Aforos disponibles.	92
4.7.5	Curvas de calibración.	95
4.7.6	Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual	98
4.8	La Dorada	103
4.8.1	Características generales	103
4.8.2	Evolución del perfil transversal del río	105
4.8.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	105
4.8.4	Aforos disponibles.	105
4.9	Llimphy	107
4.9.1	Características generales	107
4.9.2	Evolución del perfil transversal del río	109
4.9.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	109
4.9.4	Aforos disponibles.	110
4.9.5	Curvas de calibración.	110
4.10	Misión La Paz.....	112
4.10.1	Características generales.....	112
4.10.2	Evolución del perfil transversal del río.....	113
4.10.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	113
4.10.4	Aforos disponibles.	113
4.10.5	Curvas de calibración.	113
4.10.6	Cálculo de los caudales mensuales, anuales – Relleno mensual.	114
4.11	Mulluquiri.....	118
4.11.1	Características generales.....	118
4.11.2	Evolución del perfil transversal del río.....	120
4.11.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	120
4.11.4	Aforos disponibles.	121
4.11.5	Curvas de calibración.	123
4.12	Ñucchu	128
4.12.1	Características generales.....	128
4.12.2	Evolución del perfil transversal del río.....	130
4.12.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	130
4.12.4	Aforos disponibles.	131
4.12.5	Curvas de calibración.	134

4.12.6	Cálculo de caudales diarios, mensuales y anuales – Relleno mensual.....	137
4.13	Palca Grande	141
4.13.1	Características generales.....	141
4.13.2	Evolución del perfil transversal del río.....	143
4.13.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	144
4.13.4	Aforos disponibles.	149
4.13.5	Curvas de calibración.	151
4.13.6	Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual.....	154
4.14	Palca de Higuera.....	158
4.14.1	Características generales.....	158
4.14.2	Evolución del perfil transversal del río.....	160
4.14.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	160
4.14.4	Aforos disponibles..	160
4.15	Pampa Grande	162
4.15.1	Características generales.....	162
4.15.2	Evolución del perfil transversal del río.....	164
4.15.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	164
4.15.4	Aforos disponibles..	165
4.15.5	Curvas de calibración.	167
4.15.6	Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual.....	168
4.16	Puente Sucre	172
4.16.1	Características generales.....	172
4.16.2	Evolución del perfil transversal del río.....	174
4.16.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	174
4.16.4	Aforos disponibles..	175
4.16.5	Curvas de calibración.	177
4.16.6	Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual.....	179
4.17	Salto León	183
4.17.1	Características generales.....	183
4.17.2	Evolución del perfil transversal del río.....	185
4.17.3	Tratamiento de las lecturas de escala.	186
4.17.4	Aforos disponibles..	187
4.17.5	Curvas de calibración.	190
4.17.6	Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual.....	192
4.18	San Josecito.....	196
4.18.1	Características generales.....	196
4.18.2	Evolución del perfil transversal del río.....	198

4.18.3	Tratamiento de las lecturas de escala.....	198
4.18.4	Aforos disponibles.....	199
4.18.5	Curvas de calibración.....	202
4.18.6	Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual.....	204
4.19	San José de Pampa Grande.....	208
4.19.1	Características generales.....	208
4.19.2	Evolución del perfil transversal del río.....	210
4.19.3	Tratamiento de las lecturas de escala.....	210
4.19.4	Aforos disponibles.....	210
4.19.5	Curvas de calibración.....	211
4.20	San Pedro.....	213
4.20.1	Características generales.....	213
4.20.2	Evolución del perfil transversal del río.....	215
4.20.3	Tratamiento de las lecturas de escala.....	215
4.20.4	Aforos disponibles.....	217
4.20.5	Curvas de calibración.....	219
4.20.6	Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual.....	222
4.21	Talula.....	226
4.21.1	Características generales.....	226
4.21.2	Evolución del perfil transversal del río.....	228
4.21.3	Tratamiento de las lecturas de escala.....	228
4.21.4	Aforos disponibles.....	230
4.21.5	Curvas de calibración.....	232
4.21.6	Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales y Relleno mensual.....	235
4.22	Tarapaya.....	240
4.22.1	Características generales.....	240
4.22.2	Evolución del perfil transversal del río.....	242
4.22.3	Tratamiento de las lecturas de escala.....	242
4.22.4	Aforos disponibles.....	242
4.23	Tumusla.....	244
4.23.1	Características generales.....	244
4.23.2	Evolución del perfil transversal del río.....	246
4.23.3	Tratamiento de las lecturas de escala.....	246
4.23.4	Aforos disponibles.....	247
4.23.5	Curvas de calibración.....	249
4.23.6	Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual.....	251
4.24	Tupiza.....	256

4.24.1	Características generales.....	256
4.24.2	Evolución del perfil transversal del río.....	258
4.24.3	Tratamiento de las lecturas de escala.....	258
4.24.4	Aforos disponibles.....	259
4.24.5	Curvas de calibración.....	261
4.24.6	Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual.....	263
4.25	Villamontes.....	267
4.25.1	Características generales.....	267
4.25.2	Evolución del perfil transversal del río.....	269
4.25.3	Tratamiento de las lecturas de escala.....	269
4.25.4	Aforos disponibles.....	271
4.25.5	Curvas de Calibración.....	273
4.25.6	Cálculo de los Caudales Diarios, Mensuales y Anuales - Relleno mensual.....	276
4.26	Viña Quemada.....	281
4.26.1	Características generales.....	281
4.26.2	Evolución del perfil transversal del río.....	283
4.26.3	Tratamiento de las lecturas de escala.....	283
4.26.4	Aforos disponibles.....	285
4.26.5	Curvas de calibración.....	287
4.26.6	Cálculo de los Caudales Diarios, Mensuales y Anuales - Relleno mensual.....	290
4.27	Yocalla.....	295
4.27.1	Características generales.....	295
4.27.2	Evolución del perfil transversal del río.....	297
4.27.3	Tratamiento de las lecturas de escala.....	297
4.27.4	Aforos disponibles.....	297
4.28	Yura.....	299
4.28.1	Características generales.....	299
4.28.2	Evolución del perfil transversal del río.....	301
4.28.3	Tratamiento de las lecturas de escala.....	301
4.28.4	Aforos disponibles.....	302
5	CONCLUSIÓN.....	304
6	BIBLIOGRAFÍA.....	306
7	ANEXOS.....	307
7.1	Mapa de ubicación de la Cuenca del río Pilcomayo con límites departamentales y provinciales.....	307
7.2	Mapa de la red hidrográfica de la Cuenca del río Pilcomayo.....	307

7.3	Gráfico del vector regional anual y de las curvas dobles acumuladas.	307
7.4	Gráfico de los vectores regionales mensuales por subcuencas.	316

1 INTRODUCCIÓN – OBJETIVO DEL ESTUDIO

El Proyecto de Gestión Integrada y Plan Maestro de la Cuenca del río Pilcomayo con sede en Tarija, Bolivia, ha planificado varias actividades a fin de *“Mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la cuenca del río Pilcomayo y de su entorno medio-ambiental, apoyándose en un refuerzo significativo del proceso de integración regional.”*

Una de estas actividades, que debe permitir ampliar el conocimiento de la cuenca, consiste en la realización del Balance Hídrico a nivel mensual, base de la evaluación de los recursos hídricos. Este Balance deberá permitir alcanzar el Resultado 1 siguiente : “Se dispone de un modelo de simulación de la cuenca”. Se decidió realizar primero el Balance de la cuenca alta del río (aguas arriba de Misión La Paz) y después el Balance de la cuenca baja (aguas abajo de Misión La Paz) a fin de alcanzar el Balance Global de la cuenca.

En este marco, el Instituto de Hidráulica e Hidrología de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz (Bolivia) ha sido elegido para realizar el Balance Hídrico al nivel mensual de la cuenca alta del río Pilcomayo hasta la estación hidrométrica de Misión La Paz (Argentina), con los datos existentes hasta la fecha.

La realización de este Balance Hídrico requería primero el análisis y la crítica de la información hidrométrica disponible, a fin de disponer de series de caudales mensuales confiables. La mayor parte de la cuenca alta del río Pilcomayo pertenece al territorio Boliviano, donde están la mayoría de las estaciones hidrométricas con datos, bajo responsabilidad del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia (SENAMHI). Es la razón por la cual esta institución, con el apoyo del Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD), se hizo cargo del tratamiento de la información hidrométrica existente.

El presente Informe presenta los resultados del trabajo que fue hecho respecto a este tratamiento, con la ayuda del programa de gestión y de tratamiento de datos hidrológicos e hidrométricos HYDRACCESS. El informe es didáctico, con muchos gráficos y explicaciones que permiten entender como se hace un estudio de este tipo.

- El capítulo 2 presenta el área de estudio,
- El capítulo 3 presenta la metodología adoptada para hacer la crítica y el análisis de los datos hidrométricos disponibles, a fin de obtener series de caudales mensuales las más completas y confiables posible,
- El capítulo 4 detalla para cada de las 28 estaciones hidrométricas, los datos disponibles inicialmente, el tratamiento de estos datos y los resultados obtenidos,
- En los anexos figuran otras informaciones elaboradas a partir de este estudio.

2 ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Descripción general de la cuenca del río Pilcomayo

El río Pilcomayo pertenece a la cuenca del río de la Plata en América del Sur. La cuenca del río Pilcomayo abarca tres países: Bolivia, Argentina y Paraguay.

Desde su nacimiento en los Andes Bolivianos hasta su desembocadura en las llanuras del río Paraguay en Asunción, el río atraviesa paisajes muy distintos, por lo que la cuenca puede ser dividida en dos subcuencas más homogéneas :

- La cuenca alta, ubicada en territorio andino y subandino Boliviano hasta el angosto de Villamontes, caracterizada por pendientes fuertes, terrenos muy erosionables y una red de drenaje bastante densa,
- La cuenca baja, aguas abajo de Villamontes, ubicada en las llanuras de Bolivia, Argentina y Paraguay, en la región del Chaco, con un sistema hidrográfico mucho más complejo incluyendo ríos, riachuelos, humedales, paleo-cauces con enlaces posibles con aguas subterráneas.

El presente estudio cubre solamente la cuenca alta del río Pilcomayo. Para mejorar el análisis, el estudio se ejecutó sobre la cuenca del río Pilcomayo hasta la estación de Misión La Paz, ubicada en Argentina, aproximadamente 200 km aguas abajo de Villamontes. Un mapa incluido en anexo muestra la ubicación de esta cuenca con sus límites políticos.

2.2 Descripción general de la cuenca alta del río Pilcomayo

2.2.1 Medio físico de la cuenca alta

La cuenca alta del río Pilcomayo se extiende sobre los departamentos bolivianos de Potosí, Chuquisaca y Tarija, abarcando una superficie de aproximadamente 84 047 km² hasta Villamontes y 95 695 km² hasta Misión La Paz (fuente: IHH).

Corresponde al sector meridional de la Cordillera Oriental de los Andes. El relieve está constituido mayormente por montañas de dirección predominante Norte-Sur, valles intermontanos, serranías paralelas del Subandino, y altiplanicies características de los sistemas Andino y Subandino. La cuenca se extiende desde más de 4500 msnm¹(cerca de la ciudad de Potosí), hasta 392 msnm. en la ciudad de Villamontes, donde se terminan las serranías del Subandino. Esta variación importante de altura implica pendientes fuertes en los ríos de la cuenca, a veces superiores a 2,5%.

Debido a estos diversos relieves, el clima de la zona varía de semiárido (en la parte Sur-Oeste de la cuenca) hasta subhúmedo seco en el resto de la cuenca². Las precipitaciones anuales varían entre 300 mm/año en el Sur-Oeste, en la región de Tupiza, hasta valores por encima de 1000 mm/año al Nor-Este de la cuenca². El régimen hidrológico está caracterizado por una estación seca de Mayo hasta Noviembre y una estación húmeda de Diciembre hasta Abril.

La geología de la cuenca está constituida por materiales muy erosionables : en la región Subandina principalmente arcillas, areniscas, arcillitas y limonitas y en las serranías del Este de la cuenca por depósitos aluviales, fluvio-lacustres y coluviales (gravas, arenas, limos, arcillas, calizas y tills)². Esta geología implica un transporte sólido importante en toda la cuenca y sedimentación o erosión importante del lecho de los ríos de la cuenca, es decir variaciones frecuentes de sus secciones.

¹ Metros Sobre el Nivel del Mar

² Fuente : Atlas IGM

2.2.2 Hidrografía de la cuenca alta del río Pilcomayo

El río Pilcomayo nace de la unión de varios riachuelos a más de 4500 msnm en la Cordillera de los Frailes, en el departamento de Oruro. Desde su nacimiento aguas arriba de la población de Yocalla hasta la ciudad de Villamontes (aproximadamente 485 km de recorrido), el río Pilcomayo tiene una dirección predominante Nor-Oeste - Sur-Este. Recibe los aportes de varios tributarios, el más importante de los cuales es el río Camblaya-Pilaya, que confluye aproximadamente 100 km aguas arriba de Villamontes por su margen derecha. El río Camblaya-Pilaya nace de la unión del río San Juan del Oro y del río Tumusla. El primero recibe las aguas de varios afluentes provenientes de las Cordilleras de Mochara de Lipez y de Chichas, y el río Tumusla recibe las aguas de afluentes provenientes de la Cordillera de los Frailes y de la Cordillera de Chichas, entre otros el río Cotagaita y el río Yura. Por la topografía que tiene la cuenca, la mayoría de los ríos están caracterizados por pendientes fuertes.

Aguas abajo del angosto de Villamontes, el río Pilcomayo sale de las últimas serranías de la Cordillera Oriental disminuyendo su pendiente fuertemente. La sedimentación del lecho se acelera y un cono de deyección se forma a partir del puesto militar de Ibibobo. Los procesos de derrame en los paleo-cauces del cono, de infiltración en los acuíferos subsuperficiales y de evaporación que resulten de este fenómeno, son bastante complejos e implican relaciones complicadas entre los caudales de Villamontes y de Misión La Paz.

Un mapa presentado en anexo muestra la red hidrográfica de la cuenca alta del río Pilcomayo con las estaciones hidrométricas, ubicadas tanto con GPS como con cartas geográficas.

2.3 Estaciones hidrométricas de la cuenca alta

El presente informe concierne la crítica de los datos hidrométricos existentes en la cuenca alta del río Pilcomayo. Todas las estaciones hidrométricas ubicadas aguas arriba de la estación de Villamontes fueron tomadas en cuenta. A fin de mejorar el análisis fue tomada en cuenta la estación de Misión La Paz, ubicada en Argentina aguas abajo de Villamontes, porque contaba con información de caudales bastante completa.

En Bolivia, la mayoría de las estaciones son administradas por el Servicio de Meteorología e Hidrología de Bolivia, el SENAMHI. Los SENAMHIs regionales son las instituciones que recolectan los datos en las estaciones del departamento correspondiente. El SENAMHI central en La Paz almacena los datos observados en todo Bolivia.

Varios proyectos fueron también implementados en la cuenca del Pilcomayo (Proyecto CABAS entre otros). Los datos hidrométricos de estos proyectos son demasiado escasos, por lo que solo fueron tomados en cuenta los datos de las estaciones gestionadas por el SENAMHI y las de la estación de Misión La Paz, gestionada por la empresa argentina EVARSA.

A fin de hacer una crítica de datos consistente a nivel de cuenca, se necesitaba tener datos hidrométricos sobre periodos de tiempo comunes. La estación de Misión La Paz cuenta con datos desde los años 40, pero el resto cuenta con datos hidrométricos desde los años 60 o posteriores. Por esta razón el análisis y la crítica de los datos hidrométricos se realizó desde los años 70 hasta la fecha.

La cuenca alta del río Pilcomayo cuenta con 28 estaciones hidrométricas hasta Misión La Paz cuyos datos (alturas de escala y/o aforos y/o caudales) se presentan en la tabla II. En la última columna figura un “Q” para las estaciones donde se podría a priori elaborar caudales, tomando en cuenta el hecho que las series de caudales fueron calculadas a partir de aforos y series de cotas. Se pueden procesar caudales solo si se dispone de aforos y de cotas para un mismo periodo.

Tabla II. Inventario de las 28 estaciones hidrométricas de la cuenca alta que tienen datos hidrométricos

Subcuenca	Nombre de la estación	río	Latitud ²	Longitud ²	Alt. ³	Administrador	Cotas	Aforos	Caudales
Río Pilcomayo	Yokalla	Río Alto Pilcomayo	-19,3846	-65,9102	3440	SENAMHI-Po	1972-1988	-	-
	Talula¹	Río Pilcomayo	-19,129	-65,4457	2607	SENAMHI-Ch	1975-1998	1975-1998	Q⁴
	Puente Sucre	Río Pilcomayo	-19,3506	-65,1753	2222	SENAMHI-Ch	1970-1975	1973-1975	Q
	Viña Quemada	Río Pilcomayo	-19,4032	-64,8634	2056	SENAMHI-Ch	1977-1998	1978-1998	Q
	Villamontes	Río Pilcomayo	-21,257	-63,5018	392	SENAMHI-Ta	1973-2005	1974-2004	Q
	Misión La Paz	Río Pilcomayo	-22,2241	-62,3121	230	EVARSA	1964-2005	-	1960-2005
	Tarapaya	Río Tarapaya	-19,4684	-65,7918	3341	SENAMHI-Po	1990-2004	-	-
	Ñucchu	Río Cachimayo	-19,2076	-65,2853	2398	SENAMHI-Ch	1972-1999	1975-1998	Q
	Canal Molino	Río Ñucchu	-16,03*	-67,6331*		SENAMHI-Ch	1977-1978	-	-
Río Tumusla	Yura	Río Yura	-20,0667	-66,1195	3336*	SENAMHI-Po	1973-1994	-	-
	Salto Leon	Río Yura	-20,1667	-66	3658*	SENAMHI-Po	1975-1986	1975-1984	Q
	Tumusla	Río Tumusla	-20,4834	-65,6159	2605	SENAMHI-Po	1974-1997	1970-1971	Q
	Palca de Higuera	Río Tumusla	-20,6833	-65,4333		SENAMHI-Po	1980-1983	-	-
	Palca Grande	Río Tumusla	-20,7385	-65,2386	2356	SENAMHI-Ch	1973-1993	1964-1983	Q
	Cotagaita	Río Cotagaita	-20,8172	-65,6658	2653	SENAMHI-Po	1973-1983	-	-
	Mulluquiri	Río Lique Mayu	-20,4914	-65,1467	3120	SENAMHI-Ch	1974-1984	1974-1979	Q
	Llymphí	Río Chico de Camargo				SENAMHI-Ch	1973-1975	-	-
	La Dorada	Río Chico de Camargo				SENAMHI-Ch	1990-1993	-	-
	San Pedro	Río Chico de Camargo	-20,7217	-65,2292	2338	SENAMHI-Ch	1973-1990	1965-1979	Q
Río San Juan del Oro	San Jose de pampa Grande	Río San Juan del Oro	-19,5	-64,5167		SENAMHI-Po	1964-1965	1964-1980	Q
	Charaja	Río San Juan del Oro	-21,5878	-65,5775	3420*	SENAMHI-Po	1980-1984	-	-
	El Puente San Juan del Oro	Río San Juan del Oro	-21,2361	-65,2072	2248	SENAMHI-Ta	1969-1982	1969-1982	Q
	El Molino	Río Tomayapu	-21,3731	-64,9547	3200	SENAMHI-Ta	1978-1987	1978-2000	Q
	Tupiza	Río Tupiza	-21,4552	-65,7230	2890	SENAMHI-Po	1980-2004	1980-1982	Q
	La Angostura (Tupiza)	Río Tupiza	-21,5055	-65,7001	2890	SENAMHI-Po	1977-1985	1979-1983	Q
Río Camblaya-Pilaya	Chilcara	Río Camblaya	-21,025	-64,9444	3242*	SENAMHI-Ch	1975-1994	1975-1994	Q
	Pampa Grande	Río Pilaya	-21,0819	-64,5375	1000	SENAMHI-Ta	1967-1974	1967-1974	Q
	San Josecito	Río Pilaya	-21,1474	-64,2347	821	SENAMHI-Ta	1976-1992	1976-1992	Q

¹En Negrita figuran las estaciones para las cuales se podría a priori construir caudales ; ² en grados decimales, ³ en m.s.n.m.; ⁴ Q : se podría calcular caudales a partir de las cotas y de los aforos ; * ubicación o alturas dudosas (no coherentes con las otras alturas de la cuenca).

3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Metodología general

La metodología general adoptada para construir series de caudales mensuales en el mayor número posible de estaciones, ha consistido primero en tener series de cotas las más completas y confiables posible a paso instantáneo, y segundo en elaborar curvas de calibración a partir de los aforos disponibles. Estas series de cotas fueron traducidas con las curvas de calibración para obtener series de caudales instantáneos, con los cuales obtuvimos series de caudales diarios, mensuales y anuales.

Este método implica que solo se pueden calcular caudales para las estaciones que tienen a la vez series de cotas y aforos realizados durante un periodo común. Entonces para todas las estaciones que tenían solo cotas no se pudo hacer curvas de calibración ni calcular series de caudales.

Entonces, el método pudo ser aplicado a 18 estaciones sobre las 28 existentes. Estas estaciones son las que figuran en negrita en la tabla II. Sin embargo, los datos de cotas de las nueve estaciones sin aforos fueron criticados también, porque pueden ser útiles para averiguar que los caudales estimados con el Balance Hídrico en estos puntos son coherentes.

3.1.1 Etapas de la elaboración de series de caudales confiables.

Esta metodología implicaba varios pasos que están descritos en los párrafos siguientes. Cada uno de estos pasos fue aplicado a cada estación empezando con las estaciones aguas abajo yendo aguas arriba :

1. Recolección e inventario de la información existente.
2. Ubicación precisa de las estaciones.
3. Primer análisis y eliminación de los errores groseros (series de cotas y de aforos).
4. Realización de curvas de calibración H-Q cuando sea posible, incluyendo el ajuste por varios métodos (comparaciones, correlaciones, Manning, etc.).
5. Análisis, crítica y relleno de las series de cotas (a nivel diario) por correlación lineal a partir de las estaciones vecinas, tomando en cuenta los tiempos de propagación.
6. Traducción de las series de cotas diarias en series de caudales diarios.
7. Cálculo de las series de caudales medios mensuales y medios anuales a partir de las series de cotas criticadas y de las curvas de calibración.
8. Análisis de Consistencia de los caudales medios anuales.
9. Análisis de Consistencia de los caudales medios mensuales.
10. Relleno de Caudales Medios Mensuales.

3.1.2 Herramienta de tratamiento de los datos: el Programa HYDRACCESS

Como ya lo hemos dicho, toda la información hidrométrica disponible en el SENAMHI de La Paz esta almacenada en formato digital en una base de datos al formato HYDRACCESS. Esta base fue completada con los datos en formato papel que no figuraban todavía.

El programa HYDRACCESS fue desarrollado por el Ing. Philippe Vauchel del Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD) al fin de ayudar al hidrólogo a hacer el tratamiento de las informaciones hidrológicas e hidrométricas recolectadas en el campo. El programa se basa sobre los paquetes Access y Excel del comercio. Este programa fue escogido para el estudio, porque además de manejar un banco de datos, ofrece muchos tratamientos básicos que permiten hacer los análisis, la crítica y el tratamiento de la información.

El Ing. Philippe Vauchel, quien apoya al SENAMHI de La Paz, también aprovechó este estudio para desarrollar el programa a fin de mejorar las funciones de análisis, de crítica y de tratamiento de datos hidrométricos.

Para la hidrometría, el programa permite :

- Almacenar características de estaciones (ubicación, cuenca, río, administrador, informe histórico, inventario de datos disponibles, etc.) ;
- Almacenar para cada estación datos instantáneos, diarios y mensuales de cotas, aforos y caudales, y exportarlos a Excel ;
- Calcular datos diarios, mensuales y anuales a partir de datos instantáneos (con el método de los trapecios);
- Exportar a Excel los aforos, a partir de los cuales se pueden elaborar curvas de calibración.
- Utilizar las curvas de calibración para traducir las cotas en caudales.

El programa también incluye algunos utilitarios que permiten hacer un tratamiento avanzado de la información. Entre otros, los que sirvieron para el presente estudio son :

- El utilitario **PROCESAMIENTO DE AFOROS** que permite calcular el caudal del aforo a partir de las hojas del observador. Este fue utilizado para introducir los datos de aforos que todavía no figuraban en la base de datos.
- El utilitario **CORMUL** que permite hacer correlaciones por regresión lineal, sea simple, múltiple o con propagación entre datos de 2 o más estaciones. Este programa permite evaluar la calidad de los datos y rellenar series de datos con lagunas de periodos cortos, a partir de los valores de estaciones vecinas.
- El utilitario **VECTOR REGIONAL** que permite realizar el análisis de consistencia de los caudales medios anuales y medios mensuales. El análisis de consistencia permite averiguar la calidad de los datos procesados haciendo la síntesis de toda la información disponible.

3.2 Recolección e inventario de la información existente

La primera etapa del trabajo consistió en la recolección de toda la información hidrométrica disponible. La mayor parte de la información fue recolectada del SENAMHI central, pero también:

- de los SENAMHIs regionales de Tarija, Potosí y Chuquisaca, para el conocimiento de la historia de las estaciones y el conocimiento del campo,
- de la empresa EVARSA, administrador de la estación de Misión La Paz, para los datos de esta estación,
- de la Unidad de Gestión del Proyecto Pilcomayo que tenía una recopilación de numerosos estudios sobre la hidrometría y la hidrología de la cuenca.

Las informaciones recolectadas o consultadas fueron las siguientes :

- Inventario de todas las estaciones hidrométricas, ya sea cerradas o en funcionamiento hasta la fecha, manejadas por los SENAMHIs o por otras instituciones o proyectos implementados en la cuenca ;
- Series de cotas instantáneas, aforos, caudales, la mayoría de las cuales ya se encontraban en la base de datos HYDRACCESS del SENAMHI de La Paz. Los datos que todavía no estaban en esta base de datos fueron añadidos por el personal del SENAMHI ;
- Informaciones sobre las estaciones hidrométricas : ubicación precisa, fecha de apertura y de cierre, equipamiento de medición, modo operativo, estabilidad de la sección de medición. Para este asunto, dos informes fueron de mucha utilidad : el informe de visita a 9 estaciones de la cuenca (por el Ing. Emmanuel DAVAL, experto de la Unión Europea para el Proyecto

Pilcomayo en mayo 2004, y el Informe de visita a 12 estaciones hidrométricas de la cuenca por el Ing. Luis Noriega del SENAMHI de La Paz en Agosto 2004 (ver Bibliografía).

- Secciones transversales de la sección de aforo cuando existían ;
- Estudios realizados sobre la hidráulica y la hidrología de la cuenca (ver Bibliografía) ;
- Mapas hidrográficos de la cuenca y otros mapas temáticos.

3.3 Identificación de la red hidrográfica y ubicación precisa de las estaciones

3.3.1 Realización de un mapa de la cuenca alta

A fin de mejorar el conocimiento de la red hidrográfica, un tema SIG fue realizado a partir de los temas ya existentes y realizados por el IGM y el SENAMHI central, que permitió identificar y geo-referenciar los ríos más importantes con su nombre y su orden respectivo (orden 1 el Pilcomayo, orden 2 un afluente del Pilcomayo y orden 3 un afluente de un afluente). Este mapa permitió elaborar un mapa de la cuenca alta (ver anexos).

3.3.2 Ubicación precisa de las estaciones hidrométricas

En la base de datos del SENAMHI la mayoría de las estaciones hidrométricas se encontraban ubicadas con sus coordenadas geográficas. Sin embargo, estas coordenadas eran aproximadas, por ser estimadas a partir de cartas geográficas con poca precisión.

Las visitas hechas con GPS en mayo 2004 por el Ing. Emmanuel Daval del Proyecto Pilcomayo y en Agosto 2004 por el Ing. Luis Noriega del SENAMHI de La Paz permitieron mejorar la posición de 12 estaciones : La Angostura (Tupiza), Cotagaita, El Puente San Juan del Oro, Ñucchu, Palca Grande, San Josecito, Talula, Tarapaya, Tumusla, Villamontes, Viña Quemada y Yokalla. La estación de Misión La Paz se encuentra ubicada de manera precisa por la empresa EVARSA.

Algunas estaciones quedan con coordenadas tomadas sobre mapas pero se obtuvo una ubicación bastante precisa, siendo próximas a ciudades o cerca de confluencias : Puente Sucre, Yura, Salto Leon, Palca de Higuera, Mulluquiri, San Pedro, San José de Pampa Grande, Charaja, El Molino, Chilcara, Pampa Grande, San Josecito y Tupiza.

Tres estaciones todavía no fueron ubicadas precisamente, pero se tiene información sobre cual río están : El Canal Molino (río Ñucchu), Llimphy (río Chico de Camargo), La Dorada (río Chico de Camargo). El SENAMHI de Chuquisaca tampoco cuenta con información sobre la ubicación de estas estaciones. De toda forma, no se podía obtener caudales de estas estaciones porque solo se disponían con series de cotas sobre periodos muy cortos.

3.4 Análisis, crítica y tratamiento de la información hidrométrica básica.

Todo el análisis, la crítica y el tratamiento fue hecho sobre los **datos instantáneos (cotas y aforos)**, es decir sobre los datos brutos observados en las estaciones. Se guardó una copia de los datos originales antes del procesamiento que está descrito después.

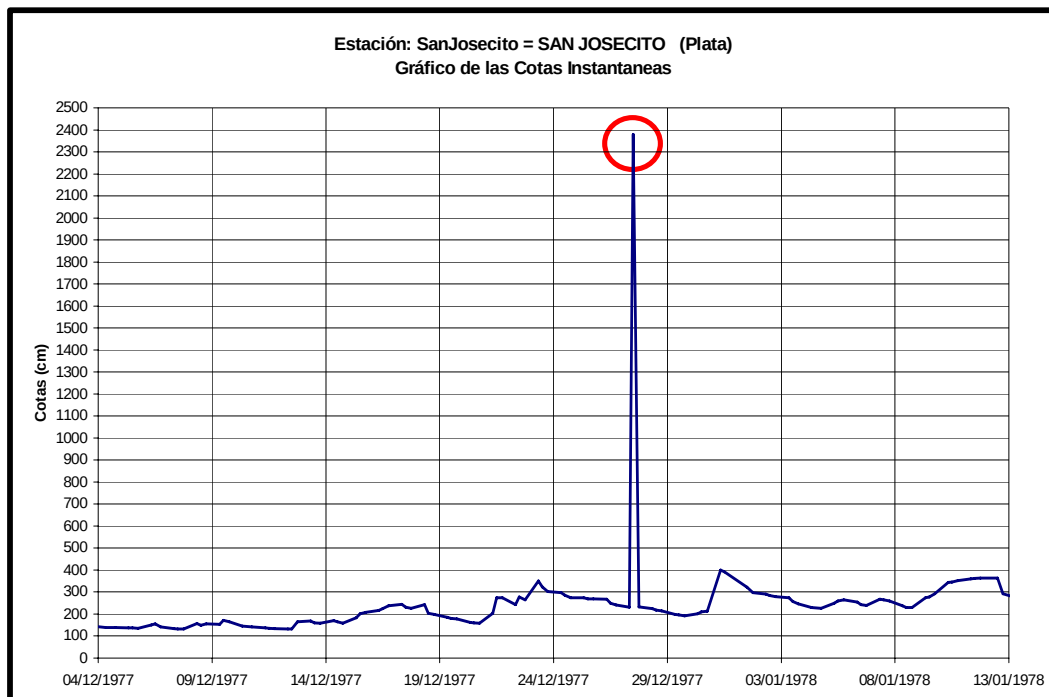
3.4.1 Primer análisis y tratamiento de las cotas

Se empezó por la identificación de los errores groseros: una vez introducidos todos los datos disponibles de cotas, en la base de datos HYDRACCESS, el primer tratamiento de la información consistió en identificar y corregir los errores más evidentes proviniendo de :

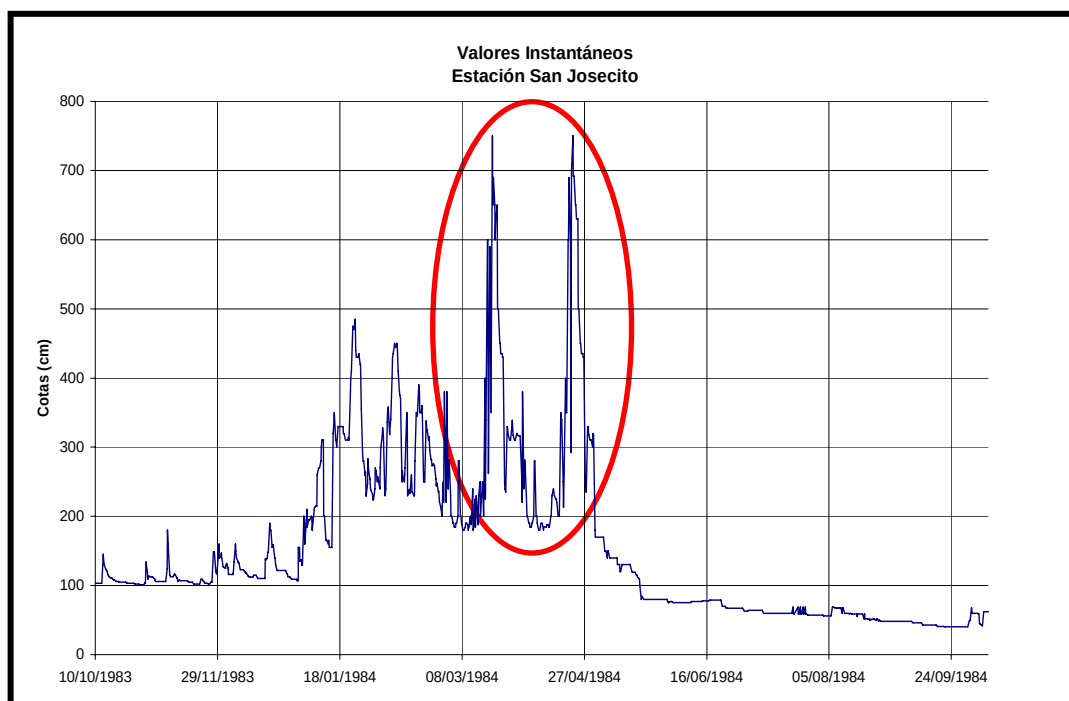
- Errores de tecleo al introducir los datos : adición o omisión de una cifra (1058 en vez de 108) de una coma desplazada (13,5246 en vez de 135,246).
- Errores de unidades : conversión de unidades no realizada de metros a centímetros.

- Repetición de valores para dos periodos que se siguen.

En muchos casos, estos errores se identifican sencillamente en los gráficos que se ilustran a continuación. Este trabajo fue hecho para las 28 estaciones que tenían datos de cotas.



Ejemplo de un error de constante (100 cm añadidos por todos los valores del periodo)

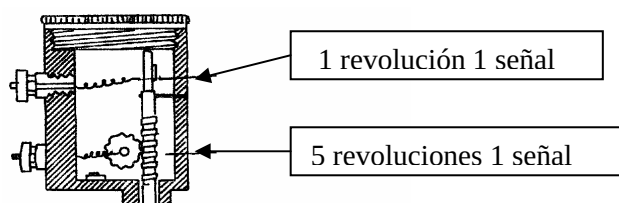


Ejemplo de un error de repetición en la estación de San Josecito (dos meses fueron repetidos cuando no había crecidas en el mes de Abril en las estaciones vecinas de Chilcara y Pampa Grande)

3.4.2 Análisis y tratamiento de los aforos.

Se empezó por la identificación de los errores groseros en las libretas de campo de los aforos y una vez introducidos todos los datos disponibles de aforos, en la base de datos HYDRACCESS, el tratamiento de la información consistió en identificar y corregir los errores más evidentes proviniendo de :

- Errores de unidades: conversión de unidades no realizada de l/s a m³/s, etc...
- Inversión de datos en las libretas de campo: el aforador anotó el número de revoluciones en la casilla correspondiente al tiempo y viceversa, obteniendo aforos muy bajos.
- Mal procesamiento de los aforos: esto es frecuente en los equipos de aforo NEYRPIC y GURLEY, que de acuerdo a la velocidad del río, utiliza:
 - ✓ el borne correspondiente de (1-1), una revolución una señal
 - ✓ el borne correspondiente de (5-1), cinco revoluciones una señal.



Entonces a veces, el aforador había multiplicado por este factor de 5 al número de revoluciones, olvidando apuntarlo en observaciones. Así que cuando esta planillas llegaron a gabinete los operadores volvieron a multiplicar las revoluciones por este factor de 5, sobre estimando el caudal.

Todos estos errores fueron corregidos, ya que toda la información fue procesada nuevamente.

En muchos casos, estos errores se identificaron sencillamente en las libretas de los aforos y en los gráficos que se ilustran a continuación. Este trabajo fue realizado para las 18 estaciones que presentan datos de aforos.

REGISTRO DE AFORO									CON MOLINETE				
Estación <u>Pucallpa</u>				Río <u>Carabaya</u>					Cuenca		Observador <u>Miguel Carr</u>		
Arca y No. del Molinete <u>Blupic</u>				Aforo No. <u>24</u>					Fecha <u>25 de julio de 1974</u>		Hrs. <u>15:45</u> Lectura de Escala <u>46.35</u>		
SONDEOS		MOLINETE				VELOCIDAD			SECCION			GASTO	OBSERVACIONES
Distancia del punto al origen Ms.	Profundidad Ms.	Profundidad de la observación Ms.	Número de revoluciones	Tiempo en segundos	En el punto Ms/seg.	Coefficiente	Medida en la vertical Ms/seg.	Ancho Ms.	Profundidad Media Ms.	AREA 10 x 11 Ms. 2	GASTO PARCIAL 12 x 9 Ms 3/seg.	(Relativas a variaciones y obstrucciones en el cauce, viento, estado de instrumentos, métodos utilizados, etc.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0.00	0.00												
1.00	0.05	Sup.	Sup.										
2.00	0.10	0.6	0.07	32.0	25	0.100							
3.00	0.12	0.6	0.07	32.1	25	0.100							
4.00	0.19	0.6	0.11	33.0	35	0.100							
5.00	0.20	0.6	0.12	34.0	45	0.100							
6.00	0.20	0.6	0.12	34.1	50	0.100							
7.00	0.19	0.6	0.11	33.0	45	0.100							
8.00	0.20	0.6	0.12	32.0	65	0.100							
9.00	0.21	0.6	0.13	33.1	70	0.100							
10.00	0.30	0.6	0.18	32.1	70	0.100							
11.00	0.38	0.6	0.22	32.0	85	0.100							
12.00	0.44	0.2	0.29	33.0	65	0.130	0.116	0.108					
		0.8	0.35	34.0	80	0.103		0.116					
13.00	0.46	0.2	0.29	33.1	65	0.130	0.116	0.116					
		0.8	0.37	33.1	85	0.103		0.116					
14.00	0.51	0.2	0.41	33.0	70	0.122	0.116	0.129					
		0.8	0.43	34.0	80	0.111		0.129					
15.00	0.56	0.2	0.44	32.0	50	0.160	0.142	0.146					
		0.8	0.45	34.0	65	0.123		0.146					
16.00	0.38	0.6	0.22	33.0	55	0.151	0.151	0.096					
17.00	0.00	0.00											
18.00	0.00	0.00											
19.00	0.00	0.00											
20.00	0.00	0.00											
21.00	0.00	0.00											
22.00	0.00	0.00											
23.00	0.00	0.00											
24.00	0.00	0.00											
25.00	0.00	0.00											
26.00	0.00	0.00											
27.00	0.00	0.00											
28.00	0.00	0.00											
29.00	0.00	0.00											
30.00	0.00	0.00											
31.00	0.00	0.00											
32.00	0.00	0.00											
33.00	0.00	0.00											
34.00	0.00	0.00											
35.00	0.00	0.00											
36.00	0.00	0.00											
37.00	0.00	0.00											
38.00	0.00	0.00											
39.00	0.00	0.00											
40.00	0.00	0.00											
41.00	0.00	0.00											
42.00	0.00	0.00											
43.00	0.00	0.00											
44.00	0.00	0.00											
45.00	0.00	0.00											
46.00	0.00	0.00											
47.00	0.00	0.00											
48.00	0.00	0.00											
49.00	0.00	0.00											
50.00	0.00	0.00											
51.00	0.00	0.00											
52.00	0.00	0.00											
53.00	0.00	0.00											
54.00	0.00	0.00											
55.00	0.00	0.00											
56.00	0.00	0.00											
57.00	0.00	0.00											
58.00	0.00	0.00											
59.00	0.00	0.00											
60.00	0.00	0.00											
61.00	0.00	0.00											
62.00	0.00	0.00											
63.00	0.00	0.00											
64.00	0.00	0.00											
65.00	0.00	0.00											
66.00	0.00	0.00											
67.00	0.00	0.00											
68.00	0.00	0.00											
69.00	0.00	0.00											
70.00	0.00	0.00											
71.00	0.00	0.00											
72.00	0.00	0.00											
73.00	0.00	0.00											
74.00	0.00	0.00											
75.00	0.00	0.00											
76.00	0.00	0.00											
77.00	0.00	0.00											
78.00	0.00	0.00											
79.00	0.00	0.00											
80.00	0.00	0.00											
81.00	0.00	0.00											
82.00	0.00	0.00											
83.00	0.00	0.00											
84.00	0.00	0.00											
85.00	0.00	0.00											
86.00	0.00	0.00											
87.00	0.00	0.00											
88.00	0.00	0.00											
89.00	0.00	0.00											
90.00	0.00	0.00											
91.00	0.00	0.00											
92.00	0.00	0.00											
93.00	0.00	0.00											
94.00	0.00	0.00											
95.00	0.00	0.00											
96.00	0.00	0.00											
97.00	0.00	0.00											
98.00	0.00	0.00											
99.00	0.00	0.00											
100.00	0.00	0.00											

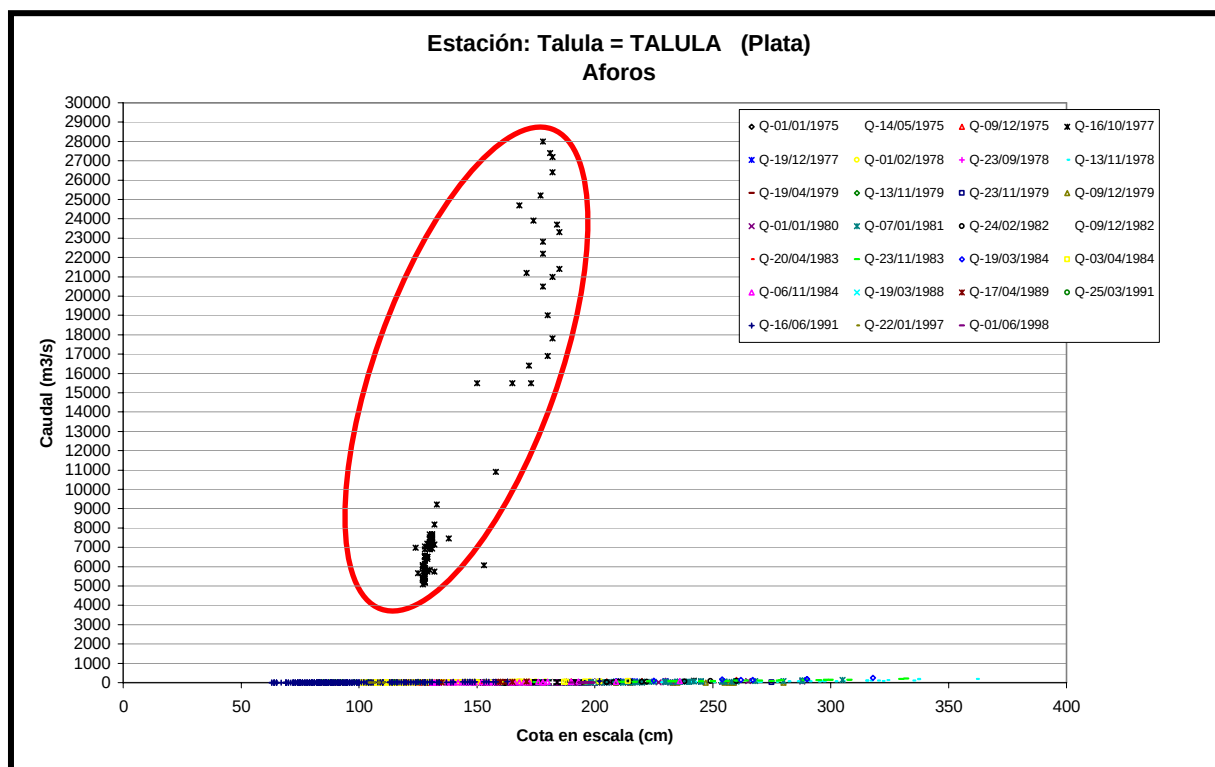
En la casilla del N° de Rev, están los datos del tiempo. Y en la casilla de Tiempo el dato del N° de rev.

Caudal después de la corrección 2.082 m³/s

Caudal antes de la corrección 0.148 m³/s

Area Total 4709 Ms² Velocidad Media 0.148 Ms/seg.

Cálculo 18.11 Revisó



Ejemplo de un error de unidad (caudales en l/s en vez de m^3/s), los aforos resaltados se encuentran demasiado altos.

3.5 Realización de la curvas de calibración H-Q cuando sea posible.

La realización de las curvas de calibración (caudal en función de cotas) es uno de los pasos más importantes y difíciles del análisis. Importante, por lo que las series de caudales producidos dependen totalmente de la calidad de estas curvas, y difícil porque muy frecuentemente no se tienen bastantes aforos para poder definir estas curvas de manera segura. Particularmente en el presente estudio, casi nunca se tenían aforos para aguas altas lo que hacía muy difícil definir la parte alta de las curvas.

Como fue explicado en el párrafo 3.1, estas curvas de calibración solo pudieron ser establecidas para las 18 estaciones que tenían series de aforos y cotas. [Sin embargo veremos que el número final de estaciones para el cual hemos podido construir curvas fue de 16 (San José de Pampa Grande y Llimpy no contaban con bastante información)].

Algunas estaciones ya tenían curvas de calibración (en monografías o en la base HYDRACCESS) pero muchas veces las mismas eran demasiado exageradas en su parte alta, o incoherentes, entonces el trabajo de construcción de las curvas fue tomado desde el principio. El dibujo de las curvas de calibración siempre requiere cruzar toda información posible para poder confirmar la calidad de las curvas. Entonces el dibujo de las curvas de calibración consistió en hacer un primer trazado y después ajustarlas con varios análisis.

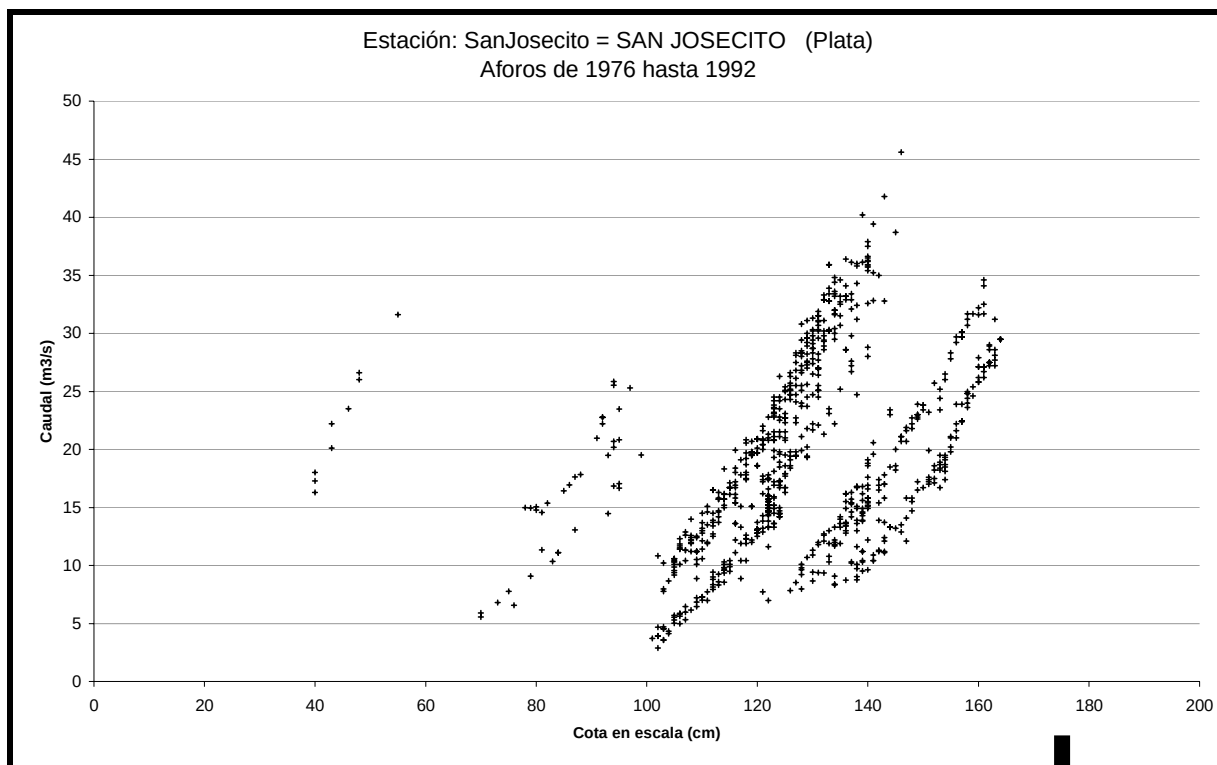
▪ Primer análisis de los aforos y trazado de curvas de calibración

Para las estaciones hidrométricas que contaban con aforos, se identificaron los periodos para los cuales los aforos podían pertenecer a una misma curva de calibración. Después, la fecha de inicio de validez de la curva fue arreglada analizando las series de cotas, tomando en cuenta que una descalibración se produce más frecuentemente durante una crecida.

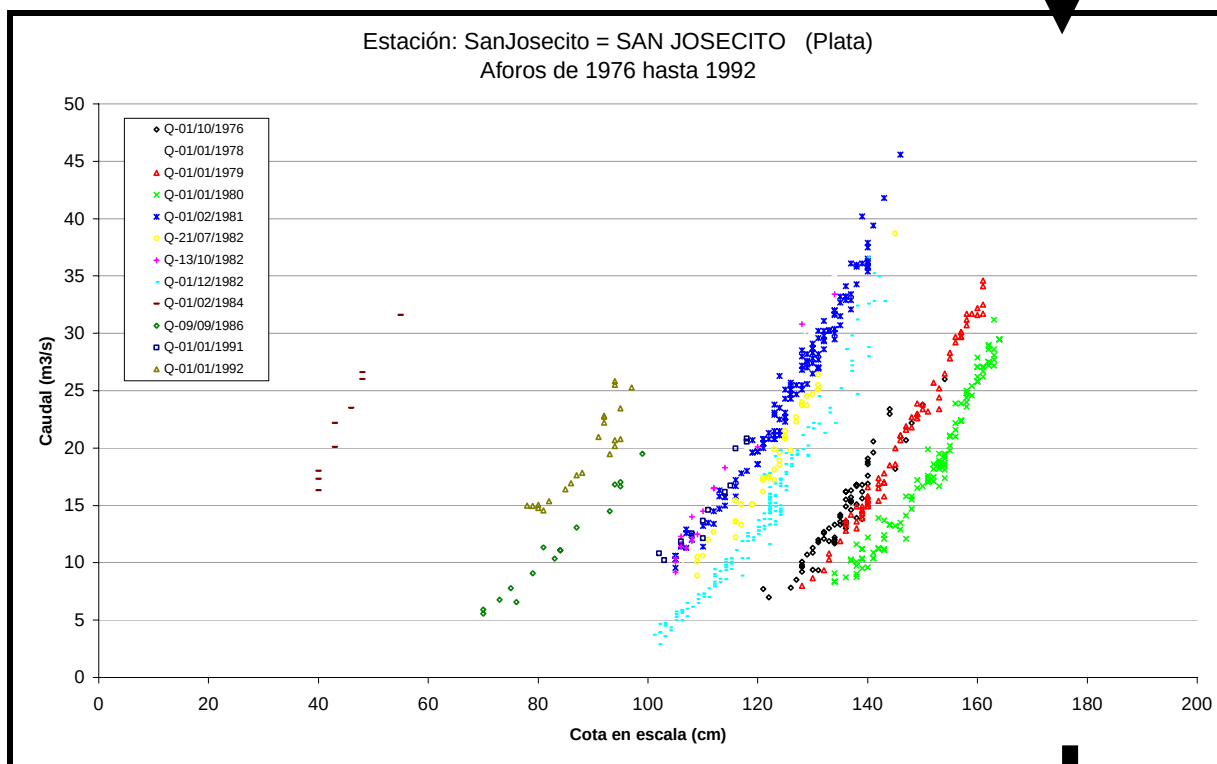
Este paso fue muy importante debido a que también se pudo identificar y eliminar datos de aforos que eran inconsistentes.

Después, para cada periodo identificado, se ajustó con Excel una curva de tendencia o potencial, o polinomial de grado 2, que son los dos tipos convenientes para calibraciones.

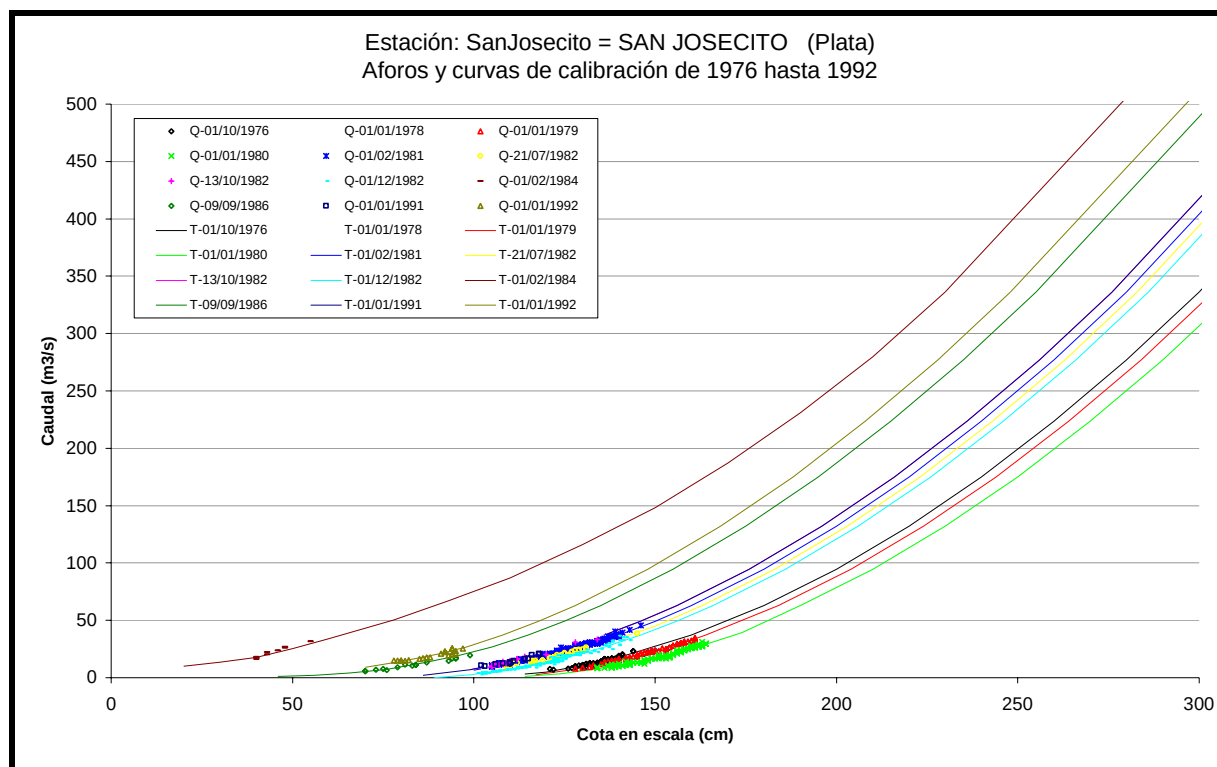
Los gráficos siguientes presentan los pasos que se siguen para trazar curvas de calibración.



Datos de aforos observados



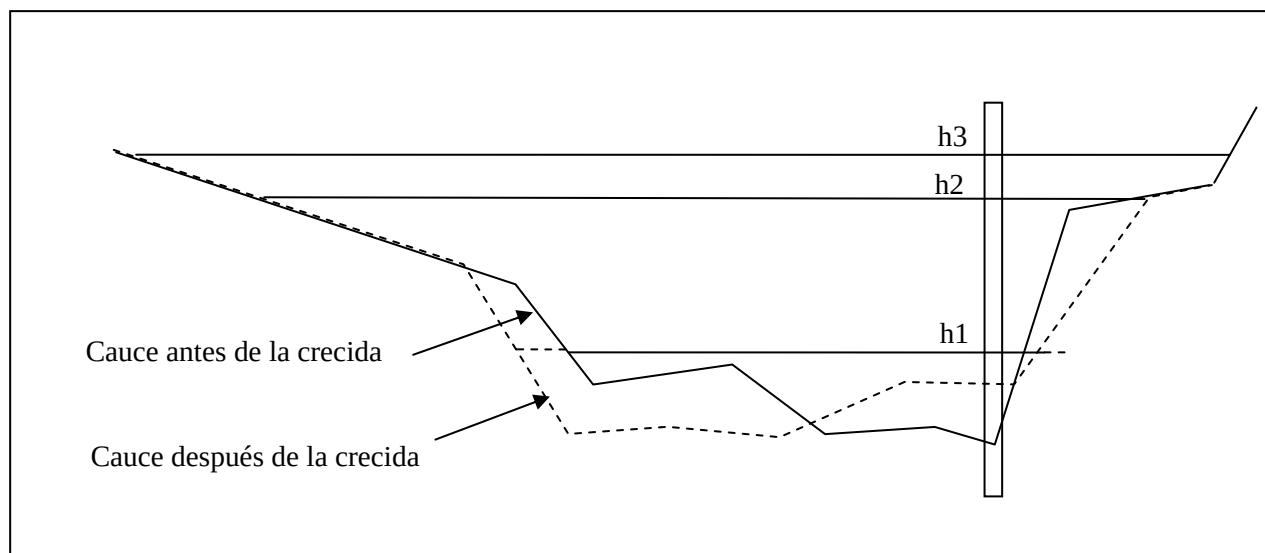
Identificación de los periodos de calibración homogénea (con la fecha de des-calibración probable)



Ajuste de las curvas de calibración para cada periodo homogéneo

En este paso, cabe destacar tres observaciones :

- Muy frecuentemente fue necesario dibujar muchas curvas de calibración, a veces dentro de un mismo año. Este fenómeno puede ser explicado por las siguientes razones:
 - La naturaleza geológica muy erosionable de la cuenca implica variaciones frecuentes de la sección de medición debido a sedimentación o erosión del lecho. Este fenómeno fue confirmado por la gran variabilidad de las secciones transversales obtenidas a partir de los aforos o a partir de levantamientos topográficos disponibles en monografías de las estaciones.
 - La probable inestabilidad de las escalas limnimétricas. Cuando las escalas no se encuentran firmemente instaladas, pueden caerse en ocasión de una crecida fuerte, y en este caso, el observador hace sus lecturas en forma imprecisa, o a partir de una regla mal referenciada o desde un puente en vez de la escala por ejemplo.
 - errores de lectura de un constante sobre la escala durante un periodo particular (ver 3.4.2.)
- Para las estaciones estudiadas, la mayoría de los aforos disponibles eran aforos de aguas bajas o medianas. Casi nunca se tenían aforos en aguas altas, y se necesitaba hacer extrapolaciones.
- Las curvas elaboradas **no deben cruzarse** y deben converger o ser casi paralelas en su parte alta. Si una descalibración se debe a una modificación del lecho del cauce, afectará generalmente más los caudales bajos que los caudales altos, para los cuales la modificación de la sección tendrá poco impacto sobre la parte alta de la curva. Y si una descalibración se debe a un cambio de nivel de la escala, la nueva curva debe deducirse de la precedente por una simple traslación.



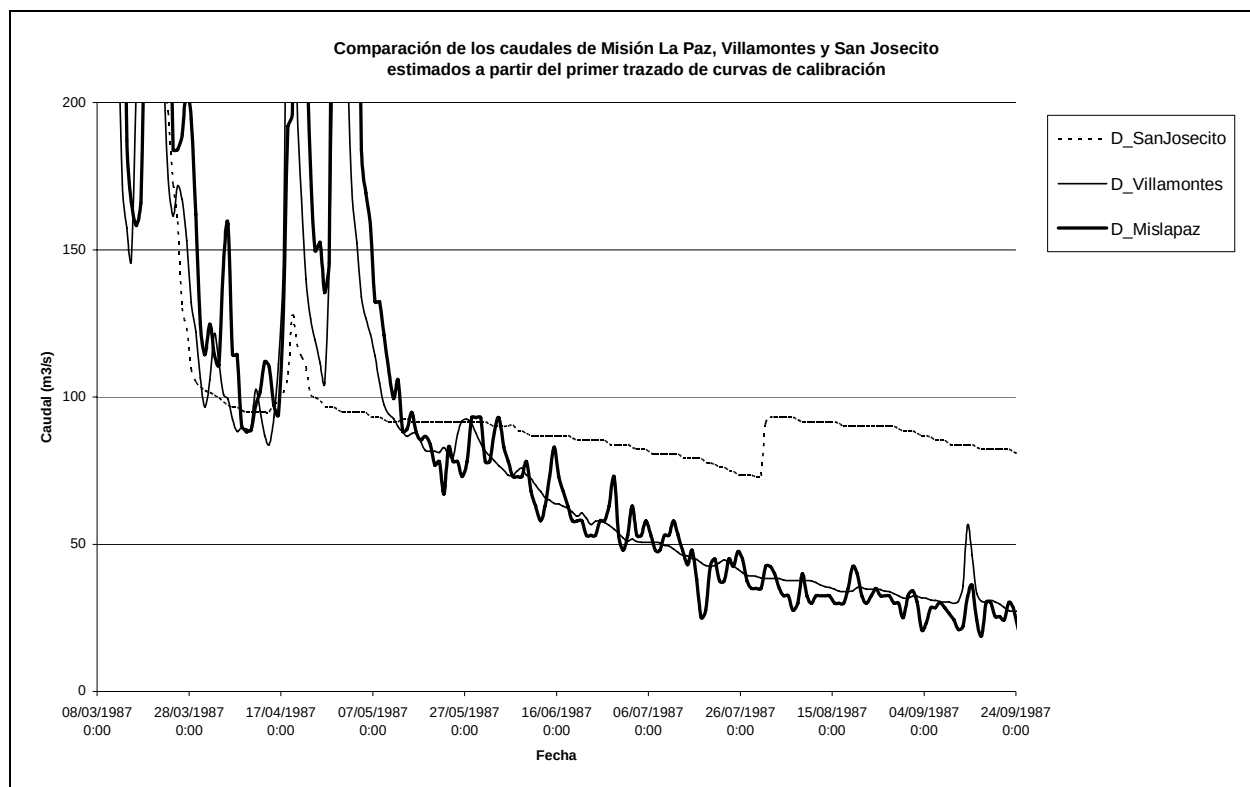
Hasta la cota h_2 en el gráfico de arriba, el cauce ha cambiado. Pero para una cota más alta que h_2 , (h_3 por ejemplo), el cauce no cambia y el caudal antes de la crecida y después de la crecida tendrá siempre un mismo desnivel constante positivo o negativo (equivalente a la diferencia entre el caudal correspondiente a h_2 antes y después de la crecida). Entonces, es preferible que las curvas de calibración sean paralelas (desplazadas de una constante) en sus partes altas.

A partir de estas curvas de calibración se calcularon series de caudales instantáneos a fin de permitir hacer los análisis complementarios para el ajuste de las curvas de calibración.

3.6 Análisis complementarios para el ajuste de las curvas de calibración.

3.6.1 Primer análisis haciendo comparaciones entre los caudales de cada estación y de sus vecinas

Se hizo primero una comparación gráfica de los caudales instantáneos de las varias estaciones calculados a partir de las primeras curvas de calibración. Con esta comparación, se pudo ver casos en los cuales los caudales de crecida eran sobre-estimados o subestimados en relación a las estaciones vecinas. En efecto, se supone que para una misma fecha el caudal de una estación aguas abajo debe ser mas alto que el caudal de una estación ubicada aguas arriba sobre el mismo brazo, suponiendo que la infiltración y la evaporación de una estación a la siguiente no son significativos.



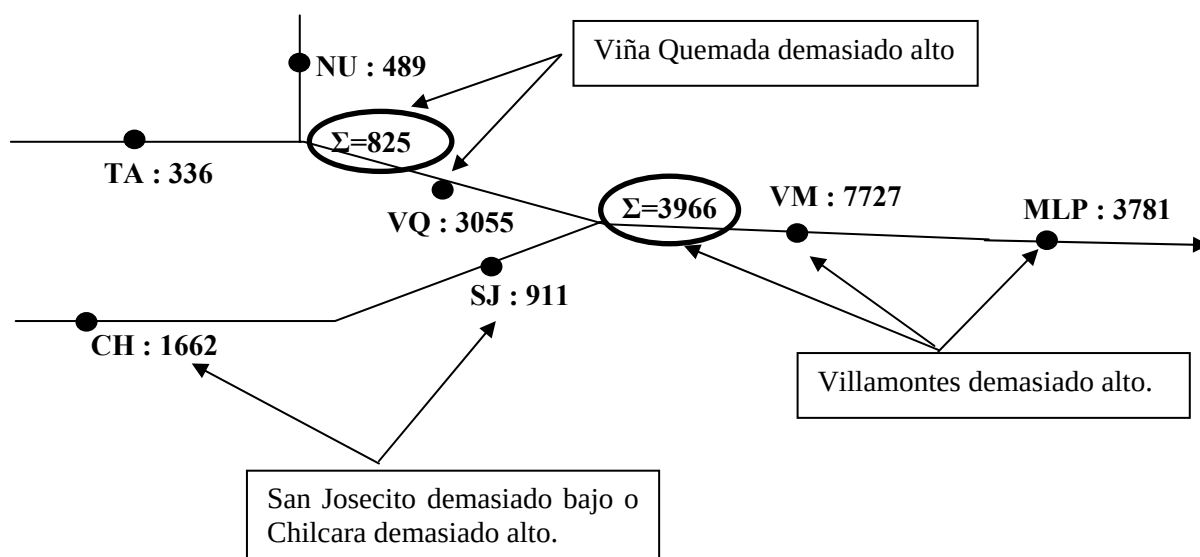
En este gráfico se puede ver que los caudales de San Josecito están sobre-estimados a partir del 7 de mayo 1987. Se debería cambiar la curva de calibración para las cotas correspondientes.

También se puede hacer el análisis de los caudales en toda la cuenca para un evento de crecida particular para ver si los caudales calculados son coherentes entre las varias estaciones.

En ciertos casos, se evidencian así problemas en las curvas de calibración, debidos a aforos de mala calidad, fechas de des-calibración mal elegidas, o extrapolaciones erróneas.

La tabla y el gráfico siguientes muestran lo que se puede decir sobre el evento del 29/01/79.

Evento del 29/01/79			
Río	Estación	Cota (cm)	Caudal (m ³ /s) ³
Cachimayo	Ñucchu	314	489
Pilcomayo	Talula	449	336
	Ñucchu+Talula	-	825
Pilcomayo	Viña Quemada	575	3055
Comblaya-Pilaya	Chilcara	599	1662
Comblaya-Pilaya	San Josecito	440	911
	Viña Quemada+San Josecito	-	3966
Pilcomayo	Villamontes	685	7727
Pilcomayo	Misión La Paz	-	3781

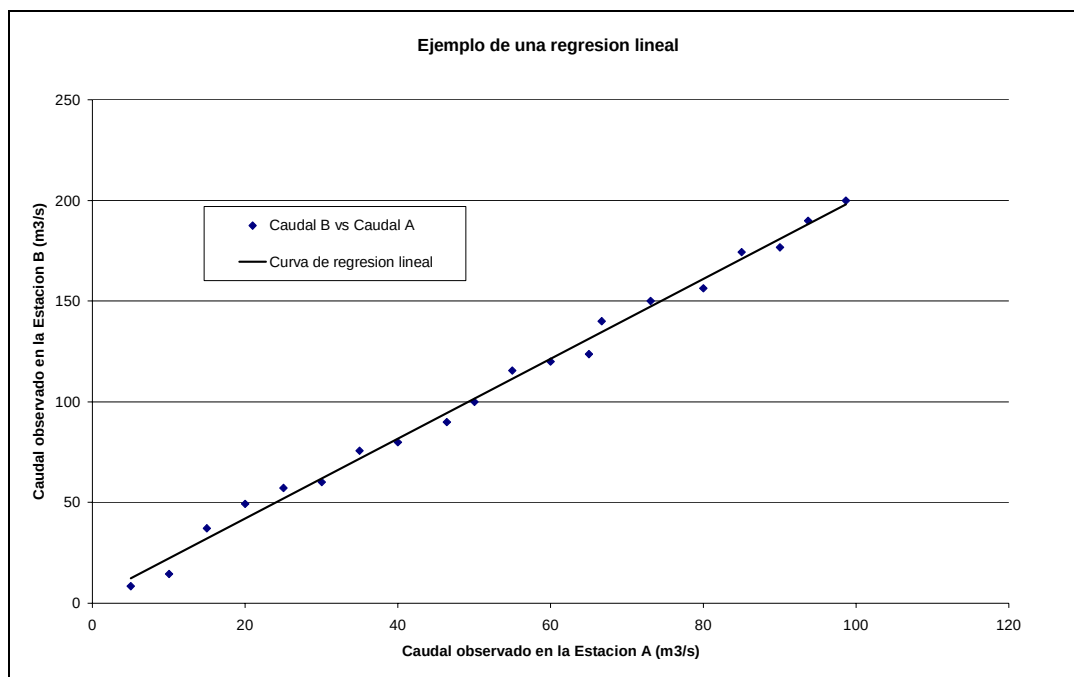


Este tipo de análisis ha puesto en evidencia problemas en las extrapolaciones de las curvas, llevando a modificaciones.

³ Caudales instantáneos calculados a partir de las primeras curvas de calibración.

3.6.2 Segundo análisis por correlaciones lineales simples y múltiples sobre los caudales diarios de las estaciones.

Otro análisis consistió en estimar los caudales de cada estación a partir de los caudales de sus vecinas por un análisis estadístico que permitía establecer correlaciones entre los datos (cotas o caudales) de dos o más estaciones. Los métodos de correlación utilizados fueron la regresión lineal, la regresión múltiple y el análisis de propagación.

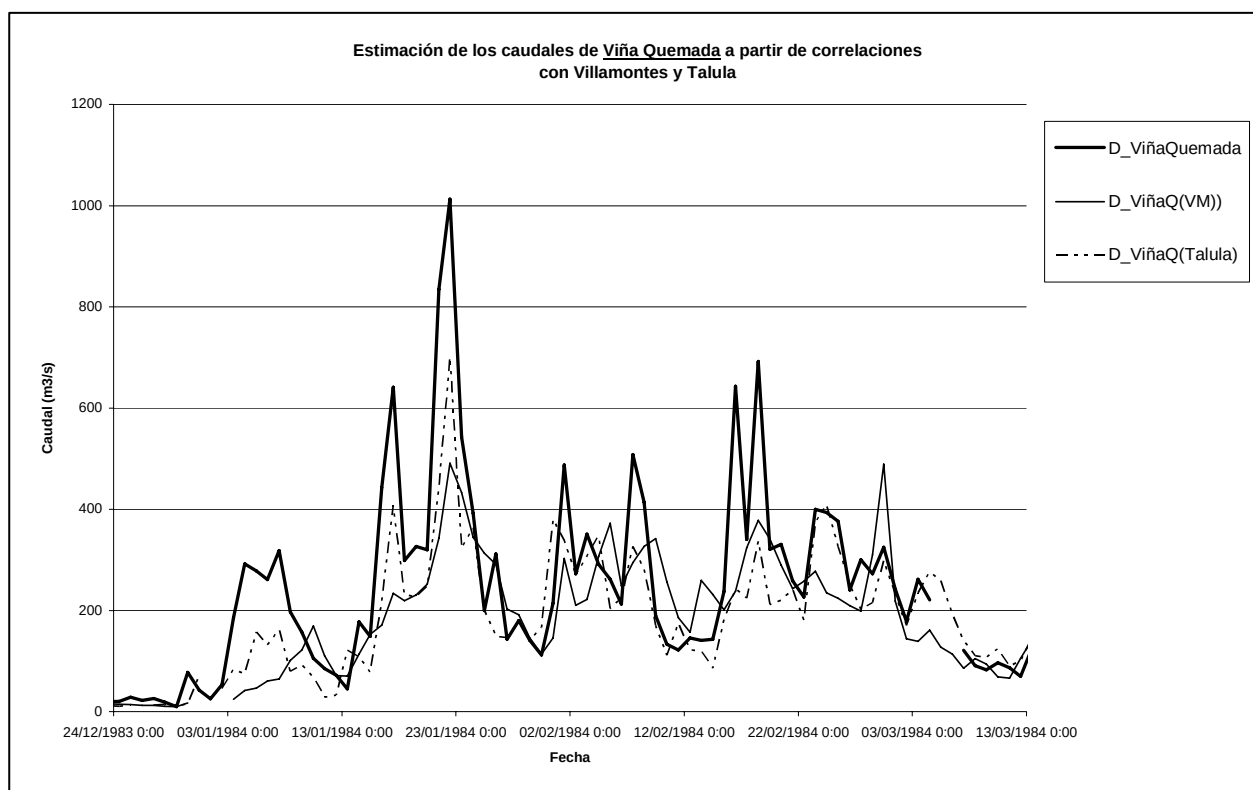


El gráfico siguiente muestra un ejemplo de correlación lineal. Cada punto representa un valor de caudal de la estación B en función del caudal de la estación A para una misma fecha. Se puede entonces obtener una curva de regresión lineal que permite, a partir de la serie de caudales de la estación A, calcular una serie de caudales de la estación B. Esta es la serie de caudales de la estación B estimados por la estación A.

Las correlaciones fueron hechas con el utilitario CORMUL, que es un módulo externo de Hydraccess, diseñado específicamente para hacer varios tipos de correlaciones entre datos de series **cronológicas**, como encontramos frecuentemente en hidrología. CORMUL permite hacer correlaciones lineales simples o múltiples, e incluye un método original de propagación de crecida por método correlativo, dividiendo la amplitud total de variación observada en una estación en intervalos, y ajustando para cada intervalo el tiempo de propagación para optimizar la regresión. Se puede en esta forma estimar los datos de una estación a partir de otra, puesto que para cada valor de la estación estimadora, CORMUL hace corresponder un valor estimado con un tiempo de desfase.

En el caso común, se hacen estimaciones de los datos diarios de una estación a partir de varias estaciones vecinas: se estima el caudal diario que se debería tener, considerando que los caudales de las estaciones vecinas son buenos. CORMUL permite entonces visualizar sobre un mismo gráfico cronológico los valores observados y estimados, con la escala de tiempo adecuada para una buena identificación de las crecidas. Pertenecer entonces al usuario identificar las incoherencias entre las series, y rellenar los datos faltantes según la bondad de la estimación.

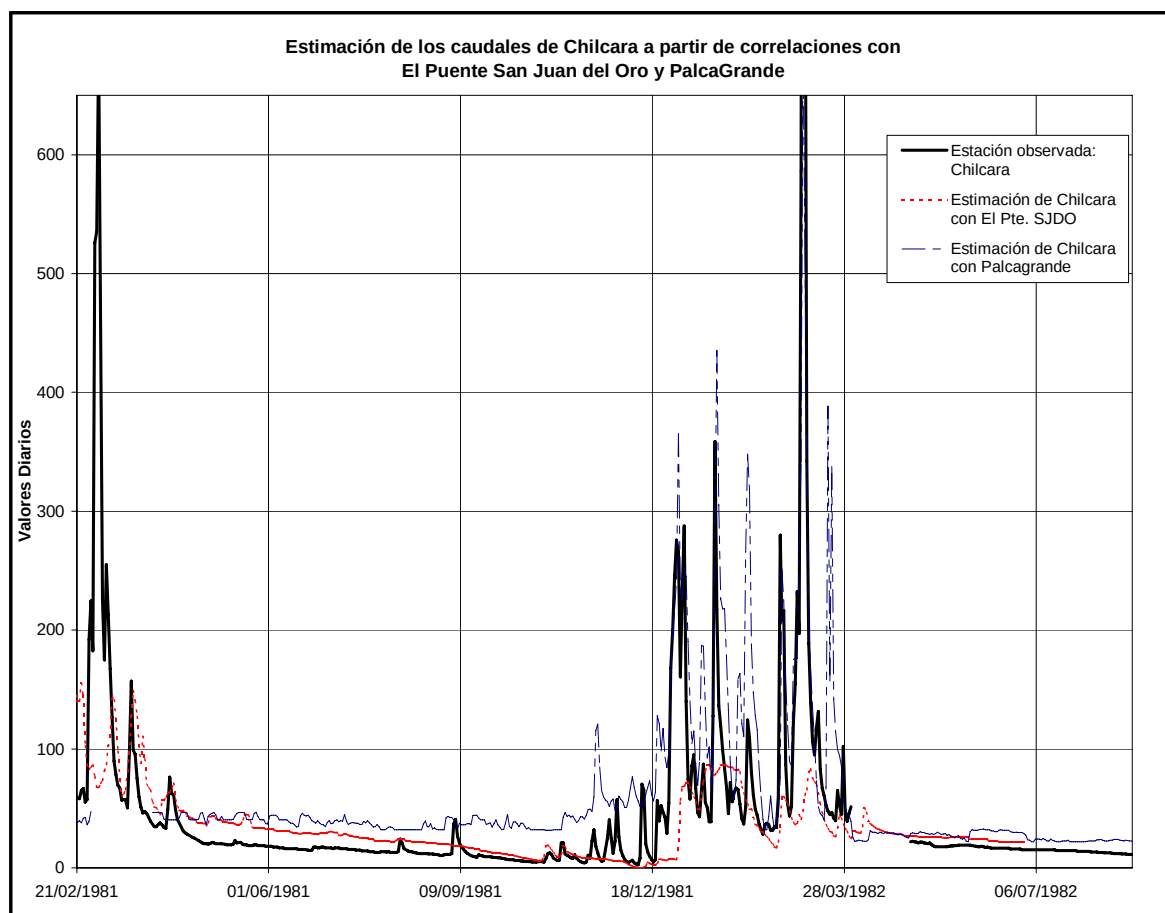
Cuando las estaciones están sobre el mismo brazo se puede obtener muy buena correlación, cuando no, los resultados de la correlación no son muy buenos pero pueden todavía permitir identificar caudales demasiado altos o demasiado bajos. Por ejemplo si todos los caudales de una estación A estimados a partir de varias estaciones indican siempre valores más altas o más bajas que el caudal calculado con la curva de calibración de la estación A, se puede concluir que la curva de calibración de la estación A para este periodo no es la correcta, o que las cotas de la estación A son erróneas.



Caudales de Viña Quemada, observados y estimados con Villamontes y Talula.

El gráfico muestra para Viña Quemada los caudales observados (calculados a partir de las cotas observadas y de las curvas de calibración), y los caudales estimados (por correlaciones lineales) a partir de Villamontes y de Talula. Los caudales observados en Viña Quemada parecen sobreestimados en varias ocasiones.

También con las estimaciones se puede a veces evidenciar problemas en las fechas de des-calibración, especialmente en aguas bajas. Cuando hay períodos sin aforos, es a veces difícil saber en cual fecha ocurrió una des-calibración. Un desnivel constante entre los datos observados y estimados sobre un período de tiempo puede ser debido a una mala fecha de des-calibración, o a una des-calibración que no se tomó en cuenta.



Caudales en Chilcara observados, y estimados con El Puente San Juan del Oro y Palca Grande

El gráfico muestra que del 27/02/80 hasta el 25/12/81 los caudales estimados de Chilcara a partir de Palca Grande son siempre más altos que los observados Chilcara. Esto traduce una descalibración de la estación Palca Grande que no fue tomada en cuenta.

3.6.3 Tercer análisis con la formula de Manning-Strickler

▪ Formula de Manning Strickler

Al fin de extrapolar las curvas en su parte alta, se utilizó la formula de Manning-Strickler aplicada a las secciones disponibles. Esta formula esta indicada abajo :

$$Q = 1/n \cdot S_m^{5/3} \cdot P_m^{-2/3} \cdot \sqrt{i}$$

Donde:

Q: Caudal en [m³/s]

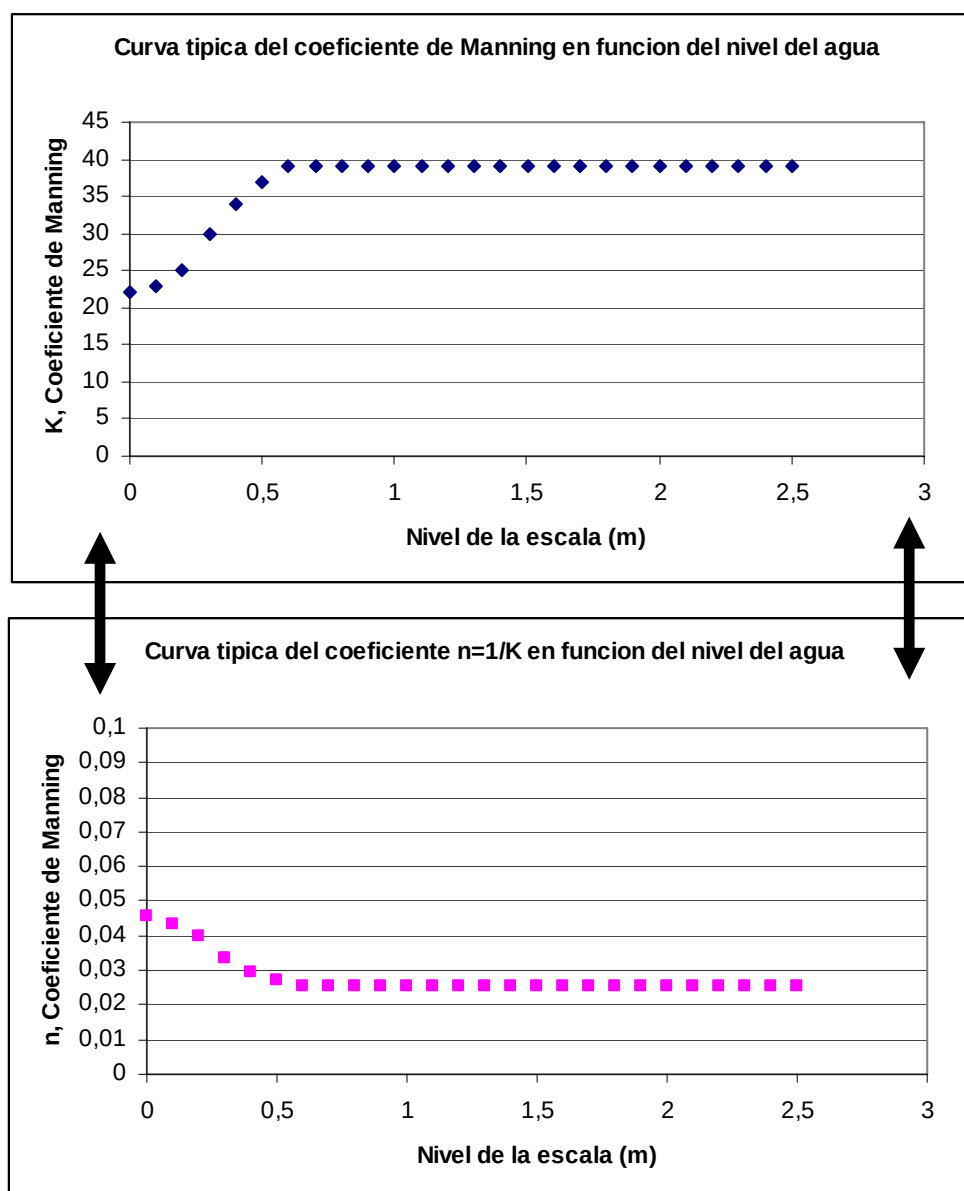
1/n=K: Coeficiente de Strickler que traduce la rugosidad del fondo del lecho (el coeficiente de Manning n, normalmente en un rango de 0,01 hasta 0,2 lo que equivale a K en un rango de 5 a 100). En el lecho menor de los ríos, K es en un rango de 20 a 40 (n en un rango de 0,02 hasta 0,05 en la mayoría de los casos).

S_m: Superficie mojada, en [m²]

P_m: Perímetro mojado en [m]

i: Pendiente hidráulica en [m/m]

Hay que destacar que el coeficiente de Manning en esta formula no es constante pero es función del nivel del agua. En efecto, la rugosidad de lecho tiene menor influencia sobre el flujo (el fondo frena menos el agua) cuando el nivel del agua es alto. Existe un nivel del agua a partir del cual el coeficiente de Manning es casi constante: la influencia del lecho es la misma para los niveles superiores a este valor. Entonces, la curva del coeficiente de Manning (y del inverso del coeficiente de Manning) en función de la altura del agua tiene la forma siguiente :



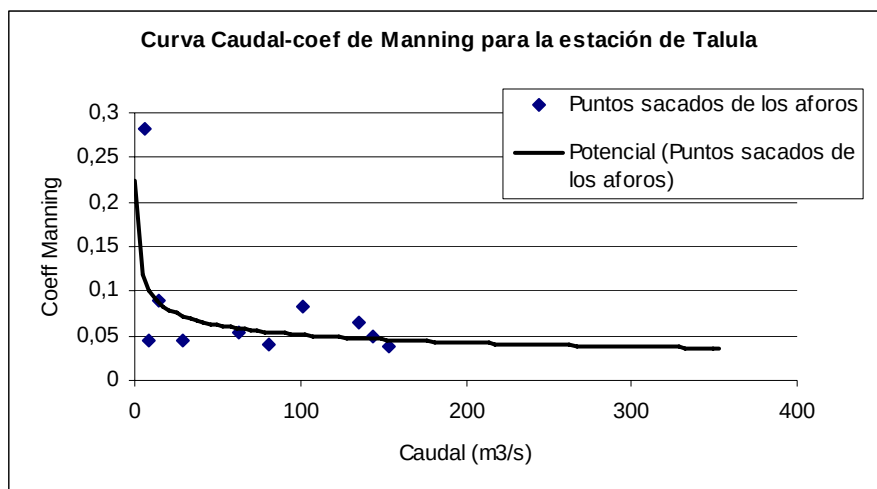
La curva del coeficiente de Manning en función del caudal tiene el mismo aspecto.

Los perfiles transversales utilizados para calcular S_m y P_m , fueron elaborados para varias fechas :

- a partir de los datos brutos de aforos (profundidad, distancia a la margen), la altura de escala permitió conocer la posición de la sección relativamente al cero de la escala ;
- a partir de perfiles transversales levantados y disponibles en monografías de estaciones.

El rango del coeficiente "constante" $K \cdot \sqrt{i}$ (es decir el coeficiente de Strickler y la pendiente hidráulica) fue deducido de los aforos en aguas medianas. la pendiente hidráulica fue estimada de manera aproximada a partir de las alturas de las estaciones y de la distancia del cauce entre las dos estaciones. El coeficiente de Manning para los caudales altos fue estimado a partir de este coeficiente constante y

de esta pendiente, tomando en cuenta que la ley del coeficiente de Manning en función del caudal es asintótica. Entonces se podía evaluar un rango de valores de n para grandes caudales por extrapolación de la curva $n = f(Q)$.



Ejemplo de curva del coeficiente de Manning en función del caudal. El coeficiente de Manning para grandes caudales para la estación de Talula fue estimado entre 0,035 y 0,05 a partir de la curva de tendencia trazada.

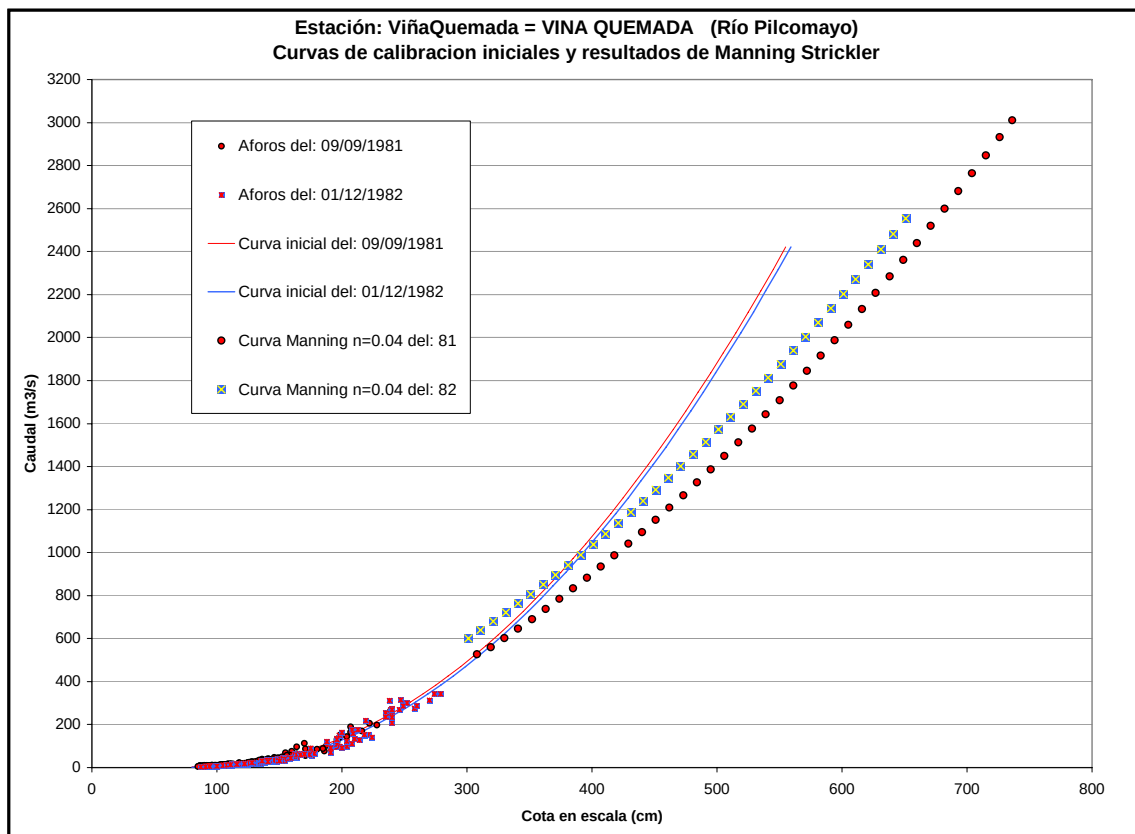
Una vez estimados estos coeficientes para cada estación, se calcularon las curvas $Q_{\text{Manning}} = f(h_{\text{escala}})$, para las secciones existentes (es decir para varias fechas) y para el rango de valores estimados del coeficiente de Manning. Se trabajó con un **coeficiente de Manning constante** para estimar los caudales de crecidas únicamente. Entonces **solo se tomo en cuenta la parte alta de las curvas obtenidas con la formula de Manning.**

La comparación entre las varias curvas de Manning obtenidas (parte alta), y las curvas empíricas (trazadas a partir de los aforos) permitió identificar cual era el mejor valor para el coeficiente de Manning. A continuación, se usó la curva de Manning para la extrapolación de las curvas empíricas.

El gráfico siguiente muestra el ajuste de la parte alta de las curvas de calibración después de haber hecho un análisis de Manning Strickler para la estación de Viña Quemada:

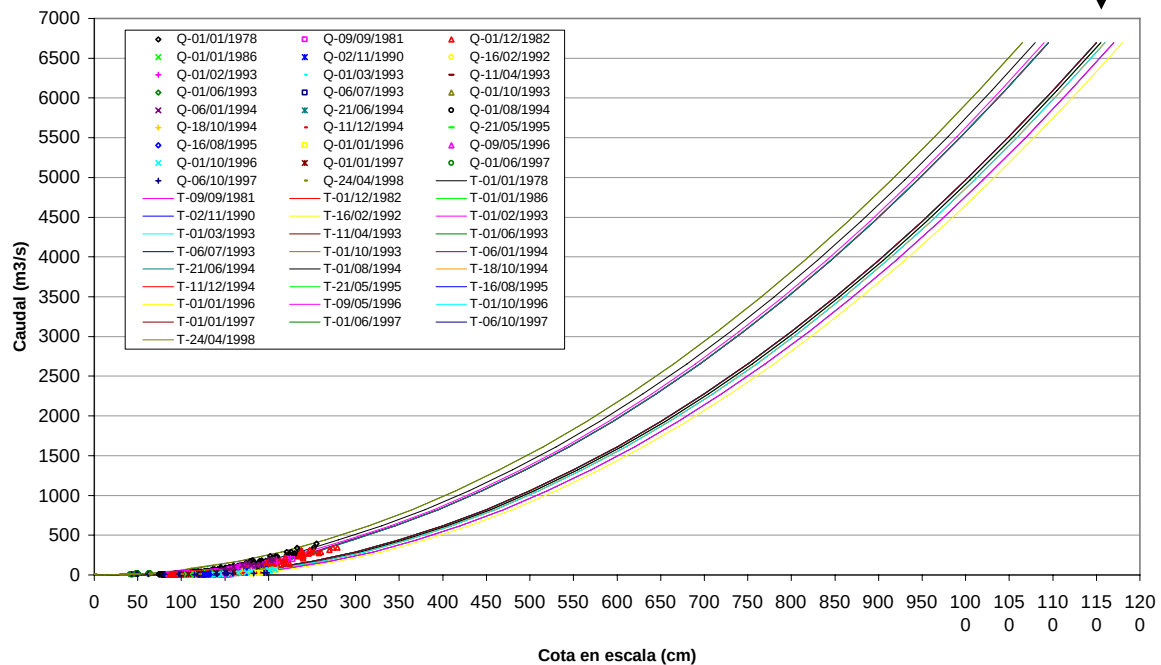
- Los puntos “Aforos (fecha)” son los puntos de aforos separados por periodo de calibración homogénea (ver 3.4.3. primer análisis de los aforos y trazado de la curvas de calibración).
- Las “curvas iniciales (fecha)”, son las curvas de calibración trazadas en base a los aforos.
- Las curvas “Manning $n = y$ ” discretizadas (puntos) son las curvas H-Q obtenidas con la formula de Manning para el año indicado.

A partir de la forma de las curvas H-Q de Manning Strickler y de los aforos, se pudo determinar el mejor valor para el coeficiente de Manning que permite extrapolar las curvas de calibración iniciales. Para Viña Quemada, este valor fue de 0,04.



Comparación de las curvas de calibración de la estación de Viña Quemada con análisis de Manning Strickler

Estación: Viña Quemada = VINA QUEMADA (Plata)
Curvas de calibración ajustadas



Nuevas curvas de calibración de la estación de Viña Quemada después de los varios análisis

3.7 Último tratamiento de las cotas instantáneas

A fin de mejorar y de rellenar la serie de caudales, se hizo un trabajo de identificación de cotas dudosas y de relleno de cotas (información básica).

3.7.1 Identificación de las cotas dudosas por comparaciones con sus estaciones vecinas

A partir de los periodos de calibración, se pudo hacer un análisis sencillo de calidad de las cotas. Se analizaron las cotas, observando sobre periodos de calibración homogéneos, las cotas de las varias estaciones de la cuenca, especialmente las de las estaciones vecinas. Sobre un mismo brazo o sobre brazos cercanos, normalmente debe presentar picos de crecida en el mismo periodo.

A veces se descartaron estos datos cuando no tenían ningún sentido, pero en la mayoría de los casos se guardaron, prefiriendo siempre tener datos dudosos que ningún dato. Por lo tanto el capítulo 4 precisa cuando los datos son dudosos para una estación.

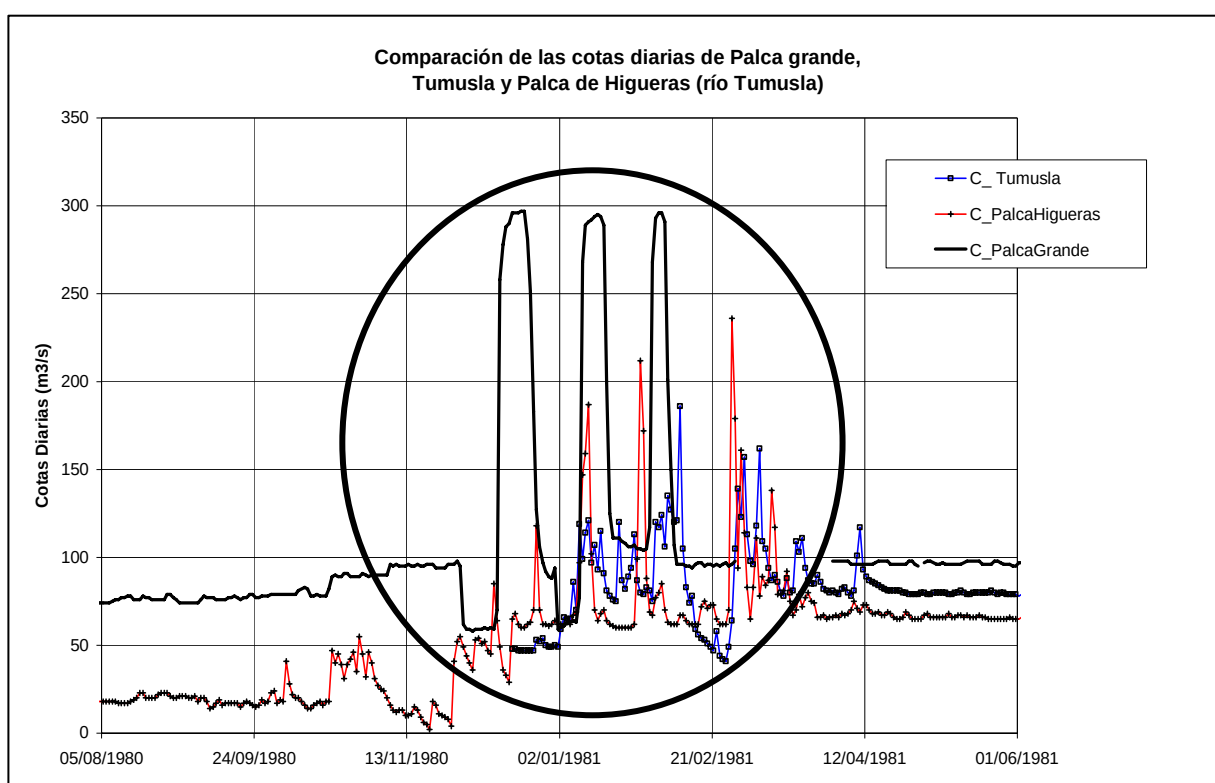


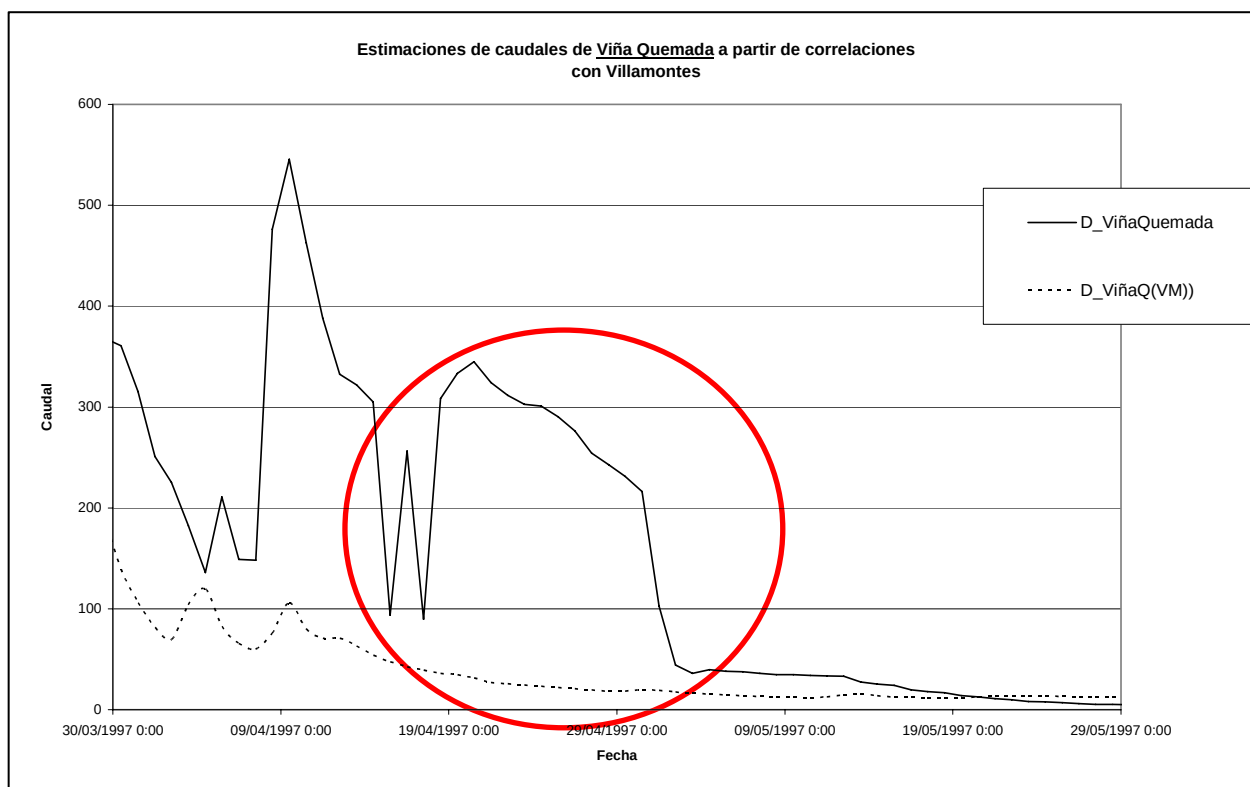
Gráfico mostrando cotas de Palca grande muy dudosas (3 picos de crecida que no se encuentran en las estaciones vecinas)

3.7.2 Identificación de las cotas dudosas por correlaciones sobre los caudales

Las correlaciones que se hicieron con el programa CORMUL sobre los caudales de estaciones vecinas (ver 3.4.3 análisis complementarios) también permitieron identificar las cotas dudosas de una estación a través de caudales dudosos.

Para una misma estación podría existir desniveles en las cotas de un periodo de calibración a otro, por ello era más fácil trabajar sobre los caudales, porque las curvas de calibración ya tomaban en cuenta estos desniveles. Inicialmente, se hicieron correlaciones sobre las cotas para periodos en los cuales existía una sola curva de calibración para cada estación, pero este trabajo hubiera sido demasiado largo y sobre periodos demasiado pequeños.

Los resultados de la correlación permiten identificar caudales malos, entonces cotas malas. Por ejemplo si las estimaciones de los caudales de una estación A a partir de los caudales de la estación B, de la estación C y de la estación D (vecinas de la estación A) indican un pico de crecida que no se encuentra en los caudales de la estación A, podemos deducir que hay datos dudosos para esta fecha. Por lo tanto hay que tener cuidado de la ubicación relativa de estas estaciones, si están sobre un mismo brazo, si están sobre un afluente aguas arriba, si hay aportes de un afluente entre las dos estaciones, lo que implica condiciones hidráulicas que pueden variar bastante de una estación a otra.



Ejemplo de crítica sobre los caudales de Viña Quemada. Los caudales estimados a partir de correlación con los caudales de Villamontes son muy distintos de los caudales obtenidos por traducción de las cotas. Esto nos indica que los caudales (y entonces las cotas) son muy dudosos del 15/04/97 hasta el 03/05/97.

3.7.3 Relleno de las lagunas de cotas cuando fuera posible por correlaciones lineales simples y múltiples

A fin de tener series de datos que sean las más completas posible, se trató de rellenar las series de cotas disponibles cuando no se tenían datos o cuando habían sido descartadas (ver párrafo precedente) :

- Por simple interpolación cuando la laguna era de algunos días, y que las estaciones vecinas no tenían crecidas.
- por correlaciones sobre las cotas con el utilitario CORMUL. Se procedió de la misma manera que para las correlaciones sobre los caudales (ver 3.4.3) pero sobre periodos de tiempo por los cuales se tenía una sola curva de calibración para cada una de las estaciones estudiadas. Era necesario hacer este análisis sobre un periodo de tiempo con calibración homogénea para tener un conjunto de puntos con una ley de regresión única. Se rellenaron las series de cotas cuando las estimaciones eran buenas y concordaban.

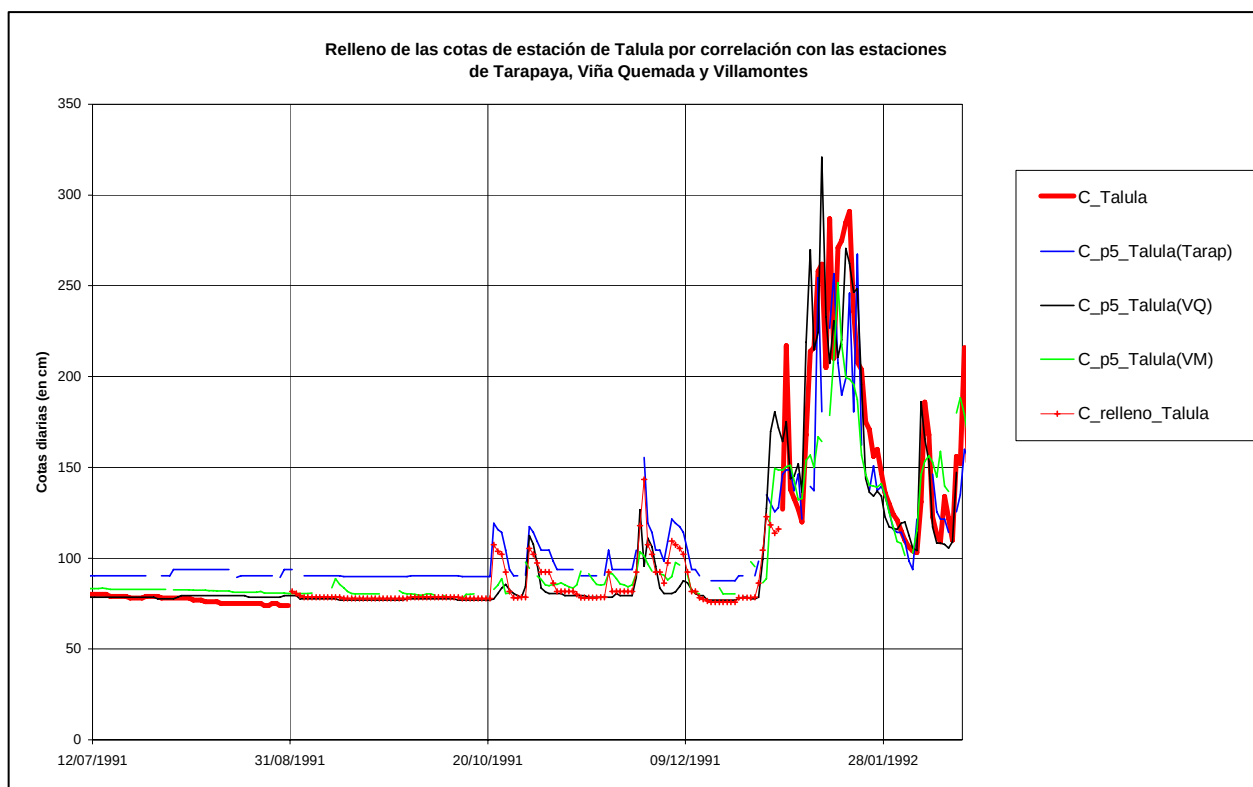


Gráfico de las cotas de Talula rellenadas del 31/08/91 hasta el 01/01/92 a partir de correlaciones con las cotas de Tarapaya, Viña Quemada y Villamontes. Son las cotas estimadas a partir de la estación de Viña Quemada las que fueron utilizadas para rellenar.

3.8 Cálculo de las cotas y de los caudales diarios, mensuales y anuales

Una vez analizadas, corregidas y rellenadas las series de cotas se pudo hacer la traducción final de las series de cotas instantáneas en series de caudales instantáneos.

Después se calcularon con la ayuda del programa HYDRACCESS :

- series de cotas diarias a partir de las series de cotas instantáneas.
- series de caudales medios diarios, mensuales y anuales a partir de las series de caudales instantáneos.

Todas las series de datos producidas están almacenadas en la base de datos HYDRACCESS con la indicación de un código de “calidad” que indica si provienen de datos observados (L por Lector), rellenos (R por Reconstituidas) o registrados por un aparato (E por registrador).

3.9 Análisis de consistencia de los caudales con el método del Vector Regional.

Una vez obtenidos los caudales diarios, mensuales y anuales, es necesario someter estos datos a un análisis de consistencia, con el fin de verificar que los datos de las estaciones hidrométricas se hayan calculado convenientemente y que el comportamiento hidrológico sea homogéneo en toda la cuenca del río Pilcomayo.

El método clásico de crítica de un juego de datos consiste en efectuar análisis de doble masa entre los valores de las estaciones tomadas dos a dos, para detectar eventuales heterogeneidades. Sin embargo, cuando el número de estaciones es elevado, esta operación puede ser muy fastidiosa, sobre todo que se ignora desde el comienzo cuáles son las estaciones que presentan problemas. Por otra parte, este método es muy débil cuando las series presentan varias lagunas, ya que implica excluir varios datos aislados, que sin embargo podrían ser de mucho interés.

Por estas razones hemos utilizado el método mucho más poderoso del Vector Regional para el análisis de consistencia. Este método sustituye con varias ventajas al anterior método como está explicado en los párrafos siguientes.

3.9.1 Generalidades sobre el método del Vector Regional

El **Vector Regional** es, ante todo, un método de crítica de datos mensuales y anuales (y asesoramiento de reconstitución de datos faltantes), elaborado en el ORSTOM-IRD en los años setenta, con el objeto de homogeneizar los datos pluviométricos. Permite evaluar la calidad de los datos de una estación perteneciendo a un juego de estaciones, aunque las series de datos estén incompletas y rellenar los datos faltantes.

Este método consiste en elaborar, a partir del conjunto de la información disponible, una especie de estación ficticia que sea representativa de toda la zona de estudio. Para realizarlo es necesario que los datos sean relativamente **independientes** entre sí de un año a otro, y que sean **seudo-proporcionales**. Esta última condición significa que los datos de las diferentes estaciones deben variar en el mismo sentido y en proporciones casi idénticas, con variaciones ligeras debidas al ruido de fondo. Aunque el método ha sido utilizado bastante para datos de pluviometría, esta es la primera experiencia que fue realizada para caudales, mostrando que el método se adaptaba bien también a este tipo de datos.

La metodología del vector regional es la siguiente: Para cada estación se calcula **un promedio extendido** sobre todo el período de estudio, y para cada año del período de observación (o cada mes), se calcula **un índice** (cociente del valor por el promedio extendido) que será superior a 1 cuando el año es excedentario (Húmedo), e inferior a 1 cuando el año es deficitario (Seco). A partir de todos los índices de las varias estaciones para tal año, se calcula un índice para este mismo año (o cada mes) que será el promedio (Brunet Moret) o la moda (Hiez) de estos índices. La serie de los mismos es denominado *Vector Regional*. Por lo tanto, el Vector Regional presenta por fin la ventaja de mostrar las variaciones climáticas de una región en forma sintética, y no basándose en una sola estación a la vez.

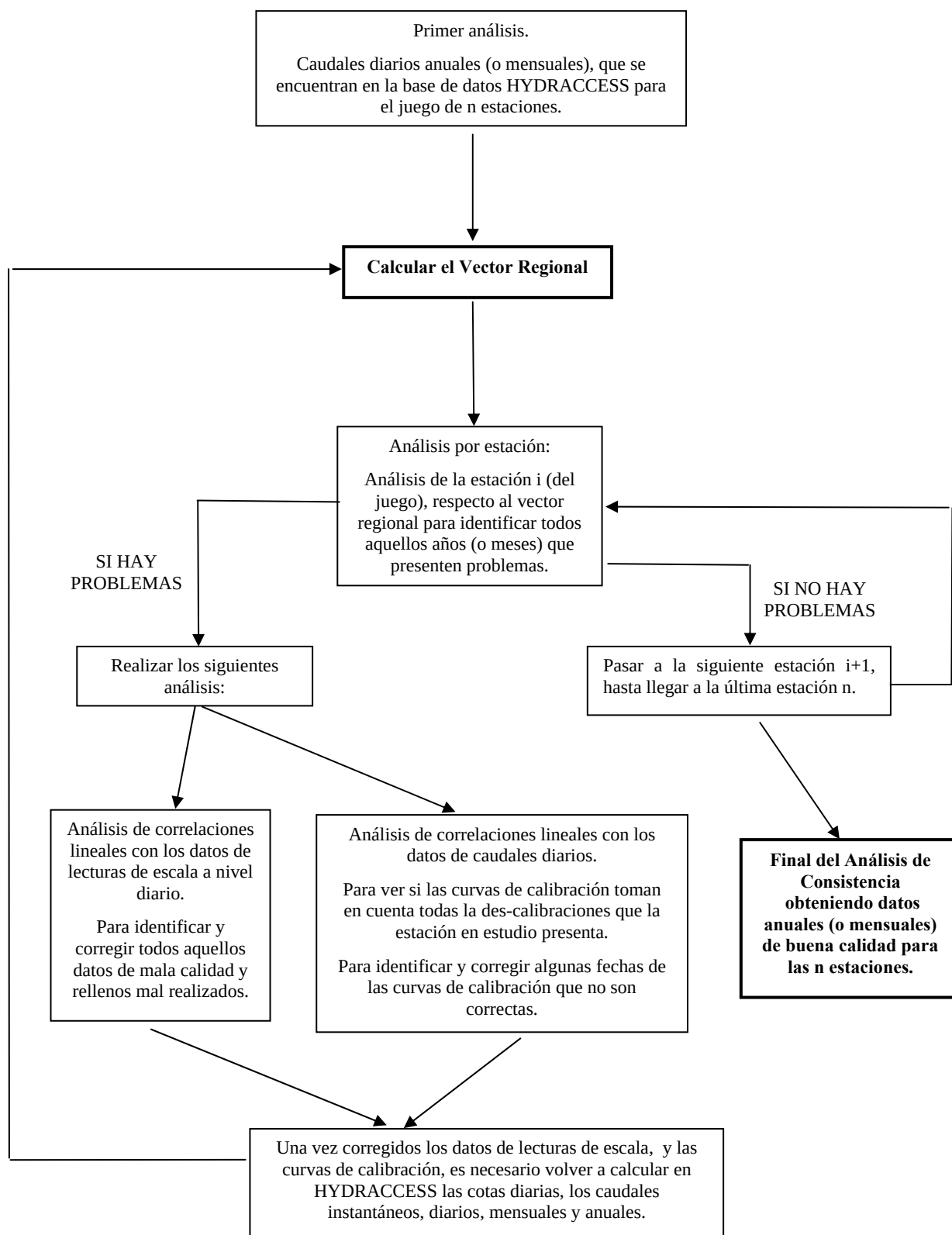
Dos métodos fueron elaborados en el ORSTOM - IRD por **G. Hiez** y **Y. Brunet Moret**. El método de **G. Hiez** se basa en el cálculo de la moda (valor más frecuente) para calcular el vector, mientras que el de **Y. Brunet Moret** se basa en el promedio. Sin embargo el método de **Y. Brunet Moret** permite poner a relieve más claramente problemas eventuales de calidad de datos, por esta razón fue este método el escogido para este estudio.

Es evidente que la calidad del Vector Regional depende de la calidad de los datos de entrada. Sólo **de manera iterativa**, eliminando los datos visiblemente inventados y corrigiendo poco a poco los errores más evidentes sobre los datos de entrada, se llegará a un Vector Regional de buena calidad.

3.9.2 Etapas del análisis de consistencia con el Vector Regional.

La metodología general para realizar el análisis de consistencia de caudales a nivel anual y mensual, requiere primero contar con series de datos de caudales medios anuales y mensuales que sean los más completos y confiables posibles. Además el juego de estaciones que se conformará para realizar el Vector Regional deberá presentar como mínimo tres estaciones, con series de caudales que presenten periodos comunes y como mínimo de cuatro años de datos.

El gráfico siguiente muestra el flujograma que pretende ser una guía de pasos a seguir, para este análisis.



Flujograma del análisis de consistencia a nivel anual (o mensual) con el método del vector regional

A continuación se detallan la secuencia de los pasos:

▪ **Obtención de series de caudales medios anuales y medios mensuales**

De los análisis realizados anteriormente se obtuvieron 18 estaciones que cuentan con datos de caudales anuales y mensuales, de las 18 estaciones 3 estaciones: Puente Sucre (río Pilcomayo), Tupiza (río Tupiza) y Pampa Grande (río Pilaya) presentan series de caudales con muy pocos años (1 a 2 años), con periodos no comunes entre si y con las demás estaciones, esto implica que el análisis de consistencia solamente será aplicado a 15 estaciones: La Angostura (río Tupiza), Chilcara (río Pilaya), El Molino (río Tomayapu), El Puente (río San Juan del Oro), Misión La Paz (río Pilcomayo – Argentina), Mulluquiri (Lique Mayu), Ñucchu (río Cachimayo), Palca Grande (río Tumusla), Salto león (río Yura), San Josecito (río Pilaya), San Pedro (río Chico de Camargo), Talula (río Pilcomayo), Tumusla (río Tumusla), Villamontes (río Pilcomayo), Viña Quemada (río Pilcomayo).

El gráfico de la página siguiente, muestra los datos de caudales medios anuales de las 17 estaciones, también se puede observar, que el periodo de estudio abarcará desde el año 1974 hasta el año 1998, ya que es un periodo común donde se cuenta con datos de caudal.

▪ **Identificación de zonas homogéneas**

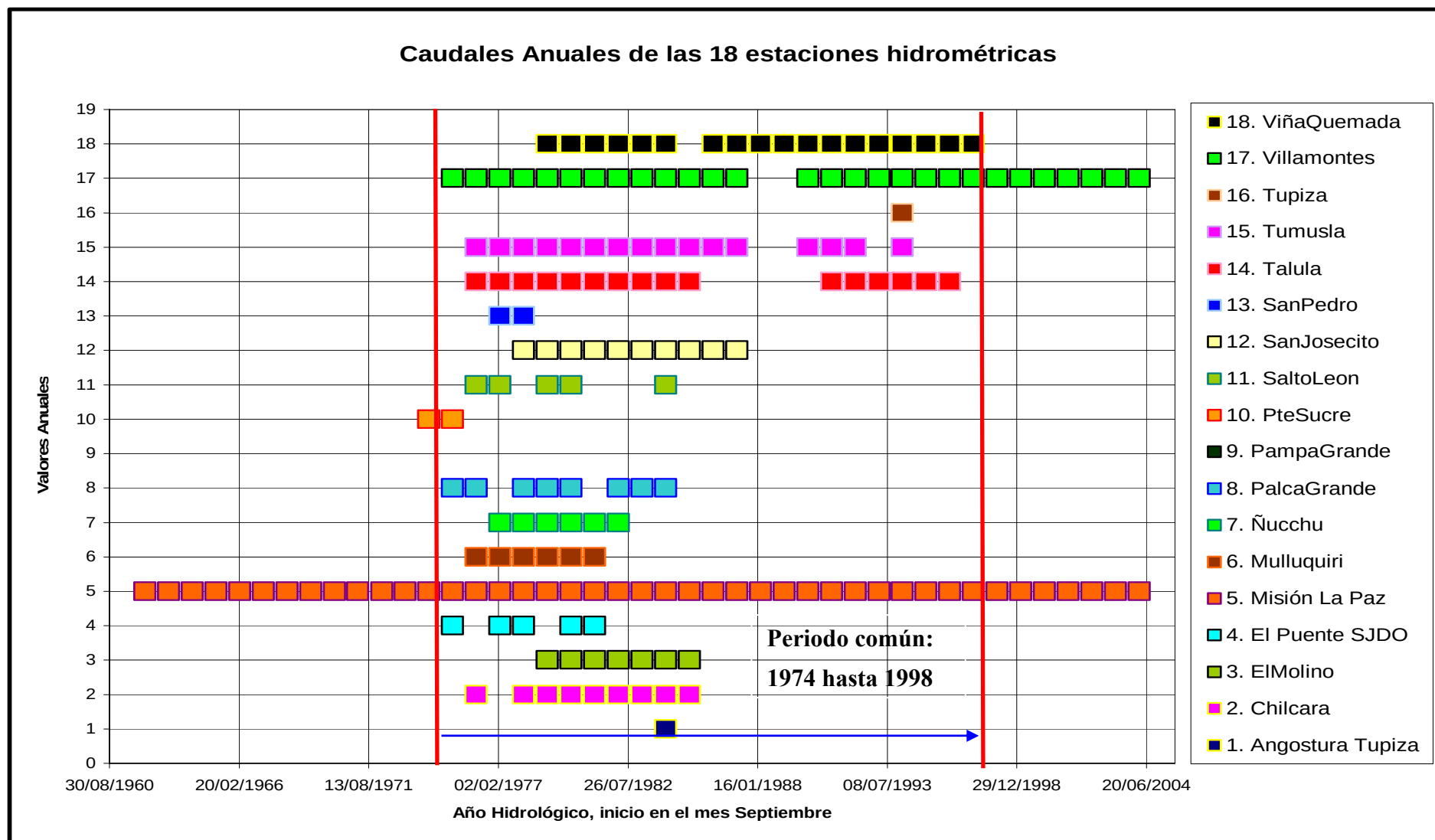
Para realizar el análisis de consistencia con caudales anuales, se ha tomado en cuenta toda la cuenca del río Pilcomayo, debido a que los caudales medios anuales toman en cuenta todas las crecidas del año hidrológico.

Después del análisis de consistencia anual, los caudales de la estación de Mulluquiri fueron definitivamente eliminados, debido a la poca cantidad de aforos y a la mala calidad de las cotas.

Para realizar el análisis de consistencia de caudales a nivel mensual, se requiere considerar juegos de estaciones que respondan a un mismo comportamiento hidrológico. Entonces para realizar el análisis de consistencia hemos conformado los siguientes grupos:

- **La sub-cuenca del río San Juan del Oro:** El Puente, El Molino, La Angostura.
- **La sub-cuenca de los ríos Pilaya y San Juan del Oro:** Chilcara, San Josecito, El Puente. (Villamontes, estación de apoyo).
- **La sub-cuenca del río Tumusla :** Palca Grande, Tumusla, San Pedro, Salto León.
- **La sub-cuenca del Pilcomayo Superior:** Viña Quemada, Talula, Ñucchu.
- **La sub-cuenca del Pilcomayo Medio:** Misión La Paz, Villamontes, San Josecito. (San Josecito y Viña Quemada, estaciones de apoyo).

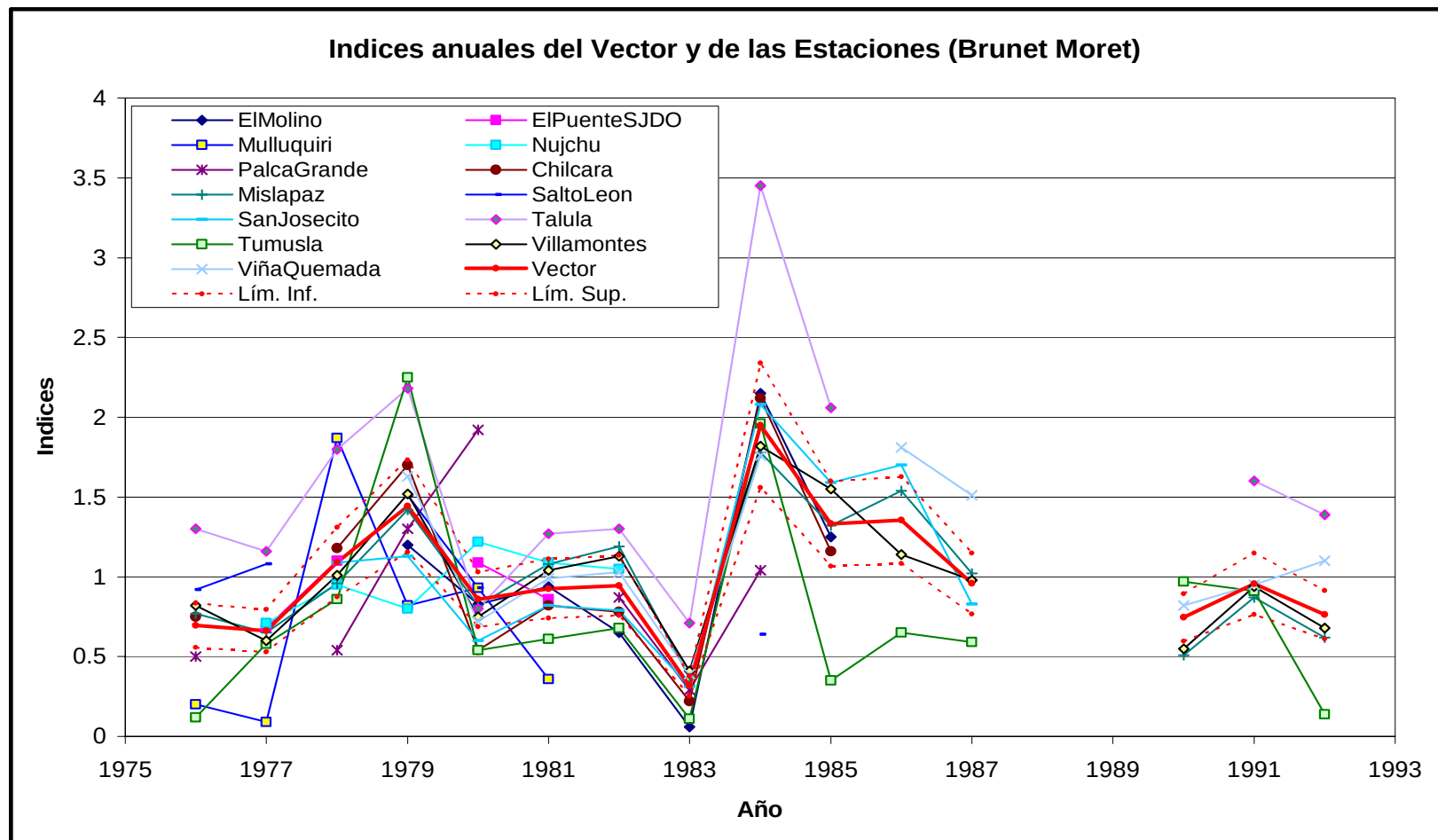
Para ambos análisis la estación hidrométrica de Misión La Paz fue también utilizada.



Periodo de estudio elegido y cantidad de datos para cada estación.

▪ **Cálculo del vector regional anual y mensual.**

Con el juego de estaciones identificado, el programa Hydraccess permite calcular automáticamente el vector regional anual ó mensual y los índices correspondientes para cada estación. A continuación se presenta el primer vector regional anual y los índices anuales de las estaciones.



Primer Vector regional anual obtenido.

▪ **Análisis del Vector regional obtenido.**

Una vez calculado el vector regional (anual o mensual) nos permite compararlo con los índices de cada una de las estaciones, e identificar en cada estación años y/o meses con problemas. Las primeras series de índices obtenidas muestran mucha dispersión, con problemas de calidad de datos evidentes en algunas estaciones. Para mejorarlas, hemos realizado el análisis estación por estación, de la parte baja de la cuenca hacia la parte alta.

Para cada estación, se volvió a la información básica que presentaba datos aparentemente de mala calidad y se corrigió mediante el análisis de correlaciones lineales (cf. flujograma anterior). Una vez corregidos todos estos datos, era necesario volver a obtener los caudales anuales y mensuales, volver a calcular un nuevo vector regional mejorado y las nuevas series de índices. Entonces se podía pasar a la siguiente estación hasta que todas fueron revisadas. Al final, se llegó a obtener el vector regional final anual (o mensual) completamente corregido del juego de estaciones.

A continuación se presentan los gráficos que el modulo del Vector Regional (de Hydraccess) permite exportar a Excel:

1. Primer gráfico: El vector regional del juego de estaciones y las series de índices. El gráfico presentado es el final así que se puede observar que todas las estaciones presentan más o menos el mismo comportamiento (las variaciones pueden ser más importantes para estaciones perteneciendo a cuencas pequeñas por tener un comportamiento más local).
2. Segundo gráfico: La curva acumulada del índice para todo el juego de estaciones, mostramos como ejemplo la estación de Villamontes. En el gráfico se puede ver que los datos prácticamente presentan una sola pendiente sin quiebres bruscos. Esto significa que la estación es consistente y que presenta datos de buena calidad. Al respecto de las demás estaciones, sus curvas acumuladas también son consistentes.

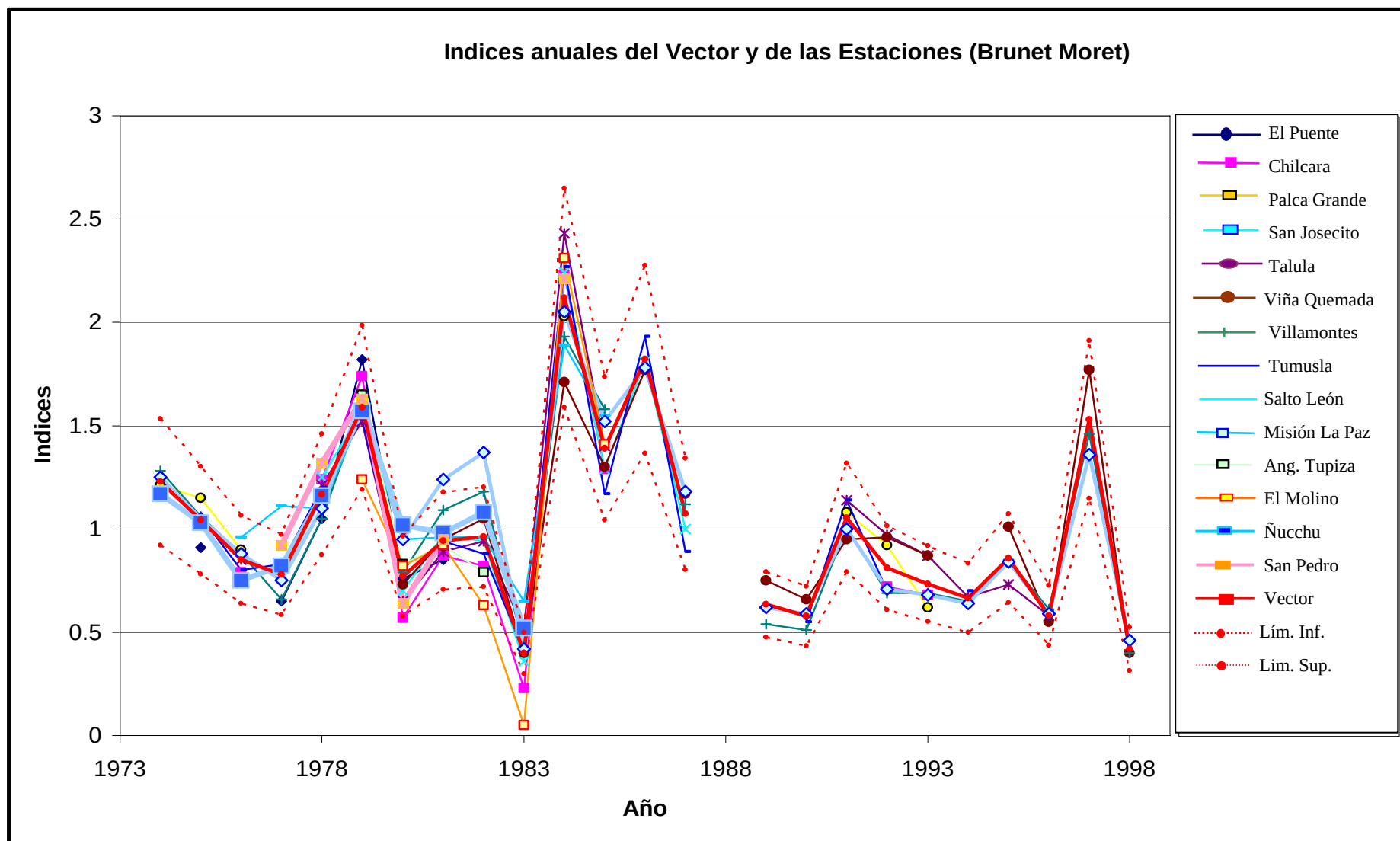


Gráfico N° 1 - Vector regional anual final del análisis de consistencia

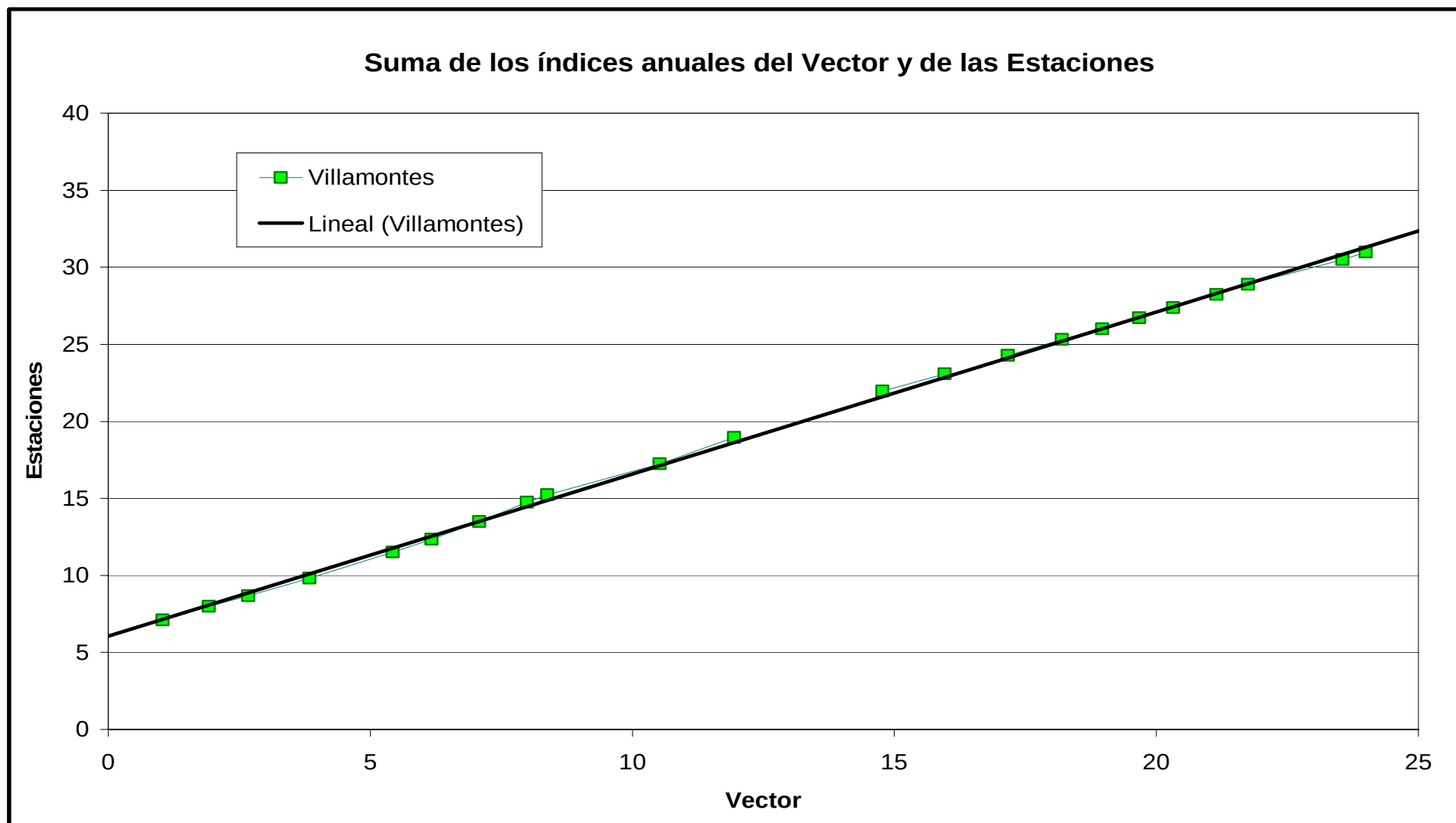


Gráfico N° 2 – Curva acumulada del índice para la estación de Villamontes

3.10 Relleno de Caudales Mensuales.

A fin de tener series de datos que sean las más completas posible, se rellenó las series de caudales mensuales, por correlaciones lineales simples y múltiples, con el utilitario CORMUL. Se procedió de la misma manera que para las correlaciones sobre los caudales (ver 3.4.3).

Las estaciones que fueron rellenadas son las siguientes:

- Misión La Paz
- Palca Grande
- Chilcara
- San Josecito
- El Puente (San Juan del Oro)
- Viña Quemada
- Talula
- Tumusla
- Villamontes

Todas las series de datos producidas están almacenadas en la base de datos HYDRACCESS en un captor particular denominado M0 si las series fueron rellenadas o M1 para las series no rellenadas, con la indicación de un código de “calidad” que indica si provienen de datos observados (L por Lector), rellenados (R por Reconstituídas) o registrados por un aparato (E por registrador). En el párrafo 4 se encuentra explicado a detalle el relleno de los caudales a nivel mensual y por estaciones.

4 RESULTADOS DEL TRATAMIENTO PARA CADA ESTACIÓN

Este capítulo detalla para cada estación todos los datos disponibles y como fueron analizados, criticados, y tratados. Las estaciones estudiadas y los datos correspondientes disponibles inicialmente están presentadas en la tabla abajo (orden alfabético) :

Nº	Nombre de la estación	Cotas	% lag. ⁴	Aforos	Caudales
1	La Angostura (Tupiza)	01/09/77-31/08/85	17,1	22/06/79-22/05/83	
2	El Canal Molino	14/07/77-27/11/78	53,7	-	
3	Charaja	07/04/80-31/08/84	7,7	-	
4	Chilcara	01/06/75-01/08/94	37,5	17/05/75-31/07/94	
5	Cotagaita	17/07/73-31/10/83	24,8	-	
6	El Molino	01/02/78-30/11/87	8,7	18/01/78-10/02/00	
7	El Puente San Juan del Oro.	15/05/69-01/07/82	40,4	15/05/69-30/06/82	
8	La Dorada	01/07/90-31/01/93	17,6	-	
9	Llimphy	10/10/73-01/05/75	37,7	24/10/73-15/04/75	
10	Misión La Paz	01/09/64-20/03/05	1		01/11/60-20/03/05
11	Mulluquiri	01/11/74-31/05/84	4,4	22/10/74-25/10/79	
12	Ñucchu	19/12/72-01/01/99	20,98	26/12/75-25/12/98	
13	Palca Grande	01/10/73-30/09/93	30	01/04/64-29/04/83	
14	Palca de Higuera	16/12/80-31/05/83	0	-	
15	Pampa Grande	04/06/67-31/10/74	27,1	04/06/67-31/10/74	
16	Puente Sucre	07/11/70-01/09/75	34,1	09/08/73-05/11/75	
17	Salto Leon	01/01/75-01/01/86	6,8	07/09/75-31/07/84	
18	San Josecito	11/10/76-14/10/92	15	11/10/76-15/11/92	
19	San José de Pampa G.	09/03/64-01/07/65	48	09/03/64-31/12/80	
20	San Pedro	01/10/73-30/09/90	35	01/01/65-25/05/79	
21	Talula	01/06/75-31/12/98	27,8	17/01/75-20/10/98	
22	Tarapaya	01/02/90-30/06/04	49,2	-	
23	Tumusla	07/10/74-30/06/97	8,1	01/10/70-31/03/71	
24	Tupiza	03/05/80-30/06/04	74	05/05/80-29/12/82	
25	Villamontes	01/08/73-02/01/05	8,4	02/09/74-28/12/04	
26	Viña Quemada	05/12/77-30/12/98	4,4	19/01/78-10/12/98	
27	Yokalla	07/12/72-30/09/88	1,6	-	
28	Yura	14/07/73-30/04/94	42,8	-	

La ubicación precisa de cada estación figura en la tabla II del (ver 2.3) y el mapa de la red hidrográfica figura en anexos

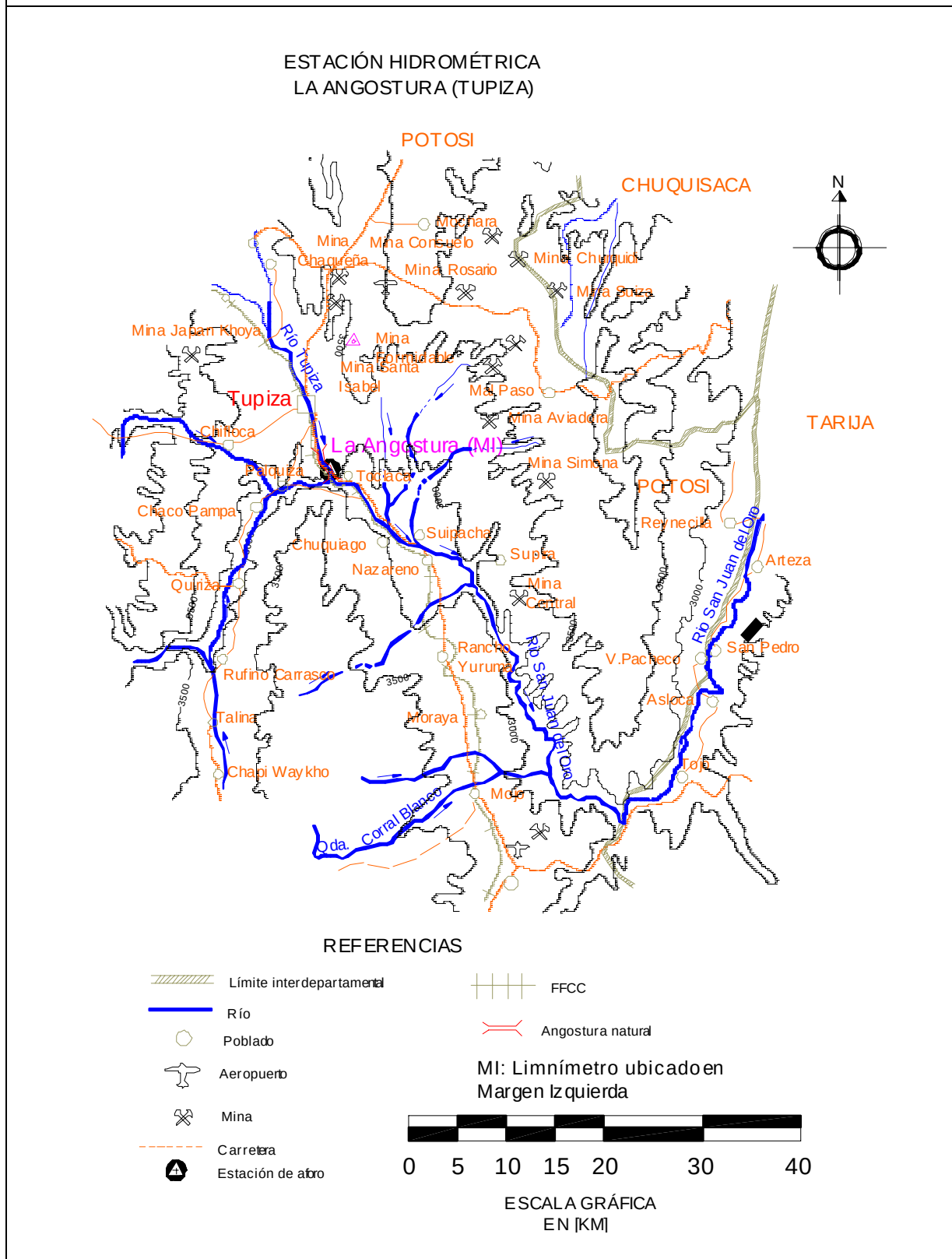
⁴ Porcentajes de lagunas en las series de cotas diarias.

4.1 La Angostura (Tupiza)

4.1.1 Características generales

Estación	LA ANGOSTURA (TUPIZA)	
Características hidrográficas	Río	Tupiza
	Cuenca	Rio Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Tupiza
	Área de la cuenca (km2)	2262 km ²
Características geográficas	Latitud (decimales) con GPS Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing. Noriega (Agosto 2004)	-21.5054702
	Longitud (decimales) con G.P.S Fuente de Inf.: Visita Ing.Noriega (Agosto 2004)	-65.7000579
	Altura (m.s.n.m.) Fuente de Inf.: Visita Ing.Noriega (Agosto 2004)	2890
	País	Bolivia
	Departamento	Potosí
	Provincia	Sud Chichas
Acceso	Desde Tupiza aproximadamente 10 Km, la carretera es de tierra	
Administrador	SENAMHI – POTOSÍ	
Fecha de apertura	Septiembre de 1977	
Cierre /rehabilitación	La estación dejó funcionar en Agosto de 1985	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 01/09/77-31/08/85	Cotas leídas en escalas limnimétricas en la margen izquierda del río.
	Aforos : 22/06/79-22/05/83	Las lecturas de los aforos se realizaron con molinetes de marca OTT – NEYRPIC.
Informaciones complementarias disponibles	- La estación fue visitada el 30/08/2004 por el SENAMHI La Paz encargado Ing. Luis Noriega. - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



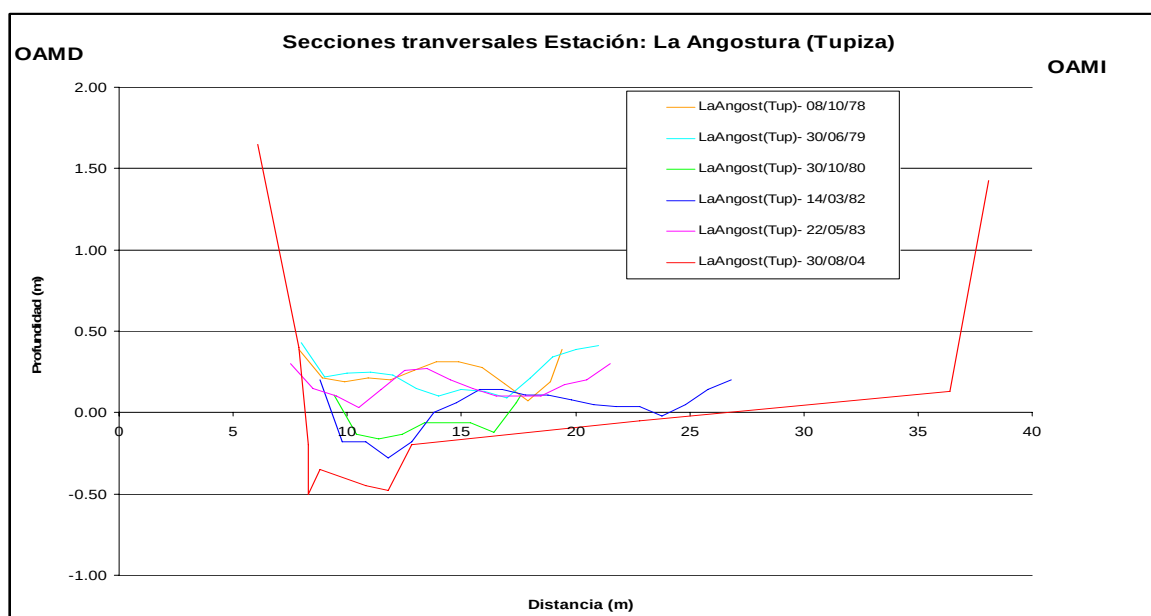
4.1.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ Batimetría disponible :

Se disponía de secciones elaboradas a partir de datos brutos de aforos desde el 79 al 83 y de un perfil transversal levantado por el Ing. Luís Noriega en agosto 2004. De los cuales solamente se escogieron las secciones de crecidas, como se detalla a continuación:

- 30/06/1979
- 30/10/1980
- 14/03/1982
- 22/05/1983
- 30/08/2004 (Visita realizada por el Ing. Luís Noriega - SENAMHI-La Paz)

El gráfico siguiente muestra los perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas). Solo el perfil 2004 no esta ajustado con la escala.



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ Estabilidad de la sección

Como se aprecia en el gráfico anterior la sección es variable en su cauce principal (fondo), debido a la erosión y sedimentación. También se puede observar que presenta buena estabilidad en las márgenes, no hay erosión en ninguna de las orillas por ser un material rocoso.

4.1.3 Tratamiento de las lecturas de escala

Primera-ultima cota disponible : 01/09/77-31/08/85

Porcentaje de lagunas : 17.1 %

Calidad general de los datos : Presenta datos generalmente buenos (confiables), con un periodo dudoso.

Tratamiento de los datos : Análisis por correlaciones lineales y análisis de consistencia.

La estación La Angostura (Tupiza) presenta datos importantes, pero con una cantidad muy importante de lagunas.

Para corregir y/o rellenar las cotas disponibles, se utilizaron como estaciones estimadoras (por correlaciones simples) las siguientes :

- Tupiza
- Charaja
- El Puente San Juan del Oro

Se cuenta con una sola estación, Tupiza, ubicada sobre el mismo río (brazo) y esa no tiene periodos comunes. Así que fueron tomadas en cuenta otras estaciones vecinas ubicadas a continuación del río Tupiza como ser la estación Charaja (San Juan del Oro) y El Puente (San Juan del Oro). Las correlaciones obtenidas a partir de estas estaciones fueron buenas y nos permitió averiguar la buena calidad de los datos en los años hidrológicos del 77 al 82 y la mala calidad de datos en los años 83 al 85.

Los datos disponibles fueron tratadas de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
1/09/1977		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
01/09/77-30/11/77		Datos confiables, con gran cantidad de lagunas. No fue posible rellenar ya que en este periodo no contábamos con estaciones estimadoras.
	01/12/77-31/03/78	No hay datos
01/04/78-30/05/80		Datos confiables, guardado.
	31/05/80-1/10/80	Presenta una laguna aproximadamente de 5 meses, que se rellenó mediante interpolación lineal, ya que la laguna pertenece a épocas de estiaje y sus estimaciones obtenidas por correlación seguían la forma de la interpolación.
2/10/80-01/09/82		Datos confiables, guardados.
	02/09/82-31/08/85	Las correlaciones realizadas en este periodo nos permitieron averiguar la mala calidad de los datos, además en este periodo existían gran cantidad de lagunas, por lo que decidimos eliminarlos.

4.1.4 Aforos disponibles.

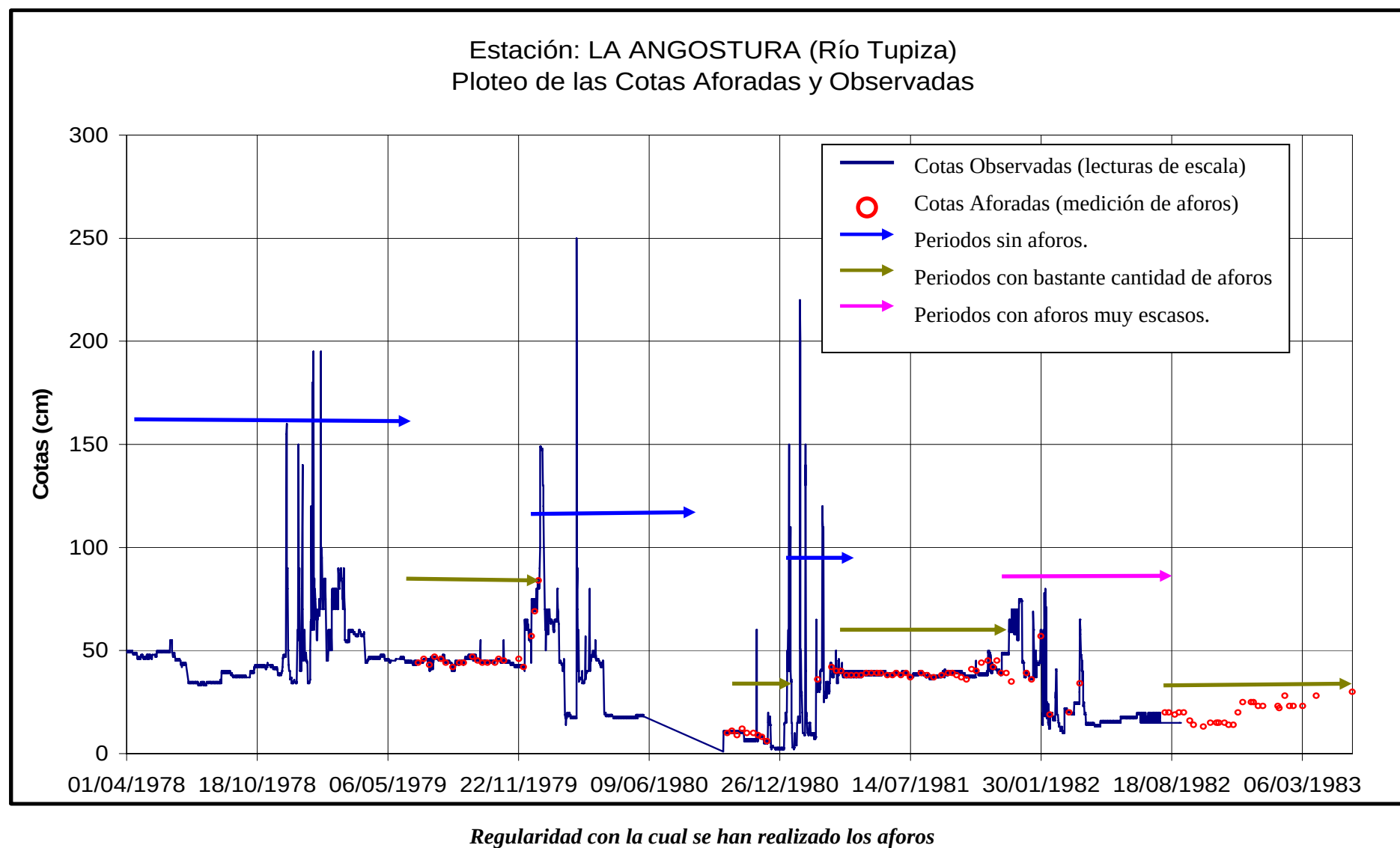
Aforos disponibles : 22/06/79-22/05/83

Calidad de los datos : Buena, pero no se tiene aforos para más que 10 m³/s ni para mas de 50 cm en lecturas de escala.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico. Del que se obtiene:

Datos tomados en forma irregular.(Escasos)	Datos faltantes	Observaciones
22.Jun.79 – 30.Nov.79		Datos de 3 a 4 aforos al mes.
	Dic.79 – 06.Oct.80	No hay aforos
7.Oct.80 – 6.Dic.80		Datos de 3 a 4 aforos al mes.
	7.Dic.80 – 21.Feb.81	No hay aforos
22.Feb.81 – 16.Dic.81		Datos de 3 a 4 aforos al mes.
	17.Dic.81 – Ene.82	No hay aforos
Feb.82 – Mayo.83		Datos de 3 a 4 aforos al mes.
	Abril.83 – 29.Ago.2004	No hay aforos
30.Ago.2004		Único y último dato de aforo.

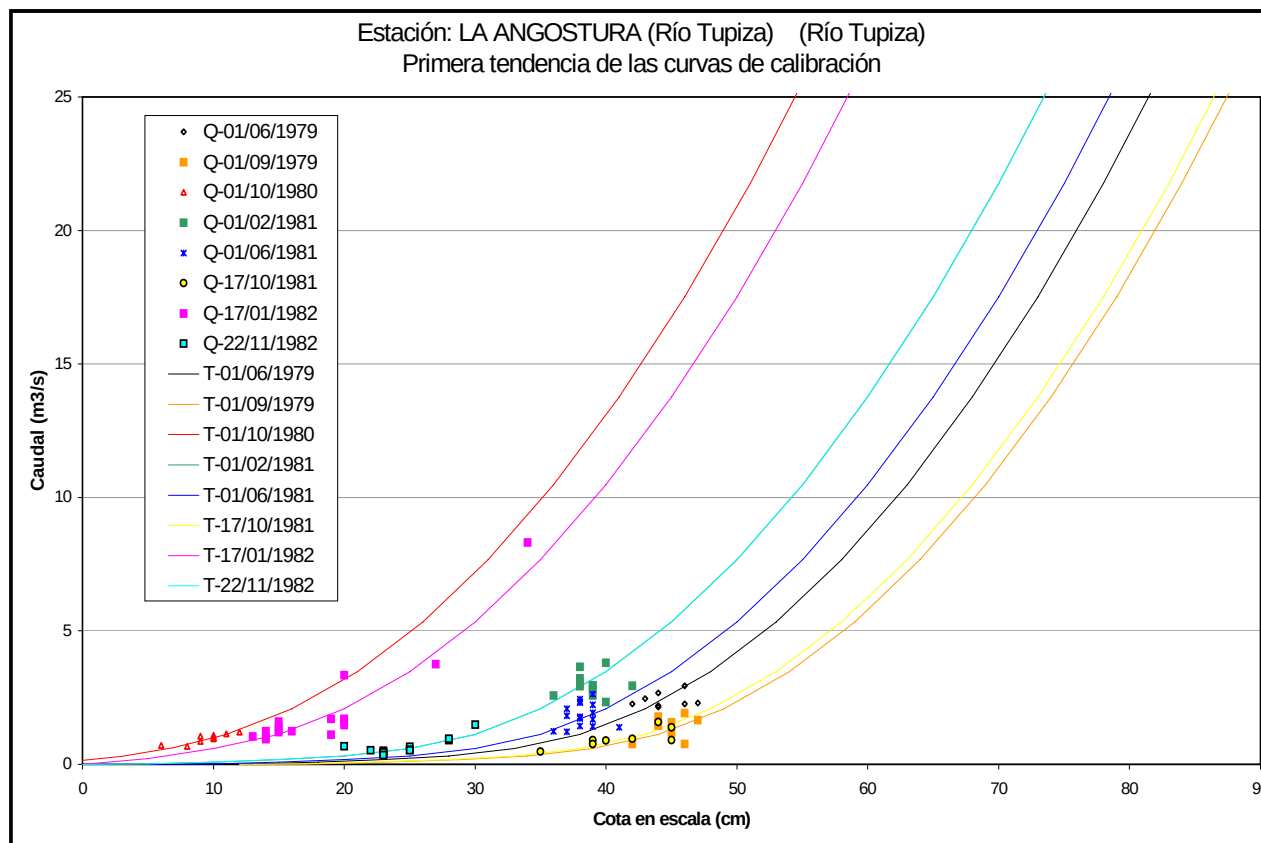


4.1.5 Curvas de calibración.

▪ Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

En el gráfico anterior se puede ver la poca cantidad de aforos que presenta la estación. A pesar de esto se ha hecho todo lo posible para construir las primeras curvas de tendencia con Excel, y son las siguientes (los puntos son los aforos disponibles).



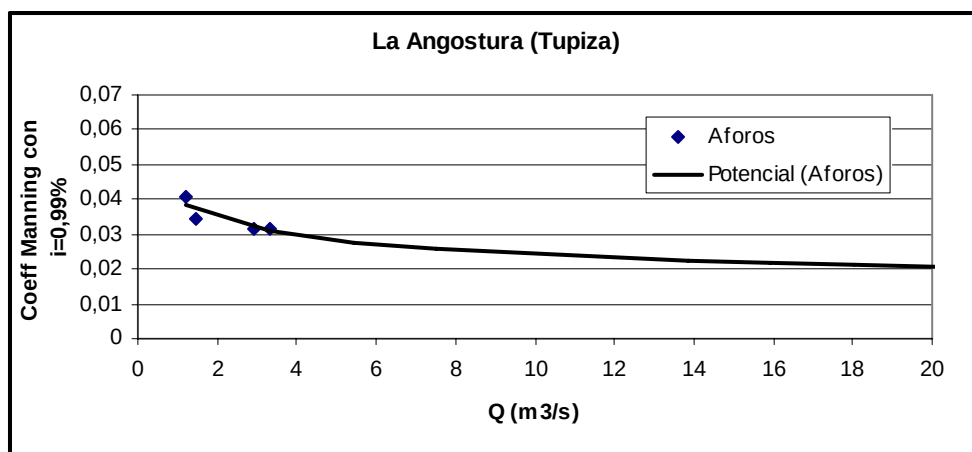
Primera tendencia de las curvas de calibración

Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

Los análisis por correlaciones de los caudales obtenidos con estas curvas mostraban claramente que los caudales de crecida estaban un poco altos. Lo que indicaba que debíamos ajustar la parte alta de estas curvas.

Ajuste con la formula de Manning :

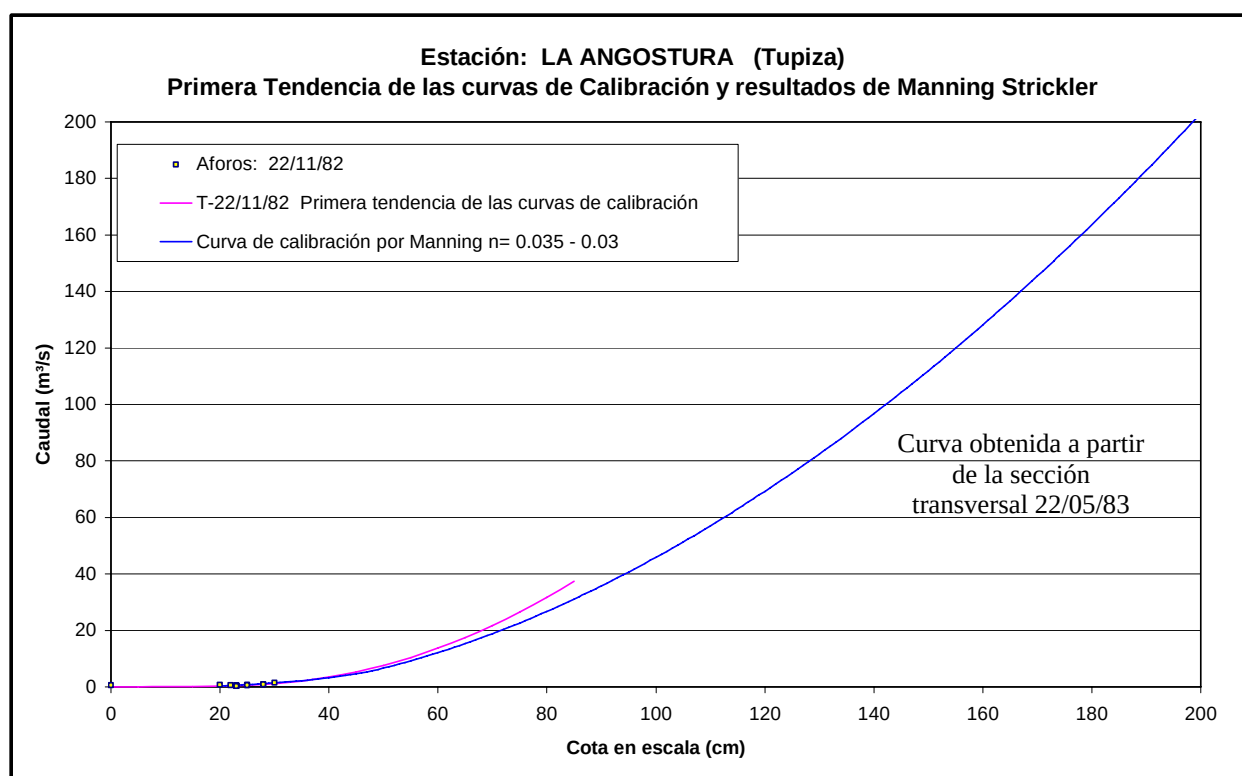
El coeficiente de Manning fue estimado a partir de los aforos disponibles para aguas medias, considerando la pendiente mediana en esta estación cerca de 0.99 %. La curva de tendencia del coeficiente de Manning en función del caudal está presentada en el gráfico abajo :



Variación de la rugosidad (n) en función del caudal(Q)

Entonces, para utilizar la formula de Manning para grandes caudales se utilizaron valores entre 0.03 y 0.035.

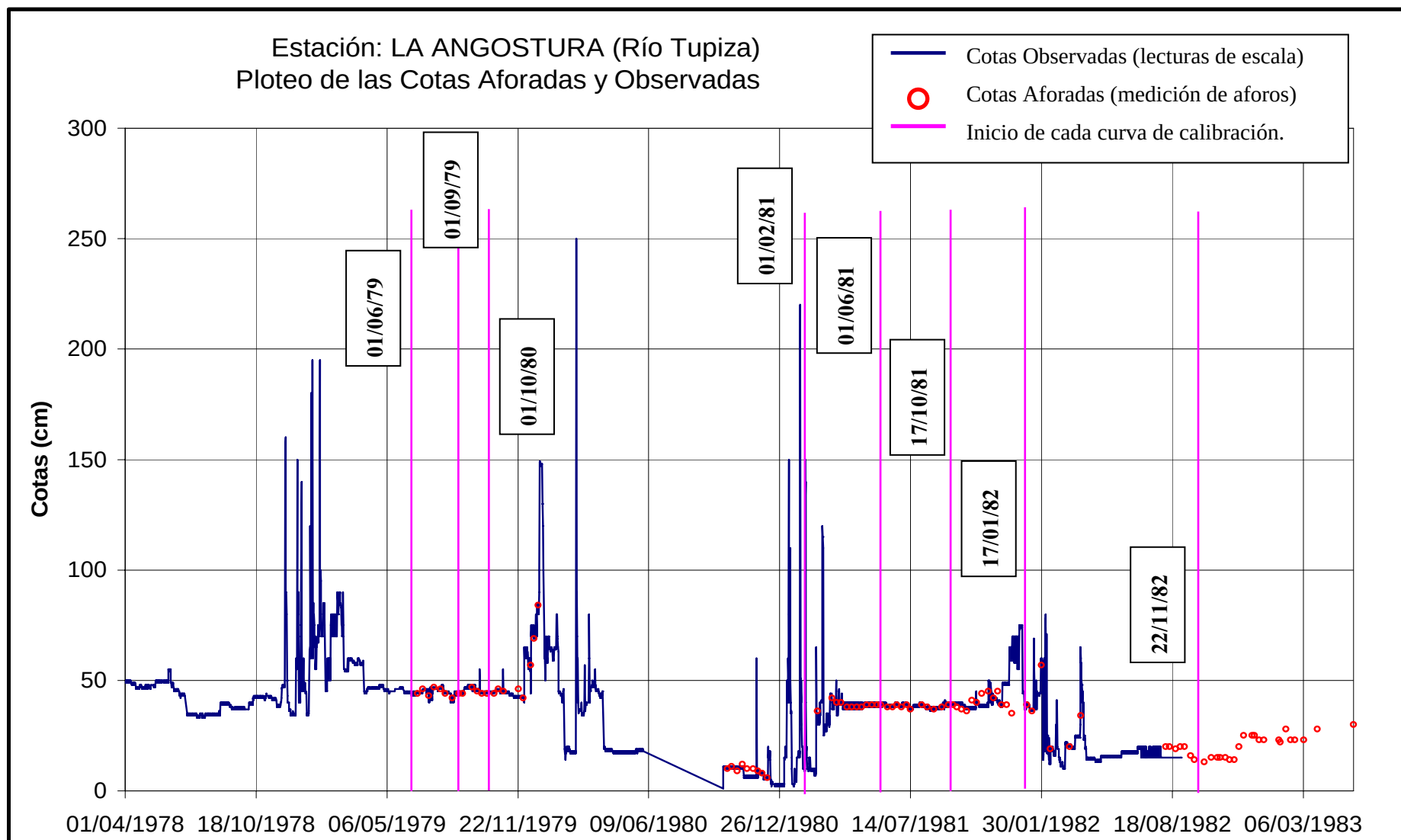
El gráfico siguiente presenta una de las primeras curvas de calibración dibujadas y la curva $h-Q_{Manning}$ obtenida para este rango de valores del coeficiente de Manning. La formula de Manning fue solamente aplicada a la sección del 22/05/83.



Primera curva de calibración y la curva $h-Q$ por Manning obtenida para el rango de valores $n= 0.035-0.03$.

En este gráfico la curva obtenida con Manning nos indica que las curvas de tendencia iniciales deben bajarse para la parte alta, como también el análisis de correlaciones lo confirmaba. Por lo tanto las curvas de tendencia se ajustaron en su parte alta siguiendo la forma de la curva obtenida por Manning (22/05/83), con un coeficiente de rugosidad que varía entre 0.035 y 0.03.

El gráfico siguiente nos permite visualizar de una mejor manera la frecuencia de las des-calibraciones en la estación.



Primera identificación de las des-calibraciones

▪ **Validación de las curvas de calibración mediante el análisis de consistencia.**

El análisis de consistencia nos ha permitido identificar problemas relevantes en los caudales, en los periodos donde se habían definido curvas de calibración que consideraban periodos muy largos (que sin embargo sirvieron para poder calcular caudales), por ejemplo:

En el gráfico anterior se puede ver:

- la curva 01/10/80 que sirve para calcular caudales hasta 01/02/81
- la curva 17/01/82 que sirve para calcular caudales hasta 22/11/82

La estación La Angostura tiende a des-calibrarse en periodos muy cortos, sin embargo estas dos curvas de calibración abarcan periodos muy largos. Para mejorar los caudales en estos periodos se crearon curvas de calibración (no hay aforos), suponiendo que la estación se des-calibró de igual manera que en los años pasados (bastante cantidad de aforos). Estas nuevas curvas de calibración fueron validadas por el análisis de consistencia a nivel anual y mensual y por correlaciones con los caudales diarios.

Entonces el análisis de consistencia nos ha permitido llegar a **22 curvas de calibración** que pretenden considerar todas las des-calibraciones en la estación.

Las curvas de calibración definitivas se presentan al final de esta ficha.

4.1.6 Cálculo de caudales diarios, mensuales y anuales – Relleno mensual.

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las últimas curvas de calibración y de las cotas observadas.

La estación cuenta con una serie completa de caudales, por lo tanto no fue necesario rellenarla.

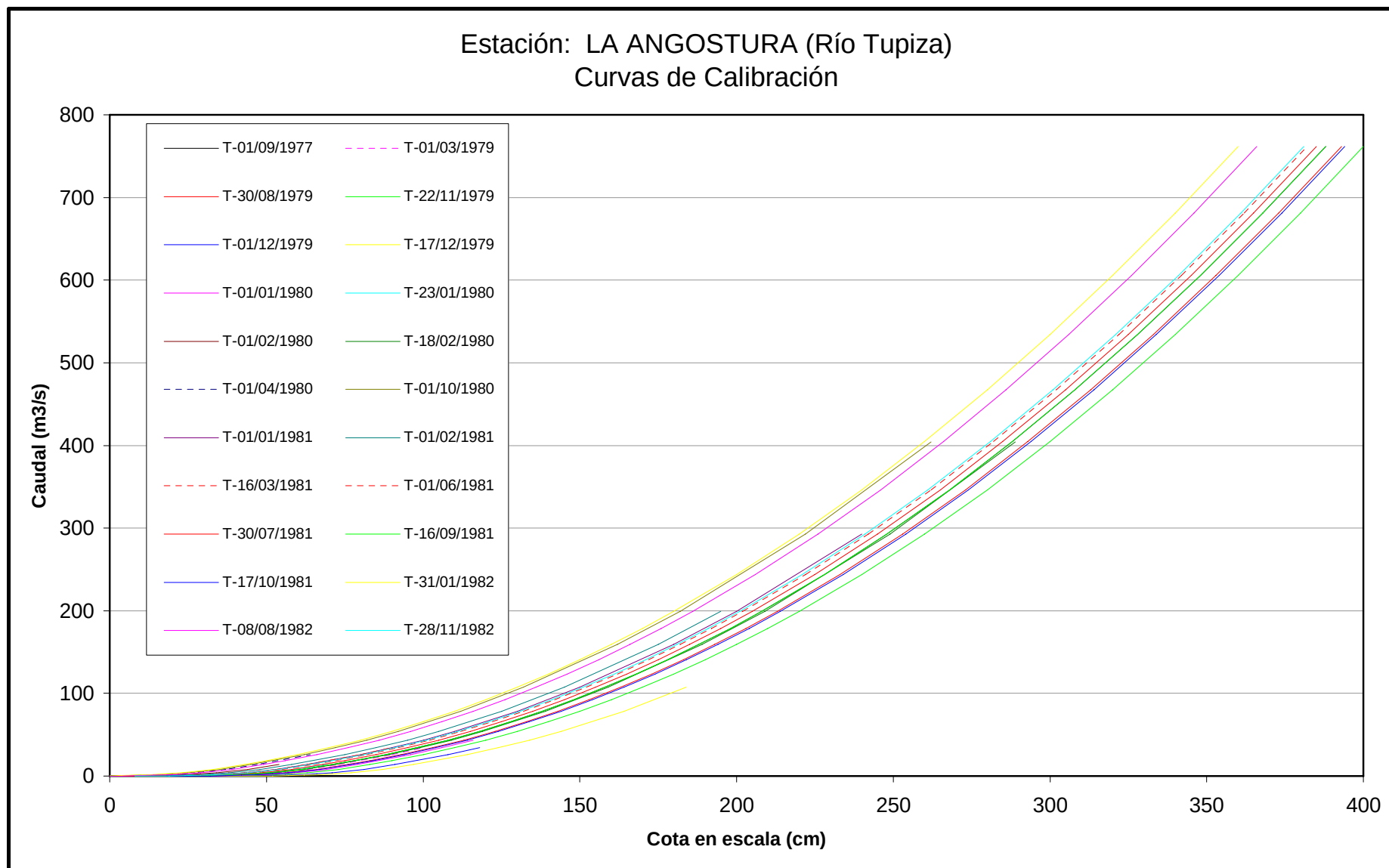
Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración ajustadas figuran al final de la ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

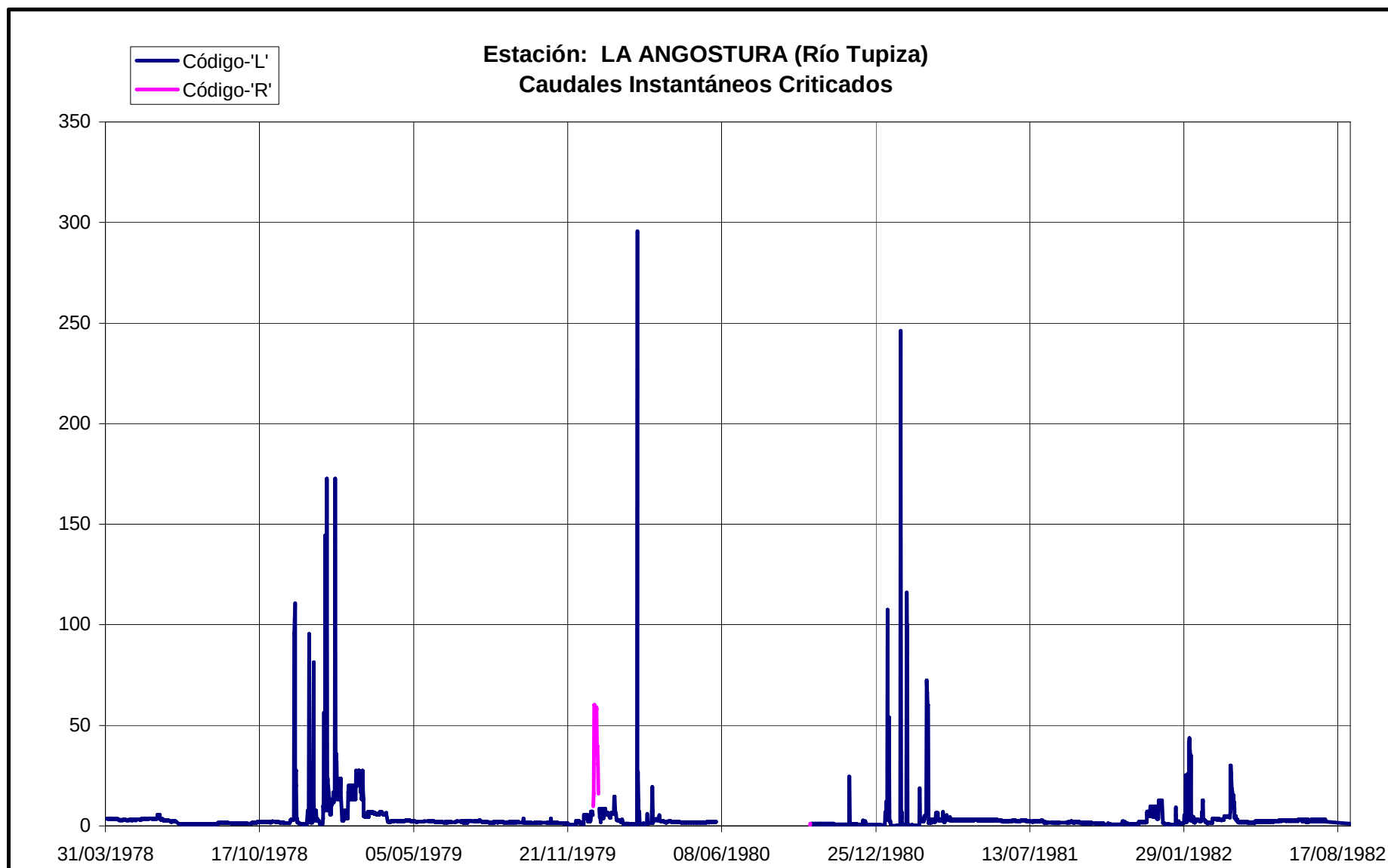
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Las buenas correlaciones nos permitieron averiguar la buena calidad de los datos cotas caudales? en los periodos 1/04/78 al 01/09/81, y la mala calidad de datos en el periodo de crecida correspondiente al año hidrológico 82. A pesar de esto se ha decidido conservar este año, porque la estación no presentaba discontinuidad en respecto al vector regional.

La estación en estudio cuenta con datos completos a partir del 31/03/1978, ya que todas las lagunas fueron rellenadas por interpolación.

Las series de caudales mensuales obtenidas esta completa de Mayo 1978 hasta Agosto 1982 (4 años hidrológicos completos).





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la Estación : La Angostura (Río Tupiza)

Año	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Módulo
1977-1978									3.362	3.103	0.919	1.051	
1978-1979	1.298	1.731	2.162	12.1	21.95	14.74	5.889	2.411	2.238	1.976	2.265	1.863	5.855
1979-1980	1.789	1.578	1.117	12.79	5.291	7.081	2.646	1.913	1.877	1.69	1.266	0.834	3.321
1980-1981	0.414	1.081	1.241	0.661	8.183	5.372	7.059	2.835	2.959	2.442	2.347	1.665	3.016
1981-1982	1.716	0.996	0.984	5.951	2.098	6.125	4.51	3.576	2.165	2.634	2.511	1.608	2.887

Nota: Los caudales en verde son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel instantáneo y mediante interpolación lineal.

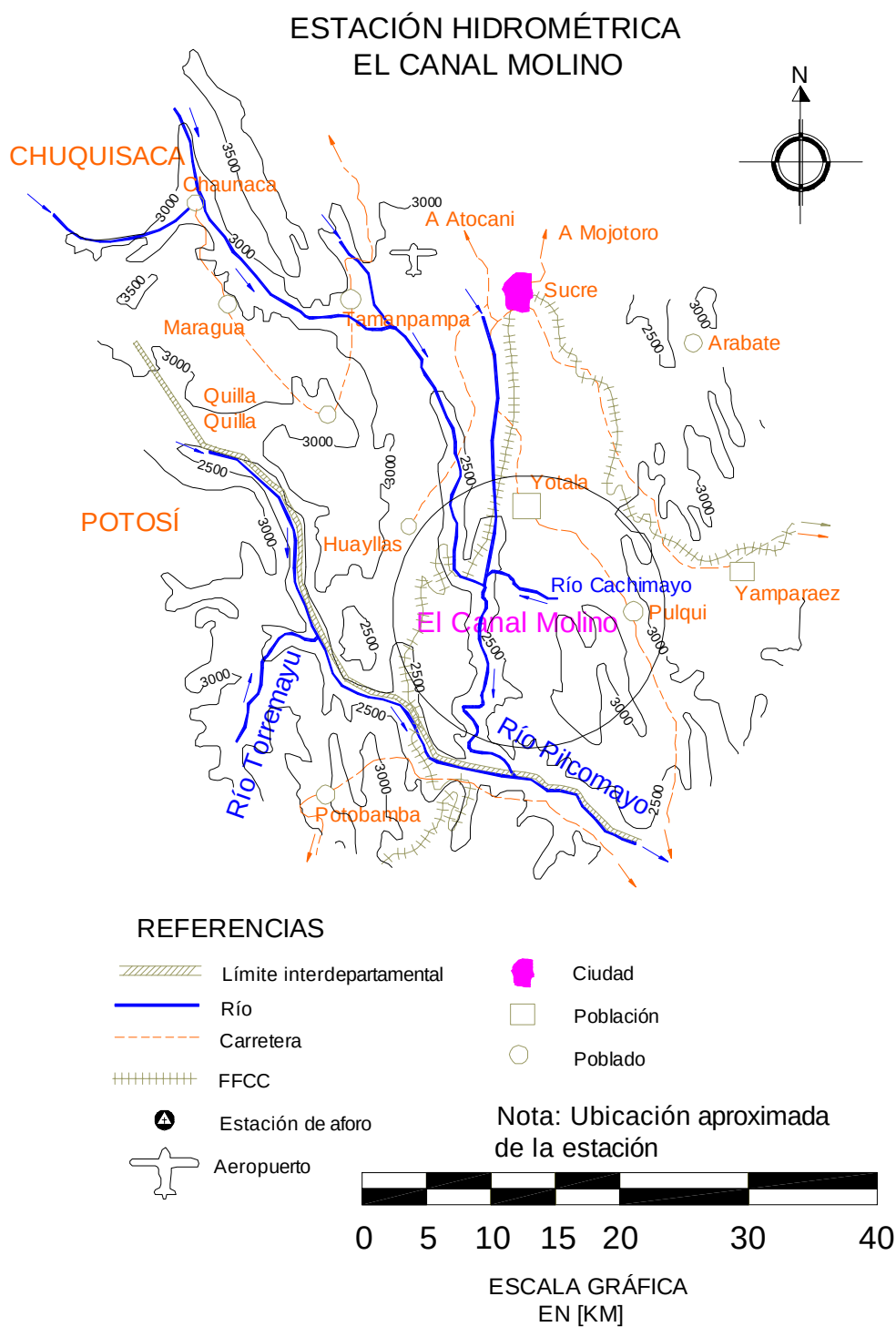
4.2 El Canal Molino

4.2.1 Características generales

Estación	EL CANAL MOLINO	
Características hidrográficas	Río	???
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Cachimayo
	Área de la cuenca (km2)	?
Características geográficas	Latitud (decimales)	-16.03 (Dudosa-mala)
	Longitud (decimales)	- 67.6331 (Dudosa-mala)
	Altura (m.s.n.m.)	?
	País	Bolivia
	Departamento	Chuquisaca
	Provincia	Oropeza
Acceso	No se tiene la ubicación correcta.	
Administrador	SENAMHI - CHUQUISACA	
Fecha de apertura	14 de Julio de 1977	
Cierre /rehabilitación	La estación dejó de funcionar el 26 de Noviembre de 1978.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 14/07/77-26/11/78	Cotas leídas en escalas limnimétricas.
	Aforos :	No se cuentan con información de lecturas de aforo.
Informaciones complementarias disponibles	- No se tiene información exacta sobre la ubicación de la estación. - No ha sido visitada recién.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)

No se tiene bastante información



4.2.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ **Batimetría disponible :**

No cuenta con datos de aforos.

▪ **Estabilidad de la sección**

No se tiene información.

4.2.3 Tratamiento de las lecturas de escala

Primera-ultima cota disponible : 14/07/77-26/11/78

Porcentaje de lagunas : 53.7 %

Calidad general de los datos : Presenta datos que parecen buenos.

Tratamiento de los datos :

La estación Canal Molino (río Ñucchu), presenta datos de lectura de escala en periodos muy cortos y varias lagunas que no pudieron ser rellenadas por no conocer su ubicación precisa. Esta falta de ubicación precisa nos impidió identificar la posición relativa de la estación con las otras estaciones de la zona (estación Ñucchu principalmente). Por esta razón no se hicieron correlaciones con sus estaciones vecinas. Al examen visual de los gráficos se observó que las cotas de El Canal Molino presenta datos coherentes con las cotas de la estación de Ñucchu.

Los datos disponibles fueron tratadas de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
14/07/77		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
14/07/77-12/12/77		Datos dudosos con lagunas de algunos días.
	13/12/77-05/05/78	Laguna que no pudo ser rellenada por falta de ubicación precisa y estimadores.
06/05/78-17/06/78		Datos dudosos con lagunas de algunos días.
	18/06/78-05/09/78	Laguna que no pudo ser rellenada por falta de ubicación precisa y estaciones estimadores.
06/09/78-27/11/78		Datos dudosos con lagunas de algunos días

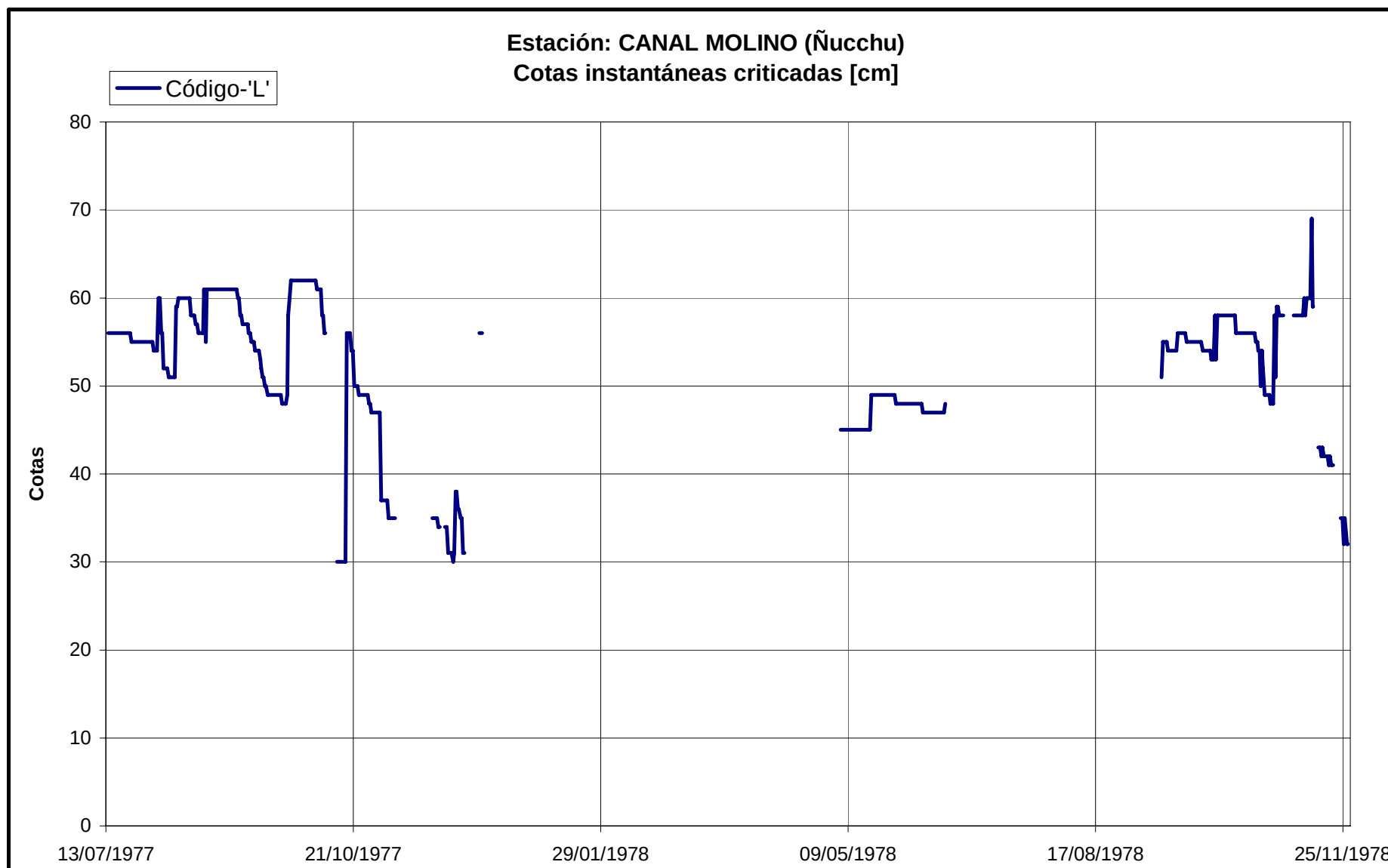
4.2.4 Aforos disponibles.

No cuenta con información de aforos.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

El periodo por el cual se tienen cotas es muy corto (un año y 4 meses), y los datos parecen dudosos y poco utilizables. Cuenta con lagunas de 8 meses que no pudieron ser rellenadas por falta de buena ubicación y pocas estaciones estimadoras.

No había aforos, así que no se elaboraron series de caudales.



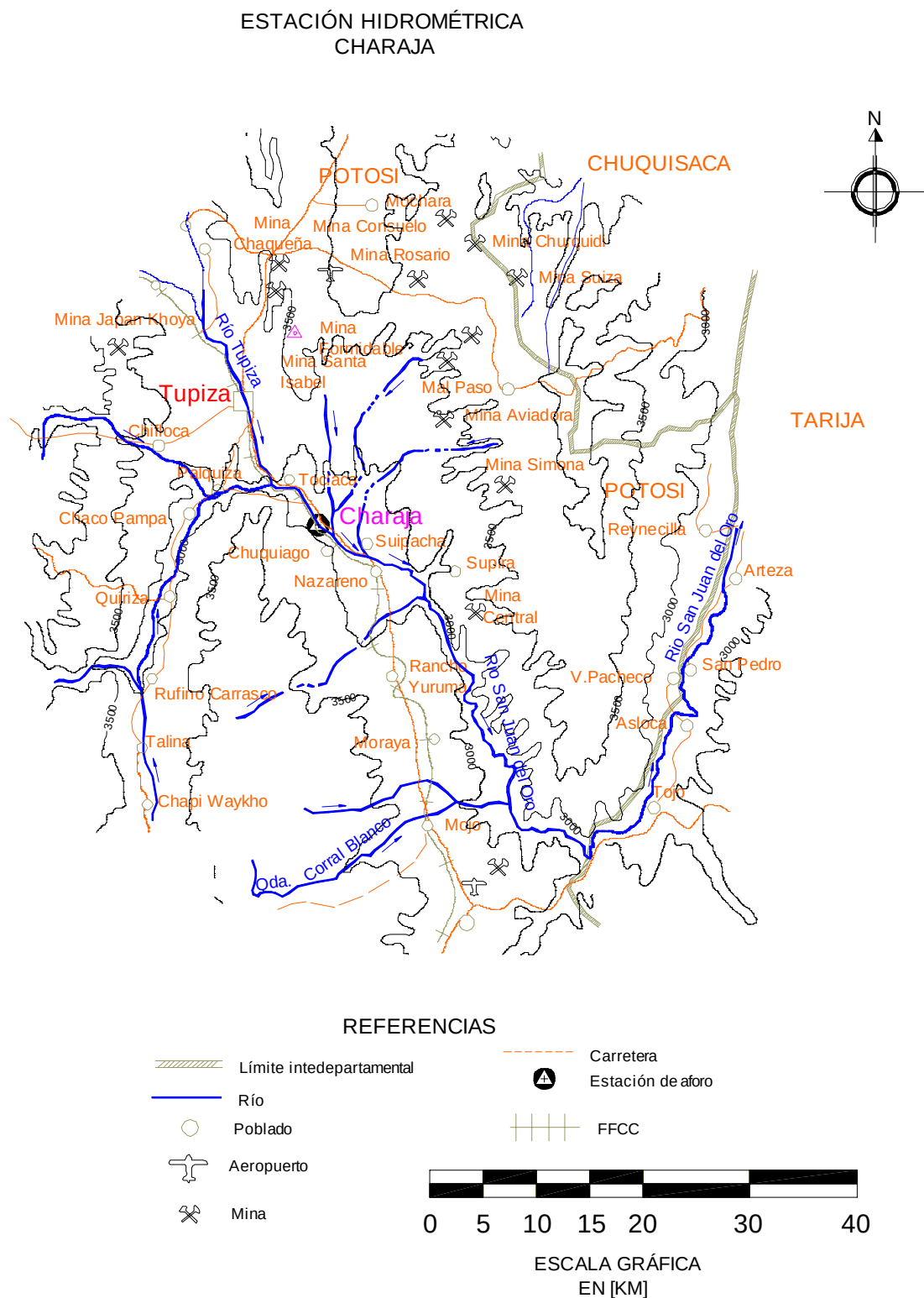
4.3 Charaja

4.3.1 Características generales

Estación	CHARAJA	
Características hidrográficas	Río	Río San Juan del Oro
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río San Juan del Oro
	Área de la cuenca (km2)	15 974
Características geográficas	Latitud (decimales) Fuente de información : Archivos SENAMHI-La Paz	-21.5878
	Longitud (decimales) Fuente de información : Archivos SENAMHI-La Paz	-65.5775
	Altura (m.s.n.m.) Fuente de información : Archivos SENAMHI-La Paz	3420 (muy dudosa, no coherente)
	País	Bolivia
	Departamento	Potosí
	Provincia	Sur Chichas
Acceso	El sitio se encuentra en la ruta Tupiza–Nazareno–Toclaca, transitable todo el año	
Administrador	SENAMHI - POTOSI	
Fecha de apertura	En Abril de 1980	
Cierre /rehabilitación	La estación dejó de funcionar en Agosto 1984.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 07/04/80-31/08/84	Cotas leídas en escalas limnimétricas.
	Aforos :	No se cuentan con información de lecturas de aforo.
Informaciones complementarias disponibles	- Actualmente no ha sido visitada. - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)

No cuenta con información precisa.



4.3.2 Evolución del perfil transversal del río

- **Batimetría disponible :** No tiene información.
- **Estabilidad de la sección:** No tiene información.

4.3.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 07/04/80-31/08/84

Porcentaje de lagunas : 7.7 %

Calidad general de los datos : Presenta datos buenos.

Tratamiento de los datos :

La estación Charaja (río san Juan del oro) presenta buenos datos de lecturas de escala, con poca cantidad de lagunas.

Para corregir y/o rellenar las cotas disponibles, se utilizaron como estaciones estimadoras (por correlaciones simples) las siguientes :

- Tupiza
- La Angostura
- El Puente San Juan del Oro

Una sola estación está ubicada sobre el mismo río (brazo): la estación El Puente (río San Juan del Oro). Para obtener mejores resultados en las correlaciones se utilizaron dos estaciones ubicadas en un afluente a su río: la estación Tupiza y la Angostura (Tupiza). Las correlaciones obtenidas a partir de estas estaciones dieron buenos resultados, lo que nos permitió decir que la calidad de los datos es buena.

Las estación presenta dos lagunas de las cuales:

- la primera pudo ser rellenada debido a que las correlaciones en este periodo son buenas.
- la segunda no se rellenó debido a que en este periodo las estaciones estimadoras no tienen datos.

Los datos disponibles fueron tratadas de la manera siguiente:

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
08/04/80		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
09/04/80 18/07/80		Datos confiables, guardado.
	19/07/80-01/08/80	Laguna rellenada ha partir de correlaciones con la estación Tupiza
02/08/80-29/04/82		Datos confiables, guardado.
	30/04/82-01/09/82	No se ha rellenado.
02/09/82-31/08/84		Datos confiables, guardado. FIN DE LAS LECTURAS DE ESCALA.

4.3.4 Aforos disponibles.

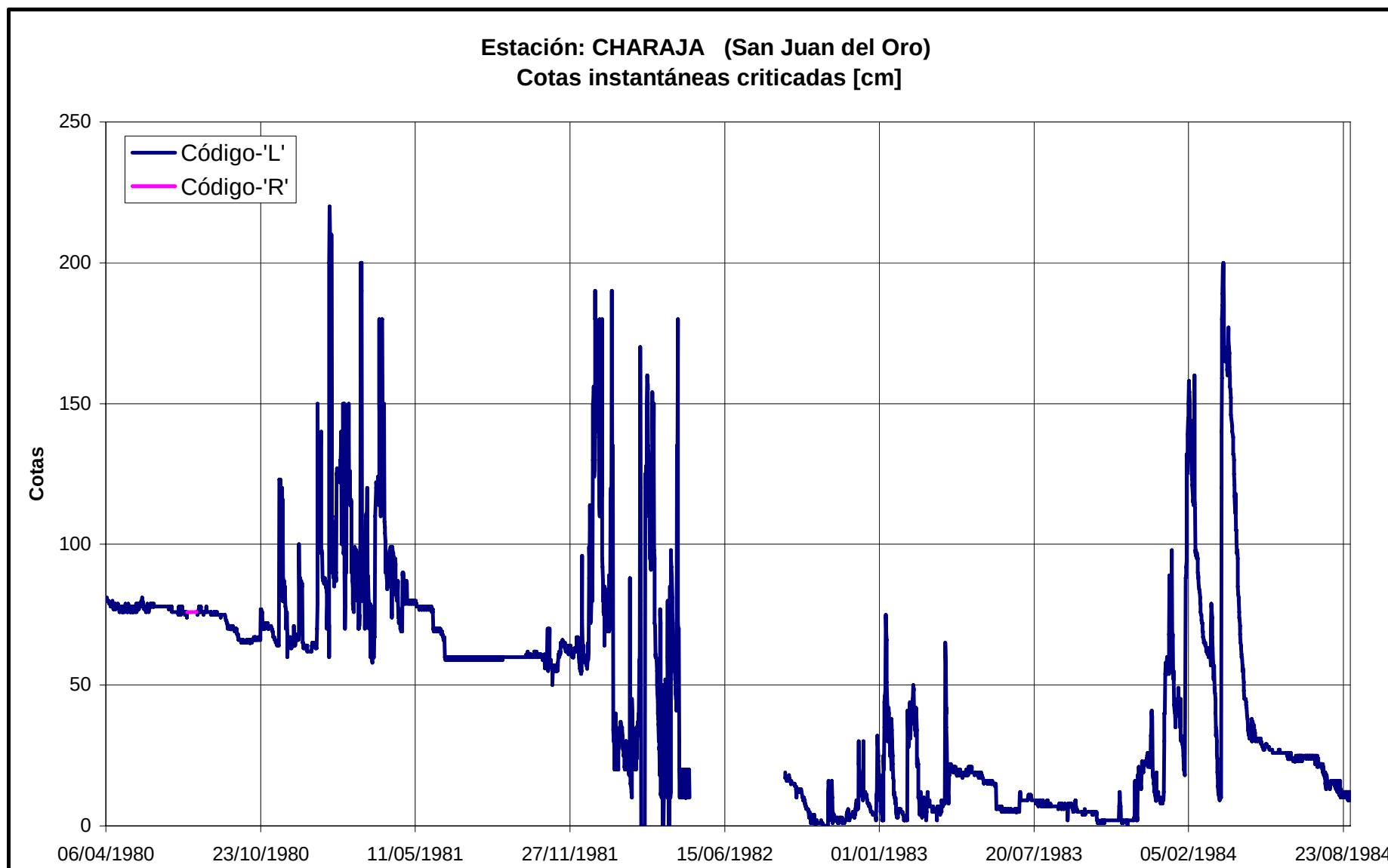
No cuenta con información de aforos.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Los datos de cotas son confiables en todo el periodo ya que tienen cierta relación entre las estaciones Chilcara y El Puente San Juan del Oro.

Se rellenaron todas las lagunas debido a las buenas correlaciones obtenidas a partir de sus estaciones vecinas.

No se tenían aforos, así que no se elaboraron series de caudales.

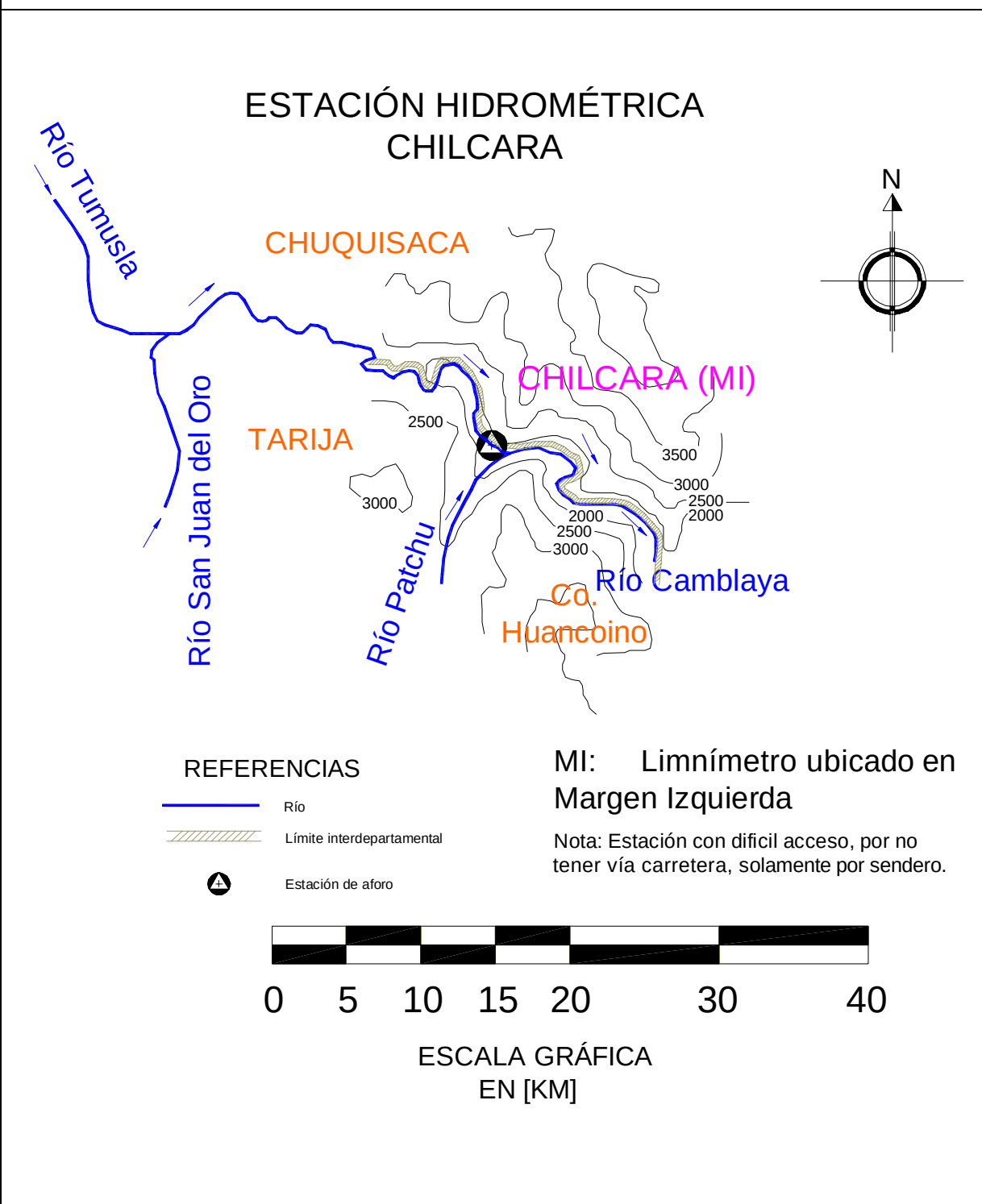


4.4 Chilcara

4.4.1 Características generales

Estación	CHILCARA	
Características hidrográficas	Río	Camblaya
	Cuenca	Pilcomayo
	Sub-cuenca	Pilaya-Camblaya
	Área de la cuenca (km2)	47 215
Características geográficas	Latitud (decimales) con G.P.S Fuente de Inf.: Archivos del SENAMHI La Paz	-21.2361
	Longitud (decimales) con G.P.S Fuente de Inf.: Archivos del SENAMHI La Paz	-65.2072
	Altura (m.s.n.m.) Fuente de Inf.: Archivos del SENAMHI La Paz	3420 (muy dudosa, no coherente)
	País	Bolivia
	Departamento	Chuquisaca
	Provincia	Sur Cinti
Acceso	Carretera Sucre-Potosí-Culpina-Lienega, camino improvisado por el lecho del río transitable solo en época de estiaje (seca). Lienega-Chilcara: 4 horas de caminata por senderos en el lecho.	
Administrador	SENAMHI - TARIJA	
Fecha de apertura	17 de Mayo de 1975	
Cierre /rehabilitación	La estación dejó de funcionar en Julio de 1994.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 01/06/75-01/08/94	Cotas leídas en una escala limnimétrica de 5 metros ubicada en margen izquierda del río
	Aforos : 17/05/75-31/07/94	Los aforos fueron hechos con un sistema de cable-carro-torno y una molinete (ninguna indicación sobre marca)
Informaciones complementarias disponibles	- La estación fue visitada recientemente. - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



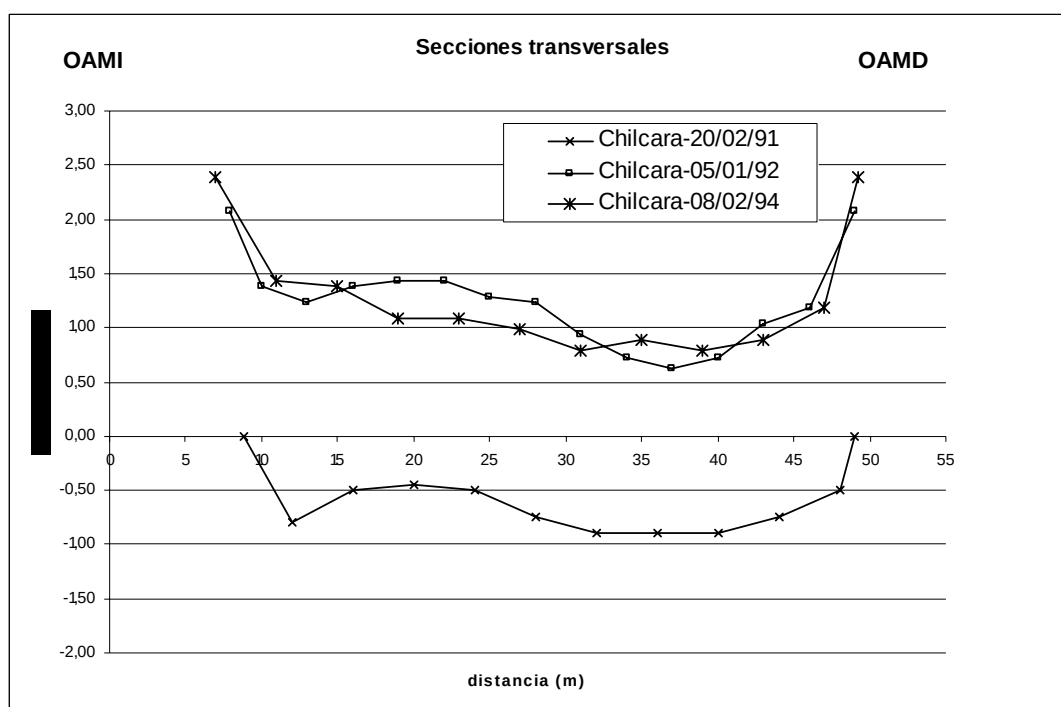
4.4.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ Batimetría disponible :

Se disponía de secciones elaboradas a partir de datos brutos de aforos para los 90 de los cuales solamente se escogieron las secciones de crecidas, como se detalla a continuación:

- 20/02/1991
- 05/01/1992
- 08/02/1994

El gráfico siguiente muestra los perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas). Solo el perfil de 1991 no está ajustado con la escala.



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ Estabilidad de la sección

La sección parece bastante estable. No hay erosión en ninguna de las orillas por ser roca pero se nota sedimentación y excavación del fondo (banco de sedimentos en margen izquierda). Los archivos indican que aguas abajo de la estación de Chilcara hay un estrecho que puede actuar como un vertedero natural haciendo subir el nivel del agua y bajar las velocidades del flujo, lo que da sensibilidad a la sección.

4.4.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 01/06/75-01/08/94

Porcentaje de lagunas : 37.5 %

Calidad general de los datos : Presenta datos buenos.

Tratamiento de los datos : análisis por correlaciones lineales y análisis de consistencia.

La estación Chilcara (río Camblaya) presenta datos de lecturas de escala de buena calidad, con pocas lagunas.

Para ver la calidad de los datos, corregir y/o rellenar las cotas disponibles, se utilizó correlaciones simples con las siguientes estaciones vecinas (estimadoras):

- Palca Grande
- El Puente (San Juan del Oro)
- San Josecito
- Villamontes

Las correlaciones realizadas a partir de estas estaciones dieron buenos resultados, especialmente con la estación de San Josecito (Pilaya) debido a que se encuentra sobre el mismo brazo y con la estación de Villamontes (Pilcomayo). Por lo tanto nos permite decir que los datos de la estación Chilcara son de buena calidad e importantes en casi todo el periodo.

Las correlaciones también nos permitieron identificar periodos de datos de mala calidad que fueron sustituidos por la estimación de Villamontes. También se logró rellenar lagunas en épocas de estiaje y crecida con las estimaciones a partir de San Josecito y Villamontes. La estimación obtenida con la estación de Villamontes que se utilizó para sustituir datos de mala calidad y para rellenar lagunas fue ajustada con los datos de cotas de los aforos de la estación observada Chilcara debido a que la estimación no era muy buena.

Sin embargo, existen dos lagunas que no pudieron ser rellenadas debido a que:

- Las estimaciones obtenidas para épocas de crecida no daban buenos resultados, para ajustar estas estimaciones necesitábamos contar con datos de cotas de los aforos pero generalmente no se tenían aforos para épocas de crecidas, por lo que no se pudo rellenar las lagunas que caían en estos periodos.
- El periodo de laguna corresponde a más de 5 años.

Las correlaciones para aguas bajas, permitieron rellenar las demás lagunas.

A continuación se muestra el tratamiento final de los datos de cotas a nivel instantáneo:

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
01/06/75		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
01/06/75-31/10/76		Datos confiables.
	01/11/76-31/05/77	No se rellenó debido a que las estimaciones eran exageradas para periodos de crecida.
01/06/77-30/12/80		Datos confiables.
	30/12/80-01/01/81	Se rellenó por correlaciones con la estación de San Josecito.
02/01/81-31/03/82		Datos confiables.
	01/04/82-30/04/82	Laguna rellenada por correlaciones con la estación de San Josecito.
01/05/82-20/03/84		Datos confiables.
	21/03/84-22/03/84	Laguna rellenada por interpolación.
27/12/84-30/06/85		Datos confiables.
	01/07/85-31/08/85	Laguna rellenada por correlaciones con la estación de San Josecito.
01/09/85-31/10/85		Datos confiables.
	01/11/85-30/08/91	No se rellenó por ser una laguna muy larga.

	31/08/91-01/12/91	Se ha rellenado mediante correlaciones con la estación de Villamontes, tomando en cuenta que la estimación obtenida sigue la forma de las cotas de los aforos de la estación de Chilcara. El relleno se realizó con el objeto de contar con el año hidrológico de 1992 completo.
02/12/91-31/12/92		Datos confiables.
	01/01/93-31/03/93	Laguna rellenada por correlaciones con la estación de Villamontes, tomando en cuenta que la estimación obtenida siga la forma de las cotas de los aforos de la estación de Chilcara. El relleno se realizó con el objeto de contar con el año hidrológico de 1993 completo.
01/04/93-31/08/93		Datos confiables.
1/09/93-01/08/94		Las correlaciones realizadas nos muestran que en este periodo los datos son de mala calidad, pero no fueron sustituidos, debido a que sus estaciones estimadoras, no se encontraban sobre el mismo tramo.

4.4.4 Aforos disponibles.

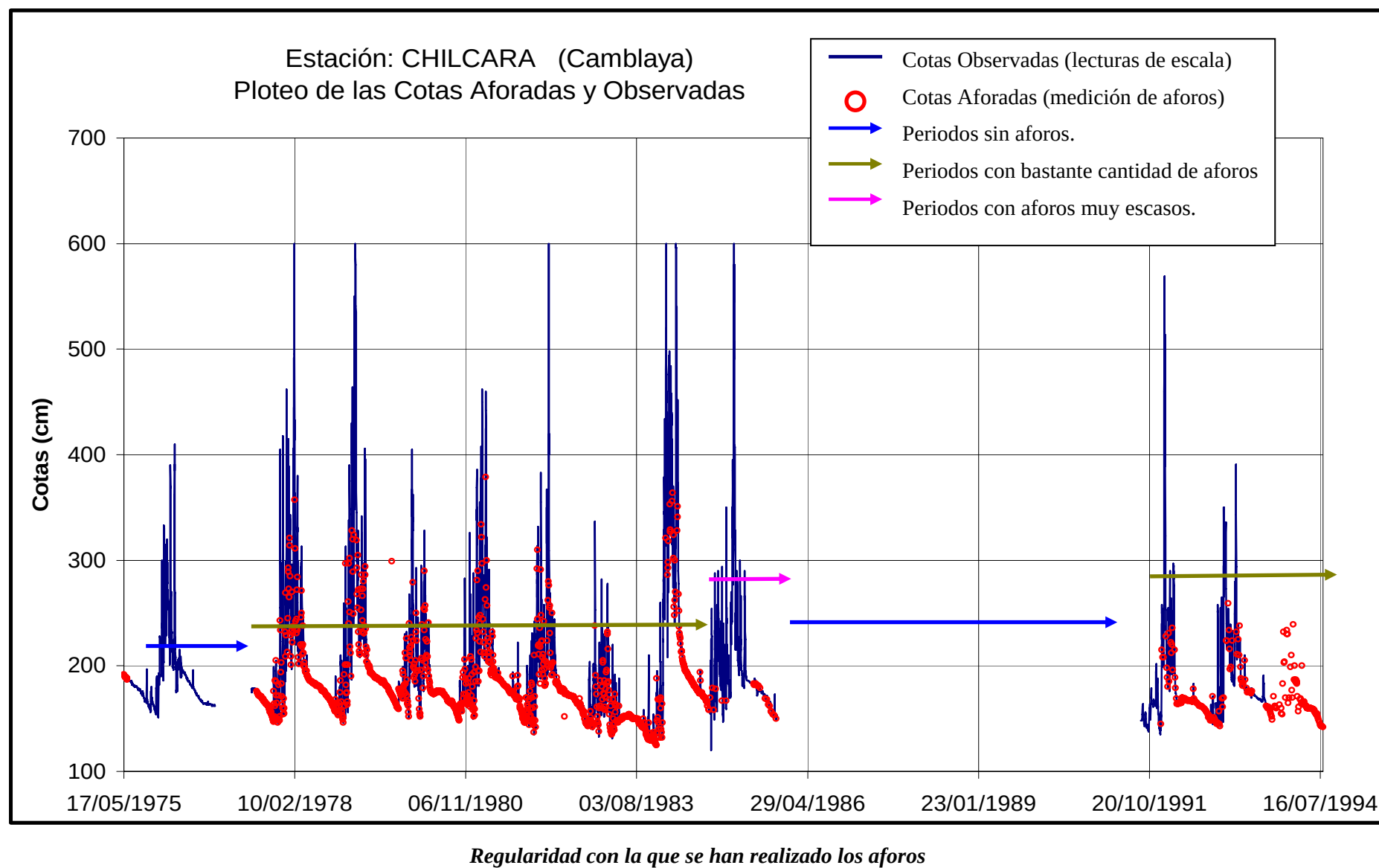
Aforos disponibles : 17/05/1975-31/07/1994

Calidad de los datos : Muy buenos, pero no se tiene aforos para más que 520 m³/s ni para mas de 390 cm. en lecturas de escala.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Buena cantidad de datos	Datos faltantes	Observaciones
17/05/75-06/06/75		Buena cantidad de aforos (cada dos días) excepto durante los periodos de crecidas.
	07/06/75-01/07/77	No hay aforos
02/07/77-08/11/84		Muy buena cantidad de aforos (cada dos días) excepto durante los periodos de crecidas.
	09/11/84-15/06/85	Aforos muy escasos (4 aforos para el periodo)
16/06/85-11/06/93		Aforos insuficientes, 5 aforos por mes, durante periodos de estiaje, ningún aforos en periodos de crecidas
	11/06/93-02/09/93	No hay aforos
009/93-31/07/94		Buena cantidad de datos

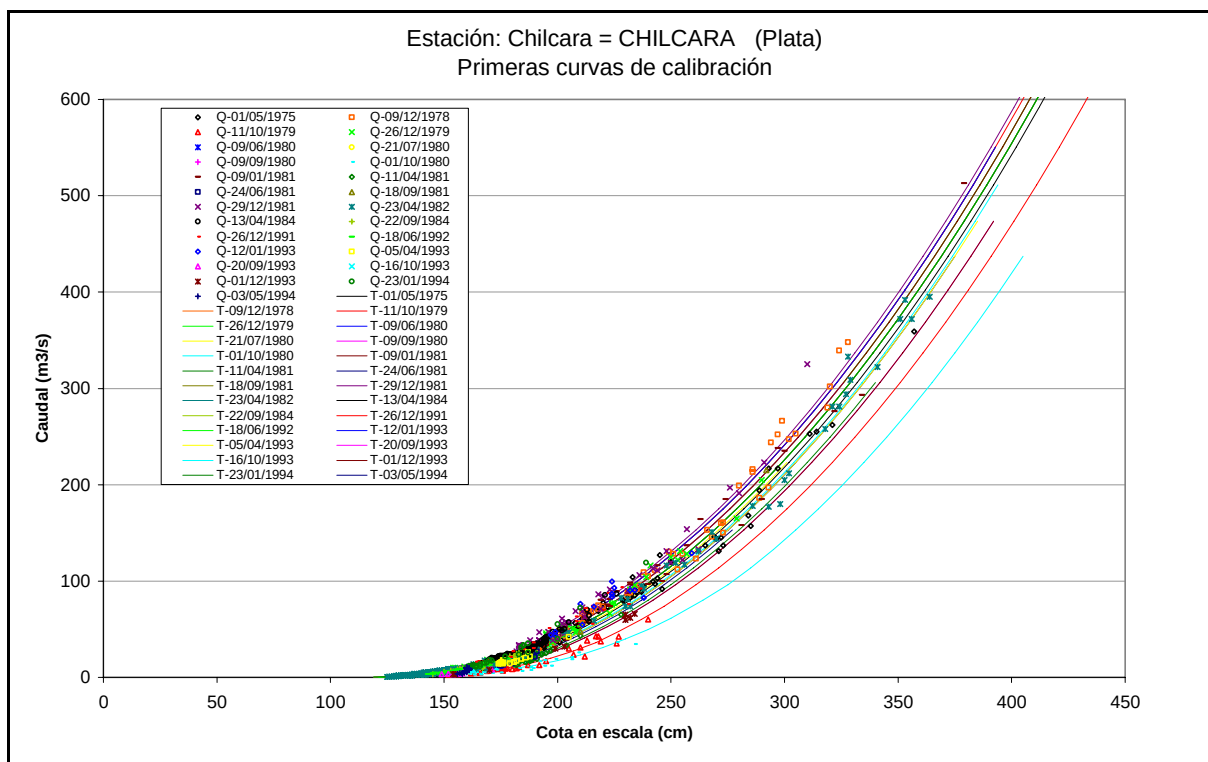


4.4.5 Curvas de calibración.

Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

Los aforos disponibles son de buena cantidad y calidad, lo que permitió trazar curvas bien definidas y confiables. Las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel a partir de las series de aforos eran las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) :



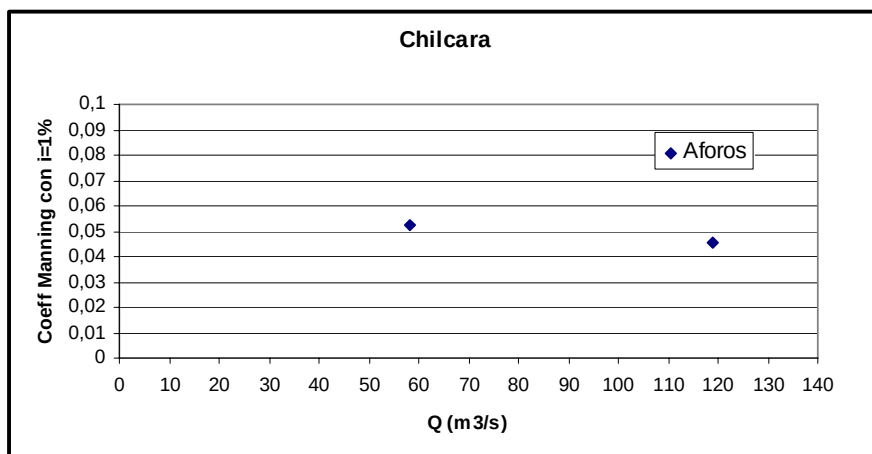
Primera tendencia de las curvas de calibración

Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

Los análisis por correlaciones de los caudales obtenidos con estas curvas mostraban que los caudales son un poco altos en comparación con las estaciones aguas abajo. Sin embargo la buena calidad de los aforos nos hizo pensar que las curvas estaban bien definidas, dada la buena estabilidad y sensibilidad de la sección por el estrechamiento del lecho aguas abajo.

Ajuste con la formula de Manning :

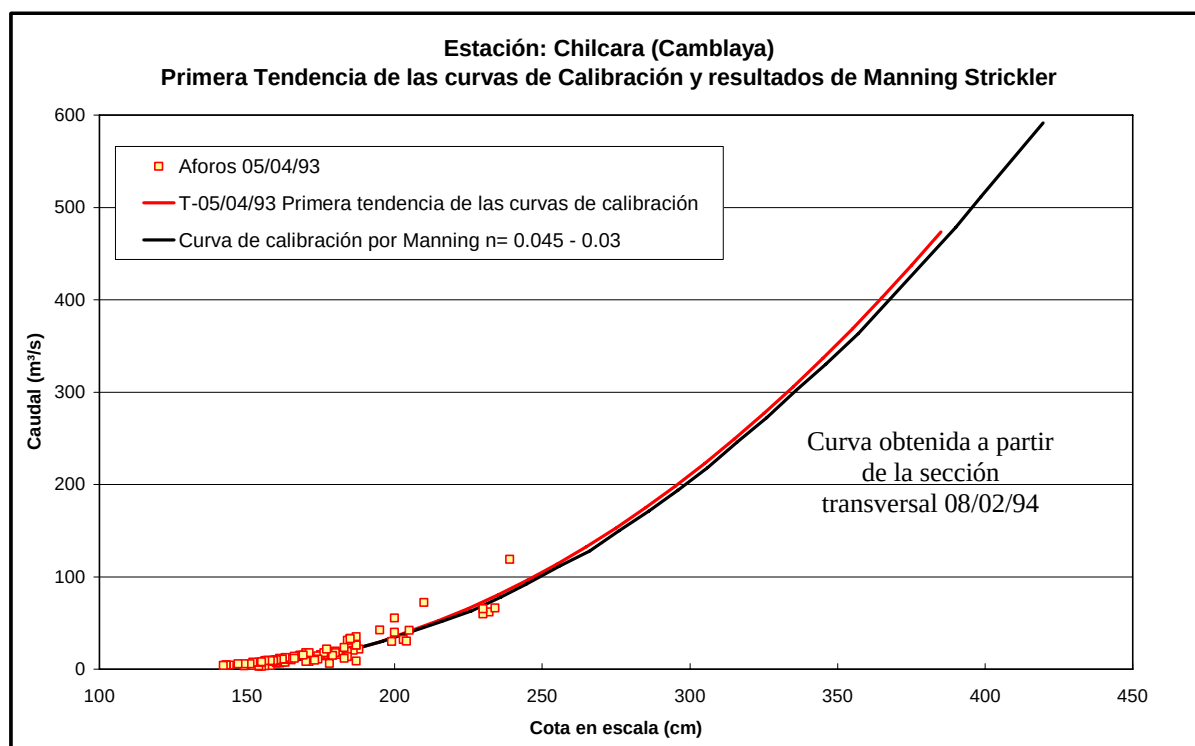
El coeficiente de Manning fue estimado a partir de los aforos disponibles (hojas de observaciones) que eran muy pocas. Solo dos hojas de campo se encontraron. La pendiente mediana en esta estación será adoptada cerca de 1 %. Los puntos disponibles a partir de los aforos están presentados en el gráfico abajo :



Variación de la rugosidad (n) en función del caudal (Q)

Entonces, para utilizar la formula de Manning para grandes caudales se utilizaron valores entre 0.03 y 0.045.

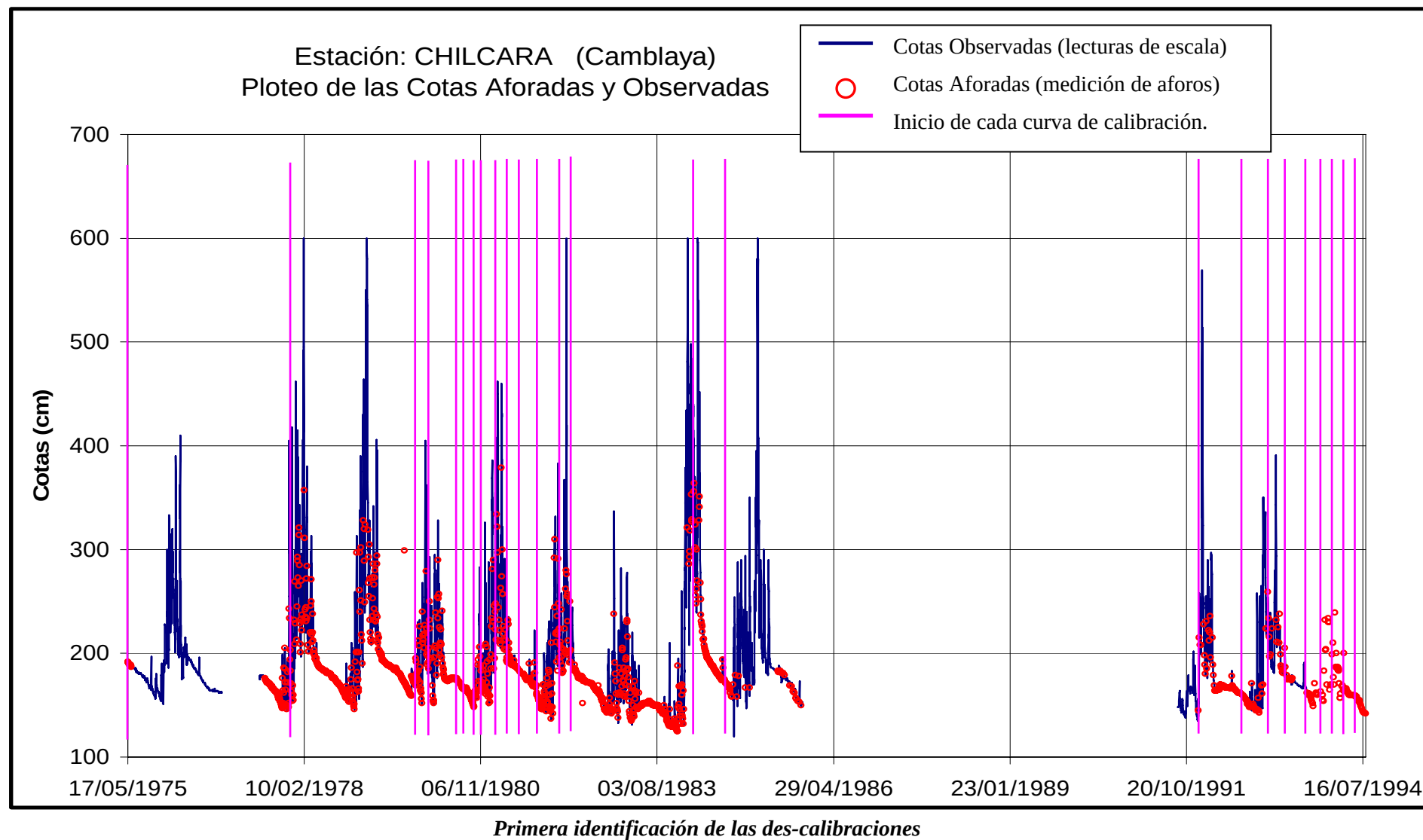
El gráfico siguiente presenta una de las primeras curvas de calibración dibujadas y la curva $h-Q_{\text{Manning}}$ obtenida para este rango de valores del coeficiente de rugosidad. La formula de Manning fue solamente aplicada a la sección del 08/02/1994.



Primera curva de calibración y la curva $h-Q$ por Manning obtenida para el rango de valores $n= 0.045-0.03$

En este gráfico, el análisis de Manning muestra que la curva inicial es igual a la curva que se obtuvo con Manning para un coeficiente de rugosidad variable entre 0.045 y 0.03. Por lo tanto se guardaron las primeras curvas de tendencia empíricas.

El gráfico siguiente nos permitirá visualizar de una mejor manera la frecuencia de las des-calibraciones.

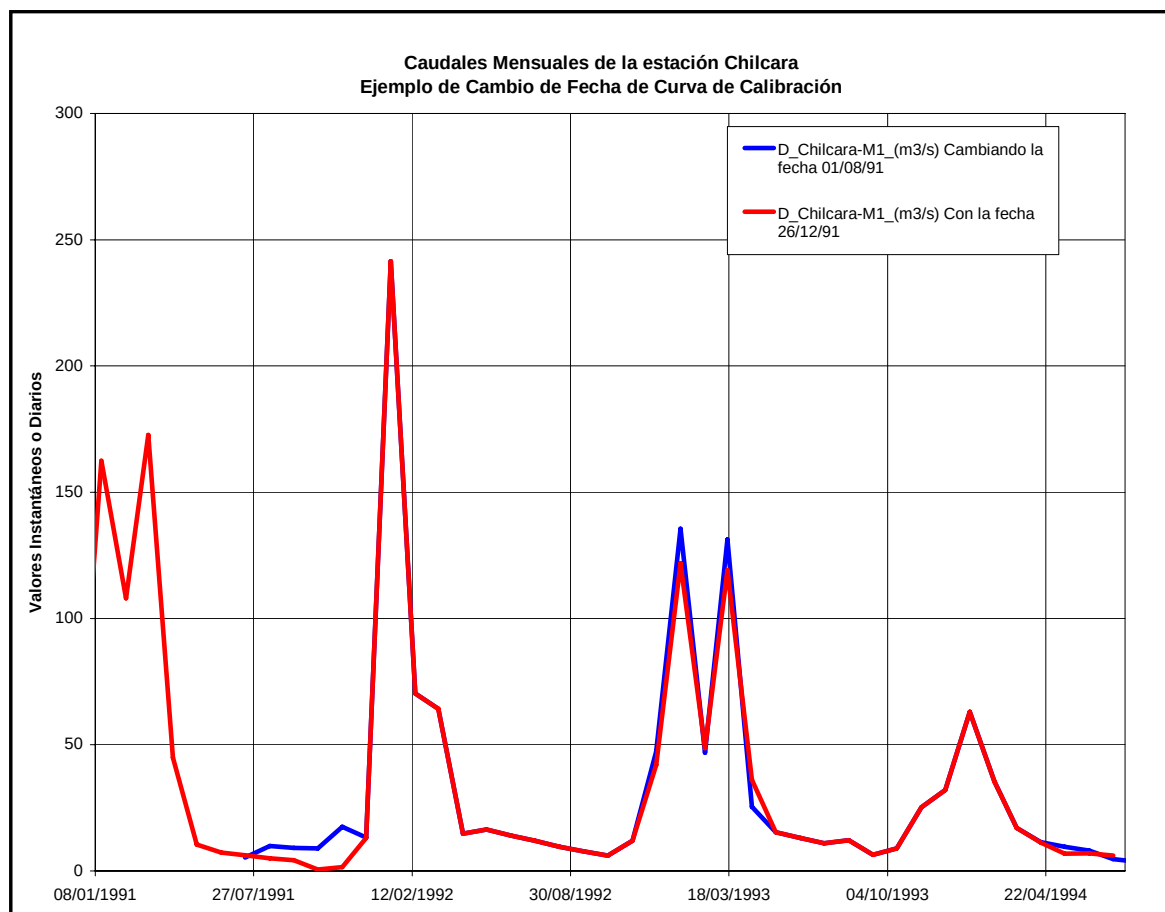


▪ **Validación de las curvas de calibración mediante el análisis de consistencia.**

El análisis de consistencia de caudales nos permitió identificar algunas incoherencias en las curvas de calibración (gráfico anterior), como ser:

- La fecha de las curvas de calibración no se encontraban bien definidas,
- Todavía se estaba tomando en cuenta curvas de calibración para aforos mal realizados, por lo que tuvimos que eliminar estas curvas de calibración y no considerar estos aforos.

A continuación se muestra un ejemplo de error en la fecha de la curva de calibración:



Ejemplo de Cambio de fecha de la curva de calibración: Se puede observar que con la fecha de 26/12/91 el caudal para la época de estiaje es muy bajo, y si cambiamos la fecha al 01/08/91 el caudal aumenta, tomando la misma forma que los caudales en los años siguientes correspondientes a épocas de estiaje.

El análisis de consistencia y el análisis de correlaciones con datos de caudal, permitieron validar las fechas ajustadas y las nuevas curvas de calibración, ya que los caudales obtenidos a partir de estas curvas de calibración muestran cierta correspondencia con sus estaciones vecinas. **Entonces contamos con 20 curvas de calibración** que pretenden considerar todas las des-calibraciones en la estación, además se encuentran bien definidas.

Las curvas de calibración definitivas figuran al final de la ficha de esta estación.

4.4.6 Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales – Relleno mensual

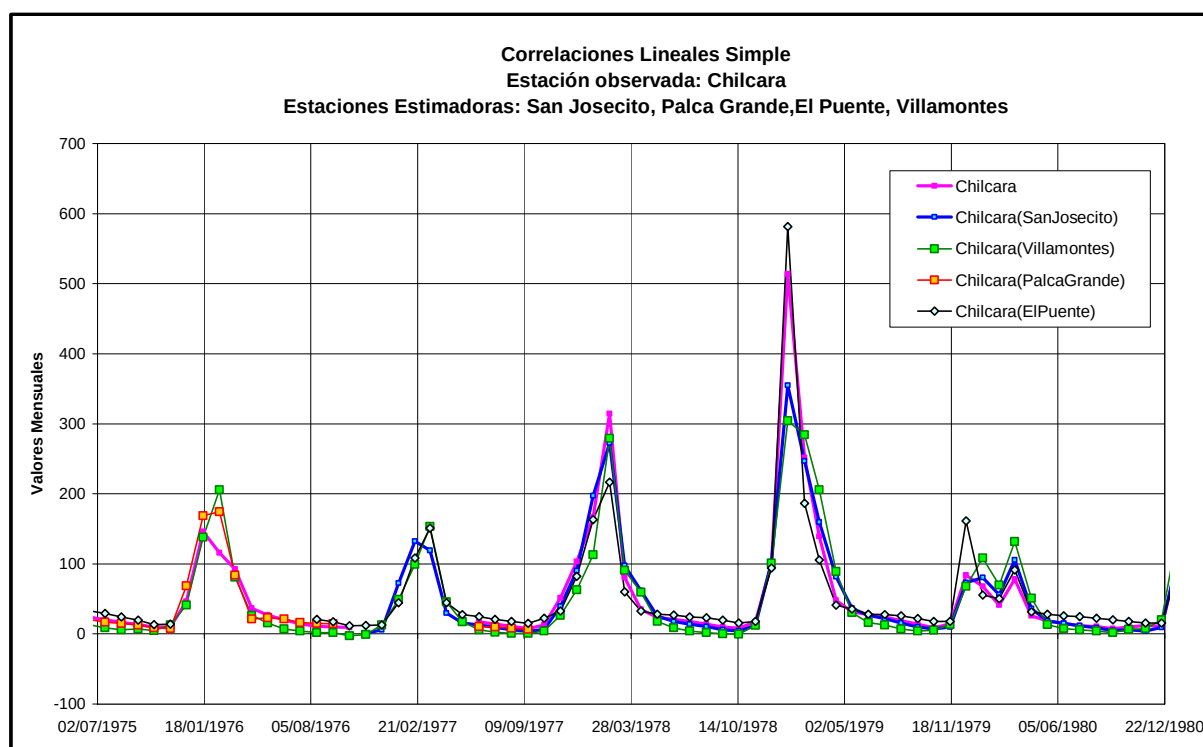
Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las curvas de calibración y de las cotas observadas.

Una vez concluido el análisis de consistencia, se realizó el relleno de caudales a nivel mensual utilizando las correlaciones lineales simples, con el fin de contar con series de datos que sean las más completas posibles. La estación de Chilcara cuenta con una sola laguna que abarca desde el 01/11/76 al 31/05/77, para rellenar esta laguna utilizamos como estaciones estimadoras las siguientes:

- San Josecito
- Villamontes
- Palca Grande
- El Puente (San Juan del Oro)

Las correlaciones realizadas a partir de estas estaciones dieron buenos resultados, especialmente con las estaciones de: San Josecito (Pilaya) debido a que se encuentra sobre el mismo río y no hay aportes significativo entre estas dos estaciones. Por lo tanto la estimación obtenida fue la mejor y la utilizamos para rellenar el periodo del 01/11/76 al 31/05/77.

El análisis de consistencia a nivel mensual permitió validar el relleno realizado a nivel mensual. Ahora contamos con toda la serie de caudales completa en la estación de Chilcara.



Ejemplo de Relleno de la laguna correspondiente al periodo 01/11/76 al 31/05/77. Se puede ver que la mejor estimación obtenida se da con la estación de San Josecito, ya que su coeficiente de correlación es el más alto comparado con las demás estimaciones y es de $r=0.979$.

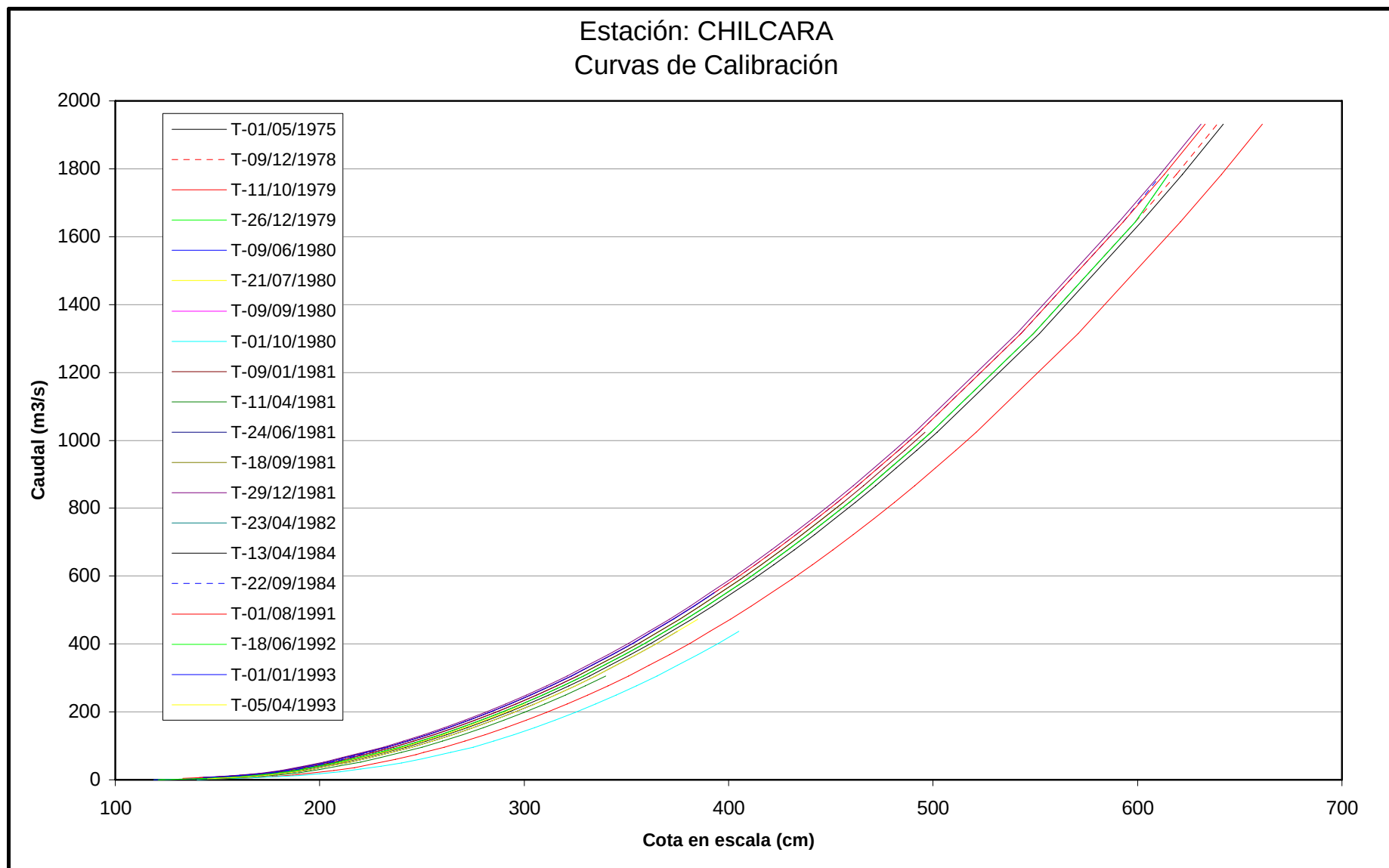
Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

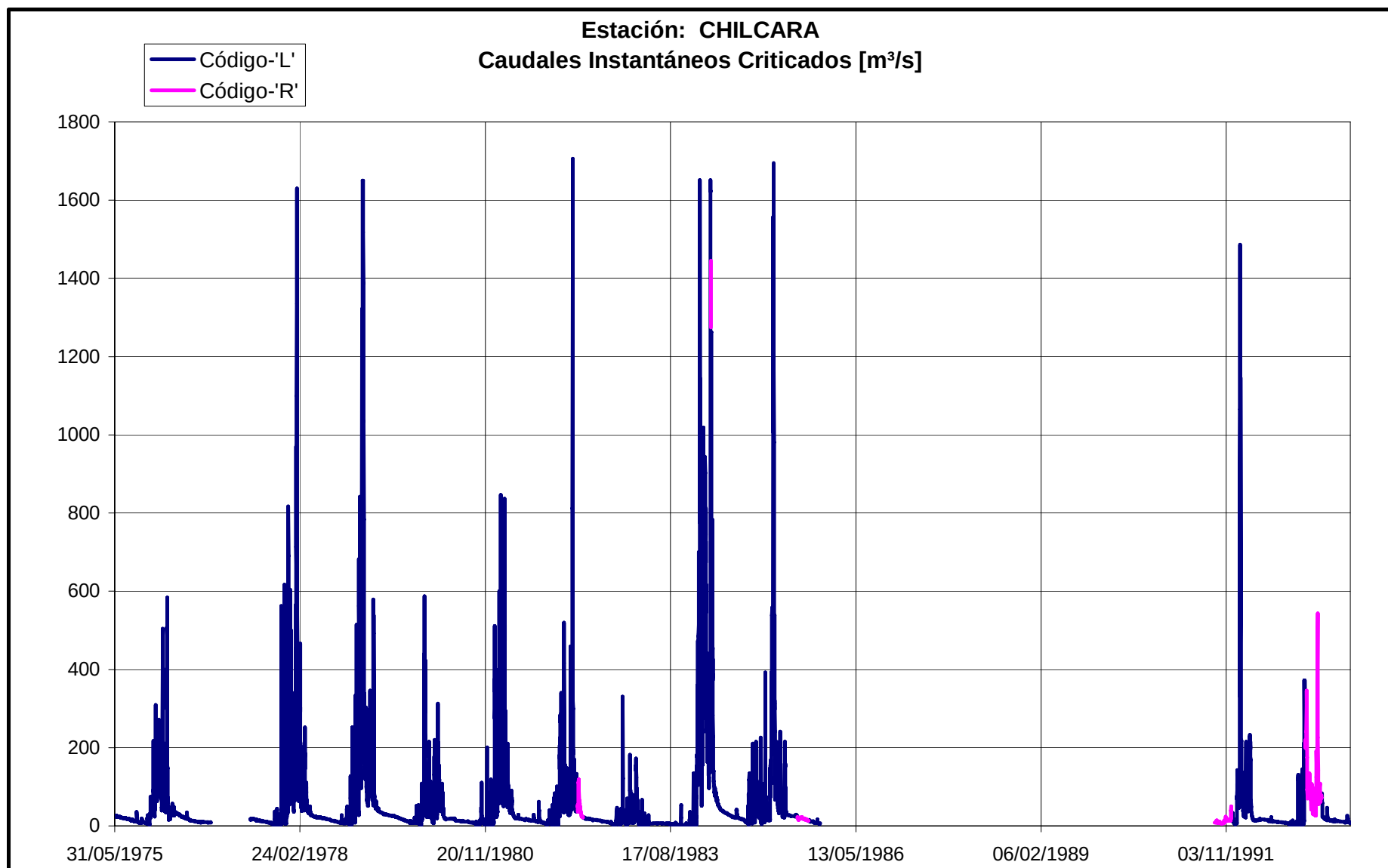
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Los datos disponibles para la estación de Chilcara son de buena cantidad y de buena calidad. Las lagunas fueron rellenas por correlaciones a partir de sus estaciones vecinas (estimadoras) por ser muy buenas.

Los aforos son de muy buena calidad lo que permitió trazar curvas de calibración confiables y obtener series de caudales confiables. Sin embargo algunos caudales obtenidos para crecidas fuertes son un poco altos en comparación con los caudales aguas abajo. Como este fenómeno era muy escaso se decidió guardar la primera serie de caudales obtenidos. Se deberá tomar en cuenta que algunos caudales de crecida pueden ser un poco altos.

Las series de caudales mensuales obtenidas comprenden 12 años hidrológicos completos y 3 meses entre 1975 y 1993. No hay datos para los años 1986 hasta 1990.





Caudales mensuales y modulo anual de la Estación (en m3/s) : Chilcara (Río Camblaya)

Año	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1974 - 1975										24.19	19.89	16.69	
1975 - 1976	13.07	9.68	10.09	46.23	146.1	115.8	92.59	36.7	27.12	20.31	14.36	10.76	45.12
1976 - 1977	9.79	9.25	3.07	8.41	72.68	129.6	117.3	31.8	17.89	17.12	13.9	11	36.29
1977 - 1978	7.62	12.59	51.74	103.6	166.6	314.4	80.37	34.9	23.35	20.53	17.67	13.88	69.06
1978 - 1979	9.97	8.3	17.15	99.12	513.8	252	139.4	47.84	31.75	27.65	24.4	19.17	98.76
1979 - 1980	13.84	9.01	14.41	83.99	68	41.17	78.26	25.93	18.26	14.94	11.71	10.54	32.62
1980 - 1981	7.87	9.72	12.05	11.27	104.7	189.2	159.4	34.6	19.79	16.45	15.04	13.14	48.63
1981 - 1982	13.34	7.13	15.34	56.33	103.5	71.13	185.3	47.4	19.5	16.73	14.76	12.13	46.94
1982 - 1983	9.3	8.54	12.07	21.75	28.54	37.63	8.89	7	6.32	6.86	6.21	5.26	13.04
1983 - 1984	4.06	3.99	2.99	11.23	353.1	478.9	456.5	94.84	42.26	31.5	23.87	21.91	126.2
1984 - 1985	14.1	21.73	69.9	40.33	40.37	461.5	91.38	54.24	27.63	25.45	19	15.96	70.63
1985 - 1986	11.21	7.36											
1986 - 1987													
1987 - 1988													
1988 - 1989													
1989 - 1990													
1990 - 1991													
1991 - 1992	9.16	9.01	17.52	15.7	241.5	70.31	64.18	14.79	16.47	13.98	11.99	9.61	41.32
1992 - 1993	7.82	6.07	12.03	53.08	138	46.99	131.3	25.38	15.3	13.14	10.89	12.21	39.56

Nota:

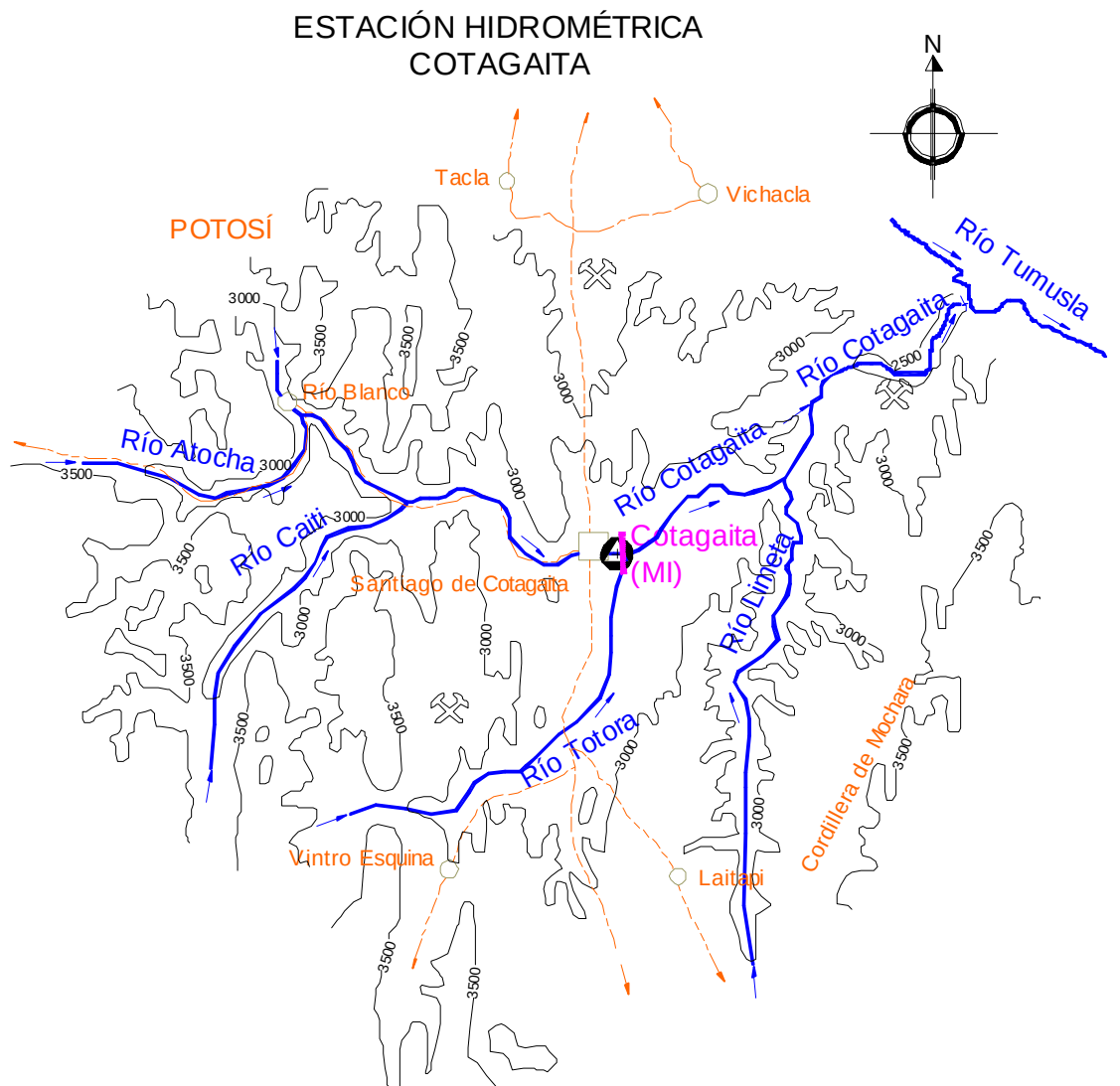
	Los caudales en verde son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel instantáneo
	Los caudales en amarillo son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel mensual

4.5 Cotagaita

4.5.1 Características generales

Estación	COTAGAITA	
Características hidrográficas	Río	Río Cotagaita
	Cuenca	Rio Pilcomayo
	Sub-cuenca	Cotagaita-Tumusla
	Área de la cuenca (km2)	4 208
Características geográficas	Latitud (decimales) con G.P.S Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing.Daval – Ing.Noriega (Mayo 2004-Agosto 2004)	-20.8172 (GPS)
	Longitud (decimales) con G.P.S Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing.Daval – Ing.Noriega (Mayo 2004-Agosto 2004)	-65.6658 (GPS)
	Altura (m.s.n.m.) Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing.Daval – Ing.Noriega (Mayo 2004-Agosto 2004)	2653
	País	Bolivia
	Departamento	Potosí
	Provincia	Nor Chichas
Acceso	El sitio se encuentra en la ruta troncal Potosí – Cuchu Ingenio – Tupiza, Transitable todo el año.	
Administrador	SENAMHI - POTOSI	
Fecha de apertura	En Marzo de 19873	
Cierre /rehabilitación	La estación dejo de funcionar en Octubre de 1983.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 17/03/73-31/10/83	Cotas leídas en escalas limnimétricas. El sitio de medición se encuentra en la margen izquierda a pocos metros aguas arriba del puente vehicular.
	Aforos :	No se cuentan con información de lecturas de aforo.
Informaciones complementarias disponibles	- Estación visitada por el Ing. Luís Noriega en Agosto 2004 - Marcado como poco confiable en algunos archivos en formato papel - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



REFERENCIAS

- Límite interdepartamental
- Río
- Carretera
- Estación de aforo
- Población
- Poblado
- Mina

Puente de Hº Aº

MI: Limnómetro ubicado en
Margen Izquierda



4.5.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ **Batimetría disponible:**

No hay información.

▪ **Estabilidad de la sección:**

No hay información.

4.5.3 Tratamiento de las lecturas de escala

Primera-ultima cota disponible : 17/03/73-31/10/83

Porcentaje de lagunas : 24.8 %

Calidad general de los datos : Presenta datos buenos.

Tratamiento de los datos :

Para la estación Cotagaita (Cotagaita) se tiene datos de lecturas de escala, con buena cantidad de lagunas.

Para averiguar la calidad de las cotas, corregir y/o rellenar, se utilizaron como estaciones estimadoras (por correlaciones simples) las siguientes :

- Tumusla
- Palca Grande
- Palca Higuera

Las correlaciones a partir de estas estaciones no son muy buenas, porque la estación Cotagaita está sobre un afluente del Río Tumusla (donde están las estaciones estimadoras). Tampoco hay estaciones ubicadas sobre el río Cotagaita que puedan servir de estimadoras. Entonces no se pudieron rellenar las lagunas, por correlaciones. Sin embargo, los datos de cotas parecen generalmente coherentes viendo los gráficos.

Los datos disponibles con los que se cuenta son los siguientes :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
17/03/73		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
18/03/73-29/11/73		Guardado.
	30/11/73 –09/10/74	Laguna no rellenada.
10/10/74-30/03/75		Guardado.
	31/03/75-01/05/75	Laguna no rellenada.
02/05/75-30/08/75		Guardado.
	31/08/75-01/01/76	Laguna no rellenada.
02/01/76-30/03/76		Guardado.
	31/03/76-02/10/76	Laguna no rellenada.
02/10/76-25/09/79		Guardado.
	26/09/79-18/12/79	Laguna no rellenada.
19/12/79-29/06/82		Guardado.
	30/06/82-01/08/82	Laguna no rellenada.
02/08/82-29/09/82		Guardado.
	30/09/82-01/02/83	Laguna no rellenada.

02/02/83-30/07/83		Guardado.
	31/07/83-11/10/83	Laguna no rellenada .
12/10/83-31/10/83		Guardado. FIN DE LAS LECTURAS DE ESCALA.

4.5.4 Aforos disponibles.

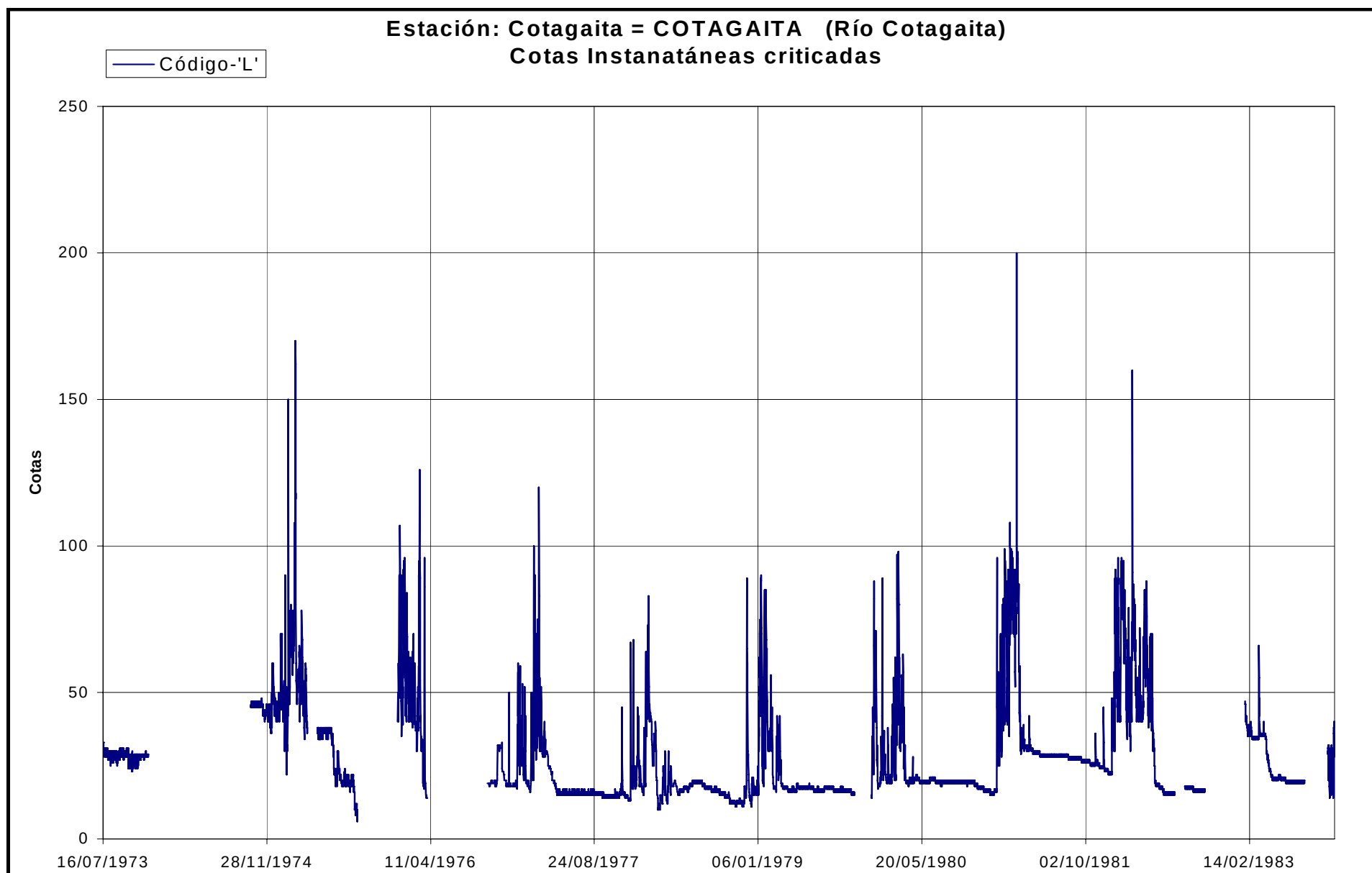
No cuenta con información de aforos.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Aunque parecían buenas, permanecen dudas sobre la calidad de los datos de cotas de escala, ya que no cuentan con ninguna estación perteneciente al mismo río que nos pueda confirmar de una mejor manera la confiabilidad de los datos.

No se realizó ningún relleno, debido a no contar con buenos estimadores.

La estación no contaba con aforos, así que no se elaboraron series de caudales.



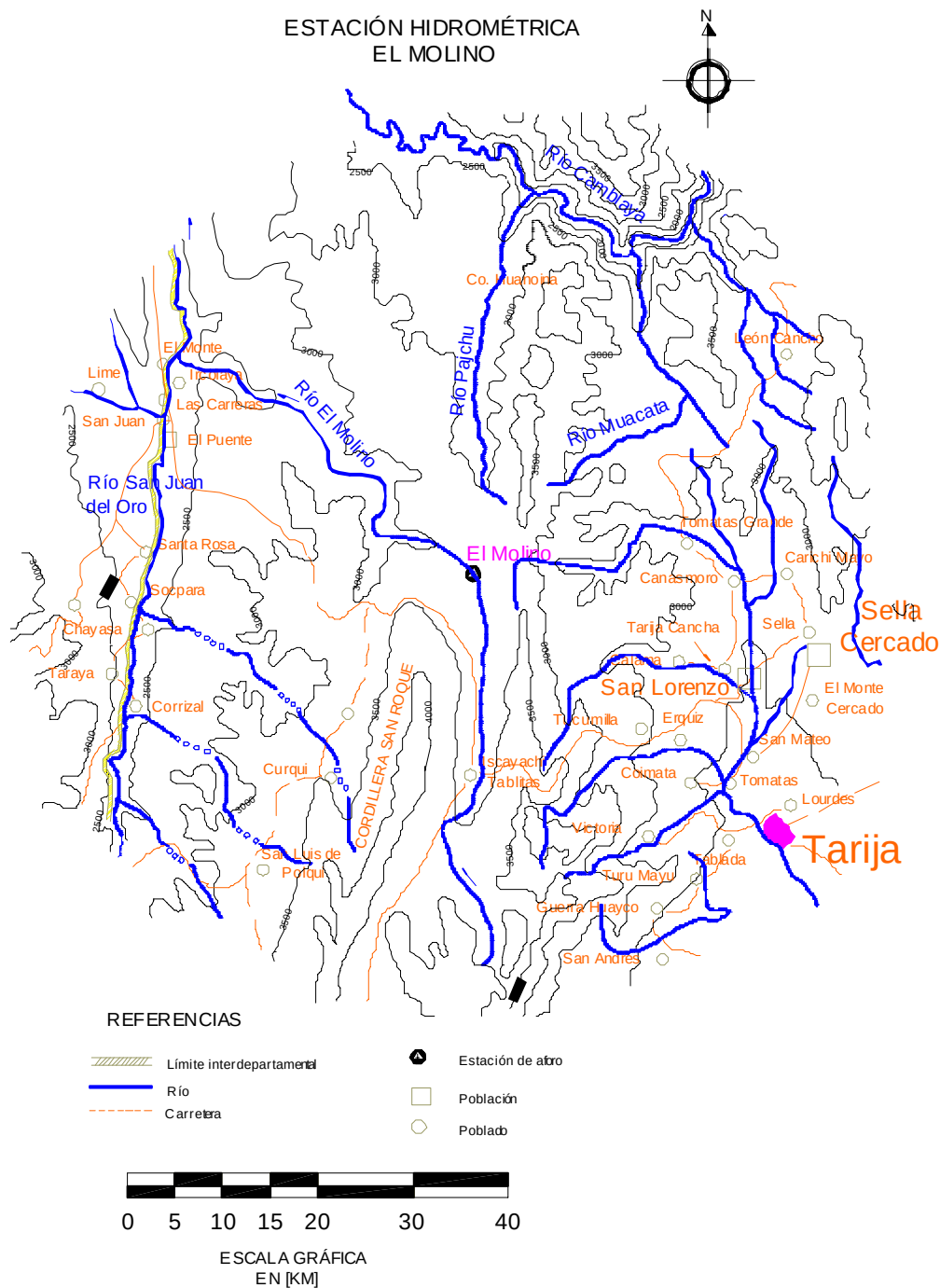
4.6 El Molino

4.6.1 Características generales

Estación	EL MOLINO	
Características hidrográficas	Río	Tomayapu
	Cuenca	Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río San Juan del Oro
	Área de la cuenca (km2)	?
Características geográficas	Latitud (decimales) Fuente de Inf.: Archivos	-21.3731
	Longitud (decimales) Fuente de Inf.: Archivos	-64.9547
	Altura (m.s.n.m.) Fuente de Inf.: Archivos	3200
	País	Bolivia
	Departamento	Tarija
	Provincia	Méndez
Acceso	El acceso a la estación es a través del río.	
Administrador	SENAMHI - TARIJA	
Fecha de apertura	1 de Febrero de 1978	
Cierre / rehabilitación	La estación dejó de funcionar en Noviembre de 1987.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 01/02/78-30/11/87	Cotas leídas en escalas limnimétricas de madera. Se realizaban lecturas 2 veces al día.
	Aforos : 18/01/78-20/02/03	Las lecturas de aforos se realizaban utilizando molinetes a vadeo. "No se tiene una sección definida de aforo por la peligrosidad del río; los aforos se los realizaba a lo largo de una recta de 50 m de baja pendiente cuyas aguas descendían a una poza donde se ubicaba la escala. En este tramo no se tiene obstáculos de magnitud ni puentes "(SENAMHI-Tarija)
Informaciones complementarias disponibles	- No cuenta con información detallada en el SENAMHI-La Paz. El SENAMHI de Tarija nos dio algunas informaciones. - No ha sido visitada recientemente. - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)

No se tiene ubicación precisa



4.6.2 Evolución del perfil transversal del río

- **Batimetría disponible:** No se encontró información.
- **Estabilidad de la sección:** No se cuenta con información.

4.6.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 01/02/78-30/11/87

Porcentaje de lagunas : 8.7 %

Calidad general de los datos : presenta datos buenos.

Tratamiento de los datos : Análisis por Correlaciones Lineales y Análisis de Consistencia.

Para la estación El Molino (río Toropalca) hay datos de lecturas de escala, con poca cantidad de lagunas.

Para corregir y/o rellenar las cotas disponibles, se utilizaron las correlaciones con las siguientes estaciones:

- El Puente San Juan del Oro
- Chilcara

No hay ninguna estación sobre el mismo río (Tomayapo) que lo de El Molino. Sin embargo la estación se encuentra ubicada en un afluente al río San Juan del Oro, por lo que recurrimos a buscar otras estaciones vecinas que pertenezcan a este río como ser la estación El Puente (San Juan del oro) y también la estación Chilcara que pertenece al río Camblaya. Las correlaciones obtenidas a partir de estas estaciones dieron buenos resultados, lo que nos permitió ver que la calidad de los datos es buena.

No se rellenó la única laguna presentada debido a que en este periodo las estaciones estimadores no cuentan con datos de lecturas de escala.

Los datos disponibles con los que se cuenta son los siguientes :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
01/02/78		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
02/02/78-31/10/85		Datos confiables, guardado.
	01/11/85-01/03/87	Laguna no rellenada .
02/03/87-30/11/87		Datos confiables, guardado. FIN DE LAS LECTURAS DE ESCALA.

4.6.4 Aforos disponibles.

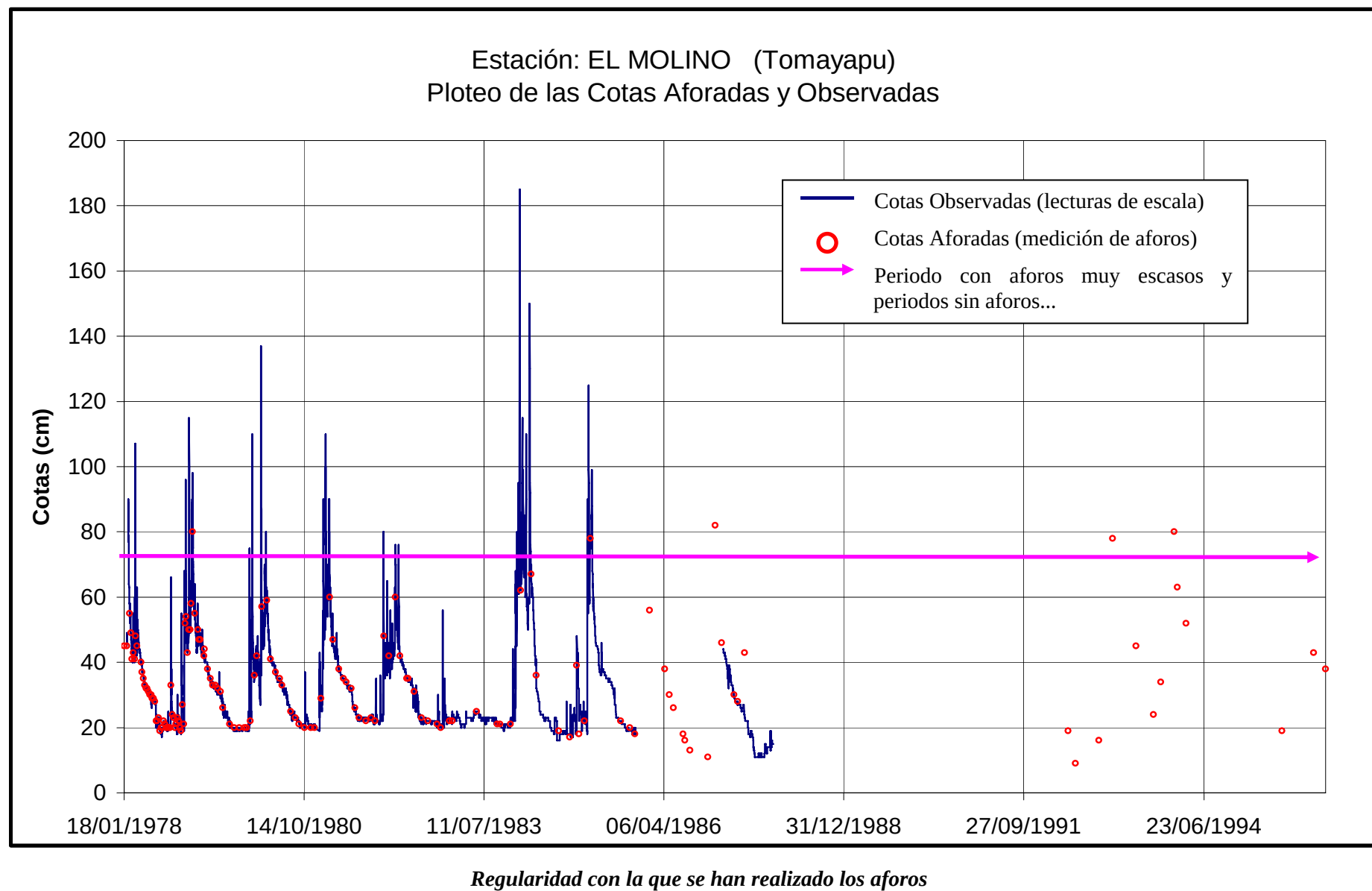
Aforos disponibles : 18/01/78-20/02/03

Calidad de los datos : Buenos, pero no se tiene aforos para más que 10 m³/s ni para mas de 50 cm en lecturas de escala.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Datos tomados en forma	Datos faltantes	Observaciones
18.Ene.78-13.Jun-80		Datos muy escasos.
	Julio.80	No hay aforos
Ago.80-Ene.83		Datos muy escasos.
	Febrero 83-Abril.83	No hay aforos.
Mayo.83		Se tiene un solo aforo.
	Jun.83-Julio.83	No hay aforos
Ago.83-Marzo84		Datos muy escasos
	Abril.84-Julio.84	No hay aforos.
Ago.84-Ene.85		Datos muy escasos
	Marzo.85-Julio.85	No hay aforos.
Ago.85-Oct.85		Datos muy escasos.
	Nov.85-Dic.85	No hay aforos.
Enero.86-Ago.86		Datos muy escasos.
	Sep.86-Nov.86	No hay aforos.
Dic.86-Feb.87		Datos muy escasos.
	Marzo.87	No hay aforos.
Abril.87-Junio.87		Datos muy escasos.
	Julio.87-Abril.92	No hay aforos.
Mayo.92-Ago.92		Datos muy escasos.
	Sept.92-Ene.93	No hay aforos
Ene.93-10.Ene.2000		Datos muy escasos.

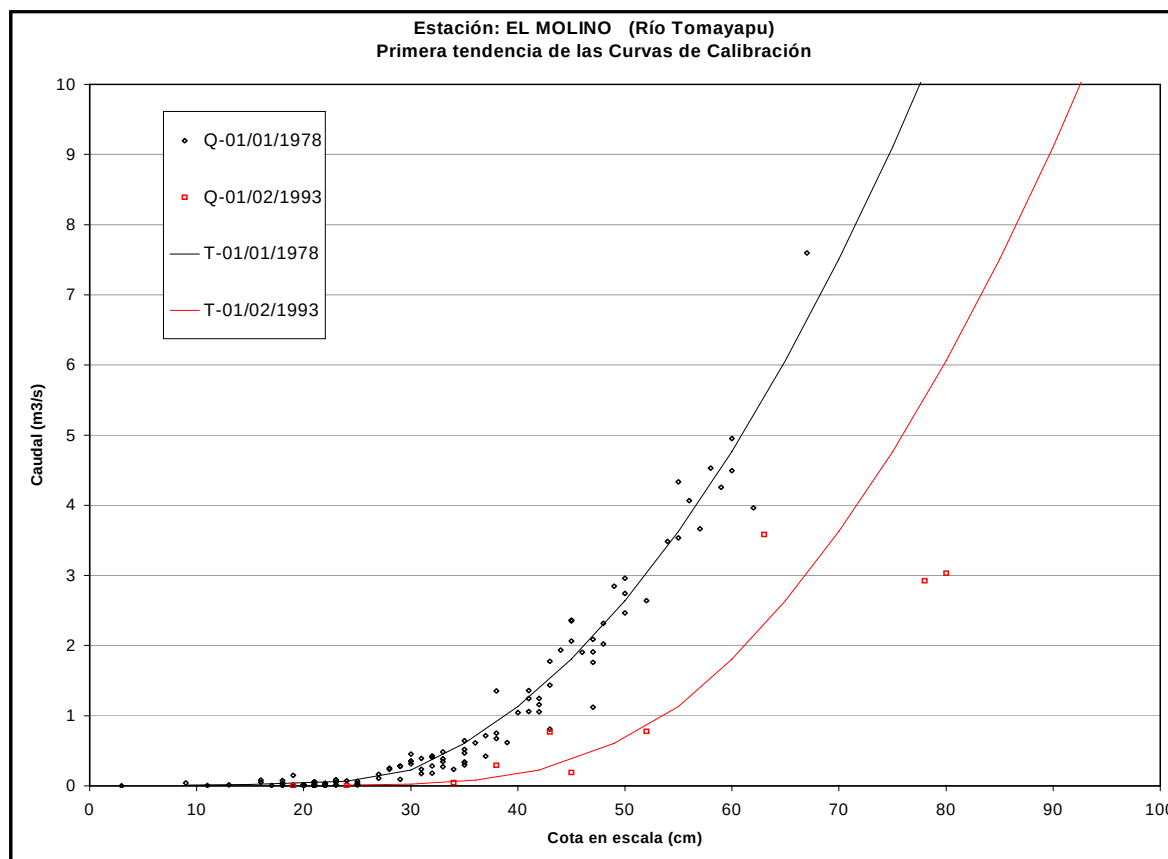


4.6.5 Curvas de calibración

▪ Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

En el gráfico anterior se puede ver la poca frecuencia con la cual se ha aforado en la estación. A pesar de esto se han construido las primeras curvas de tendencia con Excel, y son las siguientes (los puntos son los aforos disponibles)



Primera tendencia de las curvas de calibración

Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

No se pudo hacer análisis de correlaciones de los caudales obtenidos con estas curvas por falta de estimadores, pero los caudales obtenidos parecen tener sentido con las estaciones vecinas (caudales).

Ajuste con la fórmula de Manning :

No se pudo hacer por falta de datos originales de los aforos.

▪ Validación de las Curvas Calibración mediante el Análisis de Consistencia.

El análisis de consistencia nos ha permitido ver:

- que la única curva de calibración del 01/01/78 no podía servir para obtener caudales hasta el año 1987,

Tiene que sub-dividirse en varias curvas de calibración, de tal manera que logre tomar en cuenta todas las des-calibraciones en la estación. Para construir estas curvas de calibración, se ha considerado que en cada desnivel significativo que presente la serie de lecturas de escala (nos indica que la estación de ha descalibrado), deberá construirse una curva de calibración. Estas nuevas curvas de calibración han

sido validadas por el análisis de consistencia a nivel mensual y anual, actualmente contamos con **9 curvas de calibración**.

Por otra parte la curva de calibración del 01/02/93 no es de mucha utilidad pues en este periodo no se cuenta con datos de lecturas de escala (no se pueden calcular caudales) Sin embargo se ha guardado, con el fin de que las nuevas curvas de calibración (periodos antiguos) sigan la misma tendencia que esta curva.

Las curvas de calibración definitivas se encuentran al final de esta ficha.

4.6.6 Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las últimas curvas de calibración y de las cotas observadas.

La estación cuenta con una sola laguna, la cual no pudo ser rellenada por falta de estaciones estimadoras.

Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración ajustadas figuran al final de la ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

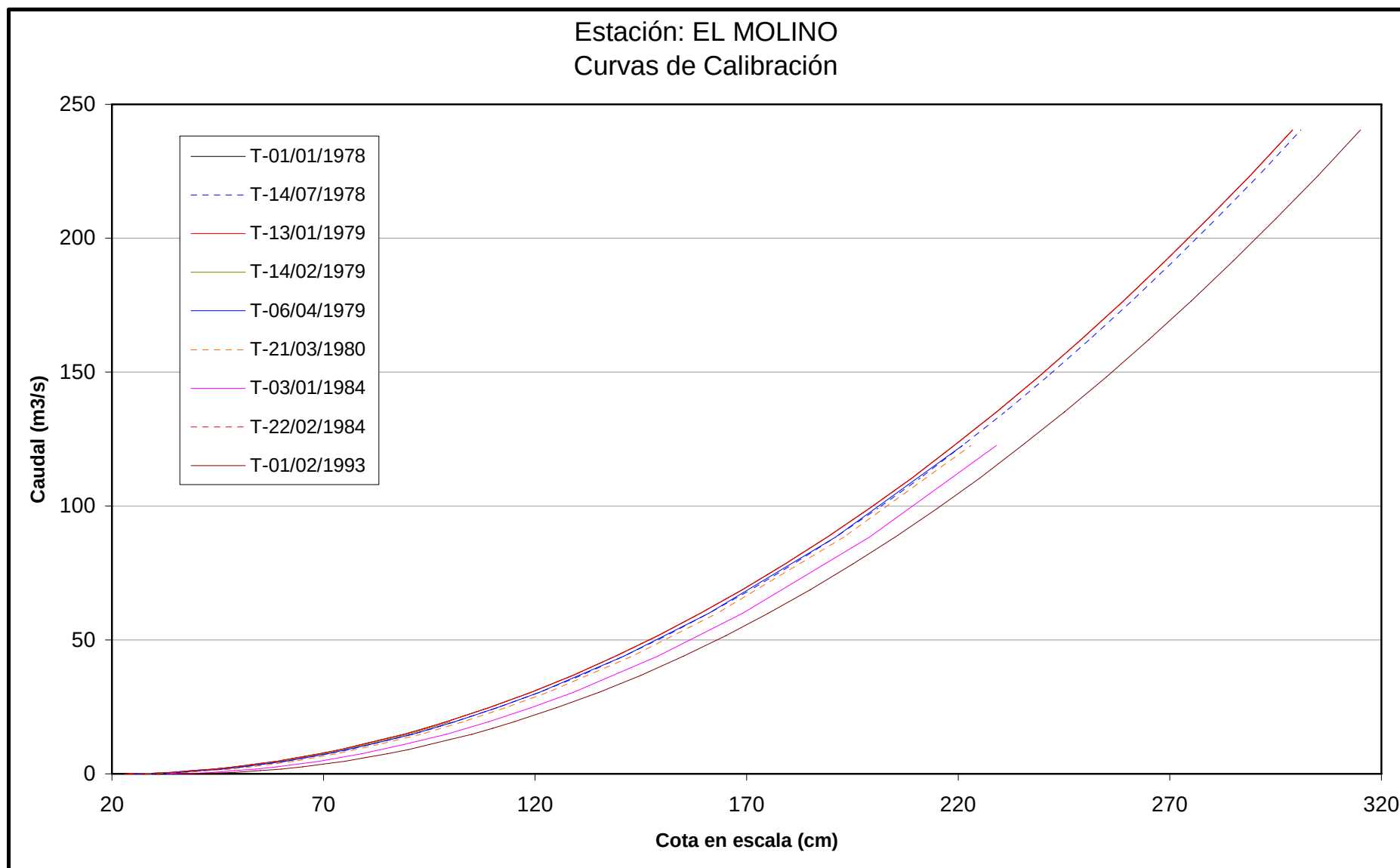
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

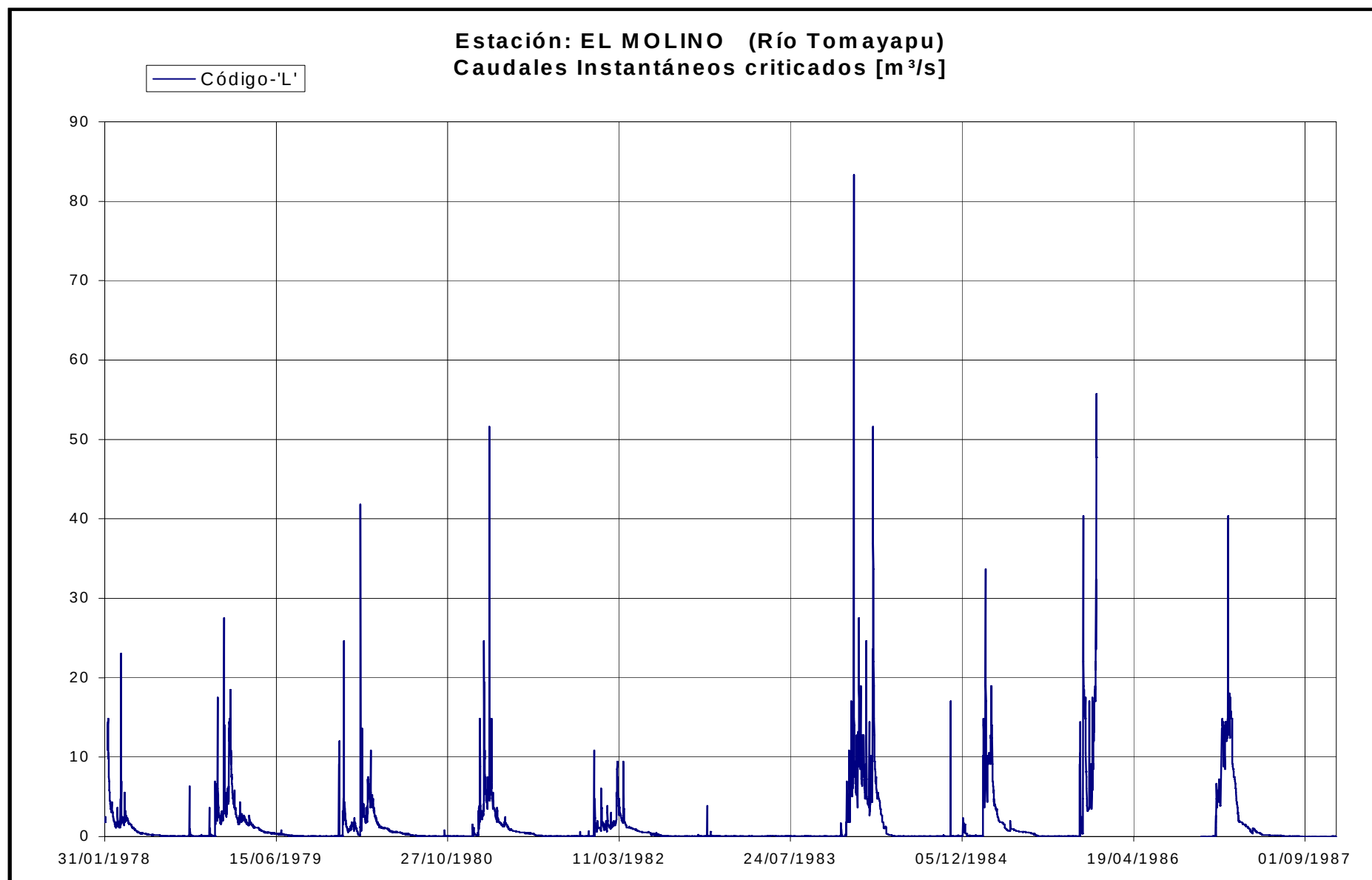
Las correlaciones lineales nos permitieron ver que los datos son confiables en el periodo 18/01/78-21/05/96 y dudosos en el periodo 22/05/96-10/02/2000.

No se realizó ningún relleno, debido a que las estaciones estimadoras no cuentan con datos de lecturas de escala en el periodo de laguna.

El análisis de consistencia nos ha permitido validar los caudales que han sido calculados a partir de curvas de calibración que no cuentan con aforos. Aparentemente estos caudales parecen de buena calidad, pero deberán ser validados por aforos que se realicen en lo posterior.

La serie de caudales mensuales obtenidos de Marzo 1978 hasta Octubre 1985 (7 años hidrológicos completos) y 7 meses más de Abril hasta Octubre 1987.





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la Estación : El Molino (Río Tomayapu)

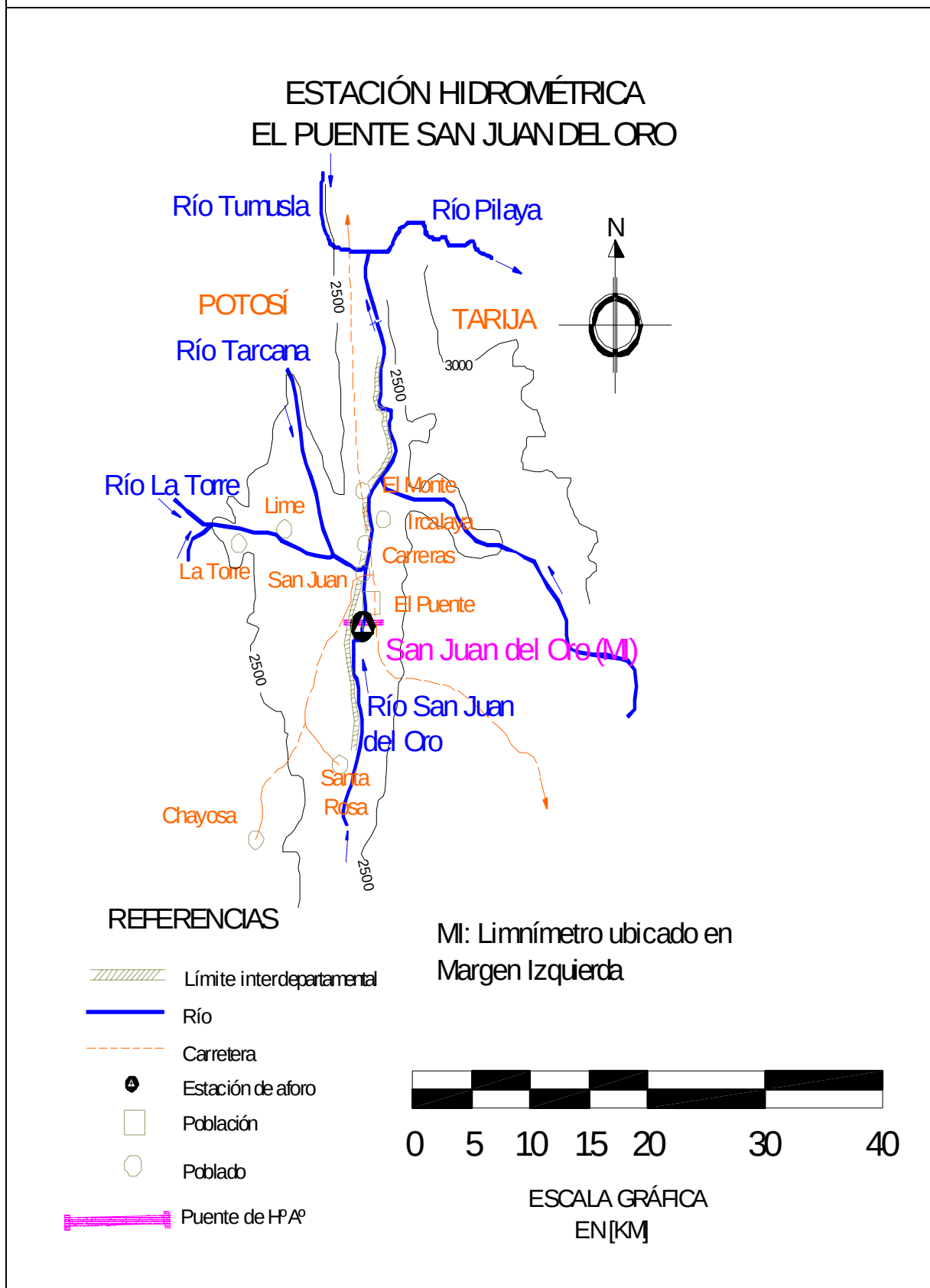
Año	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Módulo
1977-1978							2.235	1.698	0.555	0.284	0.111	0.041	
1978-1979	0.041	0.168	0.046	1.784	5.021	4.56	2.059	1.1	0.474	0.289	0.153	0.056	1.296
1979-1980	0.04	0.037	0.039	0.748	1.207	2.063	3.534	0.972	0.458	0.234	0.098	0.05	0.788
1980-1981	0.039	0.042	0.033	0.029	0.774	4.579	2.71	0.932	0.401	0.236	0.091	0.045	0.801
1981-1982	0.044	0.045	0.046	0.284	0.991	1.062	2.641	0.718	0.366	0.188	0.063	0.039	0.54
1982-1983	0.039	0.038	0.063	0.052	0.044	0.044	0.035	0.046	0.049	0.05	0.044	0.044	0.046
1983-1984	0.039	0.033	0.033	0.055	5.231	7.36	9.024	2.758	0.173	0.069	0.052	0.045	2.059
1984-1985	0.041	0.043	0.07	0.511	0.079	9.814	4.204	1.201	0.818	0.58	0.14	0.058	1.405
1985-1986	0.048	0.046											
1986-1987								0.656	0.194	0.142	0.051	0.027	
1987-1988	0.014	0.016											

4.7 El Puente San Juan del Oro

4.7.1 Características generales

Estación	EL PUENTE SAN JUAN DEL ORO	
Características hidrográficas	Río	San Juan del Oro
	Cuenca	Pilcomayo
	Sub-cuenca	San Juan del Oro
	Área de la cuenca (km2)	23 042
Características geográficas	Latitud (decimales) con GPS Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing.Daval – Ing.Noriega (Mayo 2004-Agosto 2004)	-21.2361
	Longitud (decimales) con G.P.S Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing.Daval – Ing.Noriega (Mayo 2004-Agosto 2004)	-65.2072
	Altura (m.s.n.m.) Fuente de Inf.: No se tiene (Dudosa)	3420
	País	Bolivia
	Departamento	Chuquisaca
	Provincia	Sur Cinti
Acceso	Estación ubicada en la ruta troncal Tarija-Potosí a la altura de El Puente sobre el río San Juan del Oro. Es accesible la estación, se puede llegar tomando la carretera hacia Camargo, desde Tarija aproximadamente 80 Km.	
Administrador	SENAMHI – TARIJA	
Fecha de apertura	8 de Septiembre de 1973	
Cierre /rehabilitación	La estación dejó de funcionar el 15 de Octubre de 1998.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 15/05/69-01/07/82	Cotas leídas diariamente en una escala limnimétrica de 4 m pintada en la pila que se encuentra en el lado izquierdo del cauce central por donde no pasa el cauce del río.
	Aforos : 15/05/69-08/04/2004	Las lecturas de aforos se realizaban utilizando molinete de marca OTT-GURLEY-NEYRPIC cambiando sus hélices en algunos años. También se realizaron aforos utilizando flotadores. En época de crecidas se realizaban los aforos desde el puente.
Informaciones complementarias disponibles	- Estación visitada por el Ing. Daval en mayo 2004 y por el Ing. Luís Noriega en Agosto 2004. - En los archivos se encontraron caudales medio-mensuales para el periodo 1969-1974 Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



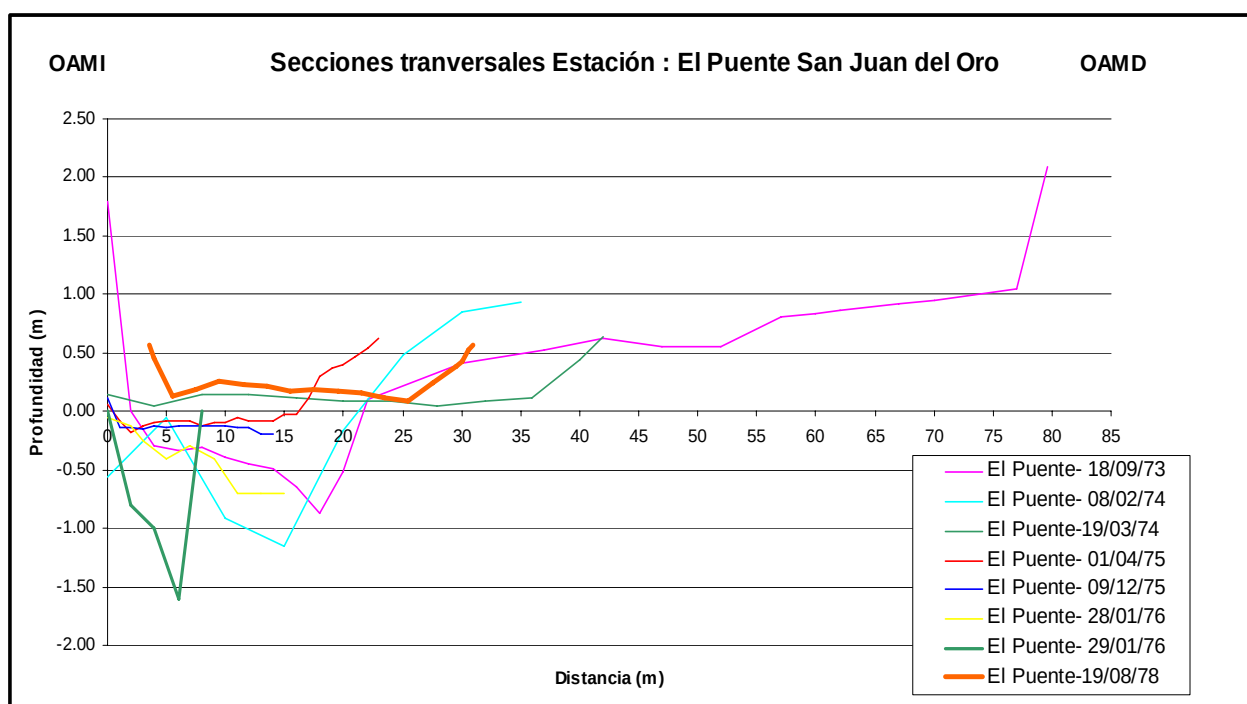
4.7.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ Batimetría disponible :

Se disponía de secciones elaboradas a partir de datos brutos de aforos desde el 69 al 82. De los cuales solamente se escogieron las secciones de crecidas, como se detalla a continuación:

- 18/09/1973
- 08/02/1974
- 19/03/1974
- 01/04/1975
- 09/12/1975
- 28/01/1976
- 29/01/1976
- 19/08/1978

El gráfico siguiente muestra los perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas).



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ Estabilidad de la sección

Se puede observar en el gráfico realizado como ha cambiando la sección del río en el transcurso del tiempo (1973-1978).

La sección presenta un cauce principal bien definido en la margen izquierda para caudales bajos (en época de estiaje) y una amplia playa de sedimentación en la margen derecha para caudales altos, en época de crecidas. Lo que explica que el cauce no siempre se ha mantenido en la margen izquierda sino que ha ido cambiando. Es por ello la ubicación de la regla en la pila que se encuentra en el lado izquierdo del cauce central. De lo que se puede concluir que no hay estabilidad de la sección a largo plazo ya que el cauce es variable.

En las visitas de campo realizadas en dos oportunidades (Ing. Noriega en Agosto 2004 Ing. Daval en Mayo 2004) se ha podido apreciar en las fotografías que actualmente el cauce se encuentra en la margen derecha.

4.7.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible: 15/05/69-01/07/82

Porcentaje de lagunas: 40.4 %

Calidad general de los datos: presenta datos buenos.

Tratamiento de los datos : Análisis por Correlaciones Lineales y Análisis de Consistencia.

La estación El Puente San Juan del Oro(San Juan del Oro), presenta datos buenos de lecturas de escala, con una cantidad considerable de lagunas.

Para corregir y/o rellenar las cotas disponibles, y juzgar su calidad, se utilizaron como estaciones estimadoras (por correlaciones simples) las siguientes :

- Chilcara
- El Molino
- Palca Grande
- San Pedro
- Charaja

La estación El puente San Juan del Oro cuenta con una sola estación Charaja en su mismo brazo y con otra en un afluente a su río: la estación El Molino. Las correlaciones obtenidas no son muy buenas debido a que la estación Charaja presenta poca cantidad de datos. Por lo tanto es insuficiente la estimación obtenida para ver la calidad de los datos, identificar periodos dudosos y rellenar lagunas, así que recurrimos a buscar otras estaciones vecinas que pertenezcan a afluentes del río San Juan del Oro como ser las estaciones Chilcara (río Camblaya), Palca Grande (río Tumusla) y San Pedro (río Chico de Camargo). Las correlaciones obtenidas a partir de estas estaciones dieron buenos resultados porque las estaciones consideradas están ubicadas cerca de la estación estudiada. Por lo tanto nos permite decir que la calidad de los datos es buena.

Por otra parte, se pudo rellenar lagunas de algunos días por interpolación y cuando las correlaciones nos indicaban que el relleno tenía sentido. Las correlaciones también nos permitió identificar periodos de mala calidad, los cuales han sido sustituidos por las estimaciones obtenidas.

No se logró rellenar lagunas de varios meses debido a que las estaciones estimadoras no presentaban datos de cotas para estos periodos. No se rellenaron lagunas cuando caían en periodos de crecidas porque las correlaciones para aguas altas no presentaban buenos resultados (por no pertenecer al mismo río).

Los datos disponibles fueron tratadas de la manera siguiente:

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
15/05/1969-30/04/71		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS, que fueron borradas por presentar datos muy escasos y gran cantidad de lagunas.
01/07/74-30/12/75		Las correlaciones realizadas con sus estaciones vecinas nos permitieron ver que la calidad de las cotas en este periodo es buena. Datos guardados.

	31/12/75-1/07/76	Presenta una laguna de un poco más de 6 meses y en época de crecida que no se rellenaron debido a que las correlaciones con sus estaciones estimadoras no son muy buenas.
2/07/76-17/05/79		Las correlaciones realizadas con sus estaciones vecinas nos permitieron ver que la calidad de las cotas en este periodo es buena. Datos guardados.
	18/05/79-31/05/79	Presenta una laguna aproximadamente de 20 días, que no ha sido rellenada por correlaciones con la estación de Chilcara.
01/06/79-20/12/79		Datos dudosos guardados.
	21/12/79-23/12/79	Las correlaciones realizadas con sus estaciones vecinas nos permitieron ver que los datos son de mala calidad por lo que se los ajusto con las cotas de los aforos.
	27/12/79-17/01/80	Presenta una laguna aproximadamente de 6 días, que ha sido rellenada por correlaciones a partir de la estación de Chilcara.
18/01/80-07/03/80		Datos dudosos, guardados
	08/03/80-16/03/80	Datos de mala calidad que fueron remplazados por correlaciones con la estación de Chilcara.
17/03/80-30/06/82		Datos confiables. FINAL DE LAS LECTURAS DE COTAS
01/07/82-01/09/82		Datos rellenados por correlaciones con la estación de Chilcara, con el objeto de tener completo el año hidrológico de 1982.

4.7.4 Aforos disponibles.

Aforos disponibles : 15/05/69-08/04/2004

Calidad de los datos : Buenos, pero no se tiene aforos para más que 10 m³/s ni para mas de 50 cm en lecturas de escala.

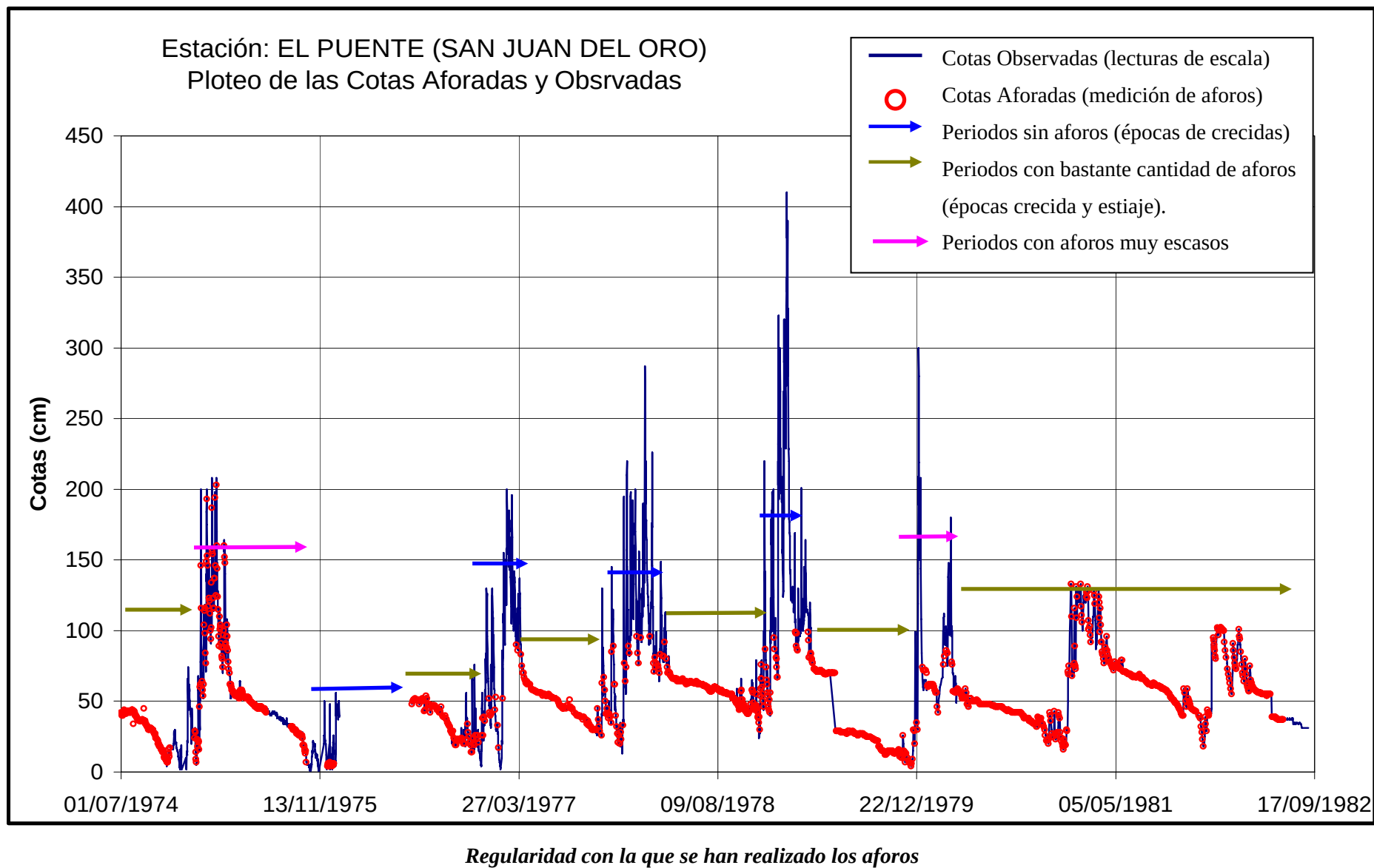
Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Buena cantidad de datos	Datos tomados en forma irregular.(Escasos)	Datos faltantes	Observaciones
15.Mayo.69-31.Ago.69			Buena cantidad de aforos.
		Sep.69-Marzo.71	No hay aforos
Abril.71			Buena cantidad de aforos
		Mayo.71-Junio.74	No hay aforos.
Julio.74-Oct.74			Buena cantidad de aforos.
		Nov.74-Dic.74	No hay aforos
Enero.75-Jun.75			Buena cantidad de aforos.

		Julio-75-Ago.75	No hay aforos.
Sept.75-9.Oct.75			Buena cantidad de aforos.
	10.Oct.75-Dic.75		Datos muy escasos
		Ene.76-Junio.76	No hay aforos.
Julio.76-Ago.76			Buena cantidad de aforos.
	Septiembre.76		Datos muy escasos
Oct.76-Dic.76			Buena cantidad de aforos.
	Enero.77-Marzo.77		Datos muy escasos.
Abril.77-Dic.77			Buena cantidad de aforos.
	Enero.78-Marzo.78		Datos muy escasos.
Abril.78-Dic.78			Buena cantidad de aforos.
	Enero.79-Marzo.79		Datos muy escasos.
Abril.79-Oct.82			Buena cantidad de aforos.
	Nov.83-Abril 2004		Datos muy escasos o inexistentes.

Los aforos después de Octubre 1982 no fueron utilizados por no tener observaciones de cotas después de esta fecha.

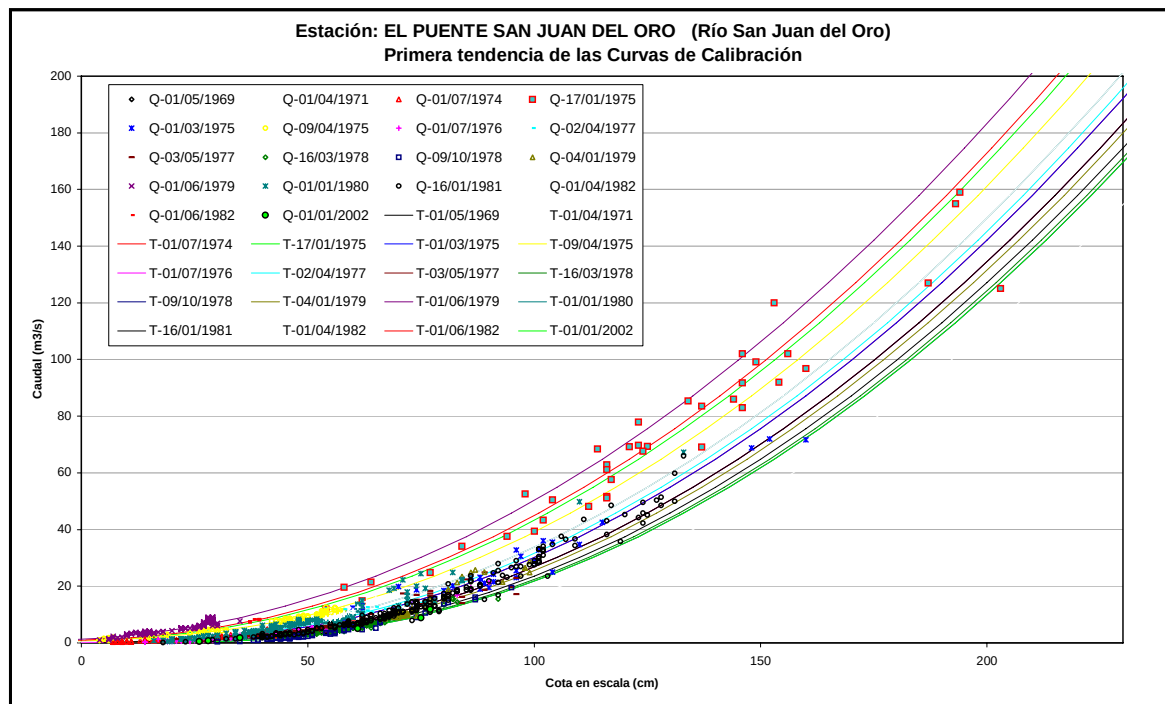


4.7.5 Curvas de calibración.

▪ Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

En el gráfico anterior se puede ver la poca cantidad de aforos en épocas de crecidas y la mucha cantidad de aforos en épocas de estiaje. Las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel a partir de las series de aforos son las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) :



Primera tendencia de las curvas de calibración

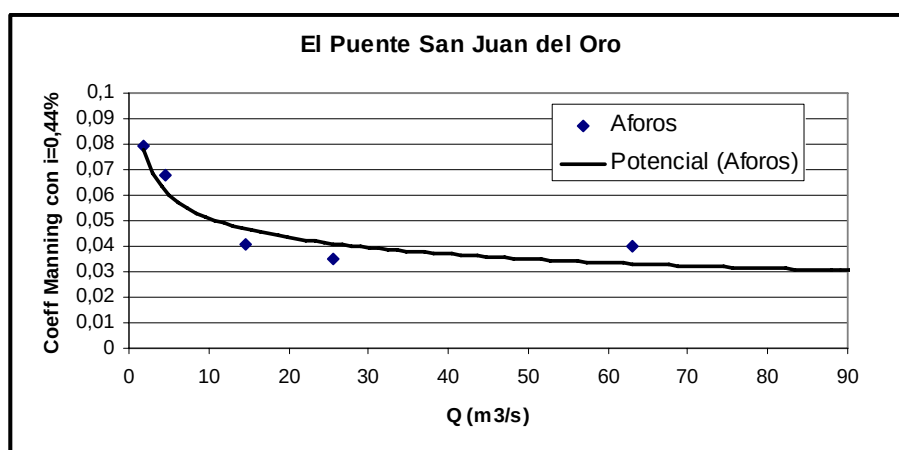
Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

Los análisis por correlaciones de los caudales obtenidos con estas curvas mostraban claramente que los caudales de crecida deberían aumentarse. Lo que indica que debemos ajustar la parte alta de estas curvas.

También se analizaron los caudales encontrados en los archivos y resultó que eran exagerados para la parte alta de las curvas. Por lo tanto no se tomaron en cuenta.

Ajuste con la formula de Manning :

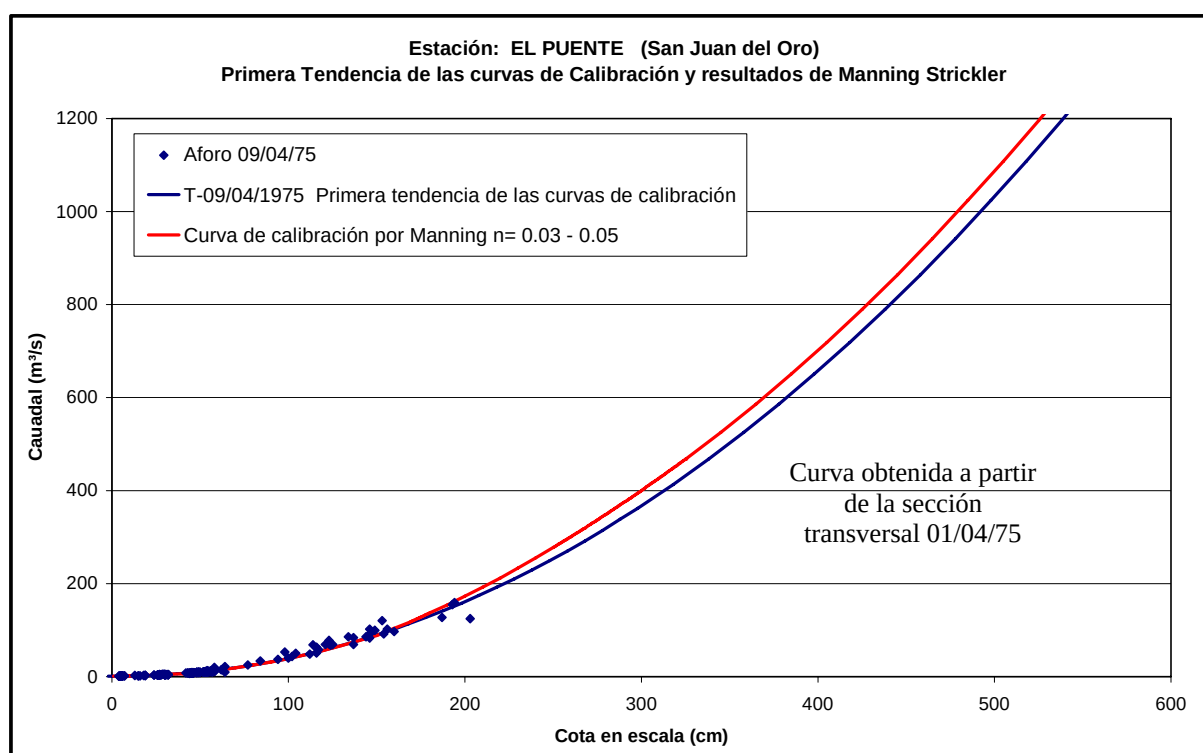
El coeficiente de Manning fue estimado a partir de los aforos disponibles para aguas medias, considerando la pendiente mediana en esta estación cerca de 0.44 %. La curva de tendencia del coeficiente de Manning en función del caudal está presentada en el gráfico abajo :



Variación de la rugosidad (n) en función del caudal(Q)

Entonces, para utilizar la fórmula de Manning para grandes caudales se utilizaron valores entre 0.03 y 0.04.

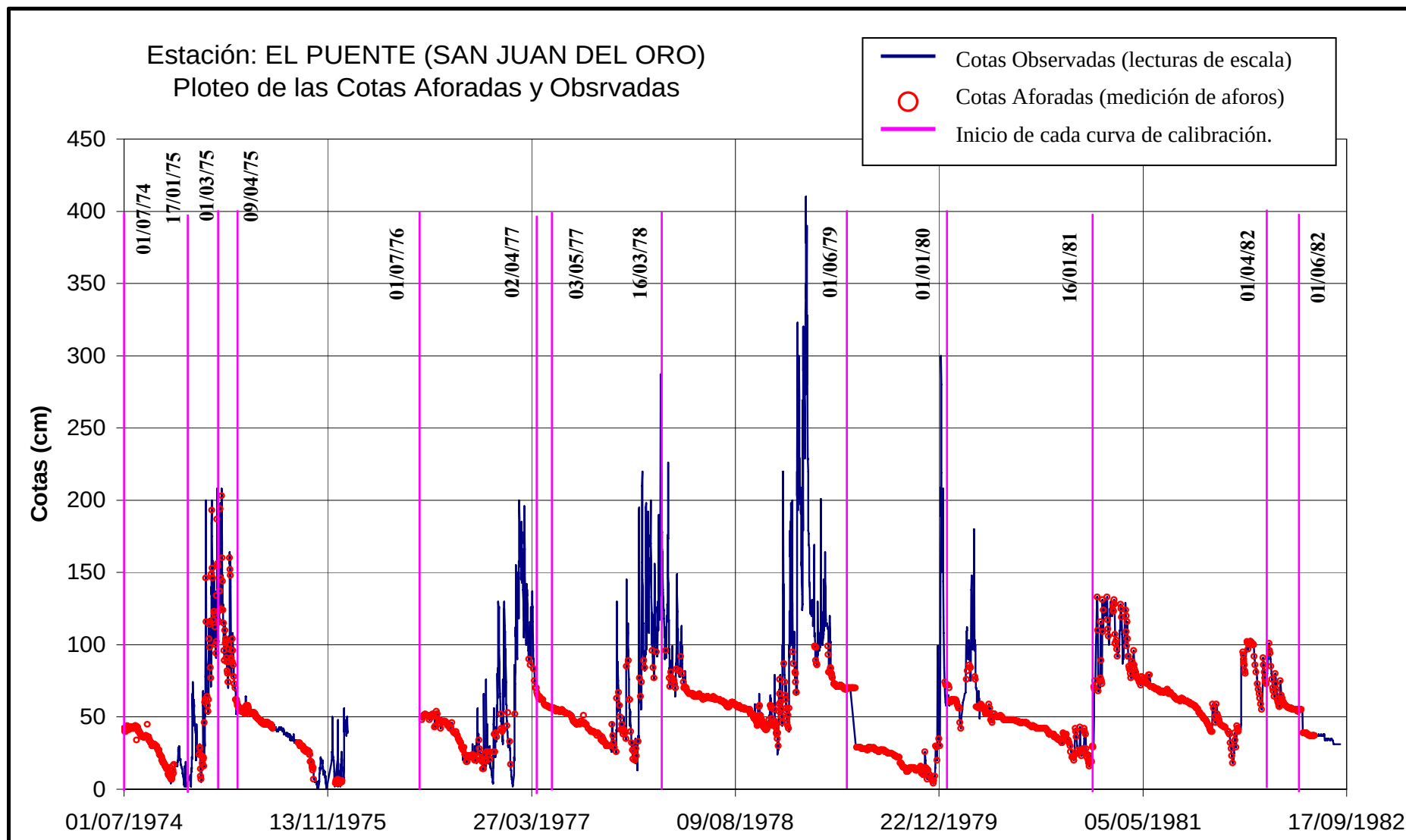
El gráfico siguiente presenta una de las primeras curvas de calibración dibujadas y la curva $h-Q_{\text{Manning}}$ obtenida para este rango de valores del coeficiente de rugosidad. La fórmula de Manning fue solamente aplicada a la sección del 01/04/75.



Primera curva de calibración y la curva $h-Q$ por Manning obtenida para el rango de valores $n= 0.03-0.055$.

En este gráfico, el análisis de Manning muestra que las curvas iniciales deben aumentarse para la parte alta, también el análisis de correlaciones lo confirma. Por lo tanto las curvas de tendencia se ajustaron en su parte alta siguiendo la forma de la curva obtenida por Manning (01/04/75), con un coeficiente de rugosidad que varía variable entre 0.03 y 0.055.

El gráfico siguiente nos permitirá visualizar de una mejor manera la frecuencia de las des-calibraciones en la estación



Primera identificación de las des-calibraciones

▪ **Validación de las curvas calibración mediante el análisis de consistencia.**

El análisis de consistencia nos ha permitido identificar problemas relevantes en los caudales, en los periodos donde se han definido curvas de calibración que consideran periodos muy largos (sirven para calcular caudales).

En el gráfico anterior se puede ver que:

- la curva 09/04/75 no puede servir para calcular caudales hasta 01/07/76, cuyo periodo es muy largo, además esta curva toma en cuenta la época de crecida del año 76.
- las curvas del 16/03/78 hasta 16/01/81 no pueden servir para calcular caudales en periodos tan largos. Generalmente son curvas que toman en cuenta todas las épocas de crecida, a pesar de no presentar aforos.

También se puede ver que el año hidrológico del 75 presenta una considerable cantidad de aforos (estiaje-crecidas), mostrando que la estación tiende a des-calibrarse en periodos muy cortos, por lo tanto las curvas de calibración citadas anteriormente, abarcan periodos demasiado largos, y no toman en cuenta las des-calibraciones que presenta la estación. Para mejorar los caudales en estos periodos se crearon curvas de calibración (no hay aforos-crecidas), suponiendo que la estación se des-calibró de igual manera que en el año 75, ya que es un año que presenta buena calidad y cantidad de aforos. Estas nuevas curvas de calibración fueron validadas por el análisis de consistencia a nivel anual y mensual y por correlaciones con los caudales diarios.

Entonces el análisis de consistencia nos ha permitido obtener **21 curvas de calibración**.

Las curvas de calibración definitivas se presentan al final de esta ficha.

4.7.6 Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual

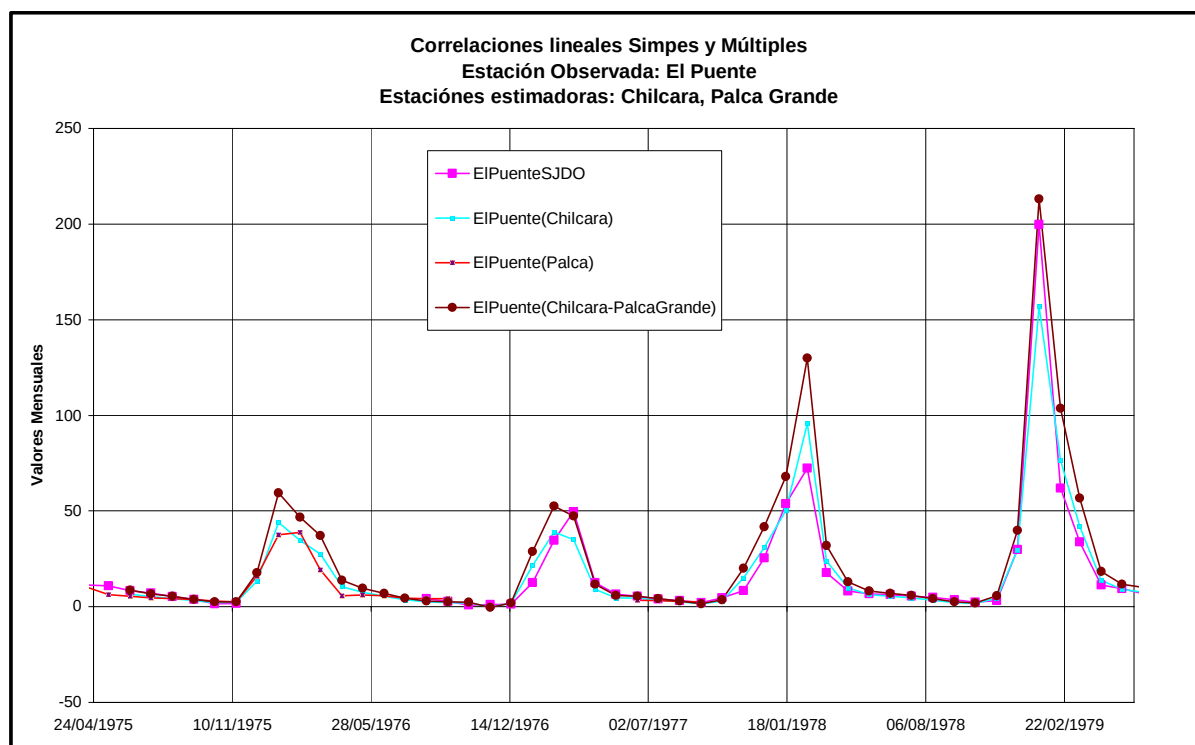
Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las curvas de calibración y de las cotas observadas.

Una vez concluido el análisis de consistencia, se realizó el relleno de caudales a nivel mensual utilizando las correlaciones lineales simples-múltiples. La estación de El Puente cuenta con una sola laguna que abarca desde el 31/12/75 al 01/07/76, para rellenar esta laguna utilizamos como estaciones estimadoras las siguientes:

- Palca Grande
- Chilcara.

Las correlaciones realizadas a partir de estas estaciones dieron buenos resultados, por lo tanto la estimación obtenida a partir de las estaciones Palca Grande y Chilcara fue la mejor y la utilizamos para rellenar el periodo del 31/12/75 al 01/07/76.

El análisis de consistencia a nivel mensual nos permitió, validar el relleno realizado a nivel mensual, e identificar dos meses que presentaban caudales muy altos Enero 1979 y Diciembre 1979, que fueron sustituidos por la estimación obtenida con las estaciones de Palca Grande y Chilcara.



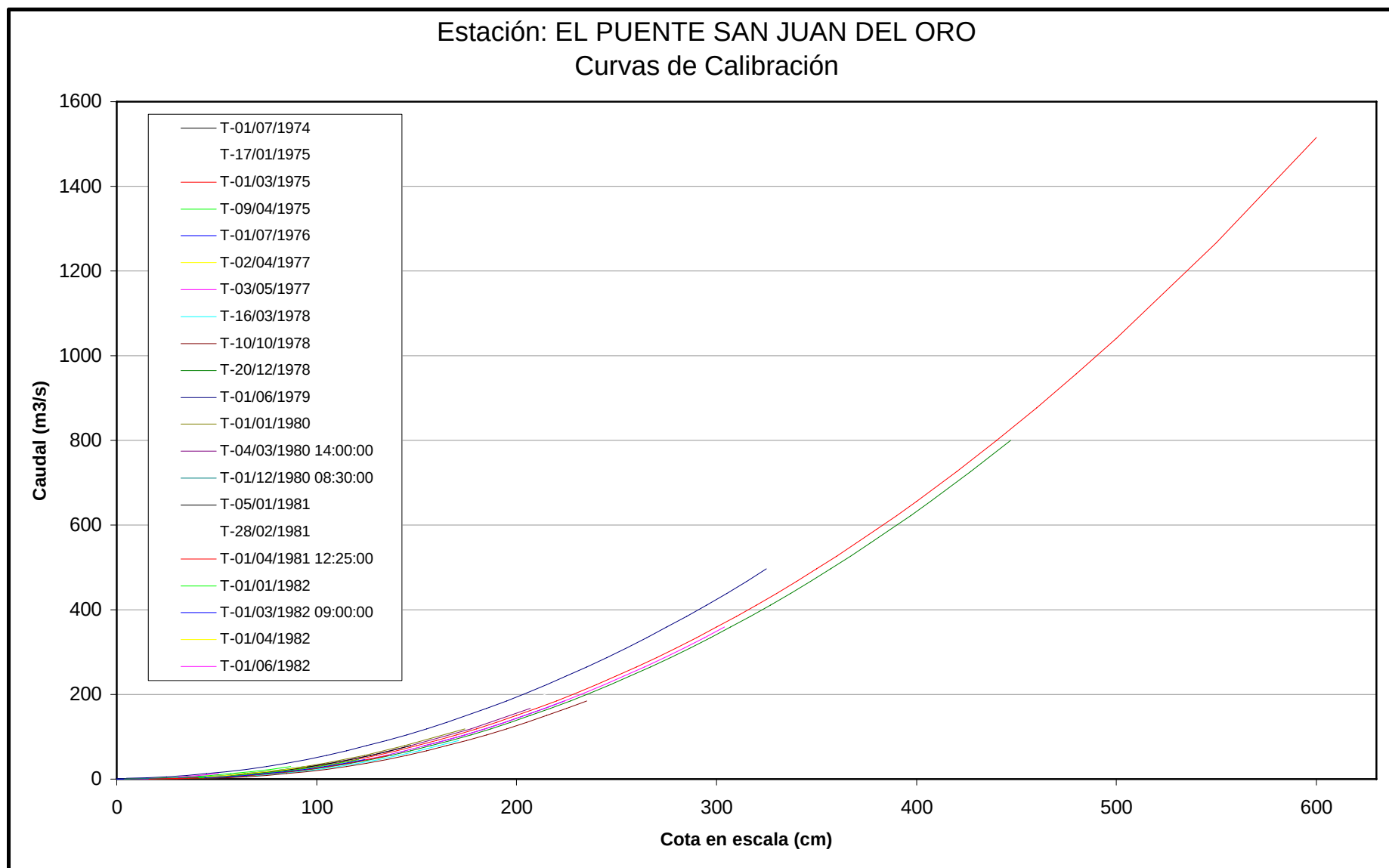
Ejemplo de Relleno de laguna en el periodo correspondiente 31/12/75 al 01/07/76. en el gráfico se puede ver que la mejor estimación obtenida por correlaciones múltiples, es con las estaciones de Chilcara y Palca Grande, cuyo coeficiente de correlación es $r=0.936$.

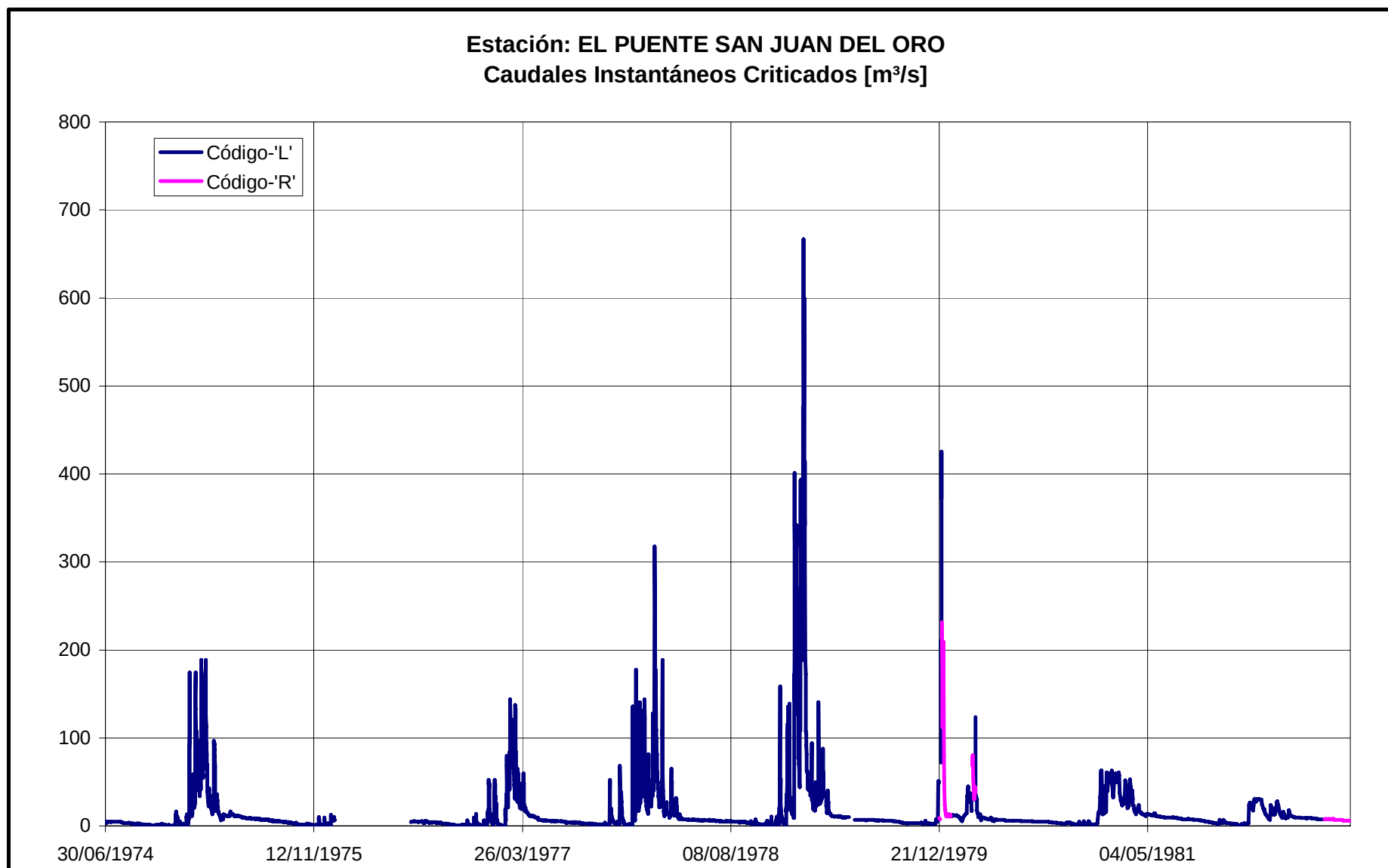
Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Las buenas correlaciones lineales con los datos de lecturas de escala y lecturas de aforos nos permiten ver que los datos de cotas y caudales son confiables en todo su periodo, ya que tienen una cierta relación con las estaciones Chilcara y San Pedro. La estación presenta una serie de caudales mensuales completa de Agosto 1974 hasta Agosto 1982 (8 años hidrológicos).

No debemos olvidar que la estación presenta bastante cantidad de aforos en aguas bajas, por lo que los caudales para épocas de estiaje se encontraran bien definidos, no así para épocas de crecida, donde los aforos son bastante escasos en casi todo el periodo, por lo que las curvas de calibración en su parte alta han sido definidos utilizando la ecuación de Manning. Entonces los caudales para crecidas deberán ser validados por los aforos que se realicen en lo posterior especialmente en aguas altas.





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la Estación : El Puente San Juan del Oro (Río San Juan del Oro)

Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1973 - 1974												3.562	
1974 - 1975	2.126	0.809	0.956	2.807	21.77	84.9	30.67	11.21	10.87	8.394	7.069	5.281	15.11
1975 - 1976	3.711	1.442	1.667	14.45	37.16	34.15	21.62	8.217	7.277	6.305	4.87	4.151	12.04
1976 - 1977	2.829	0.934	1.159	1.379	12.46	34.72	49.65	12.45	6.501	5.478	4.012	3.101	11.09
1977 - 1978	2.016	4.607	8.284	25.56	53.72	72.43	17.8	8.246	6.639	6.328	5.355	4.864	17.67
1978 - 1979	3.682	2.306	3.162	29.77	125	62	33.71	11.26	9.351	6.767	6.573	5.937	24.86
1979 - 1980	4.399	3.149	3.051	21.6	15.77	13.98	29.68	8.633	7.374	6.583	5.975	5.159	10.48
1980 - 1981	4.415	3.5	2.46	2.237	29.99	48.95	29.89	15.59	12.32	9.803	8.632	7.309	14.38
1981 -1982	5.503	3.657	3.329	6.525	26.96	15.65	38.28	10.85	8.919	7.899	7.495	6.203	11.79

Nota:

	Los caudales en verde son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel instantáneo
	Los caudales en amarillo son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel mensual

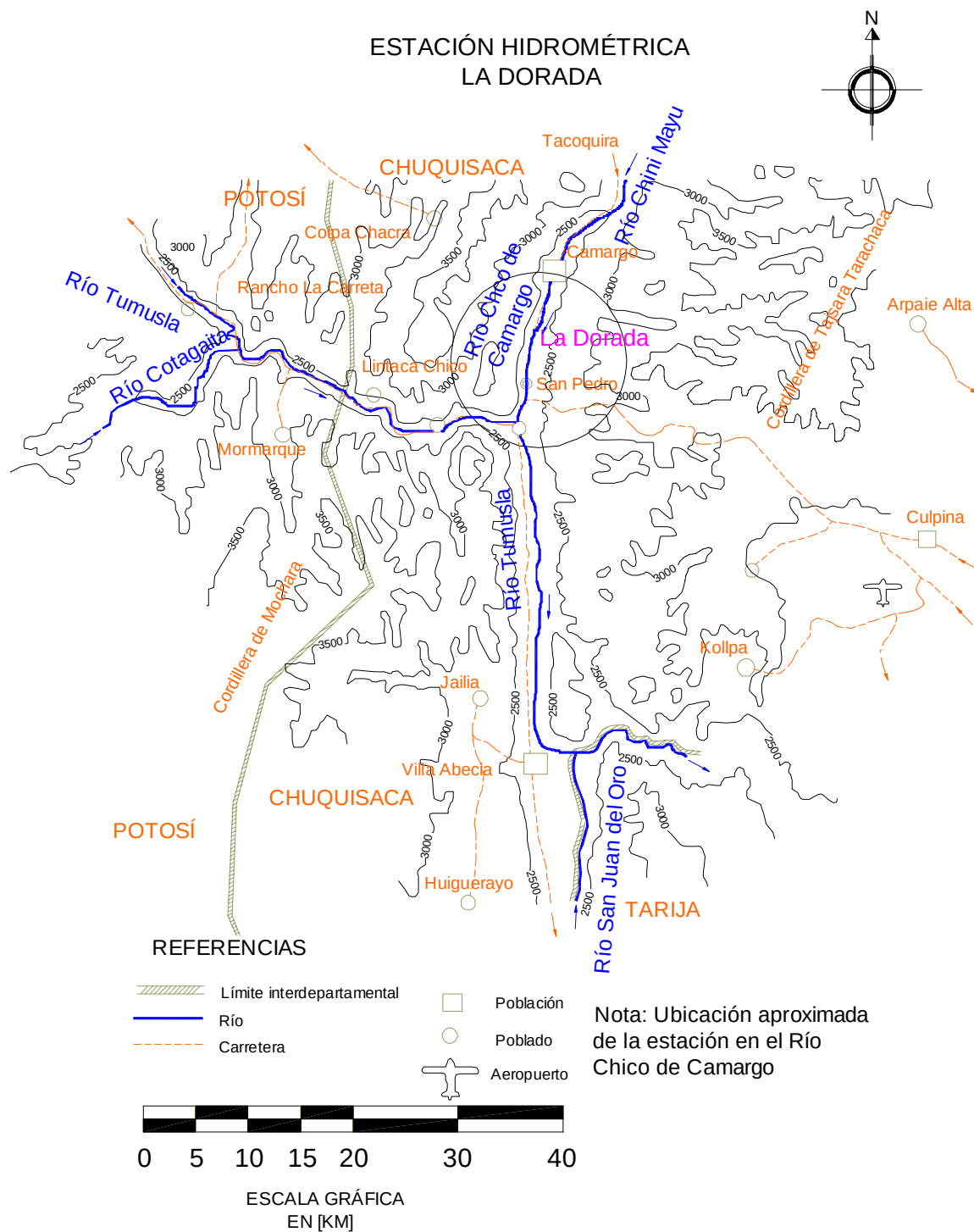
4.8 La Dorada

4.8.1 Características generales

Estación	LA DORADA	
Características hidrográficas	Río	Río Chico de Camargo
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Tumusla
	Área de la cuenca (km2)	?
Características geográficas	Latitud (decimales)	No hay información disponible.
	Longitud (decimales)	No hay información disponible.
	Altura (m.s.n.m.)	No hay información disponible.
	País	Bolivia
	Departamento	Chuquisaca
	Provincia	Nor Cinti
Acceso	No hay información disponible.	
Administrador	SENAMHI - POTOSI	
Fecha de apertura	En Julio de 1990	
Cierre /rehabilitación	La estación dejó de funcionar en Enero de 1993.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 01/07/90-31/01/93	Cotas leídas en escalas limnimétricas.
	Aforos :	No se cuentan con información de lecturas de aforo.
Informaciones complementarias disponibles	- No ha sido visitada recién.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)

No hay información precisa de ubicación.



4.8.2 Evolución del perfil transversal del río

- **Batimetría disponible:** No disponemos de la información original para construir las secciones transversales del sitio de aforo.
- **Estabilidad de la sección:** No se tiene información.

4.8.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 01/07/90-31/01/93

Porcentaje de lagunas : 17.6 %

Calidad general de los datos : Desconocida.

Tratamiento de los datos :

La estación no se encuentra precisamente ubicada, si embargo la estación se halla sobre el río Chico de Camargo. Aun con esta pista es muy difícil criticar la estación porque no presenta periodo común con sus estaciones vecinas.

Al examen de los gráficos, los datos de cotas parecen coherentes, pero hay bastante lagunas.

Los datos disponibles con los que se cuenta son los siguientes :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
01/07/90		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
02/07/90-18/08/90		Guardado.
	19/08/90-19/10/90	Laguna no rellenada .
20/10/90-30/08/91		Guardado.
	31/08/91-31/10/91	Laguna no rellenada .
01/11/91-13/09/92		Guardado.
	14/09/92-30/09/92	Laguna no rellenada .
01/10/92-02/10/92		Guardado.
	03/10/92-19/10/92	Laguna no rellenada .
20/10/92-04/11/92		Guardado.
	05/11/92-18/11/92	Laguna no rellenada .
19/11/92-31/01/93		Guardado. FIN DE LAS LECTURAS DE ESCALA.

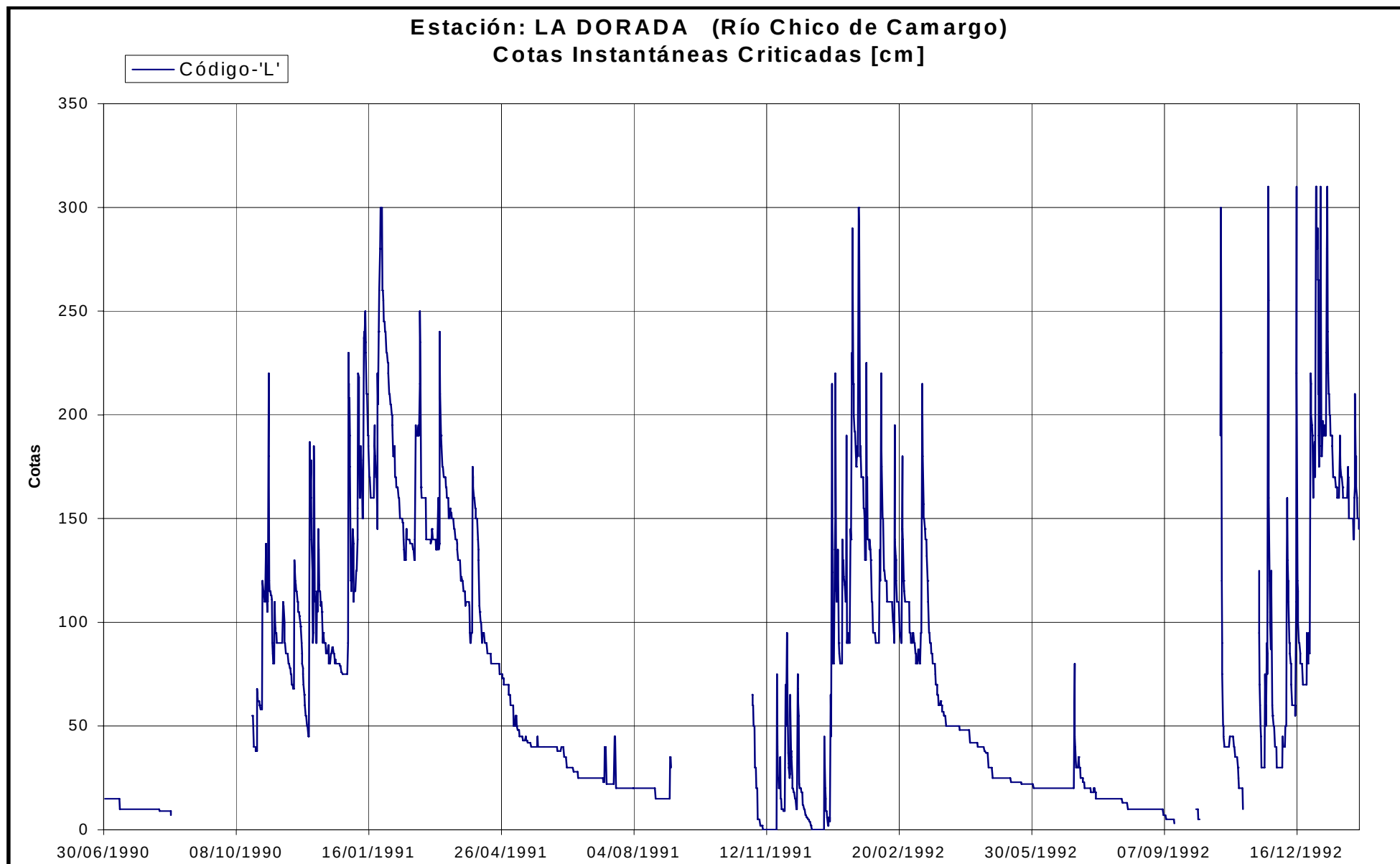
4.8.4 Aforos disponibles.

No cuenta con información de aforos.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Los datos de lecturas de escala son indeterminados en todo el periodo debido a que sus estaciones vecinas (estimadoras) no presentan un periodo común, para confirmar que los datos son confiables. Por esta razón tampoco se pudieron rellenar.

Debido a que no se tienen datos de aforo, no se pudieron elaborar series de caudales.



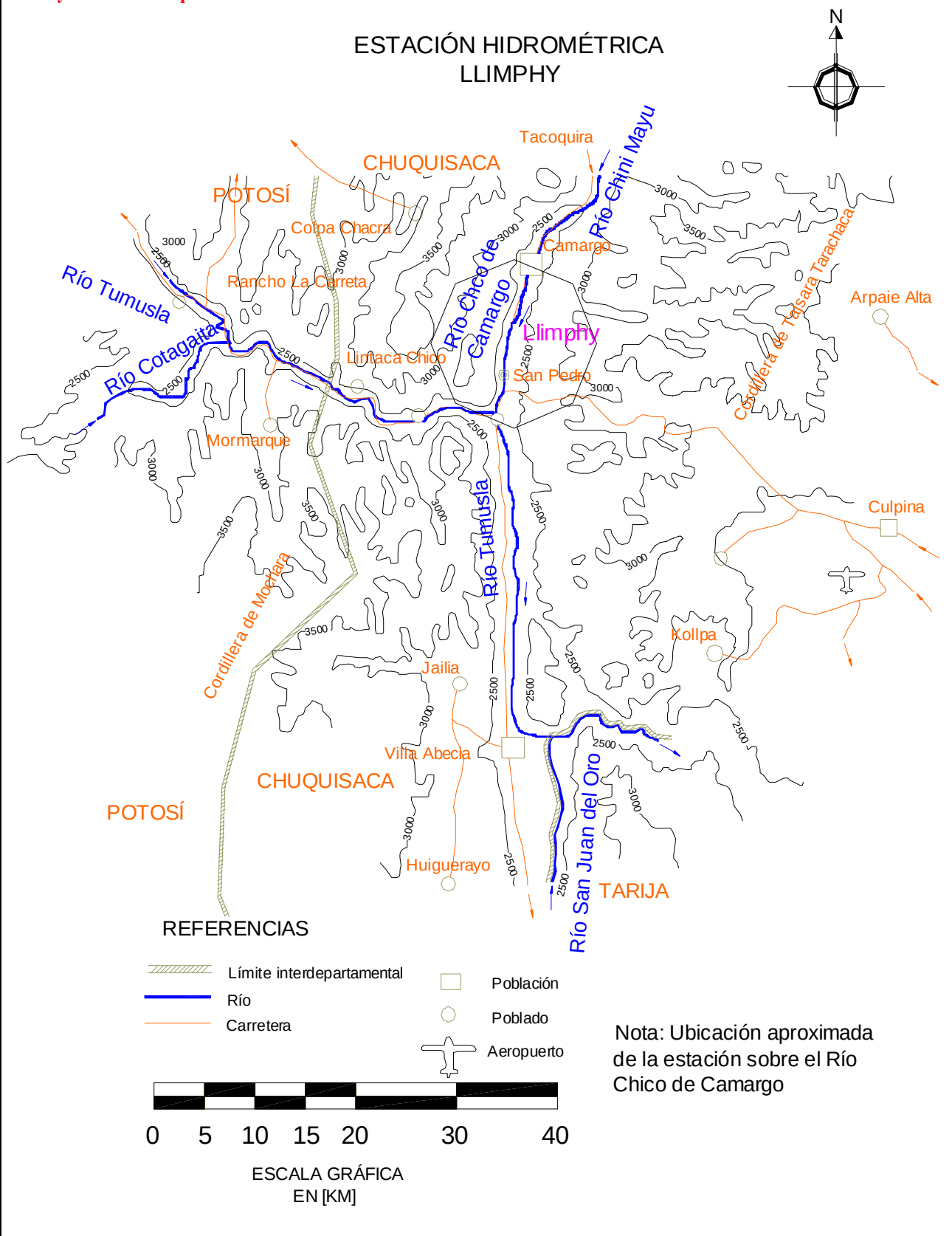
4.9 Llimphy

4.9.1 Características generales

Estación	LLIMPHY	
Características hidrográficas	Río	San Juan del Oro
	Cuenca	Rio Pilcomayo
	Sub-cuenca	Rio Tumusla
	Área de la cuenca (km2)	?
Características geográficas	Latitud (decimales)	No hay información disponible.
	Longitud (decimales)	No hay información disponible.
	Altura (m.s.n.m.)	No hay información disponible.
	País	Bolivia
	Departamento	Chuquisaca
	Provincia	Nor Cinti
Acceso	No hay información disponible.	
Administrador	SENAMHI - CHUQUISACA	
Fecha de apertura	10 de Octubre de 1973	
Cierre / rehabilitación	La estación dejó de funcionar en Abril de 1975.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 10/10/73-01/05/75	Cotas leídas diariamente en escalas limnimétricas.
	Aforos : 24/10/73-15/04/75	Las lecturas de aforos se realizaban utilizando molinete.
Informaciones complementarias disponibles	- La estación no ha sido visitada recién. - Muy poca información existe en el SENAMHI-La Paz .	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)

No hay información precisa de ubicación.



4.9.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ **Batimetría disponible :**

No disponemos de la información original para construir las secciones transversales del sitio de aforo.

▪ **Estabilidad de la sección**

No hay información disponible.

4.9.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 10/10/73-01/05/75

Porcentaje de lagunas : 37.7 %

Calidad general de los datos : Desconocida.

Tratamiento de los datos :

La estación no se encuentra precisamente ubicada. Solo se sabe que está sobre el río Chico de Camargo. Aun con esta pista es muy difícil rellenar la estación porque se puede comparar solo con la estación San Pedro.

Al examen del gráfico de las cotas, los datos parecen coherentes, pero con bastante lagunas.

Los datos disponibles son los siguientes :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
10/10/73		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
11/10/73-19/10/73		Guardado.
	20/10/73-22/10/73	Laguna que no se rellenará.
22/10/73-26/10/73		Guardado.
	27/10/73-31/10/73	Laguna que no se rellenará.
01/11/73-03/11/73		Guardado.
	04/11/73-09/11/73	Laguna que no se rellenará.
10/11/73-17/11/73		Guardado.
	18/11/73-21/12/73	Laguna que no se rellenará.
22/12/73-30/06/74		Guardado.
	01/07/74-09/12/74	Laguna que no se rellenará.
10/12/74-30/12/74		Guardado.
	31/12/74-05/01/75	Laguna que no se rellenará.
06/01/75-01/05/75		Guardado.

4.9.4 Aforos disponibles.

Aforos disponibles : 24/10/73-15/04/75

Calidad de los datos : los aforos parecen buenos, pero no se tiene la certeza de que así sea, debido a que no está bien ubicada y no hay estaciones con las cuales se podría comparar.

Cantidad de datos :

Datos tomados en forma irregular.(Escasos)	Datos faltantes	Observaciones
24.Oct.73-15.Abril.75		Datos muy escasos.

4.9.5 Curvas de calibración.

▪ **Realización de la curvas de calibración (ver 3.4.3)**

No se ha realizado las curvas de calibración, porque no se conoce la ubicación exacta de la estación, por lo tanto no se podría asegurar la confiabilidad de los datos de caudales obtenidos a partir de las curvas.

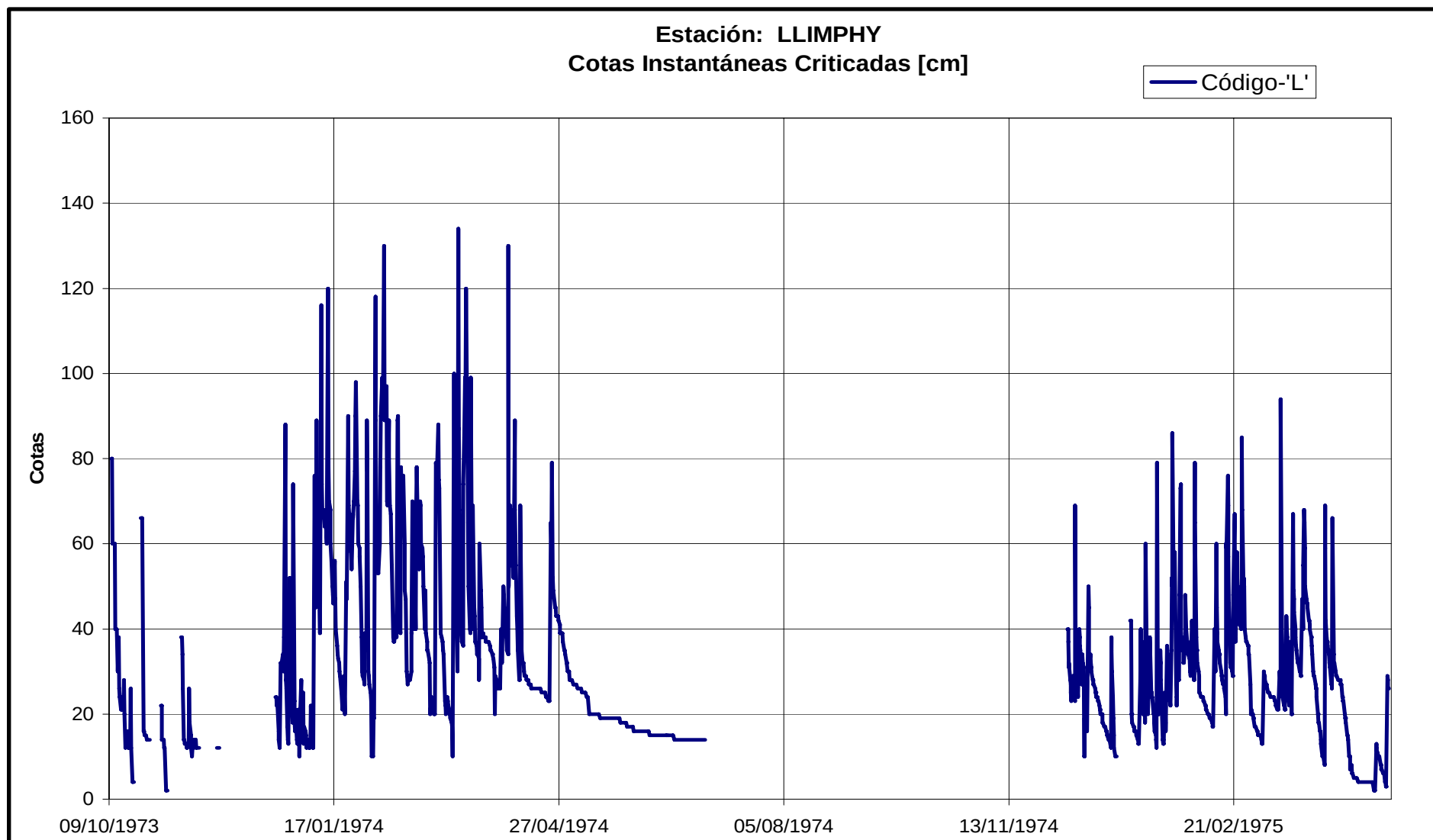
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Los datos de lecturas de escala – lecturas de aforos son de calidad desconocida en todo el periodo ya que la estación no está exactamente ubicada y no se podría asegurar la confiabilidad de los datos.

Las lecturas de escala no pudieron ser rellenadas debido a que :

- Se contaban con muy pocos estimadores en las primeras lagunas.
- La estación no está ubicada exactamente.

No se pudieron elaborar series de caudales por falta de datos de aforos.



4.10 Misión La Paz

4.10.1 Características generales

Estación	MISION LA PAZ	
Características hidrográficas	Río	Pilcomayo
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Pilcomayo
	Área de la cuenca (km2)	95 695
Características geográficas	Latitud (decimales)	-22,22410 (GPS)
	Longitud (decimales)	-62,31210 (GPS)
	Altura (m.s.n.m.)	230 (GPS)
	País	Argentina
	Departamento	-
	Provincia	Salta
Acceso	Acceso por la ciudad de Misión La Paz	
Administrador	EVARSA	
Fecha de apertura	1945	
Cierre /rehabilitación	La estación siempre ha funcionado desde su apertura pero no se cuenta con caudales del 01/09/2001 hasta el 30/10/2002	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 01/09/64-20/03/2005	Cotas leídas en escalas limnimétricas.
	Caudales : 01/11/60-20/03/2005	No se pudo recuperar los aforos de la estación, pero la empresa EVARSA transmitió todos los caudales diarios calculados para el periodo.
Informaciones complementarias disponibles	- La estación fue visitada varias veces por personales del Proyecto Pilcomayo.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)

No hay mapa disponible en Bolivia

4.10.2 Evolución del perfil transversal del río

No se pudo recuperar ningún perfil transversal del río, pero según las informaciones obtenidas, la sección es muy inestable por causa de la sedimentación y de la erosión del río en esta zona. Los aforos tienen que estar hechos casi cada día.

Por lo tanto, el seguimiento de la estación hecho por la empresa EVARSA es constante y muy confiable para las cotas.

4.10.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera - ultima cota disponible : 01/09/64-20/03/2005

Porcentaje de lagunas : 1%, un solo periodo faltante del 01/06/2002 hasta el 30/10/2002

Calidad general de los datos : muy buena

Tratamiento de los datos : Análisis por Correlaciones Lineales y Análisis de Consistencia.

La estación Misión La Paz presenta datos muy completos, de muy buena calidad. Se tenían datos antes de 1964, pero solo se analizaron los datos posteriores a este año porque todas las otras estaciones estudiadas no tenían datos antes de 1964.

Para corregir y/o rellenar las cotas disponibles, se utilizaron como estaciones estimadoras (correlaciones) las siguientes :

- Villamontes

La correlación entre las cotas de Villamontes y las de Misión La Paz era muy buena. Sin embargo las lagunas de Misión La Paz no se rellenaron por ser demasiado largas y por tener solo una estación estimadora.

Los datos disponibles fueron tratadas de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
01/09/64		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
01/09/64-31/05/2002		Datos muy confiables, guardados
	01/06/2002-14/10/2002	Ningún tratamiento
15/10/2002-16/10/2002		Datos muy confiables, guardados
	17/10/2002-30/10/2002	Ningún tratamiento
31/10/2002-20/03/2005		Datos muy confiables, guardados

4.10.4 Aforos disponibles.

No tenemos información acerca de los aforos, pero ya se tenían series de caudales diarios.

4.10.5 Curvas de calibración.

No se construyó ninguna curva de calibración por no contar con los datos de aforos, solamente se utilizaron los caudales entregados por la empresa EVARSA.

Se tenía caudales diarios para los periodos siguientes :

01/11/1960-31/08/2001

15/10/2002-16/10/2002

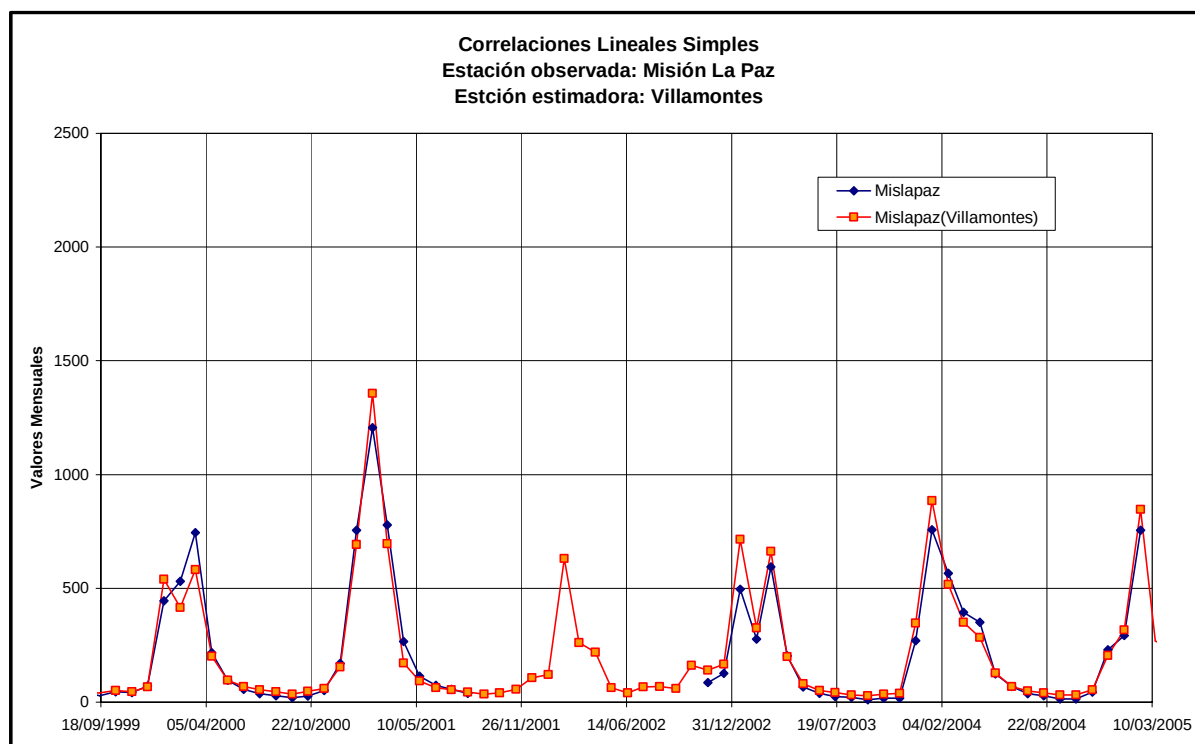
31/10/2002-20/03/2005

Se realizó una comparación de los caudales y de las series de cotas con las de Villamontes. La correlación obtenida es muy buena entre estas dos estaciones lo que nos permitió validar la confiabilidad de los datos de esta estación.

El análisis de consistencia con los caudales nos permitió ver que los datos de caudales son bastante buenos ya que se parecen y mantienen cierta similitud a los caudales de la estación Villamontes, esto se debe a que se encuentran sobre el mismo tramo de río.

4.10.6 Cálculo de los caudales mensuales, anuales – Relleno mensual.

A partir de los caudales diarios entregados por EVARSA, se calcularon los caudales mensuales y anuales de la estación de Misión La Paz. La estación presenta una sola laguna correspondiente a Septiembre 2001 hasta Noviembre del 2002, que ha sido rellena por correlaciones con su única estación estimadora Villamontes. El análisis de consistencia a nivel mensual nos ha permitido validar el relleno realizado. Por lo que la serie de datos mensuales se encuentra completa.



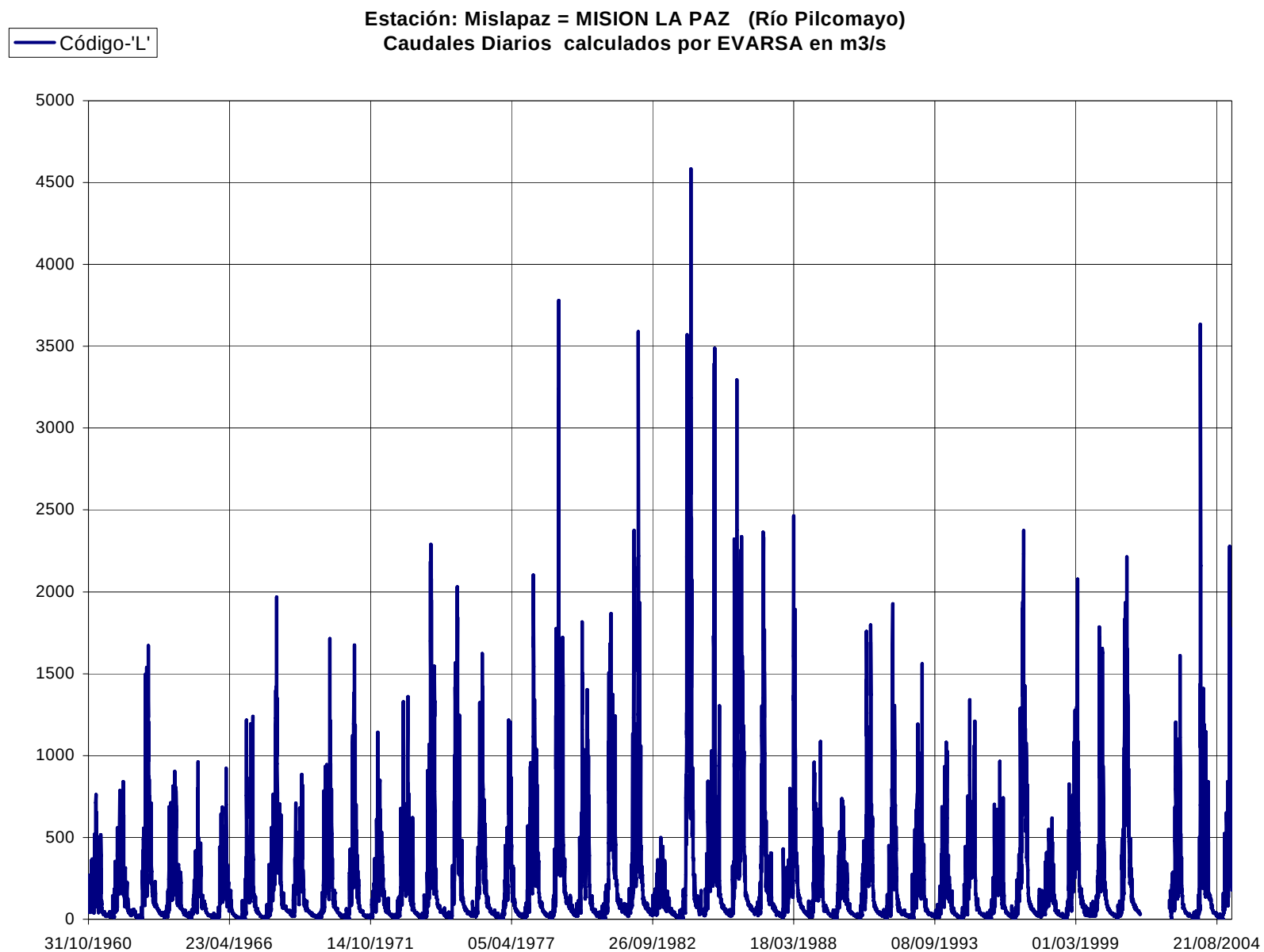
Ejemplo de Relleno de la laguna correspondiente al periodo 16/09/01 hasta 16/11/02 Cuyo coeficiente de correlación es de $r=0.987$.

Los caudales diarios y mensuales figuran al final de la ficha.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Los datos brutos de cotas son muy confiables. Las análisis de correlación hechos parecen mostrar que los caudales de Misión La Paz son bastante buenos. No se pudo averiguar la calidad de las curvas de calibración con las cuales fueron calculados estos caudales. Pero el análisis de consistencia a nivel anual y mensual muestra que los caudales en la estación son buenos ya que presentan el mismo comportamiento con la estación Villamontes, ubicada aguas arriba de la estación Misión La Paz.

La serie de caudales mensuales obtenidos es completa desde Nov 1960 hasta la fecha.



Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la Estación : Misión La Paz (río Pilcomayo)

Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1960 - 1961			90.13	166.7	173.4	371.9	180.6	225.4	58.42	31.63	23.29	29.58	
1961 - 1962	23.87	51.26	109.9	231.4	321.4	367.3	341.1	144.7	70.16	37.93	47.61	42.52	148.1
1962 - 1963	14.17	8.581	18.3	268.3	467.6	799.4	628.3	308.4	103.9	98	57.81	37.29	230.9
1963 - 1964	28.03	22	34.33	204.4	265	354.2	448.9	192.4	131.6	83.57	45.81	31.19	153.1
1964 - 1965	23.03	13.65	48.4	151.7	265.4	316.5	178.5	91.67	68.45	32.07	24.39	16.65	101.4
1965 - 1966	16.77	8.806	23.27	191.4	318.3	276.7	226	129.4	79.32	32.4	19.87	12.16	110.5
1966 - 1967	7.5	22.87	27.33	275.6	165	387.8	496.8	108.5	48.9	35.17	18.13	11.97	132.7
1967 - 1968	8.47	38.84	70.4	229.3	337.3	1121	459.8	318.4	87.13	70.11	53.66	48.58	233.4
1968 - 1969	30.01	50.81	248.1	232.8	328.1	459	130.6	77.42	50.51	37.19	27.73	20.41	138.9
1969 - 1970	10.04	15.98	38.86	181.5	423	465.7	536.3	292.8	107.9	63.91	39.53	25.98	182
1970 - 1971	16.03	15.46	17.58	122.7	322.9	795.7	512.5	195.5	66.87	49.44	24.01	17.65	175.8
1971 - 1972	14.49	18.99	88.07	207.2	440	355.7	319.8	175	62.41	53.16	32.43	20.28	148.6
1972 - 1973	16.59	13.23	49.22	220.4	398.8	394.3	457.2	251.3	99.87	126.4	38.05	27.14	173.3
1973 - 1974	14.13	15.45	37.37	109.3	389.2	1193	692.8	596.4	111.8	72.53	49.95	37.74	270.2
1974 - 1975	21.22	24.47	15.42	132.1	533.7	1084	487.2	211.2	127.6	64.37	46.78	34.99	226.6
1975 - 1976	28.74	36.18	49.94	182.9	546.7	821.7	345.4	132	82.8	47.57	34.15	25.23	192.4
1976 - 1977	22.5	8.821	11.43	68.2	250	484.4	697.9	226.4	102.8	49.25	29.84	21.06	162.7
1977 - 1978	19.69	34.47	130.9	281.5	489.1	998.9	434.6	287.7	104.5	70.09	38.36	26.81	238.1
1978 - 1979	18.01	12.72	59.54	477	1044	1063	876.9	414.2	133.9	101	79.77	53.25	357.7
1979 - 1980	33.02	35.5	104.8	340.8	595.2	324.7	613.4	267.2	83.54	49.13	33.07	24.36	209.1
1980 - 1981	20.71	23.42	54.3	81.49	655.4	985.6	700.9	399.5	145.4	87.3	65.9	60.84	269
1981 - 1982	43.45	37.2	103.4	307.3	750.1	441	1220	390.8	146.3	84.32	66.52	46.08	303.5
1982 - 1983	42.48	60.62	83.56	160	184	199.9	134.1	85.08	73.16	45.04	29.41	22.57	92.77
1983 - 1984	13.75	14.32	29.42	101.7	900.6	1432	1908	645.4	154.7	109.8	67.76	59.35	450.5
1984 - 1985	34.87	69.28	339.4	382.5	389.5	1685	464.3	351.7	132.7	77.02	58.66	41.8	325.9
1985 - 1986	38.29	30.44	391	496.4	1071	467.1	1306	532.2	144.3	96.2	72.72	55.76	392.6
1986 - 1987	38.64	45.29	77.27	512.4	1364	417.6	227.1	168.2	125.6	67.17	45.26	33.06	260.7
1987 - 1988	24.72	51.09	98.54	128.6	283	384.2	912	762.7	200.4	110.7	72.3	47.38	255.7
1988 - 1989	35.28	34.01	23.84	129.4	377.6	192.3	251.1	346.4	107	65.21	44.84	26.46	135.9
1989 - 1990	20.71	27.35	37.36	194.4	328.5	452.8	215.1	144.9	58.02	38.77	28.88	20.14	128.7

1990 - 1991	18.98	30.6	124	193.7	640.8	459.8	747.3	248.7	74.05	48.7	36.89	25.57	220
1991 - 1992	26.57	21.22	78.11	65.61	702.9	500.2	274.5	73.27	48.62	35.59	30.84	22.96	156
1992 - 1993	17.03	34.87	89.76	186.8	477.1	237	438.6	162.6	62.58	36.33	30.09	25.2	149.9
1993 - 1994	22.25	25.3	57.52	240.2	279.2	553.3	254.8	135.6	55	37.83	24.22	16.37	139.3
1994 - 1995	8.969	34.92	141.7	198.8	486.2	379.5	621.2	182.8	72.07	38.31	27.88	20.92	183.8
1995 - 1996	16.87	9.681	37.67	106.2	307.5	332.2	304.7	183.5	163.5	49.19	31.96	18.19	129.6
1996 - 1997	20.06	18.3	76.46	215.7	485	1360	827.2	346.9	96.95	64.48	49.09	34.72	292.7
1997 - 1998	47.19	37.83	72.07	69.08	155.2	214.4	263.4	189.6	69.33	36.11	27.53	24.02	99.7
1998 - 1999	9.484	17.69	194.4	151.9	321.8	544.1	996.9	388.7	133.1	81.41	51.1	43.87	242.9
1999 - 2000	27.32	44.84	42.86	69.28	446	531.5	744.3	217.9	95.89	56.94	37.46	28.25	194.6
2000 - 2001	18.48	26.57	50.07	170.3	754.8	1206	779.1	266.9	114.7	74.29	56.74	39.1	291.1
2001 - 2002	22.02	28.43	47.58	108.9	124.1	640.7	284.6	236.2	55.3	27.71	59.69	61.42	137.9
2002 - 2003	51.87	168.8	85.79	126.4	496.3	277.5	594.9	203.1	66.16	38.27	24.97	20.39	179.7
2003 - 2004	9.993	17.09	17.06	270.4	757.3	566.2	394.6	351.2	124.1	67.53	36.52	27.58	219.3
2004 - 2005	14.5	13.23	43.48	229.5	292.1	756							

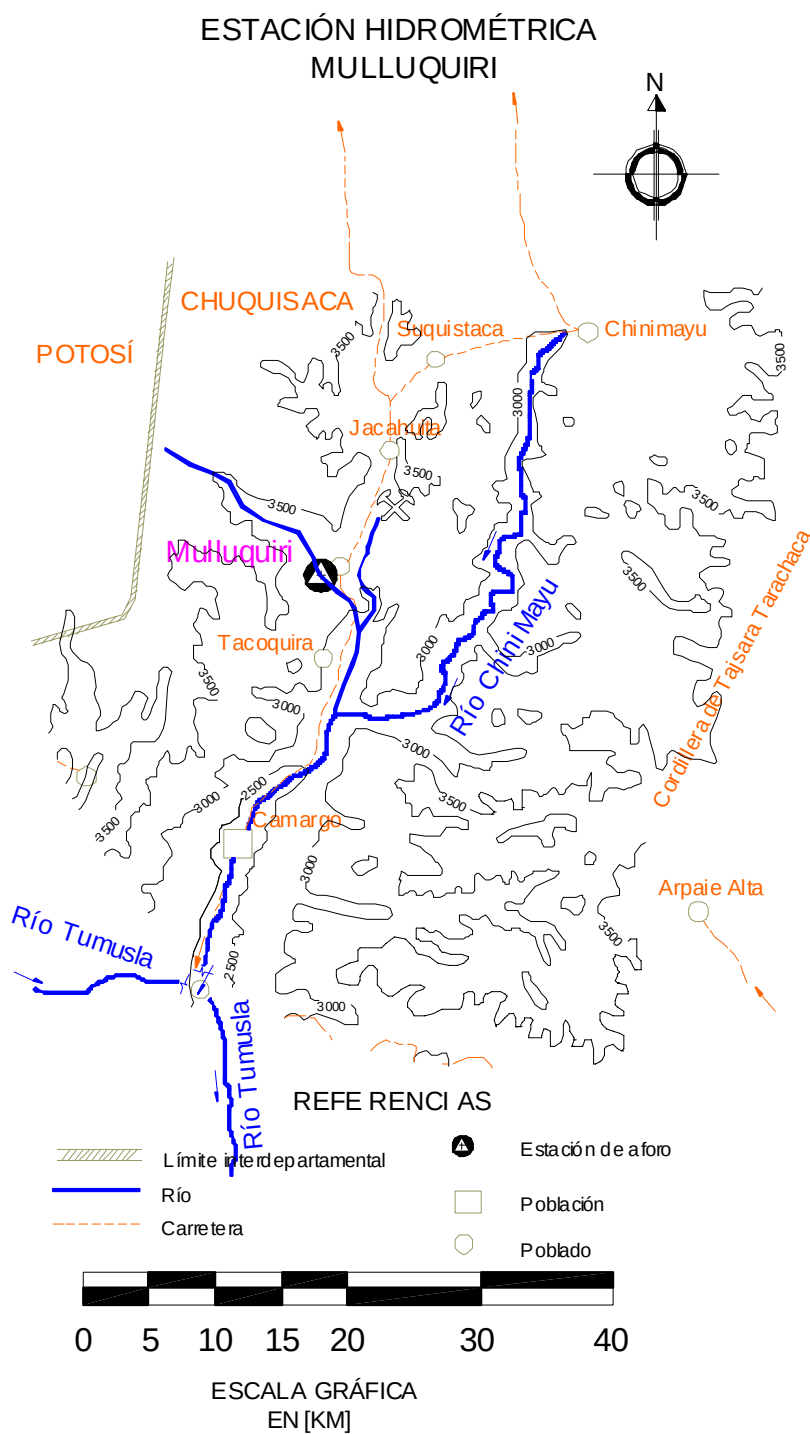
Nota: Los caudales en amarillo son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel mensual

4.11 Mulluquiri

4.11.1 Características generales

Estación	MULLUQUIRI	
Características hidrográficas	Río	Lique Mayu
	Cuenca	Rio Pilcomayo
	Sub-cuenca	Rio Tumusla
	Área de la cuenca (km2)	?
Características geográficas	Latitud (decimales) Fuente de inf.: Archivos del SENAMHI-La Paz	-20.4914
	Longitud (decimales) Fuente de inf.: Archivos del SENAMHI-La Paz	-65.1467
	Altura (m.s.n.m.) Fuente de inf.: Archivos del SENAMHI-La Paz	3120
	País	Bolivia
	Departamento	Chuquisaca
	Provincia	Nor Cinti
Acceso		
Administrador	SENAMHI - CHUQUISACA	
Fecha de apertura	Se instalaron los equipos en Noviembre del 1974	
Cierre / rehabilitación	La estación dejó de funcionar en Octubre de 1979.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 01/11/74-31/05/84	Cotas leídas en escalas limnimétricas.
	Aforos : 22/10/74-25/10/79	Las lecturas de aforos se realizaban utilizando molinete de marca OTT. Contamos con muy poca información de aforos para grandes crecidas.
Informaciones complementarias disponibles	- Estación que no fue visitada recién. - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



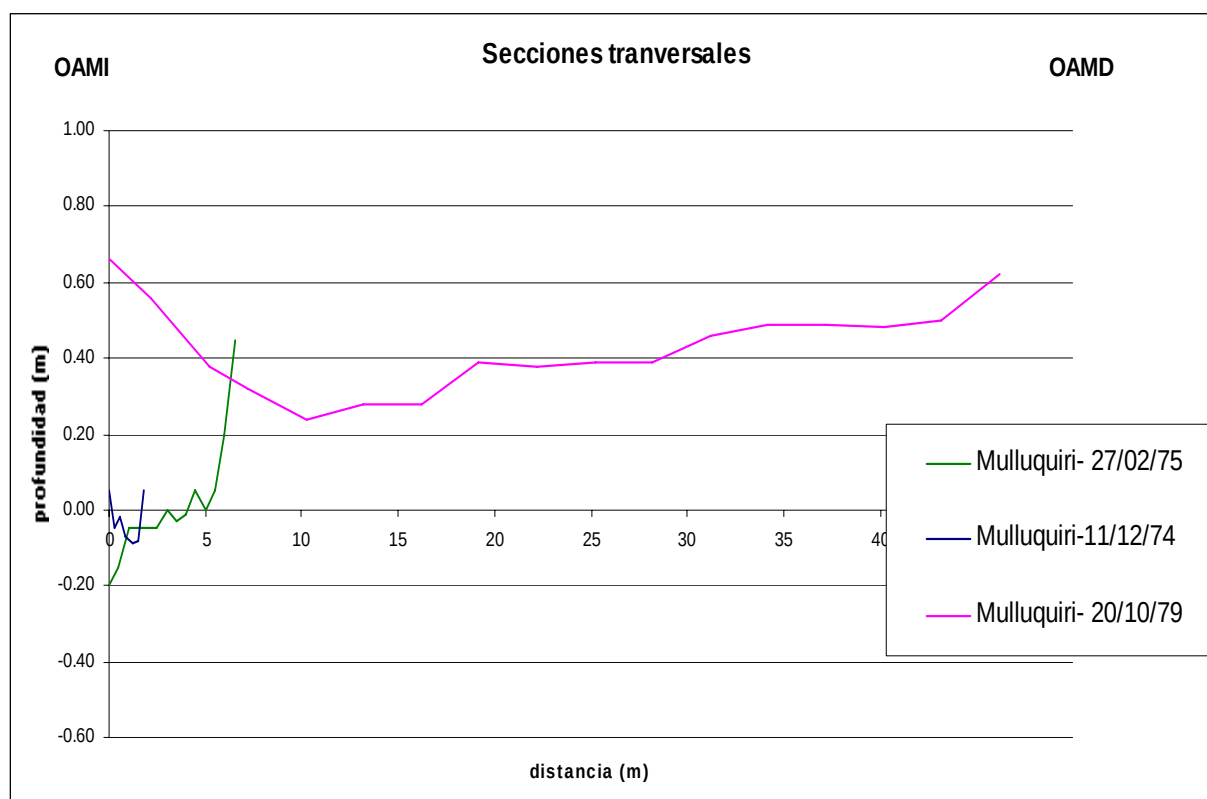
4.11.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ **Batimetría disponible :**

Se disponía de secciones elaboradas a partir de datos brutos de aforos desde el 74 al 79. De los cuales solamente se escogieron las secciones de crecidas, como se detalla a continuación:

- 11/02/74
- 27/02/75
- 20/10/79

El gráfico siguiente muestra los perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas).



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ **Estabilidad de la sección**

Se puede observar un poco en el gráfico realizado como ha ido cambiando la sección del cauce en el transcurso del tiempo (1974-1977).

La sección transversal del río no se encuentra bien definida, no contamos con más secciones transversales. Por lo tanto no se puede asegurar estabilidad de la sección a largo plazo.

4.11.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 01/11/74-31/05/84

Porcentaje de lagunas : 4.4 %

Calidad general de los datos : Presenta datos dudosos.

Tratamiento de los datos :

Para criticar las cotas disponibles no se pudo utilizar las correlaciones debido a que la estación cuenta con un solo estimador, la estación San Pedro. A consecuencia, no se puede estimar la calidad de los datos. Pero al ver el gráfico de las cotas, los datos parecen de calidad dudosa, ya que presentan quiebres bruscos y el comportamiento de los datos nos similar al de la estación San Pedro.

La estación Mulluquiri presenta lagunas de algunos días (épocas de estiaje), que fueron rellenadas por interpolación.

Los datos disponibles son los siguientes :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
01/11/74		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
02/11/74-30/08/76		Guardado.
	31/08/69-01/04/71	Laguna que no se rellenará , por ser muy larga.
02/04/71-30/04/82		Guardado.
	01/05/82-30/09/82	Presenta una laguna aproximadamente de 2 meses, que no se rellenará debido a que la estimación obtenida no es buena.
2/07/74-30/12/75		Datos confiables.
	31/12/75-1/07/76	Laguna que no se rellenará por falta de buenos estimadores.
01/10/82-31/05/84		Guardado. FINAL DE LAS LECTURAS DE COTAS

4.11.4 Aforos disponibles.

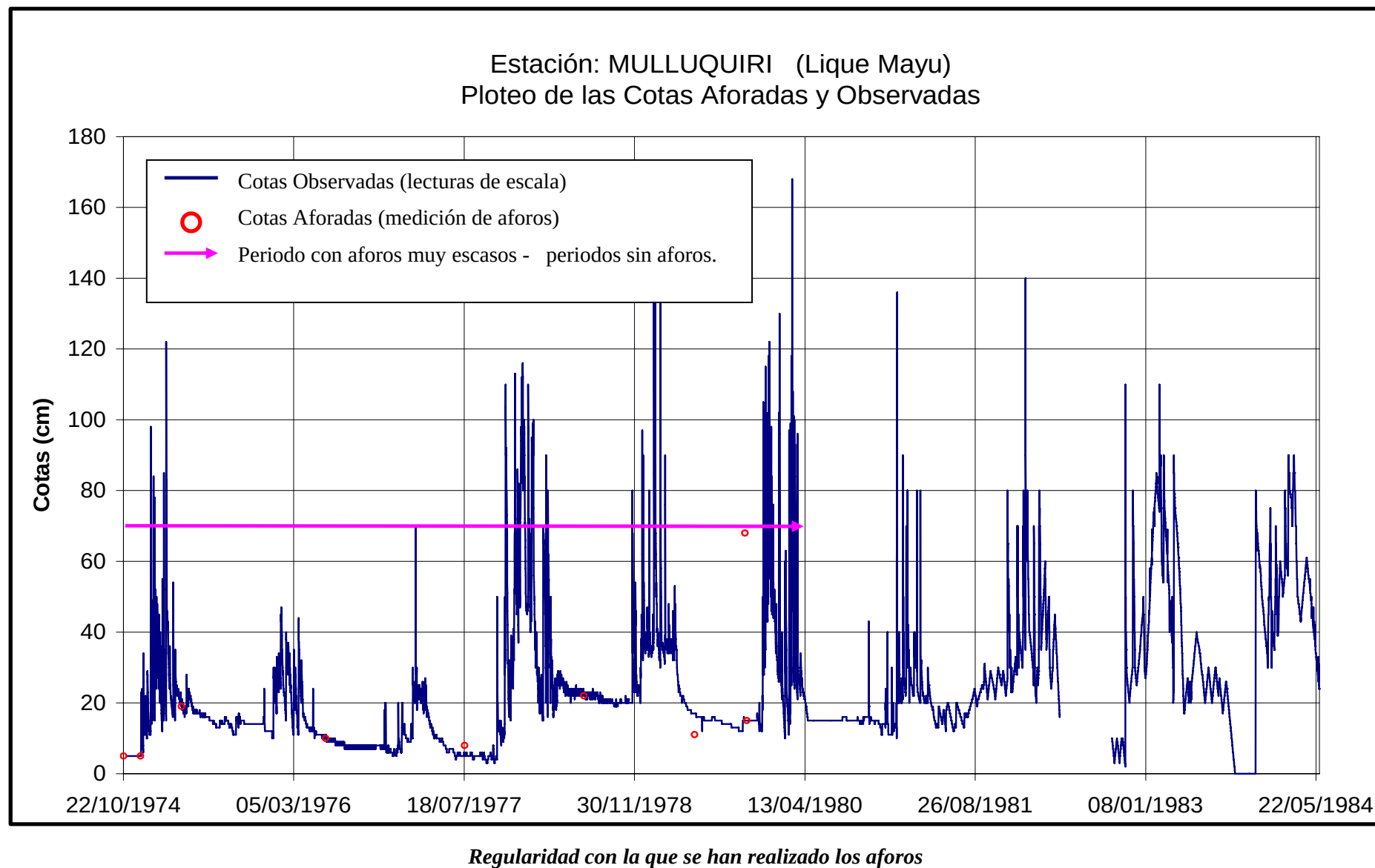
Aforos disponibles : 22/10/74-25/10/79

Calidad de los datos : Dudosos, y no se tiene aforos para más que 10 [m³/s]

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Datos tomados en forma irregular.(Escasos)	Datos faltantes	Observaciones
22/10/74-25/10/79		Datos muy escasos (9 aforos) y con bastantes lagunas.

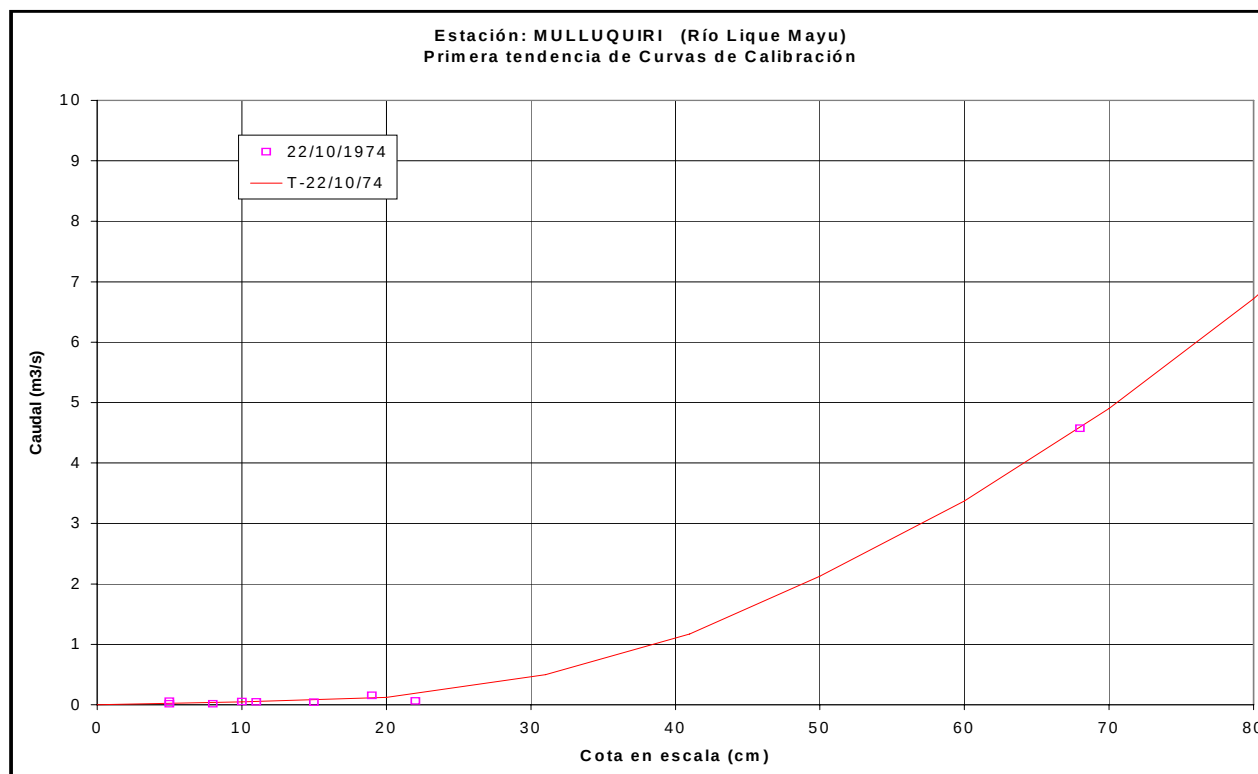


4.11.5 Curvas de calibración.

▪ Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

En el gráfico anterior se puede ver la poca cantidad de aforos que presenta la estación. A pesar de esto se han construido primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel, y son las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) .



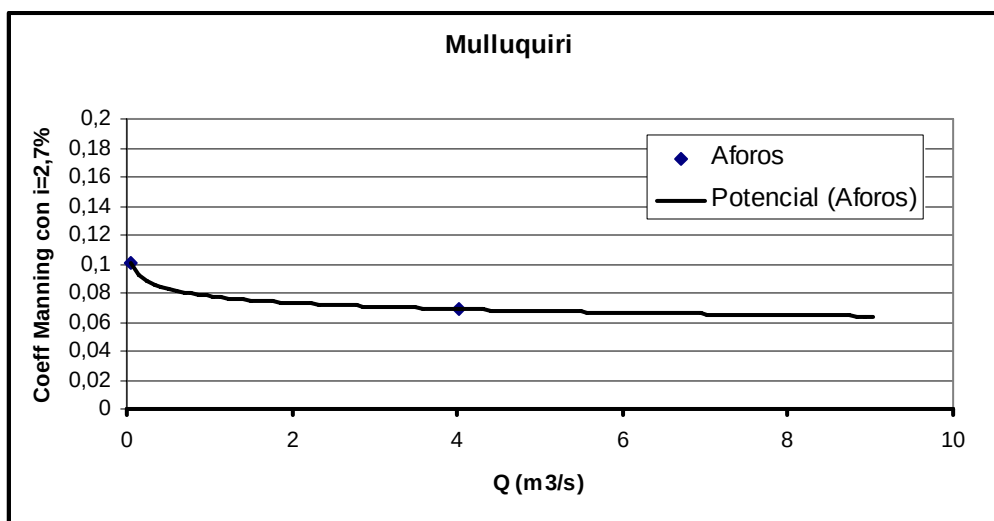
Primera tendencia de las curvas de calibración

Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3).

Al realizar el análisis por comparación de caudales y el análisis por correlaciones con su única estación vecina San Pedro, mostraban que los caudales eran muy bajos, y no presentaban similitud con su estación vecina. Esto se debe principalmente a que la estación de Mulluquiri, se encuentra ubicada en un afluente (Lique Mayu) al río Chini Mayu donde se encuentra la estación de San Pedro, y los aportes al afluente son muy pequeños. También se explica porque los datos de lecturas de escala son dudosos, y parecen de mala calidad.

Ajuste con la formula de Manning :

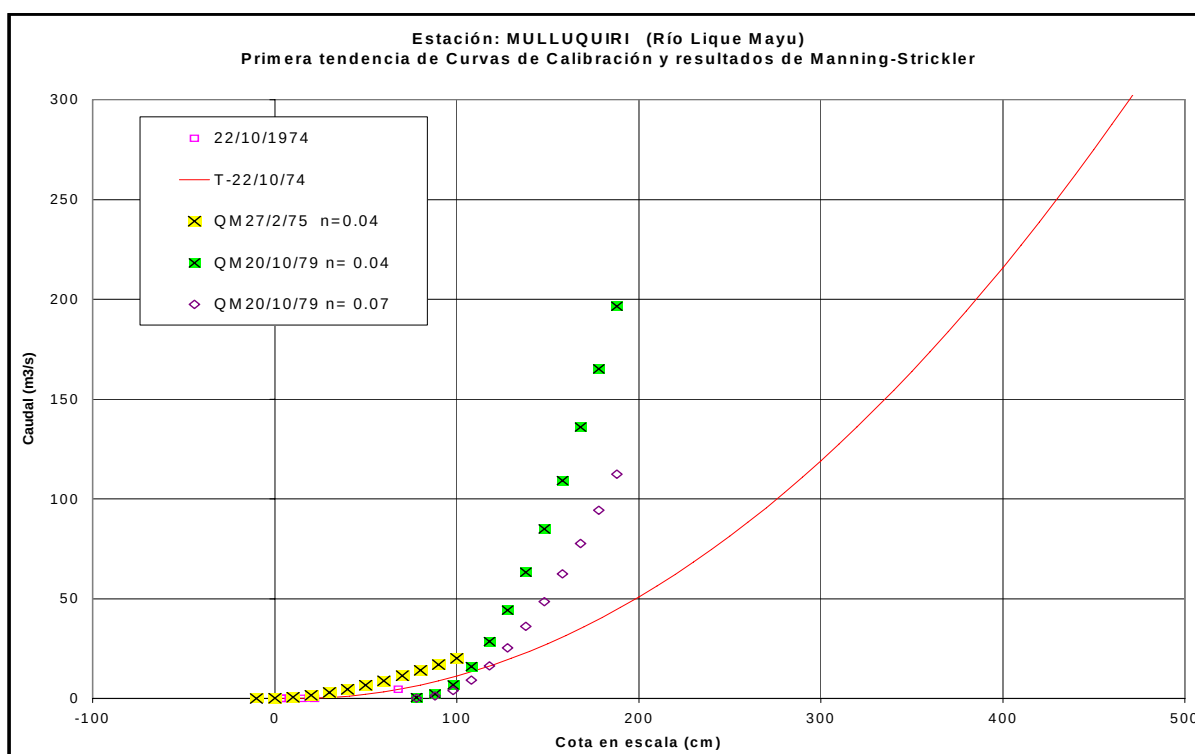
El coeficiente de Manning fue estimado a partir de los aforos disponibles para aguas medias, considerando la pendiente mediana cerca de 2.70 %. La curva de tendencia del coeficiente de Manning en función del caudal está presentada en el gráfico abajo :



Variación de la rugosidad (n) en función del caudal(Q)

Entonces, para utilizar la fórmula de Manning para grandes caudales se utilizaron valores entre 0.04 y 0.07.

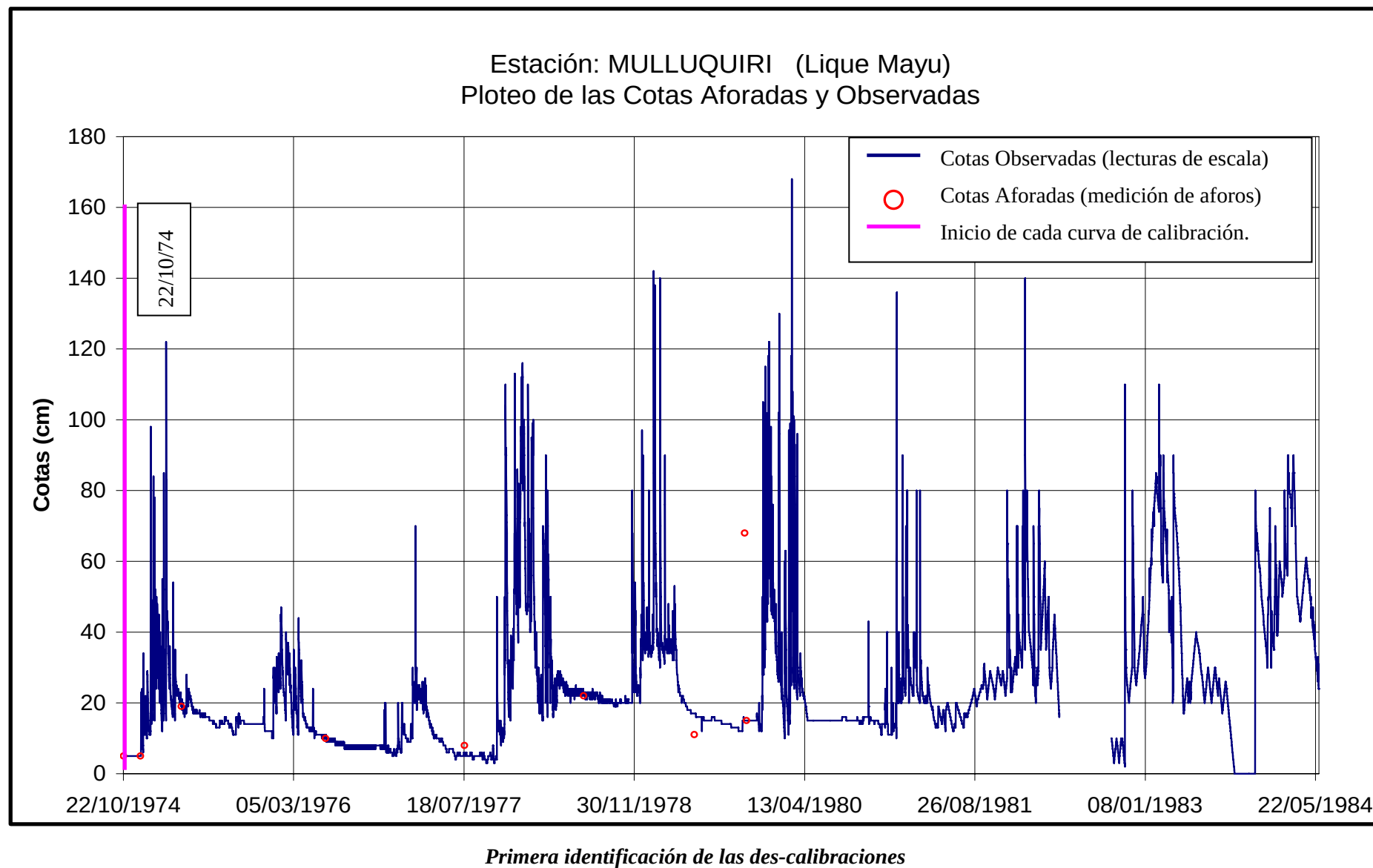
El gráfico siguiente presenta las primeras curvas de calibración dibujadas y las curvas $h-Q_{\text{Manning}}$ obtenidas para este rango de valores del coeficiente de Manning.



Primeras curvas de calibración y las curvas $h-Q$ por Manning obtenidas para el rango de valores $n=0.04-0.07$.

La extrapolación que nos interesa comparar es la del 27/02/75-Manning (época de crecidas), esta curva presenta la misma tendencia que la curva definida inicialmente, por lo tanto la curva de calibración parece buena, para aguas altas.

El gráfico siguiente nos permitirá visualizar de una mejor manera la frecuencia de las des-calibraciones en la estación.



▪ **Validación de las Curvas Calibración mediante el Análisis de Consistencia.**

El análisis de consistencia nos ha permitido identificar problemas relevantes en los caudales, en todo el periodo. Esto se debe principalmente a que la estación cuenta con una sola curva de calibración 20/10/74, que sirve para calcular caudales hasta el 84, dando como resultado caudales muy bajos y caudales muy altos en determinados periodos. Lamentablemente no se podrán construir más curvas de calibración (periodos no aforados), por las siguientes razones:

- las lecturas de escala son de calidad dudosa,
- existe una sola estación vecina San Pedro, que presenta aforos escasos,

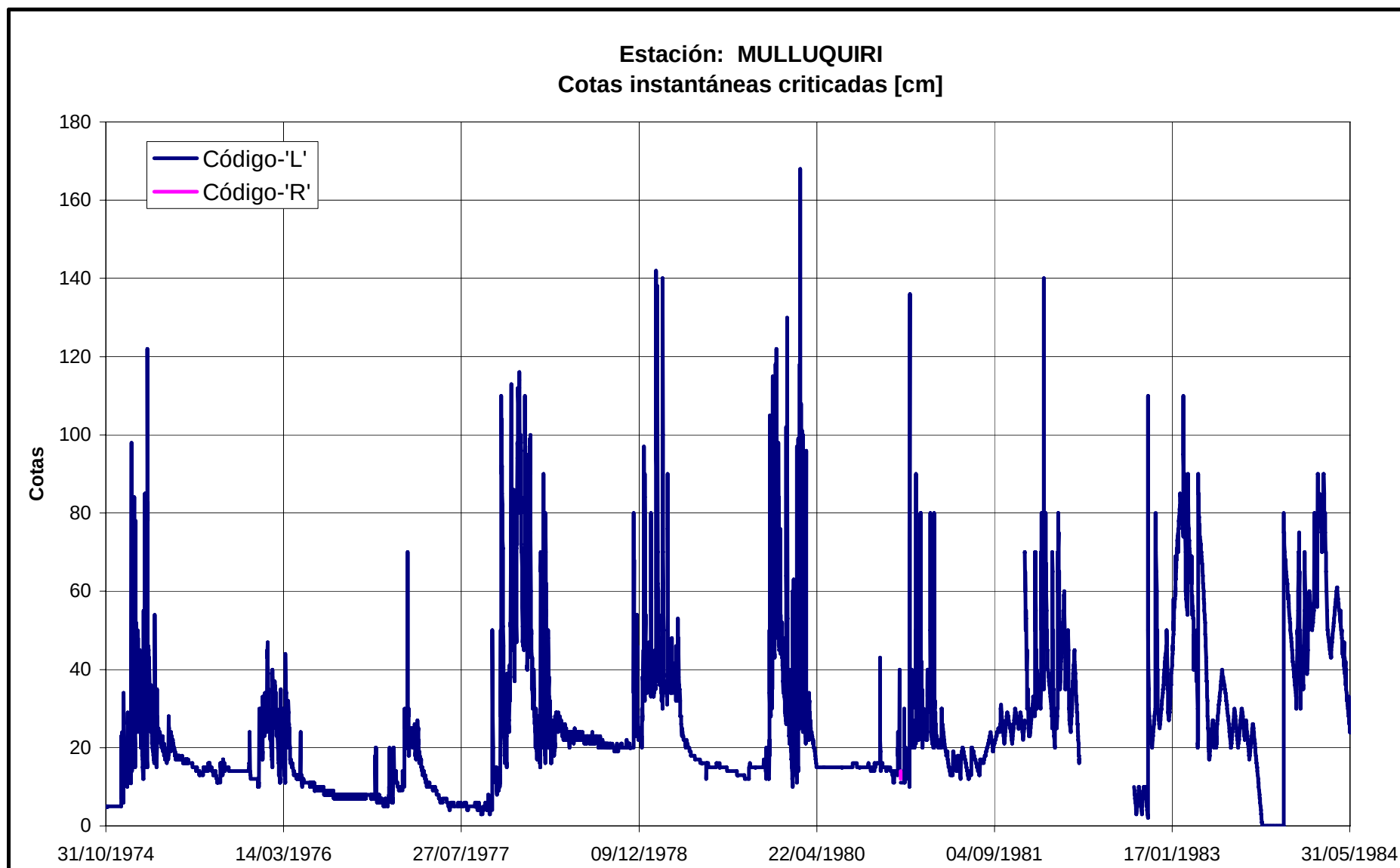
Por lo tanto es difícil construir curvas de calibración, que permitan mejorar los caudales. Así que es preferible que la estación Mulluquiri no presente curvas de calibración, porque los caudales obtenidos serían dudosos.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados:

Mediante correlaciones lineales simples con los datos de lecturas de escala de la estación San Pedro, se ha podido ver que la calidad de los datos de cotas de Mulluquiri no era buena debido a que presenta bastantes quiebres y a veces datos muy cuadrados que no van con la estimación obtenida. La calidad de los aforos no se ha podido determinar debido a que son muy pocos e intermitentes, es decir 1 a 2 mediciones de aforos por año, lo que hace difícil generar curvas de calibración con esta serie de aforos.

Las lecturas de escala no pudieron ser rellenadas debido a que la estación cuenta con muy pocos estimadores (San Pedro). Pero las lagunas de algunos días que pertenecían a épocas de estiaje, fueron rellenadas por interpolación.

No se elaboraron series de caudales por falta de información confiable de aforos.

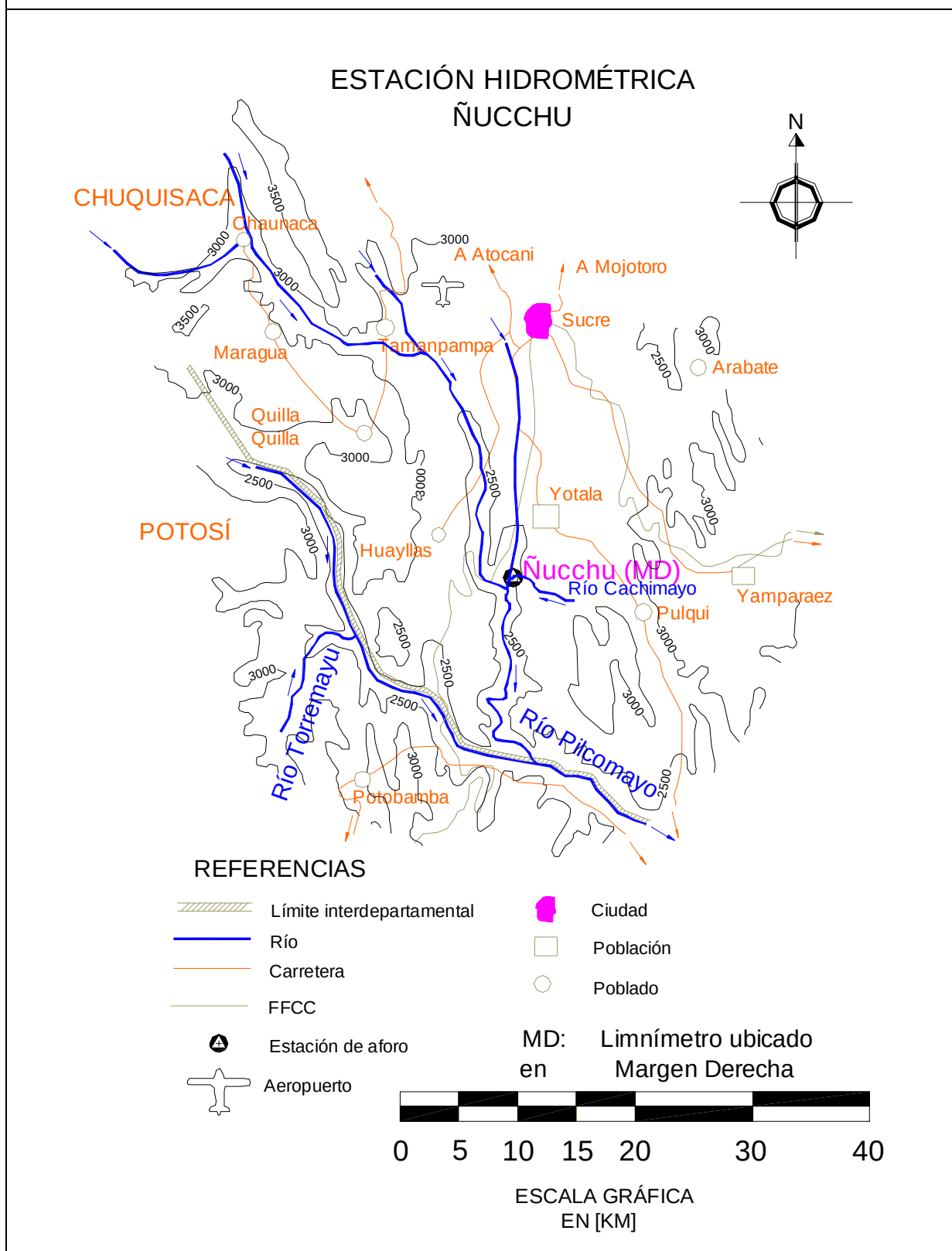


4.12 Ñucchu

4.12.1 Características generales

Estación	ÑUCCHU	
Características hidrográficas	Río	Cachimayo
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Pilcomayo
	Área de la cuenca (km2)	1 608
Características geográficas	Latitud (decimales)	19,20764 (GPS)
	Longitud (decimales)	65,28531 (GPS)
	Altura (m.s.n.m.)	2398 (GPS)
	País	Bolivia
	Departamento	Chuquisaca
	Provincia	
Acceso	15km al Sur de Sucre en la dirección Sucre-Yotala-Ñucchu sobre el río Cachimayo. Accesible por un camino vecinal transitado todo el año, aprox. 45 km. La estación se encuentra en margen derecha cerca del puente peatonal.	
Administrador	SENAMHI Chuquisaca	
Fecha de apertura	Diciembre 1972	
Cierre /rehabilitación	Rehabilitada en 2005 por el Proyecto Pilcomayo	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 19/12/72-01/01/99	Existe una escala en margen derecha pero la lectura del nivel se hace desde un punto referencial, no desde la escala.
	Aforos : 26/12/75-25/12/98	a vadeo o desde el puente peatonal con molinete de marca Neyrpic la mayoría del tiempo.
Informaciones complementarias disponibles	- Estación visitada por el Ing. Daval en mayo 2004 y por el Ing. Luís Noriega en Agosto 2004. - Ningún caudal calculado encontrado en los archivos.	

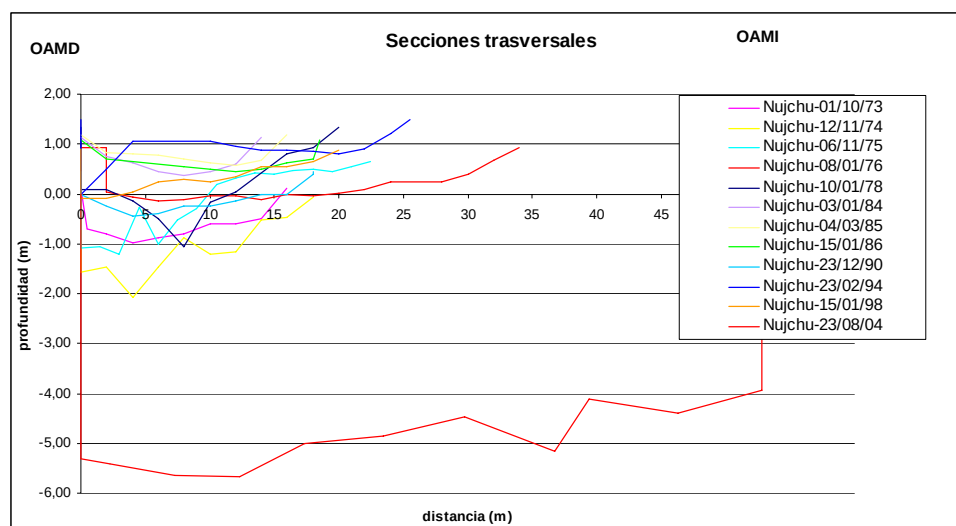
DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



4.12.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ Batimetría disponible :

Se disponía de secciones elaboradas a partir de los datos brutos de aforos de 73 hasta 98 y de un perfil transversal levantado por el Ing. Luís Noriega en agosto 2004. El gráfico siguiente muestra estos perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas). Solo el perfil de 2004 no esta ajustado con la escala.



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ Estabilidad de la sección

Las márgenes izquierda y derecha son muy estables (paredes de protección de la ciudad contra fuertes crecidas). El agua pasa siempre al lado derecho. Hay una evolución importante del banco de sedimentos de margen izquierda y del fondo al lado derecho (sedimentación, erosión) lo que puede implicar des-calibraciones frecuentes.

4.12.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 19/12/72-01/01/99

Porcentaje de lagunas : 21 %

Calidad general de los datos : buena

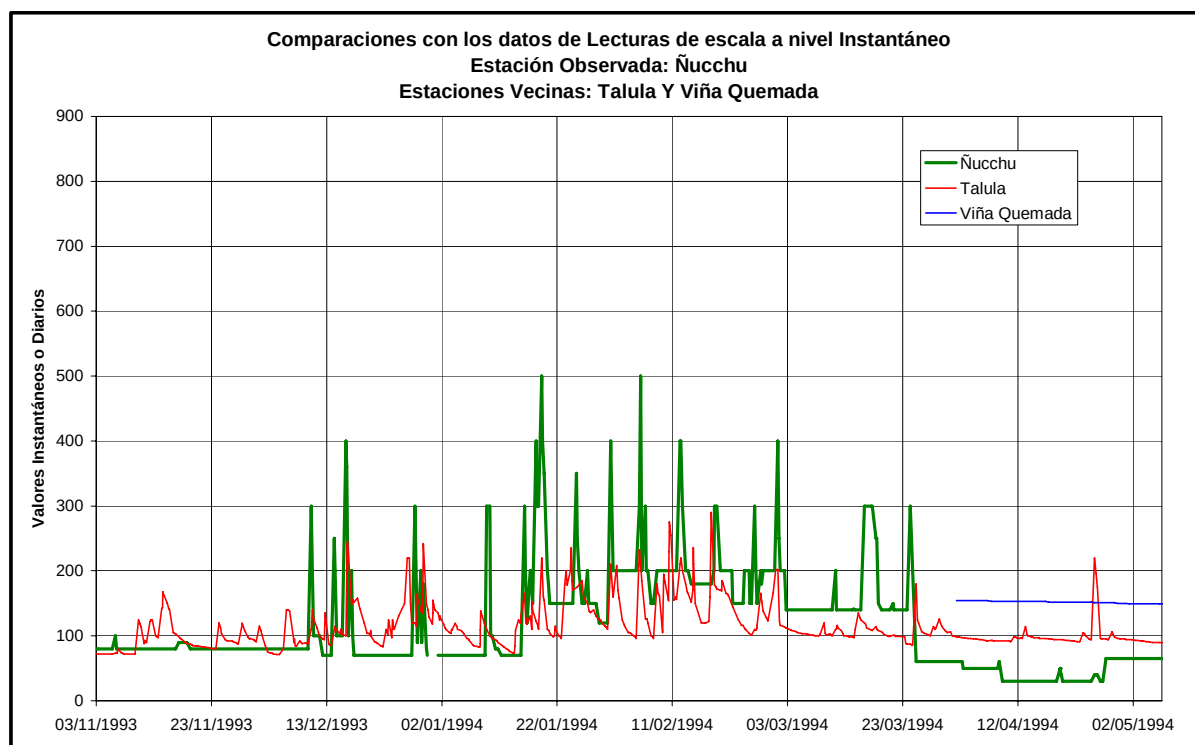
Tratamiento de los datos : Análisis por Correlaciones Lineales y Análisis de Consistencia.

Para Ñucchu se tienen datos bastante importantes de buena calidad con algunas lagunas, la más grande siendo de octubre 1986 hasta enero 1991.

Para corregir y/o rellenar las cotas disponibles, se utilizaron como estaciones estimadoras (correlaciones) las siguientes :

- Viña Quemada,
- Puente Sucre
- Talula

Las correlaciones permitieron averiguar la buena calidad de los datos en el periodo del 19/12/72 hasta el 31/01/85 y la mala calidad de los datos desde el 01/02/85 hasta 01/01/99, por lo que los datos del 01/02/85 hasta 01/01/99 fueron eliminados por ser de mala calidad, ya que presentan quiebres bruscos, datos muy cuadrados que no van con la forma de sus estaciones vecinas. A continuación se muestran estos datos:



Ejemplo de mala calidad de los datos: Se puede observar que los datos de la estación de Ñucchu para este periodo son muy cuadrados, con quiebres bruscos, mientras la estación Talula presenta datos altos con recesiones buenas.

Los datos disponibles fueron tratados de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
19/12/72		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
19/12/72-31/12/72		Datos muy confiables completos, guardados.
	01/01/73-09/08/73	No hay datos. No se rellenaron
10/08/73-31/12/84		Datos muy confiables con lagunas de algunos días que fueron rellenadas por correlación
	31/12/84-31/01/85	No hay datos. No se rellenaron
01/02/85-01/01/99		Datos de mala calidad que fueron eliminados.

4.12.4 Aforos disponibles.

Aforos disponibles : 26/12/75-25/12/98

Calidad de los datos : No se tiene aforos para más que 41 m³/s.

Se identificaron errores de inversión de datos y mal procesamiento de aforos (explicados en el párrafo 3.4.2), en los siguientes años:

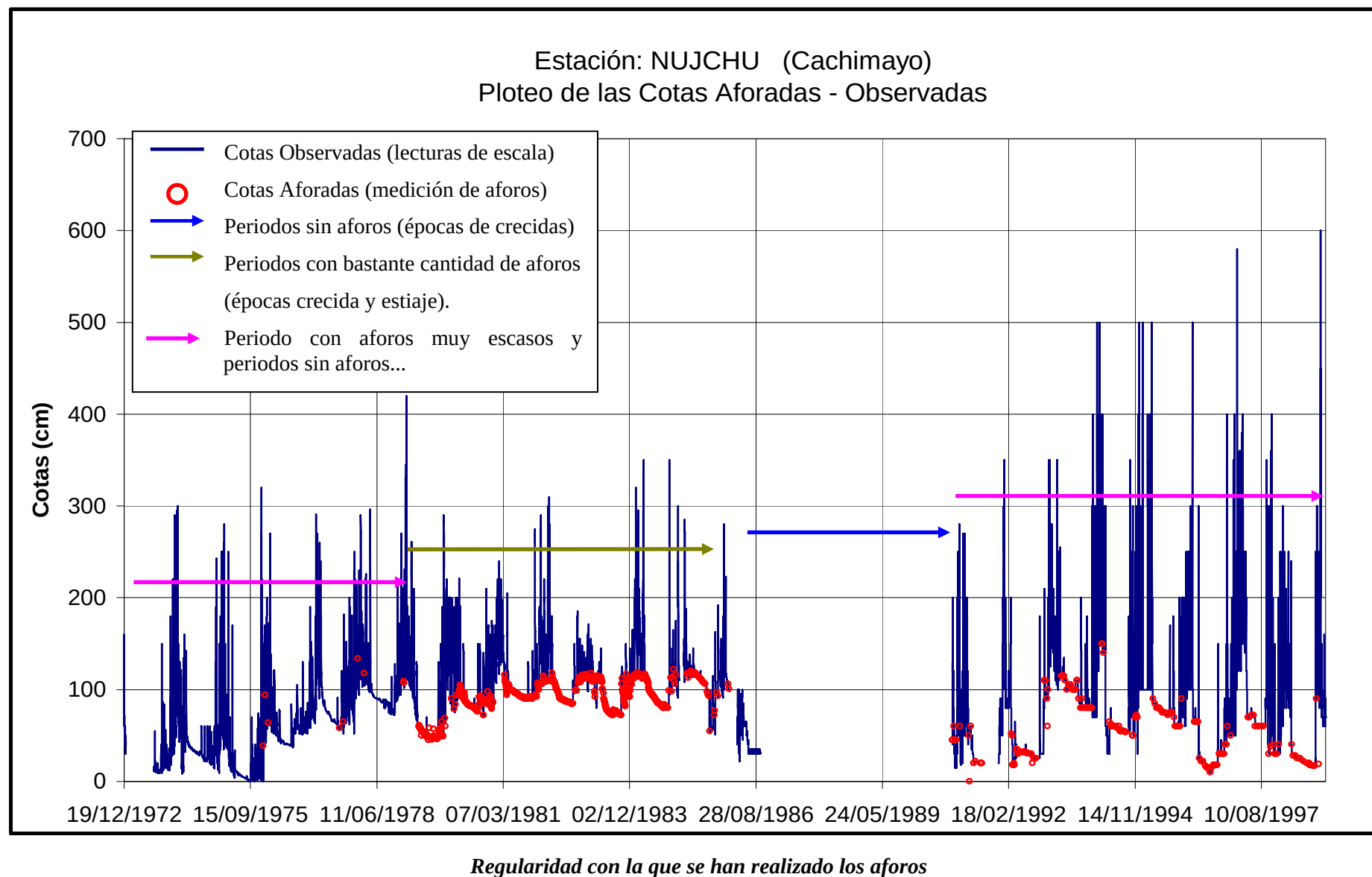
- Los aforos del año hidrológico 1979 eran demasiado bajos (error de inversión de datos),
- Los aforos del año hidrológico 1983 parecían de calidad dudosa (error de mal procesamiento de aforos),

Entonces se tuvo que volver a procesar toda la información corrigiendo todos estos errores.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Buena cantidad de datos	Datos faltantes	Observaciones
	Dic.75-En.79	Datos muy escasos
Feb.79-Dic.85		Buena cantidad
	Ene.86-Nov.90	No hay aforos
	Dic.90-Mar.98	Datos muy escasos

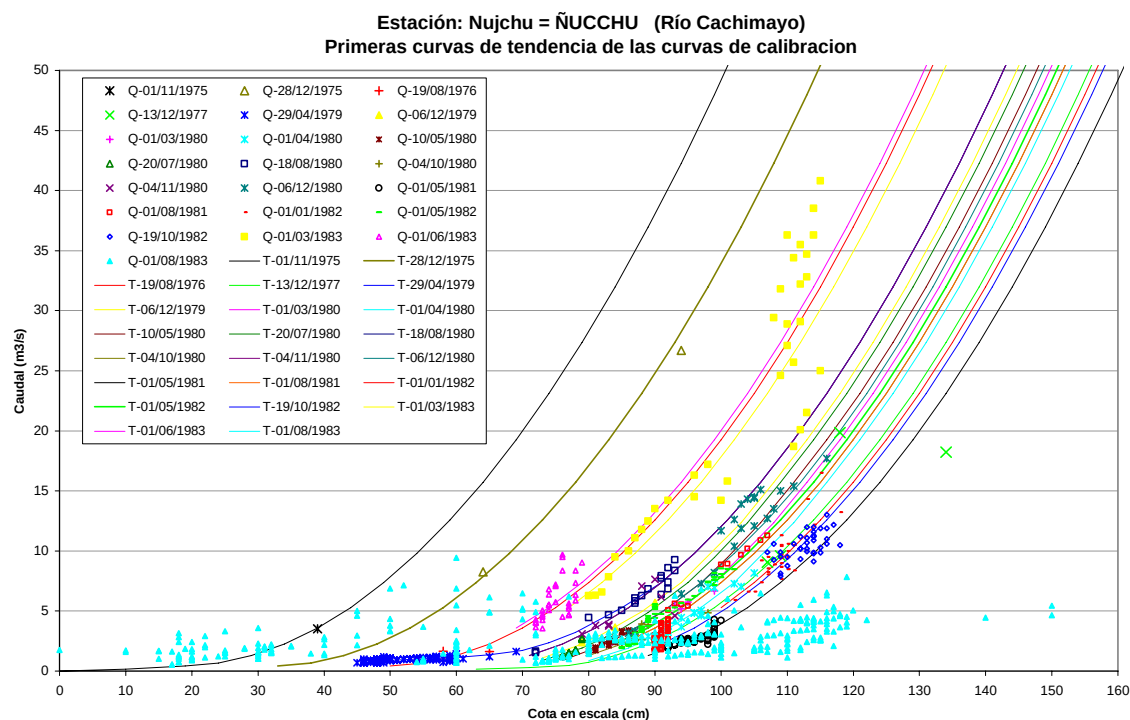


4.12.5 Curvas de calibración.

Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

Las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel a partir de las series de aforos eran las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) :



Primera tendencia de las curvas de calibración

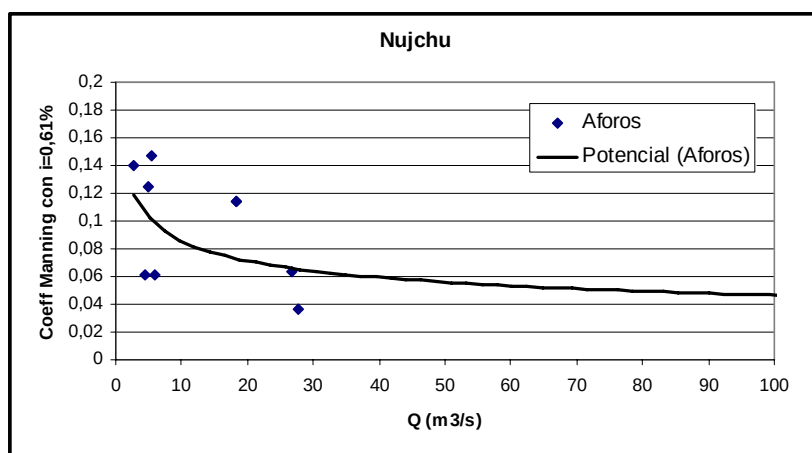
Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

La primera observación que se puede hacer es que las curvas son numerosas. No se pudo hacer curvas de calibración después de 1983 (datos muy malos). Entonces no se pudo obtener caudales después de este año.

Los varios análisis (comparaciones, correlaciones) hechos sobre los caudales obtenidos con estas curvas de calibración mostraban que los caudales eran un poco altos. Había que bajar las curvas en su parte alta.

Ajuste con la fórmula de Manning :

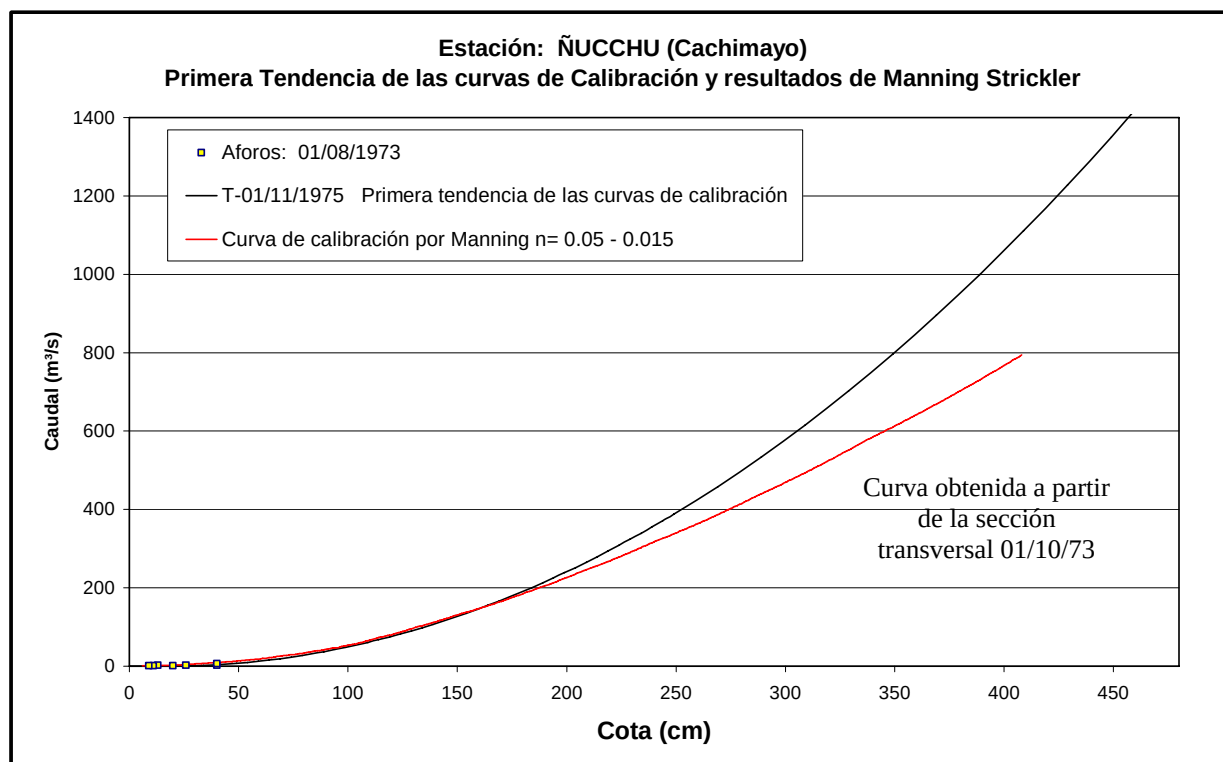
El coeficiente de Manning fue estimado a partir de los aforos disponibles para aguas medias, considerando la pendiente mediana en esta estación cerca de 0,6 %. La curva de tendencia del coeficiente de Manning en función del caudal está presentada en el gráfico abajo :



Variación de la rugosidad (n) en función del caudal(Q)

Entonces, para utilizar la fórmula de Manning para grandes caudales se utilizaron valores entre 0,035 y 0,06.

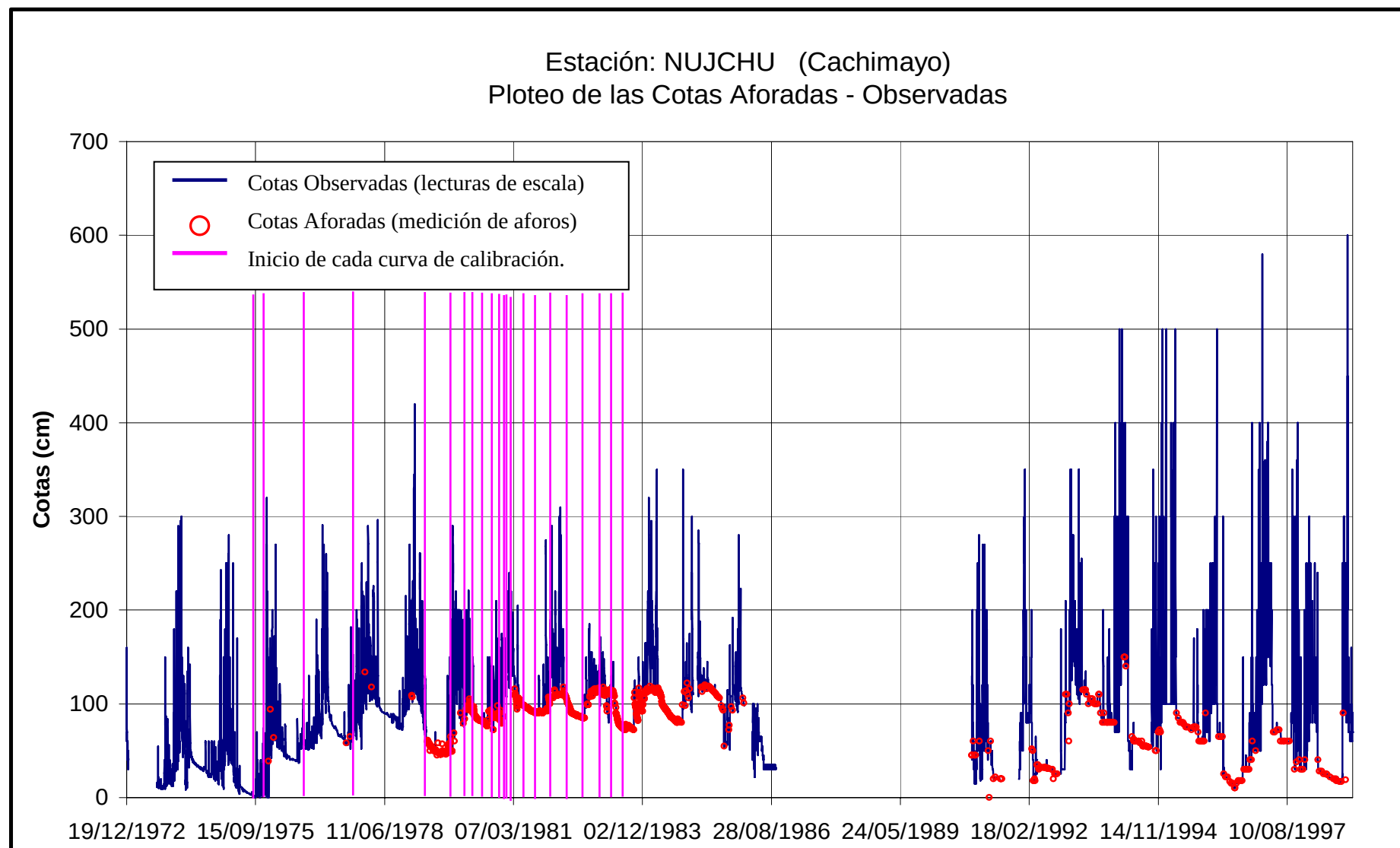
El gráfico siguiente presenta una de las primeras curvas de calibración dibujadas y la curva $h-Q_{\text{Manning}}$ obtenida para este rango de valores del coeficiente de Manning.



Primeras curvas de calibración y las curvas $h-Q$ por Manning obtenidas para el rango de valores $n=0.05-0.015$.

En este gráfico la curva obtenida con Manning nos indica que las curvas de tendencia iniciales deben bajarse para la parte alta, como también el análisis de correlaciones lo confirmaba. Entonces para ajustar las curvas de calibración iniciales, se utilizó la curva de Manning correspondiente a la sección transversal 01/10/73 con un coeficiente de rugosidad variable entre 0.05 y 0.015, esta curva nos permite bajar la parte alta de las curvas iniciales y a la vez respetar la tendencia de los aforos.

El gráfico siguiente nos permitirá visualizar de una mejor manera la frecuencia de las des-calibraciones en la estación.



Primera identificación de las des-calibraciones

▪ **Validación de las Curvas Calibración mediante el Análisis de Consistencia.**

El análisis de consistencia de caudales nos permitió identificar algunos problemas en las curvas de calibración como ser:

- La fecha de las curvas no eran las correctas,
- Existían curvas de calibración que no podían abarcar periodos tan largos. En el gráfico anterior se puede observar que las primeras curvas de calibración presentan muy pocos aforos y toman en cuenta los periodos de crecida, y la última curva de calibración sirve para calcular caudales hasta el año 86.

La estación Ñucchu tiende a des-calibrarse en periodos muy cortos, por lo tanto estas curvas de calibración abarcan periodos muy largos. Para mejorar los caudales en estos periodos se crearan curvas de calibración (no hay aforos), suponiendo que la estación se des-calibrará de igual manera que en los años 81 y 82 (bastante cantidad de aforos). Estas nuevas curvas de calibración fueron validadas por el análisis de consistencia a nivel anual y mensual y por correlaciones con los caudales diarios.

Entonces el análisis de consistencia nos ha permitido obtener **60 curvas de calibración** que pretenden considerar todas las des-calibraciones en la estación.

Las curvas definitivas figuran al final de la ficha de esta estación.

4.12.6 Cálculo de caudales diarios, mensuales y anuales – Relleno mensual.

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las últimas curvas de calibración y de las cotas observadas.

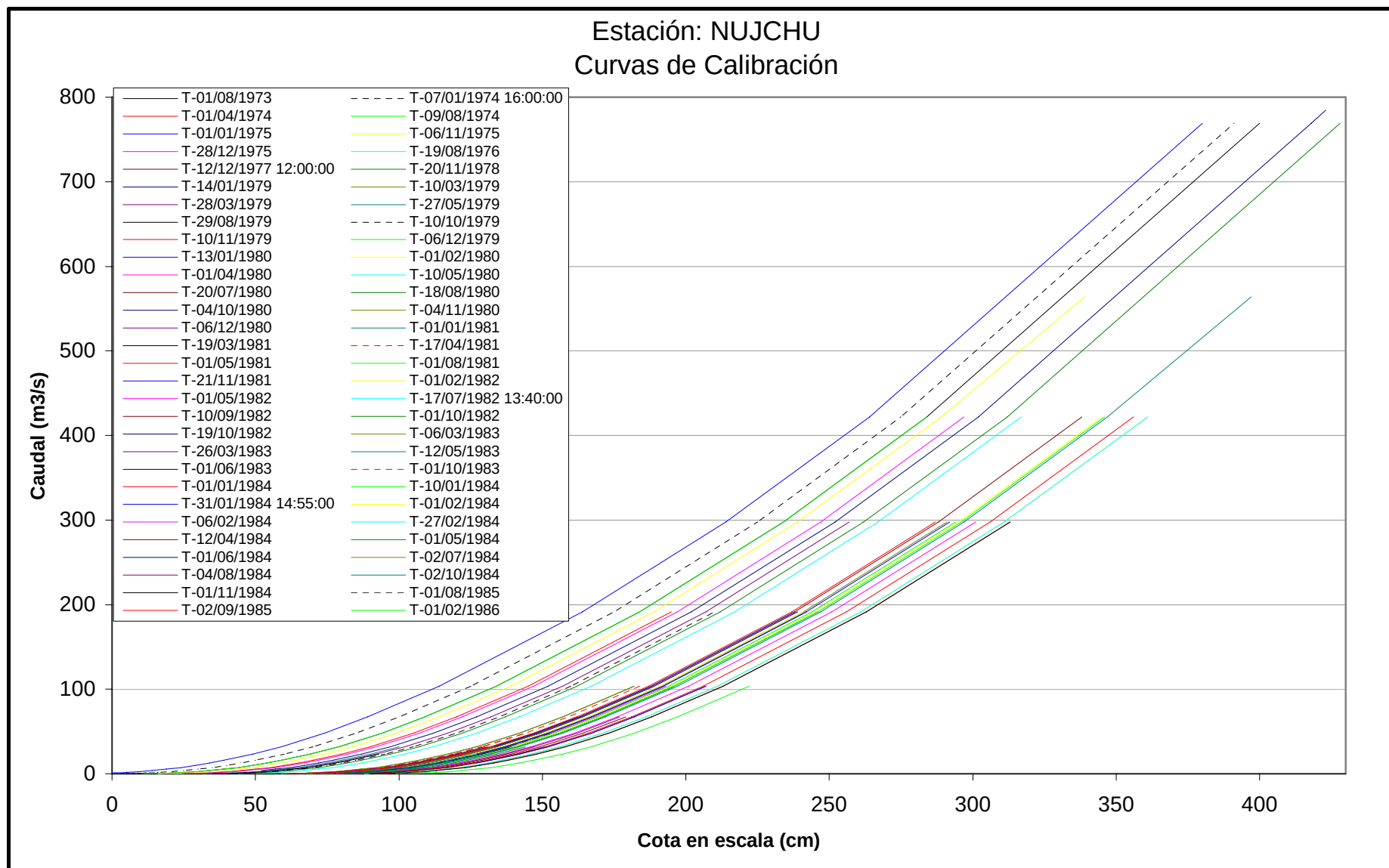
No se pudo rellenar las dos lagunas que presenta la estación a nivel de caudales mensuales, debido a que no contaba con buenos estimadores, en dichos periodos.

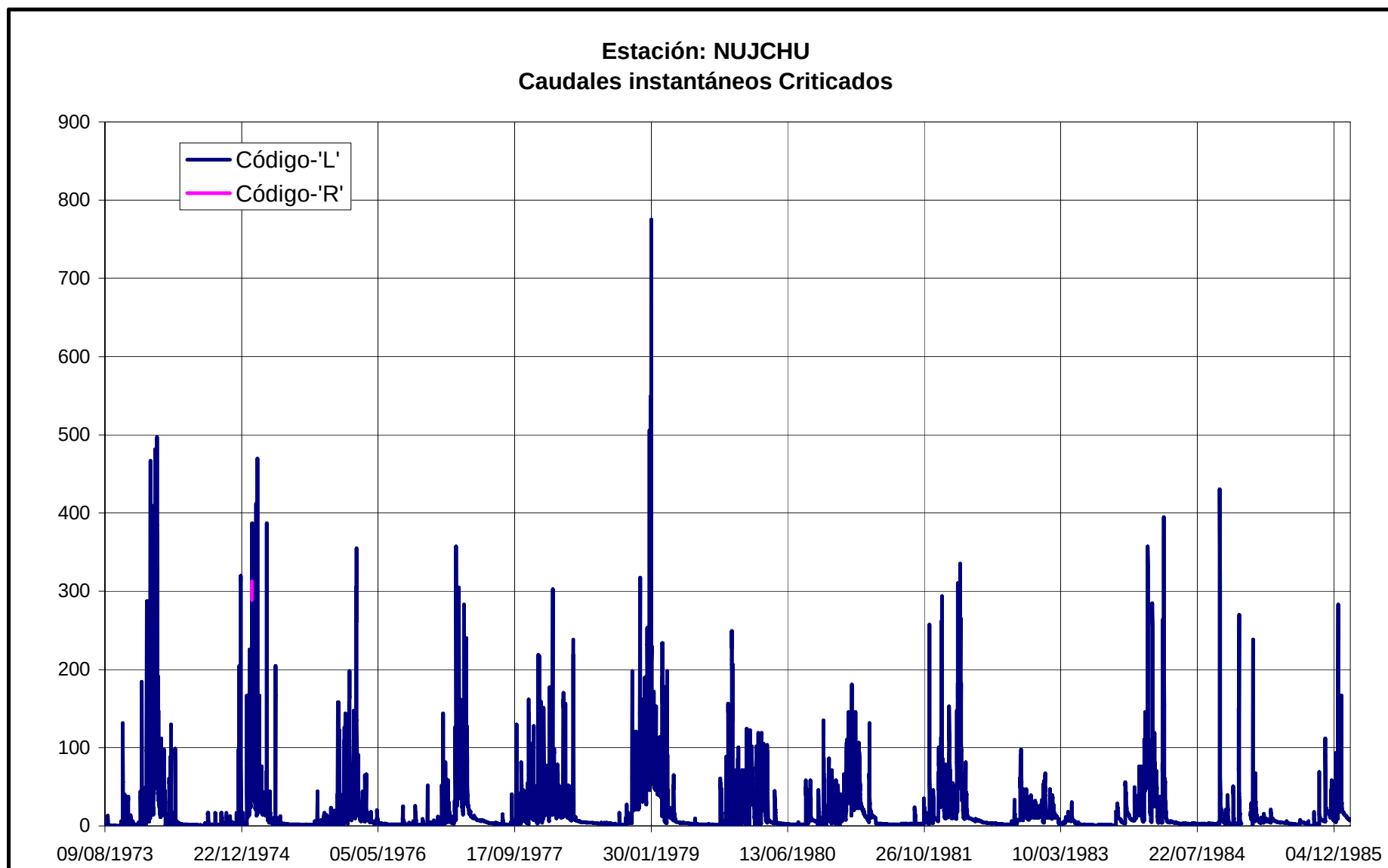
Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración ajustadas figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

No se pudo construir curvas de calibración a partir del 01/08/83 por causa de la mala calidad de los datos de aforos y de las lecturas de escala, entonces solo se tienen caudales de 1975 hasta 1983. Las lagunas de algunos días fueron rellenadas por interpolación, mientras que las dos lagunas correspondientes al 01/01/73 hasta 09/08/73 y 31/12/84 hasta 31/01/85 no pudieron ser rellenadas por falta de buenos estimadores.

La serie de caudales mensuales obtenidas están completas de Sept. 73 hasta Nov 1984 (11 años hidrológicos). También se tienen caudales mensuales de Marzo hasta Diciembre 1985.





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la estación de Ñucchu

Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1973-1974	0.247	6.891	3.098	6.991	65.03	113.9	22.1	20.75	2.445	1.337	0.898	3.115	19.96
1974-1975	2.058	3.297	1.483	19.89	65.46	80.96	27.33	10.33	2.792	2.051	1.528	1.255	17.84
1975-1976	3.017	4.12	2.15	17.95	50.56	48.92	15.59	5.644	3.584	2.131	1.844	2.927	13.12
1976-1977	2.931	1.37	2.808	10.32	15.01	51.81	59.42	12.61	6.735	4.051	2.844	2.332	14.14
1977-1978	7.987	13.47	31.51	32.96	35.57	46.84	34.77	24.82	5.424	4.203	3.329	3.157	20.15
1978-1979	1.614	1.634	20.54	66.28	124.8	66.21	47.04	16.48	4.357	3.095	2.365	1.681	29.59
1979-1980	1.442	11.07	38.97	24.78	41.71	36.47	37.45	8.328	3.239	2.224	1.972	8.896	18
1980-1981	8.227	14.27	20.26	13.44	46.13	53.67	25.51	15.46	2.738	2.133	1.59	2.788	16.95
1981-1982	4.86	6.84	17.35	43.48	37.37	37.79	60.74	8.964	6.461	3.68	2.806	2.075	19.33
1982-1983	4.256	22.86	17.57	16.21	21.43	13.16	3.498	8.42	2.201	1.276	0.974	1.145	9.403
1983-1984	2.322	8.294	15.79	23.66	61.33	49.11	43.7	4.962	3.202	2.81	2.948	2.665	18.36
1984-1985	2.749	20.39	6.702				6.593	7.31	4.897	3.448	2.103	3.522	
1985-1986	1.028	6.695	24.97	33.24									

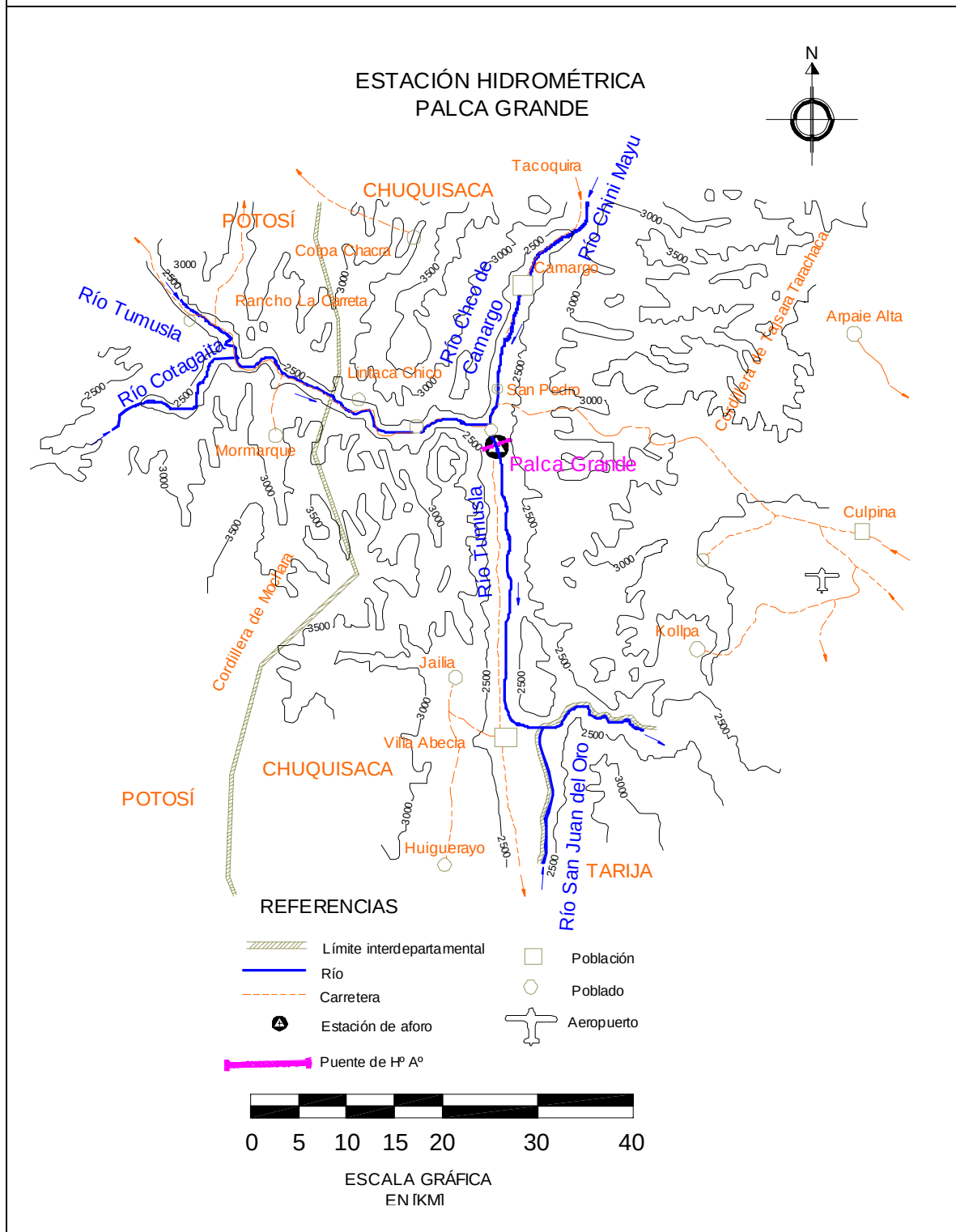
Nota: Los caudales en verde son caudales reconstituidos a partir de interpolación lineal a nivel instantáneo.

4.13 Palca Grande

4.13.1 Características generales

Estación	PALCA GRANDE	
Características hidrográficas	Río	Tumusla
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Tumusla
	Área de la cuenca (km²)	13 822
Características geográficas	Latitud (decimales) con G.P.S Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing.Daval – Ing.Noriega (Mayo 2004-Agosto 2004)	-20.4834
	Longitud (decimales) con G.P.S Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing.Daval – Ing.Noriega (Mayo 2004-Agosto 2004)	-65.6159
	Altura (m.s.n.m.)	2605
	País	Bolivia
	Departamento	Potosí
	Provincia	Nor Chichasi
Acceso	Esta ubicada en la ruta troncal Tarija - Potosí a la altura de la localidad Palca Grande sobre el río Tumusla (aguas abajo). Es accesible la estación, se puede llegar tomando la carretera hacia Camargo, desde Tarija aproximadamente 150 [Km.].	
Administrador	SENAMHI – CHUQUISACA	
Fecha de apertura	Se instalaron los equipos en Octubre de 1973	
Cierre /rehabilitación	La estación dejó de funcionar en Abril de 1983. Se rehabilito el	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 01/10/73-30/09/93	Actualmente se realizan lecturas diarias de escala, este es de 3 m y esta pintado en la pila que se encuentra en el lado izquierdo del cauce central por donde no pasa el cauce del río.
	Aforos : 01/04/64-29/04/83	Las lecturas de aforos se realizaban utilizando molinete de marca OTT-NEYRPIC cambiando sus hélices en algunos años. También se realizaron aforos utilizando flotadores. En época de crecidas se realizaban los aforos desde el puente.
Informaciones complementarias disponibles	- Estación visitada por el Ing. Daval en mayo 2004 y por el Ing. Luís Noriega en Agosto 2004. - En los archivos se encontraron caudales medio-diarios para el periodo 1970-1974 Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



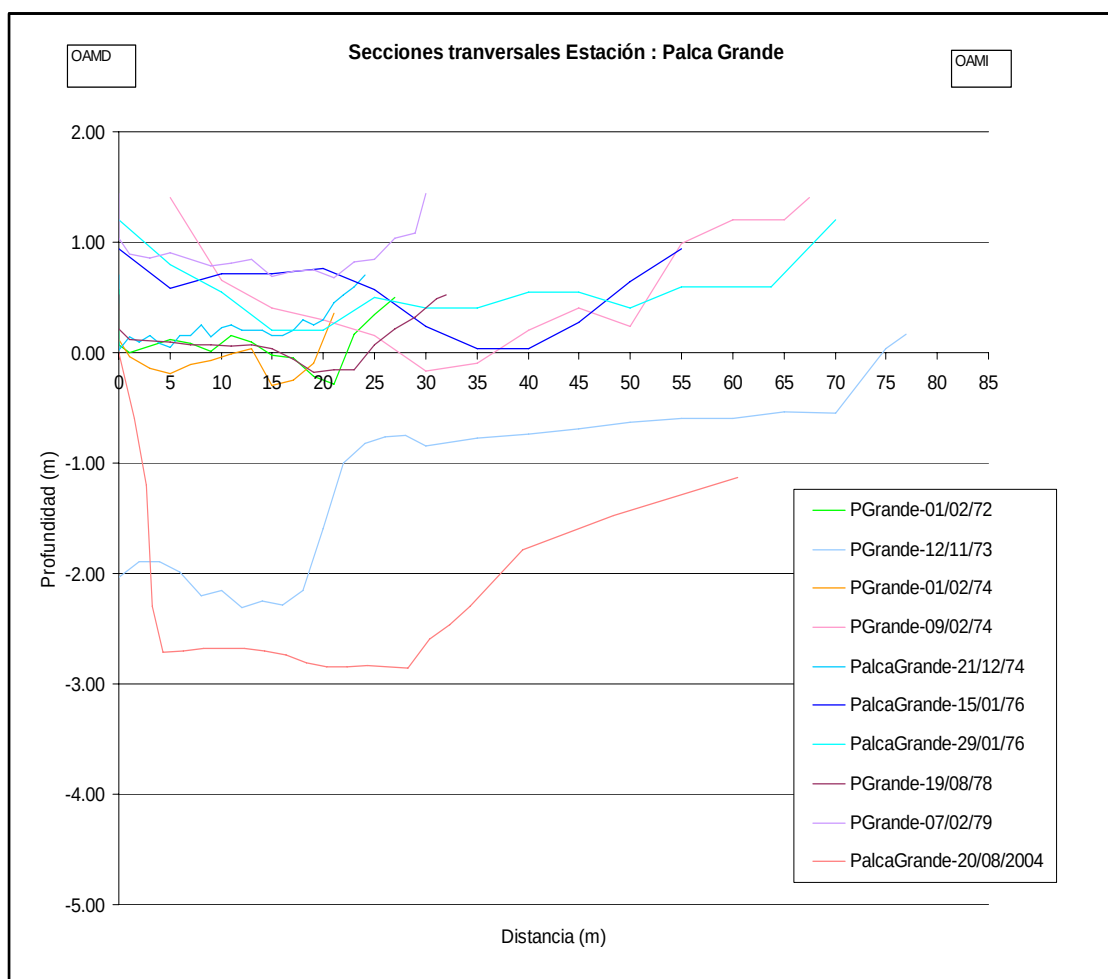
4.13.2 Evolución del perfil transversal del río

- **Batimetría disponible :**

Se disponía de secciones elaboradas a partir de datos brutos de aforos desde el 64 al 83. De los cuales solamente se escogieron las secciones de crecidas, como se detalla a continuación:

- 01/02/1972
- 12/11/1973
- 01/02/1974
- 21/12/1974
- 15/01/1976
- 29/01/1976
- 19/08/1978
- 07/02/1979
- 20/08/2004 Visita por el Ing. Luís Noriega

El gráfico siguiente muestra los perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas). Solo el perfil de 2004 no esta ajustado con la escala.



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ **Estabilidad de la sección**

Se puede observar en el gráfico realizado como ha ido cambiando la sección del cauce en el transcurso del tiempo (1972-2004).

La sección esta bien definida en la margen derecha con posibilidad a extenderse hasta alcanzar la parte central del ancho del río. Lo que explica que el cauce no siempre se ha mantenido en la margen derecha sino que ha ido cambiando y es por ello la ubicación de la regla en la pila que se encuentra en el lado izquierdo del cauce central. De lo que se puede concluir que existe sedimentación en el cauce del río, entonces la forma de la sección puede cambiar. No hay estabilidad de la sección a largo plazo ya que el cauce es variable.

En las visitas de campo realizadas en dos oportunidades (Ing. Noriega en Agosto 2004 Ing. Daval en Mayo 2004) se ha podido apreciar en las fotografías que actualmente el cauce se encuentra en la margen derecha.

4.13.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 01/10/73-30/09/93

Porcentaje de lagunas : 30 %

Calidad general de los datos : Presenta datos de calidad mediana (buenos-malos).

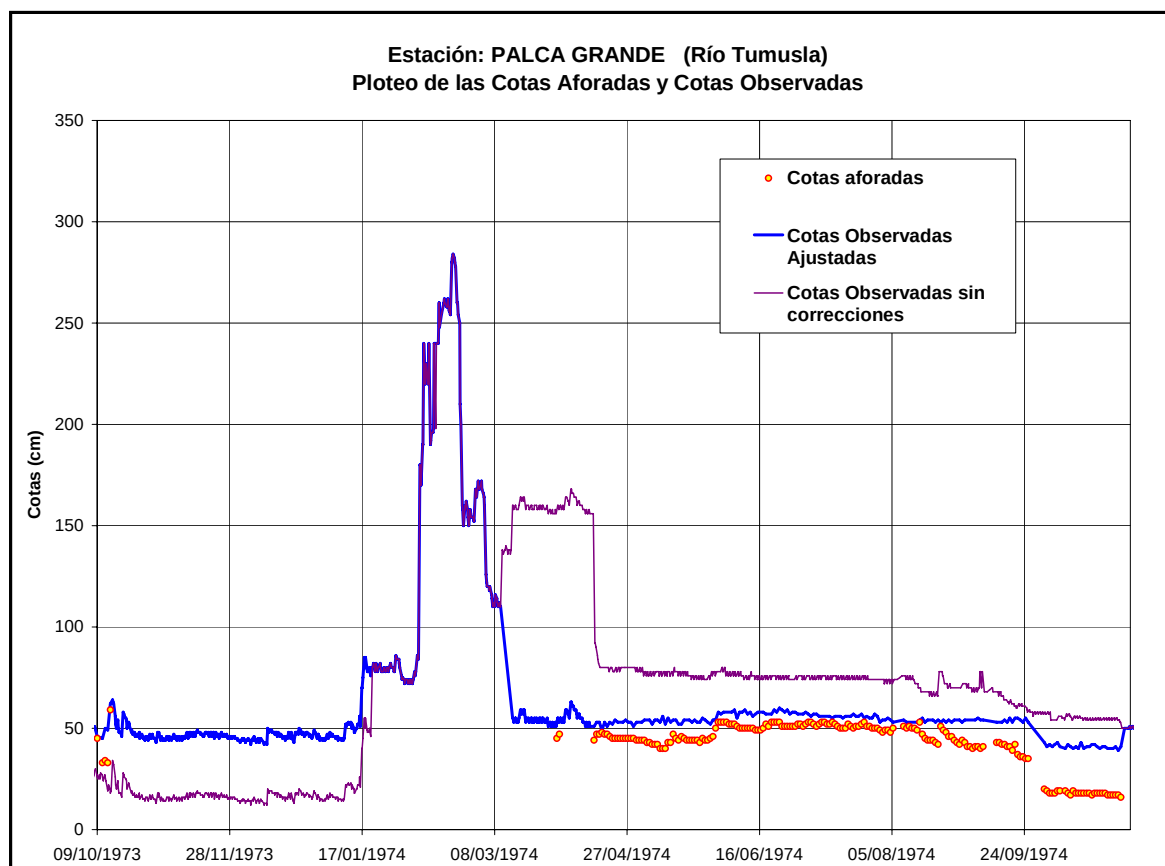
Tratamiento de los datos : Análisis de Correlaciones Lineales y Análisis de Consistencia.

La estación Palca Grande(Río Tumusla) presenta datos de lecturas de escala, con una cantidad considerable de lagunas.

Para averiguar la calidad de los datos se utilizó el análisis de consistencia con los caudales y el análisis de correlación lineal simple que nos permitió corregir y/o rellenar las cotas disponibles. Para lo cual se utilizaron como estaciones estimadoras las siguientes :

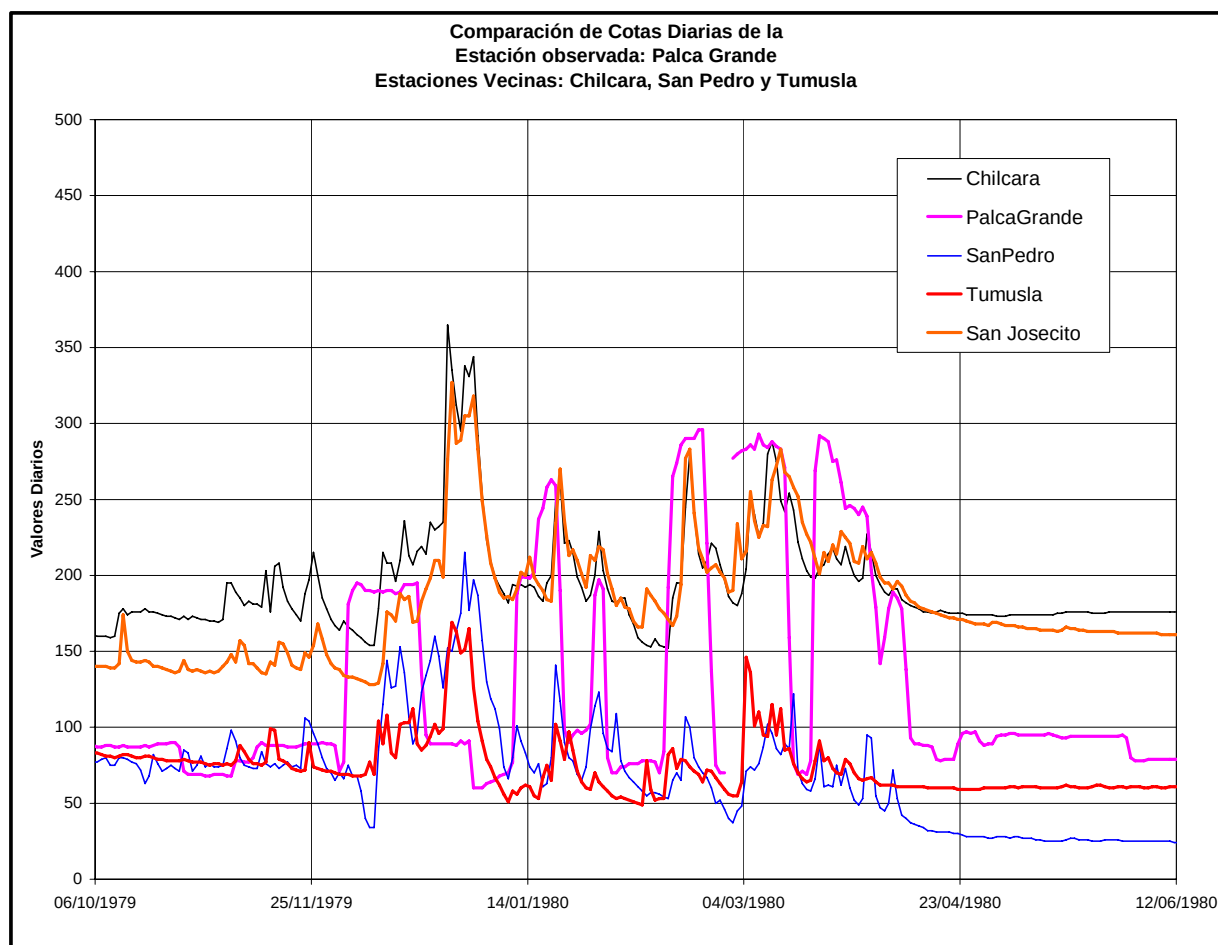
- Chilcara
- San Pedro
- Tumusla
- San Josecito

Debemos hacer notar que las cotas observadas diferían bastante de las cotas aforadas como se puede apreciar en el siguiente gráfico, las cotas observadas eran más bajas que las cotas aforadas en el periodo 15/10/73 hasta 20/01/74, y eran más altas que las cotas aforadas en el periodo 15/03/74 hasta 14/04/74, por lo que realizamos correlaciones con sus estaciones vecinas para validar las cotas aforadas ó las cotas observadas, los resultados obtenidos de las correlaciones mostraban que las cotas observadas se encontraban en todos los casos desniveladas un delta de valor, por lo que las ajustamos siguiendo la forma de las cotas aforadas, de esta manera obtuvimos series de cotas que son concordantes con las cotas aforadas.



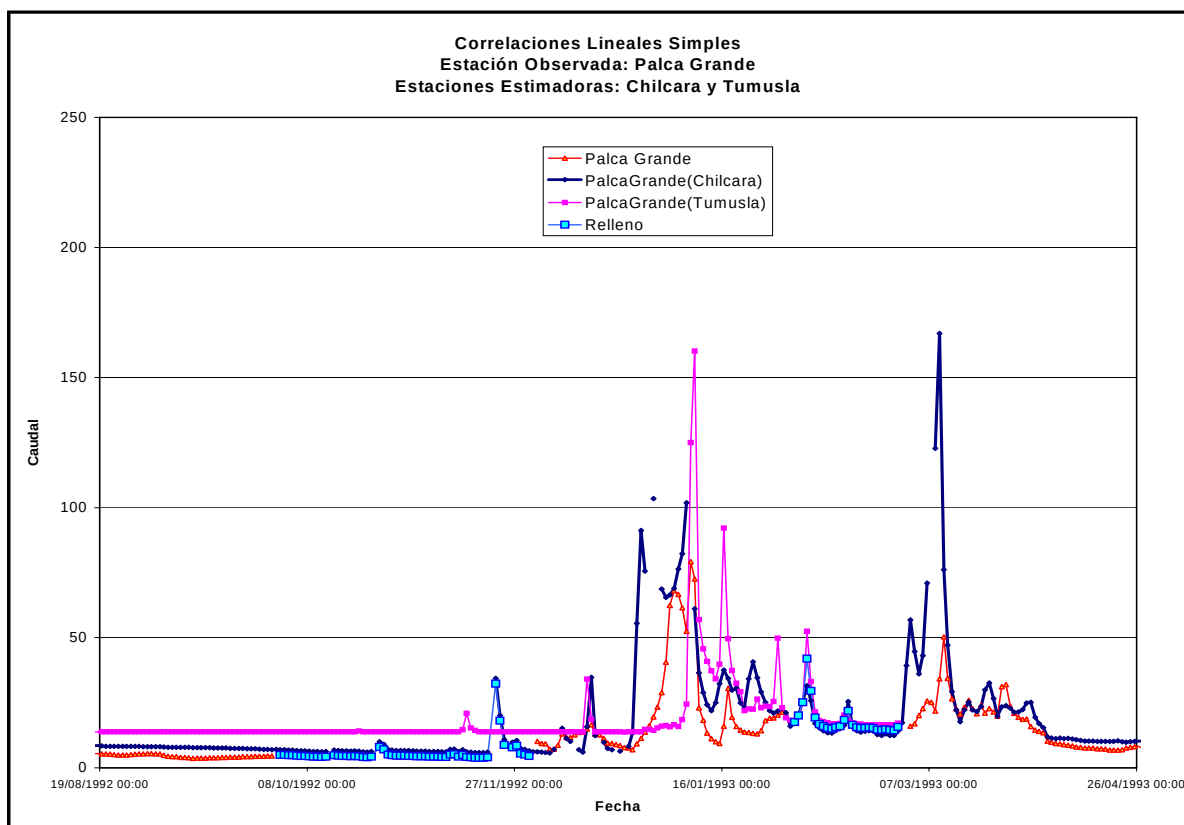
Ejemplo: La estación Palca Grande presenta cotas observadas muy bajas y muy altas que no van con las cotas aforadas, pero fueron ajustadas con las cotas aforadas.

Las buenas correlaciones obtenidas a partir de sus estaciones vecinas, nos permitieron identificar periodos de buena calidad .desde el año 1973 hasta el año 1977, y desde 1991 hasta 1993, mientras que en el resto del periodo y aún más durante las épocas de crecida, los datos son de mala calidad, debido a que presentan datos muy cuadrados, con quiebres bruscos que son diferentes a los datos de cotas de sus estaciones vecinas. Estos datos de mala calidad fueron eliminados y se decidió no remplazarlos por las estimaciones debido a que son periodos muy largos y no vale la pena realizar el relleno a nivel instantáneo para tan gran cantidad de datos. El gráfico siguiente ilustra lo anteriormente mencionado:



Ejemplo: La estación Palca Grande presenta datos de mala calidad en el periodo de crecida del año 1980, se puede apreciar que los datos son muy cuadrados con recesiones bruscas, datos constantes (rectos) en aguas baja, su comportamiento es muy diferentes al de sus estaciones vecinas.

Las buenas estimaciones obtenidas nos permitieron rellenar lagunas en los siguientes periodos: 01/08/91 hasta 31/10/91, 16/01/92 hasta 20/01/92, 30/09/01/12/92 y 31/01/93 hasta 01/03/93, este relleno se lo realizo con el objeto de contar con años hidrológicos completos para los años 91, 92 y 93. A continuación se muestra la gráfica del relleno realizado:



Ejemplo: La estación Palca Grande presenta lagunas el los periodo 30/09/92 al 01/12/92 y 30/01/93 al 01/03/93 que han sido rellenada por correlaciones simples con la estación Chilcara.

Los datos disponibles fueron tratadas de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
31/08/73		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
31/08/73-14/10/73		Datos guardados.
15/10/73-20/01/74		En este periodo los datos se encuentran más bajos que los datos de cotas obtenidas del aforo, por lo que se ha decidido subir las cotas .
21/01/74-10/03/74		Datos de buena calidad guardados.
15/03/74-14/04/74		En este periodo los datos se encuentran más altos que el valor de cota obtenida del aforo, por lo que se ha decido bajar las cotas .
15/05/74-01/10/76		Datos de buena calidad.
	02/10/76-31/04/77	Laguna de 7 meses que no ha sido rellenada por ser época de crecida.
01/05/77-1/10/77		Datos en época de aguas bajas que han sido guardados.

03/10/77-30/08/83		Las correlaciones realizadas con sus estaciones vecinas nos han permitido ver que los datos en este periodo tienen una forma cuadrada especialmente en época de crecida que es diferente a las estimaciones obtenidas con sus estaciones vecinas, lo que nos permite afirmar que los datos son de mala calidad y han sido borrados .
31/08/83-30/09/84		Las correlaciones realizadas nos permitieron ver que los datos son de buena calidad, y han sido guardados.
	31/09/84 01/09/85	Laguna de aproximadamente 1 año que no ha sido rellenada por ser muy larga.
02/09/85 –30/11/85		En este periodo los datos son muy escasos, por lo que se ha decidido guardarlos.
	01/11/85-30/12/89	Laguna de aproximadamente 4 años y 2 meses que no ha sido rellenada por ser demasiado larga.
01/06/90-01/08/91		Las correlaciones realizadas con sus estaciones vecinas nos ha permitido ver que en todo el periodo los datos son de buena calidad, y han sido guardados.
02/06/90-31/07/91		Datos de buena calidad, guardados.
	01/08/91-29/10/91	Laguna de aproximadamente 3 meses que ha sido rellenada por correlaciones con la estación de Chilcara.
30/10/91-15/01/92		Las correlaciones realizadas con sus estaciones vecinas nos ha permitido ver que en todo este periodo los datos son de buena calidad, y han sido guardados.
16/01/92-20/01/92		Datos remplazados por correlaciones con la estación de Chilcara.
21/01/92-30/09/92		Las correlaciones realizadas con sus estaciones vecinas nos han permitido ver que en todo este periodo los datos son de buena calidad, y han sido guardados.
	01/10/92-30/11/92	Laguna de aproximadamente 2 meses que ha sido rellenada por correlación con la estación de Chilcara.
01/12/92-31/01/93		Las correlaciones realizadas con sus estaciones vecinas nos ha permitido ver que en todo este periodo los datos son de buena calidad, y han sido guardados.
	01/02/93-27/02/93	Laguna de aproximadamente 1 mes que ha sido rellenada por correlaciones con un promedio de las estimaciones obtenidas con las estaciones de Chilcara y Tumusla.
01/03/93-30/09/93		Las correlaciones realizadas con sus estaciones vecinas nos ha permitido ver que en todo este periodo los datos son de buena calidad, y han sido guardados.
30/09/83		FINAL DE LAS LECTURAS DE COTAS

4.13.4 Aforos disponibles.

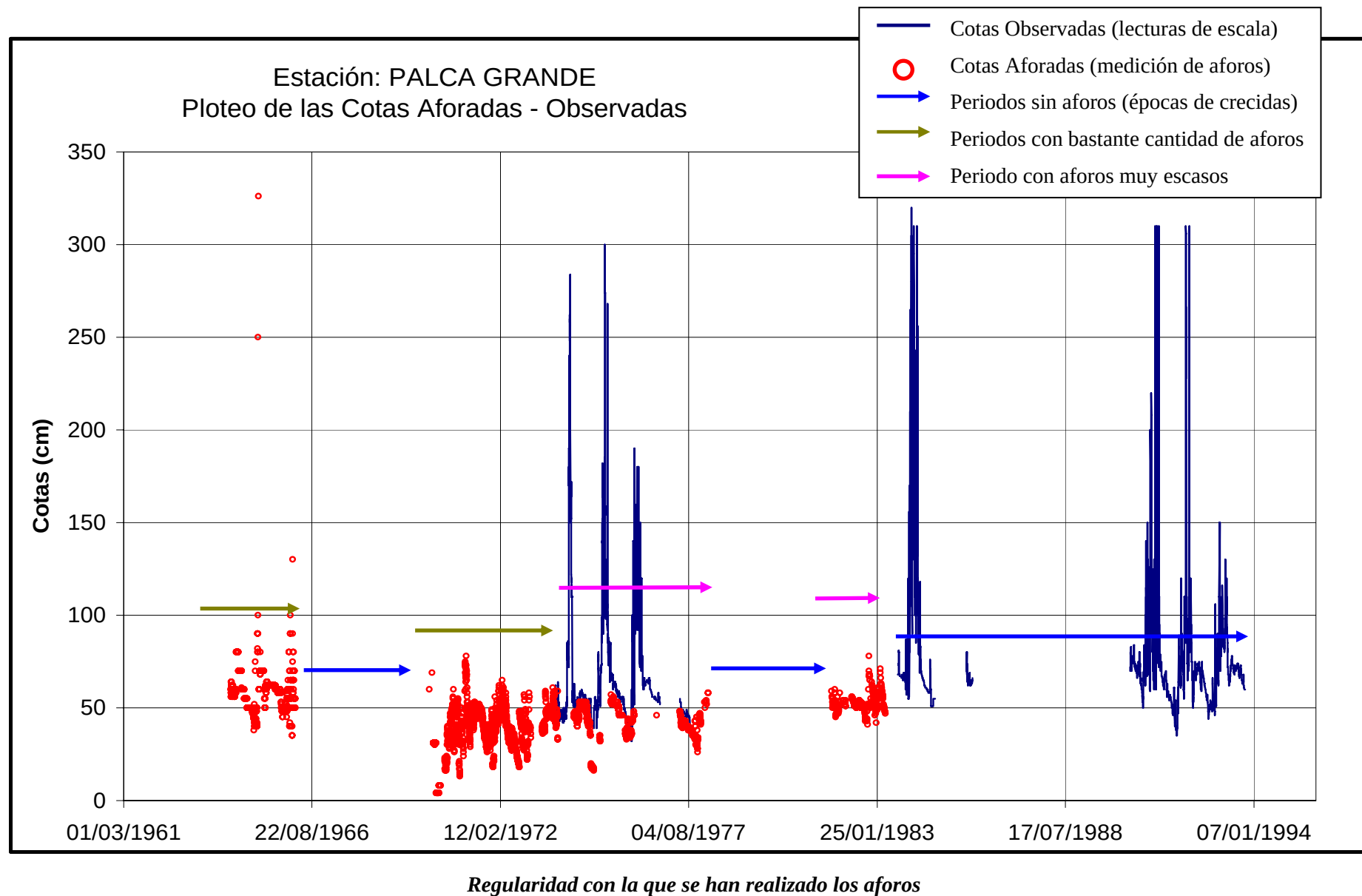
Aforos disponibles : 01/04/64-29/04/83

Calidad de los datos : Los datos no son de buen calidad, pero presentan aforos para más que 500 m³/s.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Buena cantidad de datos	Datos tomados en forma irregular.(Escasos	Datos faltantes	Observaciones
12/.Mar.64-25.Feb.66			Buena cantidad de aforos.
		26.Feb.66-Dic.69	No hay aforos.
	Enero.70-Feb.70		Datos muy escasos.
Marzo.70-Mayo.70			Buena cantidad de aforos.
	Junio.70		No hay aforos.
Julio.70-Dic.72			Buena cantidad de aforos.
		Enero.73-Abril.73	No hay aforos.
Mayo.73-14.Oct.73			Buena cantidad de aforos.
		15.Oct.73-Marzo.74	No hay aforos.
Abril.74-Oct.74			Buena cantidad de aforos.
		Nov.74-Dic.74	No hay aforos.
	Enero.75		Datos muy escasos.
		Feb.75-Abril.75	No hay aforos.
Mayo.75			Buena cantidad de aforos.
		Junio.75	No hay aforos.
Julio.75-Ago.75			Buena cantidad de aforos.
		Septiembre.75	No hay aforos.
Oct.75-Dic.75			Buena cantidad de aforos.
	Enero.76		Datos muy escasos.
		Feb.76-Julio.76	No hay aforos.
	Agosto.76		Datos muy escasos.
		Sep.76-Abril.76	No hay aforos.
Mayo.77-Dic.77			Buena cantidad de aforos.
	Ene.78-Feb.78		Datos muy escasos,
		Marzo.78-Sep.81	No hay aforos
Oct.81-Dic.81			Buena cantidad de aforos.
		Enero.82	No hay aforos.
	Febrero.82		Datos muy escasos.
		Marzo.82-Abril.82	No hay aforos.
Mayo.83-Abril.83			Buena cantidad de aforos.

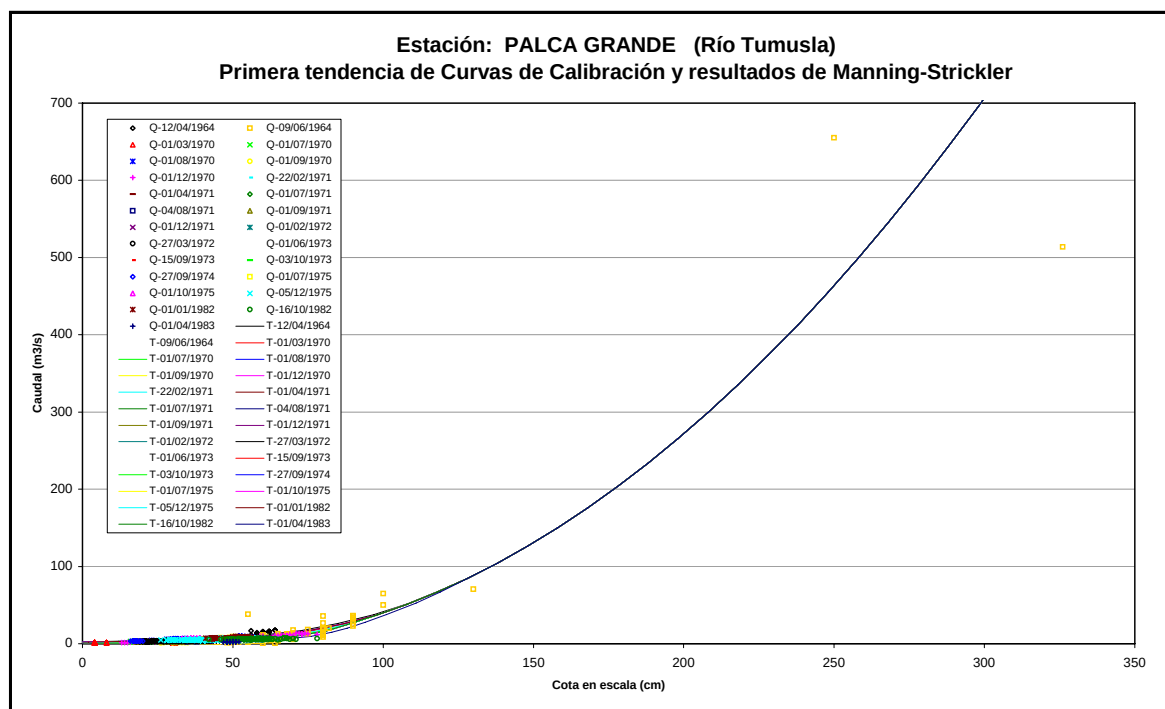


4.13.5 Curvas de calibración.

Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

En el gráfico anterior se puede observar la poca cantidad de aforos para épocas de crecidas. A pesar de esto se han construido las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel, y son las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) .



Primera tendencia de las curvas de calibraciones

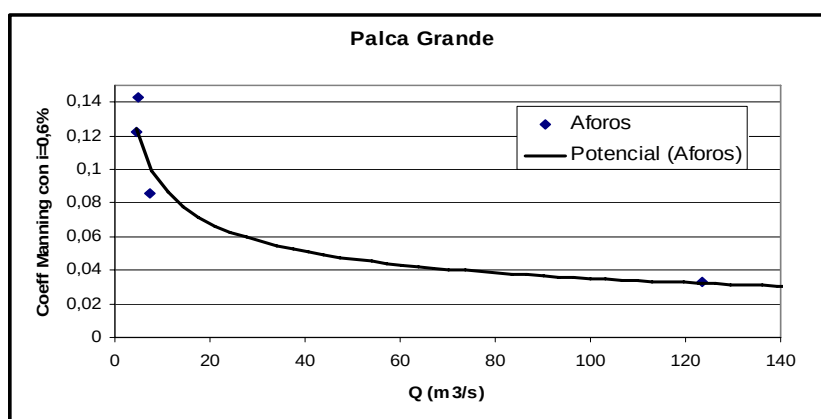
Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

Los análisis por correlaciones de los caudales obtenidos con estas curvas mostraban claramente que los caudales de crecida estaban exagerados, por lo que debíamos bajar las curvas para la parte alta. Es probable que el aforo con caudal superior a $600 \text{ m}^3/\text{s}$ sean de mala calidad, y que al tomarlo en cuenta, las curvas de tendencia se han elevado demasiado.

Las curvas de calibración encontradas en los archivos presentaban caudales exagerados, entonces no fueron tomados en cuenta.

Ajuste con la formula de Manning :

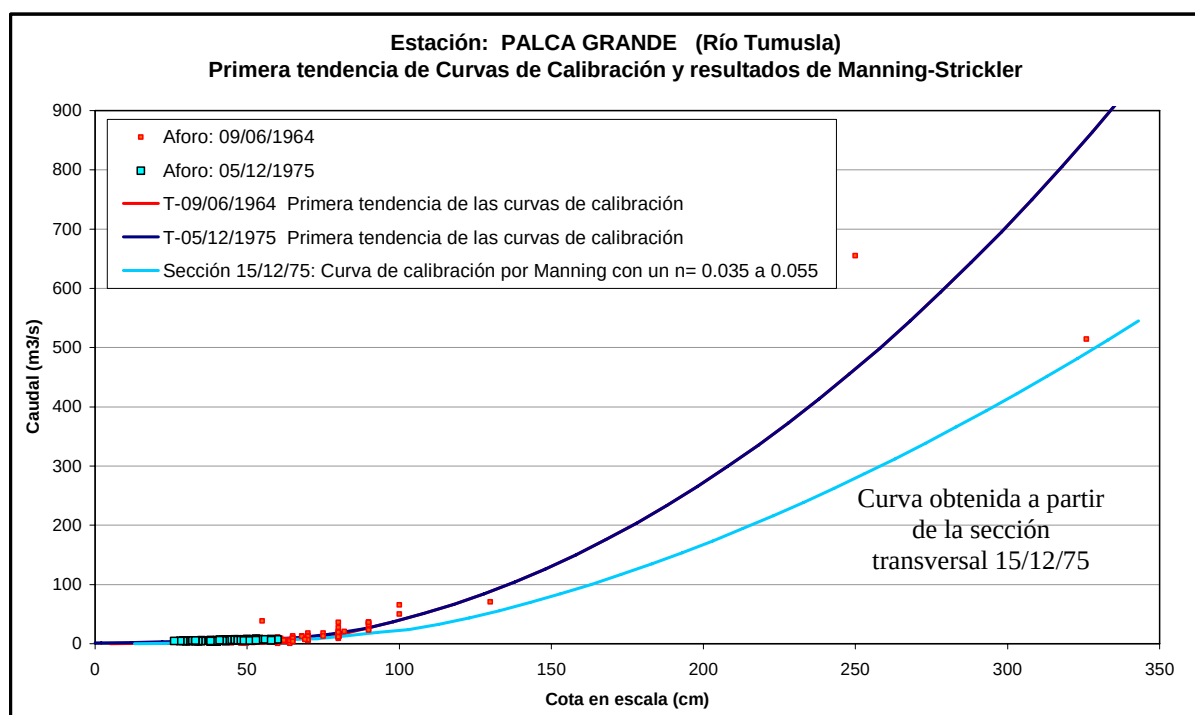
El coeficiente de Manning fue estimado a partir de los aforos disponibles para aguas medias, considerando la pendiente mediana en esta estación es cerca de 0.60 %. La curva de tendencia del coeficiente de Manning en función del caudal está presentada en el gráfico abajo :



Variación de la rugosidad (n) en función del caudal(Q)

Entonces, para utilizar la fórmula de Manning para grandes caudales se utilizaron valores entre 0.03 y 0.035 hasta un 0.05.

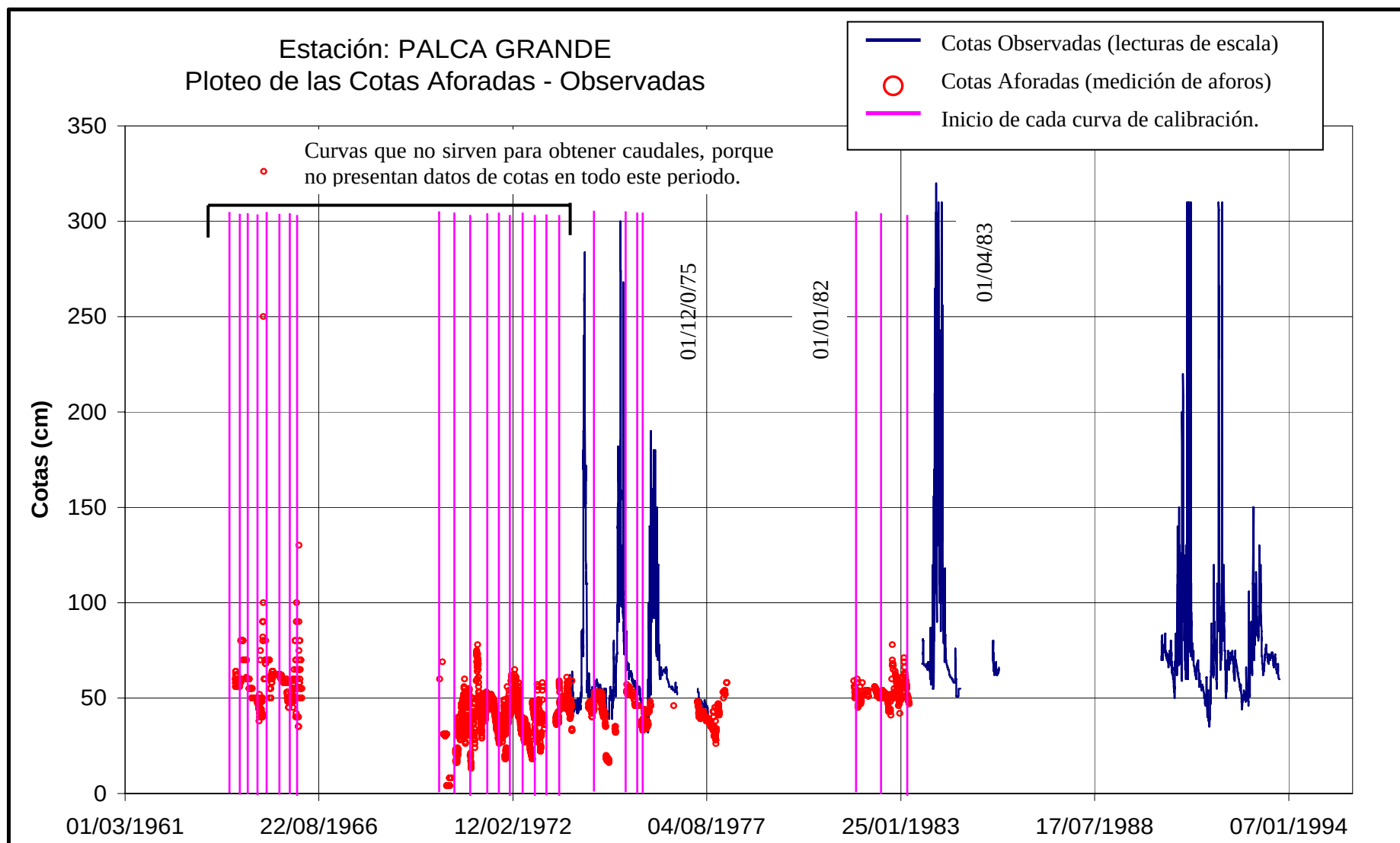
El gráfico siguiente presenta una de las primeras curvas de calibración dibujadas y la curva h - Q_{Manning} obtenida para este rango de valores del coeficiente de Manning.



Primeras curvas de calibración y la curvas h - Q por Manning obtenidas para el rango de valores $n=0.035$ - 0.05 .

En este gráfico se puede ver que las extrapolaciones obtenidas con un coeficiente de Manning 0.035-0.05 se ajustan bastante bien a los aforos 05/12/75 y 09/06/64 en su parte baja y no así en la parte alta de sus curvas de tendencia, pero pasan por el aforo más bajo correspondiente a la curva 09/06/64, indicándonos que debemos bajar dichas curvas. El análisis de correlaciones también confirma que las curvas de tendencia son muy altas, esto puede ser posible ya que la curva de calibración se la ha construido, intentado pasar por el aforo más alto 09/06/64 (que en todo caso sería malo). Entonces las primeras curvas de tendencia se ha ajustado a la curva obtenida con Manning para la sección 15/12/75 con un coeficiente de rugosidad variable entre 0.035 y 0.055.

El gráfico siguiente nos permitirá visualizar de una mejor manera la frecuencia de las des-calibraciones en la estación.



Primera identificación de las des-calibraciones.

▪ **Validación de las Curvas Calibración mediante el Análisis de Consistencia.**

El análisis de consistencia nos ha permitido identificar problemas relevantes en los caudales, en los periodos donde se han definido curvas de calibración que consideran periodos muy largos (sirven para calcular caudales), por ejemplo.

En el gráfico anterior se puede ver que:

- la curva 01/12/75 no sirve para calcular caudales hasta 01/01/82
- la curva 01/04/83 sirve para calcular caudales hasta 30/09/93

Como se aprecia en el gráfico anterior, la estación de Palca Grande tiende a des-calibrarse en periodos muy cortos (curvas de calibración para los periodos antiguos), por lo tanto estas dos curvas de calibración abarcan periodos muy largos. Para mejorar los caudales en estos periodos se crearan curvas de calibración (no hay aforos), suponiendo que la estación se des-calibrará de igual manera que en los años pasados (bastante cantidad de aforos). Estas nuevas curvas de calibración fueron validadas por el análisis de consistencia a nivel anual y mensual y por correlaciones con los caudales diarios.

Entonces el análisis de consistencia nos ha permitido obtener 6 **curvas de calibración** que pretenden considerar todas las des-calibraciones en la estación. Las curvas correspondientes a los años más antiguos, no son de mucha utilidad para obtener caudales, ya que en este periodo no contamos con datos de lecturas de escala, por lo tanto no serán consideradas.

Las curvas de calibración definitivas se presentan al final de esta ficha.

4.13.6 Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las últimas curvas de calibración y de las cotas observadas.

La estación presenta lagunas de periodos muy largos, aproximadamente 6 años, que no serán rellenadas.

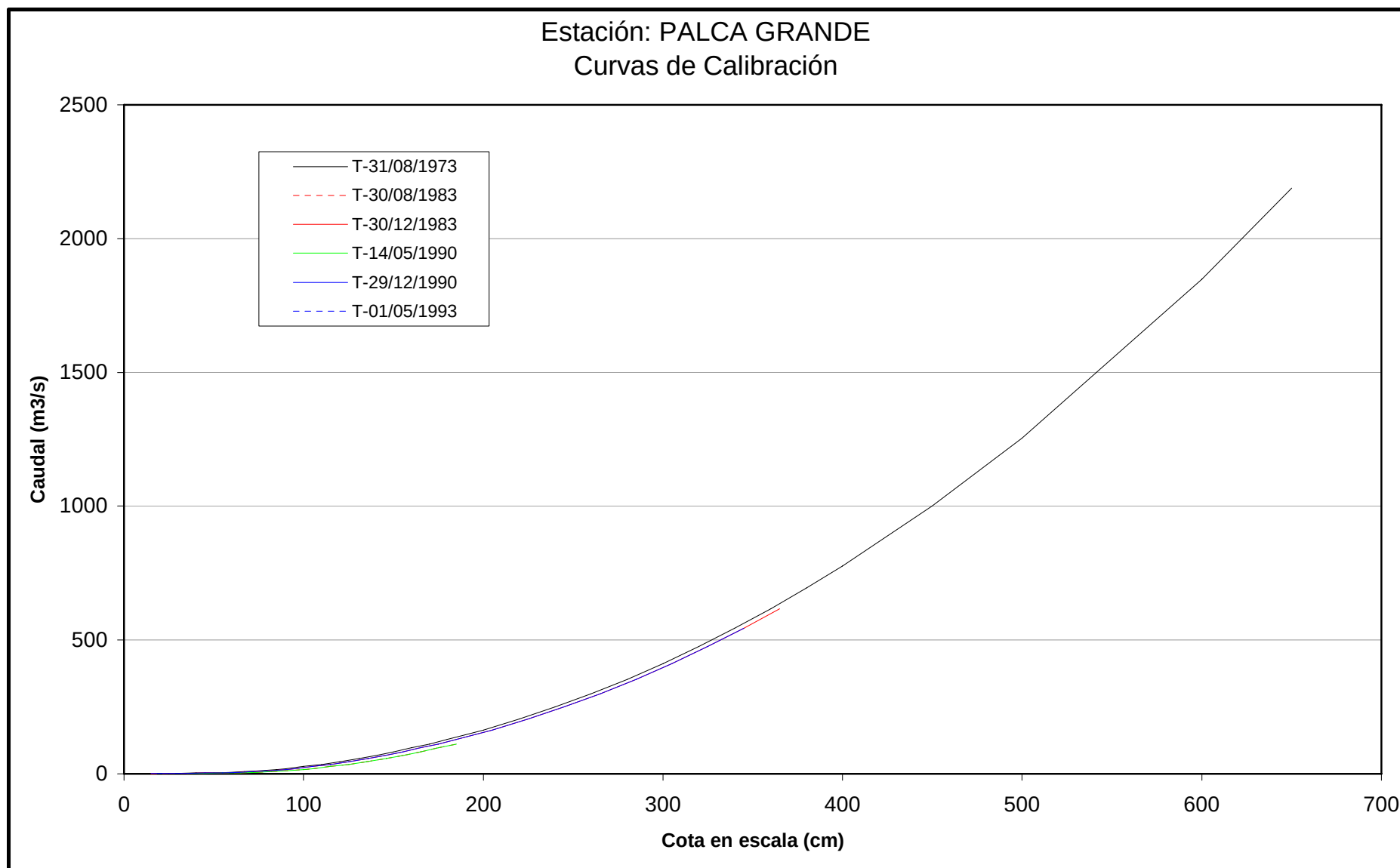
Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración ajustadas figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

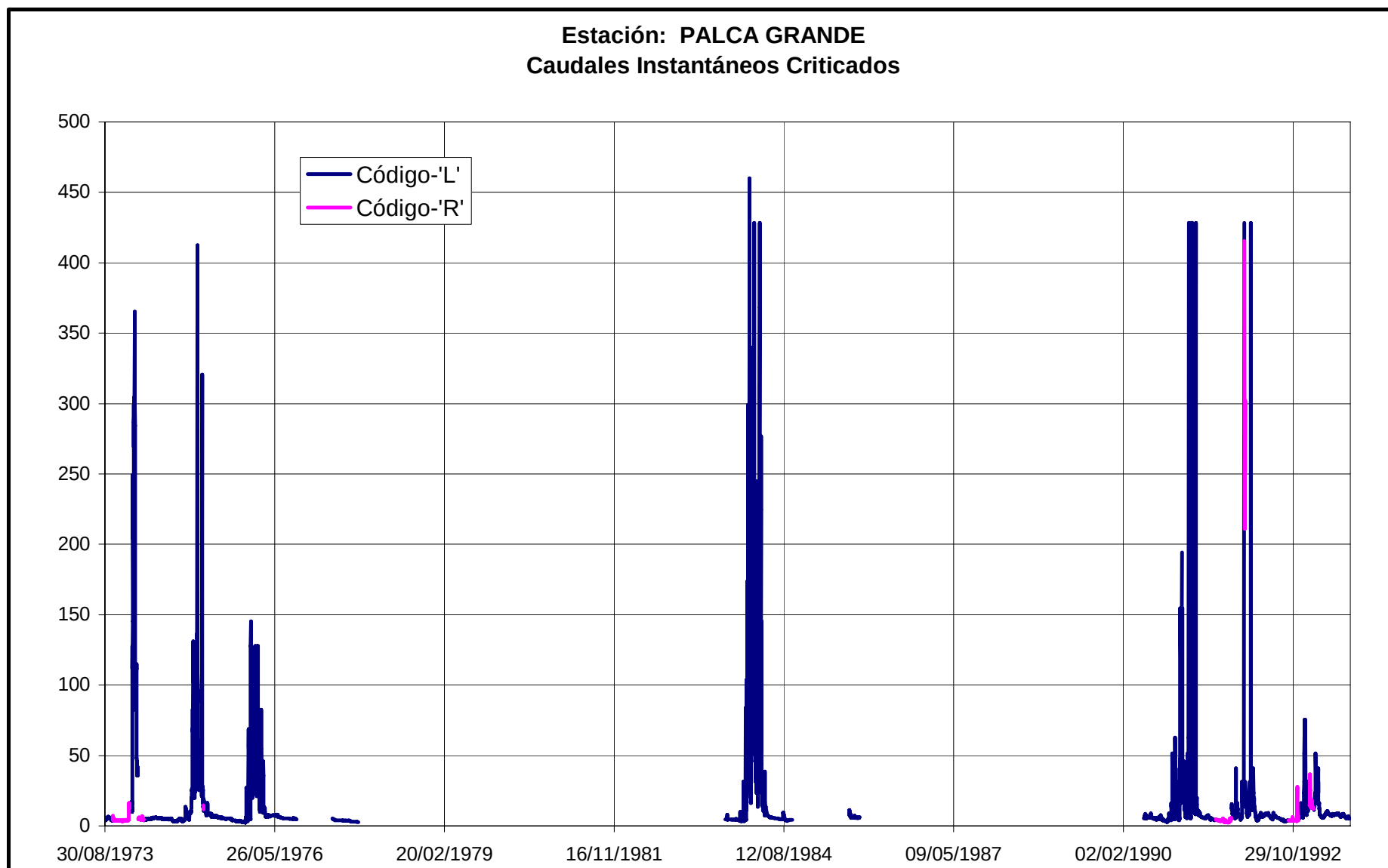
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Las correlaciones realizadas con sus estaciones vecinas permitieron identificar periodos de mala calidad entre el año 78 y el año 90, y periodos de buena calidad entre el año 74 y el año 77 y del año 91 hasta el año 93. Las buenas correlaciones nos permitieron rellenar algunas lagunas y ajustar los datos dudosos con las cotas aforadas.

El análisis de consistencia mostró que los caudales obtenidos son buenos pues muestran cierta similitud al de sus estaciones vecinas. Aparentemente los caudales obtenidos son buenos, pero están sujetos a ser verificados, por mediciones de aforos y lecturas de escala que se realicen en lo posterior.

Se tienen series de caudales mensuales de Sept. 1973 hasta Agosto 1993 (7 años hidrológicos completos y años con varias lagunas).





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la Estación : Palca Grande (Río Tumusla)

Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1973-1974	5.435	4.357	3.829	3.793	8.636	161.9	27.19	4.921	4.871	5.64	5.331	4.877	19.06
1974-1975	4.801	3.295	4.477	6.4	25.71	103.9	42.09	12.4	7.746	6.693	5.664	5.214	18.47
1975-1976	4.57	3.494	3.138	19.51	46.46	47.98	23.61	6.796	7.302	6.904	5.413	5.1	14.95
1976-1977	5.06									3.953	3.786	3.32	
1977-1978	2.935												
1978-1979													
1979-1980													
1980-1981													
1981-1982													
1982-1983													
1983-1984	4.828	4.5	4.361	6.981	101.5	117.6	123.3	18.47	6.971	5.488	4.939	5.138	33.49
1984-1985													
1985-1986		5.852											
1986-1987													
1987-1988													
1988-1989													
1989-1990										6.311	6.25	5.349	
1990-1991	4.877	3.876	9.208	12.16	50.23	47.2	40.49	25.53	5.882	6.44	4.637	3.9	17.7
1991-1992	3.6	3.687	9.181	7.781	87.41	27.38	12.56	6.617	7.682	6.489	6.939	4.759	15.37
1992-1993	3.631	4.044	5.785	9.529	25.34	15.21	20.07	7.015	8.863	7.812	8.2	7.359	10.24

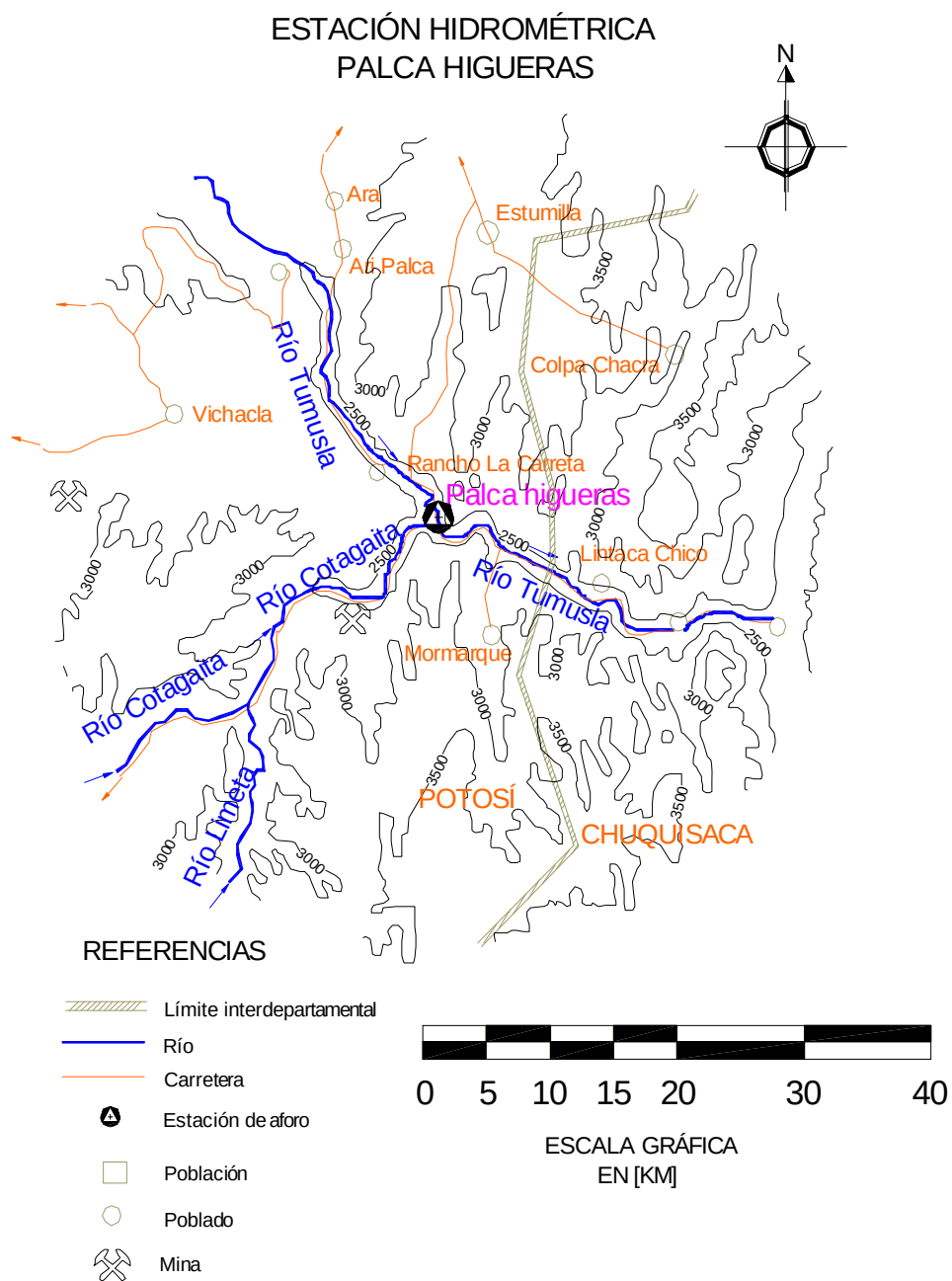
Nota: Los caudales en verde son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel instantáneo

4.14 Palca de Higuera

4.14.1 Características generales

Estación	PALCA DE HIGUERAS	
Características hidrográficas	Río	Río Tumusla
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Tumusla
	Área de la cuenca (km ²)	11 714
Características geográficas	Latitud (decimales)	-20.6833
	Fuente de información: Archivos SENAMHI-La Paz	
	Longitud (decimales)	-65.4333
	Fuente de información: Archivos SENAMHI-La Paz	
	Altura (m.s.n.m.)	No contamos con información disponible.
	País	Bolivia
	Departamento	Potosí
	Provincia	
Acceso	?	
Administrador	SENAMHI - POTOSI	
Fecha de apertura	En Diciembre de 1980	
Cierre / rehabilitación	La estación dejó de funcionar en Mayo de 1983.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 16/12/80-31/05/83	Cotas leídas en escalas limnimétricas.
	Aforos :	No se cuenta con información de lecturas de aforo.
Informaciones complementarias disponibles	- La estación no fue visitada recién. - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



4.14.2 Evolución del perfil transversal del río

- **Batimetría disponible :**

No cuenta con datos de aforos.

- **Estabilidad de la sección**

No se tiene información.

4.14.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible: 16/12/80-31/05/83

Porcentaje de lagunas: 0 %

Calidad general de los datos: de calidad media.

Tratamiento de los datos:

Se hicieron correlaciones con los datos de las estaciones de Palca Grande, Tumusla y Salto león para estimar la calidad de los datos.

Las correlaciones obtenidas a partir sus estaciones vecinas (estimadoras) fueron más o menos buenas, esto se debe a que la calidad de las cotas de Palca de Higuera no son muy buenas.

La estación Palca de Higuera no presenta lagunas.

Los datos disponibles con los que se cuenta son los siguientes :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
16/12/80		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
16/12/80-31/05/83		Datos completos guardados

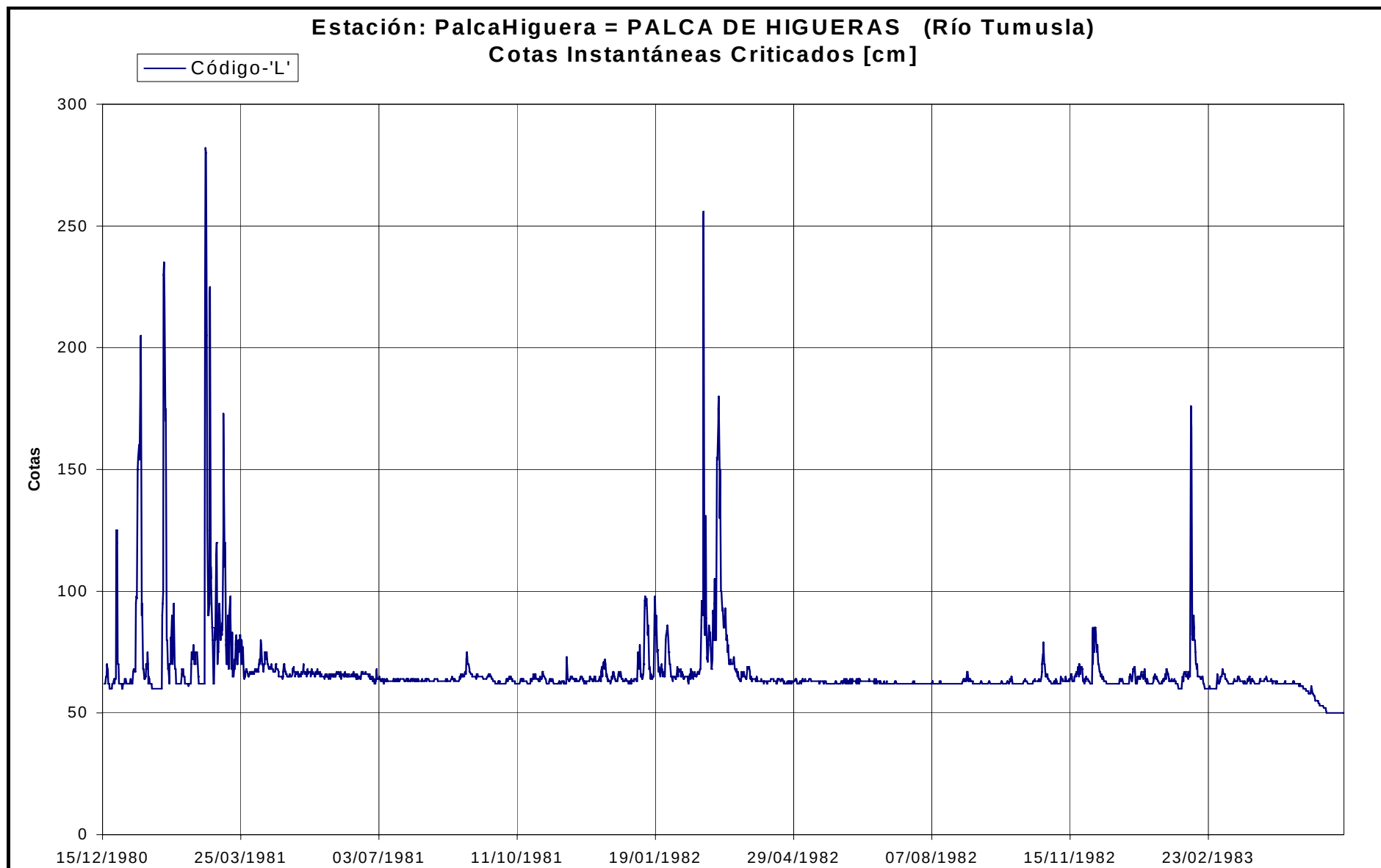
4.14.4 Aforos disponibles..

No cuenta con información de aforos.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

La estación Palca de Higuera presenta datos completos en todo su periodo. No se pudo averiguar la calidad de los datos pero parece que son dudosos en algunos periodos y en otros confiables.

No se elaboraron series de caudales por no contar con datos de aforos.

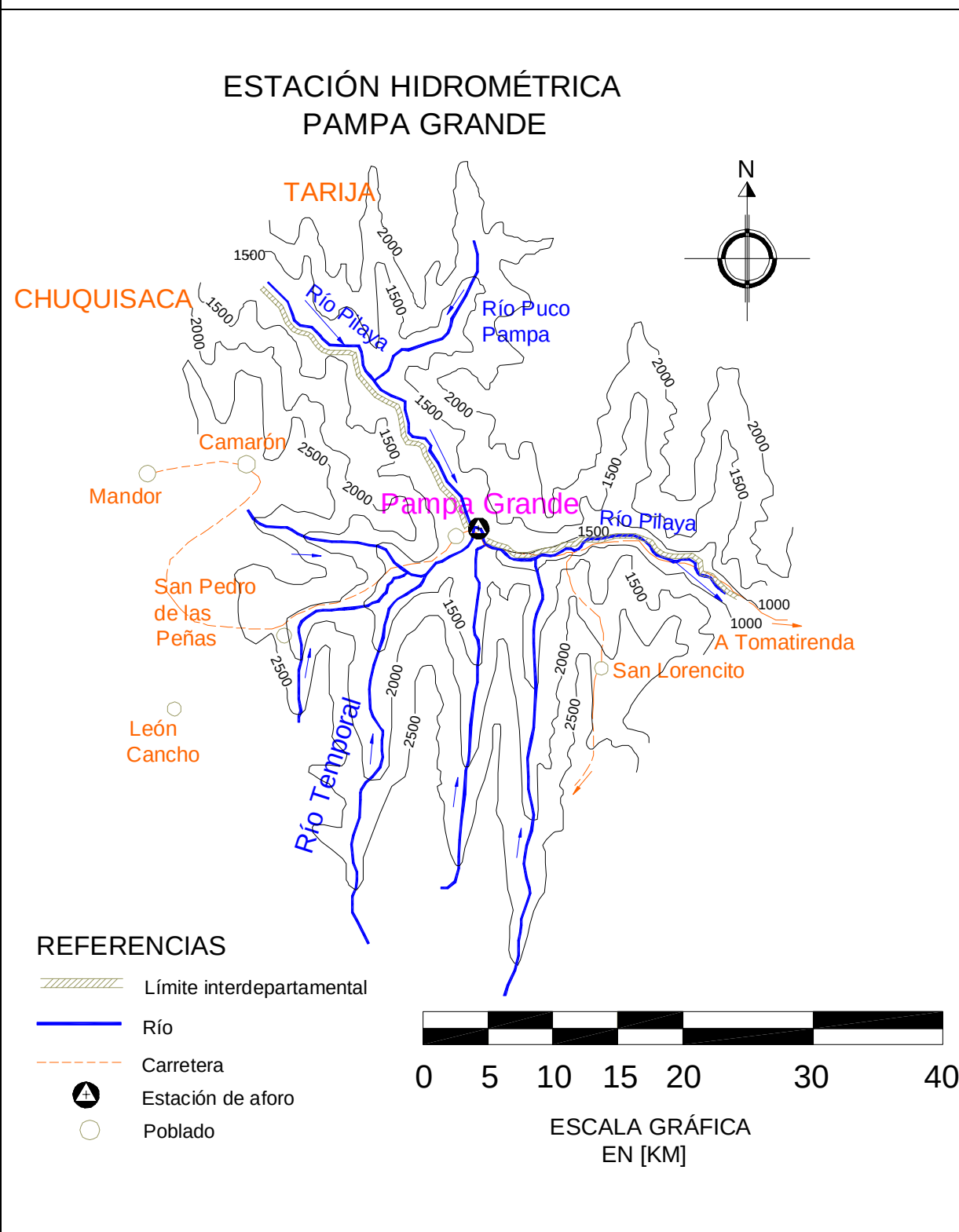


4.15 Pampa Grande

4.15.1 Características generales

Estación	PAMPA GRANDE	
Características hidrográficas	Río	Pilaya
	Cuenca	Río Pilaya
	Sub-cuenca	Camblaya-Pilaya
	Área de la cuenca (km2)	50 241
Características geográficas	Latitud (decimales)	-21,0819
	Longitud (decimales)	-64,5375
	Altura (m.s.n.m.)	1000
	País	Bolivia
	Departamento	Tarija
	Provincia	
Acceso	?	
Administrador	SENAMHI-Tarija	
Fecha de apertura	Junio 1967	
Cierre /rehabilitación	La estación fue cerrada en Octubre 1974	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 04/06/67-31/10/74	
	Aforos : 04/06/67-31/10/74	Con Molinete
Informaciones complementarias disponibles	- No se pudo obtener informaciones sobre la configuración del sitio de la estación. - En los archivos se encontraron caudales medio diarios y medio mensuales calculados.	

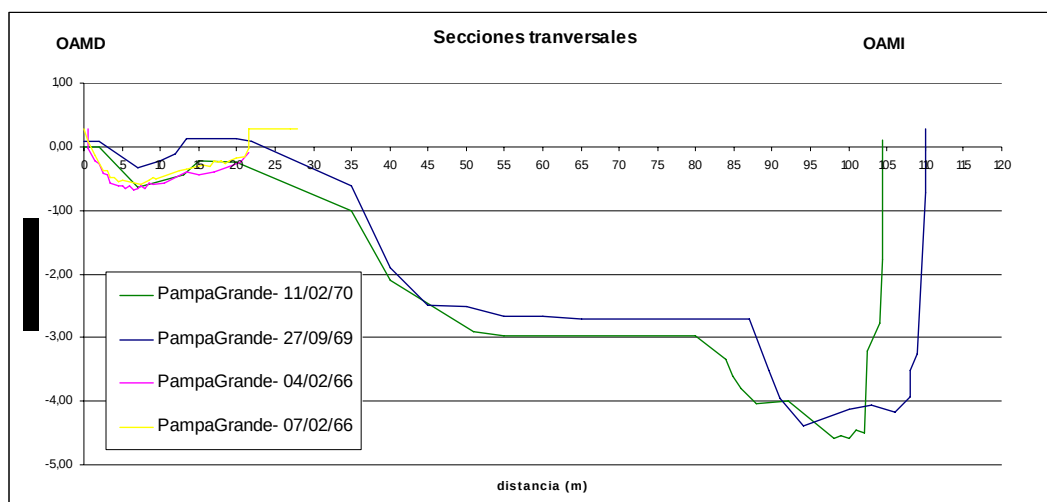
DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



4.15.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ Batimetría disponible :

Se disponía de muy pocas secciones elaboradas a partir de los datos brutos de aforos del 66 hasta el 70. Sin embargo, algunas de estas secciones eran muy completas. El gráfico siguiente muestra estos perfiles pero sin referencia al cero de la escala.



Evolución del perfil transversal

▪ Estabilidad de la sección

No se pudo sacar conclusiones a partir de los perfiles que eran muy escasos. Sin embargo, veremos que el número de des-calibraciones es muy importante lo que nos permite decir que la sección debe ser bastante inestable. Eso explica quizás porque se hicieron aforos casi diariamente.

4.15.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 04/06/67-31/10/74

Porcentaje de lagunas : 27.1 %

Calidad general de los datos : desconocida.

Tratamiento de los datos :

La estación de Pampa Grande presenta una cantidad considerable de periodos cortos de lagunas. Al no tener un periodo común con las estaciones que podrían ser sus estimadoras, no fue posible evaluar su calidad, por lo tanto se considera como desconocida y no se realizó ningún relleno.

Los datos disponibles fueron tratados de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
4/06/67		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
31/10/74		FIN DE LAS LECTURAS DE ESCALA

4.15.4 Aforos disponibles..

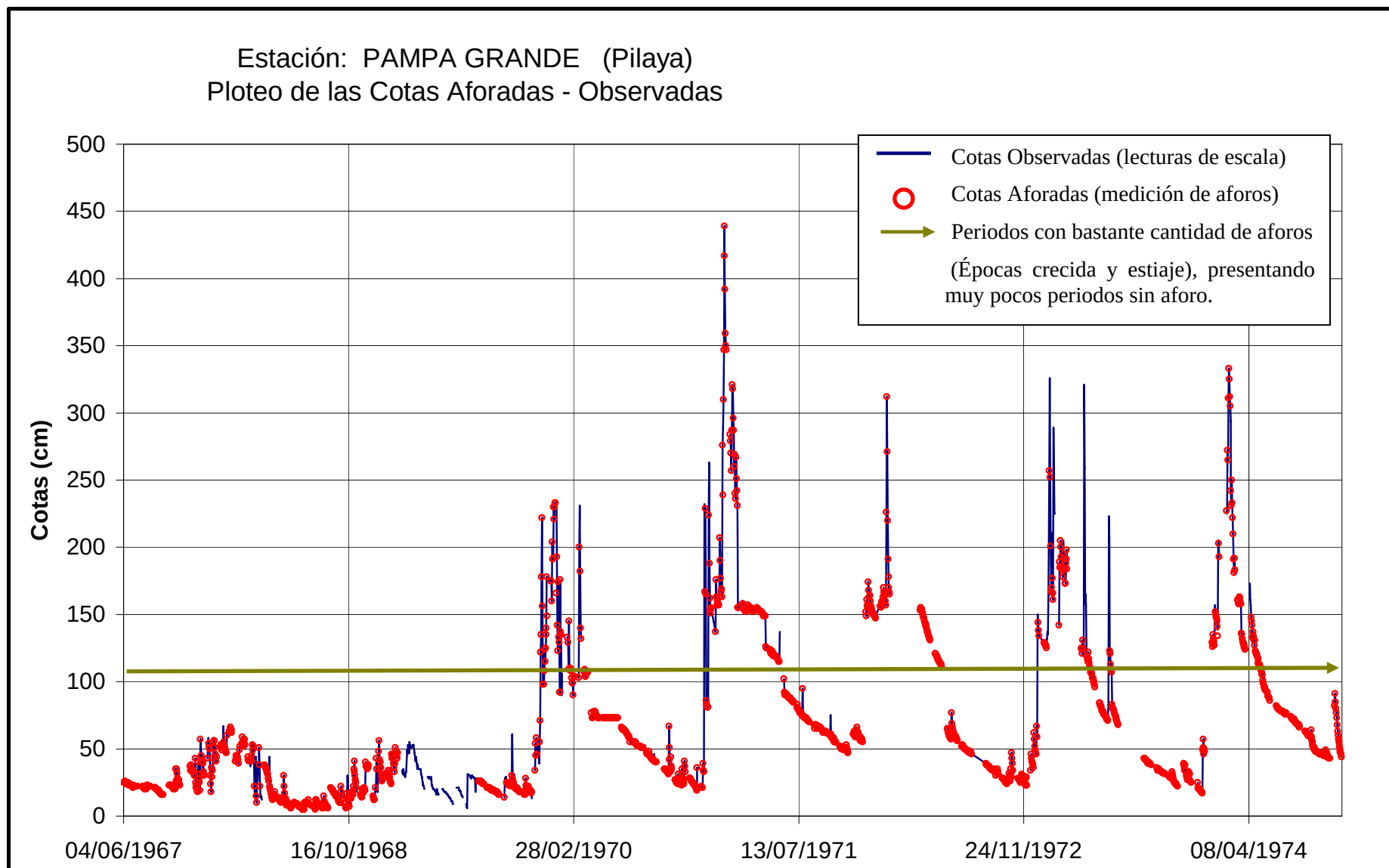
Aforos disponibles : 04/06/67-31/10/74

Calidad de los datos : bastante buenos, se tiene aforos para casi todo el rango de cotas observadas sobre el periodo (o sea para caudales de 0 hasta 600 m³/s). Los aforos fueron tomados casi diariamente.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Buena cantidad de datos	Datos faltantes	Observaciones
Jun.67-Ene.69		Muy buena cantidad
	Feb.69-Ago.69	No hay aforos
Sep.69-Ene.72		Muy buena cantidad
	Feb.72-Abr.72	No hay aforos
May.72-Oct.74		Muy buena cantidad

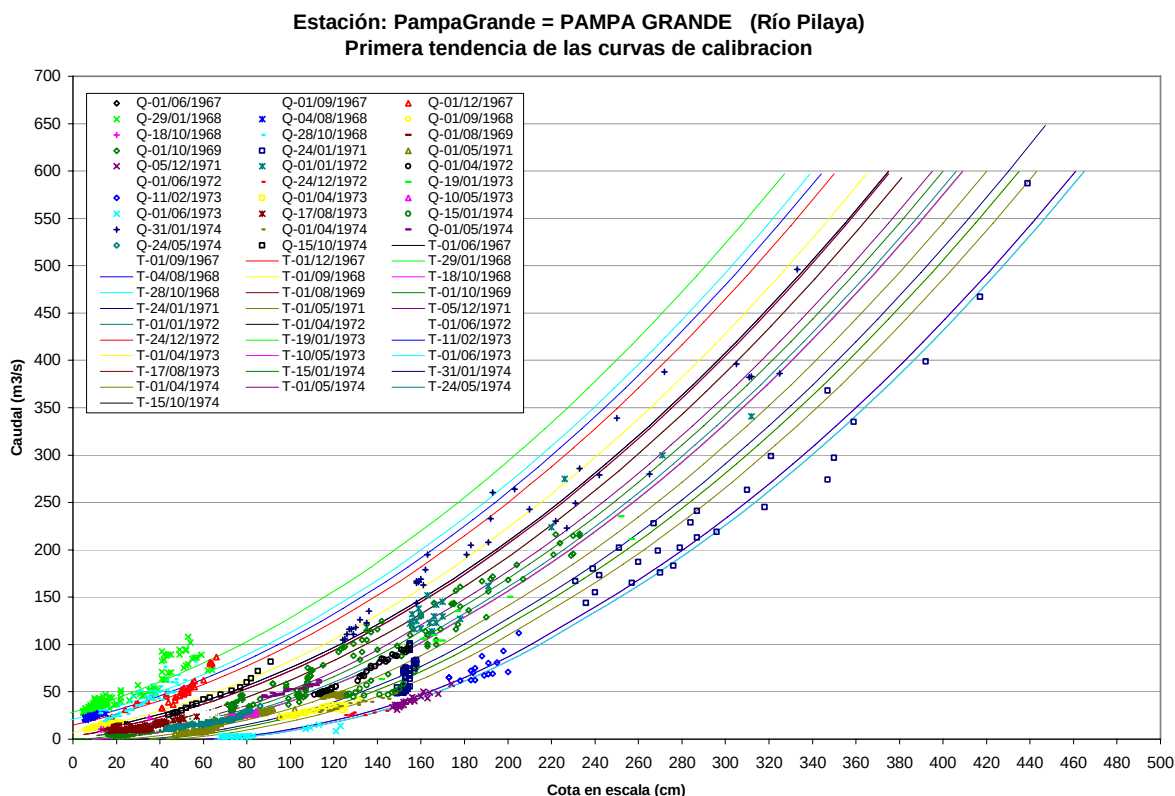


4.15.5 Curvas de calibración.

▪ Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

En el gráfico anterior se observa que la estación presenta bastante cantidad de aforos en épocas de crecidas y estiaje, por lo que nos permitirá obtener buenas curvas de calibración. Las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel a partir de las series de aforos eran las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) :



Primera tendencia de las curvas de calibración

Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

Los análisis de los caudales obtenidos con estas curvas daban resultados bastante buenos. Parecía que las curvas eran bien ajustadas. Eso se debe al número muy importante de aforos disponibles.

Ajuste con la fórmula de Manning :

Se intentó hacer un análisis con la fórmula de Manning pero como solo había un perfil para 1969 no se pudo hacer. Como además el número de aforos era muy importante y que los análisis de correlación indicaban buenos resultados, se guardaron las curvas dibujadas inicialmente.

▪ Validación de las Curvas Calibración mediante el Análisis de Consistencia.

La estación Palca Grande presenta datos muy antiguos, sin período común con sus estaciones vecinas. Por esta razón la estación no ingresó dentro del análisis de consistencia.

4.15.6 Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las últimas curvas de calibración y de las cotas observadas.

No se realizó ningún relleno debido a que la estación presenta datos en un periodo muy antiguo, por lo tanto no cuenta con estaciones estimadoras.

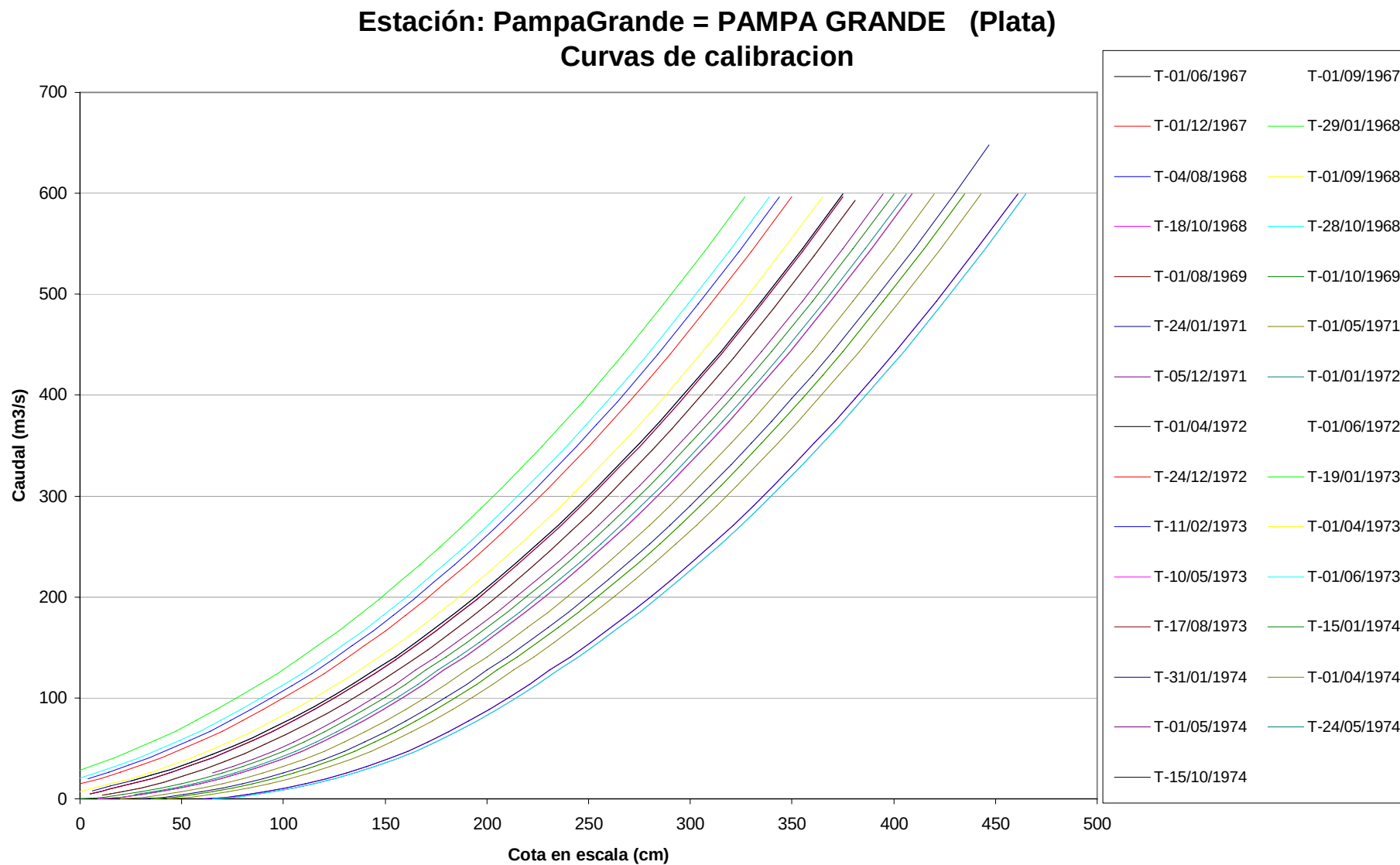
Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración ajustadas figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

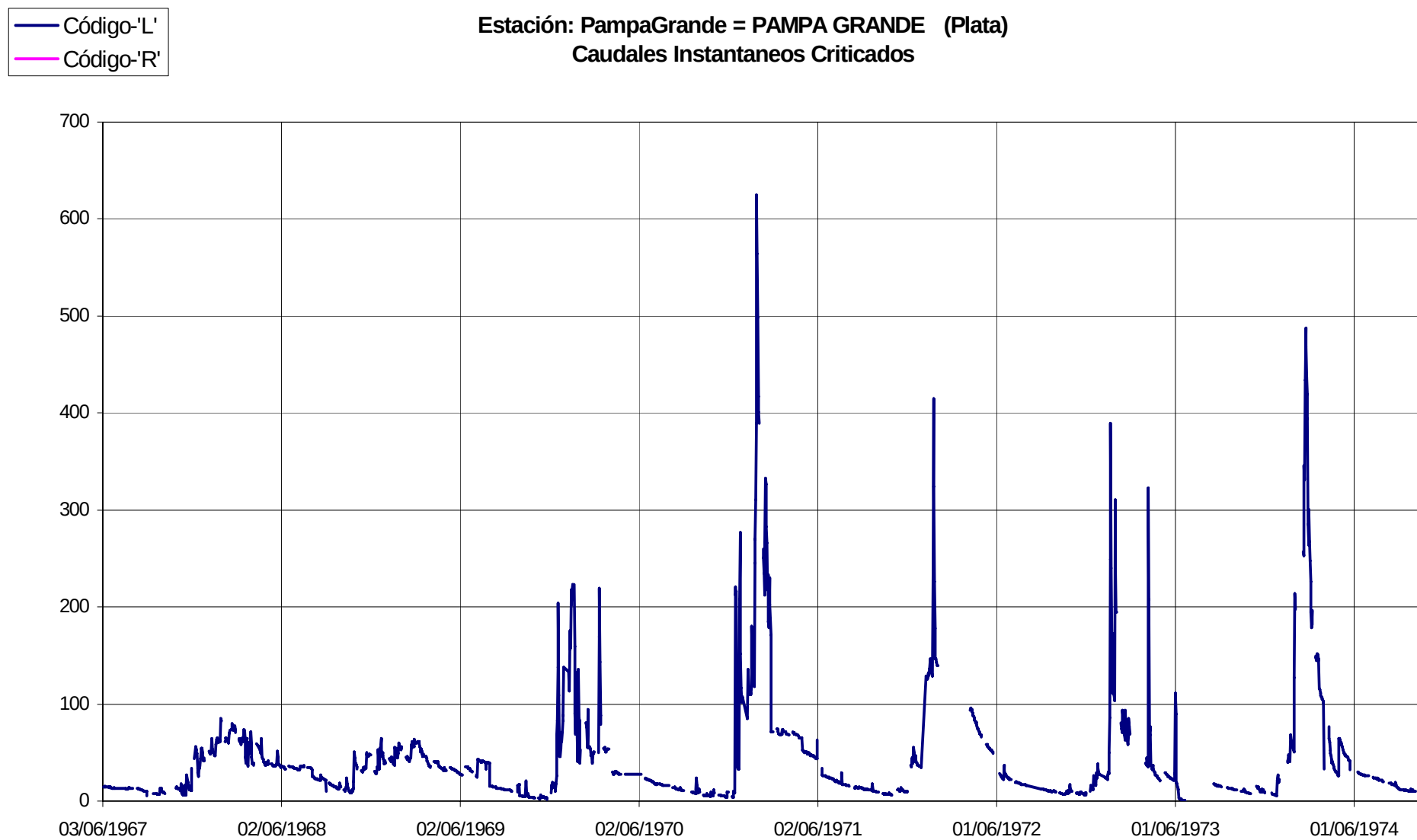
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

El periodo de tiempo por lo cual se disponía de datos solo era de 1969 hasta 1974 y faltaban varios datos que no pudieron ser rellenados por falta de datos en las estaciones vecinas para este periodo.

Sin embargo, aunque la calidad de la serie de cotas no se pudo averiguar (pero parecía tener sentido), los aforos muy numerosos (casi diarios) permitieron dibujar curvas de calibración muy precisas que permitieron calcular series de caudales bastante confiables para caudales pequeños, como para caudales fuertes.

Se obtuvieron caudales mensuales con muy poca continuidad desde Junio 1967 hasta Sept. 1974.





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la estación de Pampa Grande

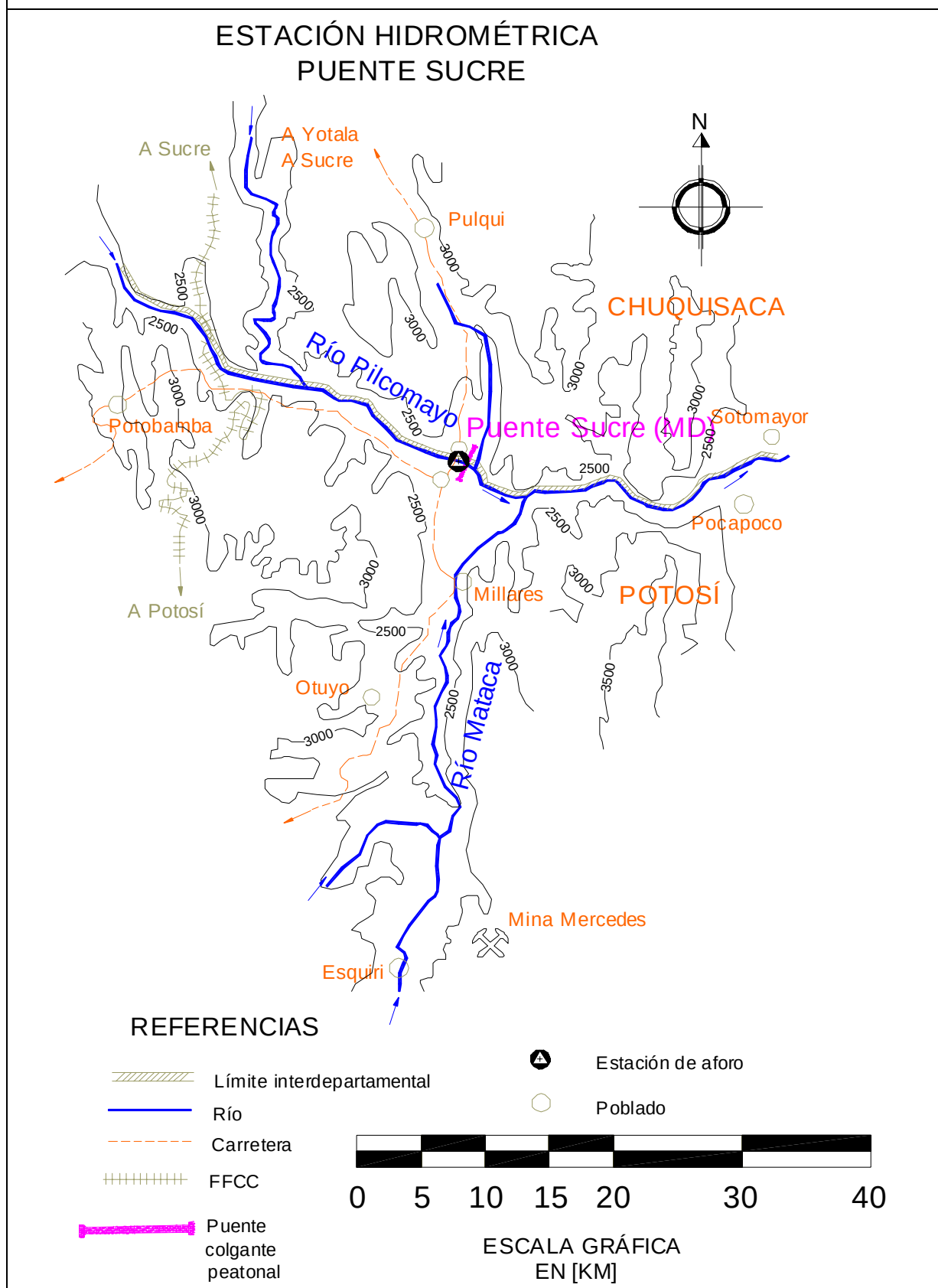
Año	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1966-67										13,96	13,05		
1967-68			12,75									23,79	
1968-69							50,41				39,16	13,58	
1969-70		5,15			139,7				27,61		17,03		
1970-71					192,5				48,3		19,42		
1971-72	11,44				145,9							14,23	
1972-73	10,68				99,75			51,06					
1974-75	11,01												

4.16 Puente Sucre

4.16.1 Características generales

Estación	PUENTE SUCRE	
Características hidrográficas	Río	Pilcomayo
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Pilcomayo
	Área de la cuenca (km2)	9 098
Características geográficas	Latitud (decimales)	-19,35056
	Longitud (decimales)	-65,17528
	Altura (m.s.n.m.)	2222
	País	Bolivia
	Departamento	Chuquisaca
	Provincia	
Acceso	No se pudo obtener informaciones sobre el acceso a ésta estación. La estación esta en margen derecha.	
Administrador	SENAMHI - Chuquisaca	
Fecha de apertura	Noviembre 1970	
Cierre /rehabilitación	La estación fue cerrada en septiembre 1975. Hasta la fecha no fue rehabilitada.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 07/11/70-01/09/75	Escala probablemente en margen derecha.
	Aforos : 09/08/73-05/11/75	Con Molinete
Informaciones complementarias disponibles	- No se pudo obtener informaciones sobre la configuración del sitio de la estación. - En los archivos se encontraron caudales medio diarios calculados de 65-67 y de 70-72.	

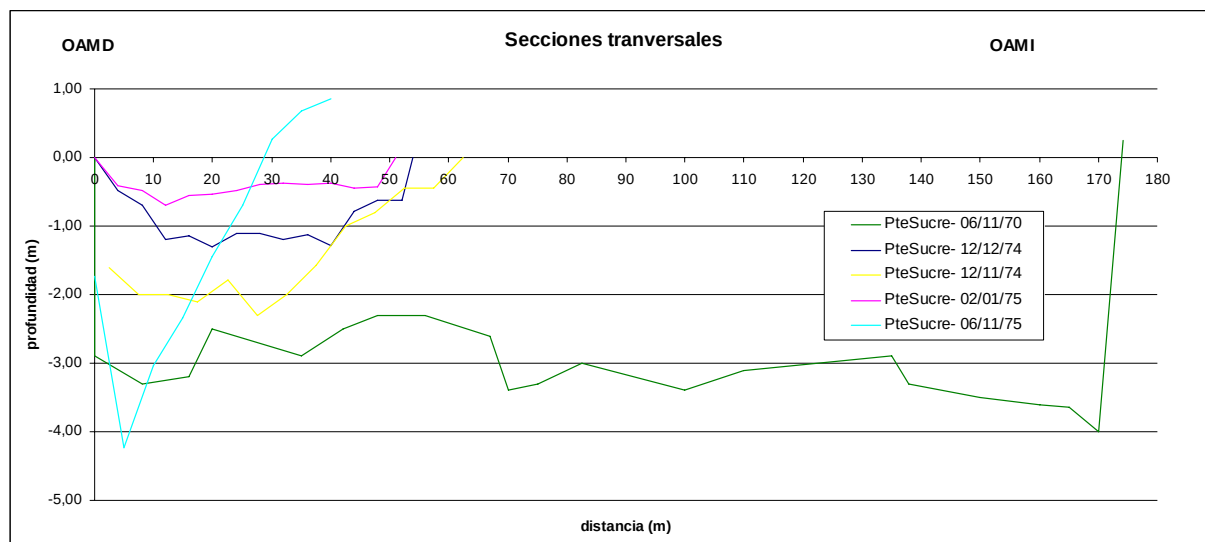
DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



4.16.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ Batimetría disponible :

Se disponía de muy pocas secciones elaboradas a partir de los datos brutos de aforos. El gráfico siguiente muestra estos perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas) excepto la sección de 1970 que no pudo ser ajustada con la escala.



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ Estabilidad de la sección

Es difícil sacar conclusión con certeza sobre la evolución de los perfiles porque son pocos. Sin embargo, los pocos perfiles disponibles muestran una gran inestabilidad, y parece que el fondo del lecho es bastante erosionable. El perfil del 1970 parece muy distinto a los demás, tal vez se hizo en otra sección, o es que los demás perfiles cubren solamente las aguas bajas...

4.16.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 07/11/70-01/09/75

Porcentaje de lagunas : 34.1 %

Calidad general de los datos : buena

Tratamiento de los datos :

Para Puente Sucre se tienen datos con lagunas importantes.

Para averiguar la calidad de las cotas disponibles, se utilizaron como estaciones estimadoras (correlaciones) las siguientes :

- Ñucchu (a partir del 20/12/72)
- Talula (a partir del 01/06/75)
- Misión La Paz

Las correlaciones con las cotas de estas estaciones permitieron averiguar la buena calidad de los datos sobre los periodos comunes. La correlación con Misión La Paz no era buena debido a la distancia que existe entre estas dos estaciones. Entonces las lagunas (todas anteriores al 20/12/72) no pudieron ser rellenadas debido a que es la única estación estimadora para este periodo es Misión La Paz.

Los datos disponibles fueron tratados de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
07/11/70		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
07/11/70 – 30/11/70		Datos confiables y completos, guardados
	01/12/70 – 31/12/70	Laguna no rellenada por falta de estaciones estimadores
01/01/71 – 01/02/71		Datos confiables y completos, guardados
	02/02/71 – 28/02/71	Laguna no rellenada por falta de estaciones estimadores
01/03/71 – 30/04/71		Datos confiables y completos, guardados
	01/05/71 – 31/10/72	Laguna no rellenada por falta de estaciones estimadores
01/09/72 – 01/11/72		Datos confiables y completos, guardados
	02/11/72 – 20/12/72	Laguna no rellenada por falta de estaciones estimadores
21/12/72 – 01/09/75		Datos confiables y completos, guardados

4.16.4 Aforos disponibles..

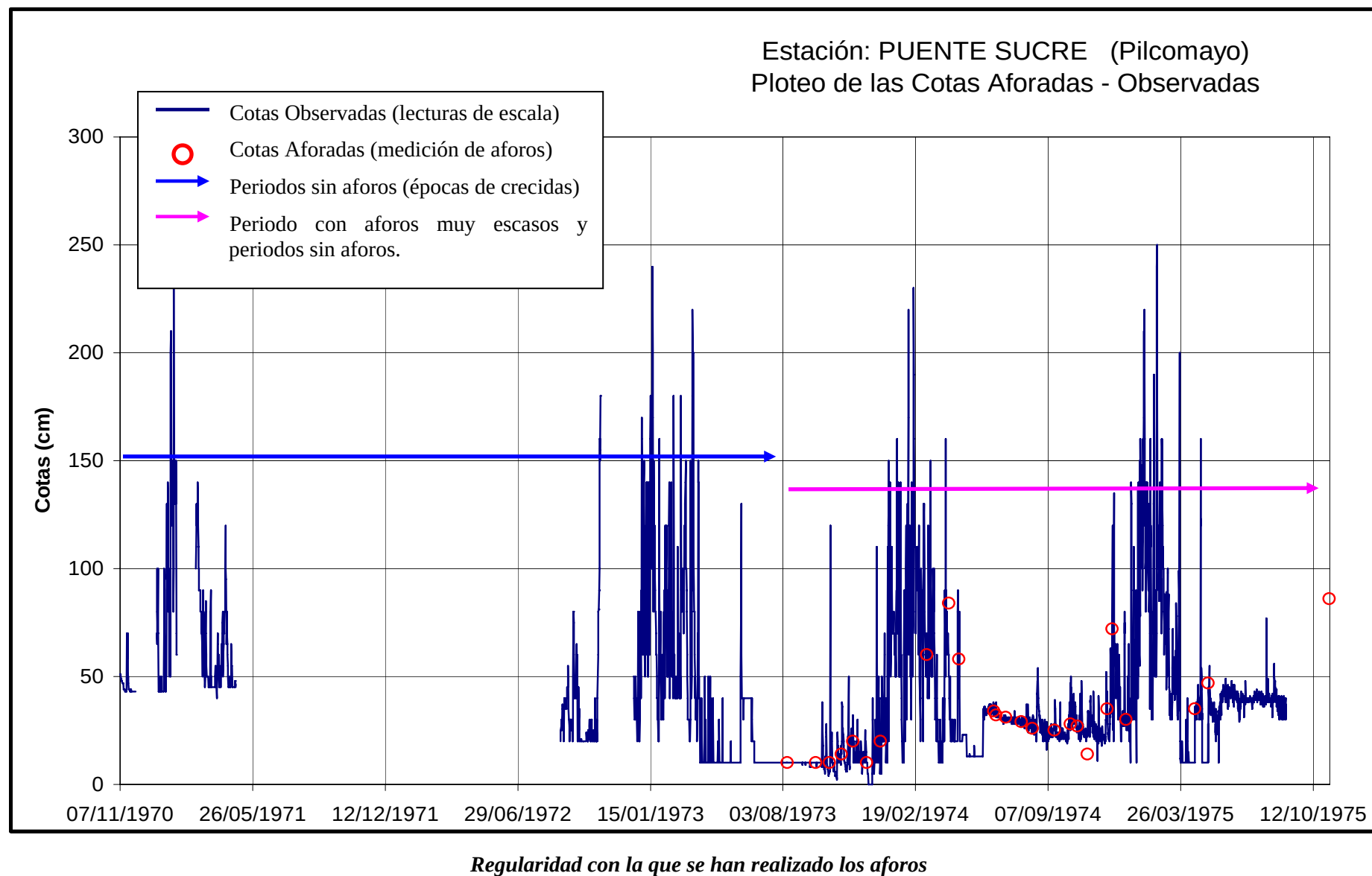
Aforos disponibles : 09/08/73-05/11/75

Calidad de los datos : buena calidad pero muy escasos y solo se tienen aforos hasta 180 m³/s.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Buena cantidad de datos	Datos faltantes	Observaciones
	Ago.73-Nov.75	Datos muy escasos (25 aforos sobre el periodo)

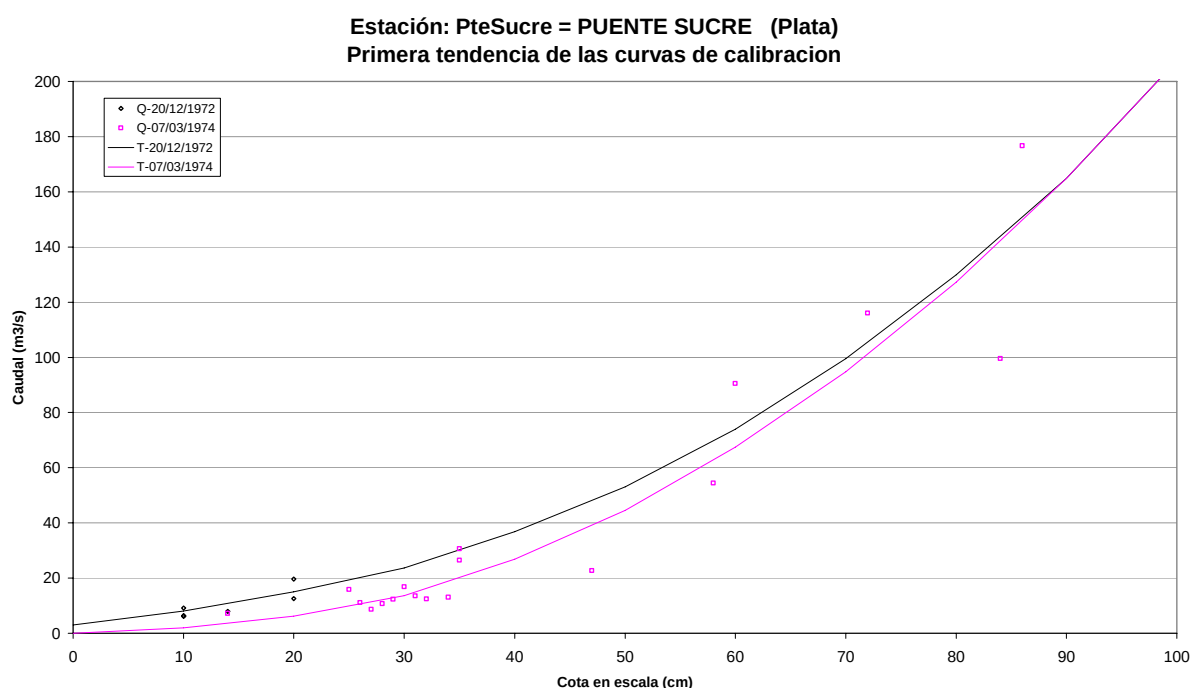


4.16.5 Curvas de calibración.

▪ Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

Por falta de aforos antes de Agosto 73, se ha elaborado primero una calibración solamente a partir de Agosto 73. Sin embargo, se extendió el periodo de calibración hasta el 20 de Diciembre 1972, dado que la serie de cotas no parecía tener ninguna des-calibración sobre este periodo. Quizás sería posible utilizar ésta curva para traducir las cotas antes de ésta fecha, pero sería poco prudente, puesto que no hay periodo común con otras estaciones para validar los caudales obtenidos. Las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel a partir de las series de aforos eran las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) :



Primera tendencia de las curvas de calibración

Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

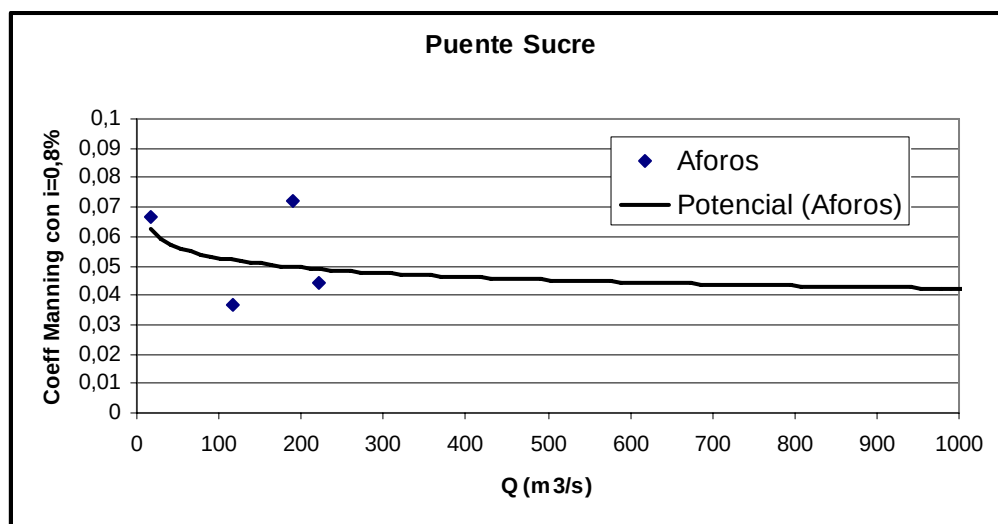
No se tenía muchos datos para el mismo periodo de tiempo que Puente Sucre. Sin embargo, para los periodos de tiempo para los cuales se tenían datos se pudo ver que los caudales calculados para Puente Sucre con estas curvas de calibración tenían sentido. Entonces, aparentemente no se tenía que arreglar estas curvas.

Los caudales encontrados en los archivos no fueron utilizados porque no se pudo elaborar curvas de calibración para los periodos correspondientes.

Ajuste con la formula de Manning :

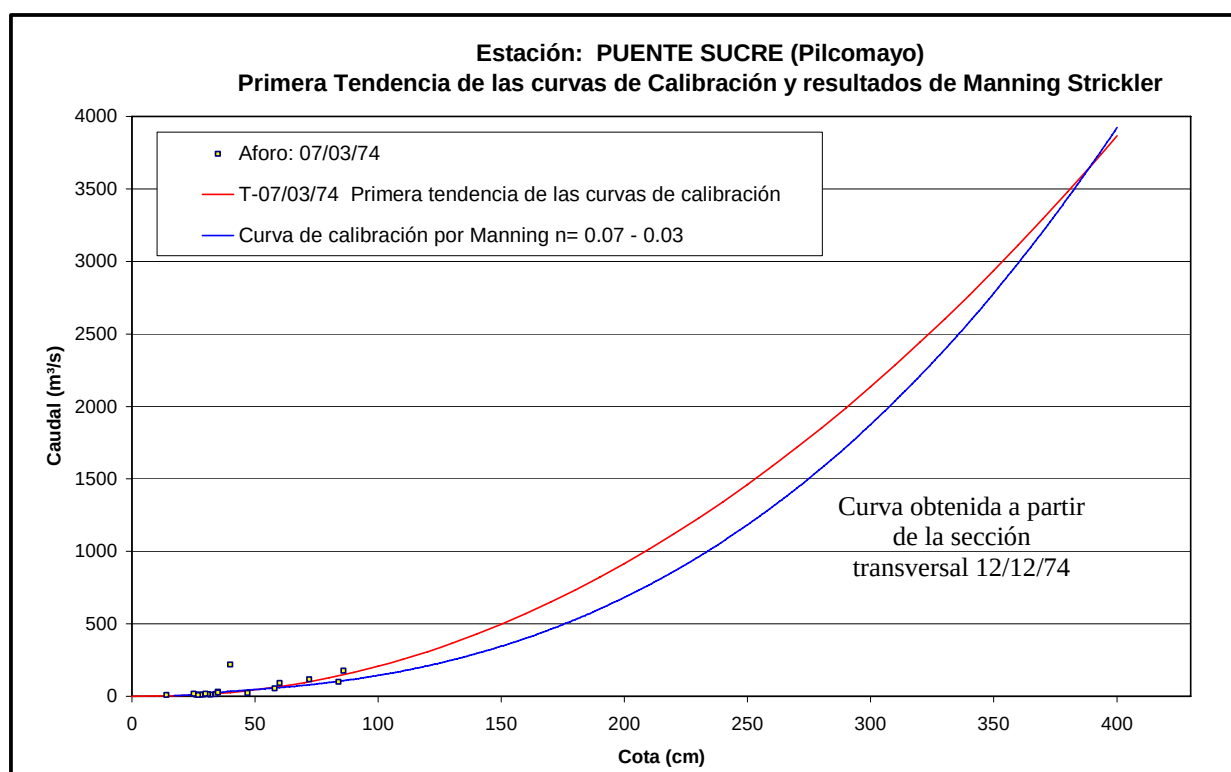
Este análisis solo se hizo para las dos secciones de noviembre y diciembre 1974 (la sección de 1970 no era referenciada al cero de la escala, y era muy diferente de las demás).

El coeficiente de Manning fue estimado a partir de los aforos disponibles para aguas medias, considerando la pendiente mediana en esta estación cerca de 0,8 %. La curva de tendencia del coeficiente de Manning en función del caudal está presentada en el gráfico abajo :



Variación de la rugosidad (n) en función del caudal(Q)

Entonces, para utilizar la fórmula de Manning para grandes caudales se utilizaron valores entre 0,025 y 0,04. El gráfico siguiente presenta una de las primeras curvas de calibración dibujadas y la curva $h-Q_{\text{Manning}}$ obtenida para este rango de valores del coeficiente de rugosidad.



Primera curva de calibración y la curva $h-Q$ por Manning obtenida para el rango de valores $n= 0.07-0.03$.

La sección transversal 12/12/74, utilizada para calcular la curva $h-Q_{\text{Manning}}$ era poco confiable para grandes caudales. Sin embargo se pudo ver, que los caudales obtenidos para la parte alta con las primeras curvas de calibración, se encontraban en el rango de los caudales obtenidos con la fórmula de Manning, con un rango de variación del coeficiente de rugosidad entre 0.07 y 0.03. Sin más información, y como los análisis de correlación eran bastante buenos, se decidió guardar las curvas iniciales.

Número de periodos de calibración identificados : 2

Estas curvas figuran al final de la ficha de esta estación.

▪ **Validación de las Curvas Calibración mediante el Análisis de Consistencia.**

La estación Puente Sucre presenta insuficiente cantidad de datos, por tanto no ingresó dentro del juego de estaciones para realizar el análisis de consistencia.

4.16.6 Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las últimas curvas de calibración y de las cotas observadas.

No se realizó ningún relleno por falta de estaciones estimadoras.

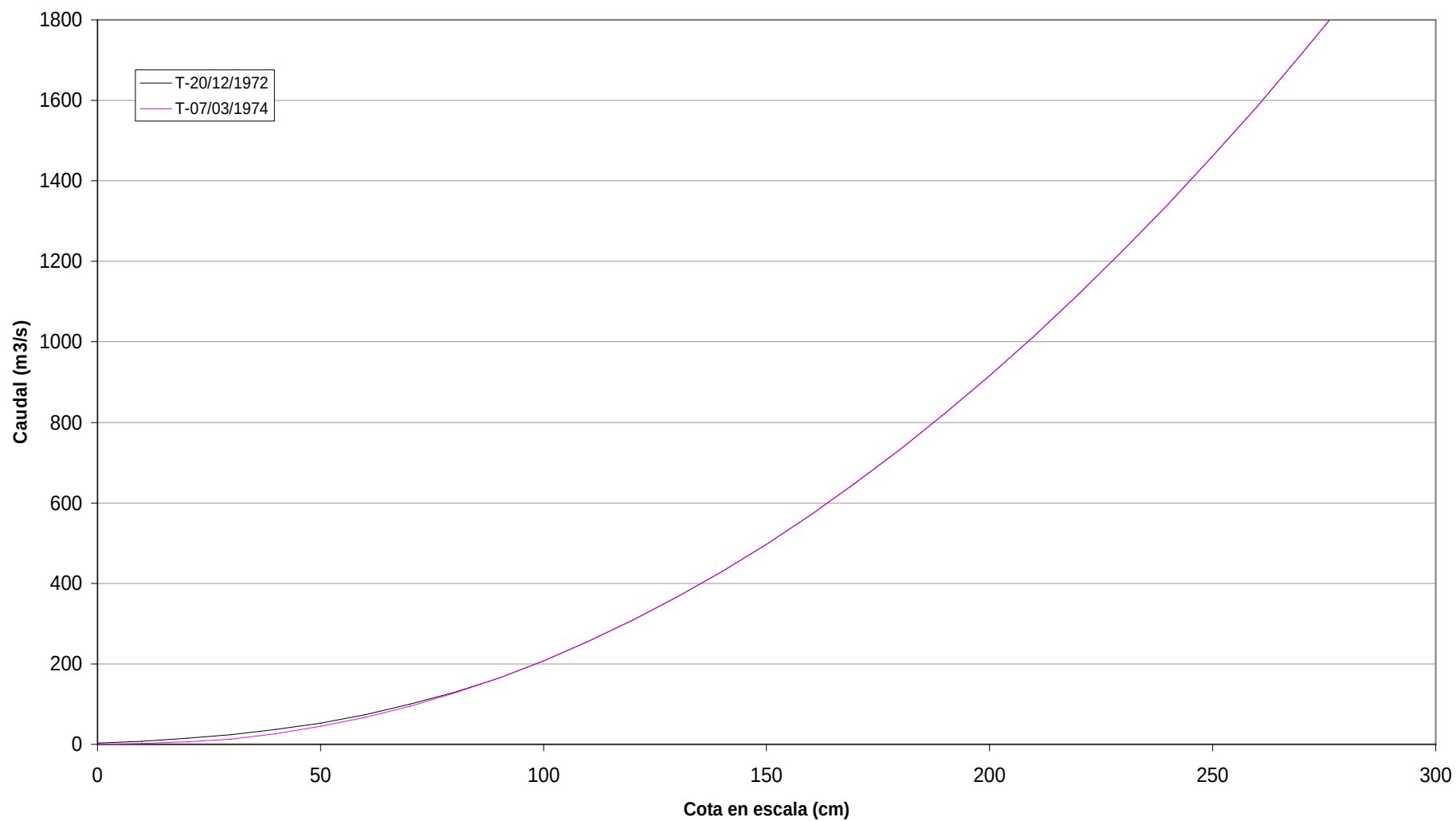
Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración ajustadas figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

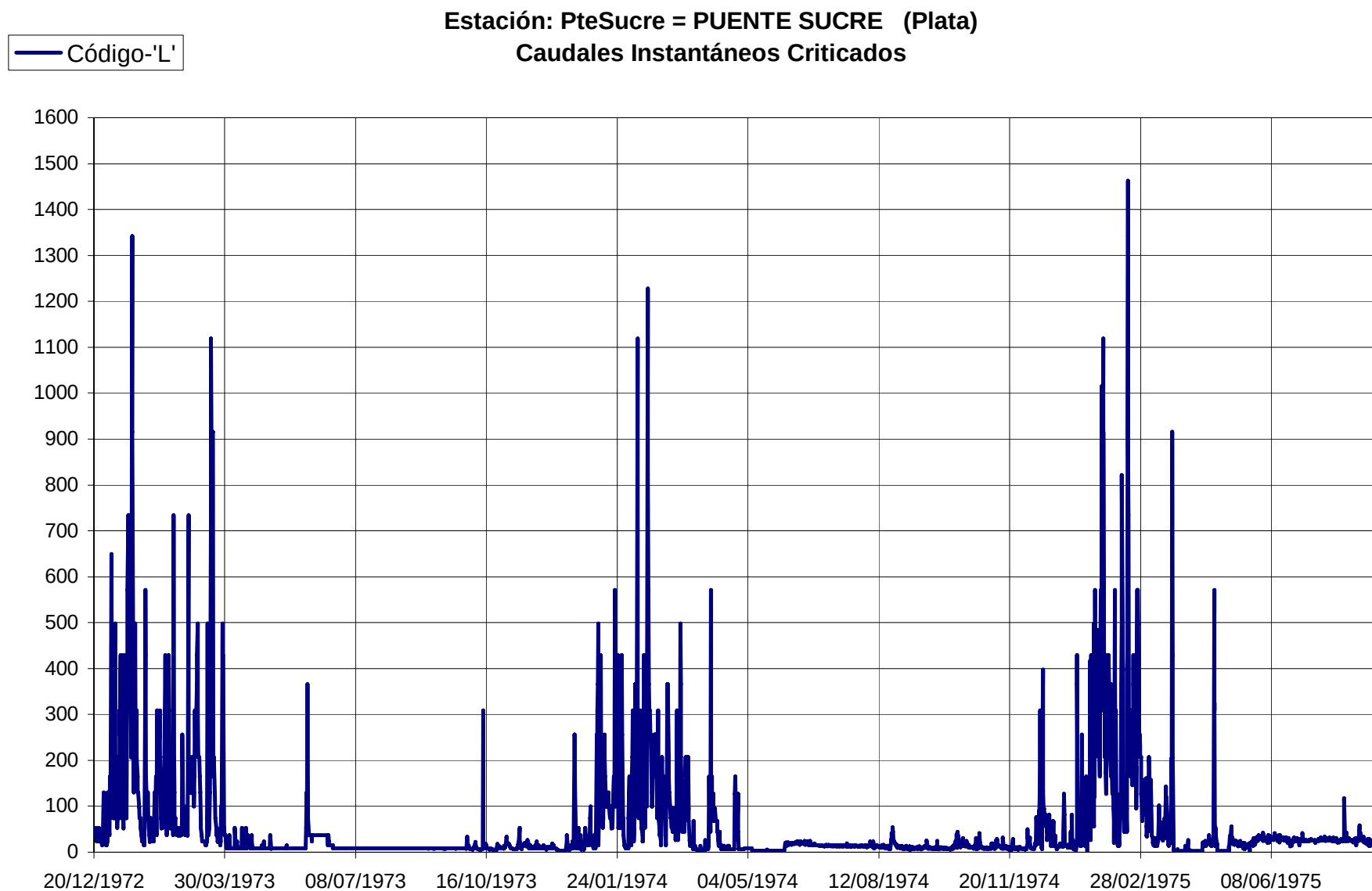
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados:

La serie de cotas disponible está muy completa y de buena calidad. Aún con aforos muy escasos para el periodo, se pudieron trazar curvas de calibración dando buenos resultados para grandes caudales. Sin embargo, el periodo de los datos disponibles (70-75) no tiene muchas fechas comunes con las otras estaciones vecinas. Por esa razón, hemos traducido las cotas en caudales solo a partir de Diciembre 72, 8 meses antes de la fecha del primero aforo disponible.

La serie de caudales mensuales obtenida esta completa desde Enero 1973 hasta Agosto 1975.

Estación: PteSucre = PUENTE SUCRE (Plata)
Curvas de calibracion





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la estación de Puente Sucre

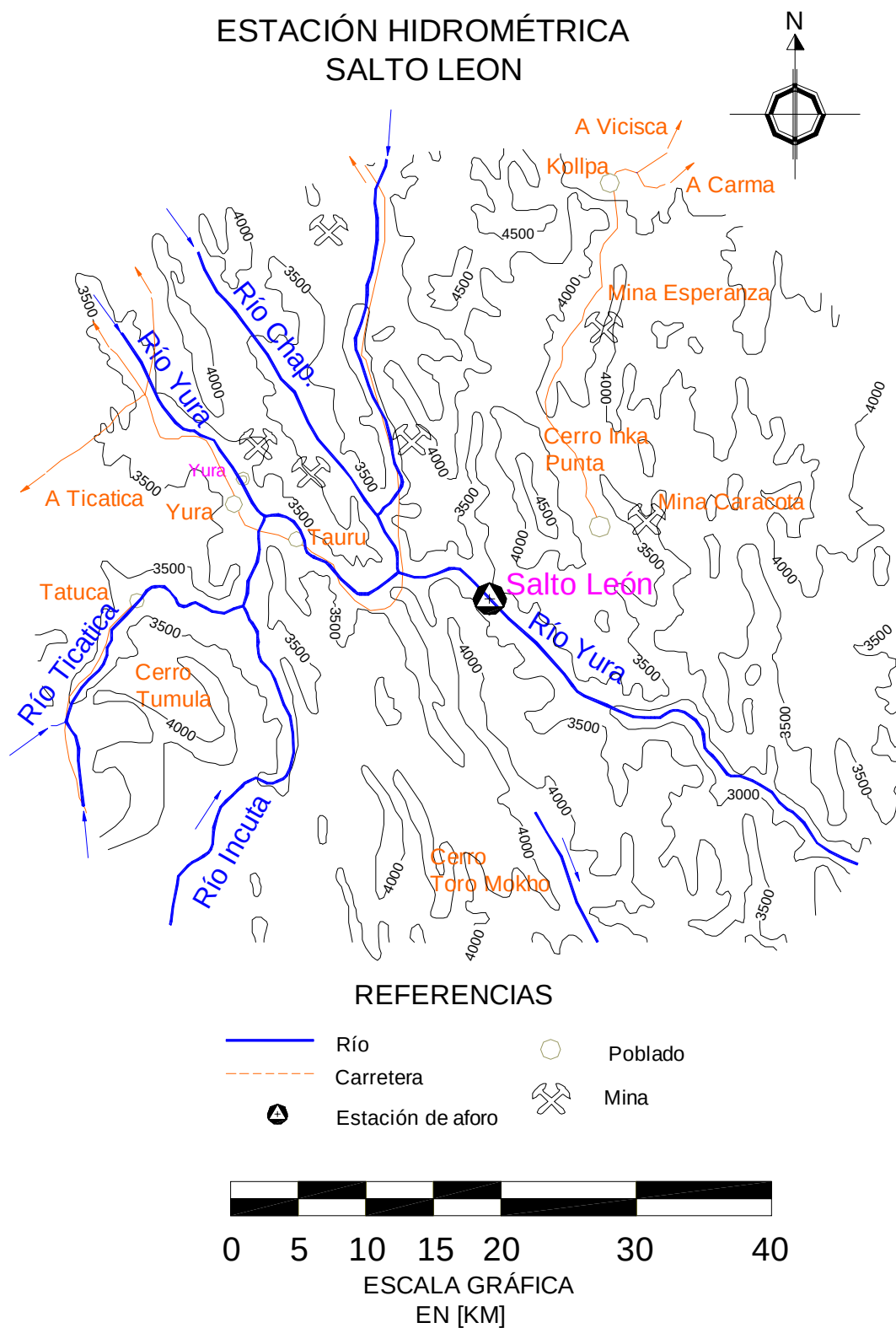
Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1972-1973					224.81	115.24	172.03	11.883	11.406	28.768	8	8	
1973-1974	7.9372	11.811	12.567	18.088	110.72	192.14	83.8	40.965	4.3374	17.97	13.534	14.343	43.065
1974-1975	9.3865	13.497	10.695	44.194	159.87	259.26	67.964	19.496	18.069	28.25	26.284	26.442	55.726

4.17 Salto León

4.17.1 Características generales

Estación	SALTO LEÓN	
Características hidrográficas	Río	Yura
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Tumusla
	Área de la cuenca (km2)	4 455
Características geográficas	Latitud (decimales) Fuente de Inf.: Archivos SENAMHI La Paz	-20.1667
	Longitud (decimales) Fuente de Inf.: Archivos SENAMHI La Paz	-66.0000
	Altura (m.s.n.m.) Fuente de Inf.: Archivos SENAMHI La Paz	3658 (muy dudosa, no coherente)
	País	Bolivia
	Departamento	Potosí
	Provincia	Quijarro
Acceso	?	
Administrador	SENAMHI – POTOSÍ	
Fecha de apertura	En Enero de 1975	
Cierre /rehabilitación	La estación fue cerrada en Julio 84.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 01/01/75-01/01/86	Cotas leídas en escalas limnimétricas.
	Aforos : 07/09/75-31/07/84	Se realizaban aforos con molinete.
Informaciones complementarias disponibles	- No se pudo obtener informaciones sobre la configuración del sitio de la estación. - No existe mucha información acerca de esta estación. - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



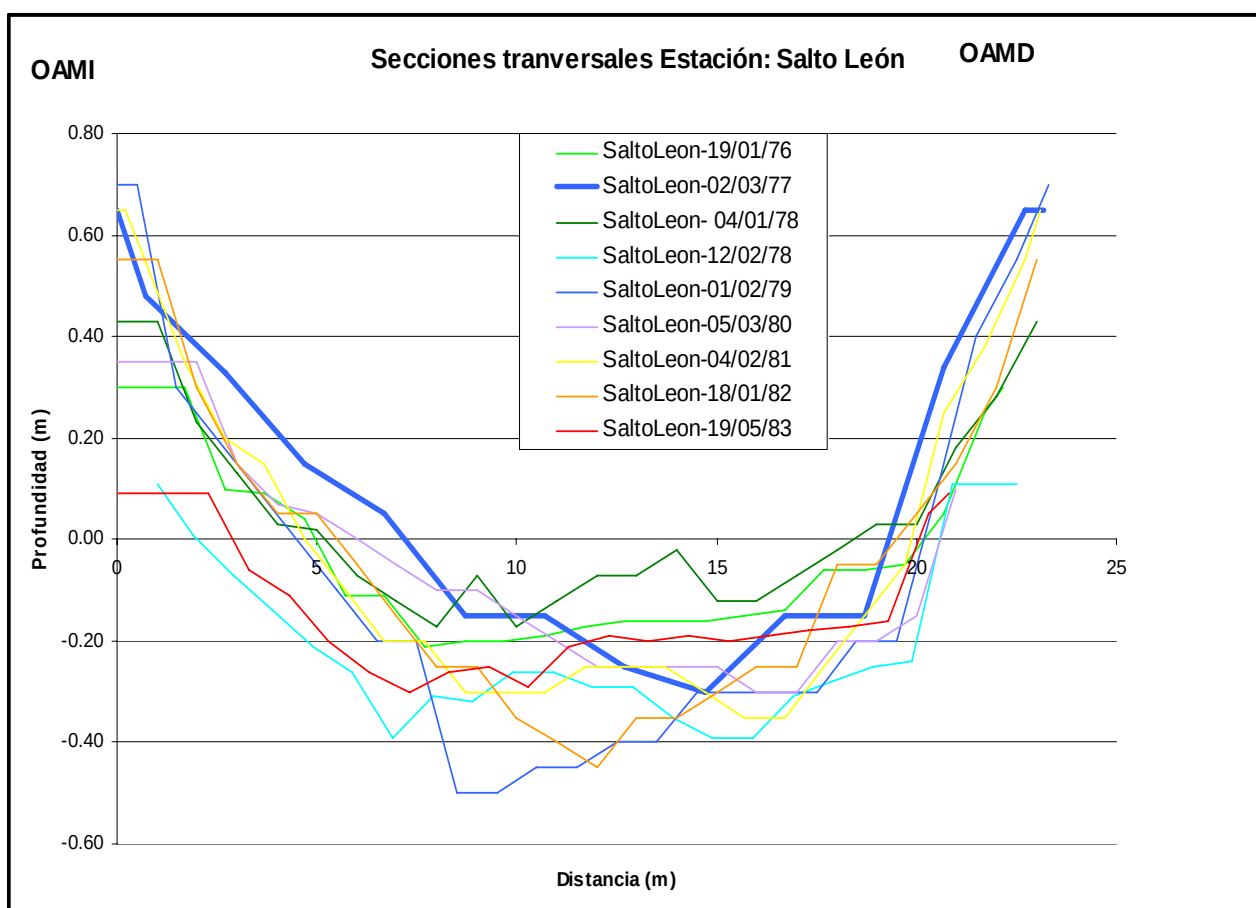
4.17.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ Batimetría disponible :

Se disponía de secciones elaboradas a partir de datos brutos de aforos desde el 75 al 84. De los cuales solamente se escogieron las secciones de crecidas, como se detalla a continuación:

- 19/01/1976
- 02/03/1977
- 04/01/1978
- 12/02/1978
- 01/02/1979
- 05/03/1980
- 04/02/1981
- 18/01/1982
- 19/05/1983

El gráfico siguiente muestra los perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas).



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ **Estabilidad de la sección**

Como se aprecia en el gráfico anterior la sección es variable en su cauce principal (fondo), debido a la erosión y sedimentación. También se puede observar que presenta buena estabilidad en las márgenes, no hay erosión en ninguna de las orillas.

4.17.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 01/01/75-01/01/86

Porcentaje de lagunas : 6.8 %

Calidad general de los datos : De calidad buena.

Tratamiento de los datos : Análisis por Correlaciones Lineales y Análisis de Consistencia.

La estación Salto León presenta poca cantidad de lagunas.

Para averiguar la calidad de las cotas, corregir y/o rellenar, se utilizaron como estaciones estimadoras (por correlaciones simples) las siguientes :

- Yura
- Tumusla
- Palca Higuera
- Palca Grande

Las correlaciones obtenidas a partir de las estaciones vecinas (estimadoras) son buenas con la estación de Tumusla y con las demás estaciones son regulares. Se pudo ver que los datos son de buena calidad casi en todo el periodo.

Las buenas correlaciones obtenidas nos permitieron rellenar todas las lagunas a partir de septiembre 75 (mes a partir del cual se disponen de aforos). Se logró rellenar por interpolación lagunas de algunos días siempre y cuando las correlaciones nos indicaban que el relleno tenía sentido.

La primera laguna (en época de crecida) no pudo ser rellenada por correlaciones, debido a que la estación Tumusla se encuentra ubicada aguas abajo y presenta aportes significativos en el tramo Salto León-Tumusla, por lo que la correlación obtenida era demasiada alta. Sin embargo este periodo pertenece a un periodo que no presenta aforos.

Los datos disponibles son los siguientes:

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
01/01/75		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
02/01/75-18/02/75		Las correlaciones obtenidas nos han permitido ver que los datos son de mala calidad por lo que fueron borrados.
	19/02/75-10/04/75	Presenta una laguna de 2 meses, que no se rellenará debido a que la correlación no es buena.
11/04/75-04/08/75		Datos confiables, guardados.
	05/08/75-08/08/75	Presenta una laguna aproximadamente de 2 días que ha sido rellenada por interpolación.
08/08/75-30/12/77		Datos confiables, guardados.
	30/12/77-31/01/78	Presenta una laguna aproximadamente de 1 mes, que ha sido rellenada por correlaciones con la estación de Tumusla y ajustada con las cotas de los aforos.

01/02/78-04/03/76		Datos confiables, guardados.
	05/03/76-19/03/76	Las correlaciones nos permitieron averiguar que la calidad de los datos en esta periodo era mala por lo que decidimos remplazar los datos por la estimación obtenida con la estación de Tumusla.
20/03/76-30/11/79		Datos confiables, guardados.
	01/12/79-14/12/79	Cotas ajustadas siguiendo la forma de las cotas de los aforos.
15/12/79-09/02/81		Datos confiables, guardados.
	10/02/81-10/03/81	Presenta una laguna aproximadamente de 1 mes, que ha sido rellenada mediante correlaciones con la estación de Tumusla.
11/03/81-02/01/82		Datos confiables, guardados.
	03/01/82-17/01/82	Presenta una laguna aproximadamente de 15 días, que ha sido rellenada mediante correlaciones con la estación de Tumusla.
18/01/82-08/02/82		Datos confiables, guardados.
	09/02/82-04/03/82	Presenta una laguna aproximadamente de 1 mes, que ha sido rellenada mediante correlaciones con la estación de Tumusla.
05/03/82-10/03/82		Datos confiables, guardados.
11/03/82-31/03/82		Datos dudosos que han sido remplazados siguiendo la forma de las cotas aforadas de la estación de Salto León.
01/04/82-01/02/83		Datos dudosos (cotas negativas), guardado.
	02/02/83-28/02/83	Presenta una laguna aproximadamente de 1 mes, que ha sido rellenada mediante correlaciones con la estación de Tumusla y ajustada con las cotas de los aforos.
01/03/83-30/04/85		Datos confiables, guardados.
	01/05/85-03/08/85	Presenta una laguna aproximadamente de 4 meses, que ha sido rellenada mediante correlaciones con la estación de Tumusla.
04/08/85-01/09/85		Datos confiables, guardados. FINAL DE LAS LECTURAS DE COTAS

4.17.4 Aforos disponibles..

Aforos disponibles : 07/09/75-31/07/84

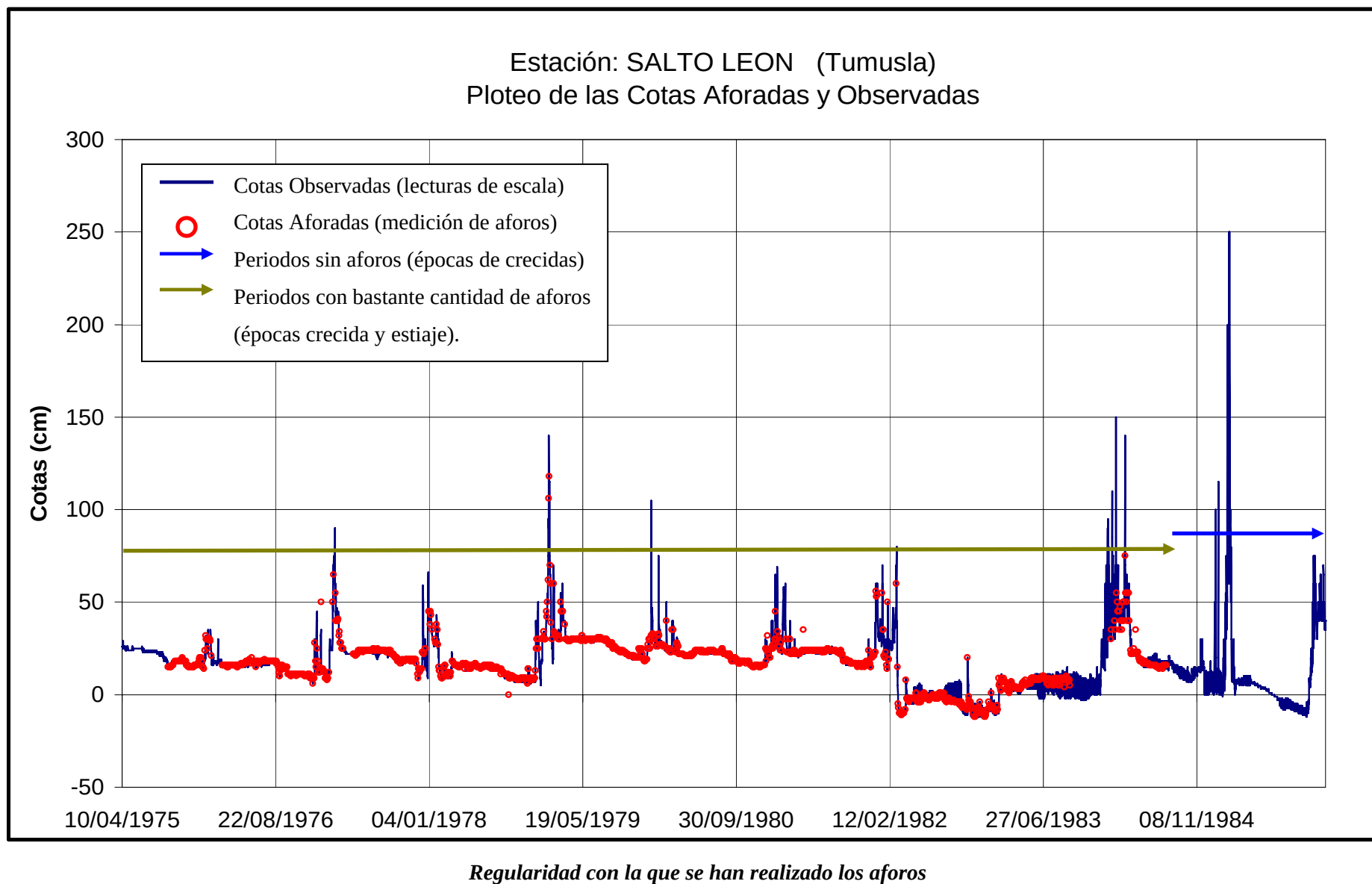
Calidad de los datos : buena calidad pero muy escasos y solo se tienen aforos hasta 180 m³/s.

Se identificaron que los aforos del periodo 07/09/75 hasta 31/12/80, eran demasiado altos, esto fue porque en todo este periodo de habían procesado mal los aforos (error explicados en el párrafo 3.4.2). Para estar seguros de calidad de los aforos se tuvo que volver a procesar toda la información corrigiendo los errores.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Buena cantidad de datos	Datos faltantes	Observaciones
07.Nov.75-25.Ene.76		Buena cantidad de datos
	Febrero.76	No hay aforos.
Marzo.76		Buena cantidad de datos
	Abril 76	No hay aforos.
May.76-Marzo.77		Buena cantidad de datos
	Abril.77	No hay aforos.
May.77-31.Julio.84		Buena cantidad de datos



4.17.5 Curvas de calibración.

Realización de la curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

En el gráfico de la página anterior se observa que existe una buena cantidad de aforos. Las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel, son las siguientes (los puntos son los aforos disponibles):

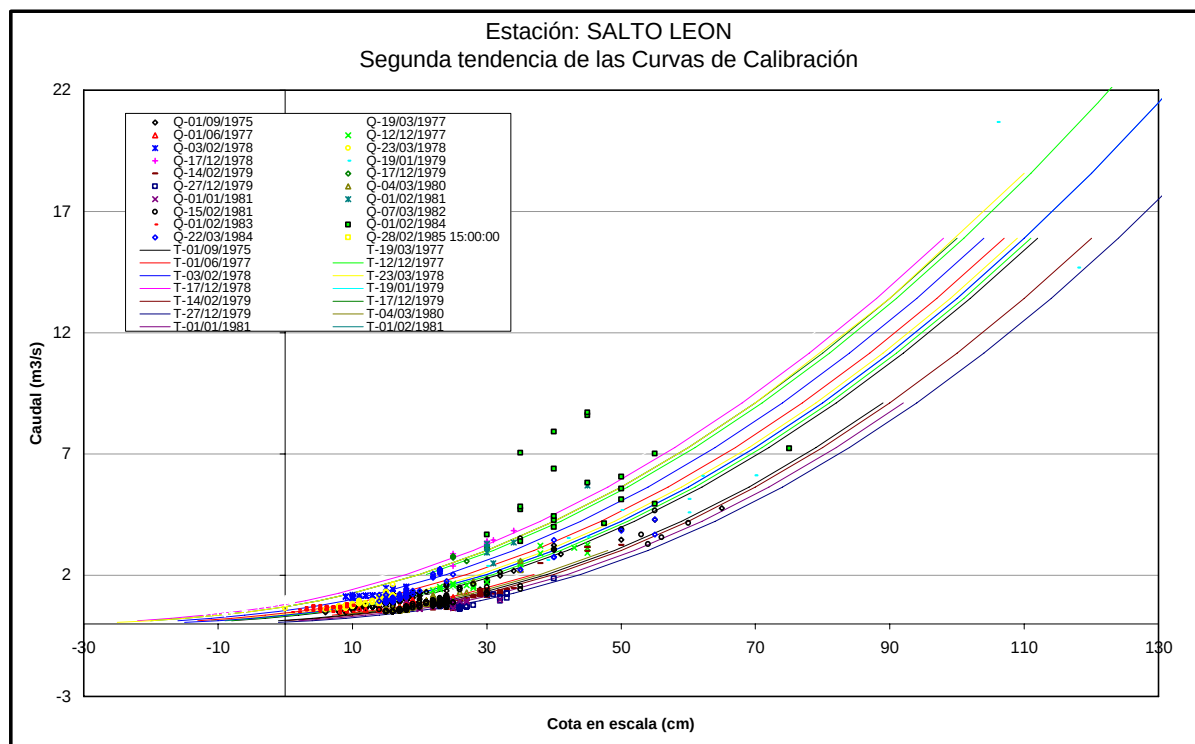


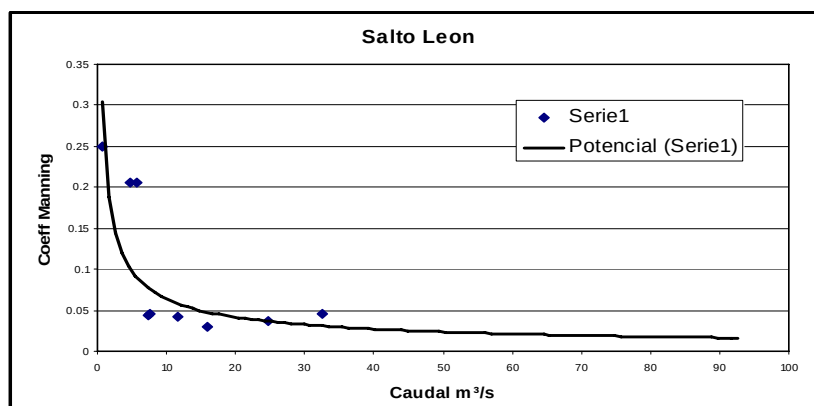
Gráfico de Curvas de calibración definidas a partir de los aforos ya corregidos.

Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

Los análisis por correlaciones con datos de caudales, muestran que los caudales para aguas bajas y altas presentan buena correspondencia con los caudales de sus estaciones vecinas. Esto se debe a buena calidad y cantidad de los aforos, por lo tanto las curvas de calibración se encuentran bien definidas, dada la buena estabilidad de la sección.

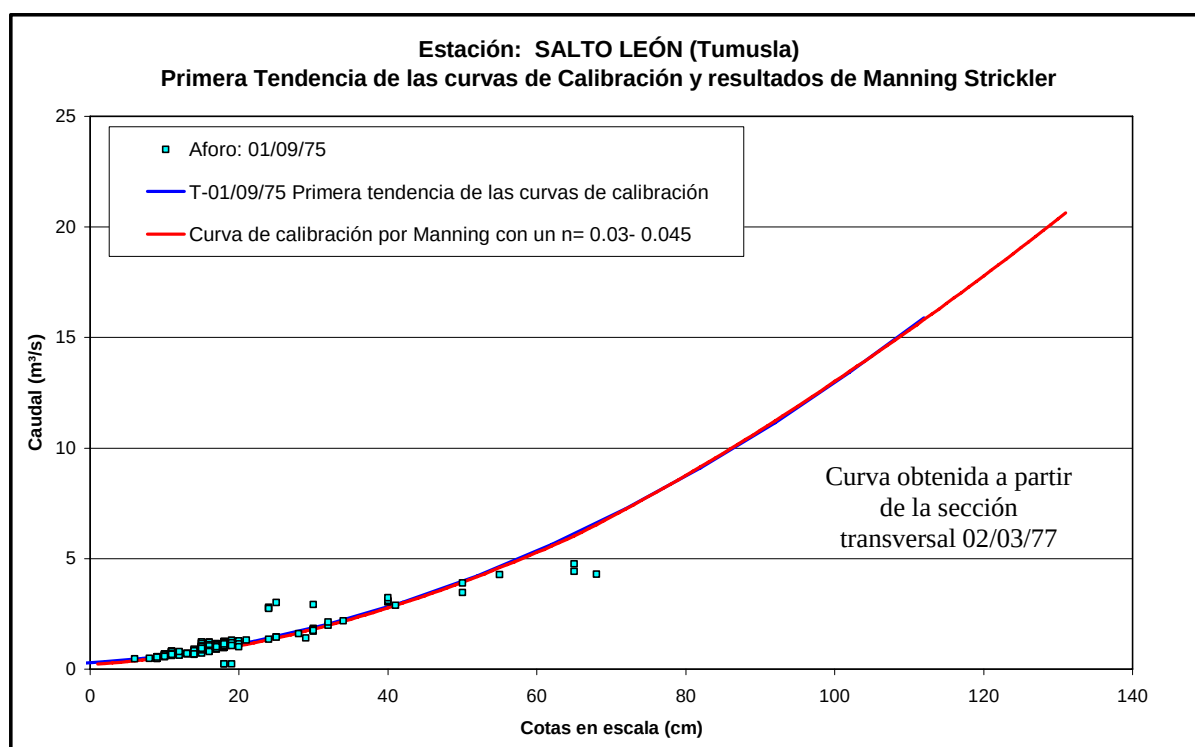
Ajuste con la formula de Manning :

El coeficiente de Manning fue estimado a partir de los aforos disponibles para aguas medias, considerando la pendiente mediana cerca de 0,87 %. La curva de tendencia del coeficiente de Manning en función del caudal está presentada en el gráfico abajo:



Entonces, para utilizar la fórmula de Manning para grandes caudales, utilizamos valores del coeficiente de Manning entre 0,03 y 0,045.

El gráfico siguiente presenta una de las primeras curvas de calibración dibujadas y la curva $h-Q_{\text{Manning}}$ obtenida para este rango de valores del coeficiente de Manning.



Primeras curvas de calibración y las curvas $h-Q$ por Manning obtenidas para el rango de valores $n= 0.03-0.045$

La sección utilizada para calcular la curva $h-Q_{\text{Manning}}$ es confiable para grandes y pequeños caudales. En el gráfico anterior se puede observar que la curva empírica obtenida para grandes caudales se ajustaban perfectamente a la curva obtenida con Manning 02/03/77 con un coeficiente de rugosidad variable entre 0.03 y 0.045, esta curva nos permite validar las curvas empíricas propuestas.

▪ **Validación de las Curvas Calibración mediante el Análisis de Consistencia.**

El análisis de consistencia de caudales nos permitió validar las curvas de calibración, identificándose 20 curvas de calibración, que pretenden considerar todas las des-calibraciones en la estación.

Las curvas de calibración definitivas figuran al final de la ficha de esta estación.

4.17.6 Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual.

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las últimas curvas de calibración y de las cotas observadas, a partir de septiembre del 1975.

La estación cuenta con una serie completa de caudales, por lo que no es necesario rellenar datos faltantes.

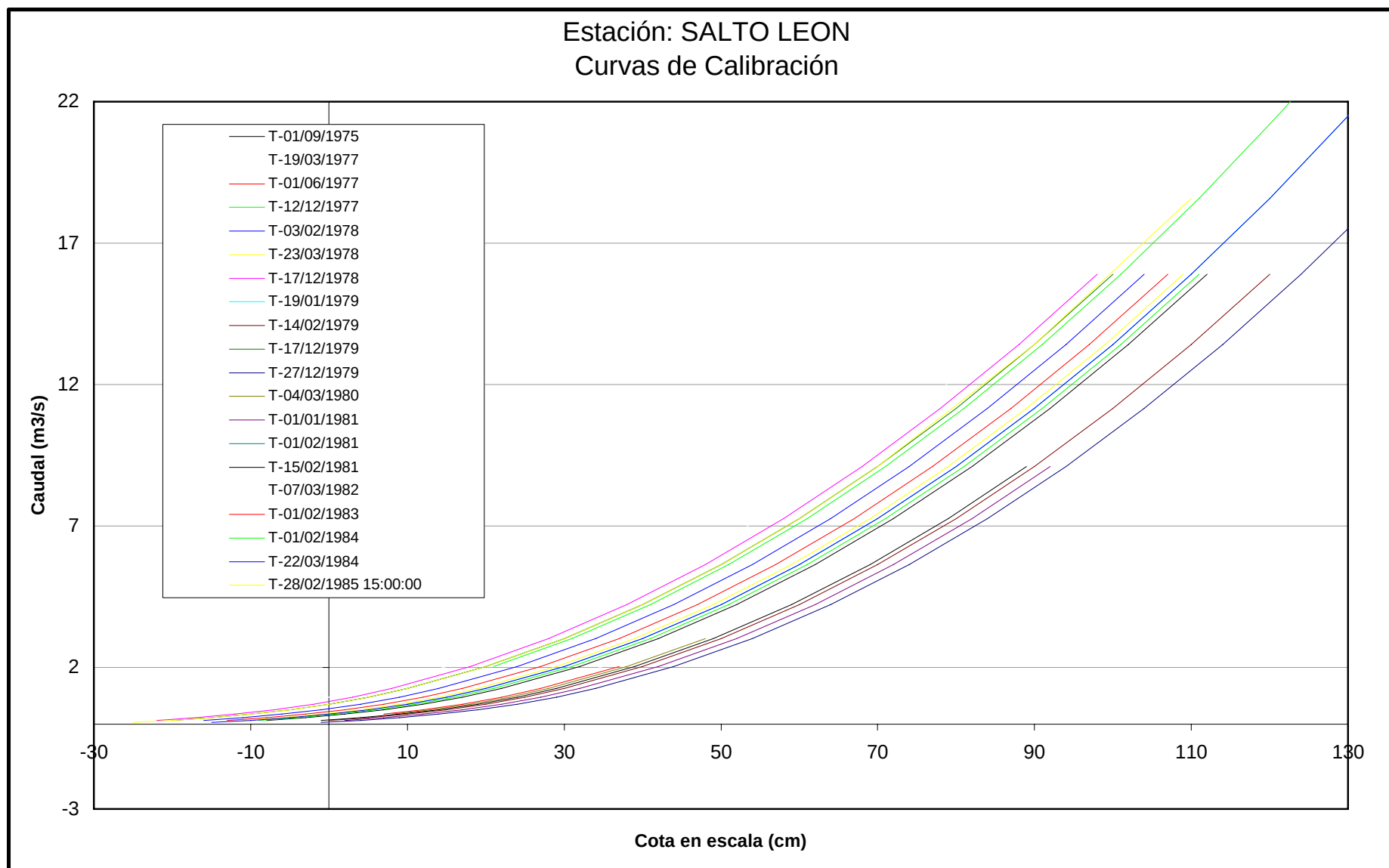
Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración ajustadas figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

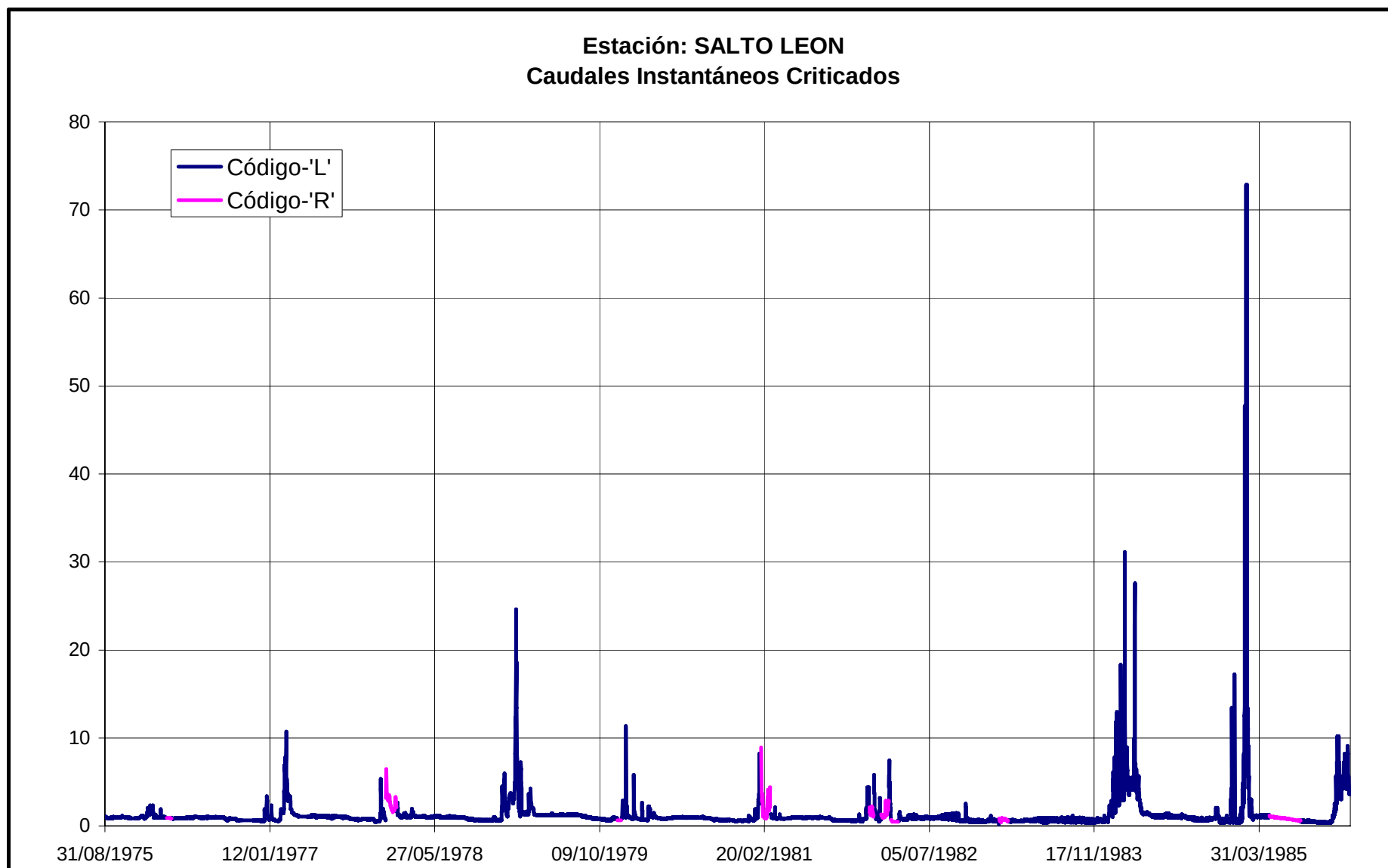
Conclusiones sobre la calidad de los datos:

Las correlaciones lineales nos han permitido ver la buena calidad de las lecturas de escala y de las lecturas de los aforos, también nos han permitido rellenar todas las lagunas de la serie de cotas, a partir de septiembre de 1975.

Las curvas de calibración se encuentran bien definidas por los aforos en todo su periodo. Entonces la estación cuenta con un periodo completo a partir de año hidrológico 76 hasta el año hidrológico 85.

La serie de caudales mensuales obtenida está completa de Sept. 75 hasta Dic. 1985 (10 años hidrológicos completos).





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la estación de Salto León

Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1975-1976	0.933	1.006	0.89	0.955	1.509	1.004	0.881	0.882	0.952	0.979	0.962	0.953	0.993
1976-1977	0.783	0.644	0.627	0.67	1.02	1.955	2.736	1.103	1.113	1.071	1.031	1.024	1.144
1977-1978	0.835	0.757	0.704	1.308	2.524	1.274	1.171	1.056	1.02	1.03	1.026	0.94	1.138
1978-1979	0.759	0.67	0.693	1.688	5.115	2.539	1.81	1.236	1.241	1.244	1.275	1.138	1.617
1979-1980	0.896	0.765	0.794	1.7	1.031	0.797	1.221	0.849	0.932	0.966	0.954	0.938	0.989
1980-1981	0.791	0.683	0.625	0.601	0.808	2.372	1.504	0.885	0.915	0.931	0.931	0.924	0.988
1981-1982	0.742	0.616	0.594	1.037	1.697	1.305	1.232	0.818	0.982	0.931	0.935	1.01	0.991
1982-1983	1	0.757	0.57	0.55	0.629	0.664	0.561	0.583	0.677	0.681	0.685	0.684	0.67
1983-1984	0.676	0.639	0.576	0.641	3.314	6.358	5.328	1.711	1.131	1.13	1.04	1.037	1.951
1984-1985	0.817	0.715	0.951	0.588	1.094	9.824	1.158	1.113	1.003	0.858	0.688	0.525	1.551
1985-1986	0.469	0.393	2.561	5									

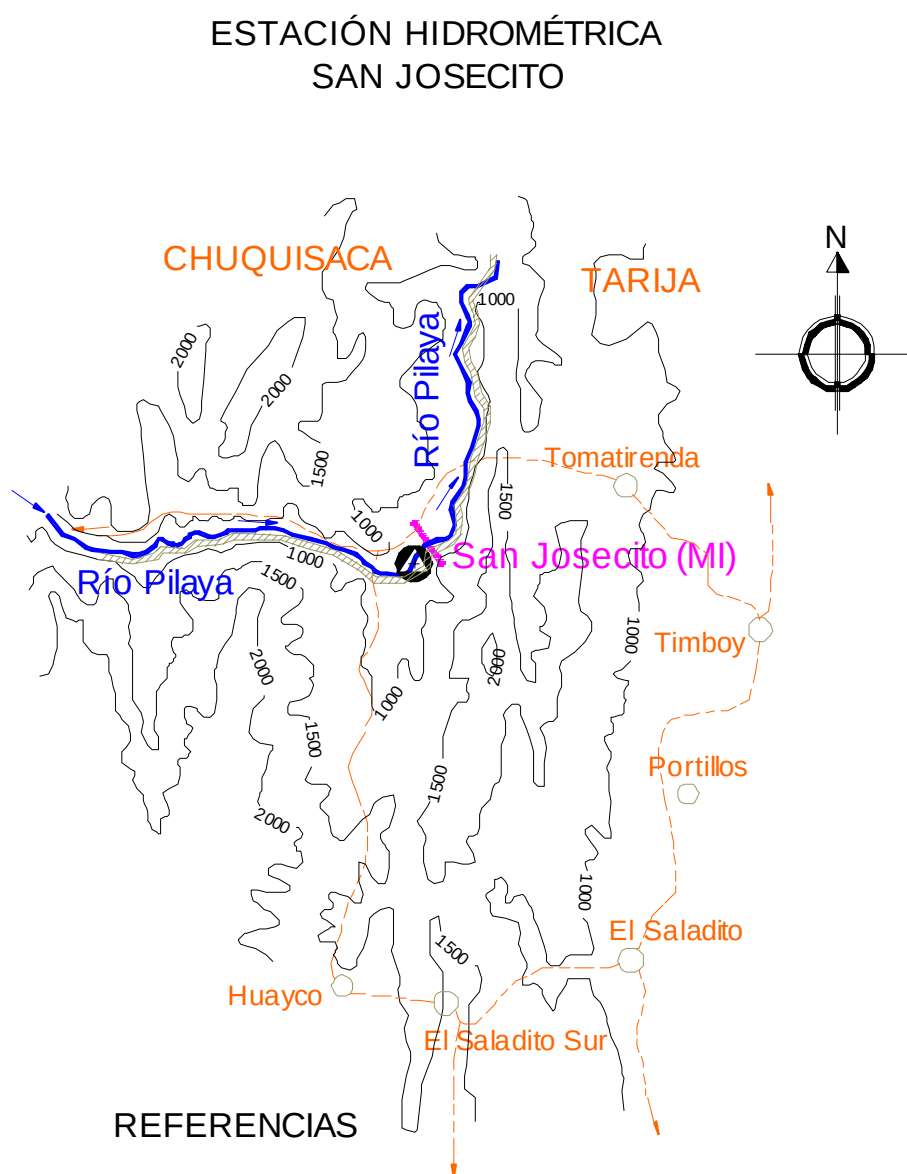
Nota: Los caudales en verde son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel instantáneo

4.18 San Josecito

4.18.1 Características generales

Estación	SAN JOSECITO	
Características hidrográficas	Río	Pilaya
	Cuenca	RíoPilcomayo
	Sub-cuenca	RíoCamblaya-Pilaya
	Área de la cuenca (km2)	51 465
Características geográficas	Latitud (decimales)	- 21,14742
	Longitud (decimales)	- 64,23472
	Altura (m.s.n.m.)	- 821
	País	Bolivia
	Departamento	Tarija
	Provincia	
Acceso	Carretera al Chaco entrada por el cruce Narváez, después a 41 km del cruce. Las escalas se encuentra 100m aguas arriba del puente en la orilla izquierda.	
Administrador	SENAMHI-Tarija	
Fecha de apertura	Octubre 1976	
Cierre / rehabilitación	Rehabilitada en 2005 por el Proyecto Pilcomayo	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 11/10/76-14/10/92	Cotas leídas en escalas limnimétricas.
	Aforos : 11/10/76-15/11/92	A vadeo y desde el puente (100m aguas debajo de las escalas) en aguas altas con molinete o flotador.
Informaciones complementarias disponibles	- Estación visitada por el Ing. Luis Noriega (SENAMHI La Paz) en Agosto 2004. - En los archivos se encontraron caudales medio diarios calculados para el periodo Feb83-Dic83.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



REFERENCIAS

- | | | | |
|--|---------------------------|--|-------------------|
| | Límite interdepartamental | | Estación de aforo |
| | Río | | Poblado |
| | Carretera | | Puente |

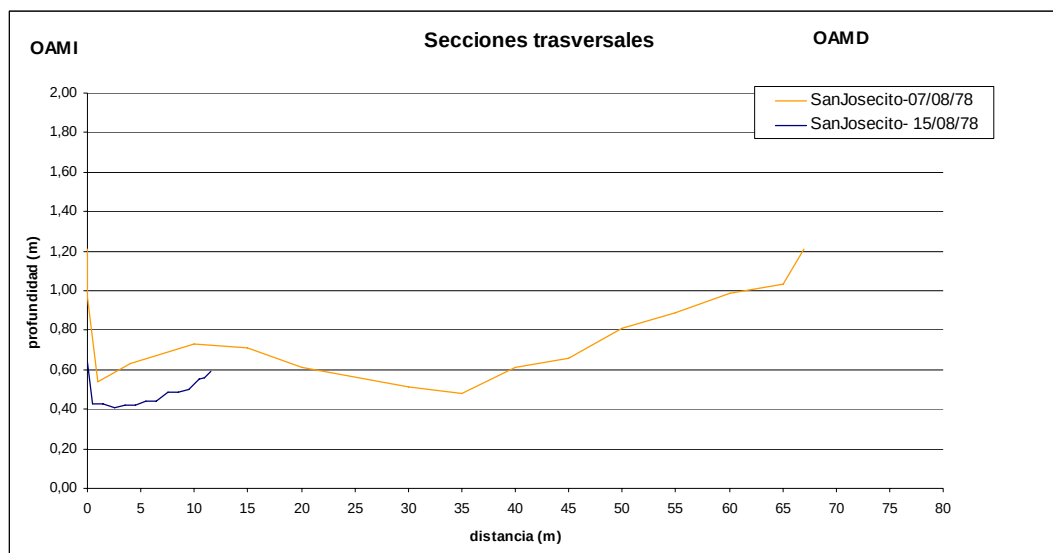
MI: Limnómetro ubicado en
Margen Izquierda



4.18.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ Batimetría disponible :

Se pudo elaborar solo 2 secciones a partir de los datos brutos de aforos para agosto 78. El gráfico siguiente muestra estos perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas).



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ Estabilidad de la sección

No se puede sacar muchas conclusiones a partir de las secciones transversales porque están muy escasas. Sin embargo, parece que la sección es bastante estable por el número no demasiado grande de curvas de calibración elaboradas con los aforos (ver §4.18.3.) sobre el periodo.

4.18.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

▪ Tratamiento de las lecturas de escala

Primera-última cota disponible: 11/10/76-14/10/92

Porcentaje de lagunas : 15 %

Calidad general de los datos : Buena

Tratamiento de los datos : Análisis de Correlaciones Lineales y Análisis de Consistencia.

Para la estación San Josecito se tienen datos bastante buenos, en algunos periodos dudosos y con una cantidad considerable de lagunas.

Para corregir y/o rellenar las cotas disponibles, se utilizaron como estaciones estimadoras (correlaciones) las siguientes :

- Villamontes
- Chilcara

Las correlaciones obtenidas a partir de estas estaciones son muy buenas. Las correlaciones con la estación Chilcara dan mejores resultados debido a que estas dos estaciones están sobre el mismo río y que no hay muchos aportes entre ellas. Sin embargo, las correlaciones con Villamontes eran muchas veces de buena calidad excepto cuando había crecidas viniendo del Pilcomayo únicamente. Por eso se pudieron rellenar bastantes lagunas a partir de estas dos estaciones.

Los datos disponibles fueron tratados de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Datos remplazados	Análisis y tratamiento
11/10/76			INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
11/10/76-6/02/78			Datos confiables, guardados
	7/02/78-11/02/78		Lagunas de algunos días que pudieron ser rellenadas por interpolación.
12/02/78-03/04/79			Datos confiables, guardados
04/04/79-22/05/79			Datos remplazados por correlaciones con la estación Chilcara.
23/05/79-11/02/84			Datos confiables, guardados
12/02/84-28/02/84			Datos dudosos, que fueron ajustados siguiendo la forma de las cotas de los aforos.
01/03/84-31/03/84			Datos confiables, guardados
	1/04/84-03/08/84		Laguna rellenada por correlaciones con la estación Chilcara.
04/08/84-26/09/84			Datos confiables, guardados
27/09/84-04/02/85			Datos dudosos, guardados
5/02/85-14/02/85			Datos confiables, guardados
15/02/85-18/02/85			Datos dudosos, que fueron ajustados siguiendo la forma de las cotas de los aforos.
19/02/85-30/12/85			Datos confiables, guardados
	31/12/85-30/11/86		Laguna rellenada por correlaciones con la estación Villamontes.
	31/11/86-01/12/86		No se relleno.
02/12/86-30/12/87			Datos confiables, guardados
	31/12/87-1/05/90		No se relleno
02/05/90-08/11/90			Datos confiables, guardados
	9/11/90-9/08/91		No se relleno.
10/08/91- 20/12/91			Datos confiables, guardados
	21/12/91-02/04/92		No se relleno

4.18.4 Aforos disponibles.

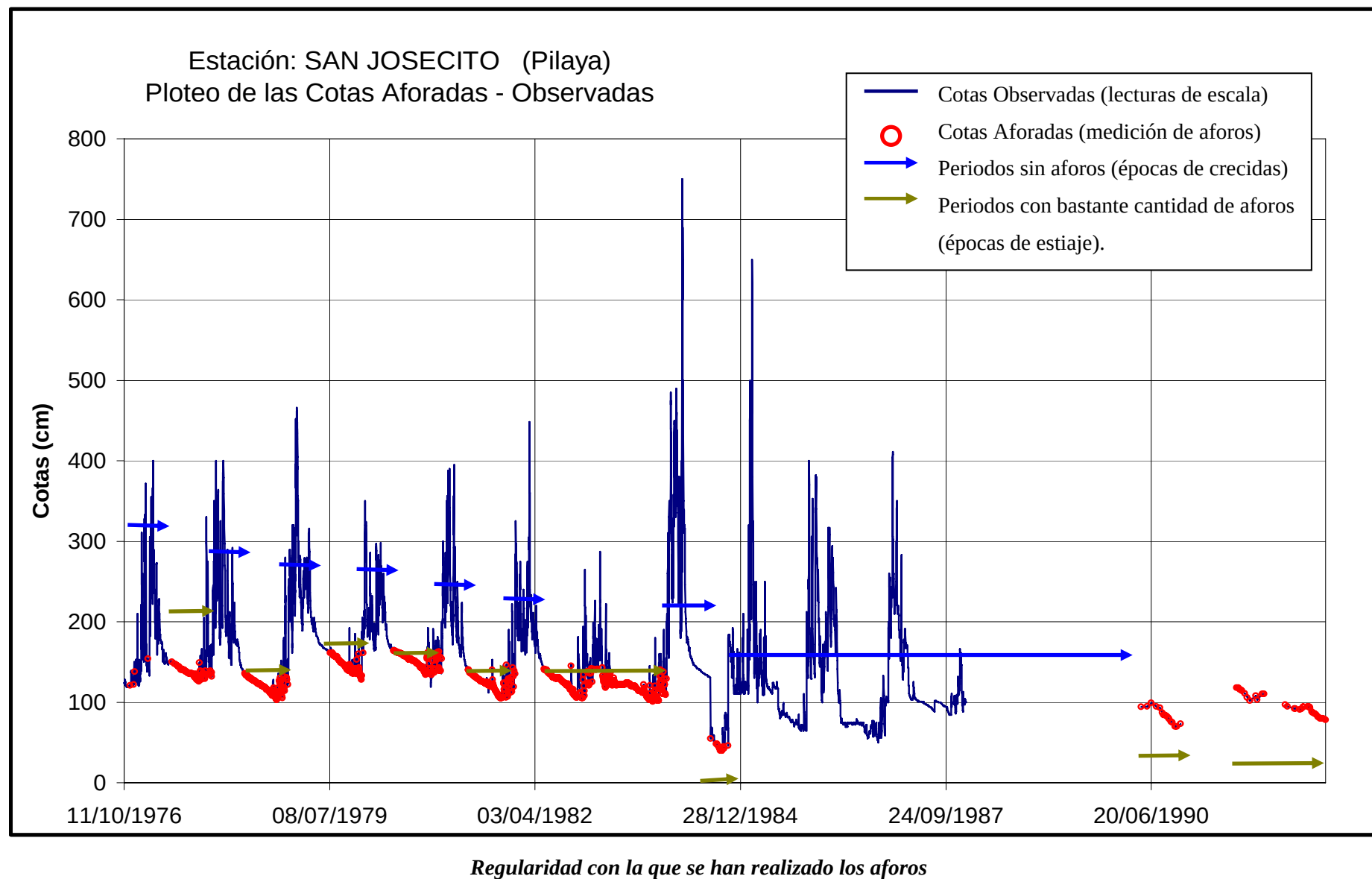
Aforos disponibles : 11/10/76-15/11/92

Calidad de los datos : muy buena calidad pero no se tiene aforos para las medias y grandes crecidas, es decir para más que 50 m³/s.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene :

Buena cantidad de datos	Datos faltantes	Observaciones
Oct.76-Ene.78		Buena cantidad
	Ene.78-Jul.79	No hay aforos
Ago.79-Dic.79		Buena cantidad
	Ene.79-May.80	No hay aforos
Jun.80-Dic.80		Buena cantidad
	Ene.81-May81	No hay aforos
Jun.81-Dic.81		Buena cantidad
	Ene.82-May82	No hay aforos
Jun.82-Dic.83		Buena cantidad
	Ene.84-Jul.84	No hay aforos
Ago.84-Sep.84		Buena cantidad
	Oct.84-May.90	No hay aforos
Jun.90-Oct.90		Buena cantidad
	Nov.90-Jul.91	No hay aforos
Ago.91-Dic.91		Buena cantidad
	Ene.92-Abr.92	No hay aforos
May.92-Nov.92		Buena cantidad

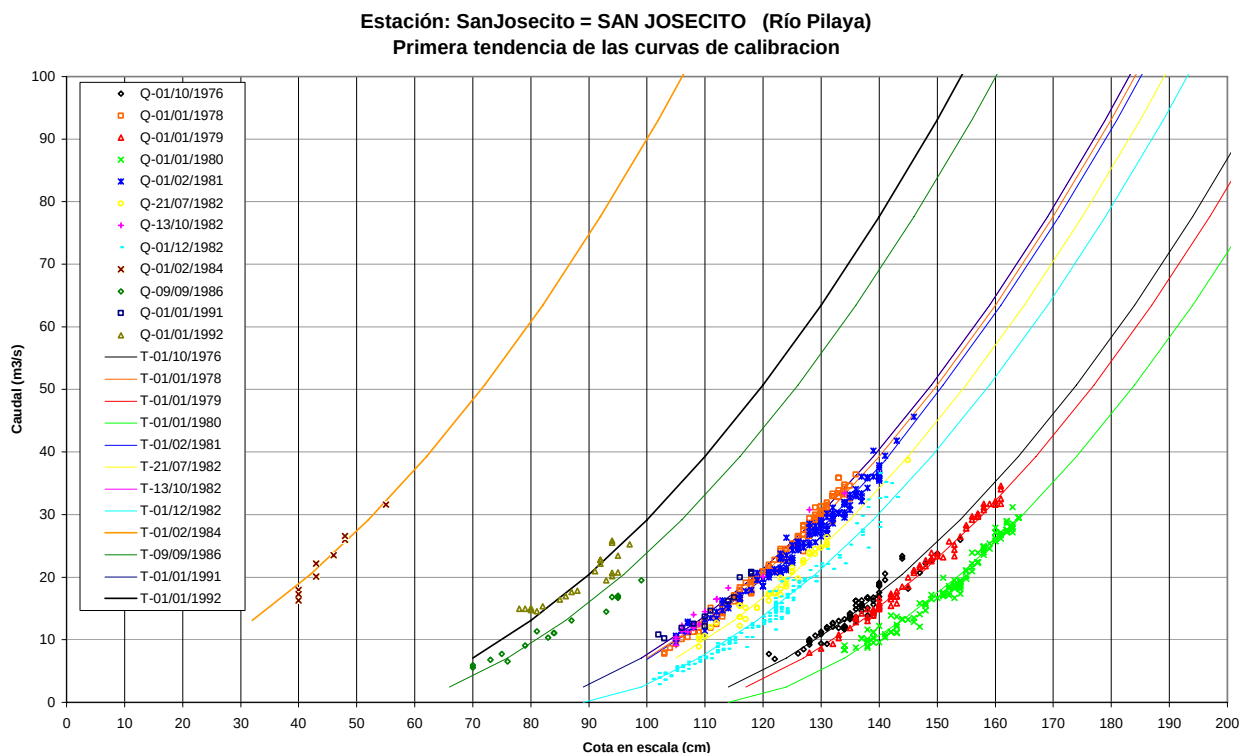


4.18.5 Curvas de calibración.

Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

El gráfico de la página anterior muestra claramente que la estación, presenta bastante cantidad de aforos para épocas de estiaje, y no así para épocas de crecidas. A pesar de esto se han construido, las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel a partir de las series de aforos, eran las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) :



Primera tendencia de las curvas de calibración

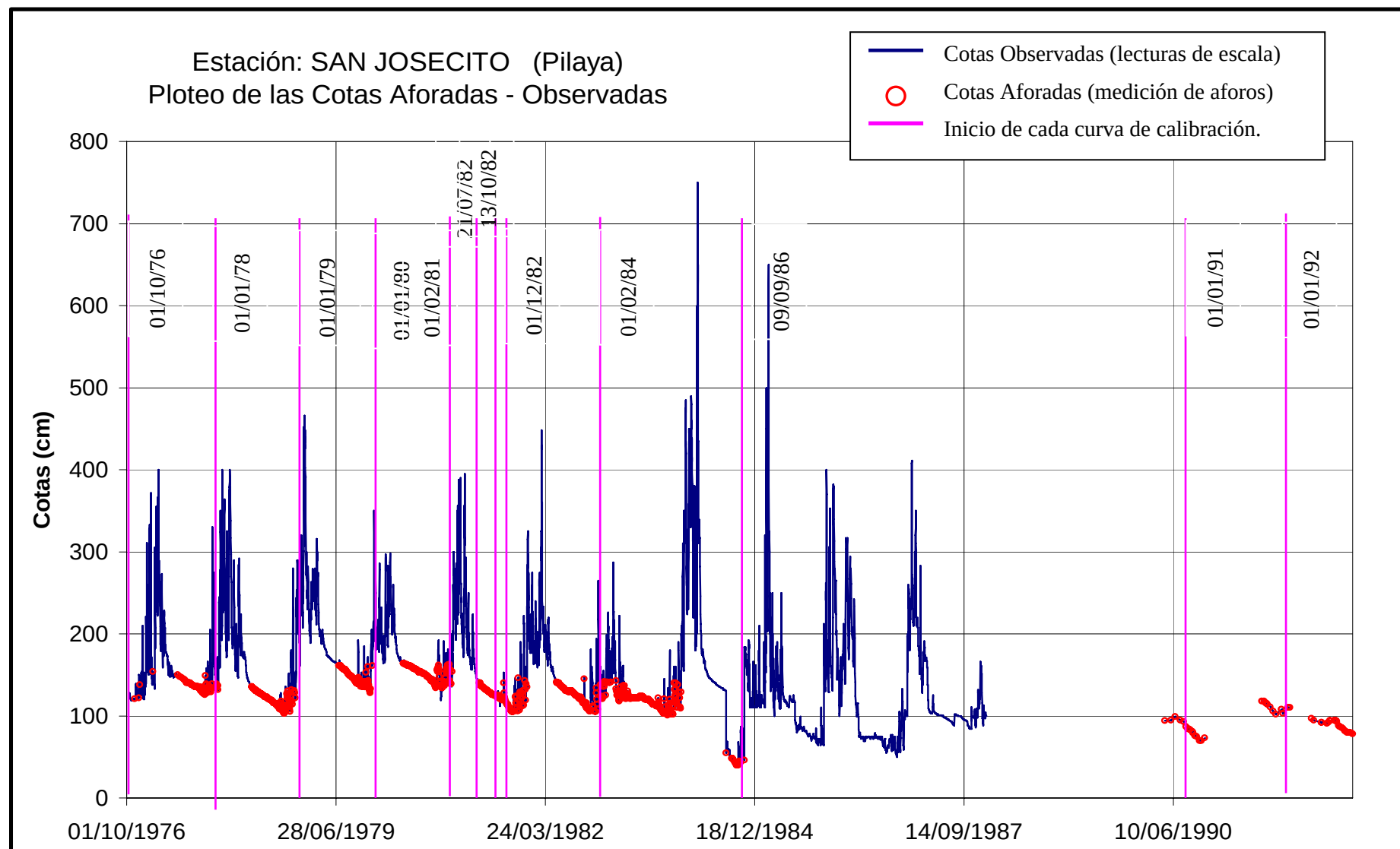
Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

Los caudales de San Josecito tenían buena correlación con los caudales de Villamontes y Chilcara. Sin embargo, los análisis de comparación de los caudales obtenidos con estas curvas mostraban que los caudales de grandes crecidas eran demasiado altos y que los caudales de crecidas medias eran demasiado bajos. Entonces, había que bajar las curvas para grandes caudales y subir las curvas para caudales medios.

Ajuste con la formula de Manning :

Lamentablemente, no se tenía bastante secciones para poder aplicar la formula de Manning. Entonces, el ajuste de las curvas se hizo a partir de eventos particulares de grandes crecidas con los caudales ajustados de Villamontes menos Viña Quemada y con los caudales de Chilcara.

El gráfico siguiente nos permitirá visualizar de una mejor manera la frecuencia de las des-calibraciones en la estación.



Primera identificación de las des-calibraciones

▪ **Validación de las Curvas Calibración mediante el Análisis de Consistencia.**

El análisis de consistencia de caudales nos permitió identificar algunas incoherencias en las curvas de calibración definidas inicialmente como ser:

- La fecha de las curvas de calibración no eran correctas, por lo que las ajustamos.
- Las curvas de calibración no tomaban en cuenta varias des-calibraciones en la estación, así que es necesario construir más curvas de calibración que tomen en cuenta todas las des-calibraciones.

La estación de San Josecito no presenta aforos en épocas de crecidas, entonces para elaborar curvas de calibración (no hay aforos-crecidas), es necesario calibrar la estación en función de la estación Chilcara que se encuentra aguas arriba, además la estación presenta bastante cantidad de aforos, y por lo tanto buena calidad de caudales. El análisis de consistencia y el análisis de correlaciones nos han permitido validar las fechas ajustadas de las curvas de calibración y las nuevas curvas de calibración.

Entonces contamos **con 19 curvas de calibración** que pretenden considerar todas las des-calibraciones en la estación.

Las curvas de calibración definitivas se presentan al final de esta ficha.

4.18.6 Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual.

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las curvas de calibración y de las cotas observadas.

Una vez concluido el análisis de consistencia, se realizó el relleno de caudales a nivel mensual utilizando las correlaciones lineales simples. La estación de San Josecito, presenta cuatro lagunas que no pudieron ser rellenadas, por falta de estaciones estimadoras, pero pudimos rellenar los meses de Septiembre y Octubre del 1976, con el fin de tener completo todo el año hidrológico de 1977.

Entonces para rellenar estos dos meses utilizamos como estación estimadora Chilcara. Las correlaciones obtenidas era bastante buena, debido a que se encuentra sobre el mismo río y el aporte de sus afluentes es pequeño entre estas dos estaciones. Por lo tanto, la estimación obtenida se utilizó para rellenar los meses de Septiembre y Octubre del 1976.

El análisis de consistencia a nivel mensual sirvió para validar el relleno realizado a nivel mensual, ya que el índice de la estación de San Josecito presentaba el mismo comportamiento que el de sus estaciones vecinas.

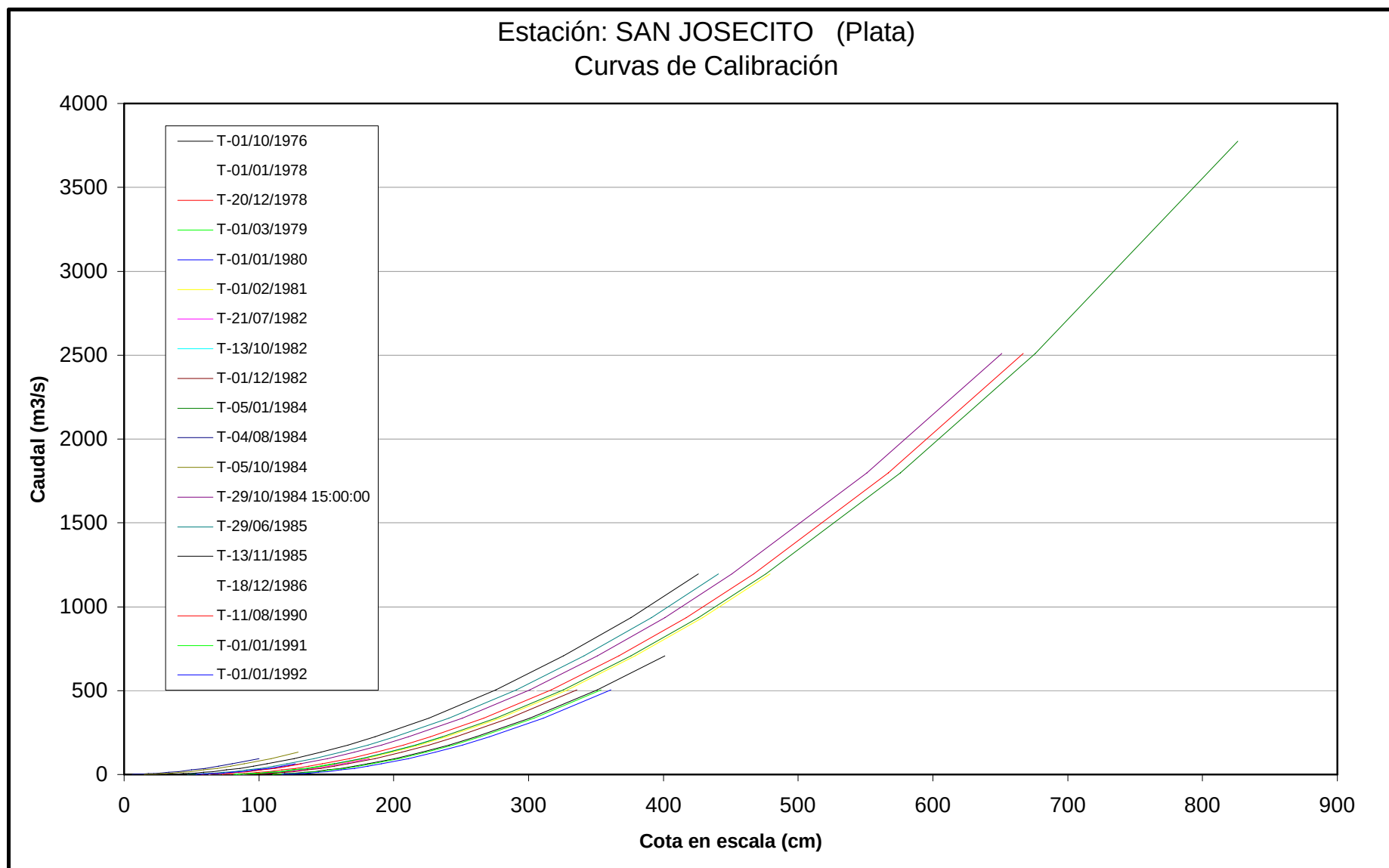
Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

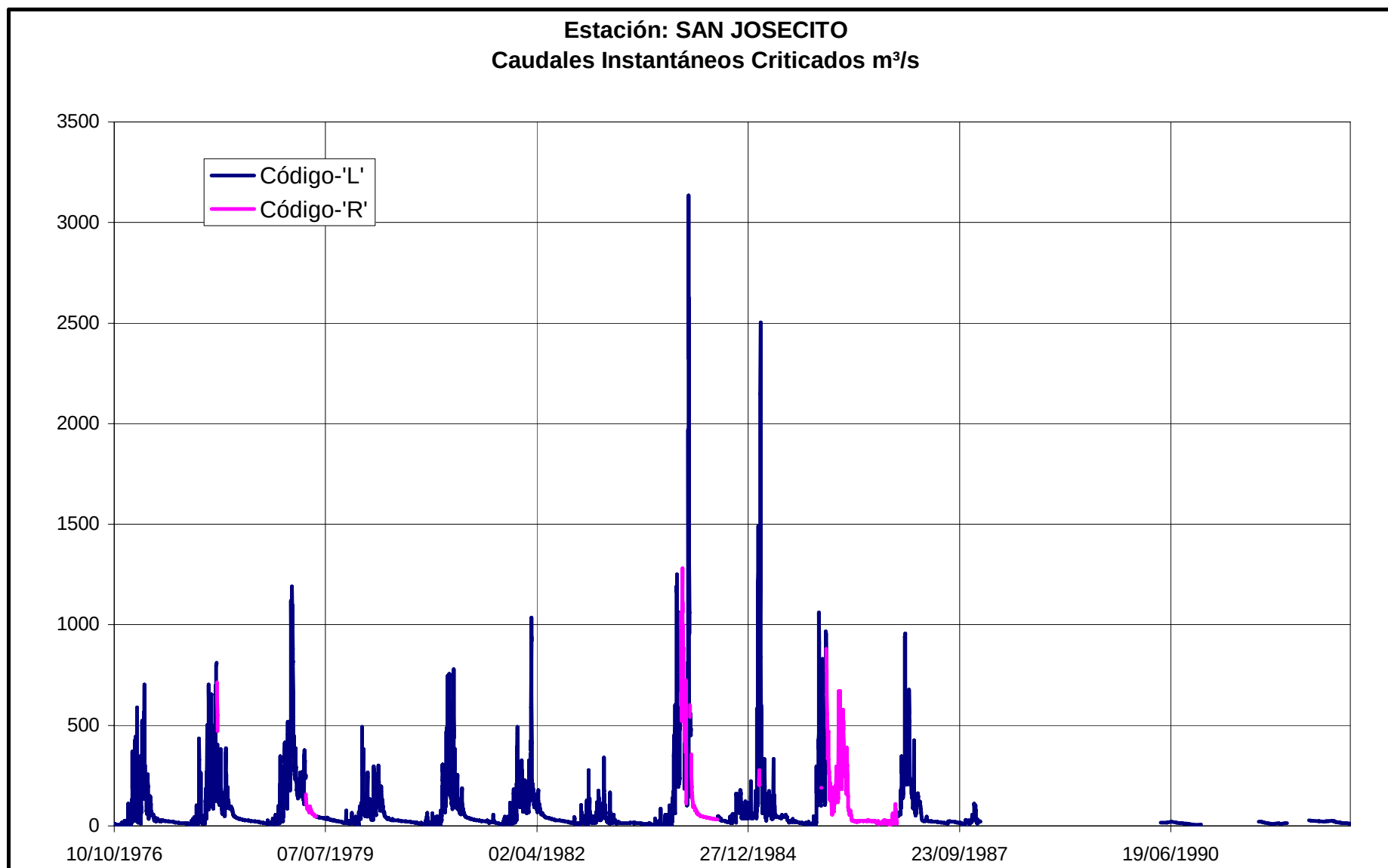
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Las correlaciones obtenidas a partir de sus estaciones vecinas, nos permitieron ver la buena calidad de los datos de cotas para la estación San Josecito, también se pudo rellenar algunas lagunas, en la estación.

Las curvas de calibración son muy confiables para caudales bajos. Para caudales medios y altos, se pudieron construir aunque no se tenían datos de aforos. Entonces, las series de caudales obtenidos son bastante confiables, pero deberán ser validados por aforos que se realicen en lo posterior.

La serie de caudales mensuales está completa de Sept. 1976 hasta Nov. 1988. Después se cuenta con caudales mensuales sin continuidad entre Junio 1990 y Sept. 1992.





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la estación de San Josecito

Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1976-1977	17.06	16.34	8.87	15.29	96.59	169.4	153.6	44.41	26.6	23.37	19.06	14.94	49.78
1977-1978	12.06	15.58	55.89	118.1	248.5	340	126.7	83.4	38.65	29.86	24.68	20.54	91.32
1978-1979	15.35	13.18	22.93	133.5	440.6	309.2	202.8	107.6	52.68	40.23	34.43	27.03	115.8
1979-1980	19.9	16.36	19.72	97.4	106.1	76.21	136.6	51.76	30.31	26.29	22.25	18.92	51.93
1980-1981	13.99	15.28	13.07	19.41	141.1	264.7	202	77.39	37.56	29.33	24.34	21.14	70.44
1981-1982	19.17	11.18	24.12	79.16	148.9	120.4	224.7	84.82	42.4	32.66	27.25	21.17	69.57
1983-1984	16.62	14.61	23.96	42.92	53.38	65.9	27.73	18.25	14.94	15.64	14.16	10.79	26.34
1984-1985	8.6	6.5	10.66	18.73	376.7	663.3	641	110.5	50.97	40.97	34.59	33.13	164.9
1985-1986	20.92	47.24	103.8	43.6	56.36	551.5	107.6	82.64	44.85	46.35	22.46	18.35	92.08
1986-1987	13.24	9.82	172.5	321.9	267.6	204	385.9	137.9	24.34	24.81	25.28	21.75	134
1987-1988	16.56	15.93	35.74	122.4	366.5	136.9	96.43	26.21	21.85	18.87	14.75	21.12	74.47
1988-1989	16.98	14.13	27.9										
1989-1990										18.45	16.45	13.12	
1990-1991	8.9	5.16											
1991-1992	15.04	10.13	11.31						22.56	22.27	24.3	18.28	
1992-1993	13.47												

Nota: Los caudales en verde son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel instantáneo

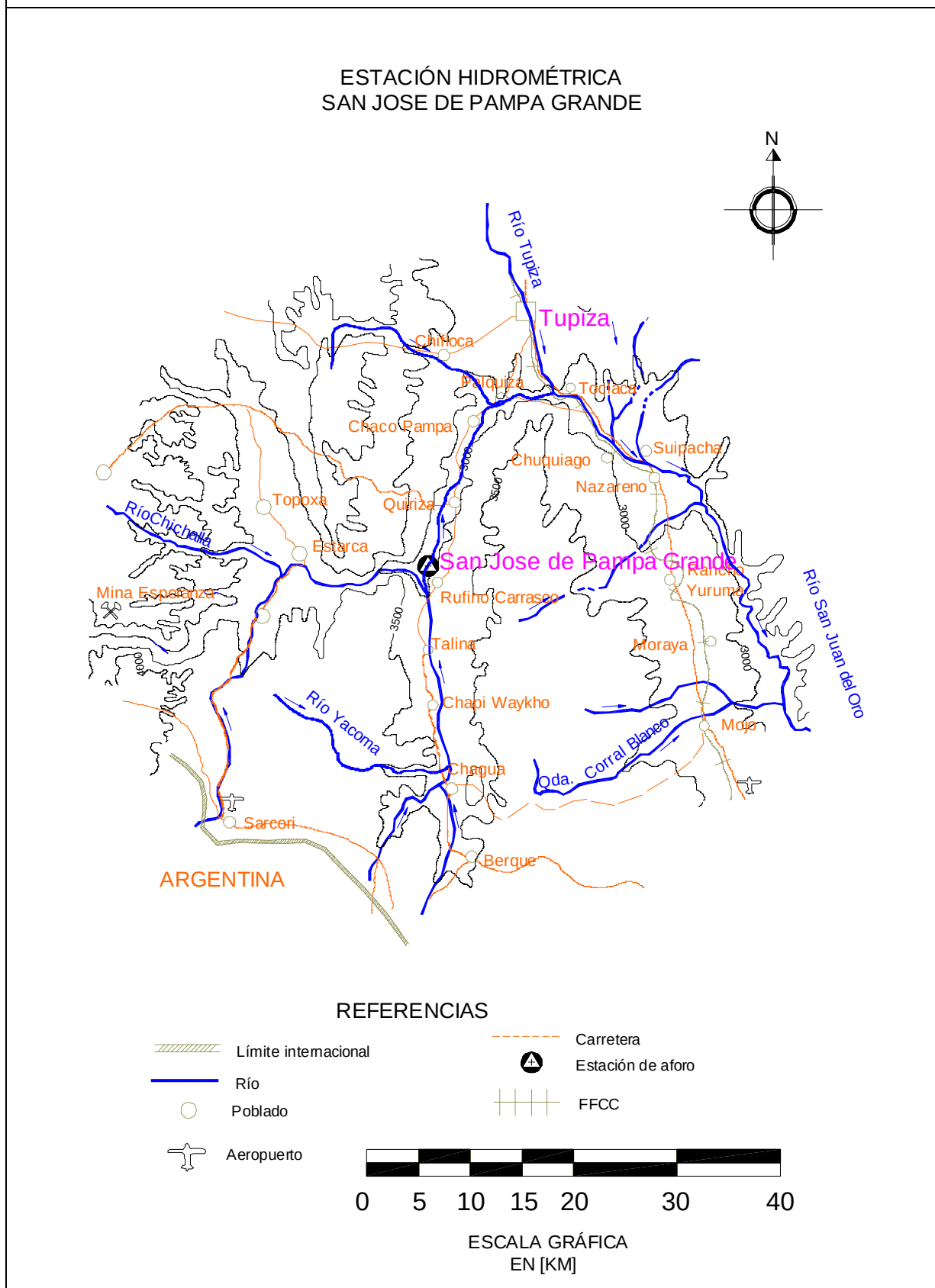
Los caudales en amarillo son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel mensual

4.19 San José de Pampa Grande

4.19.1 Características generales

Estación	SAN JOSE DE PAMPA GRANDE	
Características hidrográficas	Río	San Juan del Oro
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río San Juan del Oro
	Área de la cuenca (km2)	?
Características geográficas	Latitud (decimales) Fuente de inf.: Mapa Esc.: 1:25000 – 1:50000	- 21,14742
	Longitud (decimales) Fuente de inf.: Mapa Esc.: 1:25000 – 1:50000	- 64,23472
	Altura (m.s.n.m.)	No se cuenta con información.
	País	Bolivia
	Departamento	Potosí
	Provincia	Sud Chichas
Acceso	No se tiene la ubicación exacta.	
Administrador	SENAMHI-POTOSÍ	
Fecha de apertura	Marzo 1964	
Cierre /rehabilitación	En Julio 1975	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 09/03/64-01/07/65	Cotas leídas en escalas limnimétricas.
	Aforos : 09/03/64-31/12/80	Aforos.
Informaciones complementarias disponibles	- Actualmente no ha sido visitada. - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



4.19.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ **Batimetría disponible :**

No se pudo elaborar los perfiles transversales porque no disponíamos de los datos en papel de los aforos.

▪ **Estabilidad de la sección**

No se tiene información.

4.19.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 09/03/64-01/07/65

Porcentaje de lagunas : 48 %

Calidad general de los datos : Desconocida.

Tratamiento de los datos :

Para la estación San José de Pampa Grande se tienen datos muy antiguos y con una cantidad significativa de lagunas.

La estación San José de Pampa Grande (San Juan del Oro) presenta datos muy antiguos con periodos no comunes con sus estaciones vecinas (que podrían servir como estimadoras), por lo tanto es imposible realizar las correlaciones. Entonces se considera la calidad de los datos como desconocida.

Los datos disponibles son los siguientes :

Cotas disponibles	Lagunas	Datos remplazados	Análisis y tratamiento
09/03/64-01/07/65			Datos dudosos, guardados .

4.19.4 Aforos disponibles.

Aforos disponibles: 09/03/64-31/12/80

Calidad de los datos: Indeterminada

Cantidad de datos :

Buena cantidad de datos	Datos faltantes	Observaciones
9.Marzo.64-31.Dic.80		Buena cantidad

4.19.5 Curvas de calibración.

- **Realización de la curvas de calibración (ver 3.4.3)**

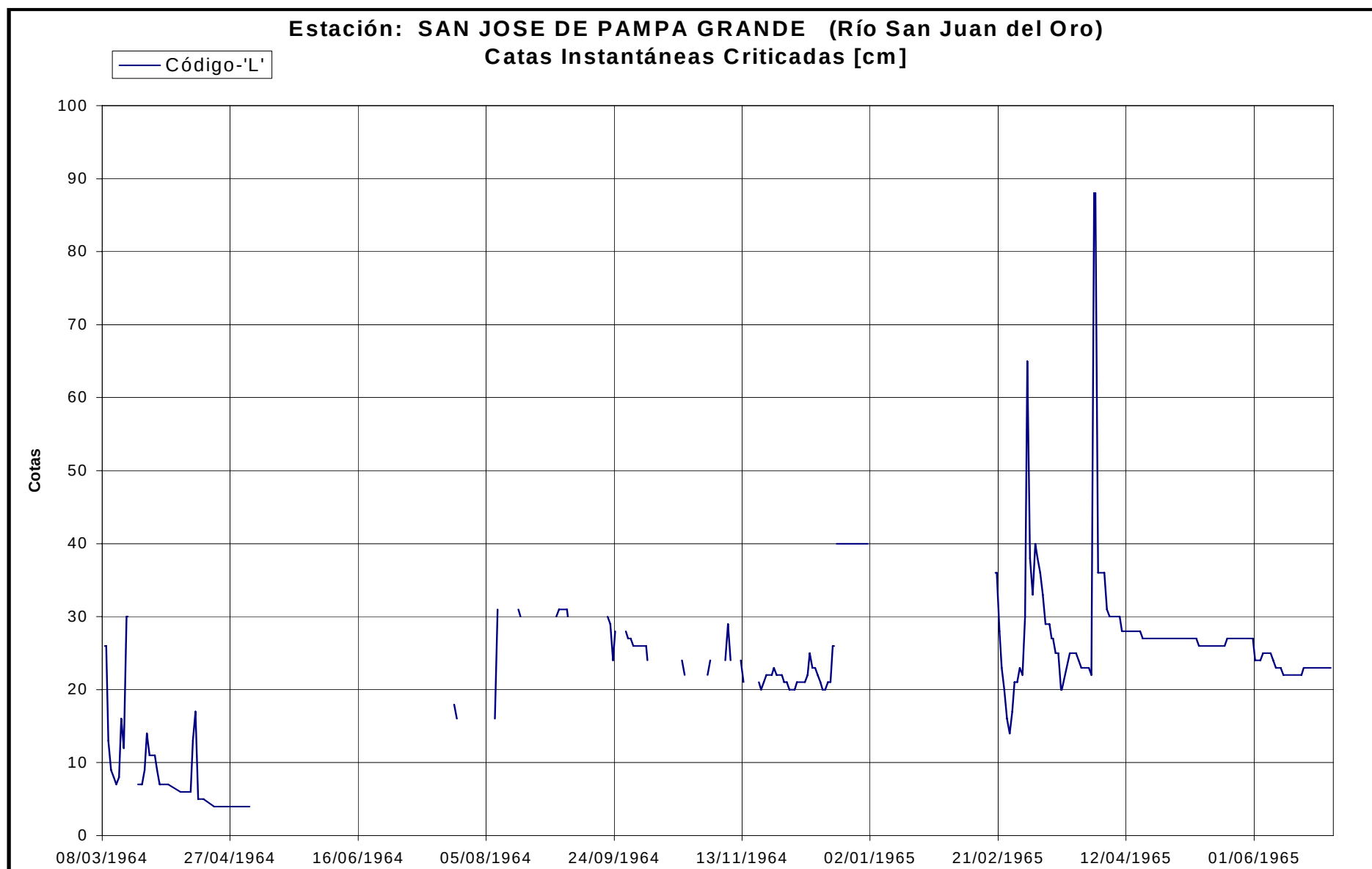
Primeras curvas de tendencia de los aforos :

Se tiene bastante información de aforos, para los cuales no se realizaron sus curvas de calibración debido a que el periodo de los datos de cotas abarcan solamente 2 años desde 64 al 65, para las cuales solamente se podrá disponer de caudales. Como es un periodo muy antiguo no se podrá asegurar la confiabilidad de los caudales. Es por este motivo que no realizamos las curvas de calibración para esta estación.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

La calidad de los datos de cotas para San José de Pampa Grande es desconocida debido a que no tiene un periodo común con sus estaciones vecinas, entonces es difícil asegurar la confiabilidad de los datos.

Aunque contamos con bastante información sobre datos de aforos, es imposible obtener caudales en este periodo, ya que no se cuenta con datos de cotas.

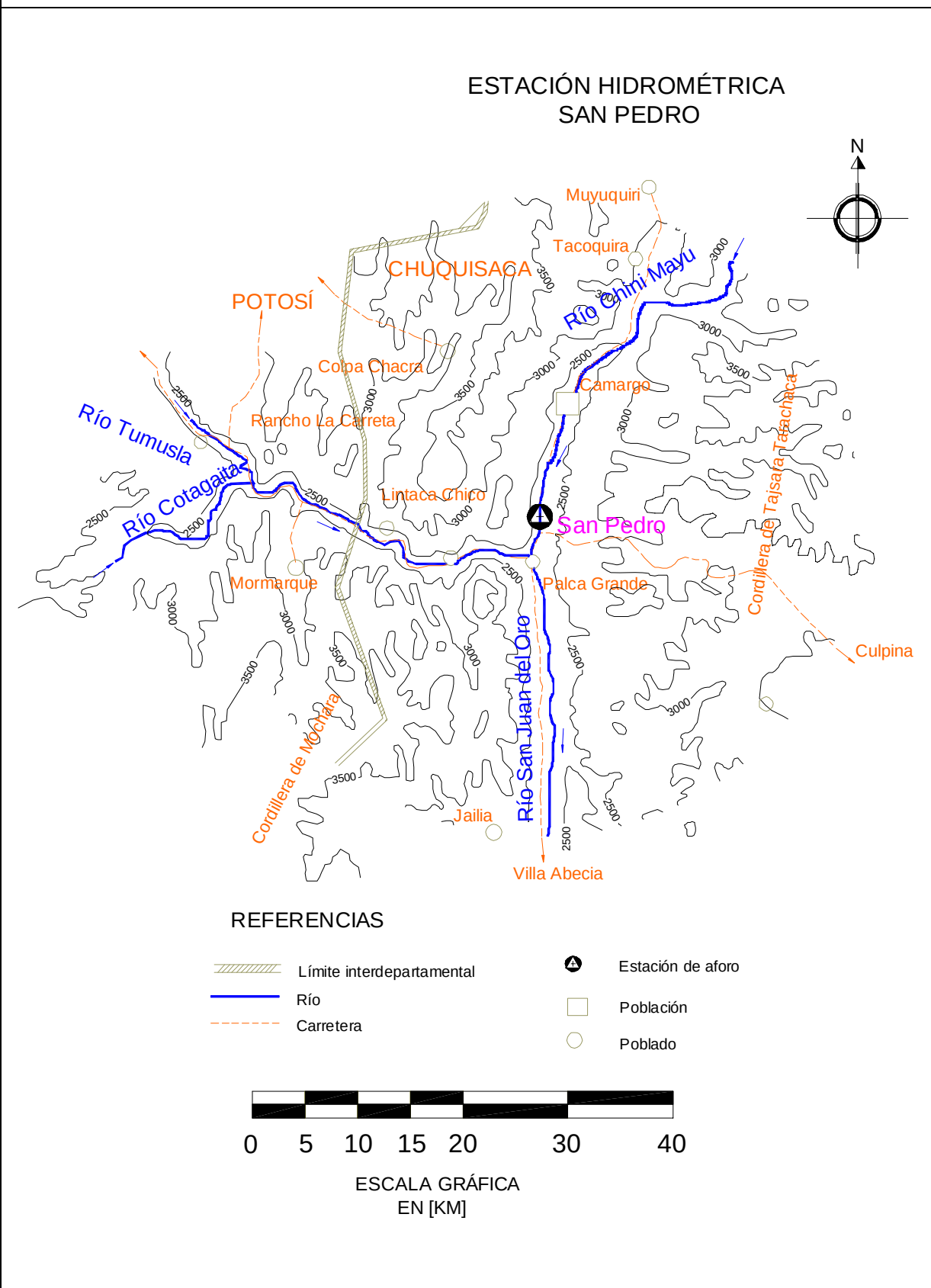


4.20 San Pedro

4.20.1 Características generales

Estación	SAN PEDRO	
Características hidrográficas	Río	Río Chico de Camargo
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Tumusla
	Área de la cuenca (km2)	?
Características geográficas	Latitud (decimales) Fuente de inf.: Archivos del SENAMHI La Paz	-20.7217
	Longitud (decimales) Fuente de inf.: Archivos del SENAMHI La Paz	-65.2292
	Altura (m.s.n.m.) Fuente de inf.: Archivos del SENAMHI La Paz	2338
	País	Bolivia
	Departamento	Chuquisaca
	Provincia	Nor Cinti
Acceso	?	
Administrador	SENAMHI-Chuquisaca	
Fecha de apertura	Octubre de 1973	
Cierre /rehabilitación	Cerrada en Mayo 1979.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 01/10/73-30/09/90	Cotas leídas en una escala limnimétrica de madera de 5 m.
	Aforos : 01/06/65-25/05/79	A vadeo en estiaje, con molinete de marca OTT .
Informaciones complementarias disponibles	- Actualmente no ha sido visitada. - Se encontraron caudales calculados 64 - 66 en los archivos de la estación. - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)

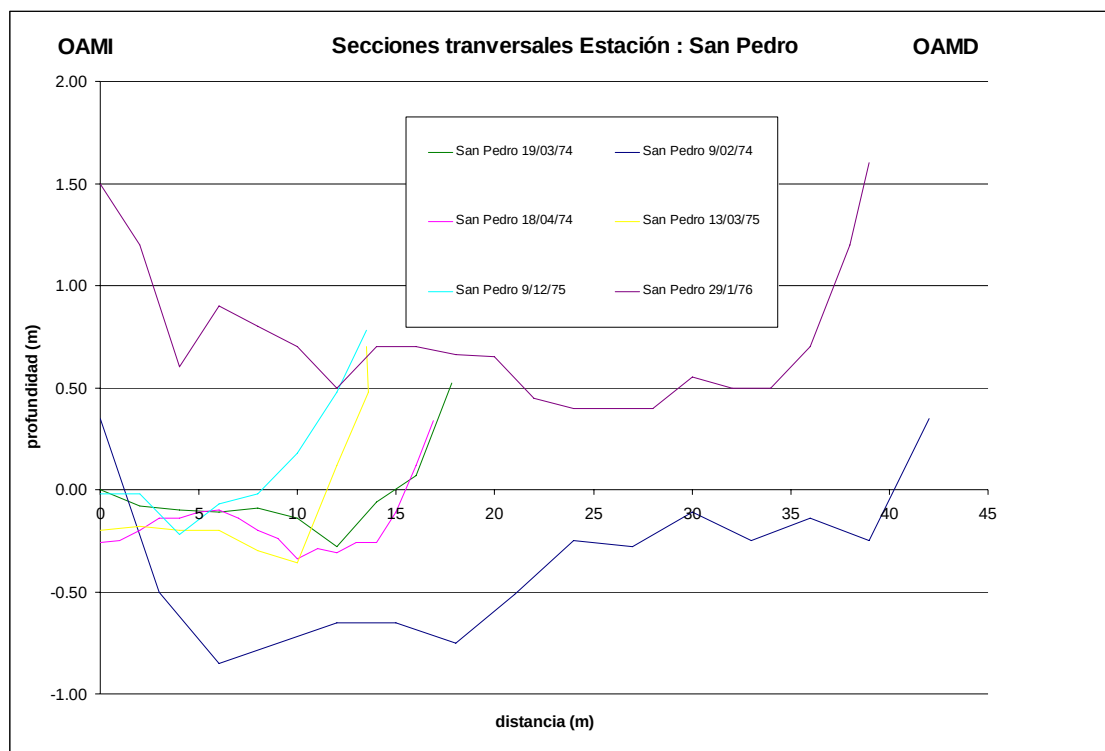


4.20.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ Batimetría disponible :

Se pudo elaborar numerosas secciones a partir de los datos brutos de aforos de 75 hasta 98.

El gráfico siguiente muestra estos perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas) .



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ Estabilidad de la sección

Como se aprecia en el gráfico anterior la sección es variable en su cauce principal (fondo), debido a la erosión y sedimentación. También se puede observar que presenta buena estabilidad en las márgenes, no hay erosión en ninguna de las orillas.

4.20.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 01/10/73-30/09/90

Porcentaje de lagunas : 35 %

Calidad general de los datos : Buena calidad

Tratamiento de los datos : Análisis de Correlaciones Lineales y Análisis de Consistencia.

La estación San Pedro presenta datos importantes con poca cantidad de lagunas.

Para corregir y/o rellenar las cotas disponibles, se utilizaron como estaciones estimadoras (correlaciones) las siguientes :

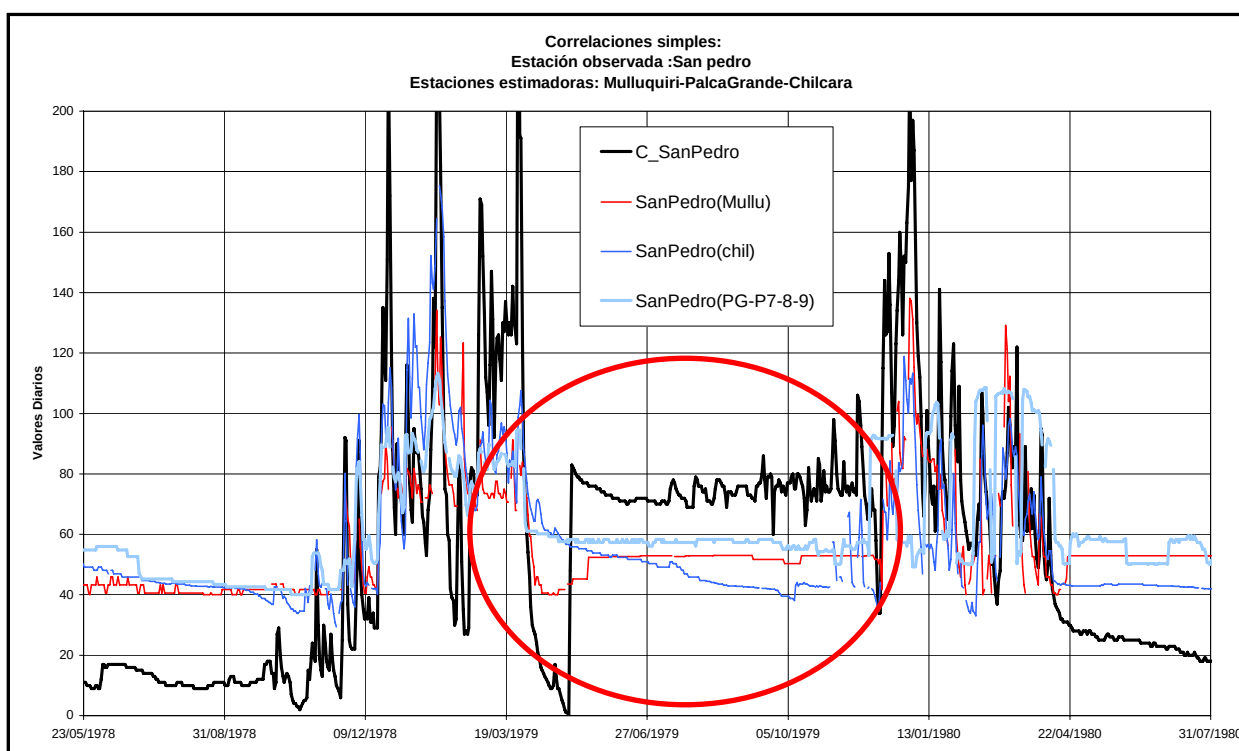
- Palca Grande
- Chilcara
- Mulluquiri

Las correlaciones realizadas son buenas en algunos periodos y malas en otros, debido a que:

- Sus estaciones vecinas (estimadoras) no pertenecen al mismo río de la estación observada,
- La estación Palca Grande presentan datos buenos y datos dudosos,
- La estación Mulluquiri presenta poca cantidad de datos,
- La estación Chilcara presenta datos buenos en todo su periodo.

Sin embargo, las correlaciones obtenidas nos permiten decir que la calidad de los datos es buena.

Se identifico un periodo dudoso (ver gráfico):



La estación San Pedro presenta una curva de recesión tomando valores muy bajos (0) y luego cambia a valores altos (80 cm), lo que no ocurre en sus estaciones vecinas.

El periodo dudoso se encuentra después de la crecida del 79 y abarca hasta principios de la siguiente crecida del 80, empezando el 31/03/79 hasta el 08/12/79, tomando valores bajos hasta alcanzar el cero de la escala y luego cambiar bruscamente de valor alcanzando los 83 cm, luego manteniéndose constante hasta el 08/12/79. Este periodo malo no pudo ser rellenado porque las correlaciones no presentaban buenos resultados.

No se rellenaron lagunas que caían en periodos de crecidas porque el comportamiento de las estaciones estimadores no reflejan el evento de crecida realmente ocurrido (por pertenecer a otro río). Tampoco se rellenó la laguna del 31/01/85 hasta el 01/05/90 por ser muy grande.

Los datos disponibles fueron tratadas de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
01/10/73		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
02/10/73-28/02/75		Datos de buena calidad, con lagunas que no fueron rellenadas por la falta de buenos estimadores
	28/02/75-07/10/75	Laguna no rellenada .

08/10/75-30/04/77		Datos de buena calidad
	01/05/77-31/05/77	Laguna rellenada por correlación con Palca Grande.
01/06/77-31/08/77		Datos de buena calidad
	01/09/77-30/09/77	Laguna rellenada por correlación con Palca Grande.
01/10/77-23/03/79		Datos de buena calidad
24/03/79-8/12/79		Datos malos e inservibles, guardados
09/12/79-14/09/81		Datos de buena calidad
	15/09/81-03/12/81	Laguna rellenada por correlaciones con Chilcara.
04/12/81-31/01/82		Datos de buena calidad
	01/02/82-01/08/82	Laguna no rellenada .
02/02/82-29/11/82		Datos de buena calidad
	30/11/82-01/01/83	Laguna no rellenada .
02/01/83-30/01/85		Datos de buena calidad
	01/03/84-31/03/84	Laguna rellenada por correlación con Chilcara
01/04/84-30/01/85		Datos de buena calidad
	31/01/85-01/05/90	Laguna no rellenada .
02/05/90-30/09/90		Datos de buena calidad. FIN DE LAS LECTURAS DE ESCALA.

4.20.4 Aforos disponibles..

Aforos disponibles : 01/01/65-25/05/79

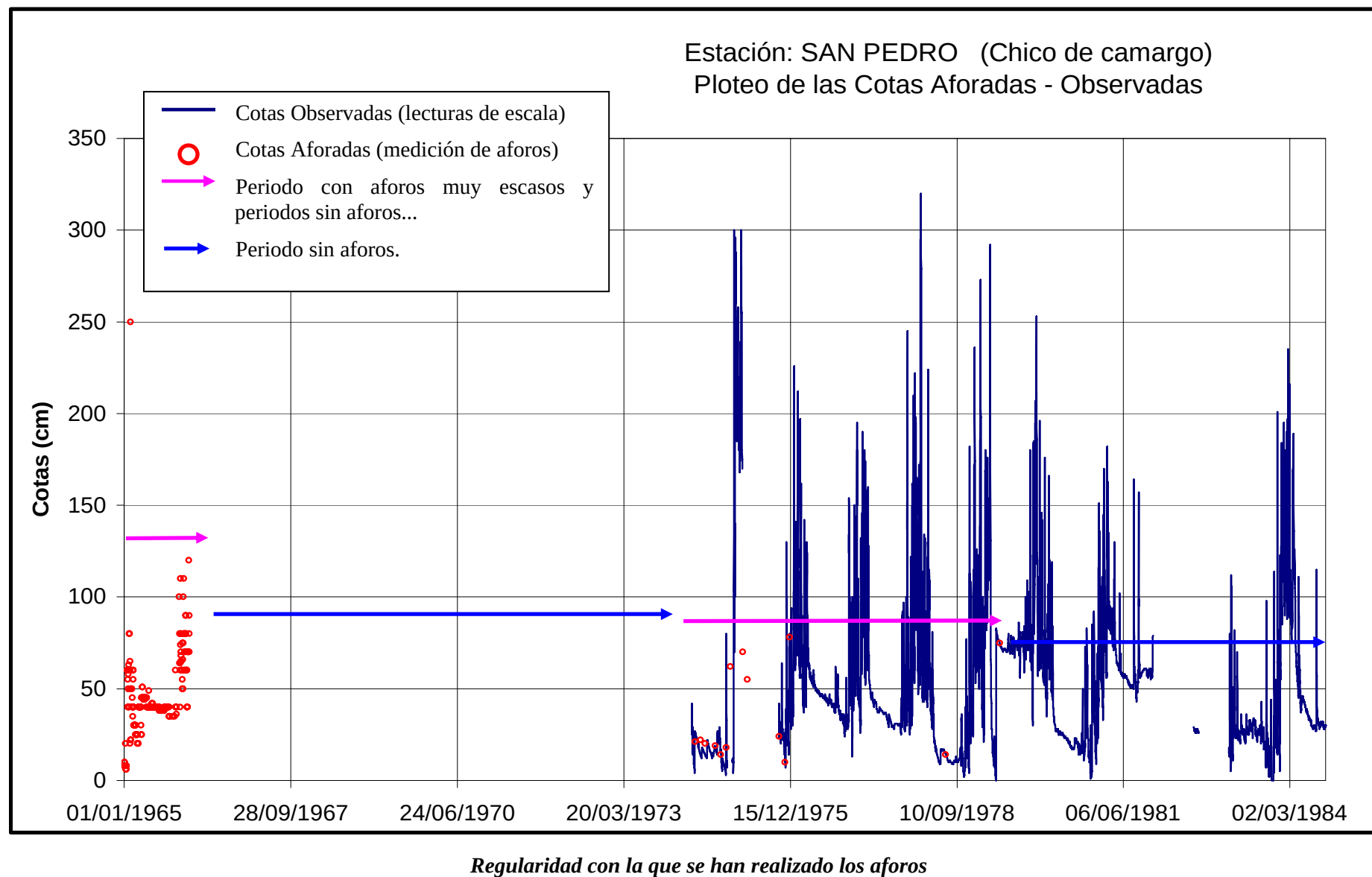
Calidad de los datos : buena calidad, pero no se tiene aforos para más que 300 m³/s, ni después de 1979.

La estación San Pedro presenta buena cantidad de aforos en un periodo en el que no se cuenta con datos de lecturas de escala, y muy pocos aforos en un periodo donde existe buena cantidad de lecturas de escala, lo que hace difícil definir curvas de calibración que consideren todas las des-calibraciones que se presenta la estación.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Buena cantidad de datos	Datos faltantes	Observaciones
Ene.65-Sep.65		Buena cantidad
	Oct.65-Nov.65	No hay aforos
Dic.65-Ene.66		Buena cantidad
	Feb.75-Mayo.79	Muy escasos los datos.

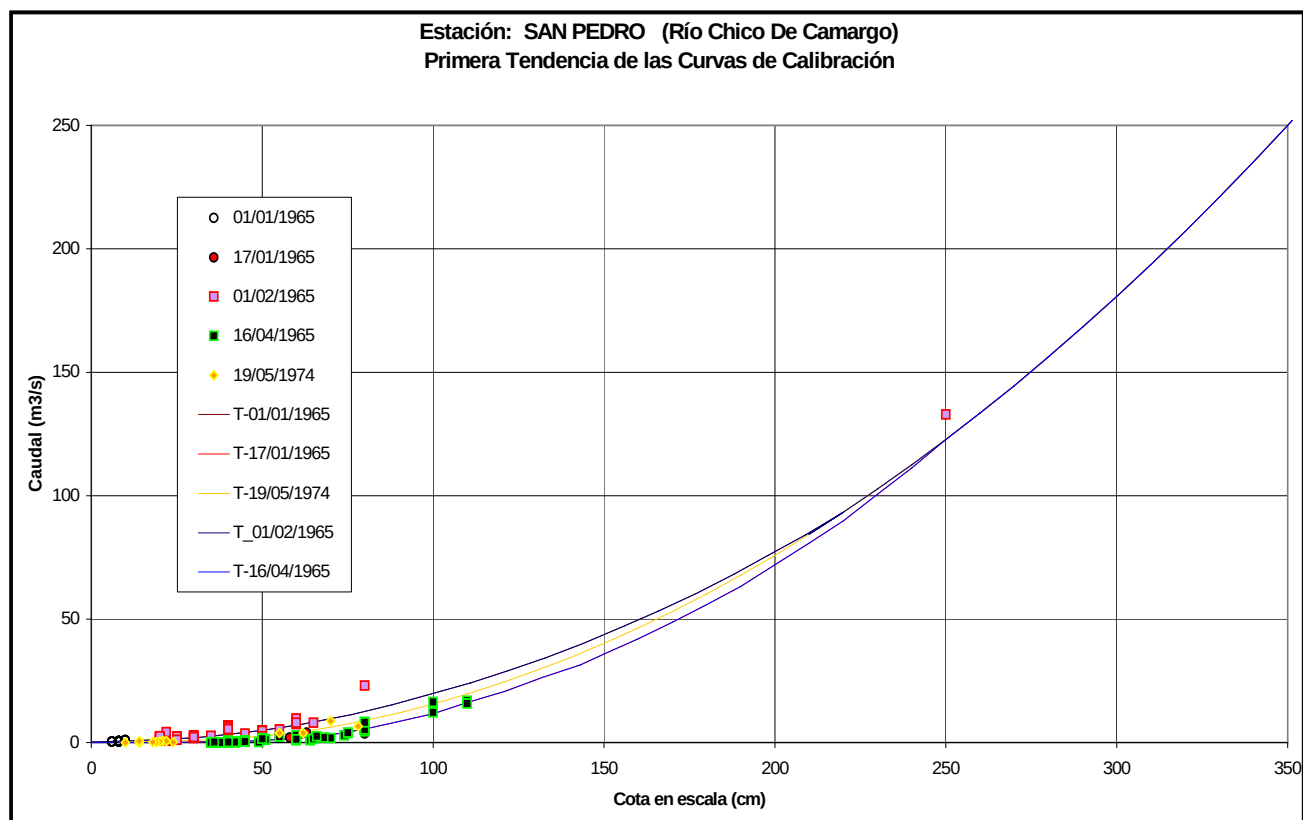


4.20.5 Curvas de calibración.

▪ Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

Las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel a partir de las series de aforos son las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) :



Primera tendencia de las curvas de calibración

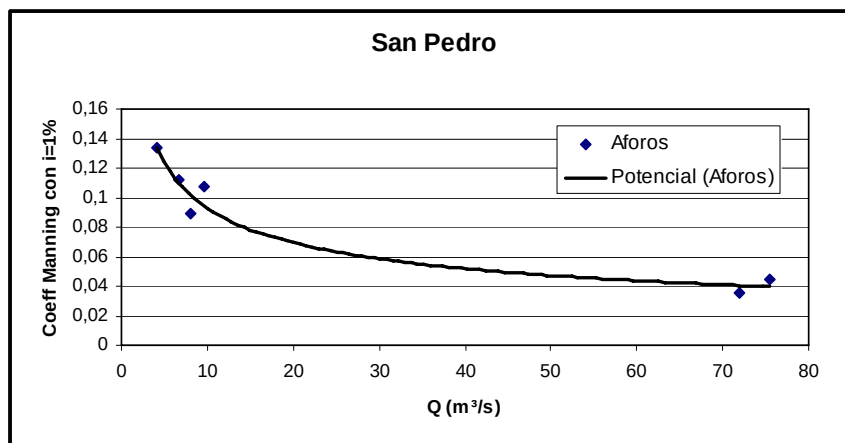
Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

Los análisis de los caudales por correlaciones daban buenos resultados, en comparación con los caudales de las estaciones vecinas, pero se debía bajar las curvas para la parte alta.

No se utilizaron los caudales medio-diarios encontrados en los archivos porque se dispone de información para la lecturas de escala en los periodos correspondientes.

Ajuste con la formula de Manning :

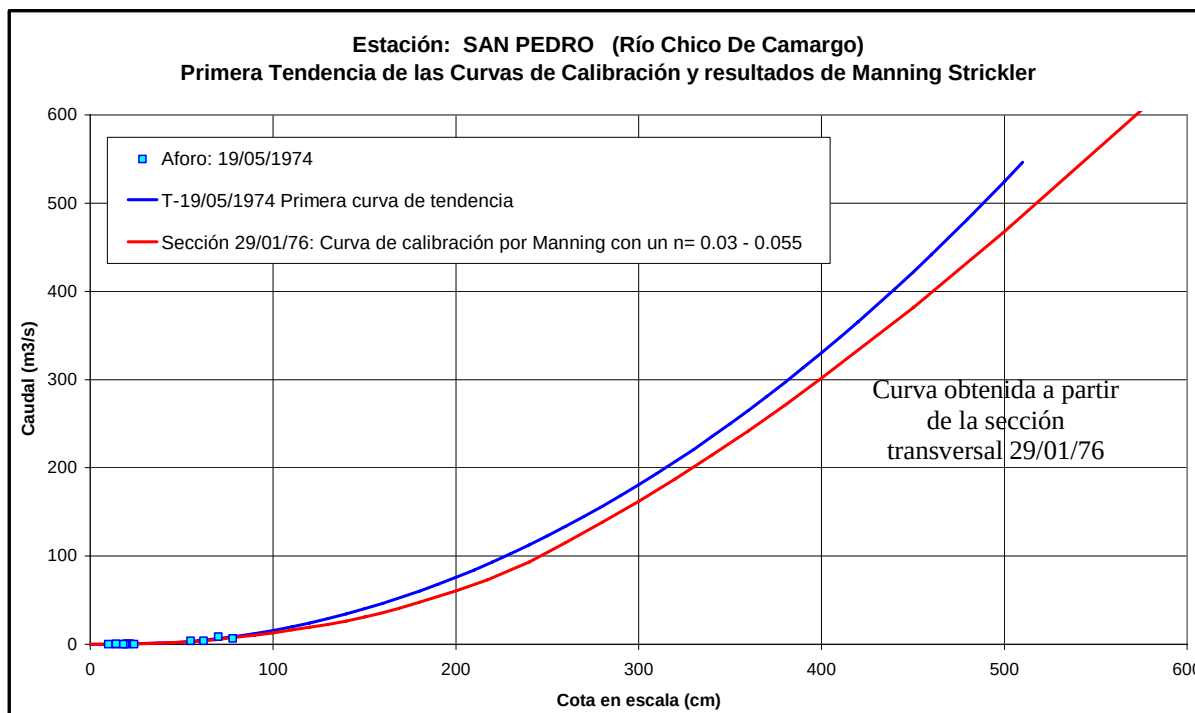
El coeficiente de Manning fue estimado a partir de los aforos disponibles para aguas medias, considerando una pendiente mediana cerca de 1 %. La curva de tendencia del coeficiente de Manning en función del caudal está presentada en el gráfico abajo :



Variación de la rugosidad (n) en función del caudal(Q)

Entonces, para utilizar la formula de Manning para grandes caudales se utilizaron valores entre 0,03 y 0,06.

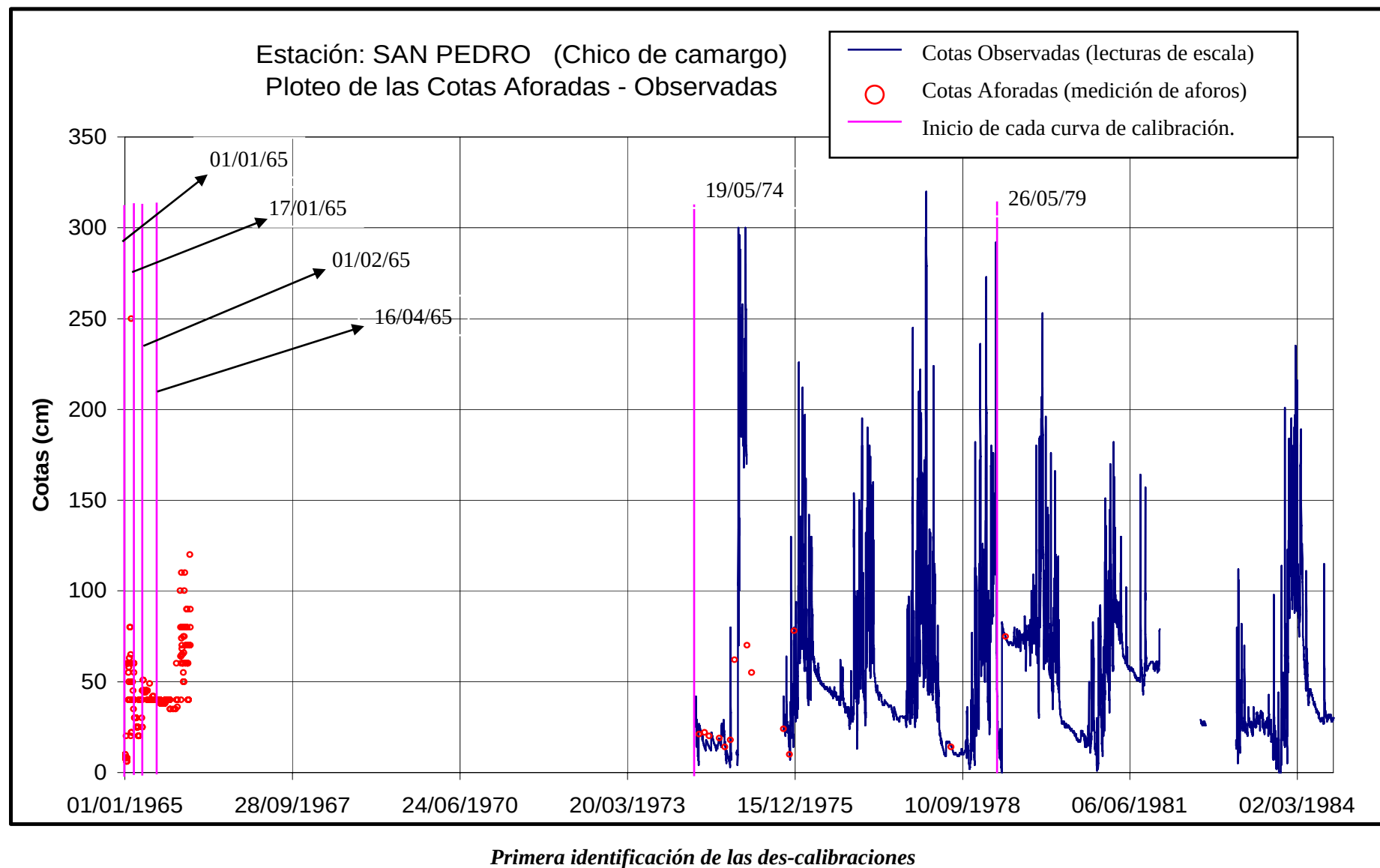
El gráfico siguiente presenta las primeras curvas de calibración dibujadas y las curvas h-Q_{Manning} obtenidas para este rango de valores del coeficiente de Manning.



Primera curva de calibración y la curva h-Q por Manning obtenida para el rango de valores $n = 0.03-0.05$

En este gráfico se puede ver que la extrapolación obtenida con un coeficiente de Manning 0.03-0.05 se ajusta perfectamente a los aforos en su parte baja y no así en la parte alta de su curva de tendencia. Según el análisis de correlaciones y comparaciones de los caudales, confirma que debemos bajar las curvas para la parte alta. Entonces las primeras curvas de tendencia se ha ajustado siguiendo la forma de la curva de calibración obtenida con Manning para la sección 29/01/76 con un coeficiente de rugosidad variable entre 0.03 y 0.05.

El gráfico siguiente nos permitirá visualizar de una mejor manera la frecuencia de las des-calibraciones en la estación.



▪ **Validación de las Curvas Calibración mediante el Análisis de Consistencia.**

El análisis de consistencia nos ha permitido identificar problemas relevantes en los caudales, en los periodos donde se han definido curvas de calibración que consideran periodos muy largos, por ejemplo, en el gráfico anterior se puede ver que:

- la curva 19/05/74 sirve para calcular caudales hasta 26/05/79
- la curva 26/05/79 sirve para calcular caudales hasta 02/03/84

La estación San Pedro tiende a des-calibrarse en periodos muy cortos (periodos antiguos), por lo tanto estas dos curvas de calibración abarcan periodos muy largos. Para mejorar los caudales en estos periodos se crearan curvas de calibración (no hay aforos), suponiendo que la estación se des-calibrará de igual manera que en los años pasados (bastante cantidad de aforos). Estas nuevas curvas de calibración fueron validadas por el análisis de consistencia a nivel anual y mensual y por correlaciones con los caudales diarios.

Entonces el análisis de consistencia nos ha permitido obtener **20 curvas de calibración** que pretenden considerar todas las des-calibraciones en la estación.

Las curvas de calibración definitivas se presentan al final de esta ficha.

4.20.6 Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual.

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las últimas curvas de calibración y de las cotas observadas.

Los caudales de la estación San Pedro no se rellenaron debido a que sus periodos de lagunas eran muy largos y en épocas de crecida.

Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración ajustadas figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

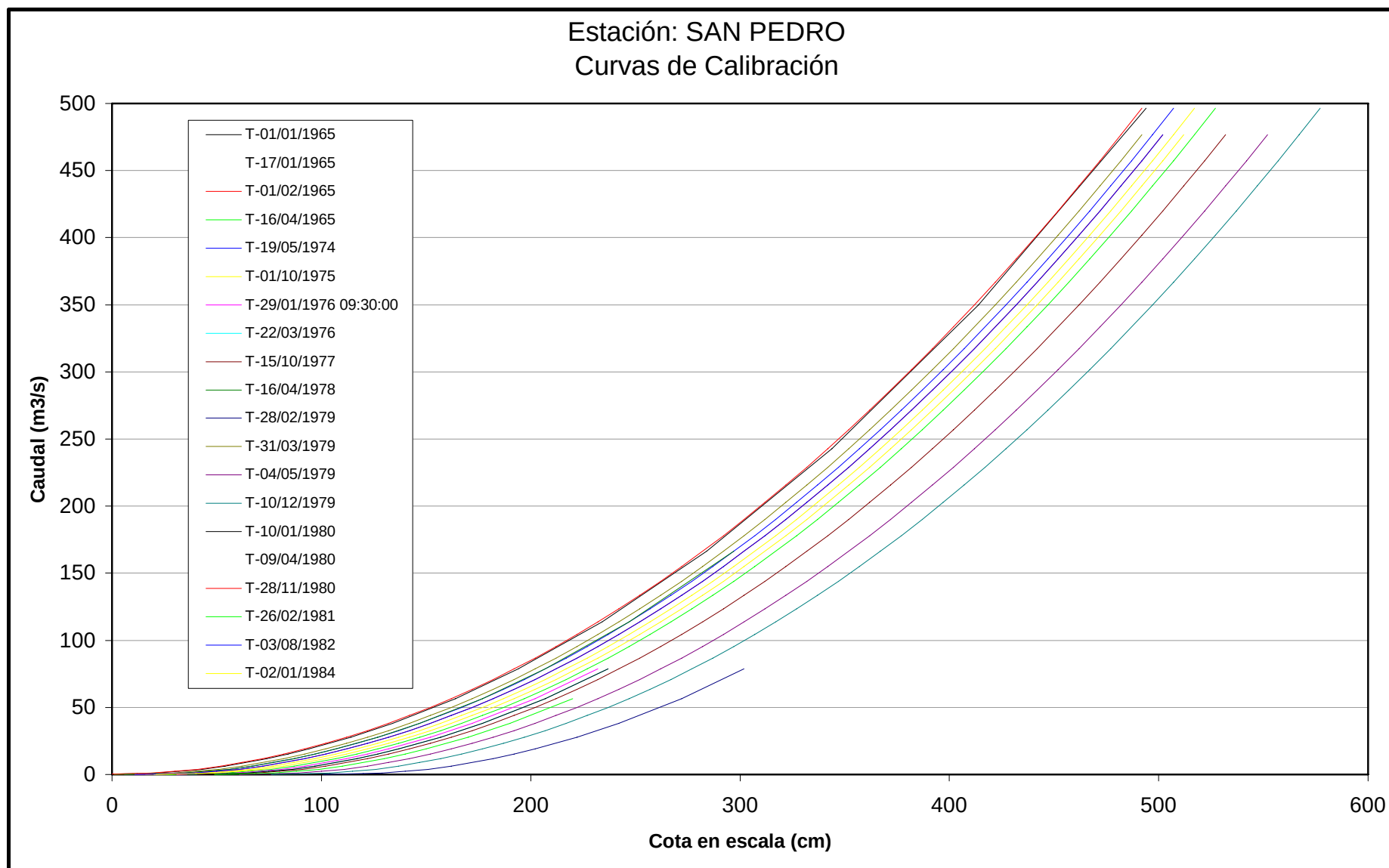
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

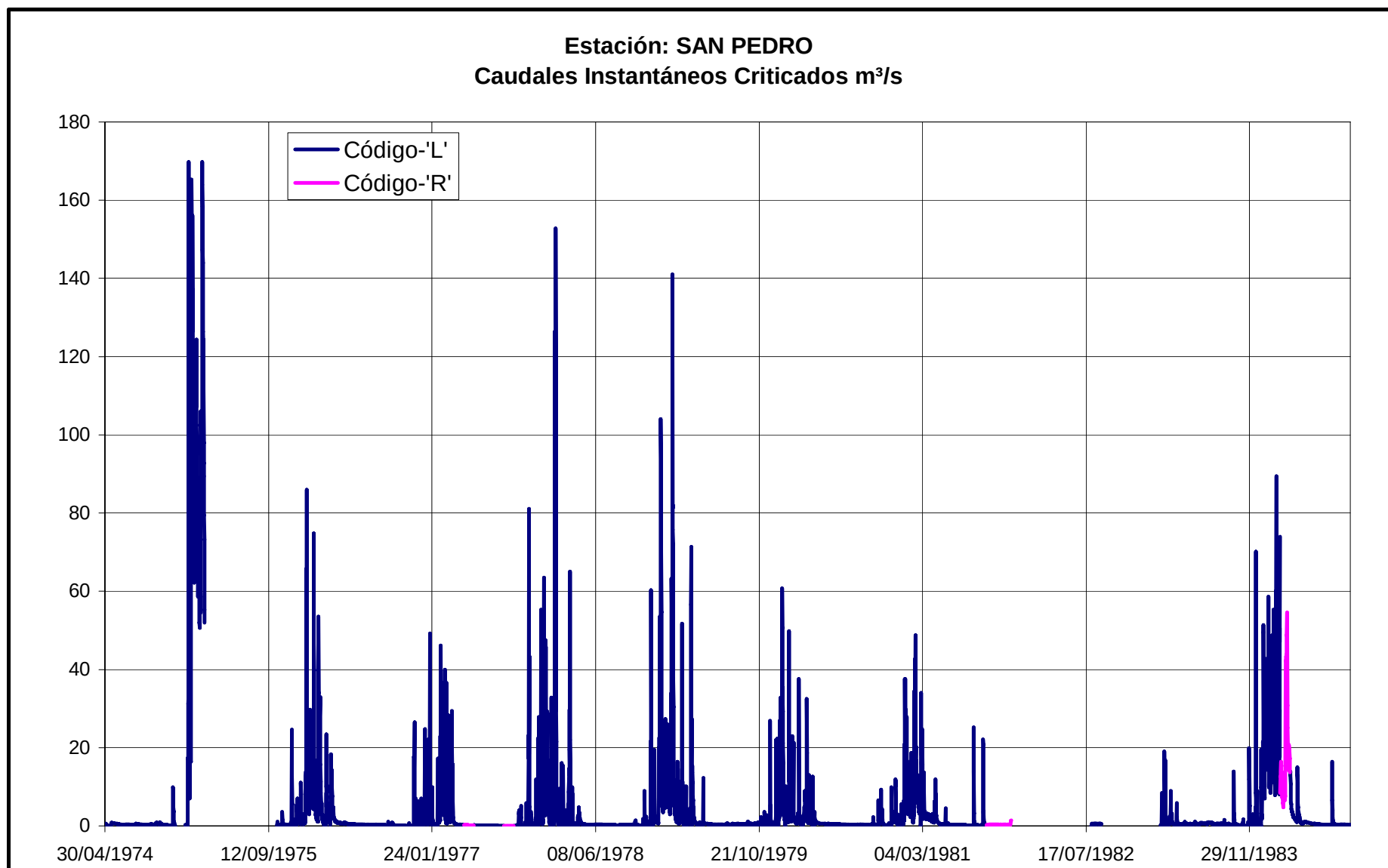
Las series de cotas observadas es de buena calidad si se obvia la laguna de 5 años del 85 al 90.

No se logro rellenar todas las lagunas.

Las curvas de calibración, y las series de caudales obtenidas son confiables hasta el 79. Después de ésta fecha, no se cuenta con aforos, pero se construyeron curvas de calibración, tomando en cuenta que la estación se des-calibra siguiendo la tendencia de los años anteriores (años con aforos), entonces los caudales obtenidos a partir del año 79, deberán ser validados por aforos que se realicen en lo posterior.

El periodo para el cual se tienen caudales mensuales es de Junio 1974 hasta Sept. 1984, de los cuales 6 años hidrológicos están completos.





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la estación de San Pedro

Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1973-1974										0.367	0.296	0.37	
1974-1975	0.317	0.468											
1975-1976			1.123	1.904	15.55	7.31	4.424	0.792	0.508	0.34	0.262	0.229	
1976-1977	0.274	0.096	0.888	1.603	4.489	6.027	6.444	0.345	0.182	0.146	0.093	0.044	1.698
1977-1978	0.044	0.344	4.37	5.666	9.796	14.98	4.309	0.759	0.267	0.319	0.222	0.185	3.366
1978-1979	0.223	0.257	2.211	13.12	21.04	7.618	4.936	1.19	0.736	0.334	0.364	0.44	4.383
1979-1980	0.507	0.528	1.118	6.827	6.531	2.42	2.74	1.176	0.519	0.433	0.301	0.284	1.959
1980-1981	0.247	0.984	0.521	1.676	8.76	9.411	4.098	1.567	0.497	0.252	0.17	0.629	2.363
1981-1982	0.939	0.357											
1982-1983								1.04	0.494	0.493	0.696	0.552	
1983-1984	0.524	0.548	1.037	2.307	16.55	23.81	18.8	3.792	0.849	0.525	0.286	0.669	5.757
1984-1985	0.293												

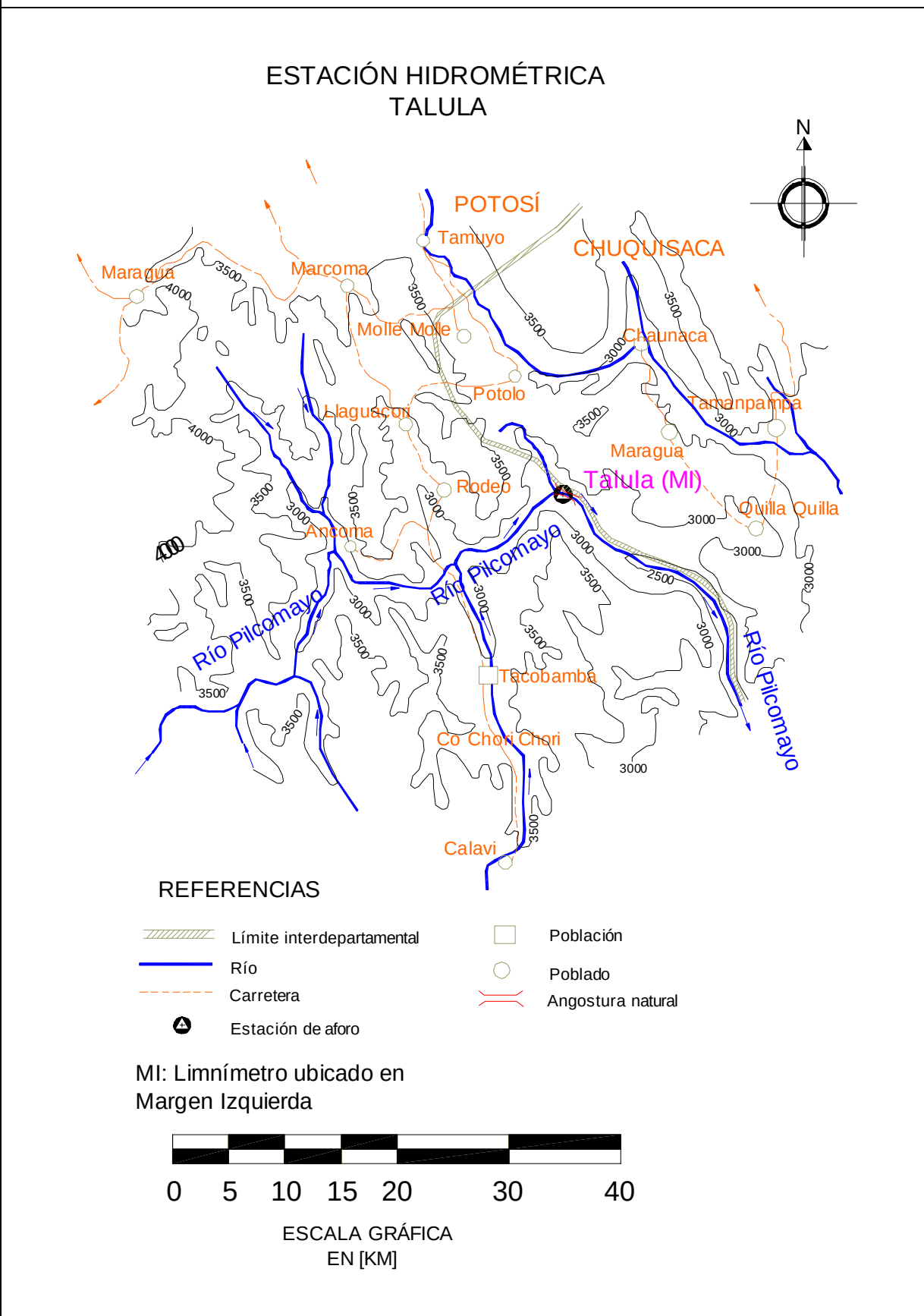
Nota: Los caudales en verde son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel instantáneo

4.21 Talula

4.21.1 Características generales

Estación	TALULA	
Características hidrográficas	Río	Pilcomayo
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Pilcomayo
	Área de la cuenca (km²)	6 495
Características geográficas	Latitud (decimales)	- 19,12903
	Longitud (decimales)	- 65,44569
	Altura (m.s.n.m.)	2607
	País	Bolivia
	Departamento	Chuquisaca
	Provincia	
Acceso	Margen izquierda del río, 500m aguas abajo de la confluencia Pilco-Cachimayu. Las escalas están a 30m de la sección de aforo. Situada 45km al sur-oeste de Sucre sobre el río Pilcomayo, se llega por San Juan, Tako-Tako, confluencia del río Cachimayu con el Pilcomayo, luego camino vecinal transitable todo el año, luego aprox. 150m de senda en media galería en margen izquierda del angosto de Talula	
Administrador	SENAMHI-Chuquisaca	
Fecha de apertura	Junio 1975	
Cierre /rehabilitación	Cerrada en diciembre 1998. Rehabilitada en 2005 por el Proyecto Pilcomayo.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 01/06/75-31/12/98	Escala metálica sobre una roca, se torció en 1998 a causa de una crecida.
	Aforos : 17/01/75-20/10/98	a vadeo en estiaje, con cable-carro-torno en aguas altas con molinete de marca Gurley científico la mayoría del tiempo
Informaciones complementarias disponibles	- Estación visitada por el Ing. Daval en mayo 2004 y por el Ing. Luís Noriega en Agosto 2004. - No se encontraron caudales calculados en los archivos de la estación.	

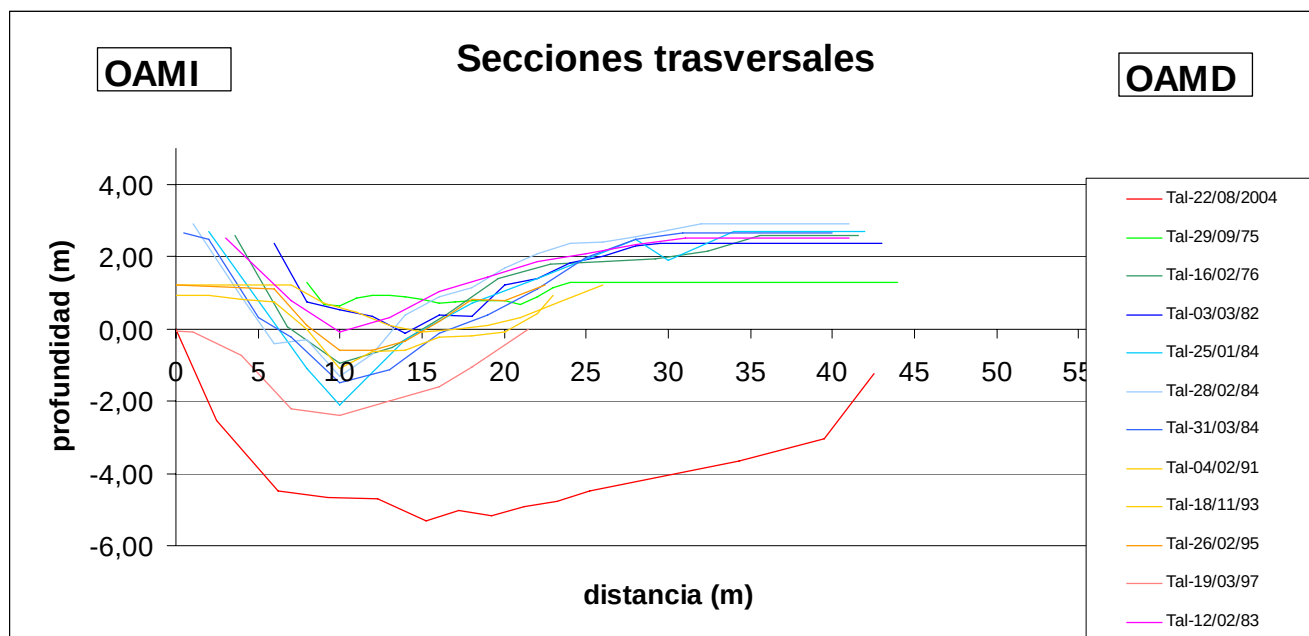
DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



4.21.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ Batimetría disponible :

Se pudo elaborar numerosas secciones a partir de los datos brutos de aforos de 75 hasta 97 y de un perfil transversal levado por el Ing. Luis Noriega en agosto 2004. El gráfico siguiente muestra estos perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas) excepto los perfiles de 2004 y de 1997.



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ Estabilidad de la sección

La sección es un angosto, toda el agua pasa por la sección. Se observan cambios frecuentes de la margen derecha (fuerte sedimentación en los 80s, erosión en los años recientes). La margen derecha es mas estable por ser de rocas.

4.21.3 Tratamiento de las lecturas de escala

Primera-ultima cota disponible : 01/06/75-31/12/98

Porcentaje de lagunas : 27,8%

Calidad general de los datos : buena calidad

Tratamiento de los datos : Análisis de Correlaciones Lineales y Análisis de Consistencia.

Para Talula se tienen datos bastante importantes pero con muchas lagunas.

Para corregir y/o rellenar las cotas disponibles, se utilizaron como estaciones estimadoras (correlaciones) las siguientes :

- Puente Sucre
- Viña Quemada
- Tarapaya
- Yokalla
- Villamontes

Las correlaciones dan buenos resultados, la mayoría de las estaciones estimadores se encontraban sobre el mismo río, sin grandes aportes entre estas estaciones (Puente Sucre, Tarapaya, Yokalla, Viña Quemada). Esto permitió rellenar la mayoría de las lagunas. También lagunas de algunos días pudieron ser rellenadas por interpolación cuando las estaciones estimadoras confirmaban que tenían sentido. Sin embargo, a veces no pudieron rellenarse cuando las lagunas eran demasiado largas, aunque las estaciones estimadoras daban caudales estimados concordantes.

Al realizar la consistencia de los datos de caudales a nivel anual, utilizando el método del Vector Regional, nos permitió ver que los rellenos realizados en la estación Talula eran buenos.

Los datos disponibles fueron tratadas de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
01/06/75		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
01/06/75-31/03/76		Datos de buena calidad
	31/03/76-30/07/76	Laguna rellenada por correlación con Villamontes
01/08/76-30/08/76		Datos de buena calidad
	01/09/76-01/07/77	Laguna que no ha sido rellenada por falta de estaciones estimadoras.
	02/07/77-01/01/78	Cotas ajustados siguiendo la forma de las cotas aforadas.
02/01/78-30/11/81		Datos de buena calidad
	30/11/81-01/01/82	Laguna rellenada por correlación con Viña Quemada
02/01/82-18/02/85		Datos de buena calidad
	19/02/85-20/02/85	Laguna rellenada por interpolación
21/02/85-30/12/85		Datos de buena calidad
	31/12/85-28/02/90	Datos muy escasos rellenados a veces por extrapolación pero la mayoría no se pudo rellenar .
29/02/90-27/05/90		Datos de buena calidad
	28/05/90-26/12/90	Lagunas de algunos días que pudieron ser rellenadas por interpolación.
27/12/90-30/08/91		Datos de buena calidad
	31/08/91-01/01/92	Laguna rellenada por correlación con Tarapaya
02/01/92-12/01/92		Datos de buena calidad
	13/01/92-17/01/97	Lagunas de algunos días que pudieron ser rellenadas por interpolación y correlaciones.
18/01/97-30/01/97		Datos de buena calidad
	31/01/97-31/07/97	Laguna parcialmente rellenada por correlación con Tarapaya.
01/08/97-12/09/97		Datos de buena calidad
	13/09/97-31/12/98	Lagunas de algunos días que pudieron ser parcialmente rellenadas por extrapolación.

4.21.4 Aforos disponibles.

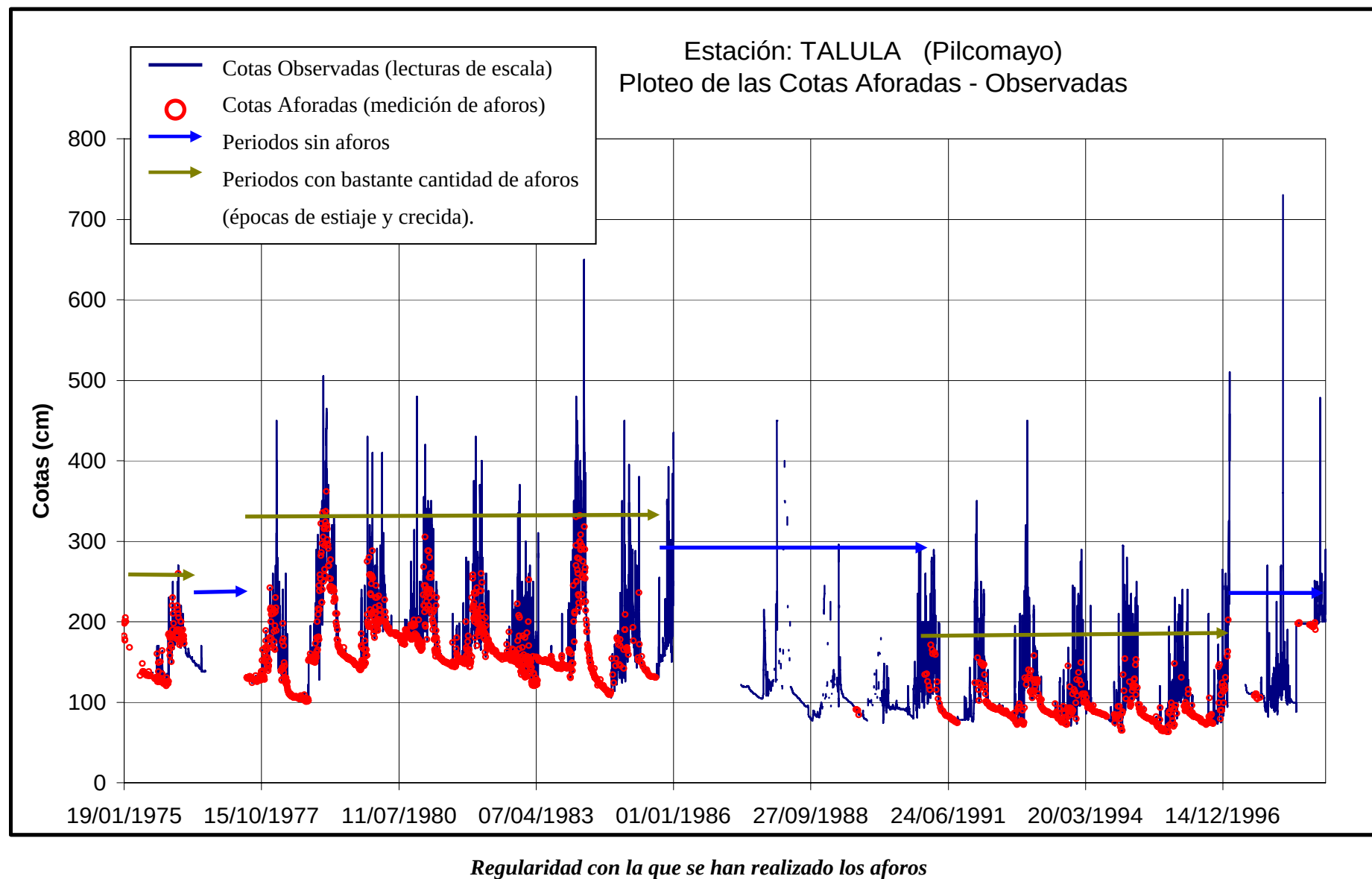
Aforos disponibles : 17/01/75-20/10/98

Calidad de los datos : *buena calidad* , pero no se tiene aforos para más que 230 m³/s.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Buena cantidad de datos	Datos faltantes	Observaciones
Ene.75-Mar.76		Buena cantidad
	Abr.76-Jul.77	No hay aforos
Ago.77-Ago.85		Buena cantidad
	Sep.85-Jul.89	No hay aforos
	Ago89-En.91	Datos muy escasos
Feb.91-Ene.97		Buena cantidad
	Feb.97-Jul.97	No hay aforos
Ago.97-Sep.97		Buena cantidad
	Oct.97-Jun.98	No hay aforos
Jul.98-Oct.98		Buena cantidad

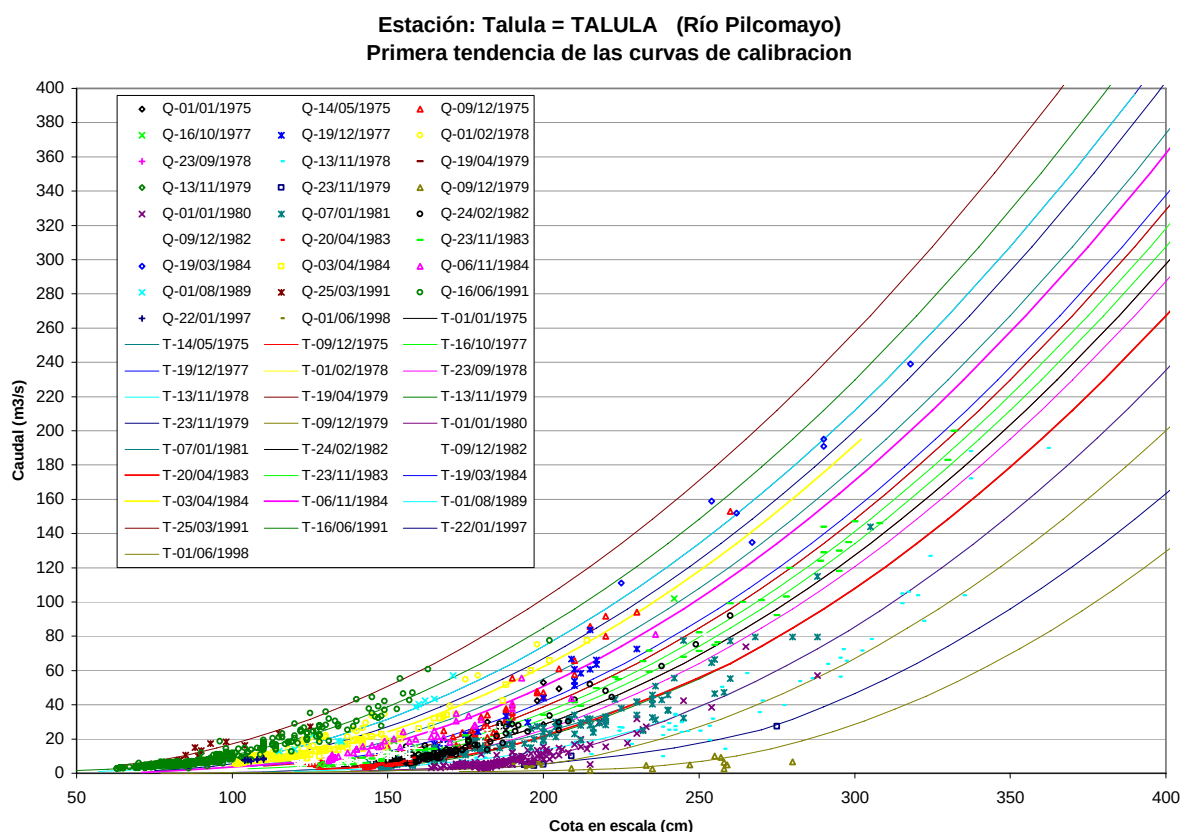


4.21.5 Curvas de calibración.

Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

El gráfico anterior permite ver la abundante cantidad de aforos para épocas de estiaje y crecida, también periodos donde no existen aforos. Las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel a partir de las series de aforos eran las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) :



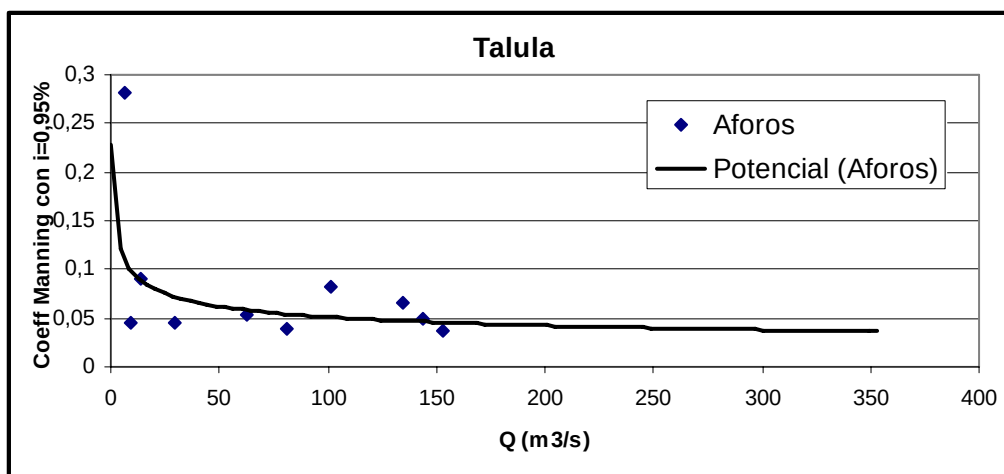
Primera tendencia de las curvas de calibración

Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

Los análisis (comparaciones y correlaciones) de los caudales obtenidos con estas curvas daban buenos resultados en comparación con los caudales de las estaciones vecinas. Como lo hemos dicho estas buenas correlaciones se podían esperar por la ubicación sobre el mismo tramo de Talula y de sus estaciones estimatoras. Por lo tanto aparentemente, no se tenía que arreglar las curvas.

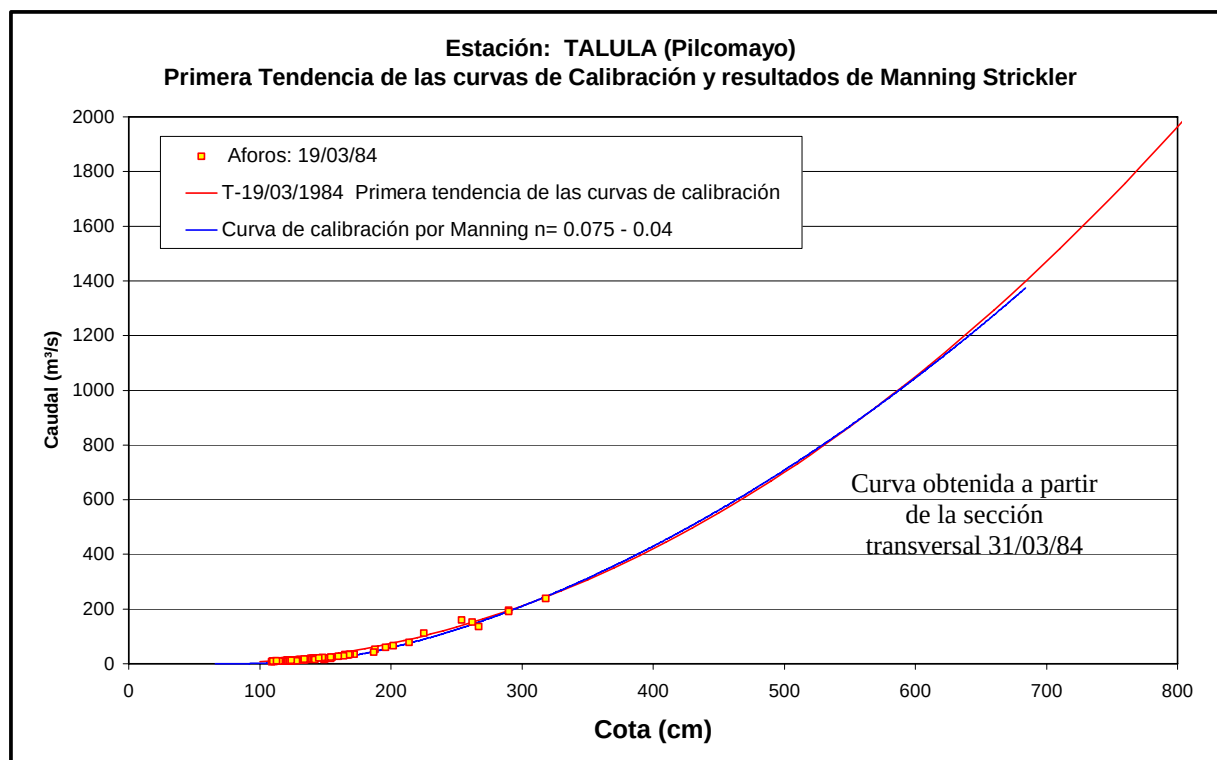
Ajuste con la formula de Manning :

El coeficiente de Manning fue estimado a partir de los aforos disponibles para aguas medias, considerando la pendiente mediana en esta estación cerca de 0,95 %. La curva de tendencia del coeficiente de Manning en función del caudal está presentada en el gráfico abajo :



Variación de la rugosidad (n) en función del caudal(Q)

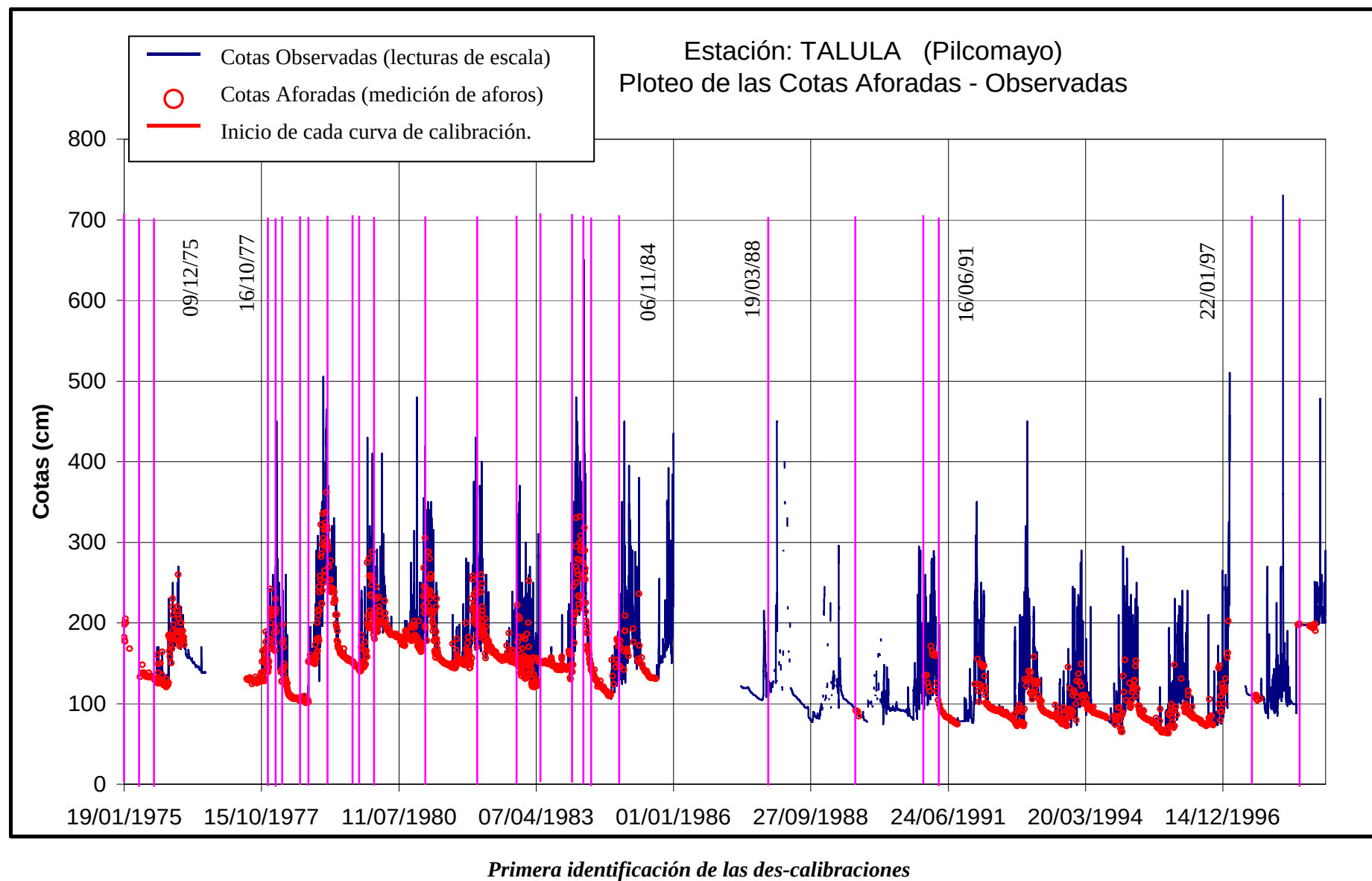
Entonces, para utilizar la fórmula de Manning para grandes caudales se utilizaron valores entre 0,035 y 0,04. El gráfico siguiente presenta una de las primeras curvas de calibración dibujadas y la curva $h-Q_{Manning}$ obtenida para este rango de valores del coeficiente de Manning.



Primeras curvas de calibración y las curvas $h-Q$ por Manning obtenidas para el rango de valores $n= 0.075-0.04$

En este gráfico, el análisis de Manning muestra que la curva inicial es igual a la curva que se obtuvo con Manning para un coeficiente de rugosidad variable entre 0.075 y 0.04. Por lo tanto se guardaron las primeras curvas de tendencia empíricas.

El gráfico siguiente nos permitirá visualizar de una mejor manera la frecuencia de las des-calibraciones en la estación



▪ **Validación de las curvas calibración mediante el análisis de consistencia.**

El análisis de consistencia nos ha permitido identificar problemas relevantes en los caudales, en los periodos donde se han definido curvas de calibración que consideran periodos muy largos (sirven para calcular caudales), por ejemplo.

En el gráfico anterior se puede ver que:

- la curva 09/12/75 que sirve para calcular caudales hasta 16/10/77
- la curva 06/11/84 que sirve para calcular caudales hasta 19/03/88
- la curva 16/06/91 que sirve para calcular caudales hasta 22/01/97

La estación Talula tiende a des-calibrarse en periodos muy cortos, por lo tanto estas curvas de calibración abarcan periodos muy largos. Para mejorar los caudales en estos periodos se crearon curvas de calibración, des-calibrando más la estación en caso de contar con aforos y en caso de no contar con aforos, supusimos que la estación se des-calibrará de igual manera que en los años pasados (bastante cantidad de aforos). Estas nuevas curvas de calibración fueron validadas por el análisis de consistencia a nivel anual y mensual y por correlaciones con los caudales diarios.

Entonces el análisis de consistencia nos ha permitido obtener **58 curvas de calibración** que pretenden considerar todas las des-calibraciones en la estación.

Las curvas de calibración definitivas se presentan al final de esta ficha.

4.21.6 Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales y Relleno mensual

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las curvas de calibración y de las cotas observadas.

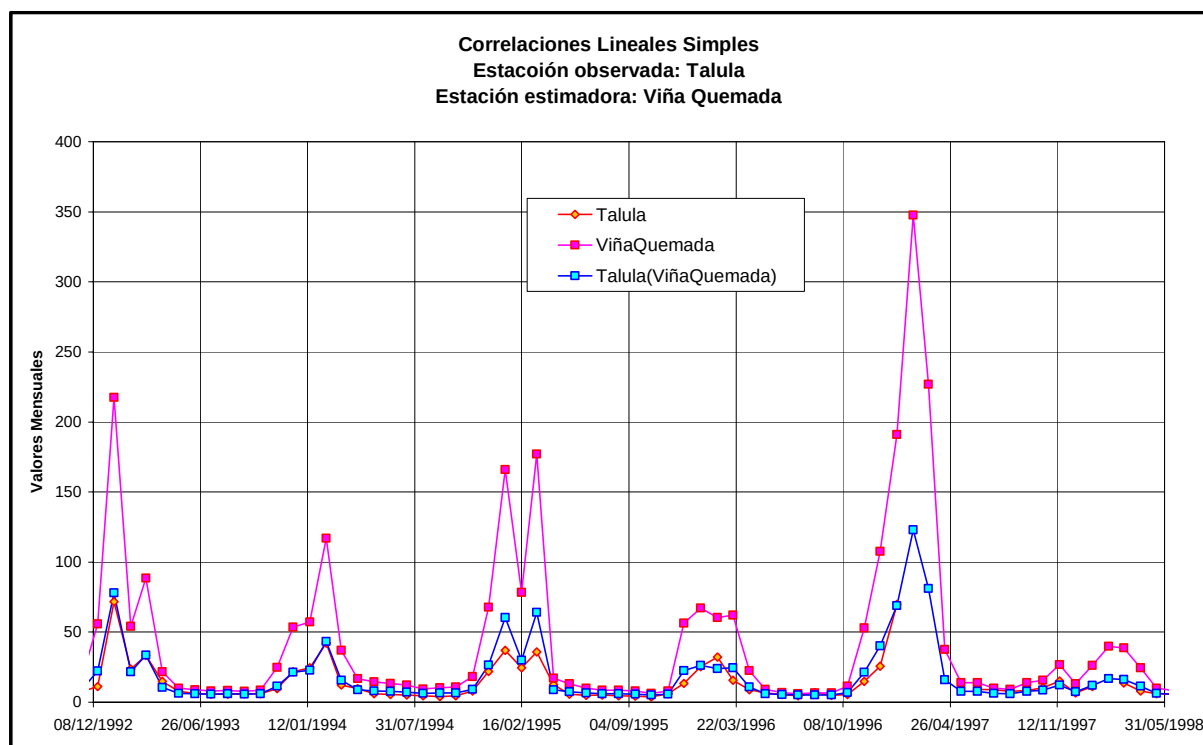
Una vez concluido el análisis de consistencia a nivel anual y mensual, se realizó el relleno de caudales a nivel mensual utilizando las correlaciones lineales simples. La estación de Talula presenta lagunas parcialmente rellenadas desde Enero 97 hasta Mayo 97. Para rellenar estas lagunas utilizamos como estación estimadora, la estación de Viña Quemada.

Las correlaciones lineales simples, realizadas a partir de esta estación dieron buenos resultados, por lo tanto la estimación obtenida, la utilizamos para rellenar el periodo de Enero 97 hasta Mayo 97.

El análisis de consistencia a nivel mensual nos permitió:

- validar el relleno realizado a nivel mensual,
- identificar que el mes de Febrero 98 presentaba caudales muy altos, por lo que fueron sustituidos por la estimación obtenida con la estación de Viña Quemada.

Ahora contamos con toda la serie de datos de caudales completa y de buena calidad.



Ejemplo de Relleno de laguna en el periodo correspondiente Enero 97 hasta mayo 97. Se puede observar que la estimación obtenida es similar a la estación observada, permitiéndonos rellenar la laguna, su coeficiente de correlación es $r=0.925$.

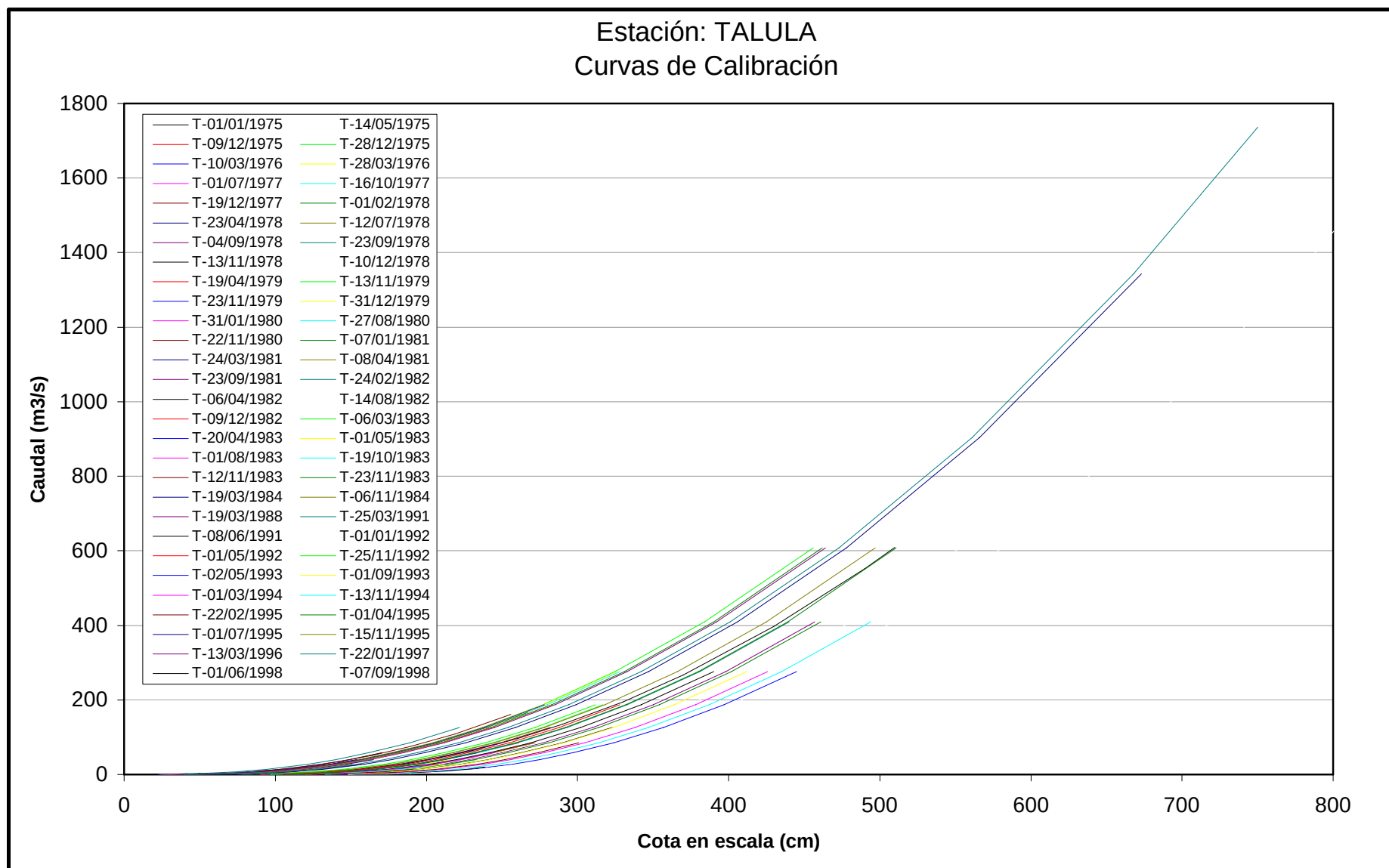
Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

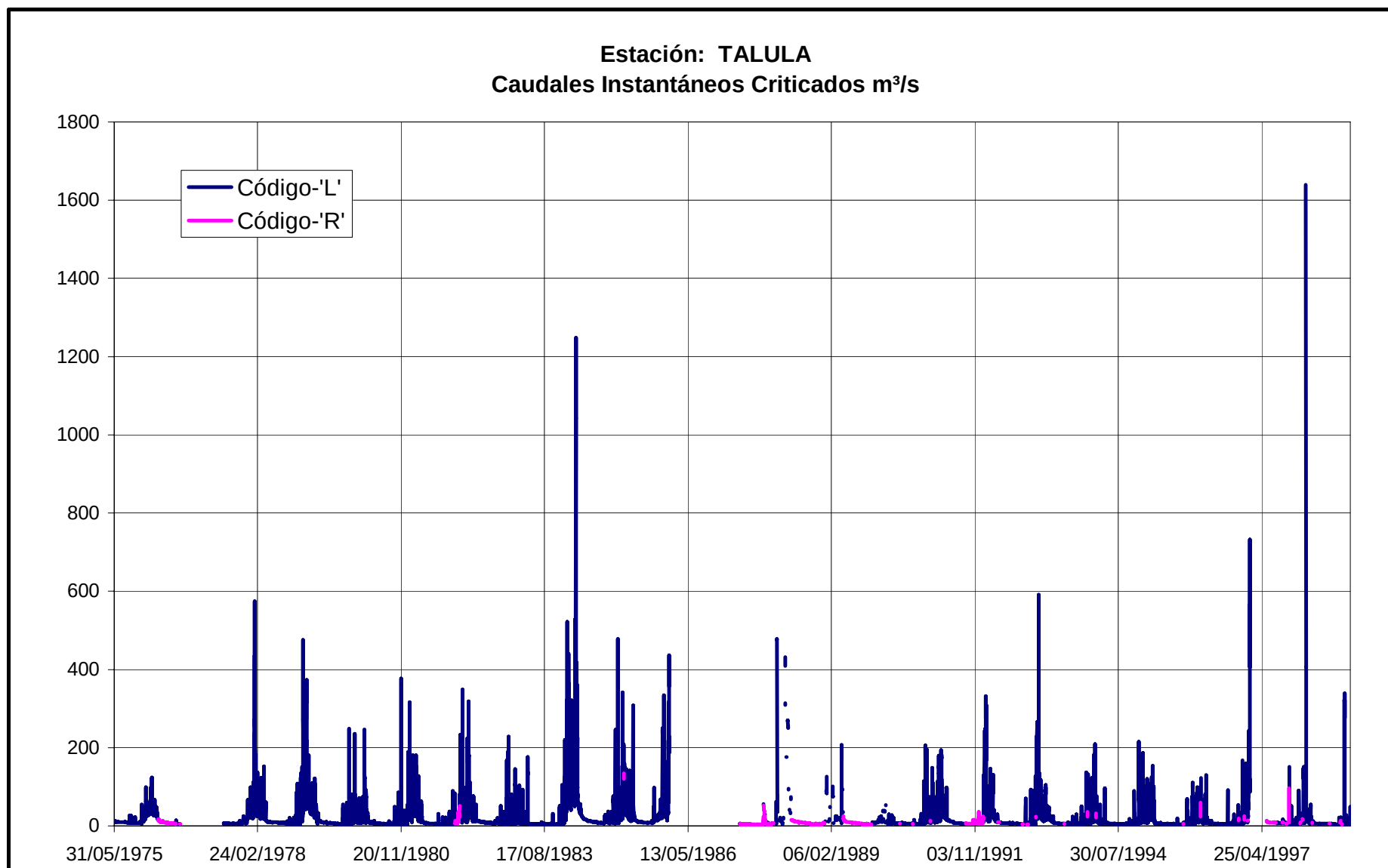
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Las series de cotas observadas es de buena calidad, con varios periodos de lagunas. Se pudieron rellenar la mayoría de ellas.

Las curvas de calibración se encuentran bien definidas y toman en cuenta todas las des-calibraciones que la estación ha sufrido. Las series de caudales obtenidas a partir de estas curvas de calibración, son muy confiables.

Se tienen caudales mensuales de Junio 1975 hasta Diciembre 1998, de los cuales 17 años hidrológicos están completos.





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la estación de Talula

Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1974 - 1975										10.79	9.868	9.456	
1975 - 1976	9.77	8.959	7.349	18.16	41.9	48.77	29.67	11.48	9.182	7.253	6.026	5.317	16.9
1976 - 1977											6.481	6.005	
1977 - 1978	5.817	6.799	11.35	26.93	43.61	91.26	36.34	20.52	10.45	9.589	8.514	7.818	22.82
1978 - 1979	5.893	6.088	11.78	31.73	118.9	78.83	47.44	17.03	9.873	8.026	7.035	6.135	28.86
1979 - 1980	4.997	7.277	12.26	24.56	24.6	15.07	28.22	9.962	6.785	6.197	5.502	4.602	12.53
1980 - 1981	4.419	6.975	9.062	6.726	41.45	58.87	37.64	15.65	6.842	5.818	5.254	5.473	16.76
1981 - 1982	7.607	5.778	9.501	14.17	43.87	28.21	52.3	17.28	11.96	9.787	8.329	7.302	18
1982 - 1983	7.626	7.746	11.85	21.12	12.94	15.44	10.05	8.511	4.772	4.698	4.661	5.134	9.512
1983 - 1984	4.566	5.131	6.068	12.93	104.8	132.6	185.4	46.4	19.41	13.55	10.92	9.227	45.75
1984 - 1985	7.554	14.4	17.47	24.43	44.66	94.52	40.6	38.05	14.81	9.979	8.315	7.955	26.43
1985 - 1986	14.17	17.48	62.4	77.26									
1986 - 1987										5.078	4.351	3.65	
1987 - 1988	3.124	17.36	5.969						12.98	10.55	8.769	7.268	
1988 - 1989	4.973	4.633	4.532						11.81	9.268	8.046	6.575	
1989 - 1990	4.966	4.293					9.87	8.792	6.572	6.826	6.192	6.126	
1990 - 1991	5.545	10.56	24.19	26.19	41.99	42.41	54.42	25.32	11.79	8.144	6.759	5.819	21.83
1991 - 1992	6.387	7.809	9.61	9.807	88.27	37.29	28.57	9.995	7.069	6.614	6.29	5.537	18.62
1992 - 1993	4.884	7.147	7.432	11.06	71.74	23.68	33.34	14.7	7.577	6.288	5.658	5.68	16.63
1993 - 1994	5.892	5.929	9.781	21.6	24.56	42.26	12.32	9.675	6.119	5.476	5.098	4.59	12.59
1994 - 1995	3.915	4.596	8.047	21.88	37.02	24.37	35.98	12.66	5.726	4.853	5.072	4.473	14.04
1995 - 1996	4.275	3.811	5.948	13.36	25.42	32.04	15.77	8.845	6.456	5.37	4.56	6.914	11
1996 - 1997	4.936	5.37	14.79	25.55	69.64	118.9	78.73	15.64	7.12	9.135	8.782	7.807	30.02
1997 - 1998	8.126	10.17	15.06	6.527	11.1	16.83	13.8	7.979	5.938	5.745	5.603	5.42	9.298
1998 - 1999	4.107	7.32	27.62	6.753									

Nota:

Los caudales en verde son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel instantáneo

Los caudales en amarillo son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel mensual

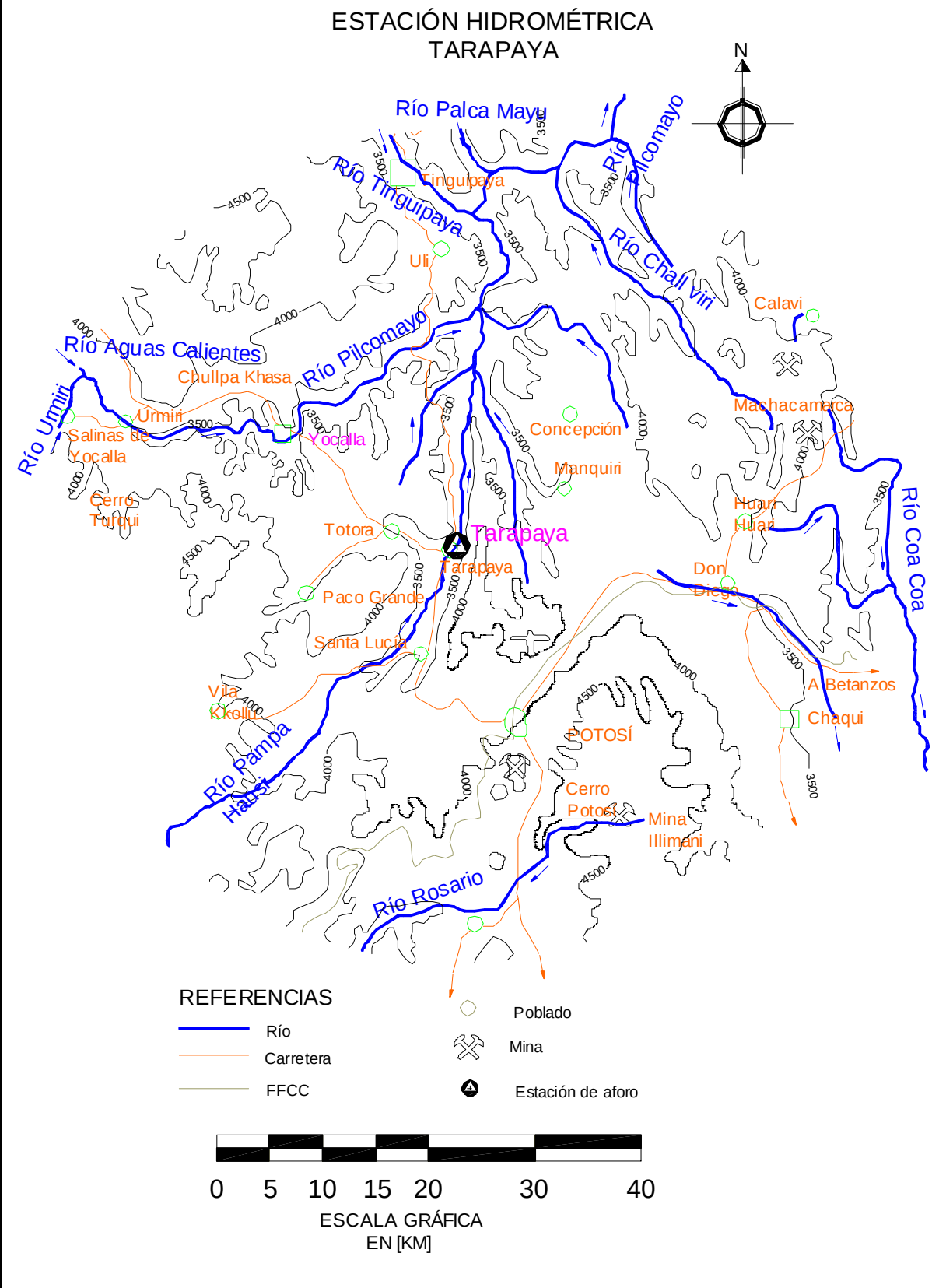
4.22 Tarapaya

4.22.1 Características generales

Estación	TARAPAYA	
Características hidrográficas	Río	Tarapaya
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Pilcomayo
	Área de la cuenca (km2)	885
Características geográficas	Latitud (decimales)	- 19,46844 (GPS)
	Longitud (decimales)	- 65,79183 (GPS)
	Altura (m.s.n.m.)	3341 (GPS)
	País	Bolivia
	Departamento	Potosí
	Provincia	
Acceso	?	
Administrador	SENAMHI - Potosí	
Fecha de apertura	Febrero 1990	
Cierre /rehabilitación	Cerrada en Noviembre 1997. Rehabilitada en junio 2003	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 01/02/90-30/06/2004	No se tiene información
	Aforos :	No hay aforos para esta estación
Informaciones complementarias disponibles	- Estación visitada por el Ing.Luis Noriega en agosto 2004. - ningún archivo encontrado	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)

No cuenta con información precisa.



4.22.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ **Batimetría disponible :**

No se tenía ninguna batimetría para esta estación . Como tampoco había aforos, no se pudieron dibujar secciones a partir de los datos brutos de aforos.

▪ **Estabilidad de la sección**

No se tiene información.

4.22.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 01/02/90-30/06/2004

Porcentaje de lagunas : 49.2 %

Calidad general de los datos : aparentemente buena, pero el gráfico de las cotas muestra una gran diferencia entre los datos anteriores y posteriores a 1995.

Tratamiento de los datos :

La estación Tarapaya presenta datos de 7 años (antes de su rehabilitación en 2003) con algunas lagunas. Las lagunas grandes no pudieron ser rellenadas debido a la ubicación de la estación en la cabecera de la cuenca y no contaba con estaciones vecinas (estimadoras).

Los datos disponibles fueron tratados de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
01/02/90		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
01/02/90-31/12/90		Datos confiables completos, guardados
	01/01/91-31/01/91	
01/02/91-30/09/94		Datos confiables con lagunas de algunos días rellenadas por extrapolación
	01/10/94-30/09/95	
01/10/95-31/05/96		Datos confiables completos, guardados
	01/06/96-31/11/96	
01/12/96-30/11/97		Datos confiables completos, guardados
	01/12/97-31/05/2003	
01/06/2003-		Datos confiables completos, guardados

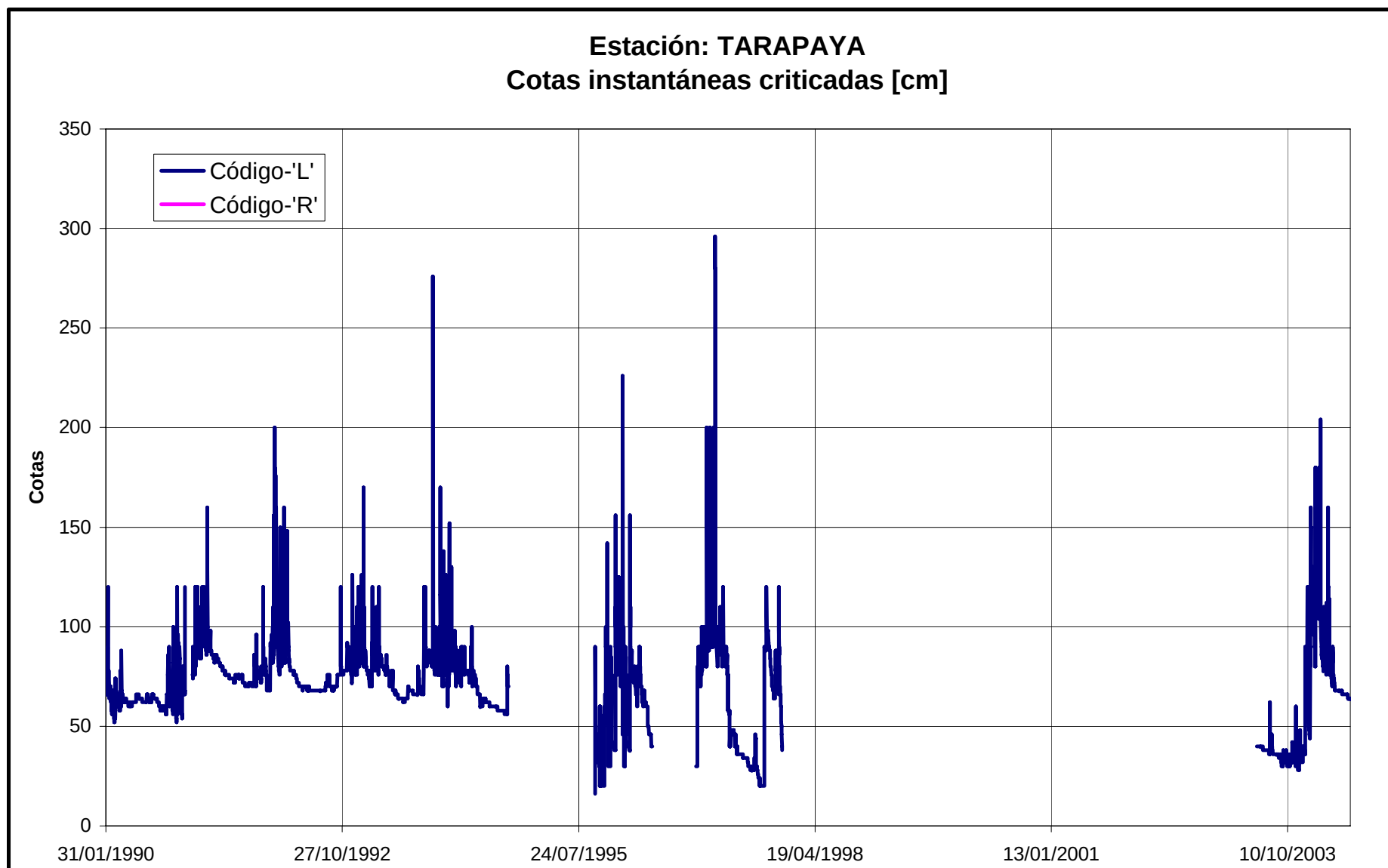
4.22.4 Aforos disponibles.

No se tenía ningún aforo para esta estación entonces no se pudieron elaborar series de caudales.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Las series de cotas de Tarapaya son aparentemente de buena calidad. Esto no puede ser confirmado por falta de estaciones estimadores debido al hecho que la estación se encuentra en cabeza de cuenca.

No se tenía aforos lo que impidió construir series de caudales.

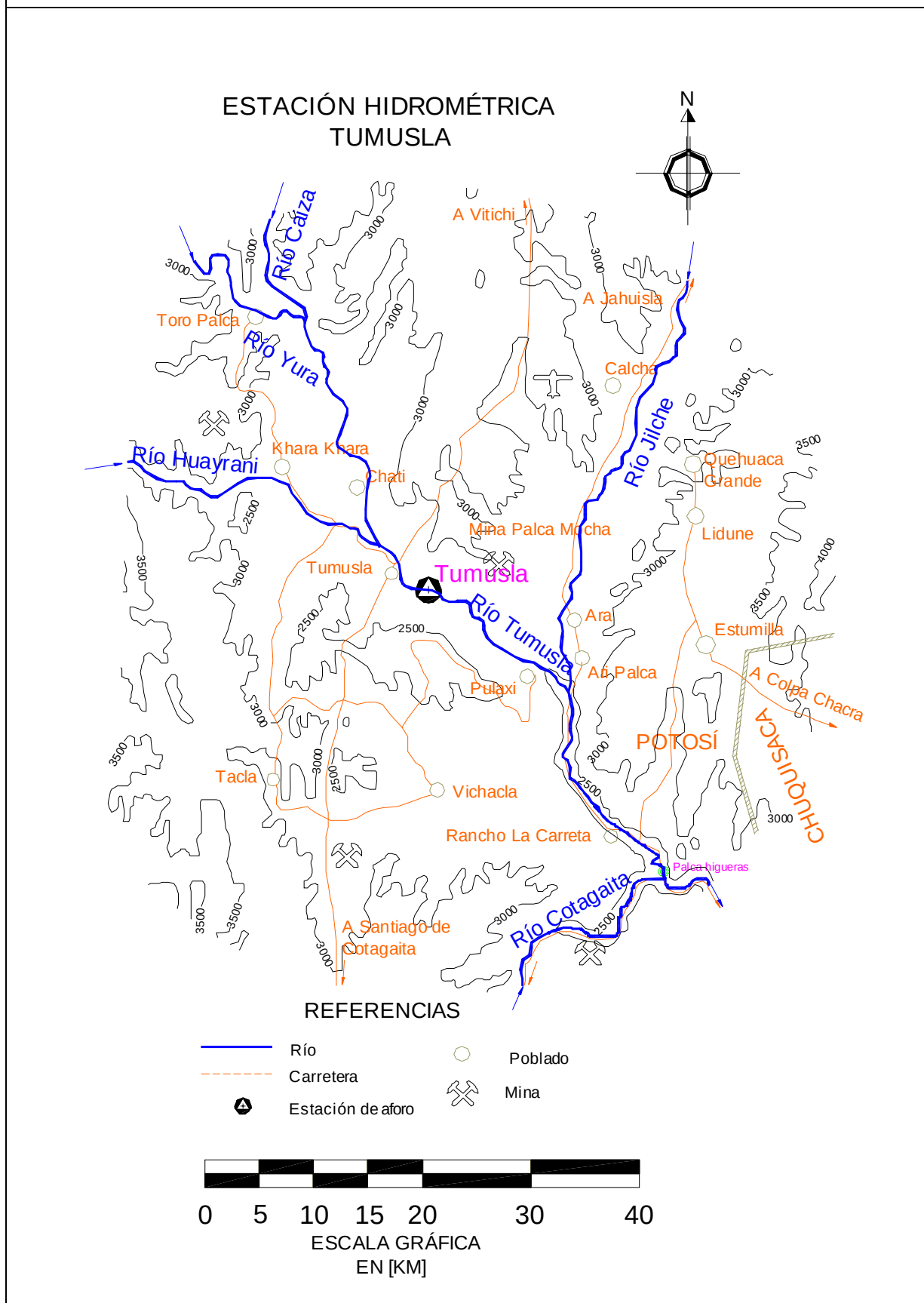


4.23 Tumusla

4.23.1 Características generales

Estación	TUMUSLA	
Características hidrográficas	Río	Tumusla
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Tumusla
	Área de la cuenca (km2)	
Características geográficas	Latitud (decimales) con G.P.S Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing.Daval – Ing.Noriega (Mayo 2004-Agosto 2004)	-20.4834
	Longitud (decimales) Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing.Daval – Ing.Noriega (Mayo 2004-Agosto 2004)	-65.6159
	Altura (m.s.n.m.) Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing.Daval – Ing.Noriega (Mayo 2004-Agosto 2004)	2605
	País	Bolivia
	Departamento	Potosí
	Provincia	Nor Chichas
Acceso	El sitio se encuentra en la ruta troncal Potosí-Cuchu Ingenio Tupiza, transitable todo el año.	
Administrador	SENAMHI – POTOSÍ	
Fecha de apertura	En Noviembre de 1970	
Cierre /rehabilitación	La estación fue cerrada en Marzo de 1971.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 07/10/74-30/06/97	Cotas leídas en escalas limnimétricas.
	Aforos : 01/10/70-31/03/71	Se realizaban aforos con molinete.
Informaciones complementarias disponibles	- Estación visitada por el Ing. Daval en mayo 2004 y por el Ing. Luís Noriega en Agosto 2004. - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



4.23.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ **Batimetría disponible :**

No se disponía de secciones elaboradas en papel (originales), por lo tanto no se pudo realizar las secciones transversales.

▪ **Estabilidad de la sección**

En la visita realizada por el Experto Europeo Hidráulica e Hidrología Ing. Emanuel DAVAL detalla que la sección presenta variaciones importantes y divagación del cauce.

4.23.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 07/10/74-30/06/97

Porcentaje de lagunas : 8.1 %

Calidad general de los datos :

Tratamiento de los datos : Análisis de Correlaciones Lineales y Análisis de Consistencia.

La estación Tumusla presenta datos de cotas con buena continuidad y buena apariencia.

Para averiguar la calidad de las cotas, corregir y/o rellenar, se utilizaron como estaciones estimadoras (por correlaciones simples) las siguientes :

- Palca Grande
- Palca Higuera
- Salto León
- Yura
- Chilcara
- Villamontes

Las correlaciones obtenidas a partir de sus estaciones presentaron buenos resultados, especialmente con las estaciones de Chilcara y Villamontes. Es difícil rellenar las lagunas, debido a que sus estaciones vecinas no presentan datos, además son periodos muy largos y en época de crecida.

Observando los gráficos de cotas con estaciones que pertenecen a otros ríos como ser El Puente (San Juan del Oro) se puede decir que la serie de cotas es buena y coherente.

Los datos disponibles fueron tratados de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
	01/09/74-06/10/74	Laguna rellenada por correlaciones con la estación de San Pedro, con el objeto de tener completo el año hidrológico de 1975.
07/10/74		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
08/10/74-30/12/87		Datos de calidad indefinida, guardados.
	31/12/87-01/06/88	Presenta una laguna de 6 meses que no se rellenará debido a que no cuenta con estimadores.
02/06/88-30/01/89		Datos de calidad indefinida, guardados.
	31/01/89-1/03/89	Presenta una laguna de 3 meses que no se rellenó debido a que no cuenta con estimadores.

02/03/89-27/02/93		Datos de calidad indefinida, guardados.
	28/02/93-01/08/93	Presenta una laguna de 6 meses que no se rellenó debido a que la correlación no es buena.
02/08/93-27/02/95		Datos de calidad indefinida, guardados.
	28/02/95-01/08/95	Presenta una laguna de 6 meses que no se rellenó debido a que no cuenta con estimadores.
02/08/95-29/04/96		Datos de calidad indefinida, guardados.
	30/04/96-31/10/96	Presenta una laguna de 6 meses que no se rellenó debido a que no cuenta con estimadores.
01/11/96-30/06/97		Datos de calidad indefinida, guardados. FINAL DE LAS LECTURAS DE COTAS

4.23.4 Aforos disponibles.

Aforos disponibles : 01/10/70-31/03/71

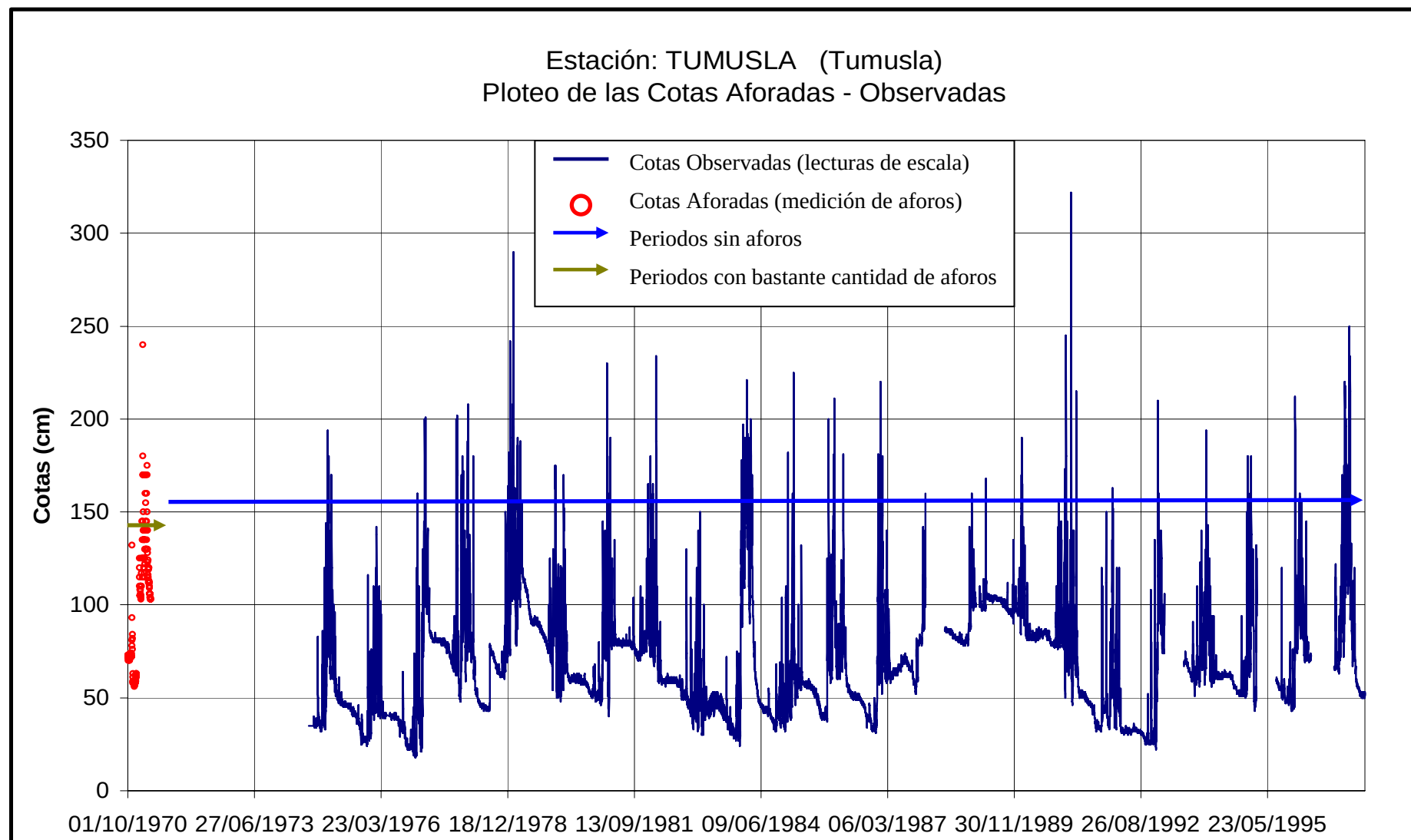
Calidad de los datos : buena calidad pero muy escasos y solo se tienen aforos hasta 180 m³/s.

Es preocupante no tener ningún aforo sobre el periodo de observación de las cotas : la estación cuenta con algunos aforos en 1971, pero nada después de esta fecha. Por eso será difícil obtener caudales confiables, puesto que la sección es probablemente inestable.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Datos tomados en forma irregular (Escasos)	Datos faltantes	Observaciones
01/10/70-31/03/71		Poca cantidad de datos, y ningún aforo sobre el periodo de observación de las cotas.



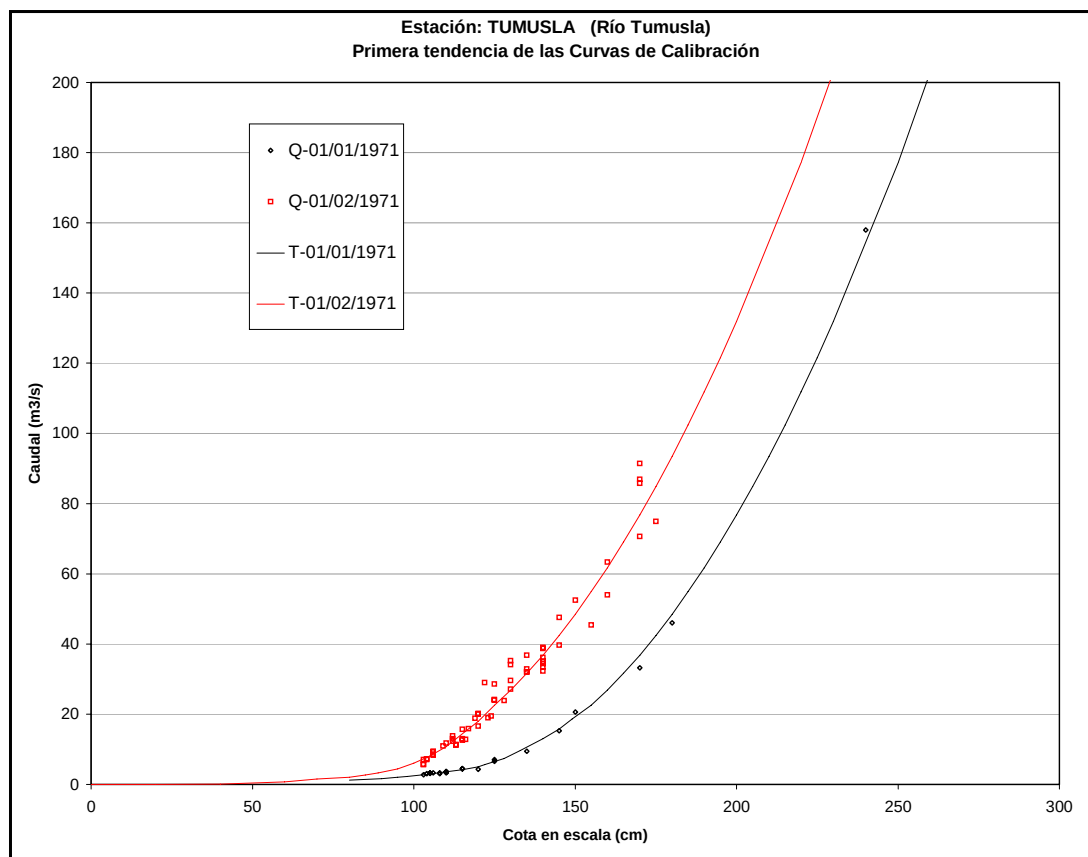
Regularidad con la que se han realizado los aforos

4.23.5 Curvas de calibración.

▪ Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

En el gráfico de la página anterior se puede ver la poca cantidad de aforos que presenta la estación. A pesar de esto se han construido las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel, y son las siguientes (los puntos son los aforos disponibles):



Primera tendencia de las curvas de calibración

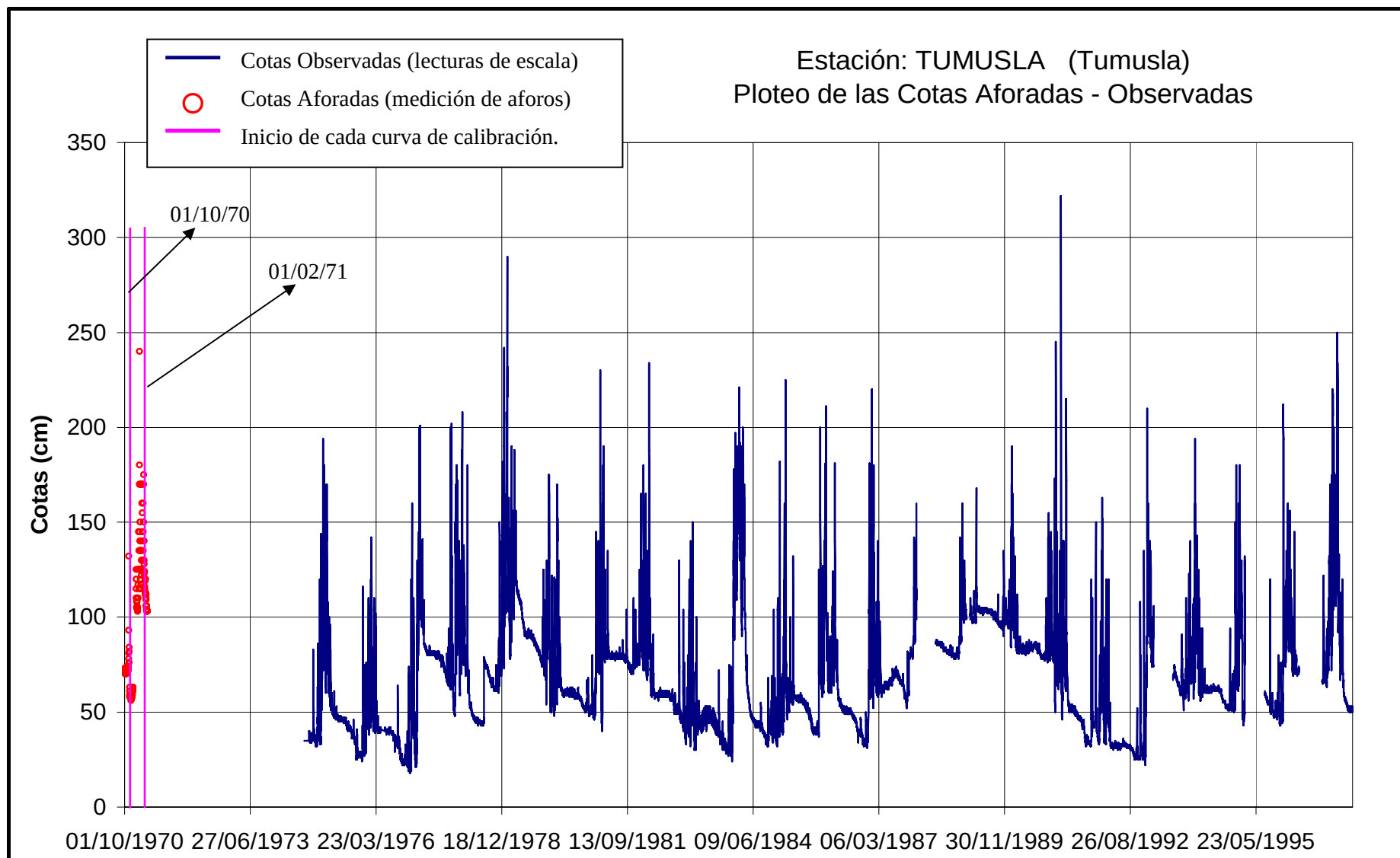
Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

Se hizo la prueba de traducir las cotas de 74 a 97 con la curva definida a partir de los aforos de 71. Los análisis por correlaciones de los caudales obtenidos con estas curvas mostraban claramente que los caudales para aguas bajas calculados eran bajos. Es debido probablemente al hecho que la estación se ha descalibrado en el transcurso del tiempo, por lo menos en aguas bajas. Al contrario, los caudales para la parte alta de las curvas parecen tener sentido con sus estaciones vecinas.

Ajuste con la fórmula de Manning :

No se realizó ningún ajuste debido a que no contábamos con secciones transversales.

El gráfico siguiente nos permitirá visualizar de una mejor manera la frecuencia de las descalibraciones en la estación



Primera identificación de las des-calibraciones

▪ **Validación de las Curvas Calibración mediante el Análisis de Consistencia.**

El análisis de consistencia nos ha permitido identificar problemas relevantes en los caudales, en el periodo donde se ha definido una sola curva de calibración para un periodo muy largo (sirven para calcular caudales), por ejemplo, en el gráfico anterior se puede ver que:

- la curva 01/10/70 hasta 31/01/71 (aforos en época de estiaje), no sirve para calcular caudales, debido a que en este periodo no contamos con datos de lecturas de escala.
- la curva 01/02/71 sirve para calcular caudales hasta 01/07/97, que es periodo aproximadamente de 22 años. La razón principal por la que se había decidido calcular caudales tomando en cuenta una sola curva de calibración, fue porque los datos de lecturas de escala en todo este periodo, eran de buena calidad y cantidad, además que los caudales obtenidos a partir de esta curva debían ser validados.

Entonces esta curva 01/02/71 debe sub-dividirse en varias de tal manera que consideren todas las des-calibraciones en la estación. Para mejorar los caudales en este periodo se crearan curvas de calibración (no hay aforos), suponiendo que la estación se des-calibrará de igual manera que en los años pasados (curvas: 01/10/71- aforos en estiaje y 01/02/71- aforos en crecidas). Estas nuevas curvas de calibración fueron validadas por el análisis de consistencia a nivel anual y mensual y por correlaciones con los caudales diarios con sus estaciones vecinas Salto León, Palca Grande y Chilcara.

Entonces el análisis de consistencia nos ha permitido obtener **34 curvas de calibración** que pretenden considerar todas las des-calibraciones en la estación.

Las curvas definitivas se presentan al final de esta ficha.

4.23.6 Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las últimas curvas de calibración y de las cotas observadas.

Una vez concluido el análisis de consistencia, se realizó el relleno de caudales a nivel mensual utilizando las correlaciones lineales simples, con el fin de contar con series de datos que sean las más completas posibles. La estación de Tumusla cuenta con 6 lagunas, para rellenar estas lagunas utilizaremos como estaciones estimadoras a : Villamontes, Palca Grande y Chilcara.

Las correlaciones realizadas a partir de estas estaciones dieron buenos resultados, especialmente con las estaciones de: Chilcara y Villamontes, por lo tanto las estimaciones obtenidas nos permitieron rellenar todas las lagunas.

- De Ene 88 – Jun 88, relleno con la estación de Villamontes.
- Feb 89 relleno con la estación de Villamontes.
- De Mar 93 – Jul 93, relleno con la estación de Chilcara.
- De Mar 95 – Jul 95, relleno con la estación de Villamontes.
- De May 96 – Oct 96, relleno con la estación de Villamontes.
- De Jul 97 – Ago 97, relleno con la estación de Villamontes.

El análisis de consistencia a nivel mensual permitió para validar los rellenos realizados a nivel mensual. Ahora contamos con toda la serie de datos completa en la estación de Tumusla.

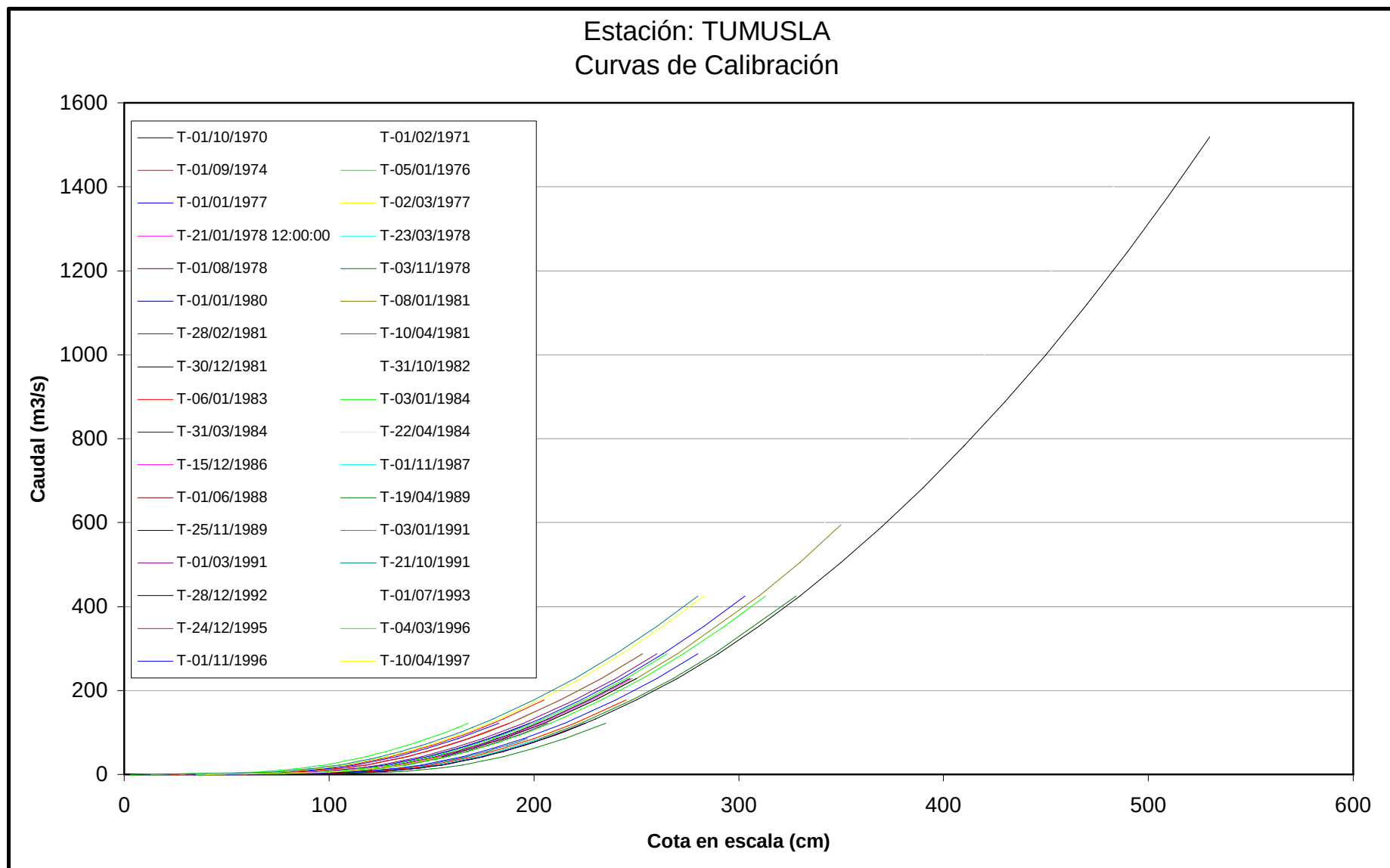
Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

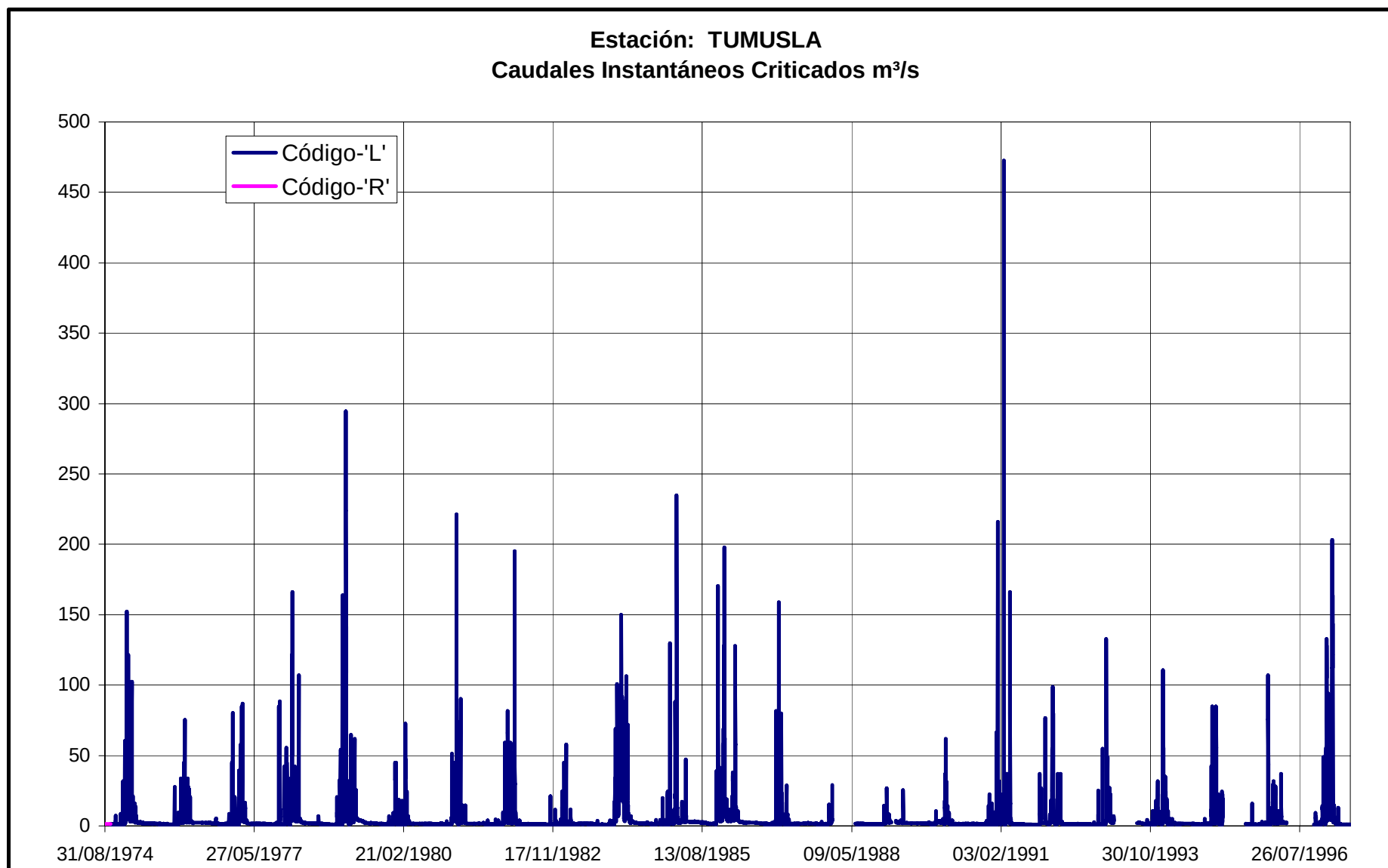
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Las correlaciones y las observaciones con sus estaciones vecinas, nos han permitido ver la buena calidad de los datos de lecturas de escala. Estas buenas correlaciones nos permitieron rellenar todas las lagunas a nivel mensual, por lo tanto ahora contamos con toda la serie completa.

El análisis de consistencia nos ha permitido validar caudales que han sido calculados a partir de curvas de calibración que no cuentan con aforos. Aparentemente estos caudales parecen de buena calidad, pero deberán ser validados por aforos que se realicen en lo posterior y en todas las épocas del año.

La serie de caudales mensuales obtenidos está completa de Sept. 75 hasta Agosto 97 lo que representa 23 años hidrológicos completos.





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la estación de Tumusla

Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1974-1975	1.2	1.267	1.512	2.109	11.39	20.04	5.579	2.198	1.904	1.816	1.761	1.591	4.264
1975-1976	1.39	1.088	0.907	1.901	6.31	10.04	6.874	2.291	2.267	2.242	2.223	1.966	3.272
1976-1977	2.005	1.282	1.295	2.424	5.024	11.58	9.602	1.922	1.538	1.509	1.465	1.384	3.371
1977-1978	1.163	0.99	5.74	7.354	6.869	21.28	5.908	2.546	1.975	1.873	2.096	1.551	4.834
1978-1979	1.208	1.009	0.818	7.998	31.03	9.103	10.48	5.296	3.486	2.162	1.966	1.822	6.386
1979-1980	1.579	1.305	1.305	7.395	3.489	2.292	6.784	1.615	1.593	1.602	1.521	1.489	2.679
1980-1981	1.3	1.228	1.16	1.176	9.56	15.01	8.643	2.282	1.601	1.588	1.581	1.556	3.824
1981-1982	1.565	1.326	1.513	4.131	9.869	7.476	10.99	1.639	1.3	1.333	1.333	1.273	3.638
1982-1983	1.136	1.502	1.246	1.473	2.944	3.429	1.516	1.294	1.422	1.465	1.438	1.235	1.665
1983-1984	1.116	0.844	0.771	1.229	22.99	47.12	25.72	4.968	2.431	1.902	1.772	1.748	9.257
1984-1985	1.387	1.74	2.763	2.605	4.71	26.56	3.095	4.287	2.974	2.925	2.734	2.353	4.688
1985-1986	1.865	1.57	15.2	13.16	26.6	5.559	18.85	3.844	2.481	2.287	2.252	2.065	8.022
1986-1987	1.674	1.51	1.371	6.143	20.28	2.668	2.122	1.455	1.532	1.711	1.916	1.711	3.706
1987-1988	1.497	1.292	1.328	2.809	4.38	5.9	13.94	11.67	3.29	1.526	1.482	1.347	4.198
1988-1989	1.297	1.22	1.228	3.198	3.226	3.4	2.523	3.041	2.005	1.974	1.969	1.907	2.244
1989-1990	1.77	1.613	1.835	2.427	6.89	4.248	1.587	1.379	1.359	1.422	1.427	1.424	2.273
1990-1991	1.214	1.34	1.965	2.443	16.75	12.34	6.251	9.666	1.313	1.225	1.082	0.923	4.66
1991-1992	0.606	2.192	4.113	1.903	11.96	4.101	3.112	1.309	1.312	1.313	1.362	1.281	2.885
1992-1993	1.172	1.123	1.741	1.96	12.31	3.526	7.8	3.02	1.52	1.51	1.39	2.085	3.276
1993-1994	1.684	1.818	1.927	4.045	8.301	7.404	1.877	1.581	1.547	1.595	1.576	1.468	2.878
1994-1995	1.194	1.321	1.161	7.124	11.24	3.159	11.56	3.08	1.63	1.92	1.1	1.306	3.843
1995-1996	1.379	0.996	1.01	8.083	4.45	5.47	3.68	2.249	2.98	1.14	0.976	0.852	2.772
1996-1997	0.958	0.927	1.638	3.016	20.43	24.23	13.43	1.845	0.965	0.844	1.29	1.19	5.796
1997-1998													

Nota:

Los caudales en verde son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel instantáneo

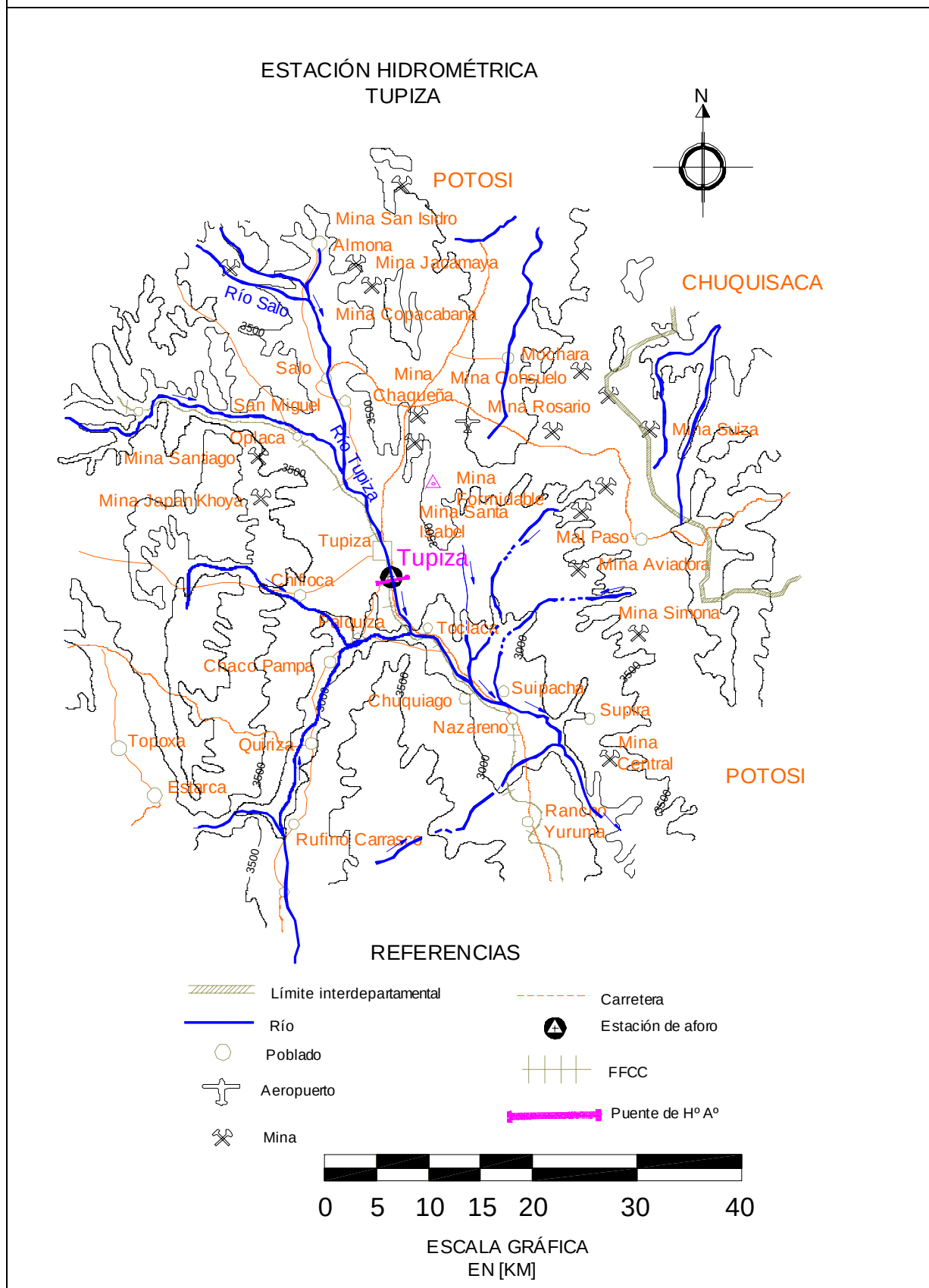
Los caudales en amarillo son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel mensual

4.24 Tupiza

4.24.1 Características generales

Estación	TUPIZA	
Características hidrográficas	Río	Tupiza
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Río San Juan del Oro
	Área de la cuenca (km2)	2 262
Características geográficas	Latitud (decimales) Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing.Daval en Mayo 2004	-21.5055
	Longitud (decimales) Fuente de Inf.: Visitas realizadas Ing.Daval en Mayo 2004	-65.7001
	Altura (m.s.n.m.) Fuente de Inf.: Archivos SENAMHI La Paz	2890
	País	Bolivia
	Departamento	Potosí
	Provincia	Sud Chichas
Acceso	Sobre el puente de la ciudad de Tupiza.	
Administrador	SENAMHI - POTOSÍ	
Fecha de apertura	En Mayo de 1980	
Cierre /rehabilitación	La estación fue cerrada en Diciembre de 1982.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 03/05/80-30/06/04	Se realizaban lecturas sobre escalas limnimétricas ubicadas en uno de los pilares del puente.
	Aforos : 05/05/80-29/12/82	Se realizaban aforos con molinete.
Informaciones complementarias disponibles	- Estación visitada por el Ing. Daval en mayo 2004 - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



4.24.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ **Batimetría disponible :**

No se disponía de secciones elaboradas en papel (originales), por lo tanto no se pudo realizar las secciones transversales.

▪ **Estabilidad de la sección**

En la visita realizada por el Experto Ing. Emanuel DAVAL, detalla que la sección presenta variaciones importantes y divagación del cauce.

4.24.3 Tratamiento de las lecturas de escala

Primera-ultima cota disponible : 03/05/80-30/06/04, pero hay cotas en forma consistente solamente a partir del 07/09/92

Porcentaje de lagunas : 74 %

Calidad general de los datos : Desconocida.

Tratamiento de los datos :

La estación Tupiza presenta datos antiguos y recientes con una considerable cantidad de lagunas.

Fue imposible realizar las correlaciones, debido a que los datos no presentan periodos comunes con sus estaciones vecinas (estimadoras). Entonces se consideró la calidad de los datos como desconocida.

Los datos disponibles fueron tratados de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
03/05/80		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
04/05/80-29/09/80		Datos de calidad indeterminada, guardados.
	30/09/80-06/09/92	Presenta una laguna de 12 años que no se rellenará debido a que es mucho tiempo.
07/09/92-27/02/095		Datos de calidad indeterminada, guardados.
	28/02/95-01/09/95	Presenta una laguna de 7 meses que no se rellenará debido a que no cuenta con estimadores.
02/09/95-29/04/96		Datos de calidad indeterminada, guardados.
	30/04/96-31/10/96	Presenta una laguna de 6 meses que no se rellenará debido que no cuenta con estimadores.
01/11/96-30/06/04		Datos de calidad indeterminada, guardados. FINAL DE LAS LECTURAS DE COTAS

4.24.4 Aforos disponibles

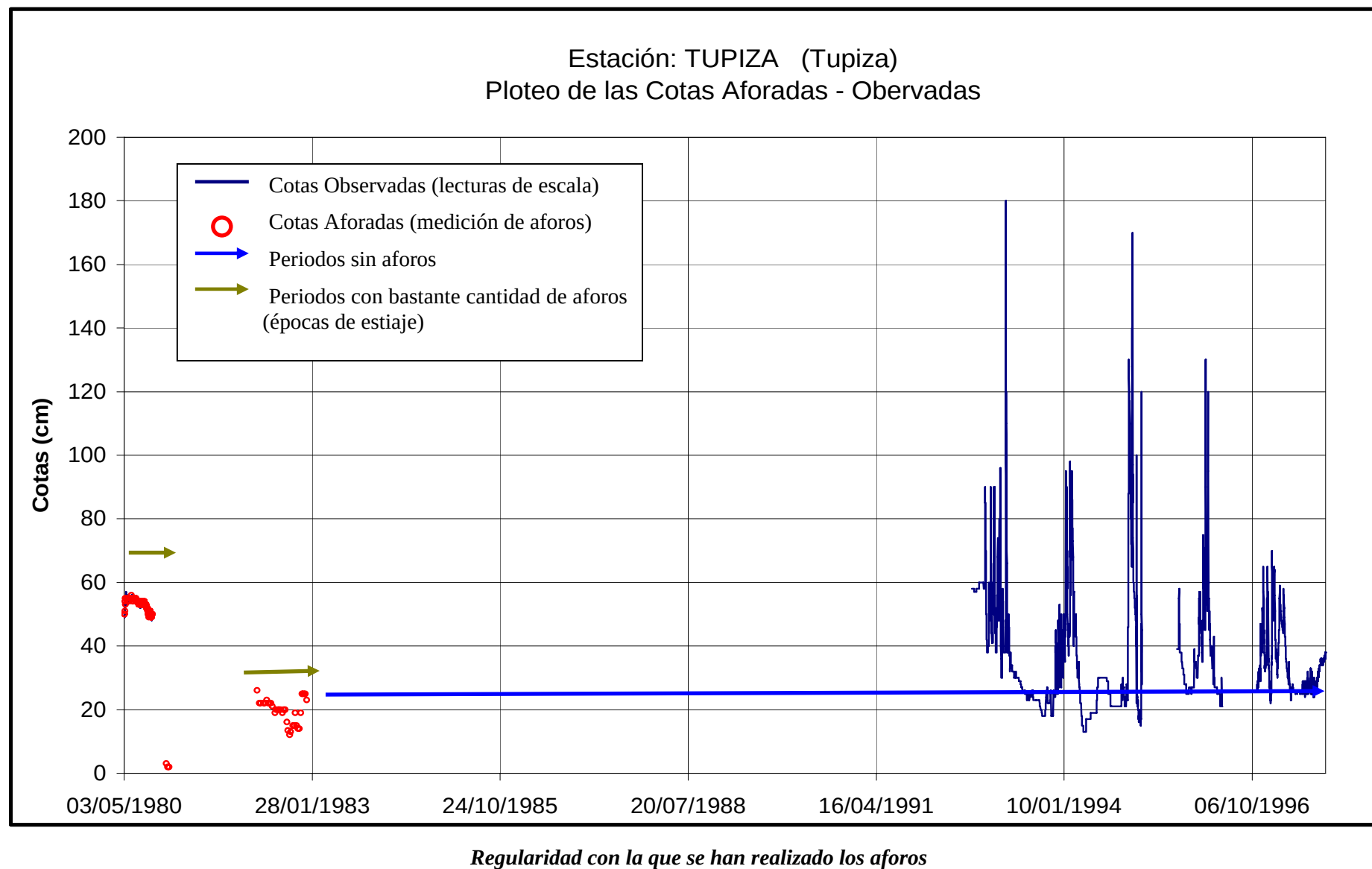
Aforos disponibles : 05/05/80-29/12/82

Calidad de los datos: buena calidad pero muy escasos y solo se tienen aforos hasta 180 m³/s. **Lamentablemente, no hay aforos sobre el periodo de observación de las cotas a partir del 92.** Por eso, será difícil obtener caudales de buena calidad sobre el periodo 92 a 04.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Buena cantidad de datos	Datos faltantes	Observaciones
5.May.80- Dic.80		Buena cantidad de aforos
	Ene.81-Marzo.82	No hay aforos.
Abril.82-Dic.82		Datos muy escasos

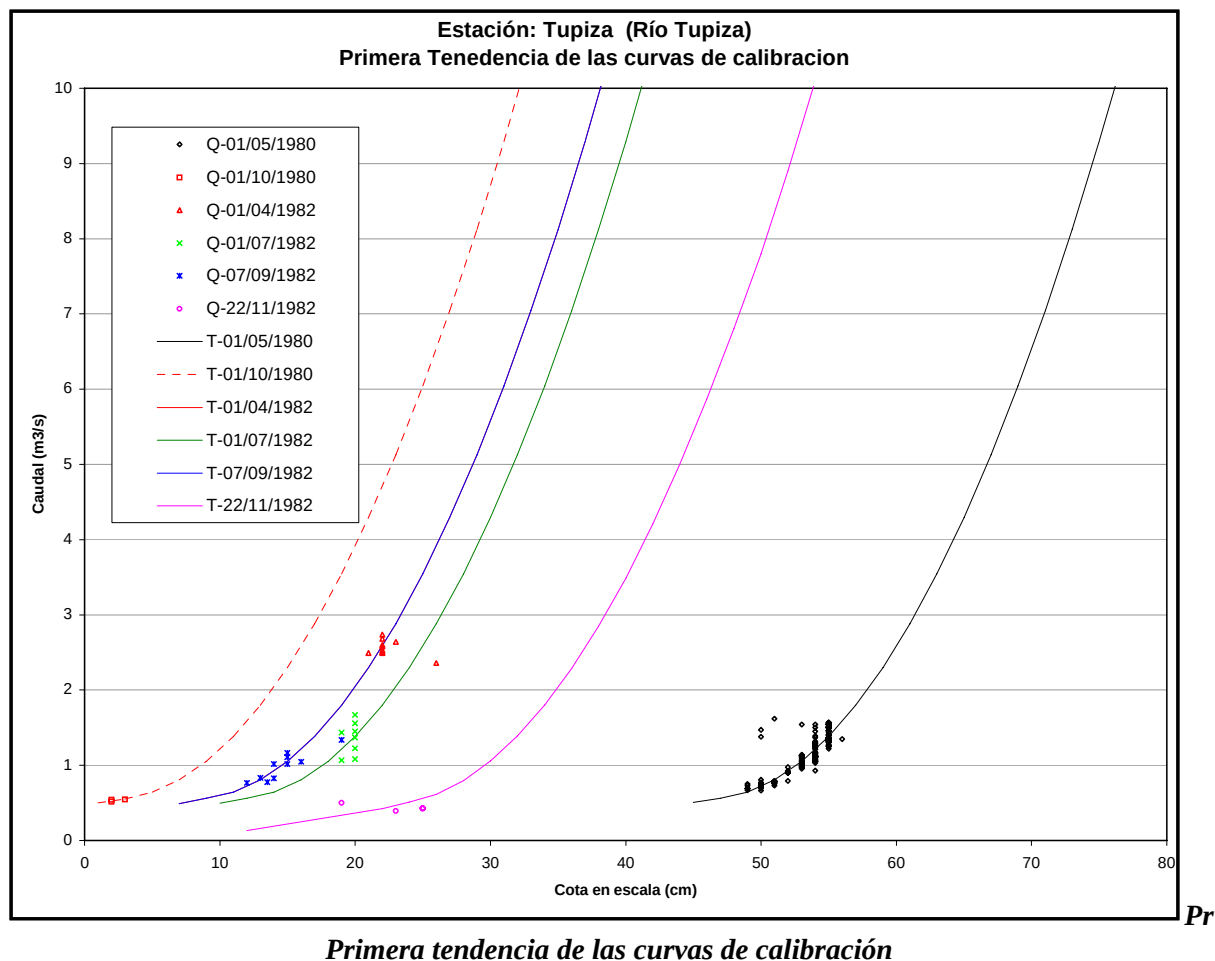


4.24.5 Curvas de calibración

▪ Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

Las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel a partir de las series de aforos eran las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) :



Primera tendencia de las curvas de calibración

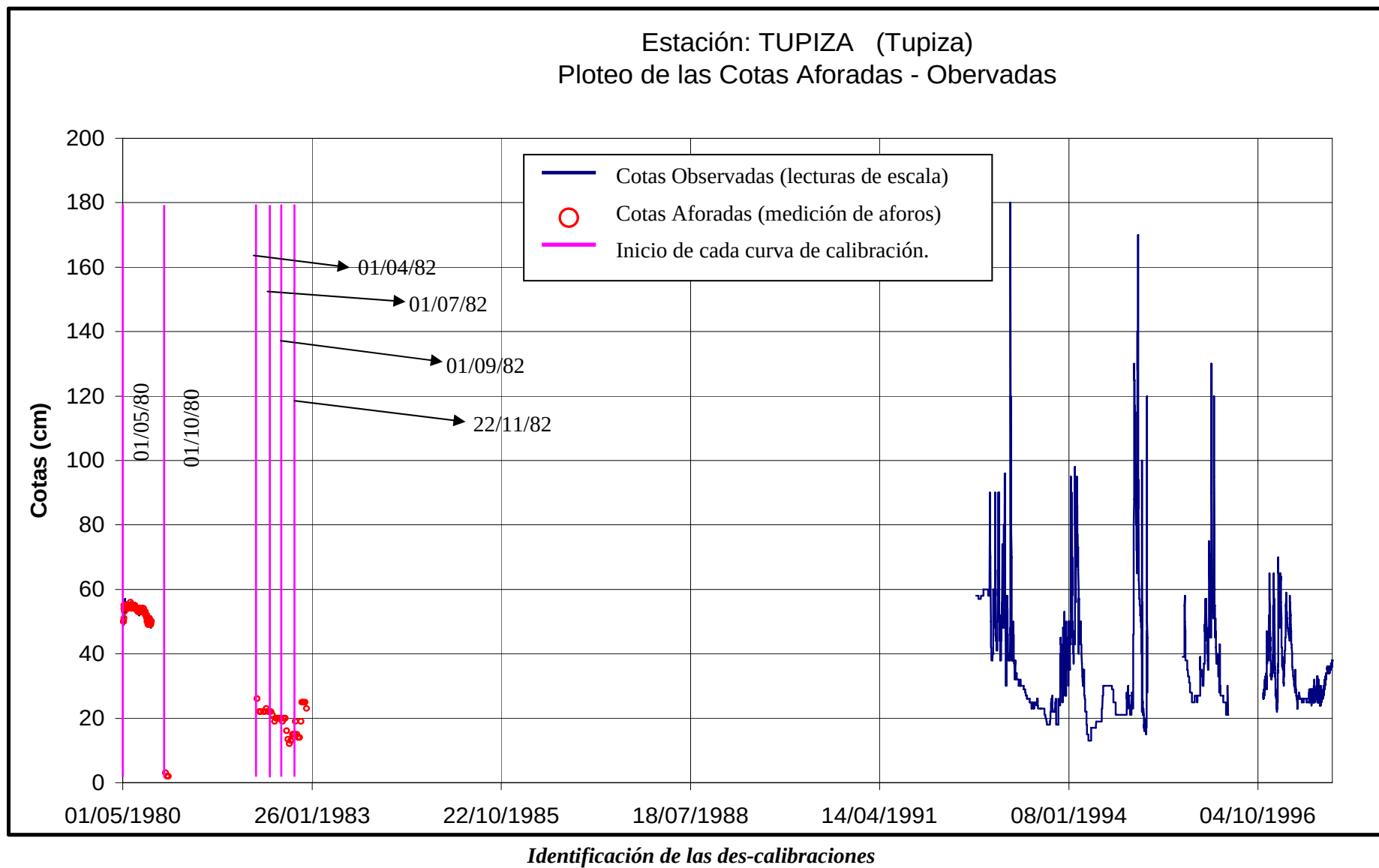
Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

Los análisis mediante correlaciones a partir de los caudales con sus estaciones vecinas (estimadoras) mostraba que los caudales obtenidos tienen sentido, hasta para el periodo de cotas traducidas sin disponer de aforos (92 a 04). Sin más información, se decidió guardar las curvas iniciales.

Ajuste con la formula de Manning :

No se realizó ningún ajuste debido a que no contábamos con secciones transversales.

El gráfico siguiente nos permitirá visualizar de una mejor manera la frecuencia de las des-calibraciones en la estación.



▪ **Validación de las Curvas Calibración mediante el Análisis de Consistencia.**

La estación Tupiza presenta datos muy antiguos, sin periodo común con sus estaciones vecinas. Por lo tanto la estación no ingresó dentro del análisis de consistencia.

La estación presenta **6 curvas de calibración**.

4.24.6 Cálculo de los caudales diarios, mensuales y anuales - Relleno mensual

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las últimas curvas de calibración y de las cotas observadas.

La estación cuenta con 3 lagunas, que no fueron rellenas por no presentar un periodo común con sus estaciones estimadoras, ya que la estación cuenta con datos muy recientes.

Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

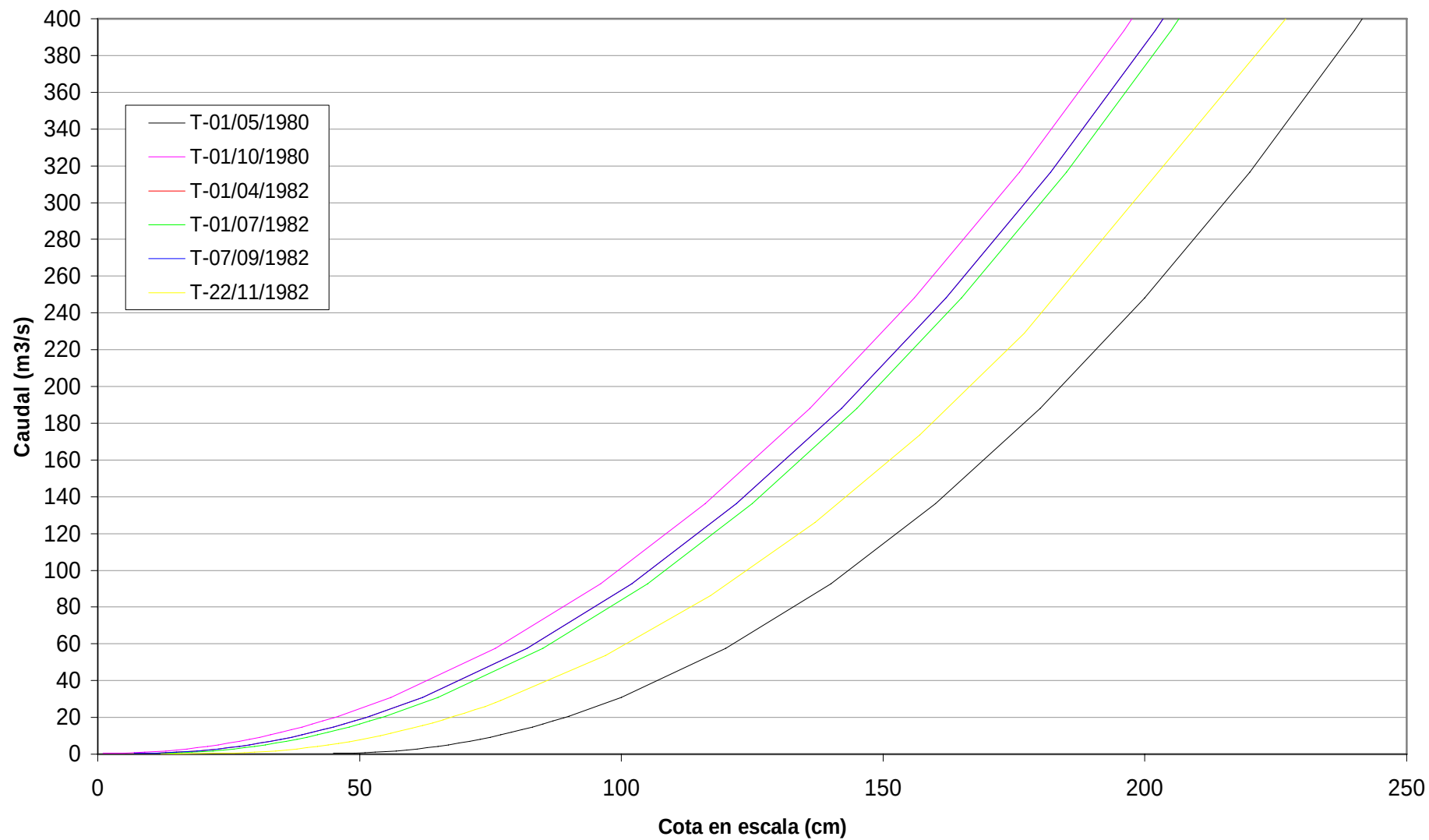
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

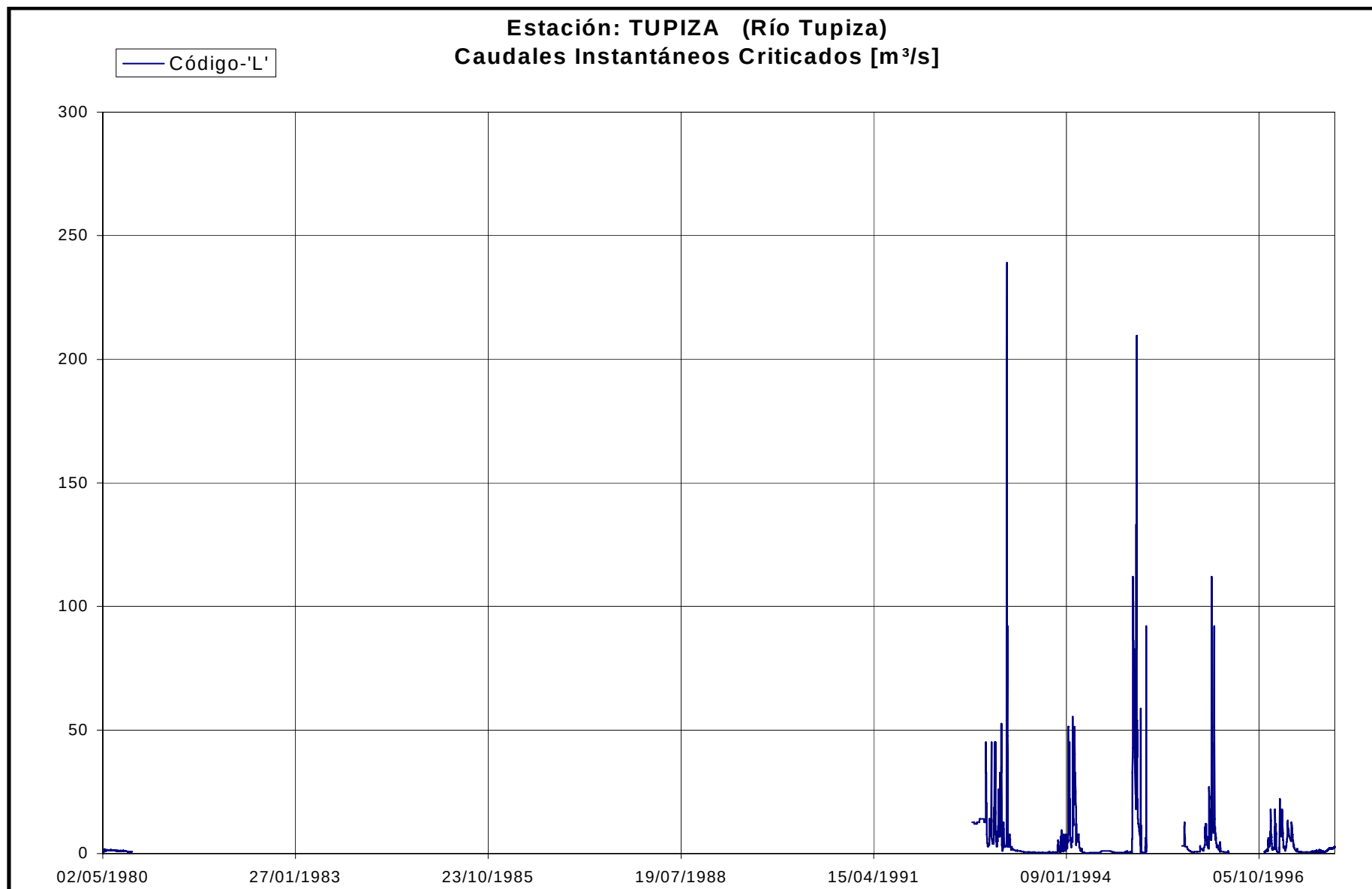
La serie de cotas disponibles se considera de calidad desconocida debido a que la estación no tiene estaciones estimadoras que abarquen el mismo periodo. Por lo tanto no se puede asegurar la calidad de los datos como buena. Por el mismo hecho no se pudo rellenar ninguna de las lagunas.

Los caudales obtenidos sobre el periodo de 92 hasta el 96 son sumamente dudosos, porque se obtuvieron utilizando la última curva de calibración válida, elaborada a partir de los aforos del final del año 82, y es probable que desde el 82, la estación se haya descalibrado, por lo menos en aguas bajas.

La serie de caudales mensuales obtenida cuenta con datos de Mayo 1980 hasta Octubre 1998 incluyendo solo 3 años hidrológicos completos.

Estación: Tupiza = TUPIZA (Plata)
Curvas de calibración





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la estación de Tupiza

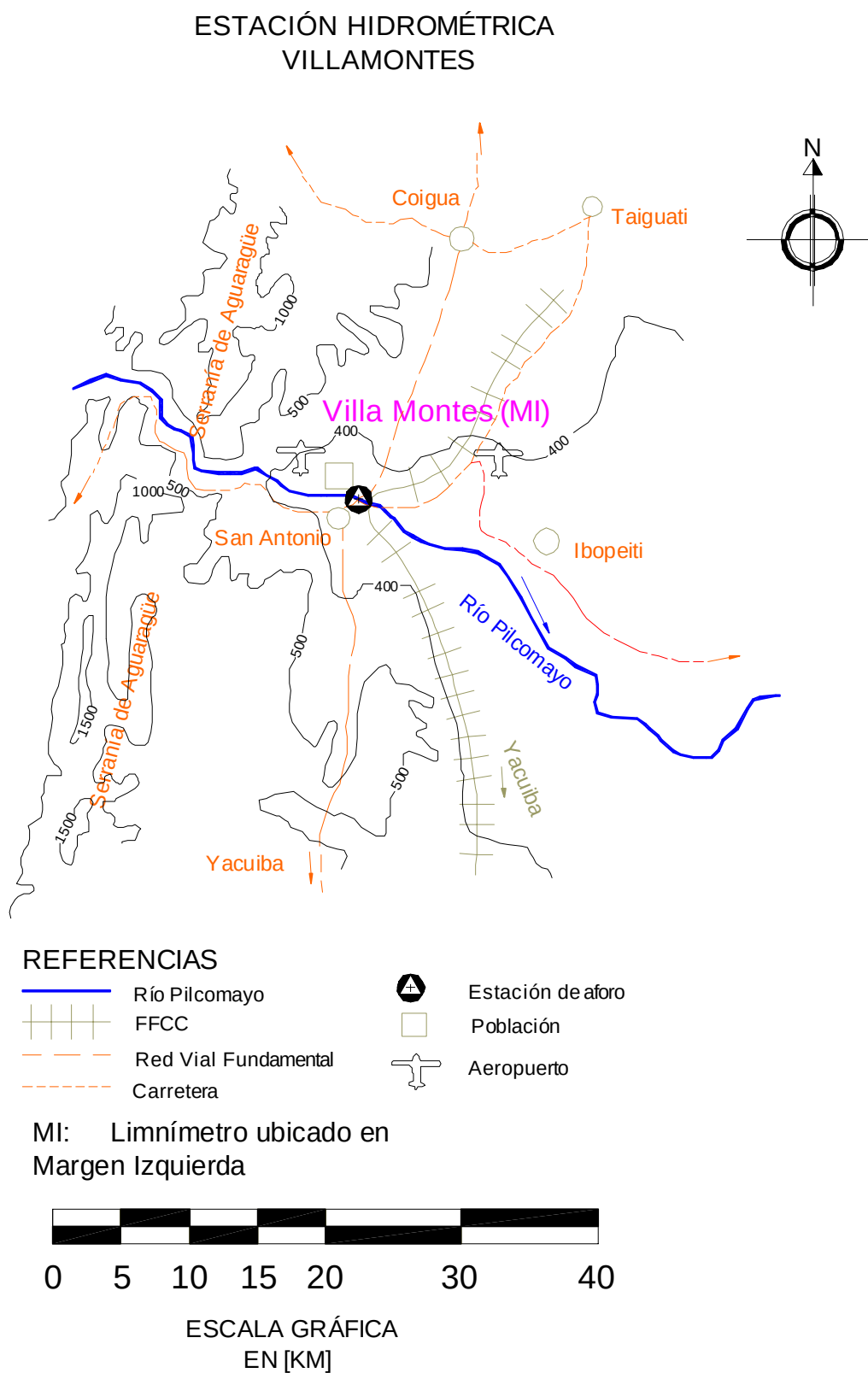
Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1979-1980									1.206	1.337	1.138	1.079	
1980-1981	0.76												
1992-1993	12.35	13.51	12.76	8.373	10.95	8.239	16.65	1.35	0.921	0.585	0.524	0.466	7.134
1993-1994	0.336	0.482	1.008	2.496	8.998	19.3	4.144	0.31	0.259	0.336	0.938	1.021	3.202
1994-1995	0.462	0.393	0.509	32.78	31.81	2.526							
1995-1996	3.69	0.905	0.68	2.9	8.234	18.31	1.559	0.51					
1996-1997			2.29	5.23	6.497	4.889	7.672	1.336	0.633	0.595	0.773	0.758	
1997-1998	0.98	2.142											

4.25 Villamontes

4.25.1 Características generales

Estación	VILLAMONTES	
Características hidrográficas	Río	Pilcomayo
	Cuenca	Pilcomayo
	Sub-cuenca	Pilcomayo
	Área de la cuenca (km2)	84 048
Características geográficas	Latitud (decimales)	-21,257 (GPS)
	Longitud (decimales)	-63,5018 (GPS)
	Altura (m.s.n.m.)	392 (GPS)
	País	Bolivia
	Departamento	Tarija
	Provincia	Gran Chaco
Acceso	Acceso fácil por la carretera Tarija-Villamontes. La escala está en margen izquierda del río, aguas arriba de Villamontes, cerca de la planta de bombeo para riego. La sección de aforo se encuentra 500m aguas abajo del puente Ustarez.	
Administrador	SENAMHI-Tarija	
Fecha de apertura	Agosto 1973	
Cierre /rehabilitación	La estación no funciono del 01/10/87 hasta el 01/01/90. A parte de este periodo largo, nunca se cierra y la estación todavía está en funcionamiento.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 01/08/73-02/01/05	Escala de 3m en estructura de hormigón (en el sistema de toma de agua) en la sección de aforo y limnógrafo en el puente.
	Aforos : 02/09/74-28/12/04	Medición con molinete (de marca OTT la mayoría del tiempo) a partir de un sistema cable-carro-torno
Informaciones complementarias disponibles	- Estación visitada por el Ing. Daval en mayo 2004 y por el Ing. Luís Noriega en Agosto 2004. - Se disponía de caudales medio diarios en los archivos de oct.78 hasta sept. 83	

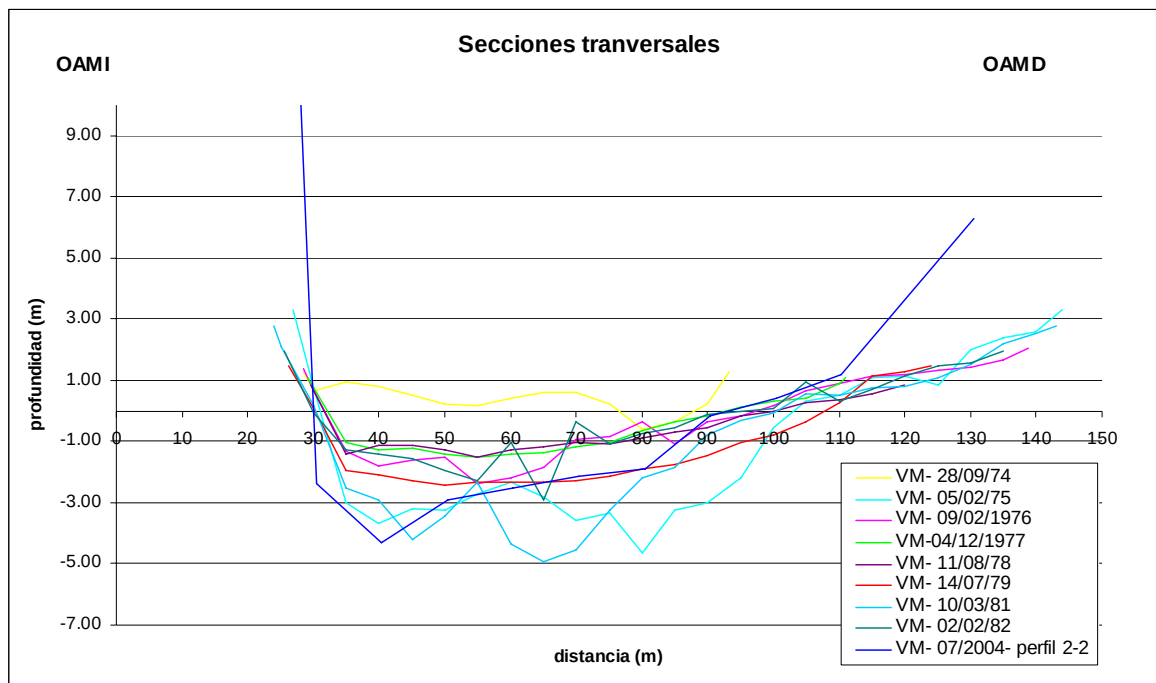
DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



4.25.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ Batimetría disponible :

Se disponía de secciones elaboradas a partir de los datos brutos de aforos de 74 hasta 82 y de perfiles transversales levantados por la UGP del Proyecto Pilcomayo en julio 2004. El gráfico siguiente muestra estos perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas)



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ Estabilidad de la sección

La sección parece bastante estable en las márgenes, pero se anotan sedimentaciones y erosiones frecuentes e importantes del fondo del lecho que hacen cambiar la sección mojada del cauce para una misma cota de escala.

4.25.3 Tratamiento de las lecturas de escala

Primera-ultima cota disponible : 01/08/73-02/01/05

Porcentaje de lagunas : 8,4%

Calidad general de los datos : buena.

Tratamiento de los datos : Análisis por Correlaciones Lineales y Análisis por Consistencia.

Para Villamontes se tienen datos bastante extensos y continuos, que a primera vista parecen de buena calidad.

Para corregir y/o rellenar las cotas disponibles, se utilizaron como estaciones estimadoras para correlaciones las siguientes :

- Viña Quemada
- San Josecito
- Misión La Paz

Las buenas correlaciones con estas estaciones permitieron averiguar la confiabilidad de los datos de Villamontes. Sin embargo, la correlación con Misión La Paz daba resultados mucho mejores que con

las dos otras estaciones, puesto que los aportes del río Pilaya no coincidían siempre con los del Pilcomayo (se podía tener una crecida en el Pilaya y ningún crecida en el Pilcomayo). Al contrario, la ubicación de Misión La Paz y Villamontes sobre el mismo tramo sin aporte mayor permite tener una muy buena correlación entre estas dos estaciones. Por lo tanto se pudieron rellenar varias lagunas de Villamontes a partir de correlaciones con Misión La Paz.

Los datos disponibles fueron tratadas de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
01/08/73		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
01/08/73-29/06/74		Datos de buena calidad
	30/06/74-31/08/74	Datos rellenados con correlación sobre las cotas de Misión La Paz
01/09/74-30/09/76		Datos de buena calidad
	01/10/76-20/10/76	Se realizo la correlación con las cotas de Misión La Paz pero han sido ajustadas con las cotas de los aforos de la estación observada Villamontes.
21/10/76-30/11/76		Cotas de mala calidad que fueron reemplazadas por las cotas de los aforos.
31/11/76-31/12/85		Datos de buena calidad
	01/01/86-30/08/86	No se realizo el relleno debido a que la estimación obtenida mediante correlaciones con la estación de Misión La Paz es muy baja.
	31/08/86-08/09/86	Se ha rellenado por correlaciones con la estación de Misión La Paz, con el objeto de tener completo el año hidrológico de 1987.
11/09/86-29/09/87		Datos de buena calidad
	30/09/87-31/12/88	Datos no rellenos
01/01/89-28/05/89		Datos de buena calidad
	29/05/89-12/06/89	Datos rellenos con correlación sobre las cotas de Misión La Paz
13/06/89-31/01/90		Datos de buena calidad
	01/02/90-01/05/90	Datos rellenados con correlación sobre las cotas de Misión La Paz
02/05/90-30/10/90		Datos de buena calidad
	31/10/90-30/11/90	Datos rellenos con correlación sobre las cotas de Misión La Paz
01/12/90-30/10/92		Datos de buena calidad
	31/10/92-01/12/92	Datos rellenados con correlación sobre las cotas de Misión La Paz
02/12/92-31/12/04		Datos de buena calidad

4.25.4 Aforos disponibles

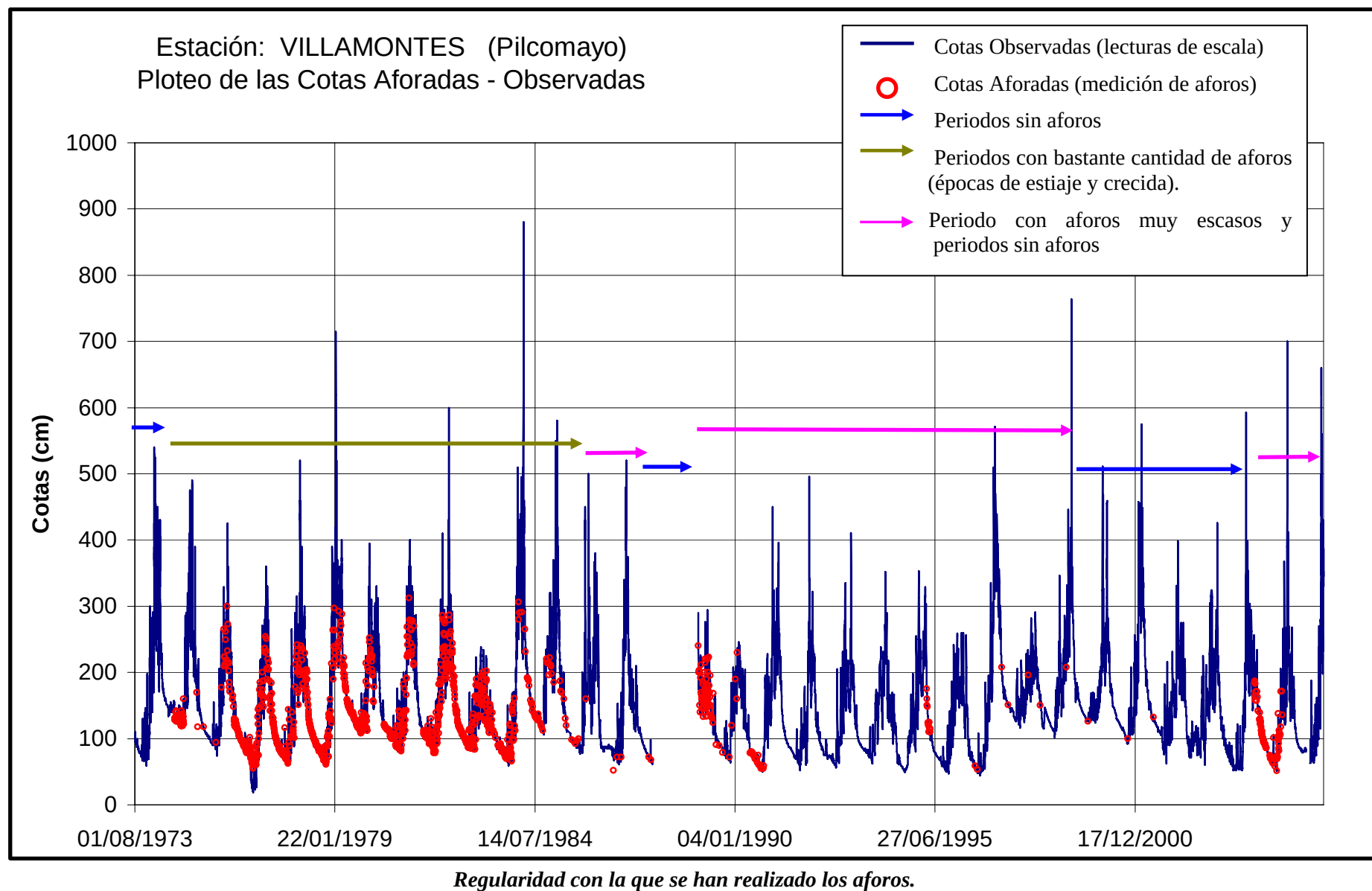
Aforos disponibles : 02/09/74-28/12/04

Calidad de los datos : Los datos de aforos son de buena calidad.

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Buena cantidad de datos	Datos faltantes	Observaciones
	Agosto.73-Agosto.74	No hay aforos
Sept.74-Sept.85		Buena cantidad de aforos, en épocas de crecida y estiaje
	Nov.85-Oct.90	Aforos realizados irregularmente (escasos).
	Nov .90 – Marzo .95	No hay aforos
	Abril. 95 - Mar. 2004	Aforos realizados irregularmente (escasos).
Marzo 2004-Dic.2004		Buena cantidad de aforos, en épocas de crecida y estiaje

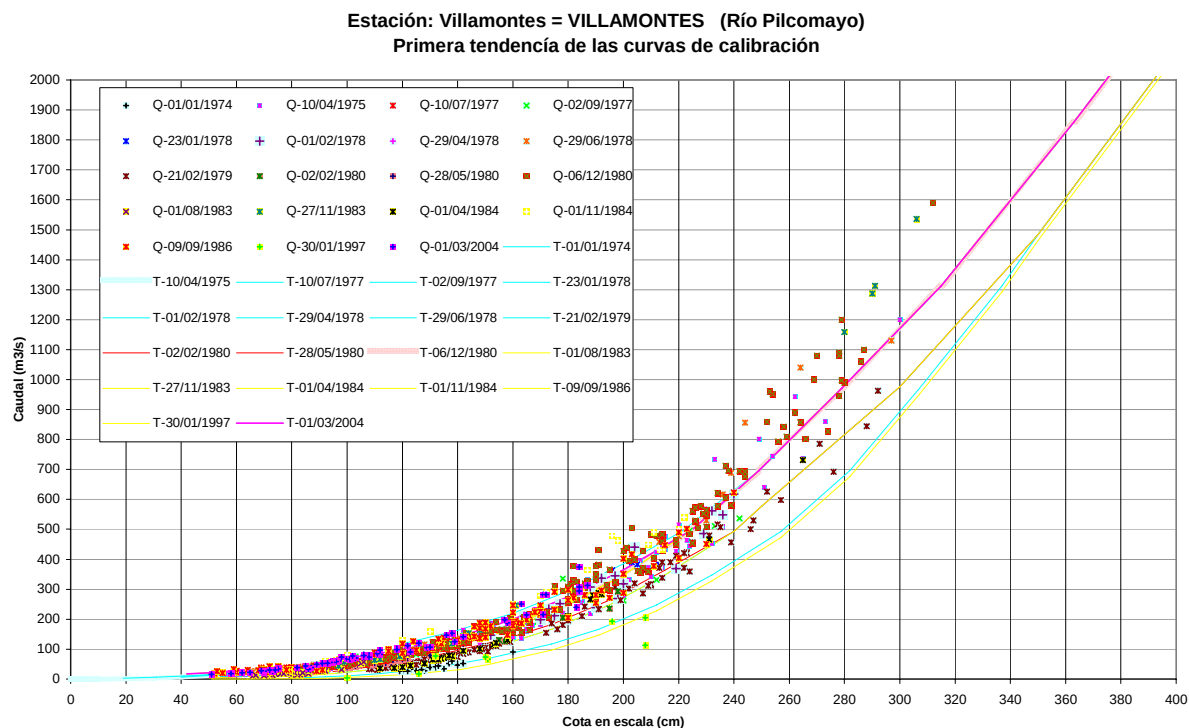


4.25.5 Curvas de Calibración

Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

Las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel a partir de las series de aforos eran las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) :



Primera tendencia de las curvas de calibración

Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de sus estaciones vecinas y por correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

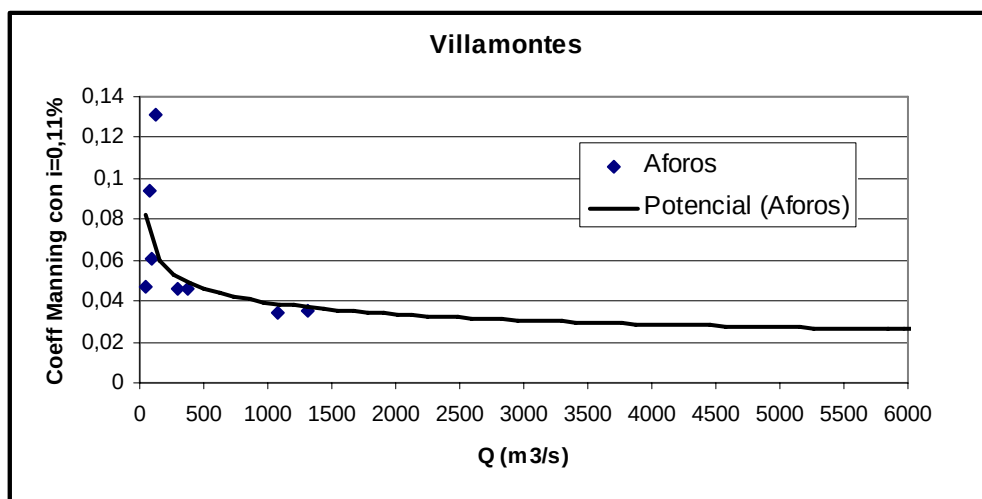
Los análisis de correlaciones y de comparaciones mostraban que los caudales obtenidos con estas curvas tenían sentido (coincidencia de los picos y de los periodos secos). Sin embargo, las comparaciones de los caudales de Villamontes con los otros mostraban claramente que los caudales de crecida eran demasiado exagerados: Los caudales de Villamontes en crecida eran casi dos veces los de Misión La Paz y también eran mucho más importantes que los de Viña Quemada más San Josecito. Un caudal más grande en Villamontes que la suma de los caudales de Viña Quemada y San Josecito se podría explicar por los aportes del Pilcomayo entre Viña Quemada y Villamontes pero los aportes correspondientes haciendo este hipótesis seguían demasiado grandes por la superficie correspondiente. También, un caudal más grande en Villamontes que en Misión La Paz se podía explicar por evaporación (la pendiente del río siendo muy baja en este tramo) y/o infiltración en las aguas subterráneas (hipótesis ya evocada por el Proyecto CABAS) pero la diferencia era demasiado fuerte para estar justificada.

Había que ajustar de manera importante la parte alta de estas curvas.

Los caudales encontrados en los archivos eran demasiado bajos para poder ajustarse con las curvas de calibración así que no fueron tomados en cuenta.

Ajuste con la formula de Manning :

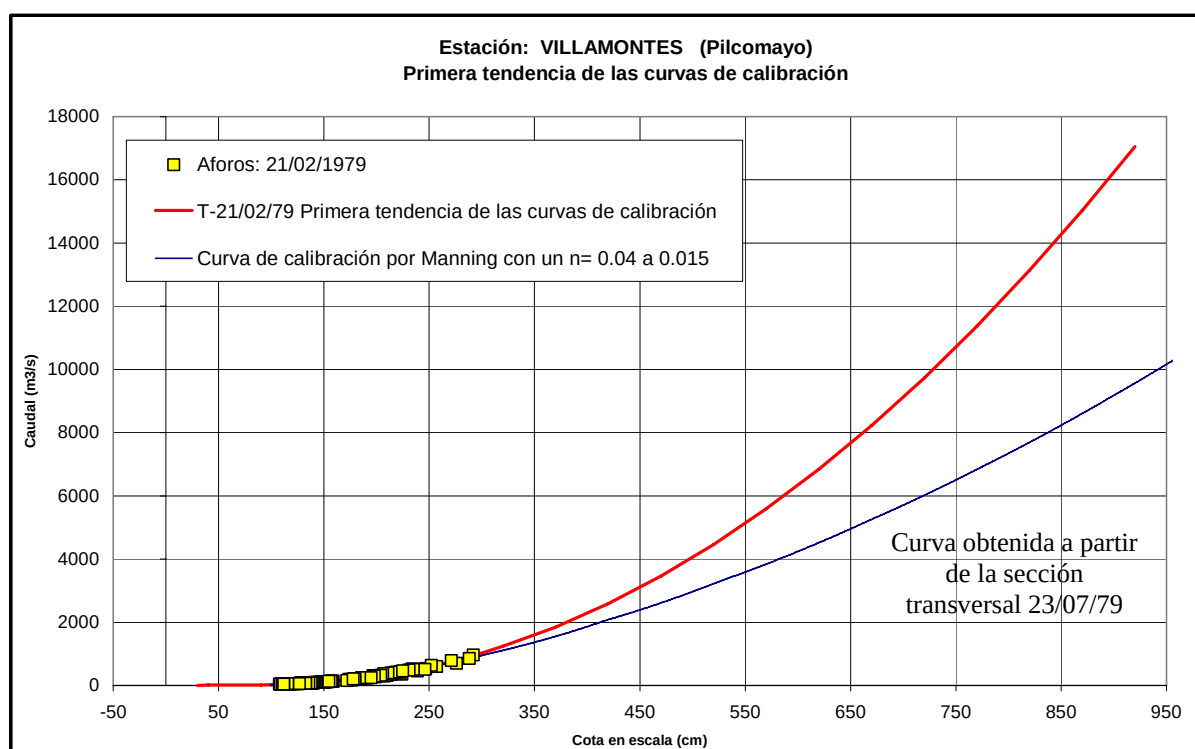
El coeficiente de Manning fue estimado a partir de los aforos disponibles para aguas medias, considerando la pendiente mediana en esta estación cerca de 0,11 %. La curva de tendencia del coeficiente de Manning en función del caudal está presentada en el gráfico abajo :



Variación de la rugosidad (n) en función del caudal(Q)

Entonces, para utilizar la formula de Manning para grandes caudales se utilizaron valores de n entre 0,015 y 0,04.

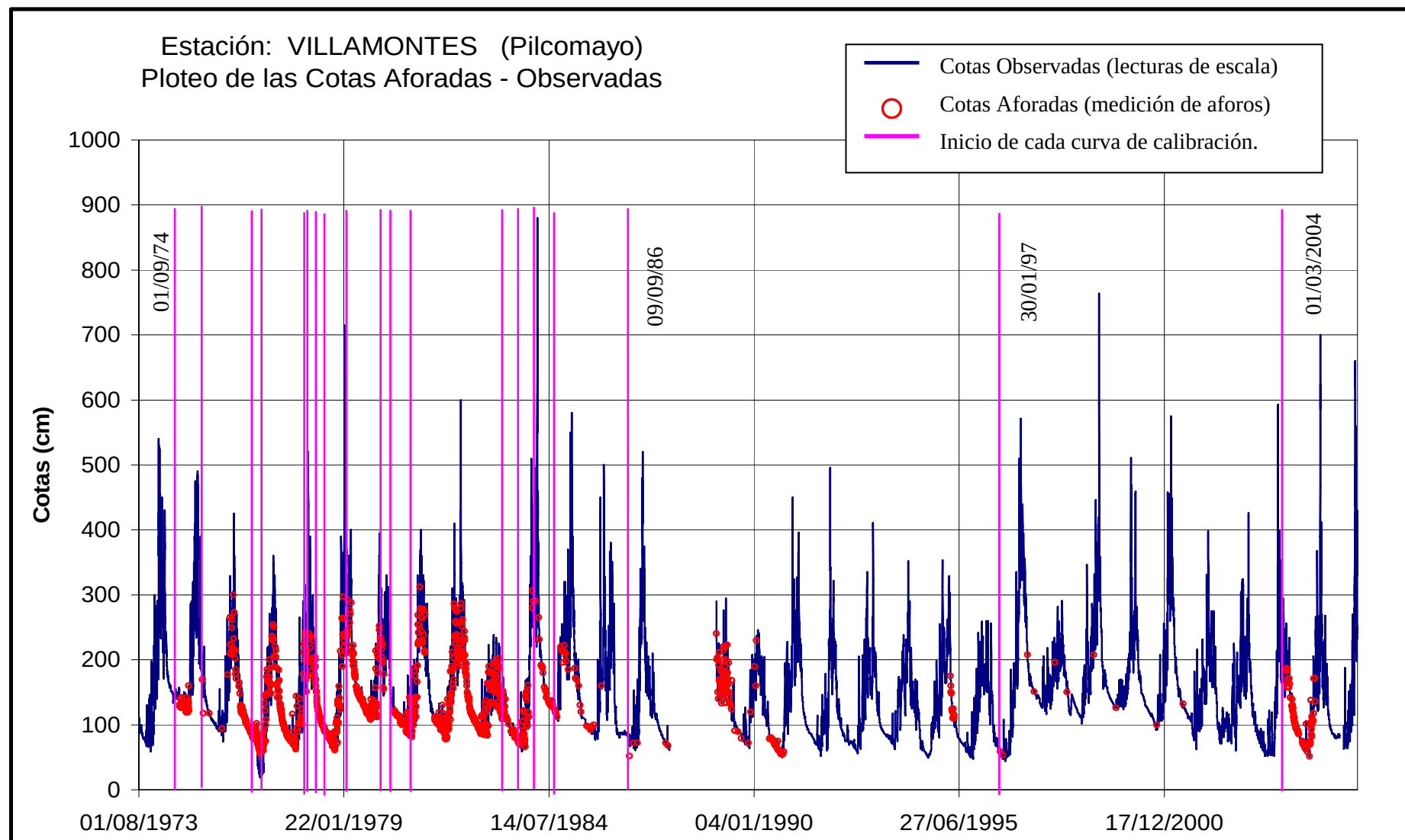
El gráfico siguiente presenta una de las primeras curvas de calibración y la curva $h-Q_{\text{Manning}}$ obtenida para el rango de valores del coeficiente de Manning.



Primera curva de calibración y la curva $h-Q$ por Manning obtenida para el rango de valores $n= 0.04-0.015$.

En este gráfico la curva obtenida con Manning nos indica que las curvas de tendencia iniciales deben bajarse para la parte alta, también el análisis de correlaciones lo confirma. Por lo tanto las curvas de tendencia se ajustaron en su parte alta siguiendo la forma de la curva obtenida por Manning (23/07/79), con un coeficiente de rugosidad que varía entre 0.04 y 0.015.

El gráfico siguiente nos permitirá visualizar de una mejor manera la frecuencia de las des-calibraciones en la estación.



Primera identificación de las des-calibraciones

▪ **Validación de las curvas de calibración mediante el análisis de consistencia a nivel anual y mensual.**

El análisis de consistencia de caudales nos permitió, identificar problemas relevantes en los caudales, por las siguientes razones: En el gráfico de la página anterior se observa que:

- del 01/08/73 hasta el 01/09/74 no se tiene cotas aforadas por tanto la primera curva de calibración empieza el 01/09/74, significa que para todo este periodo no se tiene calculado caudales a pesar de contar con cotas observadas,
- desde 1986 hasta el 2004 presenta muy pocos aforos, en algunos casos periodos muy largos sin ningún aforo, por lo tanto las curvas de calibración que se han construido son las siguientes:
 - la del 09/09/86, que ha servido para obtener caudales hasta el año 96,
 - la del 30/01/97, que ha servido para obtener caudales hasta el año 2004,
 - la del 01/03/2004, que ha servido para obtener caudales hasta el año 2005,

Esto se debe principalmente a que algunas curvas de calibración fueron definidos para periodos muy largos (por la poca cantidad de aforos), obteniendo con estas curvas caudales muy altos ó muy bajos en dichos periodos. Para solucionar el problema se construyeron curvas de calibración aun sin contar con aforos, pero tomando en cuenta que la estación se des-calibró en estos periodos de igual manera que en los periodos anteriores (bastante cantidad de aforos). Estas nuevas curvas de calibración fueron validadas por el análisis de consistencia y el análisis de correlaciones.

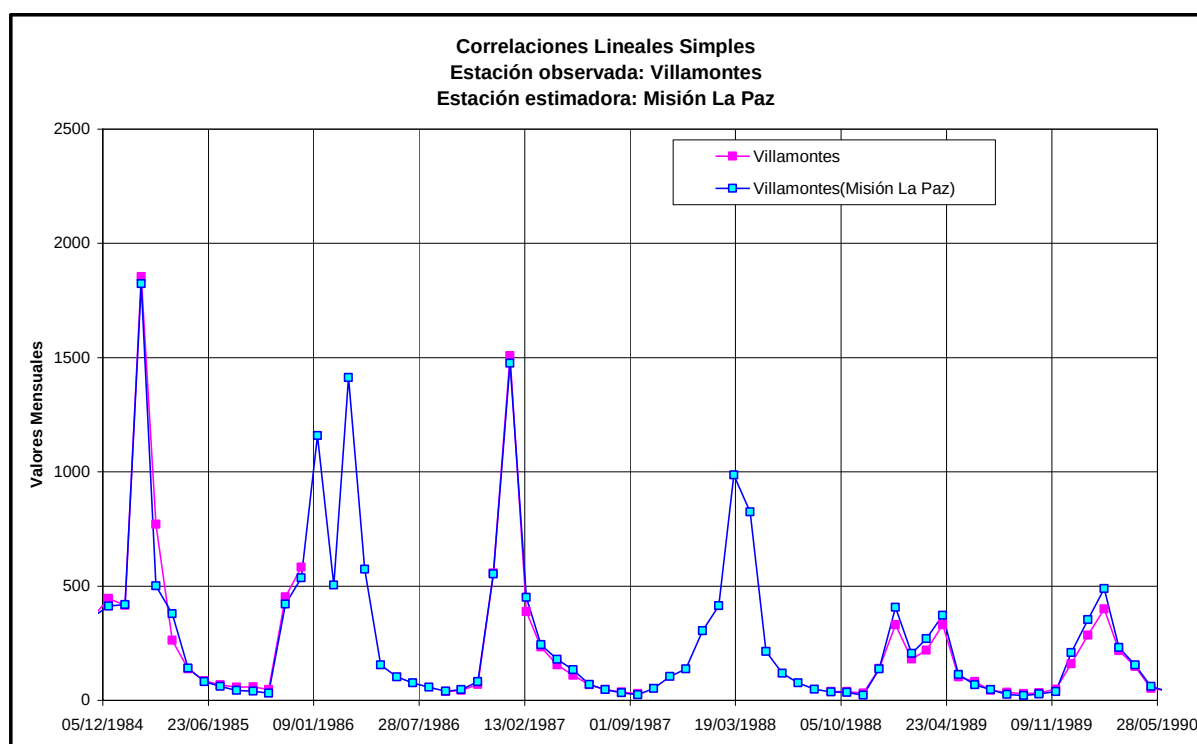
Ahora contamos con 23 curva de calibración que pretenden considerar todas las des-calibraciones en la estación.

Las curvas de calibración definitivas figuran al final de la ficha.

4.25.6 Cálculo de los Caudales Diarios, Mensuales y Anuales - Relleno mensual

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las curvas de calibración y de las cotas observadas.

Con el fin de contar con series de caudales que sean las más completas posibles, se realizó el relleno de las dos únicas lagunas que presenta la estación del 16/01/86 hasta 16/08/86 y 16/10/87 hasta 16/09/88. Mediante correlaciones lineales con la estación de Misión La Paz. El relleno fue validado por el análisis de consistencia a nivel mensual.



Ejemplo de Relleno de los periodos 16/01/86 hasta 16/08/86 y 16/10/87 hasta 16/09/88. El coeficiente de correlación obtenido es de $r=0.986$.

Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

El resultado de este ajuste figura al final de la ficha de esta estación.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

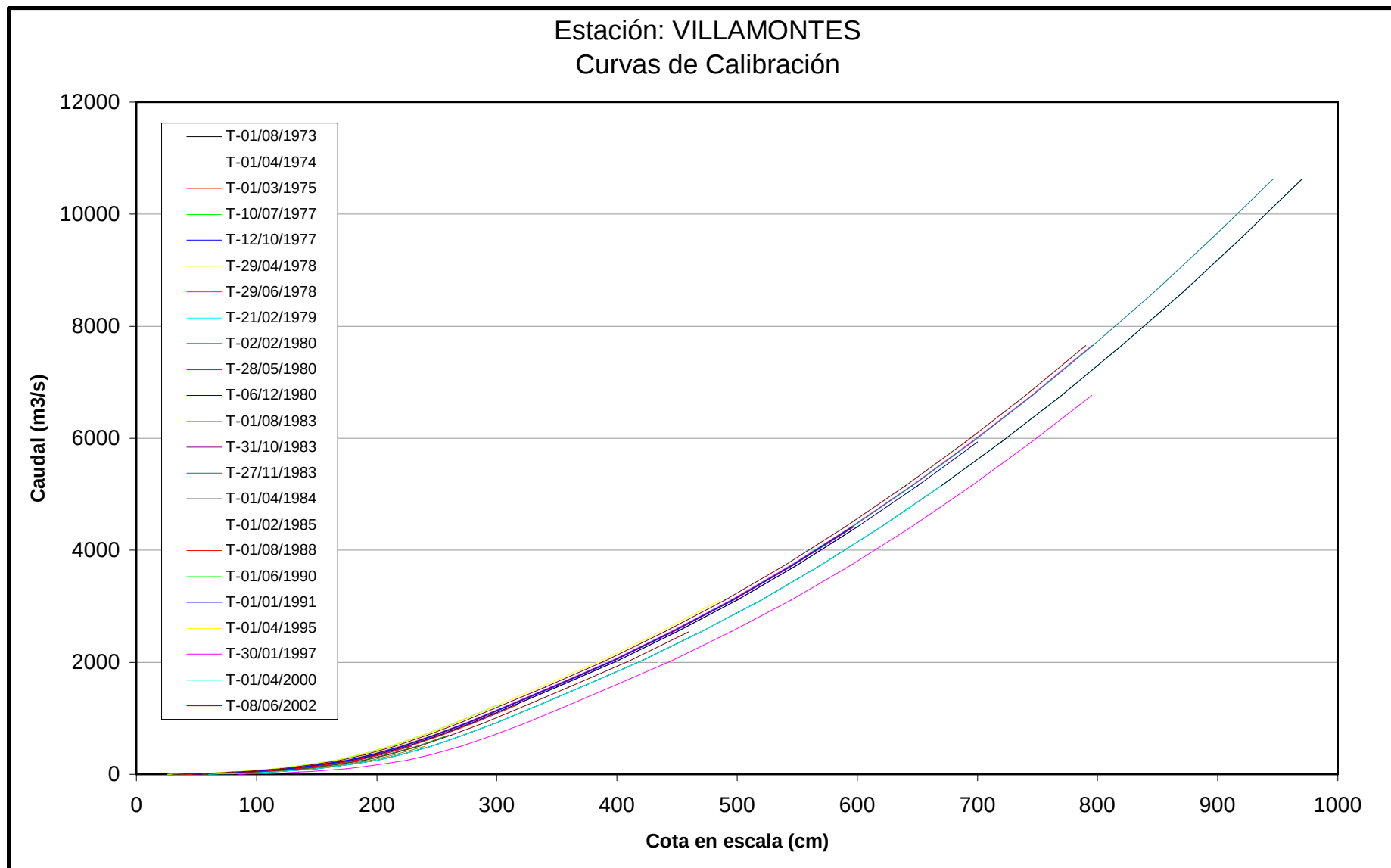
Los datos de cotas observadas en la estación de Villamontes son bastante buenos y numerosos. El relleno de cotas permitió obtener series casi completas sobre el periodo 1973-2004, a parte de un año y 3 meses que no pudieron ser rellenos.

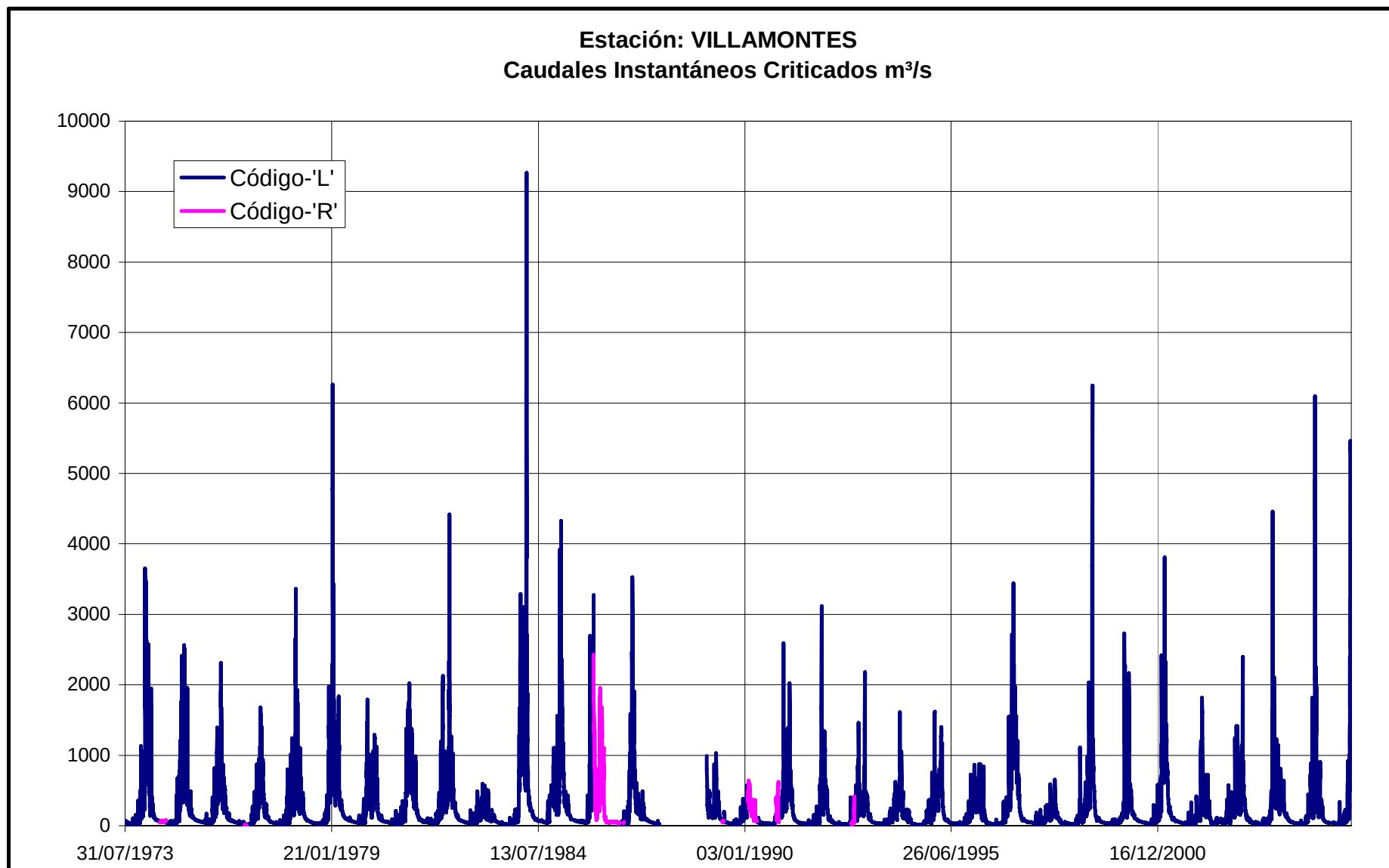
Los caudales obtenidos tienen sentido con los caudales obtenidos para las otras estaciones de la cuenca.

Para aguas bajas y medias, las curvas de calibración están bien ajustadas y se puede confiar en los caudales obtenidos. Sin embargo, la falta de aforos para aguas altas no permite estar seguro que las curvas de calibración para caudales de crecidas estén bien ajustadas. Entonces, aunque los varios análisis sobre los caudales nos permiten decir que los caudales obtenidos están en el rango que deberían tener, se necesitará averiguar la confiabilidad de estas curvas con los aforos hechos para aguas altas en los próximos años.

El balance hídrico de la cuenca alta podrá también permitir averiguar la confiabilidad de la parte alta de estas curvas.

La serie de caudales mensuales obtenidos está completa de Sept. 1973 hasta la fecha, lo que representa 32 años hidrológicos completos.

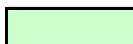




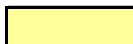
Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la estación de Villamontes

Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1973 - 1974	31.53	31.91	46.35	131.5	384.4	1444	761.7	602.3	104.2	69.76	57.43	62.27	302.6
1974 - 1975	40.34	43.92	36.49	140.3	606.6	1088	556.7	230.8	135.3	82.37	64.290001	53.33	251.4
1975 - 1976	56.58	49.16	81.06	197.2	591.4	865.8	358.7	136.8	91.21	57.94	46	37.44	212
1976 - 1977	35.54	17.21	25.98	80.97	229.7	432.7	654.1	215.1	99.9	51.93	39	32.1	158.1
1977 - 1978	32.38	45.92	135.4	284.1	487.6	1166	398.5	270	101.7	65.4	46.900002	37.49	249.9
1978 - 1979	29.05	27.01	77.32	439.7	1268	1185	865.7	392.1	151.5	93.86	79.919998	58.01	385
1979 - 1980	45.26	50.46	81.84	305.9	468.9	313.2	565.5	235.6	82.09	60.95	53.189999	44.91	192.6
1980 - 1981	35.94	54.05	59.55	111.9	623.4	981.8	670.7	346.7	113.4	70.6	55.169998	51.91	260.2
1981 - 1982	49.32	41.72	105.7	345	656.2	424.5	1096	393.4	147.2	79.9	61.48	48.74	287.7
1982 - 1983	46.37	56.67	74.71	184.1	224.1	226	160.2	99.84	78.54	50.84	38.200001	19.75	104.4
1983 - 1984	14.24	14.99	45.99	122.9	1042	1567	1954	445.3	184.8	96.47	70.669998	65.16	466.1
1984 - 1985	49.17	88.76	365.4	445.8	416	1855	771	262.7	137.7	86.04	67.169998	57.53	373.5
1985 - 1986	59.67	46.26	452.6	583.6	1173	487.7	1440	561.5	145.9	97.97	75.349998	59.56	433
1986 - 1987	37.67	43.92	69.91	556.6	1509	387.5	232.8	154.3	109.7	68.32	47.639999	36.29	272.2
1987 - 1988	30.43	55.64	100.3	130.2	280.8	394	992.6	823.1	199.2	112.4	74.949997	52.53	269.9
1988 - 1989	38.43	37.6	30.61	139.3	331.2	180.5	219.7	331.4	102.1	81.06	43.610001	34.47	130.5
1989 - 1990	28.97	33.04	48.4	160.8	285	400.4	216.9	147.6	51.76	41.36	34.279999	29.98	121.5
1990 - 1991	20.16	50.65	271.1	206.4	729.8	491.1	772.1	227.3	68.24	44.43	36.529999	27.4	244.6
1991 - 1992	26.52	27.21	74.21	67.03	805.7	544.7	270.5	75	41.25	28.95	31.040001	24.46	167.3
1992 - 1993	19.2	43.74	76.65	205.5	547.9	232.8	535.3	179.3	67.46	42.47	35.91	32.17	168.6
1993 - 1994	28.88	36.8	156.5	271	259.5	628.8	254.1	109.9	101.7	29.61	17.709999	11.18	155.8
1994 - 1995	14.47	66.05	114.7	199.7	570.1	333.6	815.1	183.9	75.87	45.62	36.09	29.87	207.3
1995 - 1996	25.9	24.93	53.77	174.7	330.3	390	309.8	193.3	176.4	39.56	27.08	17.88	146.4
1996 - 1997	25.76	23.51	95.82	215.2	596.9	1631	1048	353.5	94.92	64.81	50.23	43.16	345.5
1997 - 1998	59.96	43.15	79.79	80.43	149.3	202.4	244.8	157.8	65.09	28	41.23	27.58	97.62
1998 - 1999	18.95	44.37	211.1	107.1	251.5	555.9	1405	345.1	93.57	58.82	42.119999	33.53	262.7
1999 - 2000	35.06	48.21	41.69	64.9	592.5	453	639.1	216	98.29	67.75	52.09	42.05	195.6
2000 - 2001	29.62	42.68	56.51	162.1	761.3	1502	766.4	182.8	95.05	61.97	50.759998	39.09	305.3
2001 - 2002	29.13	36.19	54.09	109.7	125	693.9	281.9	234.5	60.9	35.4	64.769997	66.3	145.5
2002 - 2003	57.88	170.1	147.1	175.5	786.4	354.5	729.5	212.4	81.16	48.03	38.490002	26.67	236
2003 - 2004	21.46	30.43	33.68	377	976.3	566.2	380.6	306.7	132.9	66.79	46.459999	35.01	247.6
2004 - 2005	26.9	25.82	51.43	219.1	345	933.4	289	251.1	73.98	46.2	39.220001		

Nota:



Los caudales en verde son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel instantáneo



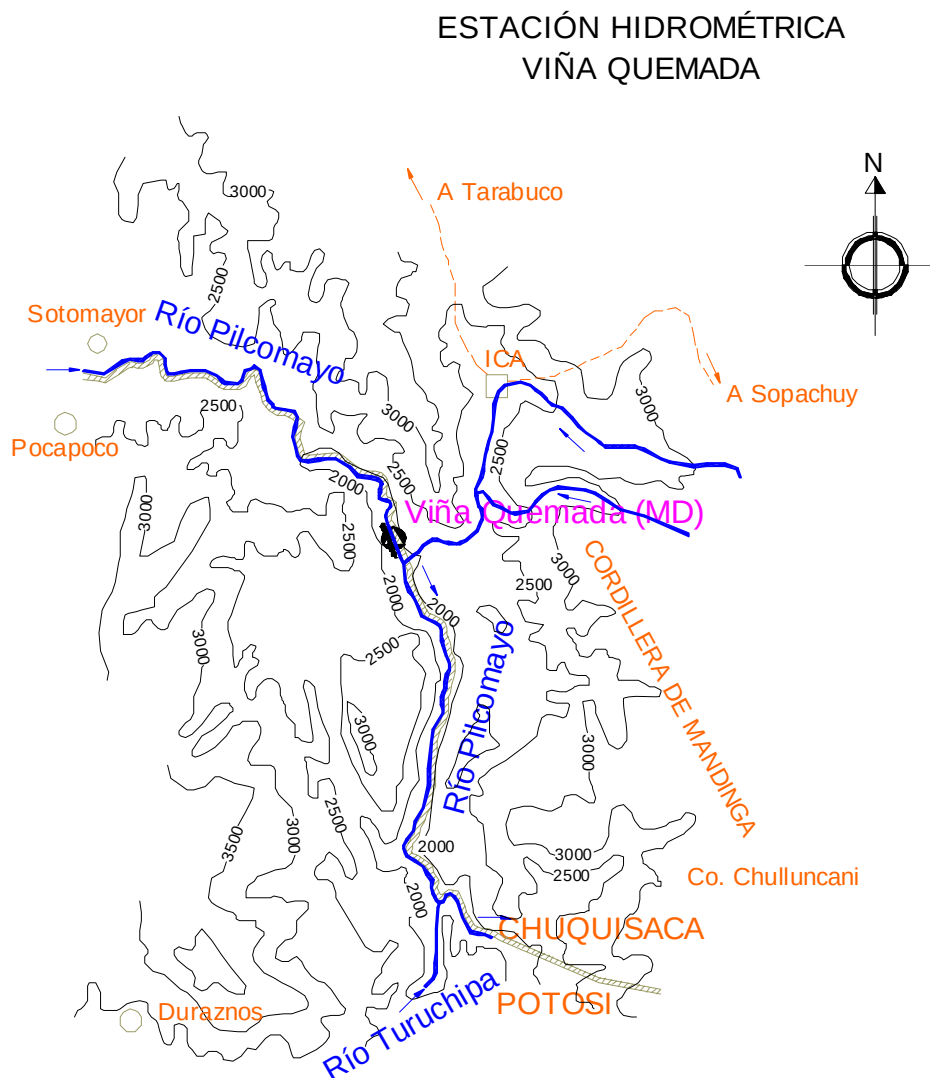
Los caudales en amarillo son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel mensual

4.26 Viña Quemada

4.26.1 Características generales

Estación	VIÑA QUEMADA	
Características hidrográficas	Río	Pilcomayo
	Cuenca	Río pilcomayo
	Sub-cuenca	Río Pilcomayo
	Área de la cuenca (km2)	13 451
Características geográficas	Latitud (decimales)	-19,4032 (GPS)
	Longitud (decimales)	-64,8634 (GPS)
	Altura (m.s.n.m.)	2056 (GPS)
	País	Bolivia
	Departamento	Chuquisaca
	Provincia	Yamparaez
Acceso	Al sur-este de Sucre, desde Sucre a Tarabuco, desvió hacia Iela luego Uyuni a continuación por río, camino orilla izquierda desde aguas abajo, luego puente peatonal sobre el río Pilcomayo, luego a pie unos 1000 m, margen derecha hacia Viña Quemada. Acceso difícil en época de lluvia. Las escalas están en margen derecha (donde hay roca).	
Administrador	SENAMHI-Chuquisaca	
Fecha de apertura	Diciembre 1977	
Cierre / rehabilitación	La estación no funcionó a partir de diciembre 1998. Se rehabilitó recién en 2005 por la cooperación española.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 05/12/77-30/12/98	Escala de madera y metal de 6m en estructura de hormigón ; Limnígrafo semestral tipo Stevens pero solo por un tiempo (datos en Prefectura de Chuquisaca.)
	Aforos : 19/01/78-10/12/98	Medición con molinete (de marca Gurley científico la mayoría del tiempo) a partir de un sistema cable-carro-torno
Informaciones complementarias disponibles	- Estación visitada por el Ing. Daval en mayo 2004 y por el Ing. Luís Noriega en Agosto 2004. - En los archivos se encontraron caudales medio-mensuales para el periodo 1946-1977	

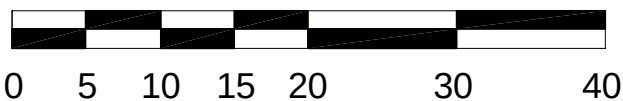
DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



REFERENCIAS

	Límite interdepartamental		Población
	Río		Poblado
	Carretera		Muro natural vertical ubicado en MD
	Estación de aforo		

MD: Limnómetro ubicado en
Margen Derecha

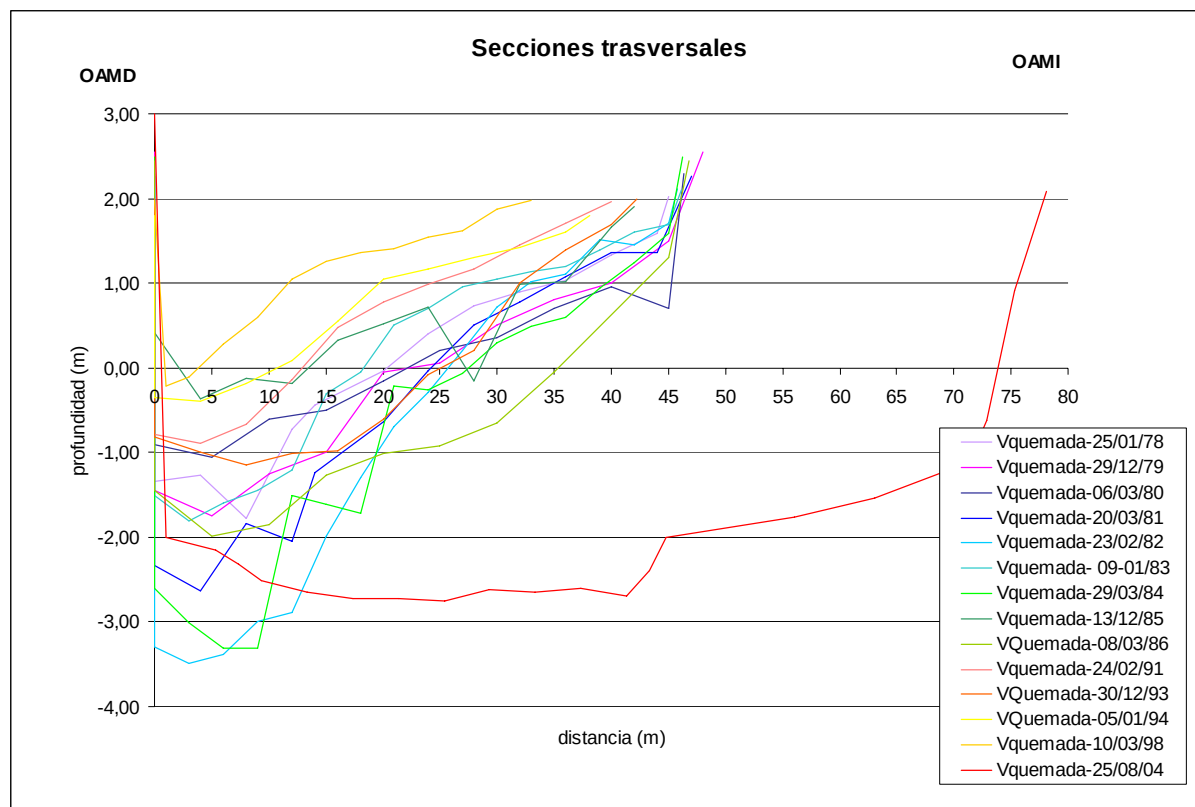


ESCALA GRÁFICA
EN [KM]

4.26.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ Batimetría disponible :

Se disponía de secciones elaboradas a partir de los datos brutos de aforos encontrados en los archivos para todo el periodo de datos (78-98) y de una sección levantada por el Ing. Luís Noriega el 25 de agosto 2004. El gráfico siguiente muestra estos perfiles respecto al cero de la escala (cero de las ordenadas). Solo la sección de 2004 no pudo ser dibujada respecto al cero de la escala.



Evolución del Perfil Transversal de la sección de aforo

▪ Estabilidad de la sección

Se nota una sucesión de sedimentaciones y erosiones importantes del fondo y de la orilla izquierda (banco de sedimentos). La orilla derecha es estable por ser de roca.

4.26.3 Tratamiento de las lecturas de escala

Primera-ultima cota disponible : 05/12/77-30/12/98

Porcentaje de lagunas : 4,4%

Calidad general de los datos : bastante buena hasta diciembre 1991. A partir de diciembre 1991 hasta el cierre de la estación, se notan varios periodos de datos muy dudosos.

Tratamiento de los datos : Análisis por Correlaciones Lineales y Análisis de Consistencia.

Para Viña Quemada se tienen datos bastante extensos con pocos lagunas. La calidad de los datos parece buena para la mayor parte del periodo. Sin embargo a partir de Diciembre 91, la calidad de los datos se vuelve muy dudosa en algunos periodos.

Para corregir y/o rellenar las cotas disponibles, se utilizaron como estaciones estimadoras (correlaciones) las siguientes :

- Villamontes

- Talula
- Ñujchu
- Tarapaya
- Yokalla

La estación de Puente Sucre no tenía un periodo de datos común con Viña Quemada.

Las correlaciones con Yokalla, Talula, Tarapaya y Villamontes son buenas dado que tenían datos confiables y que se encontraban sobre el mismo río. Eso permitió averiguar la confiabilidad de los datos disponibles hasta Diciembre 91 e identificar varios periodos muy dudosos a partir de esta fecha.

Las buenas correlaciones permitieron también rellenar las lagunas o reemplazar a veces los datos muy dudosos. Las lagunas de algunos días fueron rellenadas por interpolación cuando las correlaciones mostraban que tenían sentido (si la laguna no correspondía a una crecida).

Al realizar la consistencia de los datos de caudales a nivel anual utilizando el método del Vector Regional, nos permitió ver que los rellenos realizados mediante correlaciones múltiples con las estaciones Ñucchu y Talula no eran muy buenos. Por lo tanto fueron sustituidos los caudales estimados por correlaciones con la estación de Talula, tomando en cuenta siempre que la estimación debía tener la forma de los aforos. También se logró rellenar algunas lagunas y sustituir datos malos por correlaciones con las estaciones de Villamontes y/o Talula.

Los datos disponibles fueron tratados de la siguiente manera:

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
05/12/77		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
05/12/77-11/12/84		Datos de buena calidad con algunas lagunas de un día que fueron rellenadas por interpolación.
	12/12/84-28/01/85	Se ha rellenado por correlaciones con la estación de Talula.
29/01/85-31/08/87		Datos de buena calidad con una laguna de un día que fue rellenada por interpolación.
	01/09/87-31/12/87	Laguna de 4 meses que no ha sido rellenada debido a que cuenta con un solo estimador que es la estación Yokalla y la estimación obtenida no es buena.
01/01/88-31/08/88		Datos de mala calidad que han sido eliminados.
01/09/88-01/07/91		Datos de buena calidad, que han sido guardados.
	02/07/91-30/11/91	Laguna rellenada a partir de correlaciones con la estación de Yokalla.
01/12/91-14/01/92		Datos muy dudosos (análisis de correlación) que fueron parcialmente reemplazadas a partir de correlaciones con las cotas de Tarapaya
15/01/92-18/04/92		Datos de buena calidad
19/04/92-10/10/92		Datos dudosos pero no demasiado lejos de los valores estimados por correlaciones. Fueron guardados.
11/10/92-09/01/93		Datos de buena calidad
	10/01/93-31/05/93	Datos de mala calidad que fueron reemplazados por correlaciones con la estación de Talula y tomando en cuenta que la estimación obtenida siga la forma de los aforos debido a que son confiables en este periodo.

01/06/96-10/09/93		Datos muy dudosos (análisis de correlación) que fueron guardados.
11/09/93-31/03/94		Datos de mala calidad (análisis de correlación) que fueron borrados.
01/04/94-13/10/94		Datos dudosos pero en el rango de los valores estimados por correlaciones. Fueron guardados.
14/10/94-25/11/94		Datos de mala calidad que fueron reemplazados por correlaciones con la estación de Talula.
26/11/94-17/12/94		Datos de buena calidad
18/12/94-23/12/94		Datos de mala calidad que fueron reemplazados por correlaciones con la estación de Talula.
24/12/94-05/01/95		Datos de buena calidad
06/01/95-11/01/95		Datos de mala calidad que fueron reemplazados por correlaciones con la estación de Talula.
12/01/95-18/01/97		Datos buena calidad.
19/01/97-01/04/97		Las correlaciones nos permitieron ver que en este periodo las cotas son de mala calidad, debido a que existen saltos bruscos de aproximadamente 1 m, también el comportamiento de los datos no va con el de sus estaciones vecinas. Datos guardados
02/04/97-27/05/97		Datos de mala calidad que fueron reemplazados por correlaciones con la estación de Villamontes.
10/05/97-15/09/97		Datos de mala calidad que fueron reemplazados por correlaciones con la estación de Talula, tomando en cuenta que la estimación obtenida siga la forma de las cotas de los aforos de la estación de Viña Quemada.
16/09/97-30/12/98		Datos muy dudosos (análisis de correlación) pero sin posibilidad de reemplazar por correlación. Fueron guardados.

4.26.4 Aforos disponibles

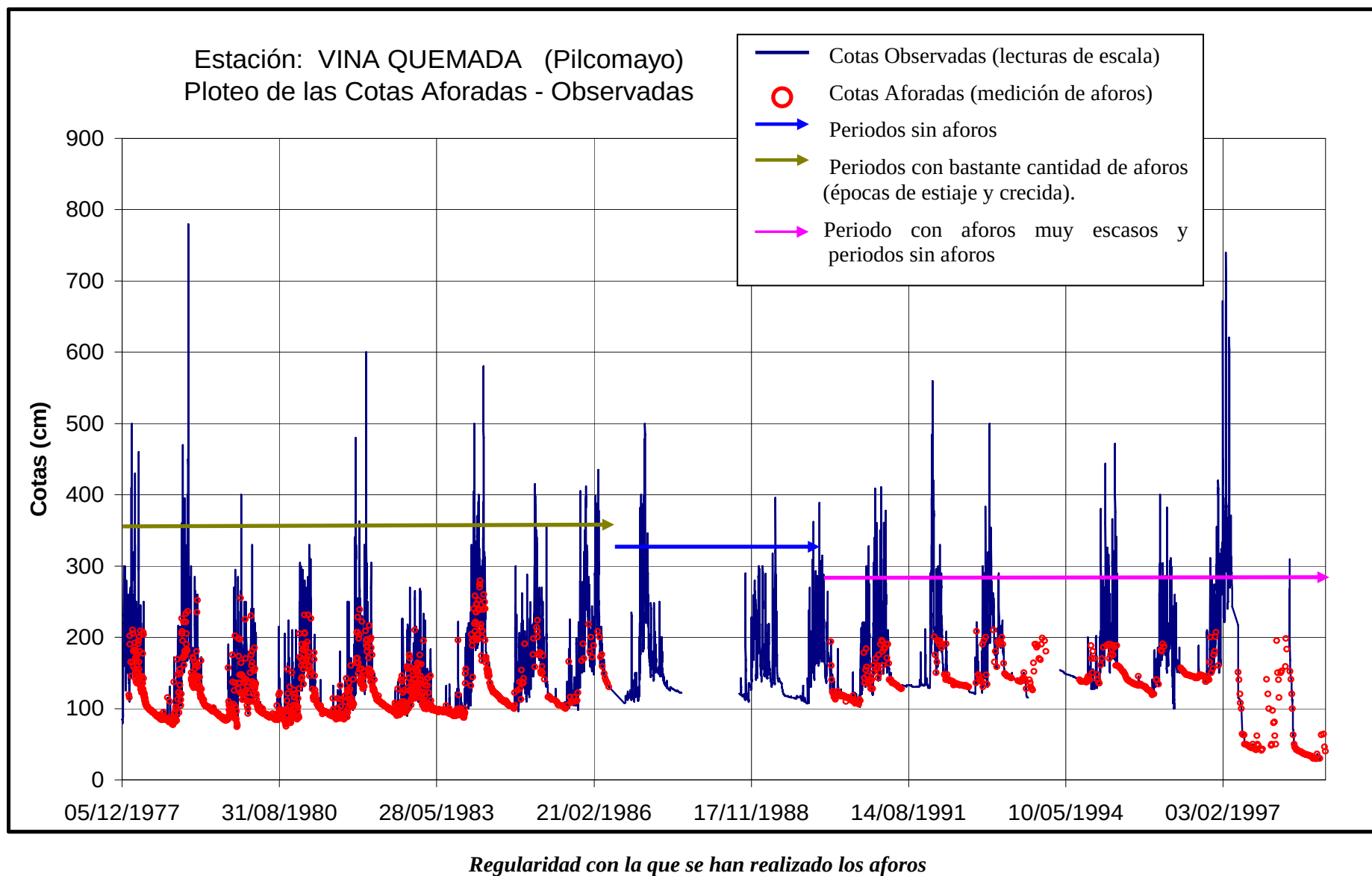
Aforos disponibles : 19/01/78-10/12/98

Calidad de los datos : Los datos son de buena calidad

Cantidad de datos :

Para visualizar de mejor manera la cantidad de los aforos, y la regularidad de los mismos, se presenta el siguiente gráfico, del que se obtiene:

Buena cantidad de datos	Datos faltantes	Observaciones
Ene.78 - May. 86		Buena cantidad
	May. 86 - Abr.90	No hay aforos
May. 90 – Jun. 91		Buena cantidad
	Jul. 91- Ene. 92	No hay aforos

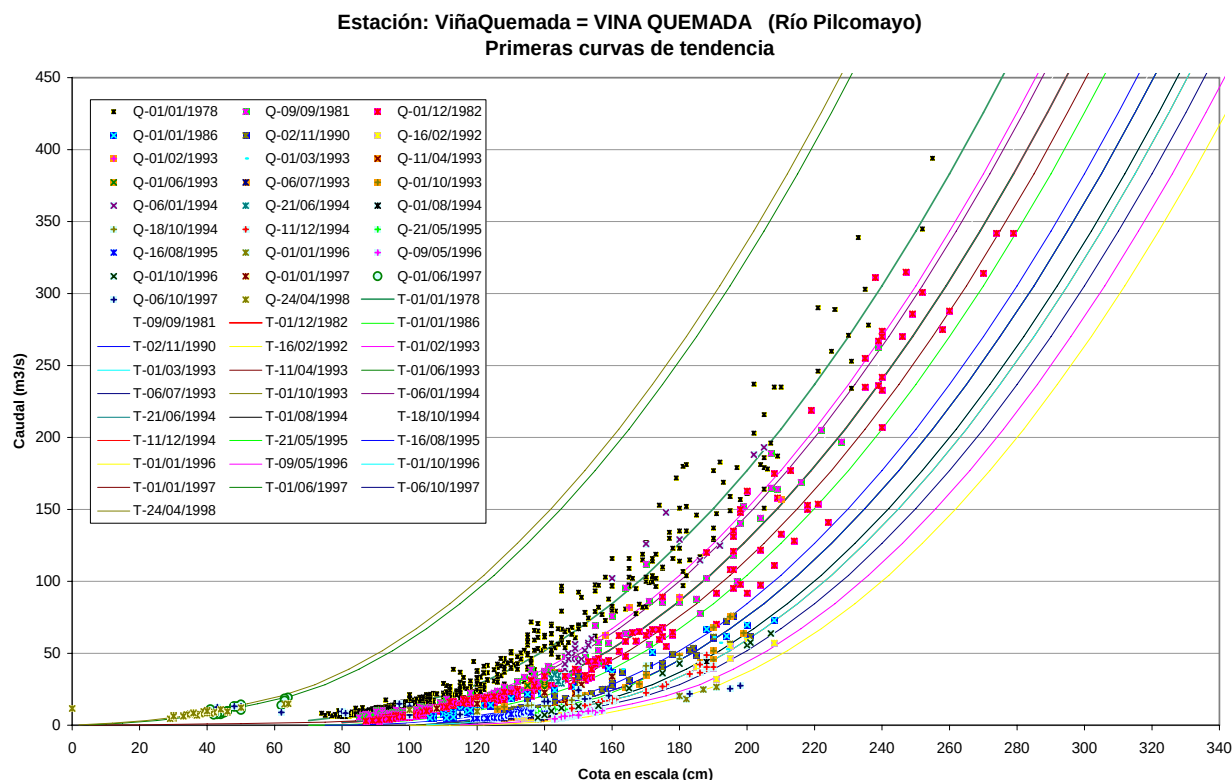


4.26.5 Curvas de calibración

Realización de las curvas de calibración (ver 3.4.3)

Primeras curvas de tendencia de los aforos :

Las primeras curvas de tendencia elaboradas con Excel a partir de las series de aforos eran las siguientes (los puntos son los aforos disponibles) :



Primera tendencia de las curvas de calibración

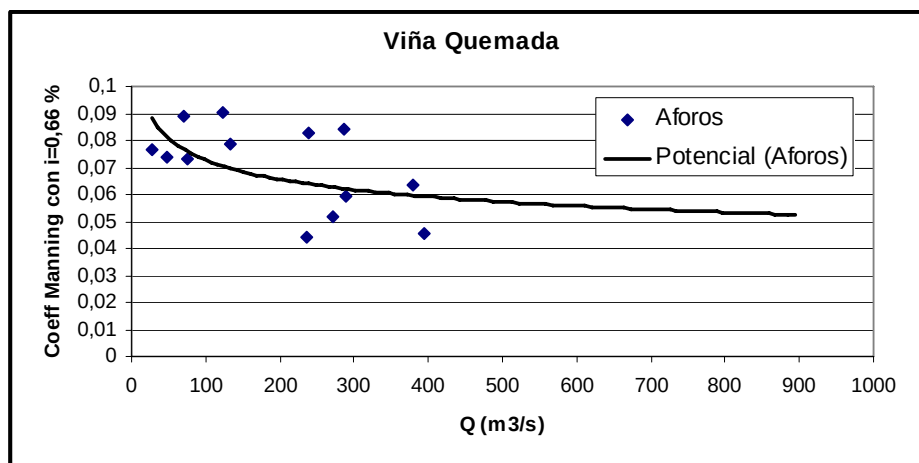
Análisis de los caudales obtenidos con los caudales de las otras estaciones y con correlaciones (primer y segundo análisis del 3.4.3)

Las **correlaciones** entre los caudales de Viña Quemada obtenidos con estas curvas y los de sus estaciones estimadoras mostraban que los datos tenían buen aspecto, tanto en crecida como en estiaje, excepto para los periodos identificados como muy dudosos (después de Diciembre 91). Sin embargo, las **comparaciones** de los caudales con los de las estaciones vecinas indicaban claramente que los caudales de crecida eran demasiado exagerados. Había que ajustar y bajar de manera importante la parte alta de estas curvas.

Los caudales medio-mensuales (1946-1977) encontrados en los archivos no pudieron ser averiguados porque no se tenía datos de cotas y de aforos para este periodo.

Ajuste con la formula de Manning :

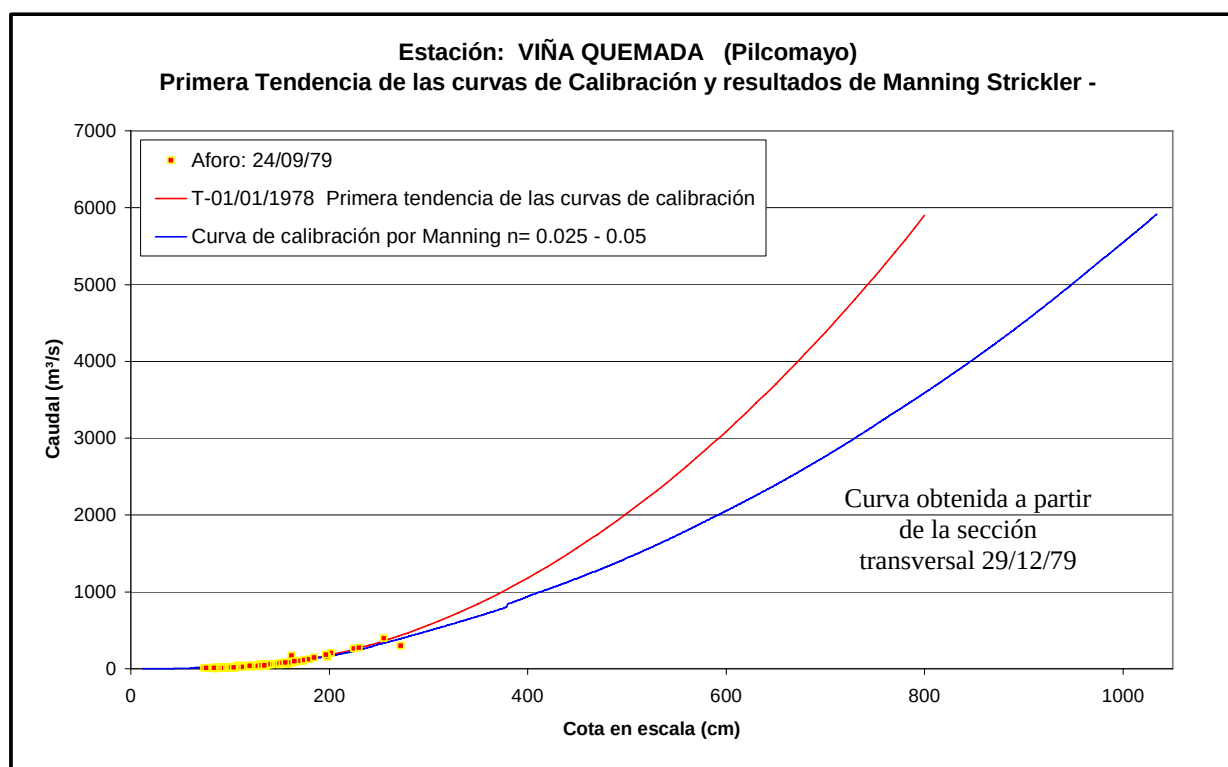
El coeficiente de Manning fue estimado a partir de los aforos disponibles para aguas medias, considerando la pendiente mediana en esta estación cerca de 0,66 %. La curva de tendencia del coeficiente de Manning en función del caudal está presentada en el gráfico abajo :



Variación de la rugosidad (n) en función del caudal(Q)

Entonces, para utilizar la fórmula de Manning para grandes caudales se utilizaron valores entre 0,04 y 0,06.

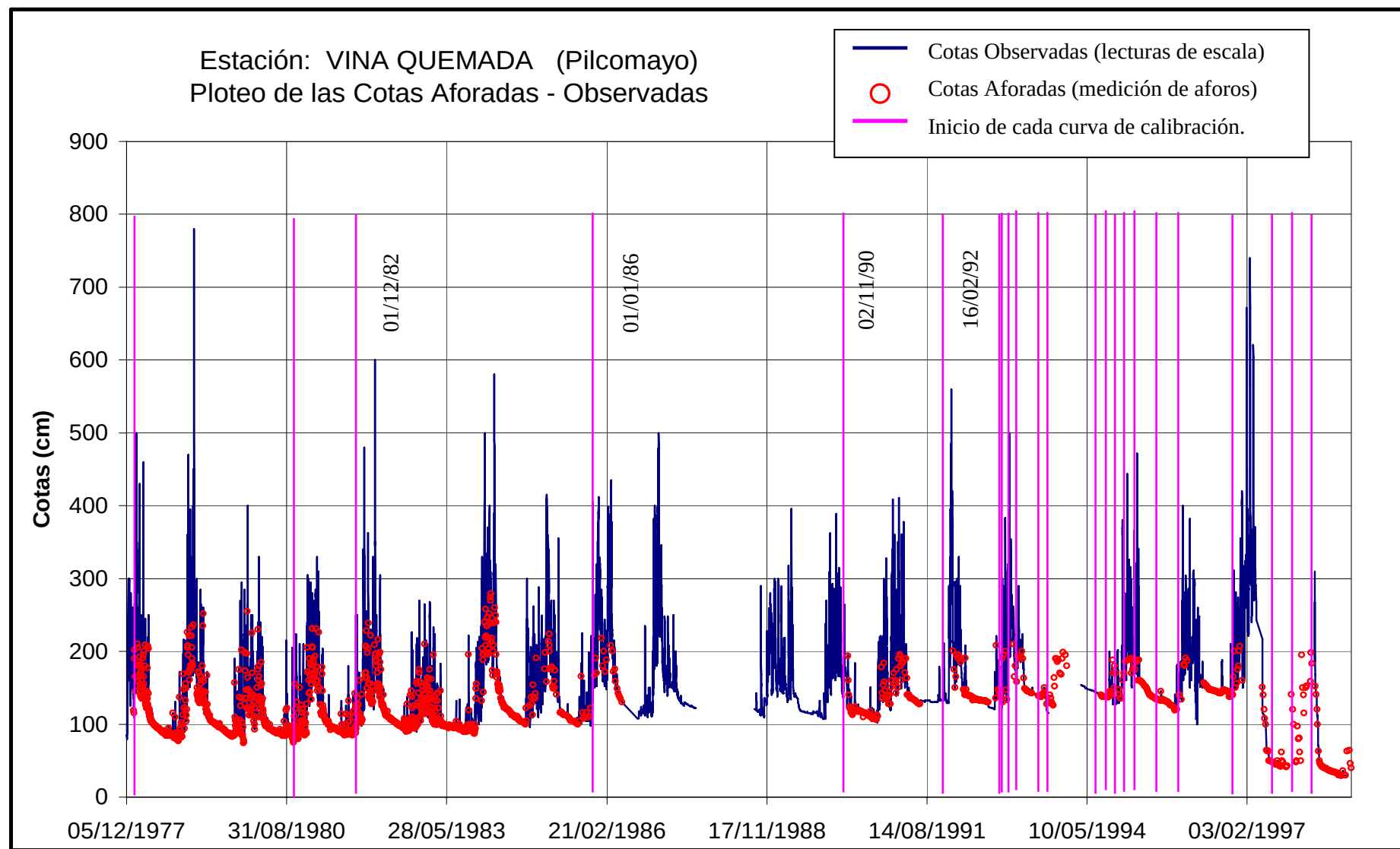
El gráfico siguiente presenta una de las primeras curvas de calibración y la curva $h-Q_{\text{Manning}}$ obtenida para el rango de valores del coeficiente de Manning.



Primera curva de calibración y la curva $h-Q$ por Manning obtenida para el rango de valores $n= 0.05-0.025$.

En este gráfico la curva obtenida con Manning nos indica que las curvas de tendencia iniciales deben bajarse para la parte alta, también el análisis de correlaciones lo confirma. Por lo tanto las curvas de tendencia se ajustaran en su parte alta siguiendo la forma de la curva obtenida por Manning (29/12/79), con un coeficiente de rugosidad que varía entre 0.05 y 0.025.

El gráfico siguiente nos permitirá visualizar de una mejor manera la frecuencia de las des-calibraciones en la estación.



Identificación de las des-calibraciones

▪ **Validación de las Curvas Calibración mediante el Análisis de Consistencia.**

El análisis de consistencia de caudales nos permitió, identificar problemas relevantes en los caudales, por las siguientes razones:

- La fecha de las curvas no eran correctas,
- Existían curvas de calibración que abarcaban periodos muy largos, en el gráfico anterior se puede observar que:
 - o la curva 01/12/82 sirve para calcular caudales hasta 01/01/86
 - o la curva 01/01/86 sirve para calcular caudales hasta 02/11/90
 - o la curva 02/11/90 sirve para calcular caudales hasta 16/02/92

Esto se debe principalmente a que algunas curvas de calibración fueron definidas para periodos muy largos, sin tomar en cuenta las des-calibraciones que la estación presenta (abundante cantidad de aforos y donde no hay aforos), obteniendo con estas curvas caudales muy altos ó muy bajos en dichos periodos. Para solucionar el problema se construyeron curvas de calibración aun sin contar con aforos, pero tomando en cuenta que la estación se des-calibrará de igual manera que en los periodos anteriores (bastante cantidad de aforos). Las fechas ajustadas de las curvas de calibración y las nuevas curvas de calibración, fueron validadas por el análisis de consistencia y el análisis de correlaciones con los caudales diarios.

Entonces contamos con **33 curvas de calibración** que pretenden tomar en cuenta todas las des-calibraciones en la estación. Las curvas de calibración corregidas figuran al final de la ficha de esta estación.

4.26.6 Cálculo de los Caudales Diarios, Mensuales y Anuales - Relleno mensual

Se calcularon los caudales diarios, mensuales y anuales a partir de las curvas de calibración y de las cotas observadas.

Una vez concluido el análisis de consistencia a nivel anual y mensual, se realizó el relleno de caudales a nivel mensual utilizando las correlaciones lineales simples. La estación de Viña Quemada cuenta una sola laguna, y dos periodos de datos dudosos, para rellenar estas lagunas utilizaremos como estaciones estimadoras a: Talula y Villamontes

Las correlaciones lineales simples y múltiples, realizadas a partir de estas estaciones dieron buenos resultados, debido a que se encuentra sobre el mismo río, por lo tanto:

- Laguna Sep. 87 hasta Agosto 88 fue rellenada por correlaciones con la estación de Villamontes.
- Periodo de datos dudosos Sep. 93 hasta May. 94, fue sustituido por correlaciones múltiples con las estaciones de Villamontes y Talula.
- Periodo de mala calidad de datos Sep. 97 hasta Mar. 98, fue sustituido por correlaciones múltiples con las estaciones de Villamontes y Talula.

El análisis de consistencia a nivel mensual sirvió para validar el relleno realizado a nivel mensual y para validar los caudales en épocas de crecida y en épocas de estiaje, ya que el vector obtenido para la estación de Villamontes presentaba el mismo comportamiento que el de sus estaciones vecinas. Ahora contamos con toda la serie de datos completa en la estación de Villamontes.

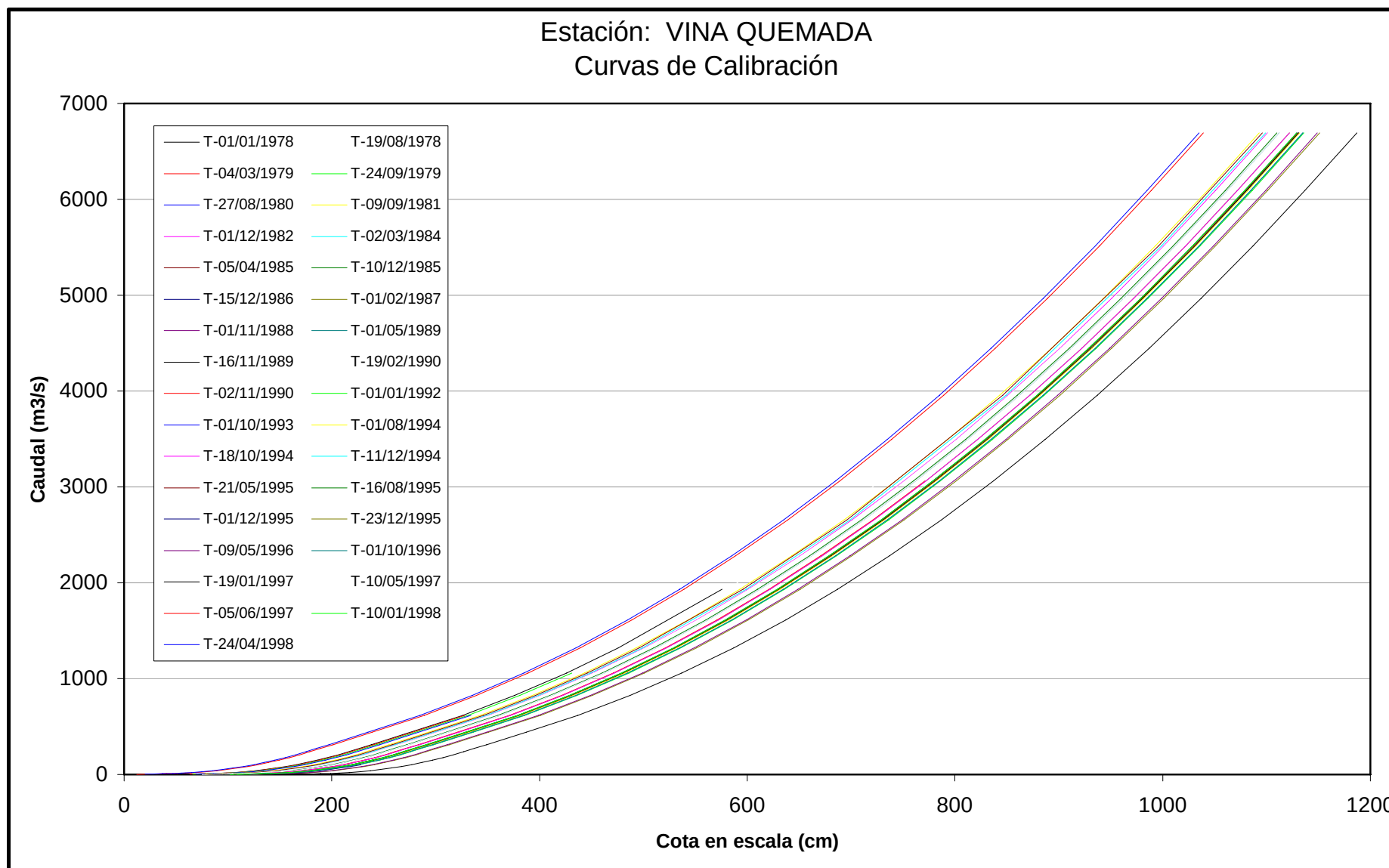
Los caudales instantáneos obtenidos a partir de las curvas de calibración figuran al final de esta ficha. También se encontrará la tabla de los caudales mensuales calculados a partir de los caudales instantáneos.

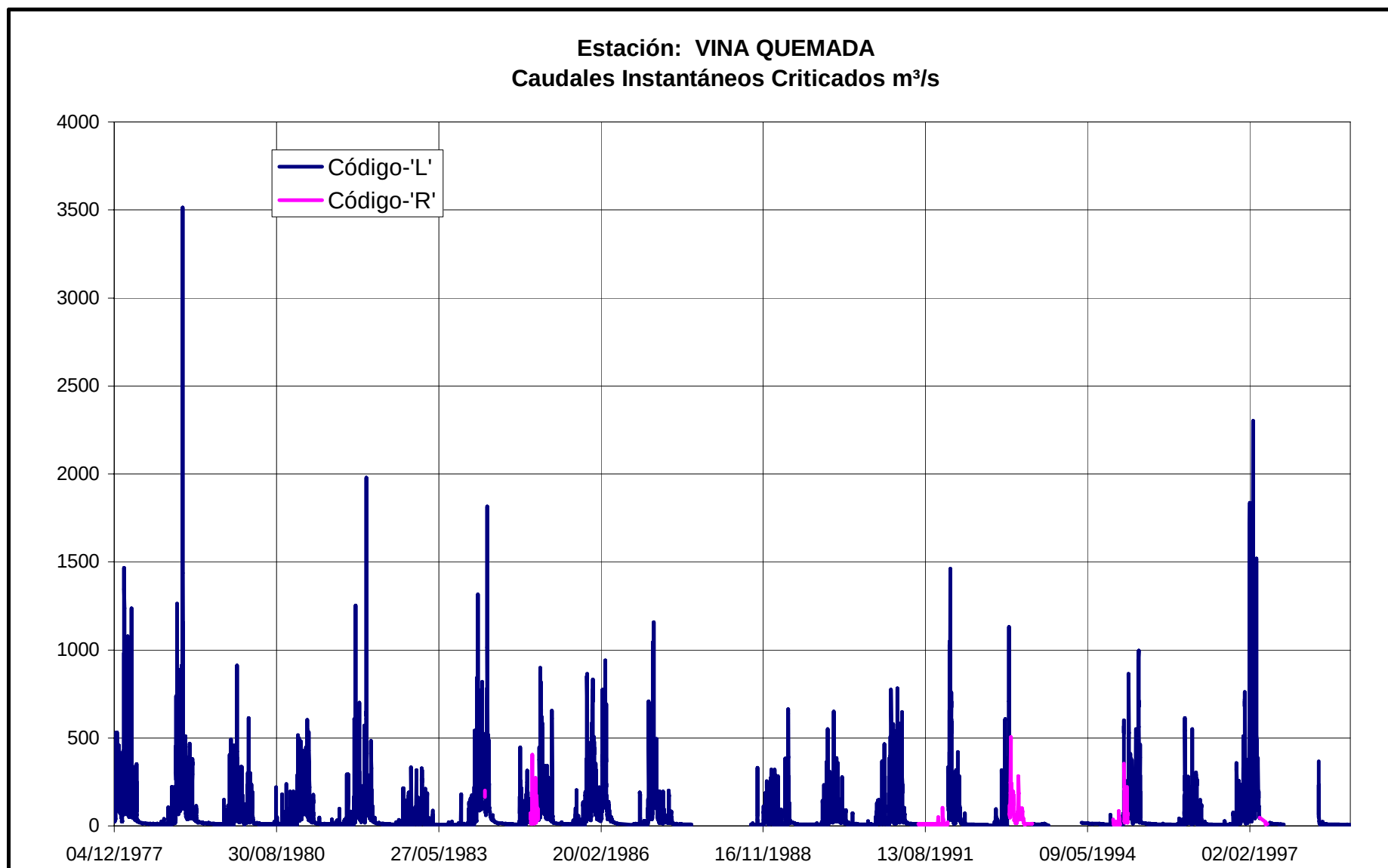
Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

Las correlaciones nos permitieron ver que las series de cotas observadas son de buena calidad hasta 1993. A partir de 1993 en adelante, se notan varios periodos dudosos. Estos periodos fueron reemplazados a veces y guardados en otras veces.

Las curvas de calibración obtenidas son muy confiables. Entonces las series de caudales obtenidos son muy confiables, excepto los del fin del periodo por causa de cotas dudosas.

La serie de caudales mensuales obtenidos de Enero 1978 hasta Septiembre 1998 está casi completa, lo que representa 19 años hidrológicos completos y un solo año hidrológico faltante.





Caudales mensuales y modulo anual en m3/s de la estación de Viña Quemada

Año	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Módulo
1977 - 1978					143.8	328.9	131.4	47.44	16.59	13.01	10.46	9.931	
1978 - 1979	8.828	8.833	27.57	162.2	345.9	152.8	108.5	40.51	18.31	15.12	13.11	10.57	75.97
1979 - 1980	8.907	18.05	42.29	95.49	68.02	39.39	89.15	24.38	12.54	10.59	9.858	12.76	36.09
1980 - 1981	12.6	21.21	20.57	26.86	132.2	177.3	114.8	39.14	16.11	12.96	11.23	11.17	48.94
1981 - 1982	11.87	9.009	26.83	75.47	122.8	81.33	186.6	51.66	15.38	12.13	10.11	8.475	51
1982 - 1983	9.362	20.49	23.37	34.92	39.82	48.43	17.83	12.62	6.283	5.869	6.093	5.438	19.04
1983 - 1984	4.727	11.29	10.96	34.77	248.5	288.1	274.3	51.61	18.5	14.1	11.03	9.346	80.97
1984 - 1985	7.57	41.46	47.52	51.12	82.09	294.3	91.92	59.25	13.35	10.88	8.621	7.413	58.01
1985 - 1986	14.31	13.52	94.86	206.8	188.7	106.5	301	50.82	18.27	13.19	10.53	7.828	85.82
1986 - 1987	8.387	17.17	12.4	162.5	300.3	36.5	29.88	21.22	8.522	5.046	4.545	3.917	51.41
1987 - 1988													
1988 - 1989	3.357	15.21	24.73	82.67	110.6	30.49	17.84	95.09	8.27	3.284	2.716	2.499	33.1
1989 - 1990	2.688	2.446	13.66	72.57	75	95.02	45.53	21.66	11.3	9.291	8.212	8.055	30.13
1990 - 1991	6.156	38.06	43.49	43.51	138.2	97.23	114.3	28.36	12.06	10.17	10.88	11.06	45.97
1991 - 1992	10.32	12.67	16.41	30.76	299.3	95.78	55.78	11.97	7.669	6.578	6.106	5.653	46.7
1992 - 1993	3.601	13.8	15.85	55.93	217.6	54.15	88.56	21.63	9.931	8.943	7.943	8.398	42.42
1993 - 1994	11.33	11.34	23.29	59.41	68.75	122	31.91	22.98	14.63	13.48	12.16	9.293	32.82
1994 - 1995	10.37	10.93	18.74	67.92	166.1	78.43	177.2	17.01	13.03	10.1	8.643	8.441	49.05
1995 - 1996	7.863	6.268	7.899	73.6	65.9	59.25	60.88	21.89	8.968	6.782	6.076	6.579	27.67
1996 - 1997	6.606	11.42	52.97	107.5	190.9	347.5	226.8	37.48	13.81	13.87	9.867	9.014	84.13
1997 - 1998	9.68	8.909	13.67	13.17	27.72	37.93	47.95	24.5	9.951	8.217	7.163	6.293	17.81
1998 - 1999	5.486												

Nota:

Los caudales en verde son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel instantáneo

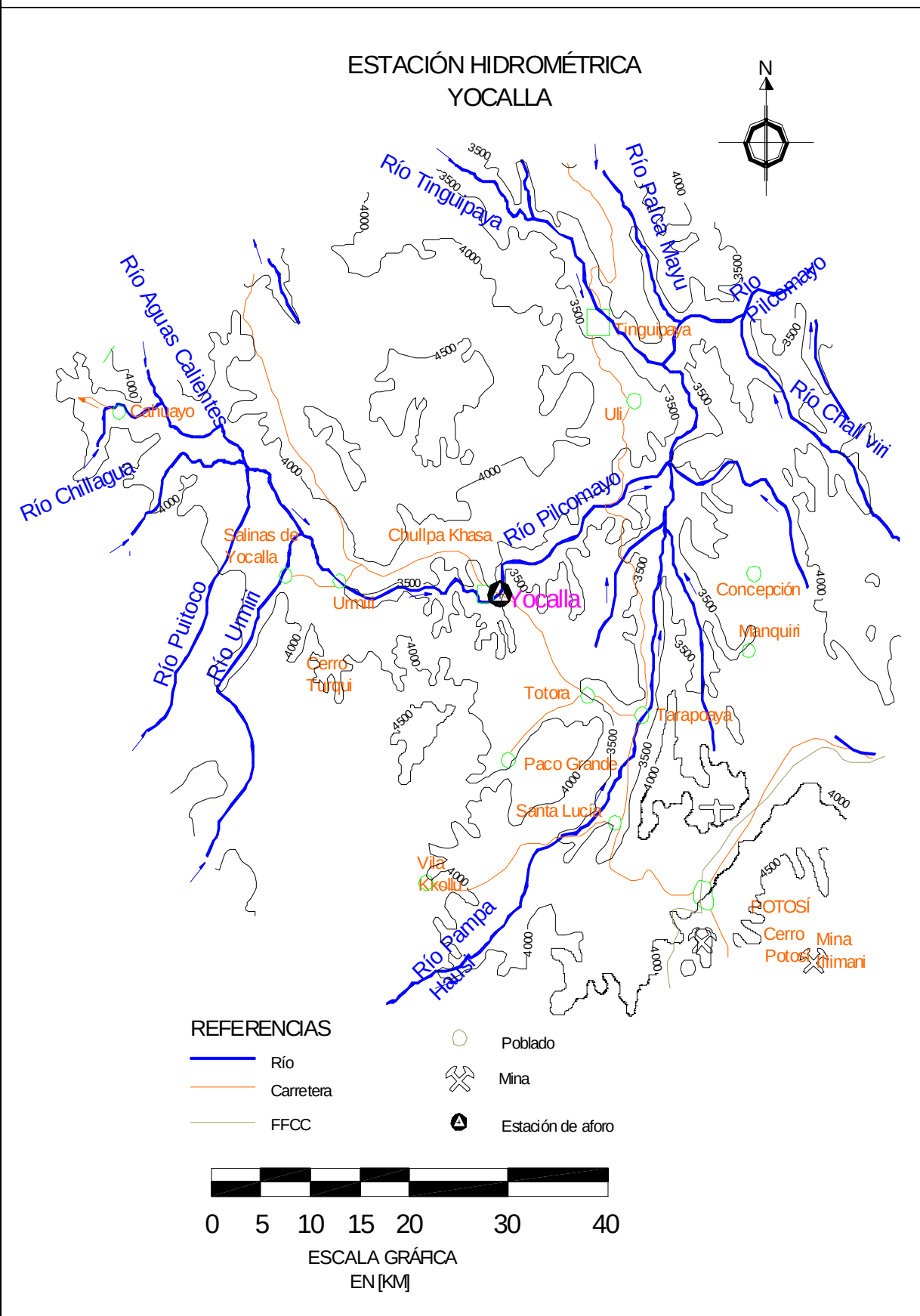
Los caudales en amarillo son caudales reconstituidos a partir de correlaciones a nivel mensual

4.27 Yocalla

4.27.1 Características generales

Estación	YOCALLA	
Características hidrográficas	Río	Alto Pilcomayo
	Cuenca	Pilcomayo
	Sub-cuenca	Pilcomayo
	Área de la cuenca (km ²)	2 697
Características geográficas	Latitud (decimales)	- 19,38461
	Longitud (decimales)	- 65,910
	Altura (m.s.n.m.)	3440
	País	Bolivia
	Departamento	Potosí
	Provincia	
Acceso	Potosi (Ciudad)-Tarapaya- Yocalla, desde la ciudad de Potosi 42 km	
Administrador	SENAMHI - Potosí	
Fecha de apertura	Febrero 1965	
Cierre / rehabilitación	Cerrada en sept. 1988	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 07/12/72-30/09/88	Escala de 3 m
	Aforos :	No hay aforos para esta estación
Informaciones complementarias disponibles	- Estación visitada por el Ing. Luis Noriega del SENAMHI de La Paz en agosto 2004.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)



4.27.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ **Batimetría disponible :**

No se tenía ninguna batimetría para esta estación . Como tampoco había aforos, no se pudieron dibujar secciones a partir de los datos brutos de aforos.

▪ **Estabilidad de la sección**

No se tiene información.

4.27.3 Tratamiento de las lecturas de escala

Primera-ultima cota disponible : 07/12/72-30/09/88

Porcentaje de lagunas : 1,6 %

Calidad general de los datos : parece buena, a pesar de ser marcada como poco confiable en algunos formatos de datos de campo del SENAMHI.

Tratamiento de los datos :

La estación Yocalla presenta datos casi completos y de buena calidad.

Las correlación obtenidas a partir de sus estaciones estimadoras son buenas, porque se encuentran ubicadas aguas abajo sobre el mismo río, esto nos permite asegurar la buena calidad de las cotas.

Los datos disponibles fueron tratados de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
07/12/72		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
07/12/72-31/05/84		Datos confiables, con lagunas de algunos días que fueron rellenadas por extrapolación.
	01/06/84-31/06/84	No hay datos. No fueron rellenadas.
01/07/84-31/01/86		Datos buenos con lagunas de algunos días rellenadas por extrapolación
	01/02/86-28/02/86	No hay datos. No fueron rellenadas.
01/03/86-30/09/86		Datos buenos completos
	01/10/86-31/10/86	No hay datos. No fueron rellenadas.
01/11/86-30/09/88		Datos completos de buena calidad

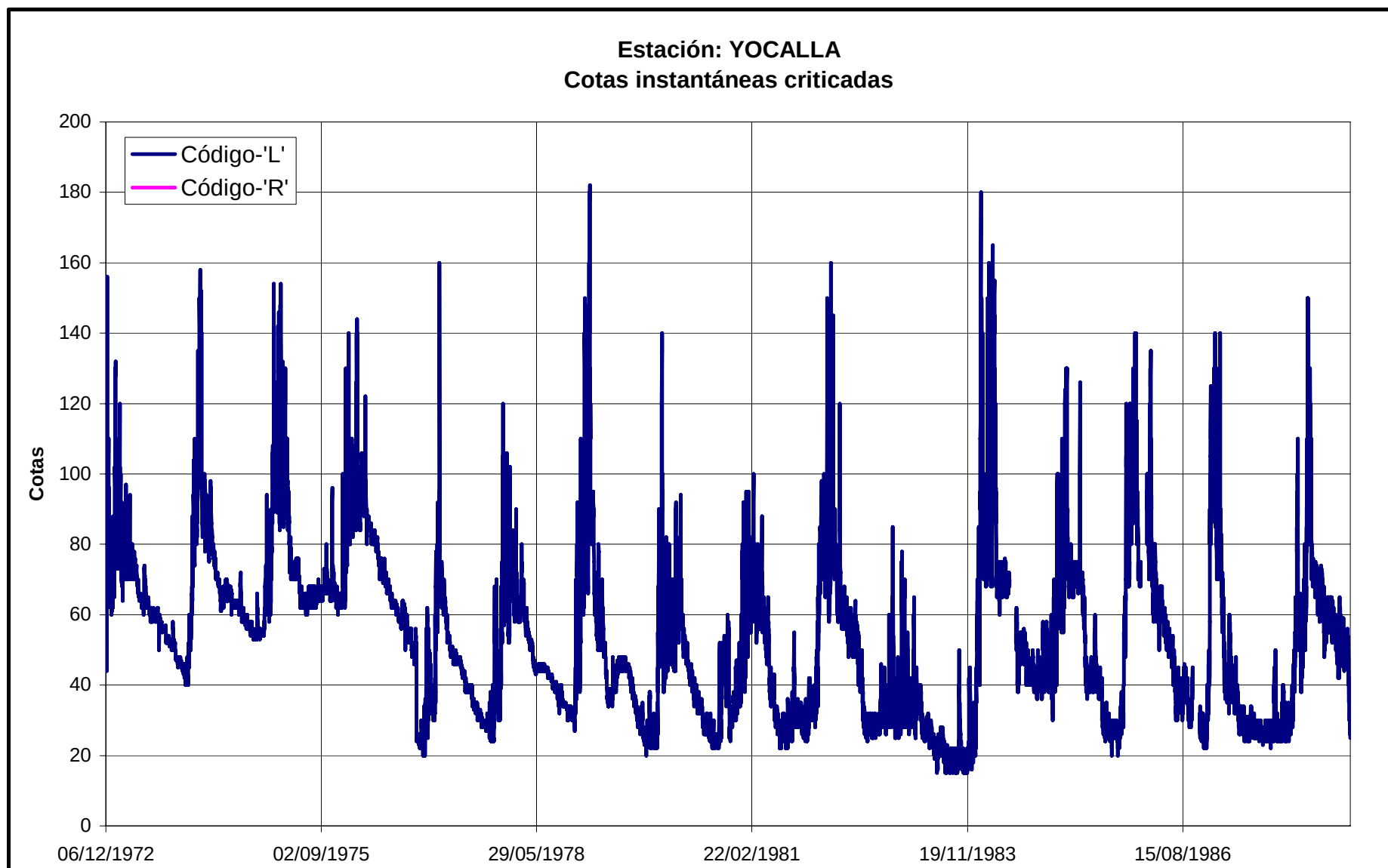
4.27.4 Aforos disponibles.

No se tenía ningún aforo para esta estación entonces no se pudieron elaborar series de caudales.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

La estación de Yocalla tiene una serie de datos de lectura de escala bastante completa e extensa. Cuenta con algunas lagunas que no se llenaron. En efecto, la imposibilidad de calcular caudales para la estación (por falta de aforos) hacía inútil el relleno.

La estación no contaba con datos de aforos así que no fueron calculados series de caudales.



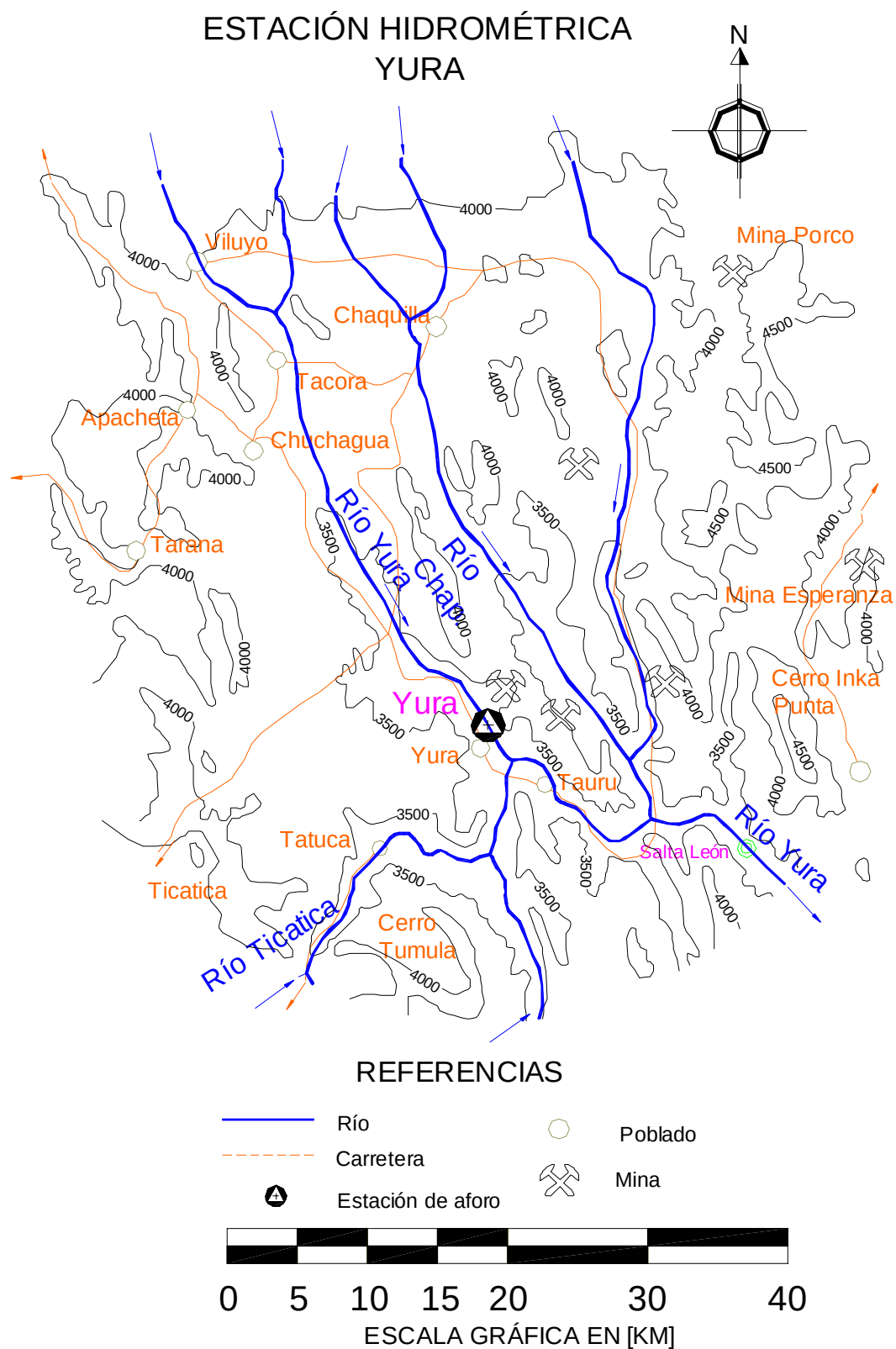
4.28 Yura

4.28.1 Características generales

Estación	YURA	
Características hidrográficas	Río	Yura
	Cuenca	Río Pilcomayo
	Sub-cuenca	Tumusla
	Área de la cuenca (km2)	1 340
Características geográficas	Latitud (decimales) Fuente de inf.: Archivos del SENAMHI La Paz	-20.0667
	Longitud (decimales) Fuente de inf.: Archivos del SENAMHI La Paz	-66.1195
	Altura (m.s.n.m.) Fuente de inf.: Archivos del SENAMHI La Paz	3336 (muy dudosa, no coherente)
	País	Bolivia
	Departamento	Potosí
	Provincia	Quijarro
Acceso	No se tiene la ubicación exacta del sitio.	
Administrador	SENAMHI-POTOSÍ	
Fecha de apertura	En Julio de 1973	
Cierre / rehabilitación	La estación no funcionó a partir de Abril 1994.	
Mediciones y equipamiento	Cotas : 14/07/73-30/04/94	Cotas leídas en escalas limnimétricas.
	Aforos :	No se realizaron aforos.
Informaciones complementarias disponibles	- Actualmente no ha sido visitada. - Todos los datos que se tienen en papel (originales) en SENAMHI La Paz están en la base de datos HYDRACCESS.	

DESCRIPCIÓN DEL SITIO (ESQUEMA)

No se tiene la ubicación exacta del sitio.



4.28.2 Evolución del perfil transversal del río

▪ **Batimetría disponible :**

No se tiene ningún aforo para esta estación entonces no se pudieron elaborar las secciones transversales.

▪ **Estabilidad de la sección**

La estación fue visitada por el Ing. Luis Noriega en Sep. 2004. Está instalada en una planicie, en un sitio muy mal escogido e inadecuado.

4.28.3 Tratamiento de las lecturas de escala.

Primera-ultima cota disponible : 14/07/73-30/04/94

Porcentaje de lagunas : 42,8%

Calidad general de los datos : datos **inservibles**.

Tratamiento de los datos :

La estación Yura presenta gran cantidad de lagunas.

Para corregir y/o rellenar las cotas disponibles, se trató de utilizar como estaciones estimadoras (correlaciones) las siguientes :

- Salto León
- Tumusla
- Palca Higuera
- Palca Grande

Las correlaciones obtenidas a partir de sus estaciones vecinas son muy malas, esto se debe a que los datos en la estación Yura presentan muchas irregularidades, quiebres bruscos, datos constantes. Lo que indicaría que estos datos son de mala calidad e inservibles.

Los datos disponibles fueron tratadas de la manera siguiente :

Cotas disponibles	Lagunas	Análisis y tratamiento
14/07/73		INICIO DE LAS LECTURAS DE COTAS
15/07/73-12/02/74		Datos dudosos, guardados.
	14/02/74-18/02/74	No se pudo rellenar por falta de estimadores.
19/02/74-25/03/74		Datos dudosos, guardados.
	26/03/74-01/05/74	No se pudo rellenar por falta de estimadores.
02/05/74-29/11/74		Datos dudosos, guardados.
	30/11/74-01/01/75	No se pudo rellenar por falta de buenas correlaciones.
02/01/75-21/02/75		Datos dudosos, guardados.
	22/02/75-28/02/75	No se pudo rellenar por falta de buenas correlaciones.
01/03/75-03/03/75		Datos dudosos, guardados.
	04/03/75-08/03/75	No se pudo rellenar por falta de buenas correlaciones.
09/03/75-08/07/75		Datos dudosos, guardados.
	09/07/75-15/07/75	No se pudo rellenar por falta de buenas correlaciones.
16/07/75-26/7/75		Datos dudosos, guardados.

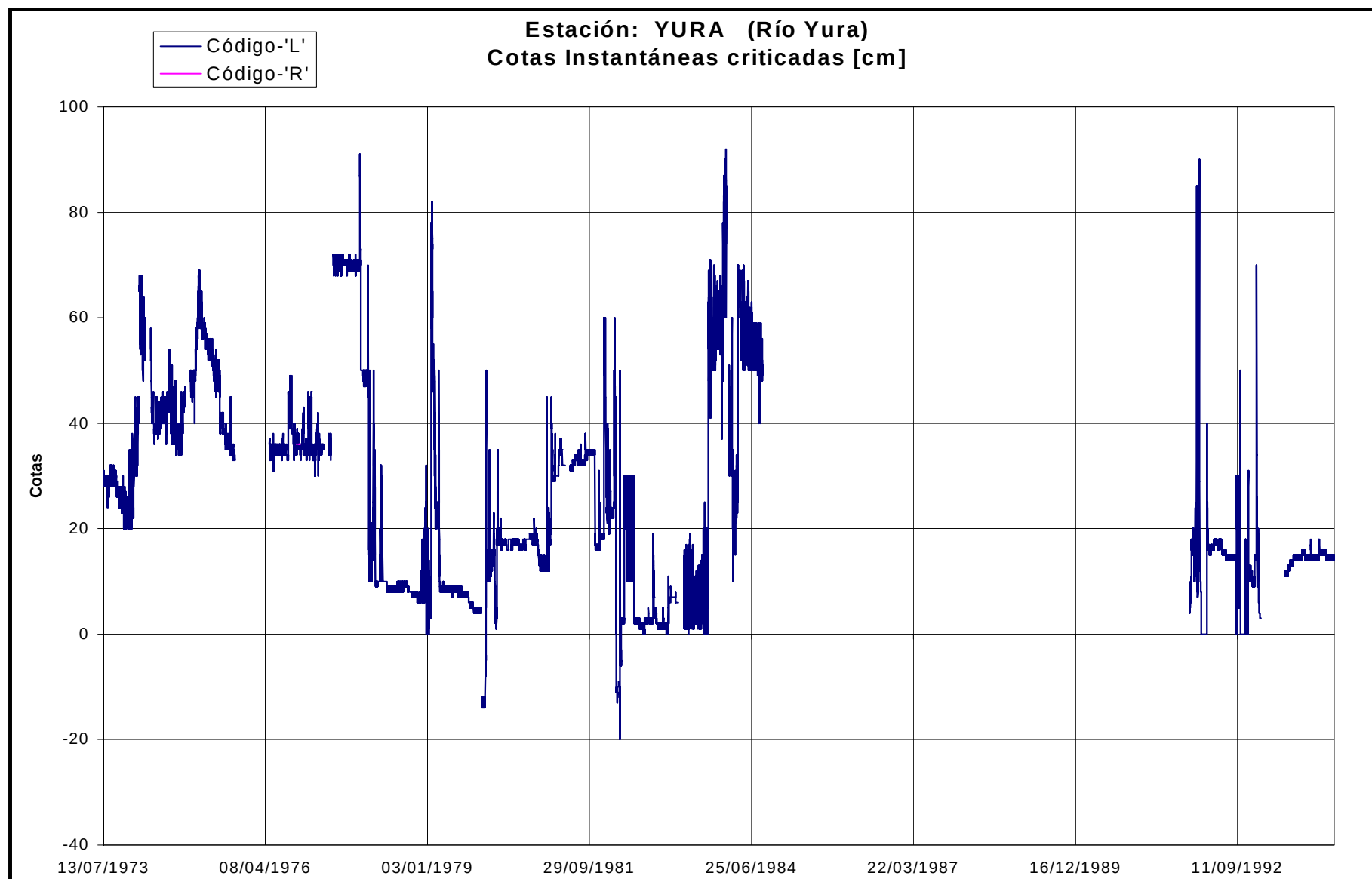
	27/07/75-01/05/75	No se pudo rellenar por falta de buenas correlaciones.
02/05/75-29/09/75		Datos dudosos, guardados.
	30/09/75-10/10/76	Presenta lagunas de pocos días que no se pudo rellenar por falta de buenas correlaciones.
11/10/76-28/02/76		Presenta datos rellenados por extrapolación.
	29/10/76-03/11/76	No se pudo rellenar por falta de buenas correlaciones.
04/11/76-28/10/76		Datos dudosos, guardados
	29/10/76-6/05/83	Presenta varias lagunas que no se pudo rellenar por falta de buenas correlaciones.
07/05/83-19/01/84		Datos rellenados por extrapolación.
	20/01/84-06/02/84	No se pudo rellenar por falta de buenas correlaciones.
07/02/84-30/08/84		Datos dudosos, guardados
	31/08/84-20/11/91	Laguna de 7 años que no será rellenada por ser muy grande.
21/11/91-01/02/93		Datos dudosos, guardados
	02/02/93-01/07/93	No se pudo rellenar por falta de buenas correlaciones.
02/07/93-30/04/94		Datos dudosos, guardados. FIN DE LAS LECTURAS DE ESCALA.

4.28.4 Aforos disponibles.

No se tiene ningún aforo para esta estación entonces no se pudieron elaborar series de caudales.

Conclusión sobre la calidad de los datos procesados :

La serie de cotas puede considerarse como muy dudosa y hasta **inservible**, por la mala apariencia del gráfico de las cotas (muchos desniveles inesperados) y la imposibilidad de establecer correlaciones con las estaciones vecinas.



5 CONCLUSIÓN

El SENAMHI central, institución a cargo de la base de datos hidrométricos de Bolivia, ha hecho desde varios años un trabajo importante de recolección de datos hidrométricos (cotas, aforos) en diferentes estaciones instaladas en la parte boliviana de la cuenca del río Pilcomayo.

El objetivo del presente estudio era:

- Realizar una síntesis de toda la información hidrométrica existente en un solo documento,
- Aprovechar al máximo todos los datos básicos disponibles, para identificar periodos de buena y / o mala calidad de los datos,
- Consolidar el banco de datos del SENAMHI central y del proyecto Pilcomayo, integrando toda la información disponible en una sola base de datos,
- Elaborar datos de caudales instantáneos, diarios y mensuales de la mejor calidad posible,
- Dar indicaciones sobre el grado de confianza de los datos básicos y elaborados.

Las tareas siguientes se realizaron:

- Se hizo la recolección de toda la información disponible en la cuenca boliviana del río Pilcomayo, y se digitalizó en una base de datos al formato Hydraccess.
- Se analizaron, criticaron y rellenaron las series de cotas de las 28 estaciones de la cuenca alta del río Pilcomayo. Los datos rellenados y/o remplazados se distinguen de los datos originales con el código R indicando una reconstitución.
- 18 estaciones tenían datos de cotas y de aforos, pero se pudieron elaborar curvas de calibración para solo 16 estaciones (San José de Pampa Grande y Llimphy no tenían bastante información), y a partir de ellas series de caudales instantáneos sobre los periodos disponibles. Sin embargo las series de caudales de la estación Mulluquiri no fue guardada por falta de confiabilidad de los datos.
- Se calcularon series de caudales mensuales para 17 estaciones hidrométricas (las 16 mencionadas más la estación de Misión La Paz quien ya tenía series de caudales diarias)

Dificultades encontradas

Hay que destacar que este trabajo no fue fácil. Las razones principales fueron:

- La red de estaciones hidrométricas en la cuenca presenta datos de calidad muy variable y sobre periodos distintos. Por lo que generalmente no contábamos con buenas estaciones para estimar de manera segura los caudales dentro de un mismo tramo del río (ejemplo la estación Tumusla sobre el río Tumusla y sus estaciones estimadoras).
- La falta constante de datos de aforos para caudales de crecidas.
- Una calidad de los datos que decrece generalmente a lo largo del tiempo: Muchas veces se tiene buenos datos hasta los años 84-85 y después, la calidad disminuye de manera importante. Esto se da frecuente en las redes de estaciones hidrométricas, debido a una mayor importancia e inversión al principio de su funcionamiento dando datos generalmente buenos, luego por falta de mantenimiento y de recursos éstos van decreciendo en su calidad.
- Datos a veces inservibles quizás por falta de capacitación y de seguimiento de los observadores o por degradación del equipamiento de medición.
- La configuración de la cuenca con secciones muy inestables, una de las razones que impiden la realización de los aforos con la frecuencia ya establecida.

- La falta de información histórica sobre algunas estaciones, que actualmente se encuentran cerradas.
- La no disponibilidad (perdida?) de los datos originales en formato papel.

Las curvas de calibración se elaboraron con la información disponible. Se podrán mejorar con los aforos que se harán en el futuro. Debido a que el Proyecto Pilcomayo y el SENAMHI están rehabilitando la red hidrográfica equipándola modernamente de manera muy eficaz y rápida desde el año 2005.

El trabajo realizado es un primer paso y muy necesario. Debe permitir a corto plazo hacer el Balance Hídrico de la cuenca alta del río Pilcomayo y a largo plazo ayudar a todos los institutos que necesitan datos confiables en la cuenca boliviana del río Pilcomayo. El análisis del balance Hídrico y la simulación deberán permitir rellenar las series de caudales mensuales completamente.

Entonces, debemos insistir de nuevo y fuertemente sobre la importancia para el futuro de tener una red de estaciones amplia (por lo menos una sobre cada río importante) con equipamiento de medición resistente, confiable y adecuado para medir en todas las épocas del año. La capacitación del personal del sitio y el seguimiento de la recolección de los datos es primordial para poder tener datos confiables. Finalmente el almacenamiento ordenado de la información original (en formato papel y en formato digital en una base de datos) es indispensable para la continuidad de la información acumulada.

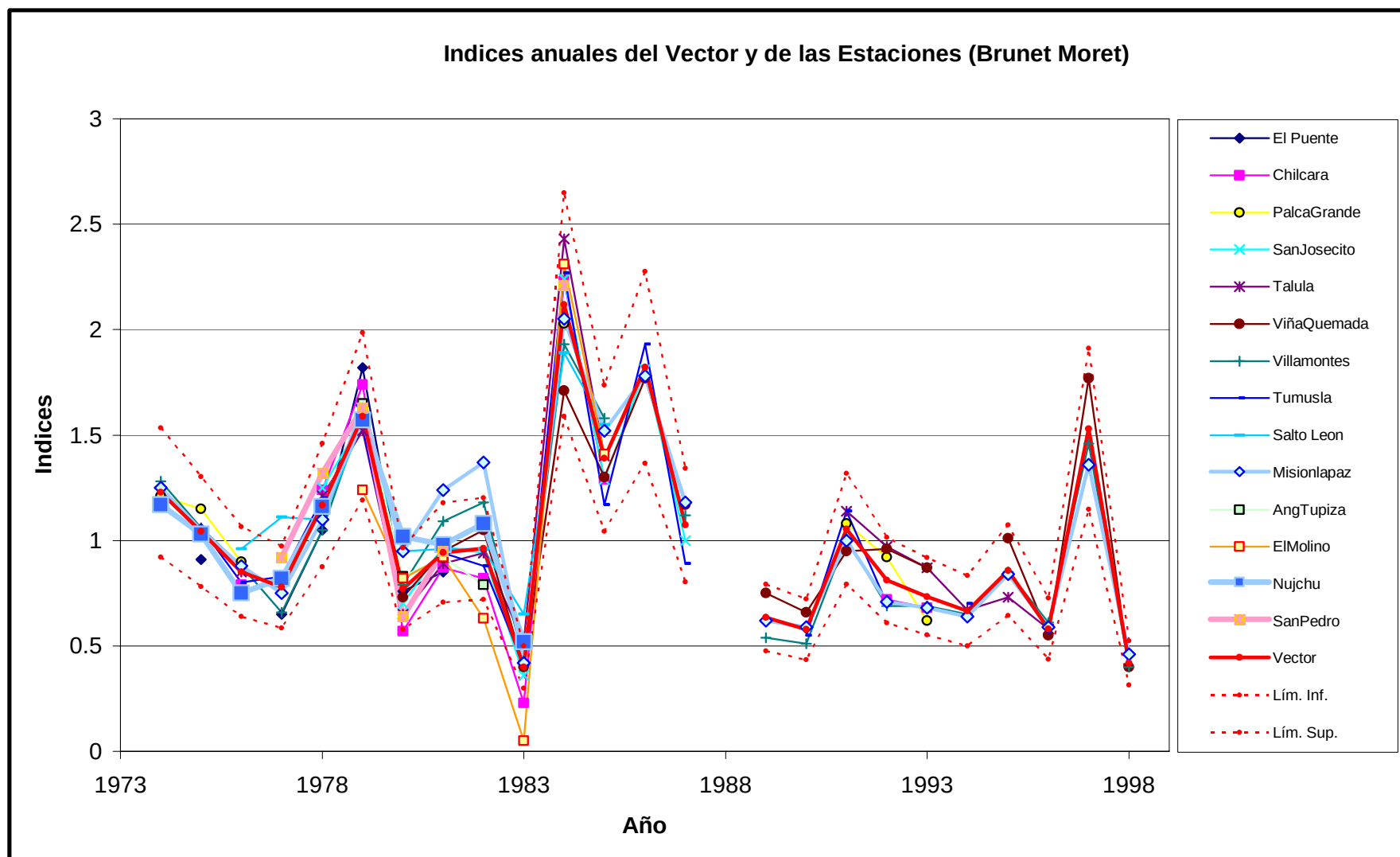
Finalmente, esperamos que el carácter didáctico de este informe permitirá hacer el mismo tipo de estudio, siempre indispensable aunque poco realizado, para otras cuencas de Bolivia o de otros países.

6 BIBLIOGRAFÍA

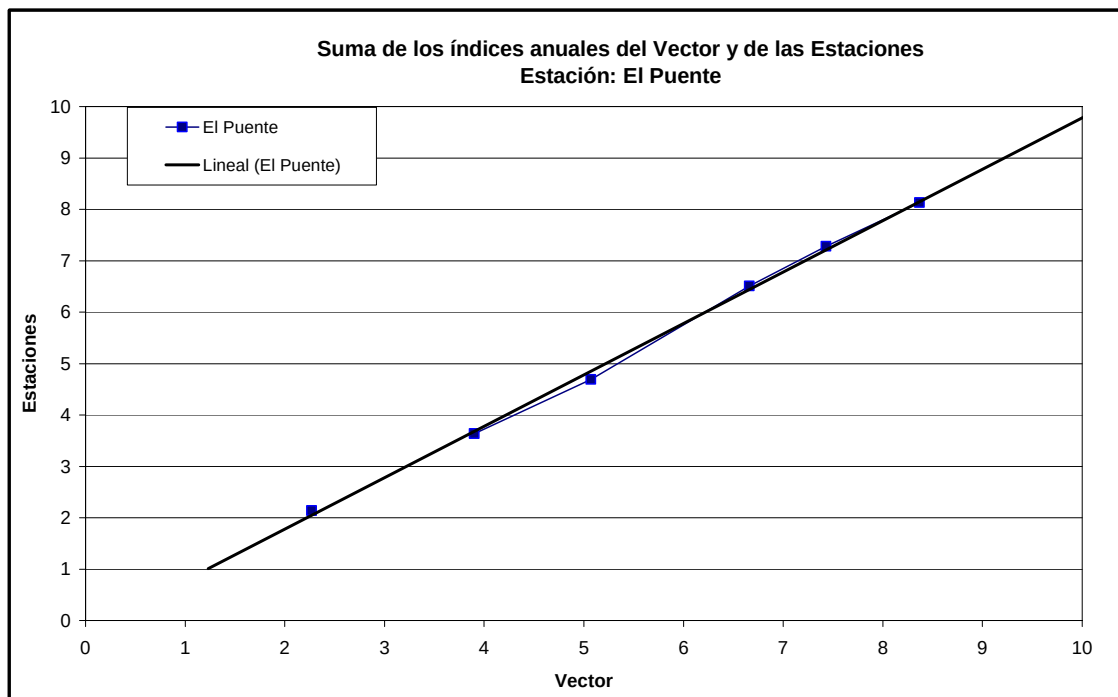
- [1] Oct. 2004 – Ing. Luis Noriega Flores - “Informe de comisiones efectuadas en la cuenca alta del río Pilcomayo”, Proyecto de gestión Integrada y Plan Maestro de la cuenca del río Pilcomayo, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
- [2] May. 2004 – Ing. Emmanuel Daval – Monitoreo Hidrometeorológico-Modelación Hidrológica de la Cuenca del Río Pilcomayo.
- [3] Nov. 2002 - Atlas Geográfico Digital de Bolivia. IGM
- [4] 1995– M. Villón– Hidráulica de Canales Abiertos
- [5] 1995– M. Villón– Hidrología
- [6] 1993 – C. Días-R. Hoorelbeke-J. Cortez –Inventario de datos de la Red Hidrológica del SENAMHI.
- [7] 1988– Balance Hídrico Superficial de la cuenca del río Pilcomayo (IHH-UMSA – PHICAB-SENAMHI)
- [8] 1963 – M. Roche – “Hydrologie de surface”, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-mer (ORSTOM), Gauthier-Villars Editeur – Paris.
- [9] 1971– F. Aparicio– Fundamentos de Hidrología de superficie.
- [10] fecha? - Ven et Chow– Hidráulica de Canales Abiertos.

7 ANEXOS

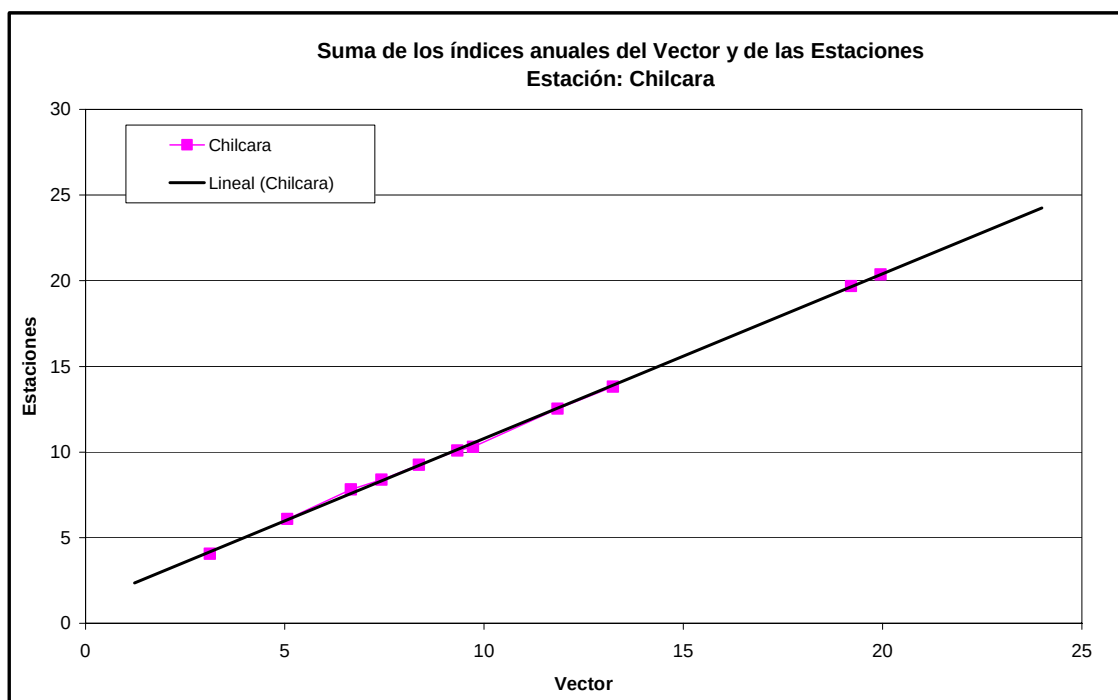
- 7.1 Mapa de ubicación de la Cuenca del río Pilcomayo con límites departamentales y provinciales.
- 7.2 Mapa de la red hidrográfica de la Cuenca del río Pilcomayo.
- 7.3 Gráfico del vector regional anual y de las curvas dobles acumuladas.



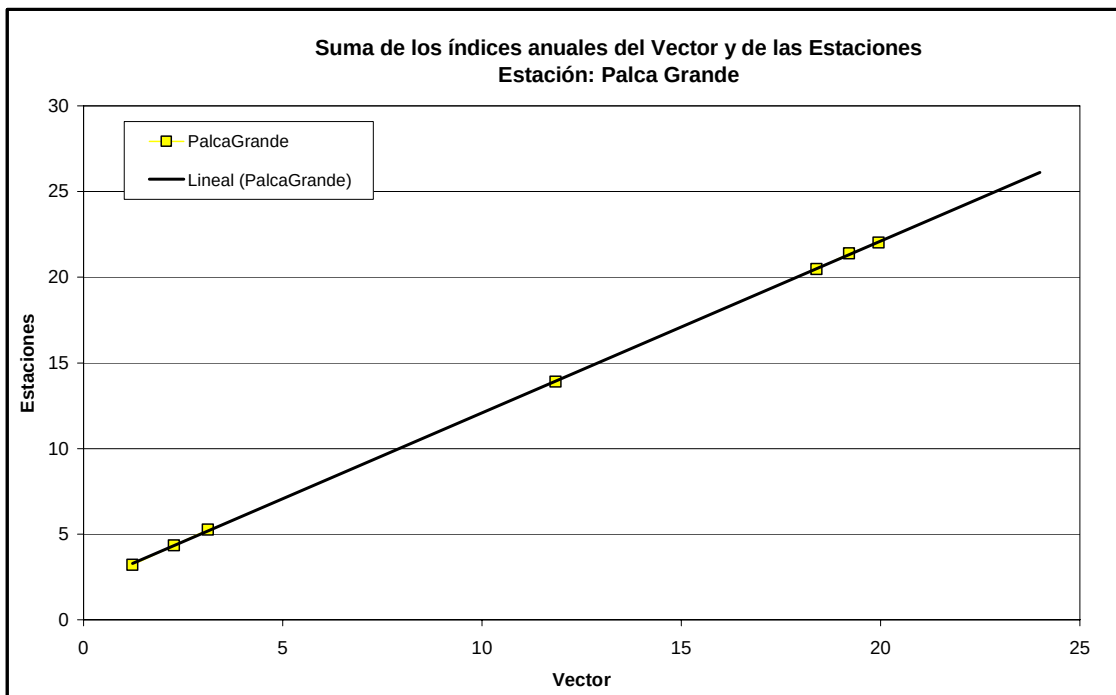
EL PUENTE SAN JUAN DEL ORO



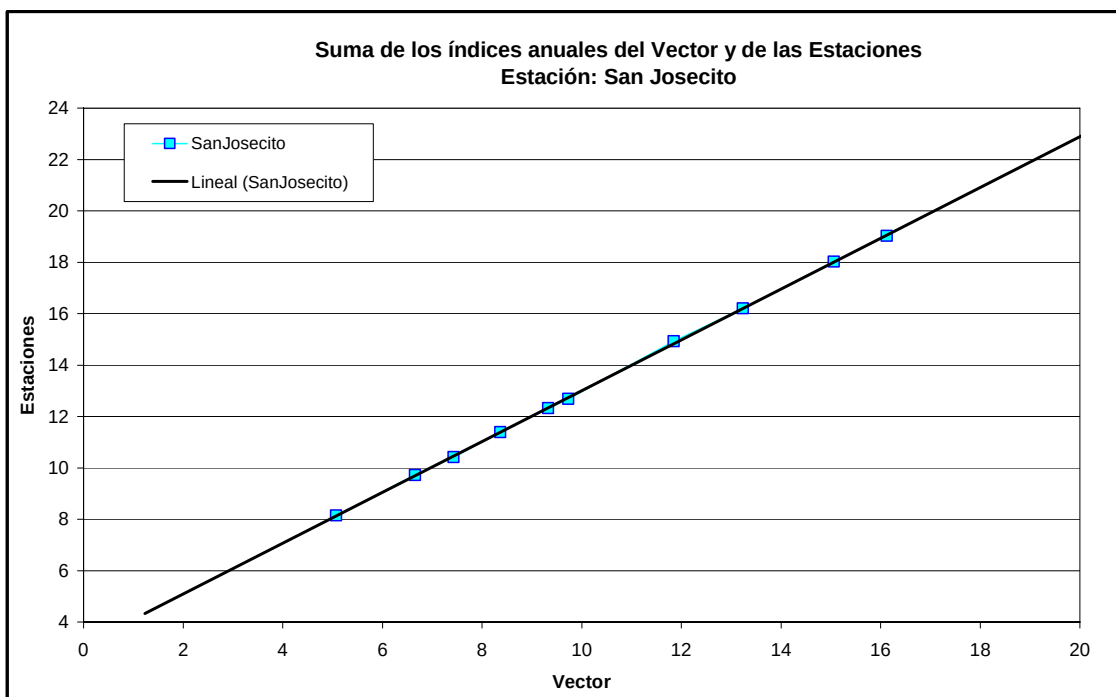
CHILCARA



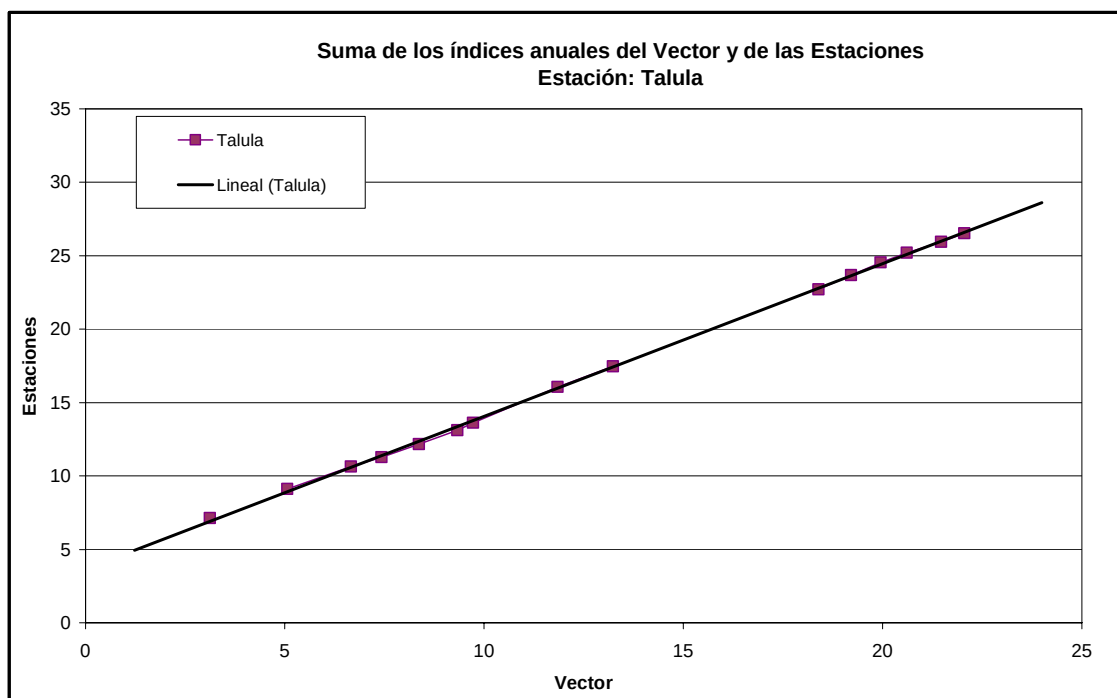
PALCA GRANDE



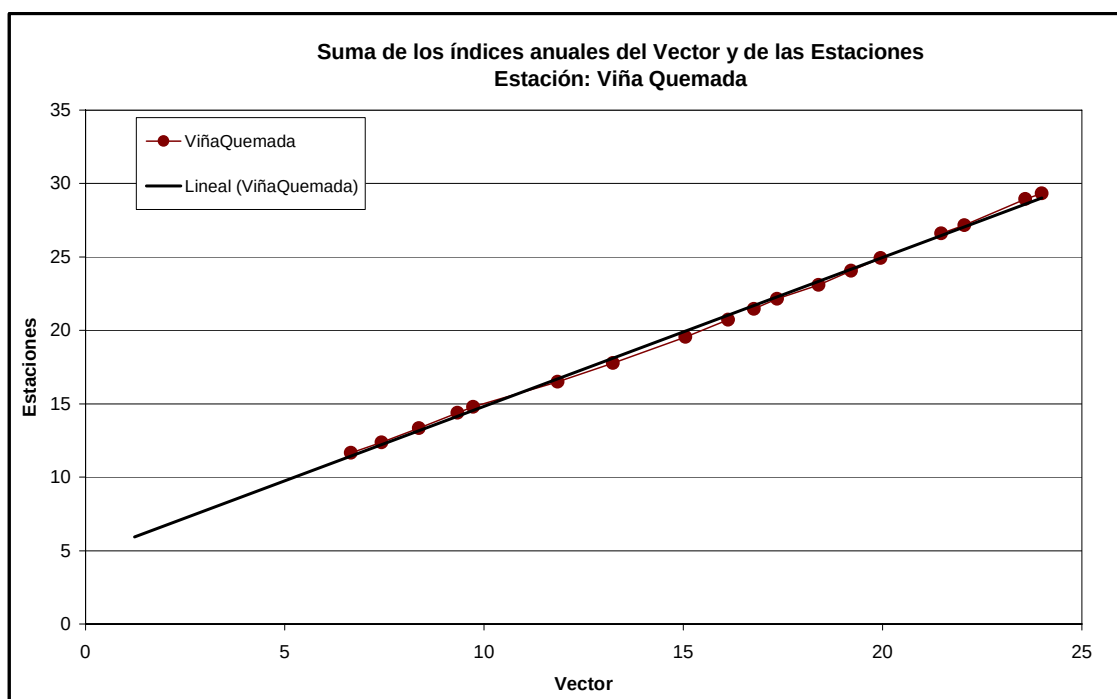
SAN JOSECITO



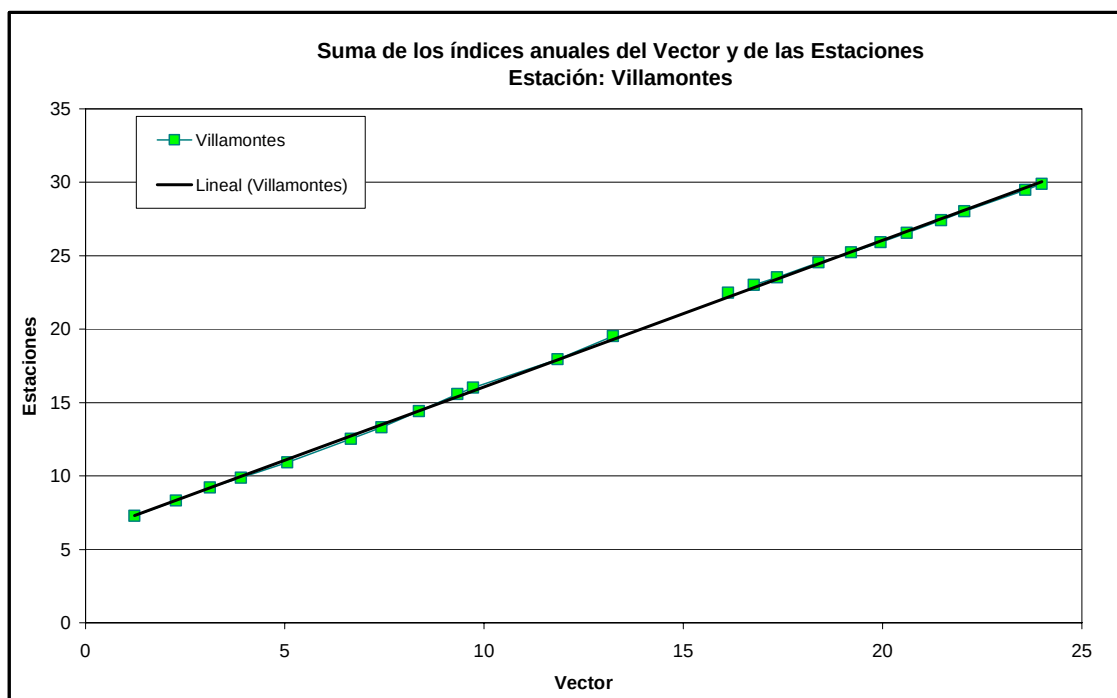
TALULA



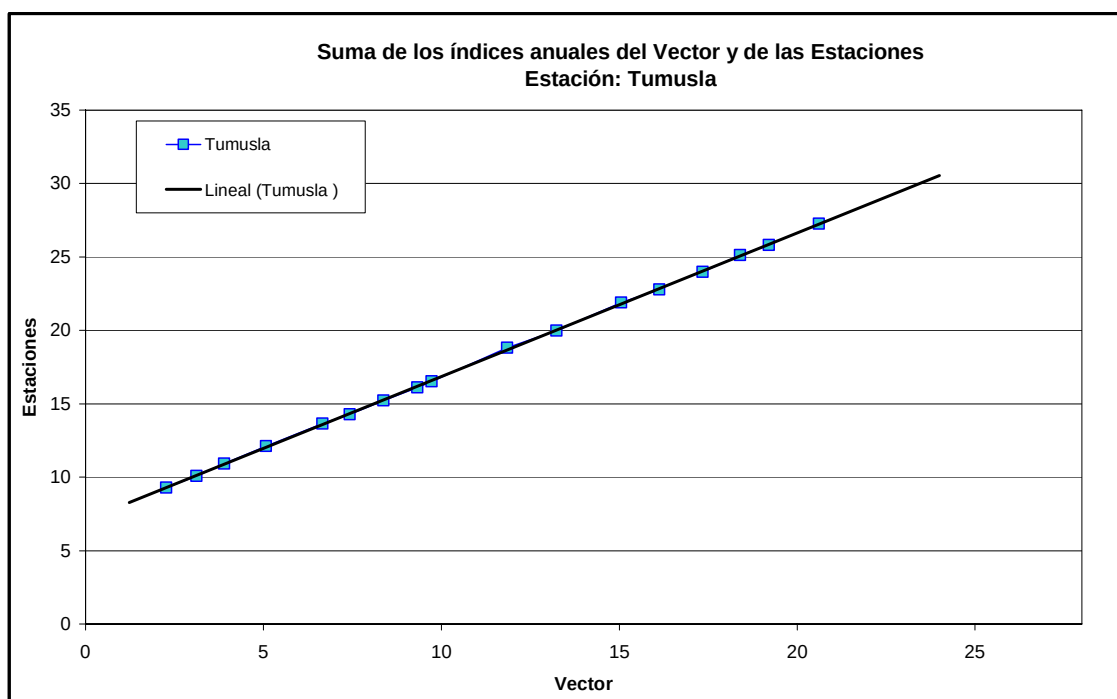
VIÑA QUEMADA



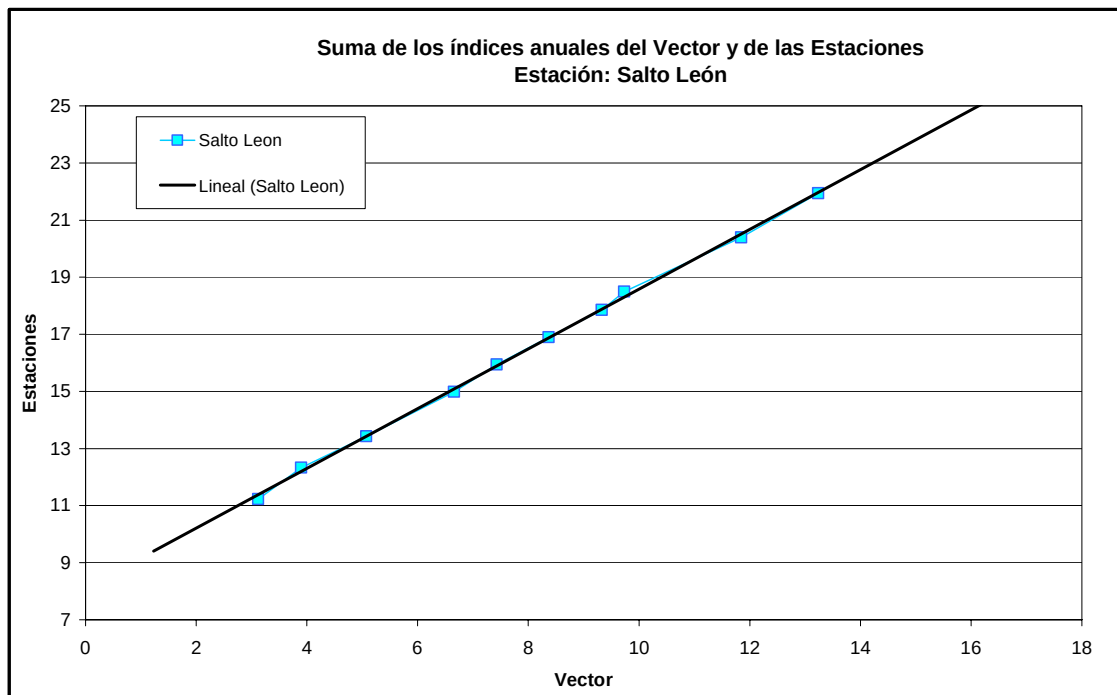
VILLAMONTES



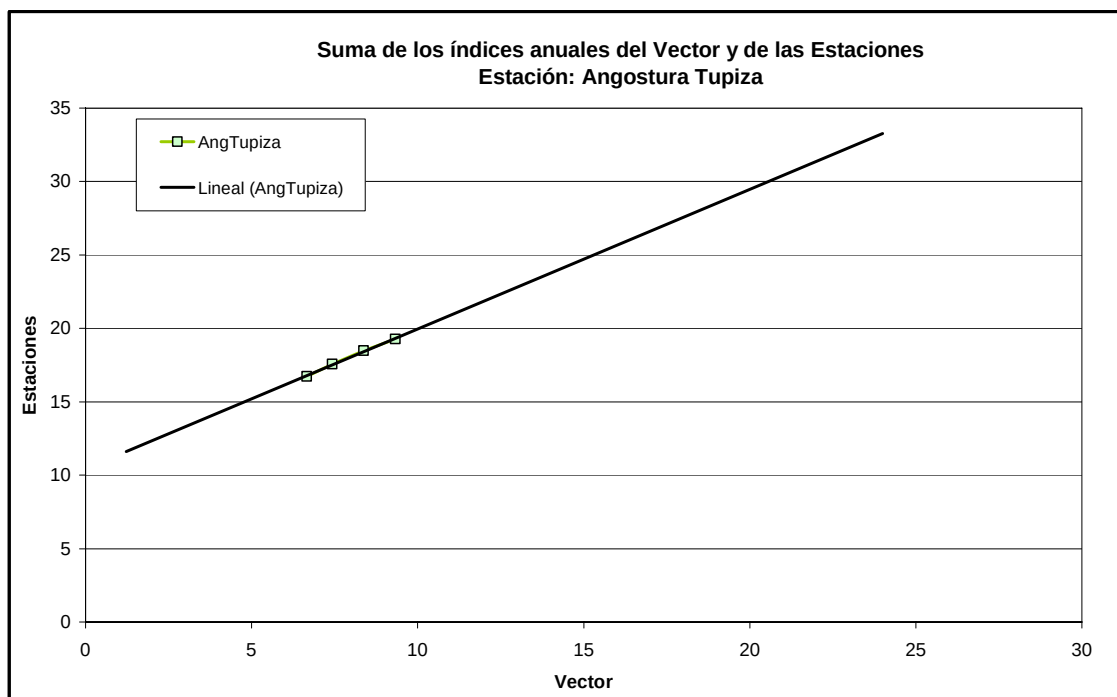
TUMUSLA



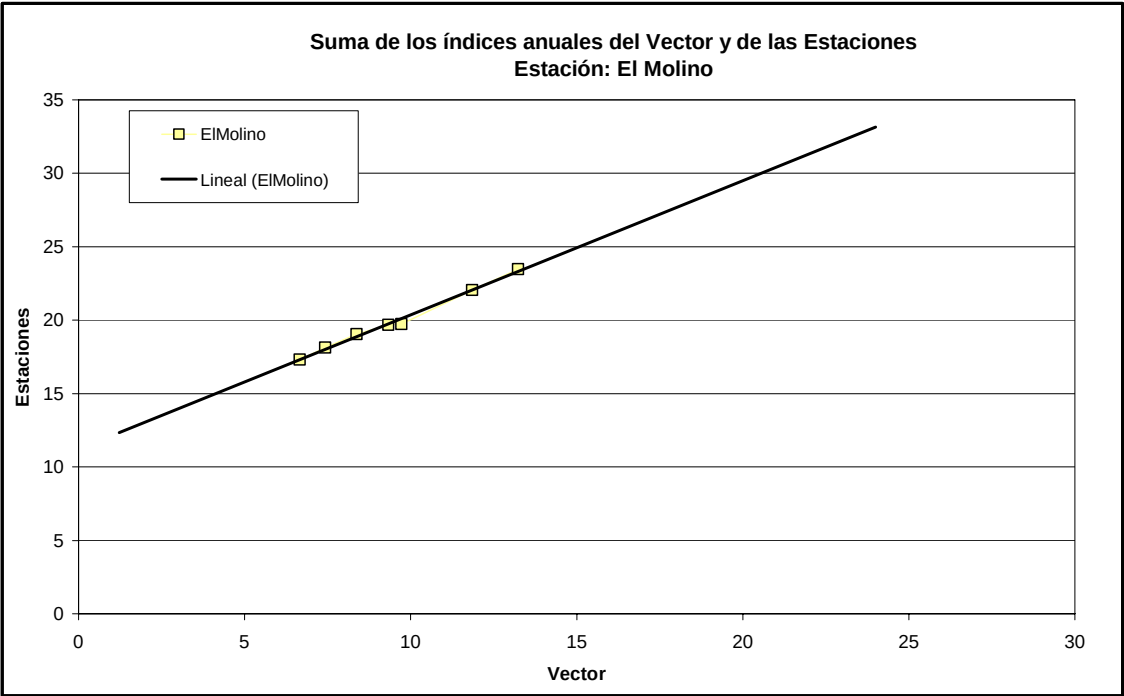
SALTO LEÓN



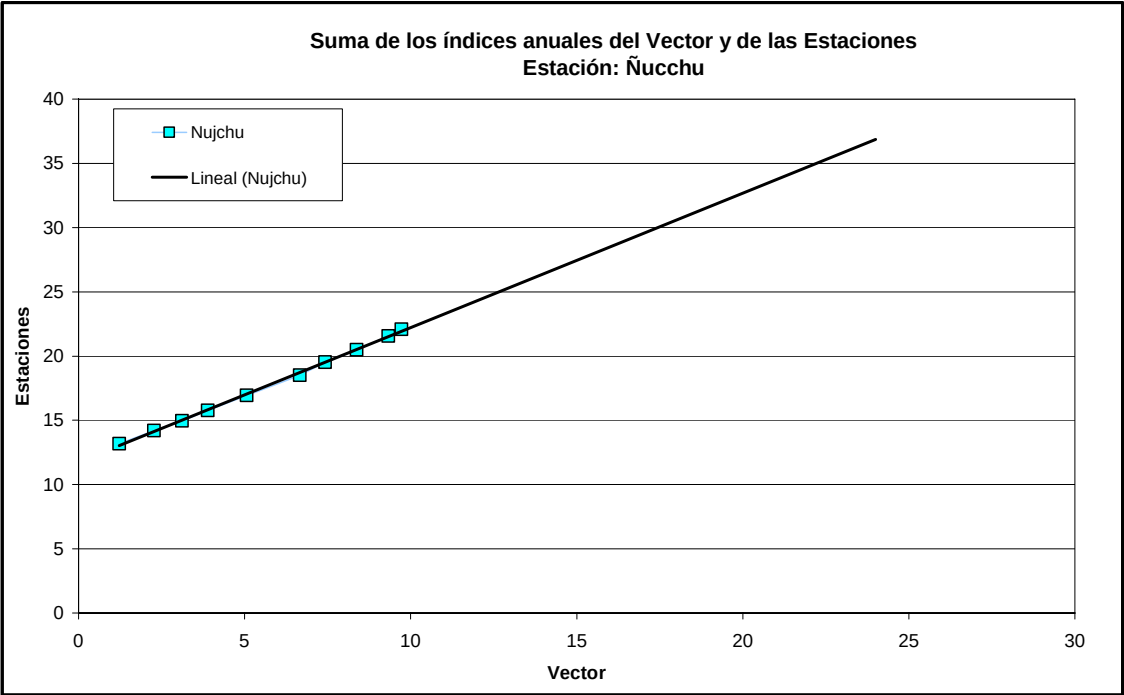
ANGOSTURA TUPIZA



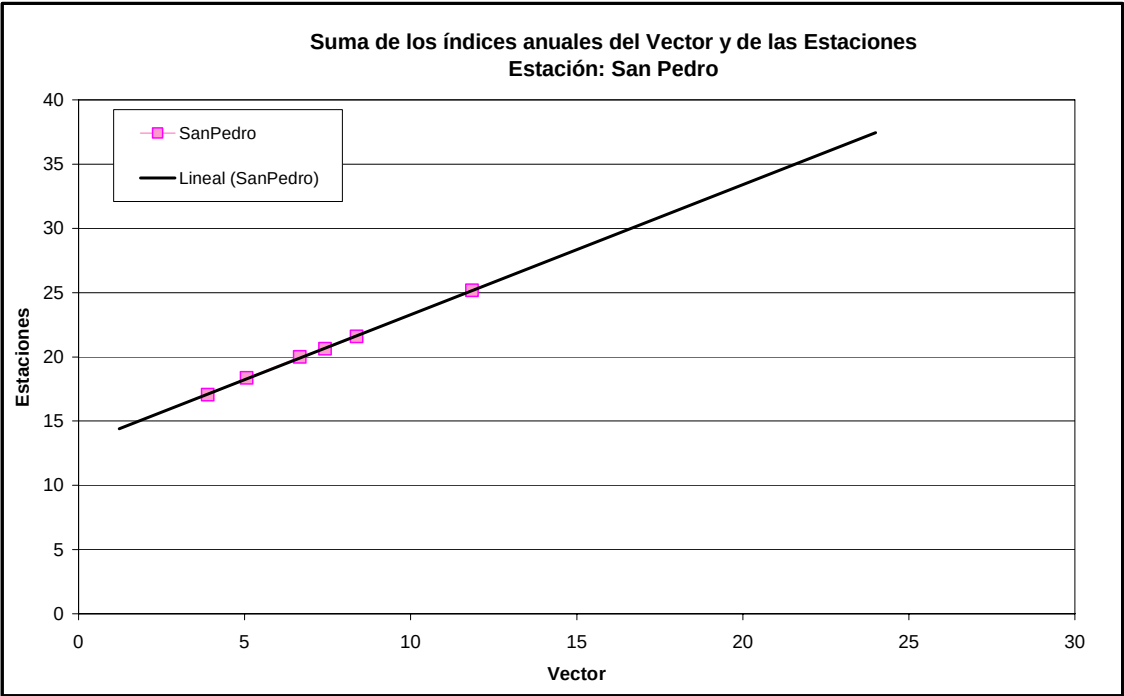
EL MOLINO



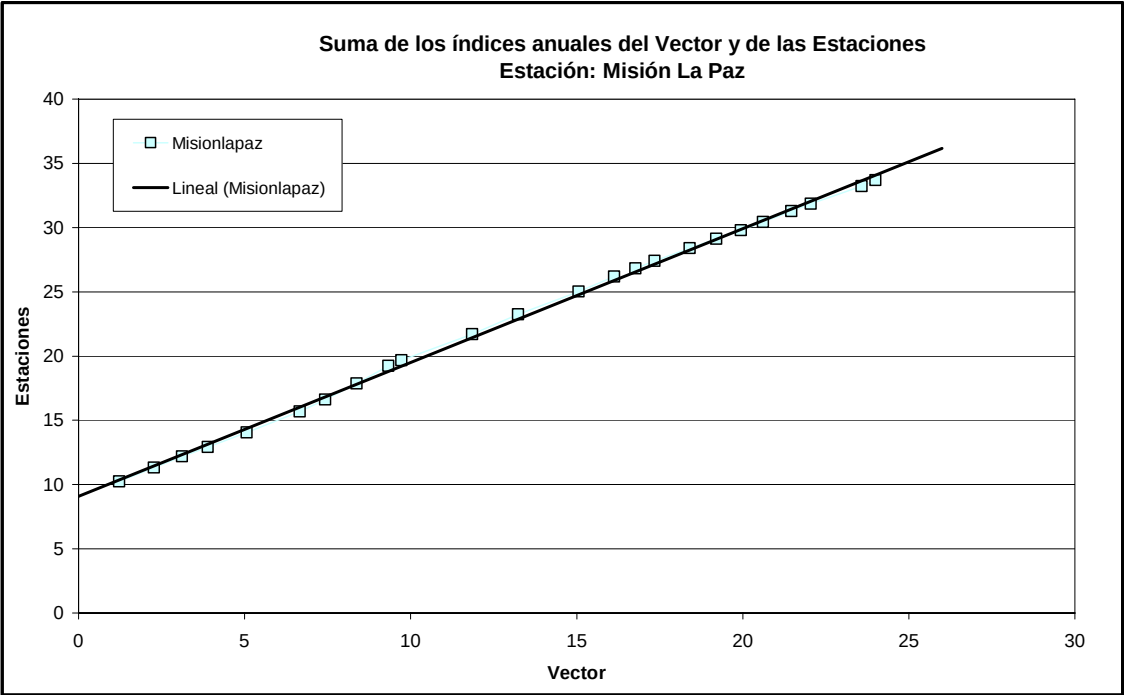
ÑUCCHU



SAN PEDRO

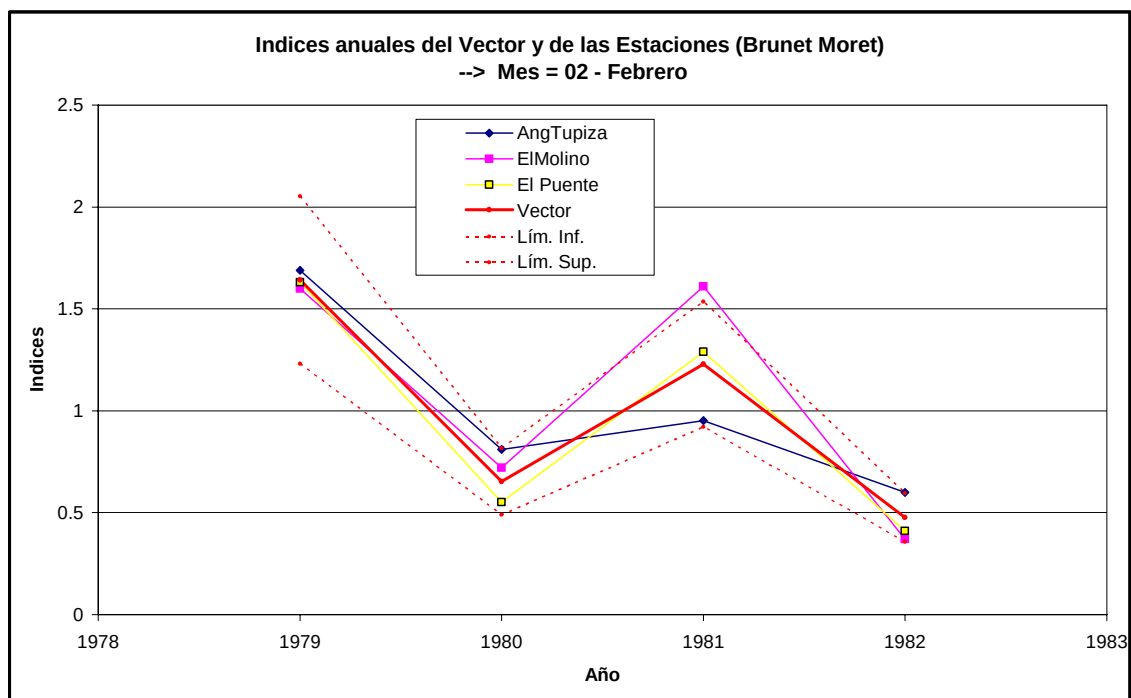
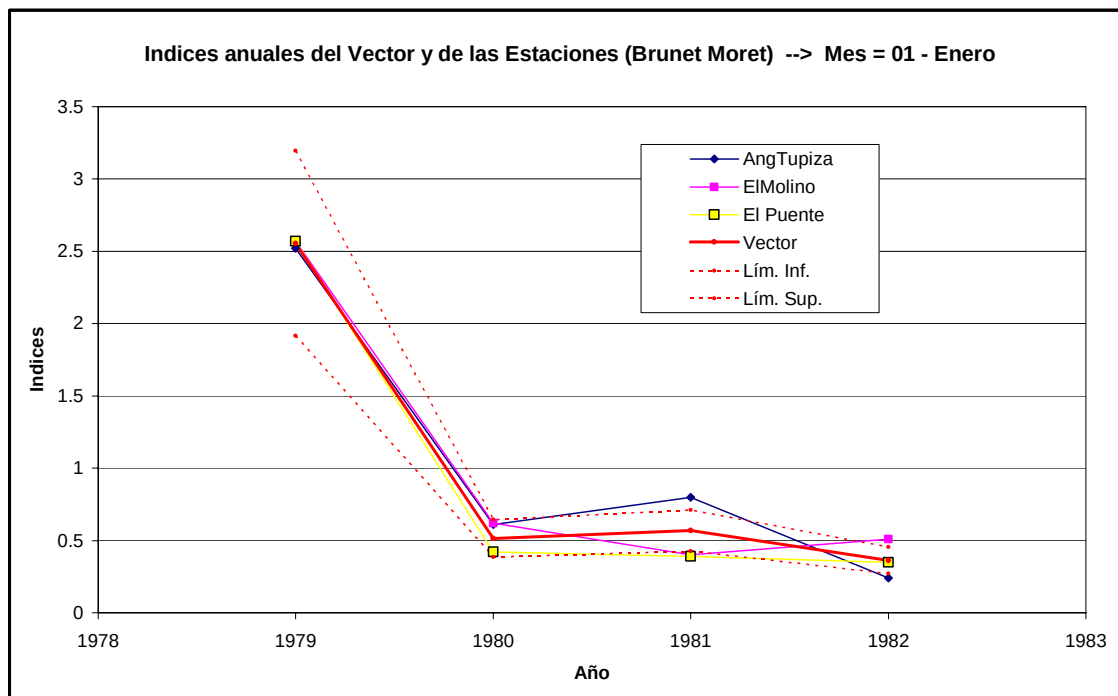


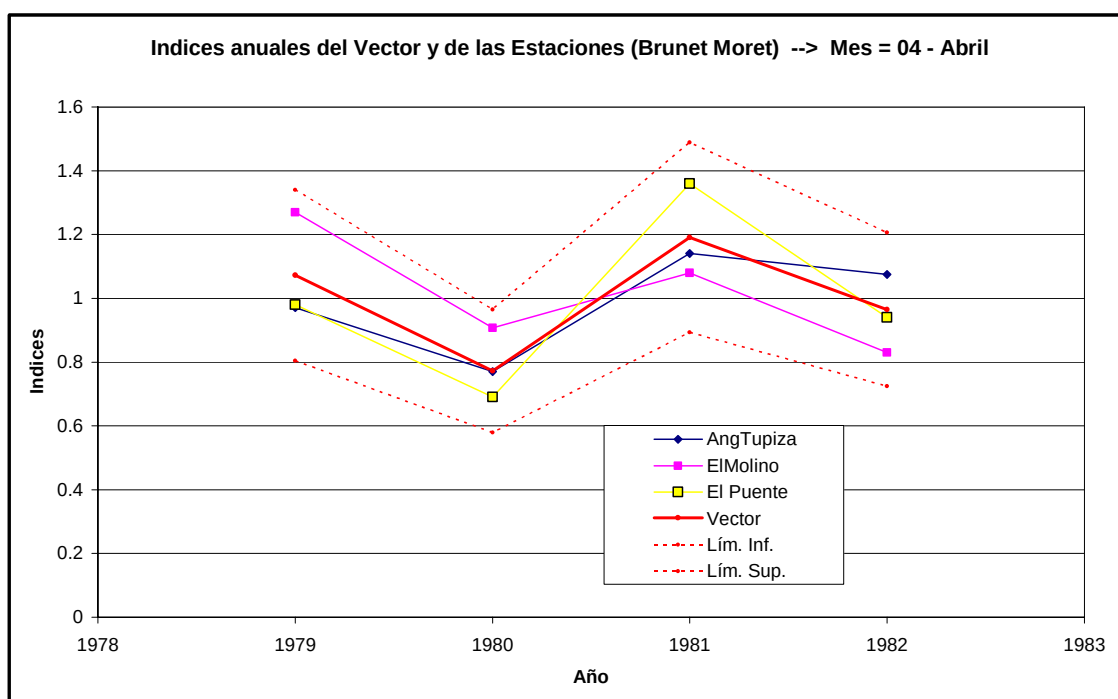
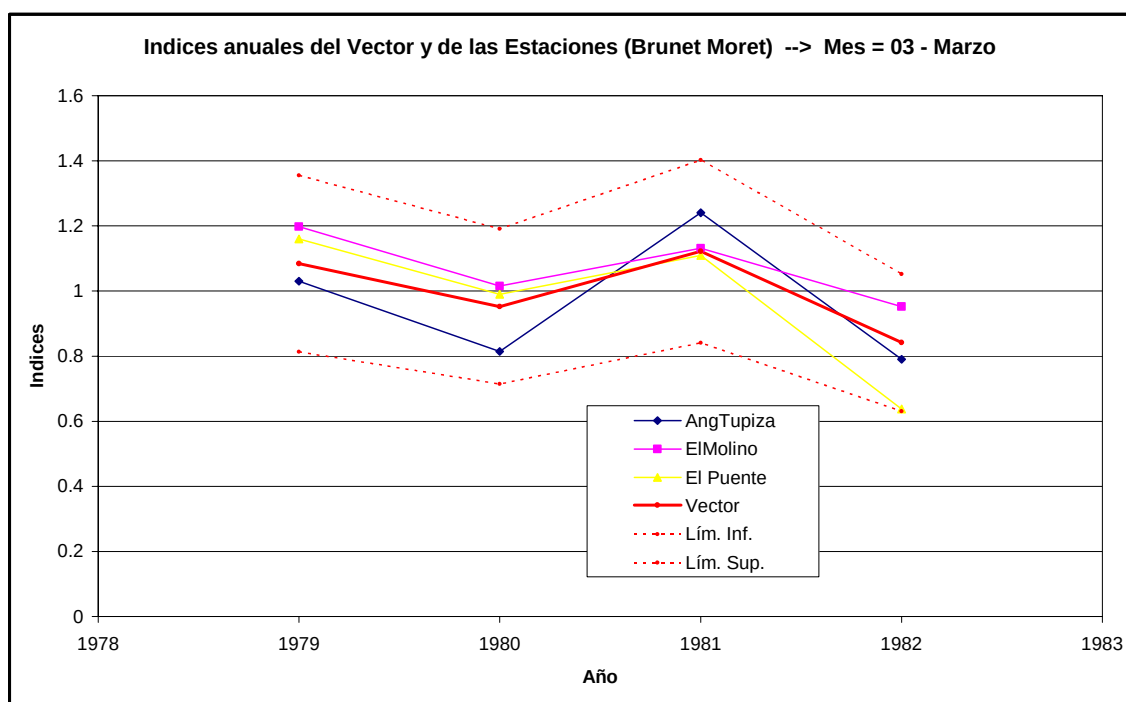
MISIÓN LA PAZ

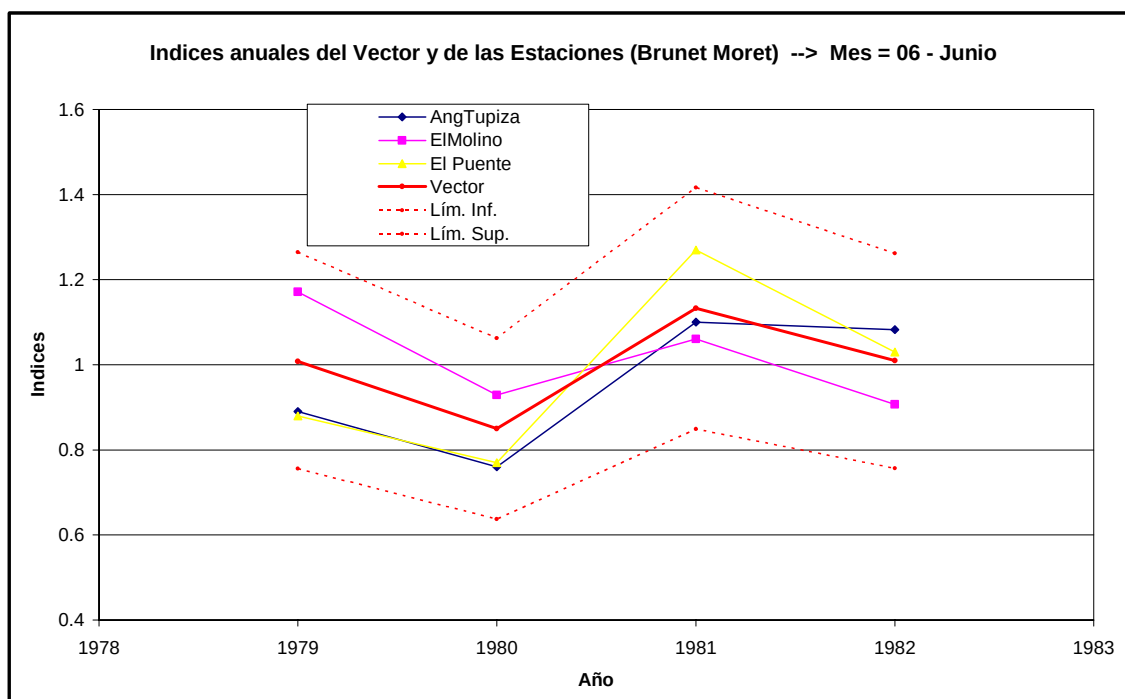
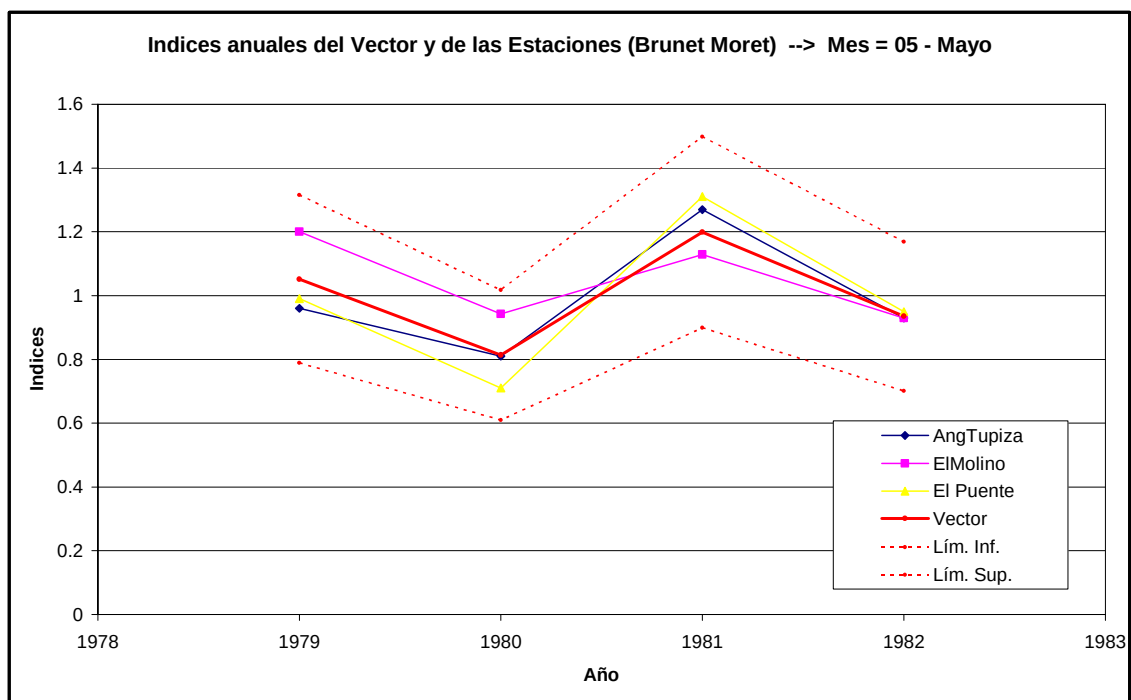


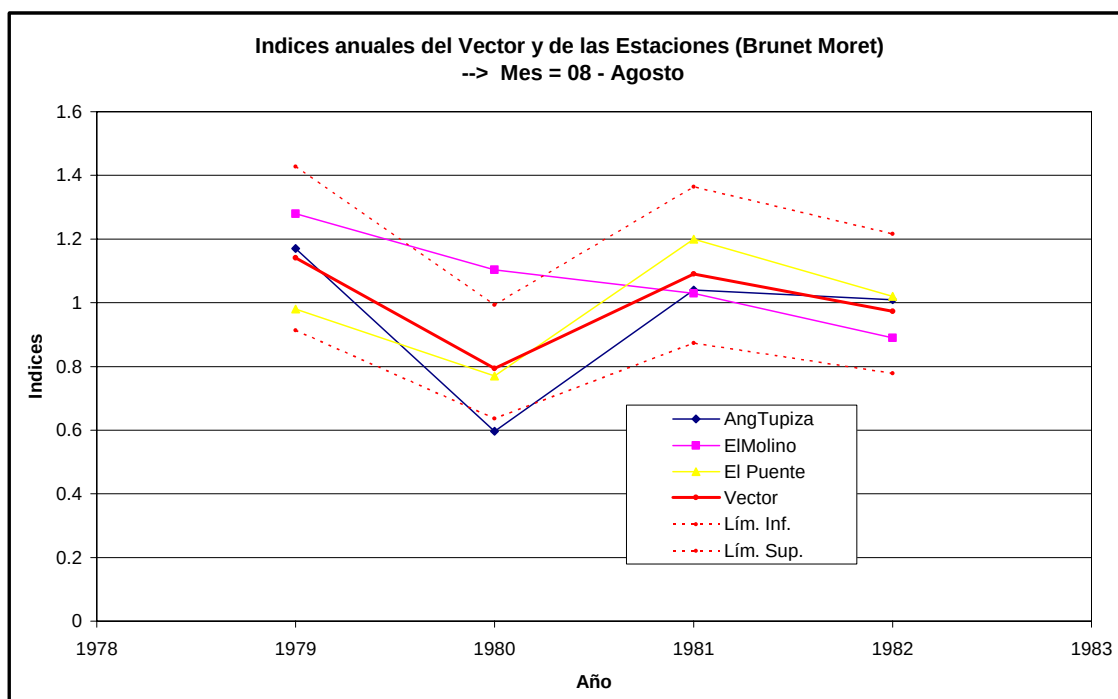
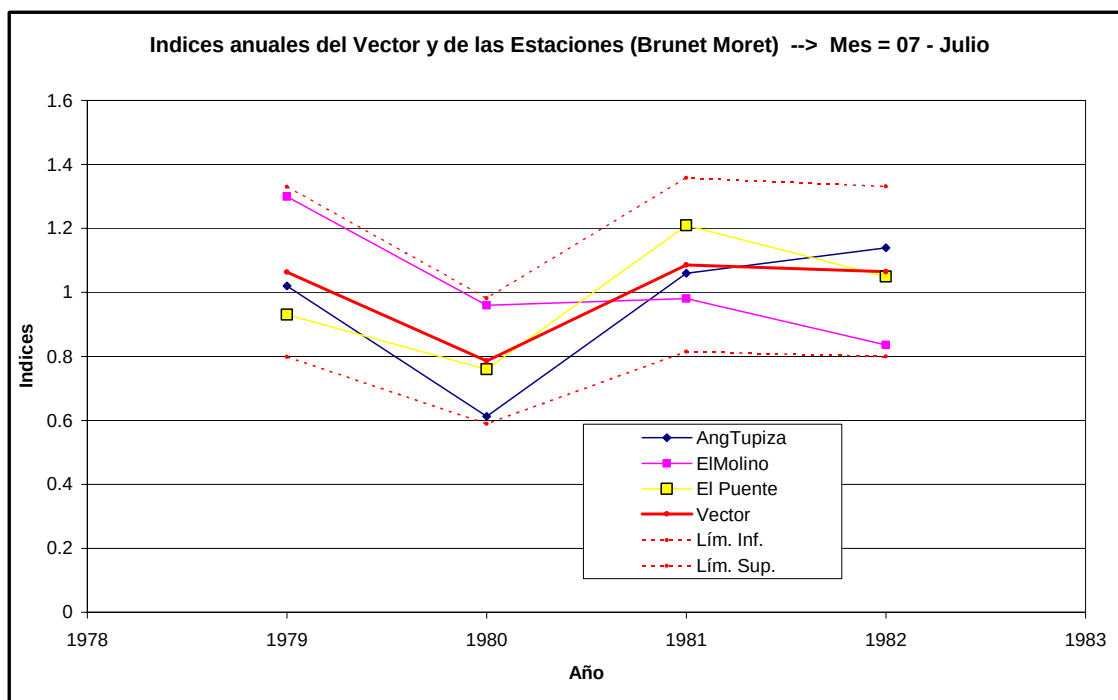
7.4 Gráfico de los vectores regionales mensuales por subcuencas.

1. SUBCUENCA: RÍO SAN JUAN DEL ORO

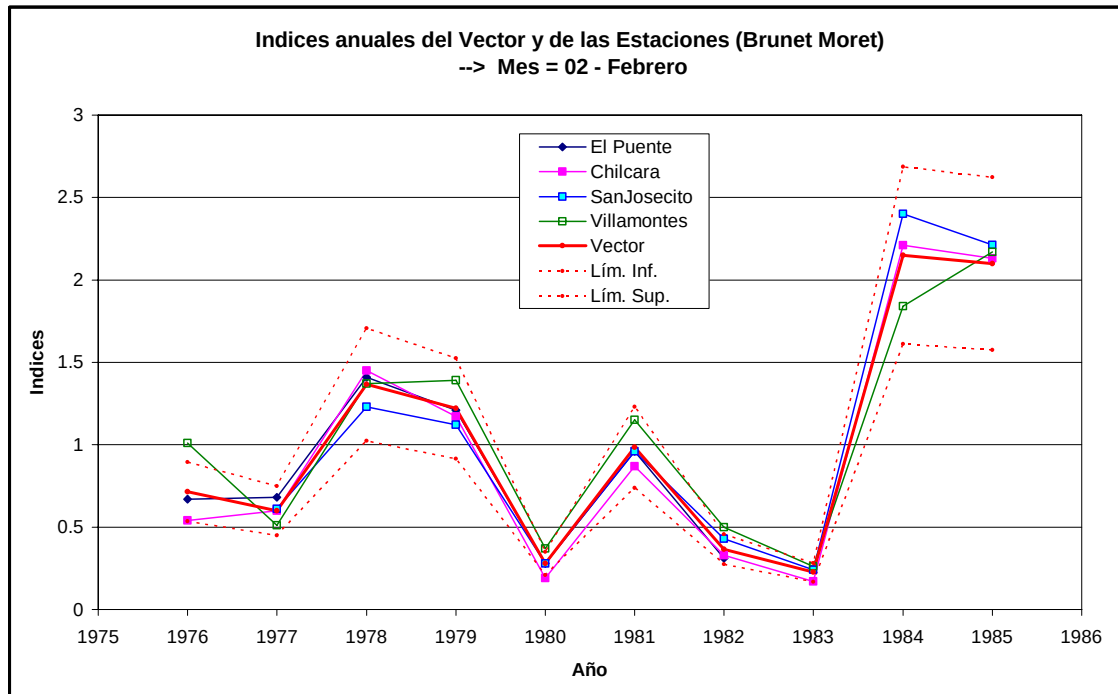
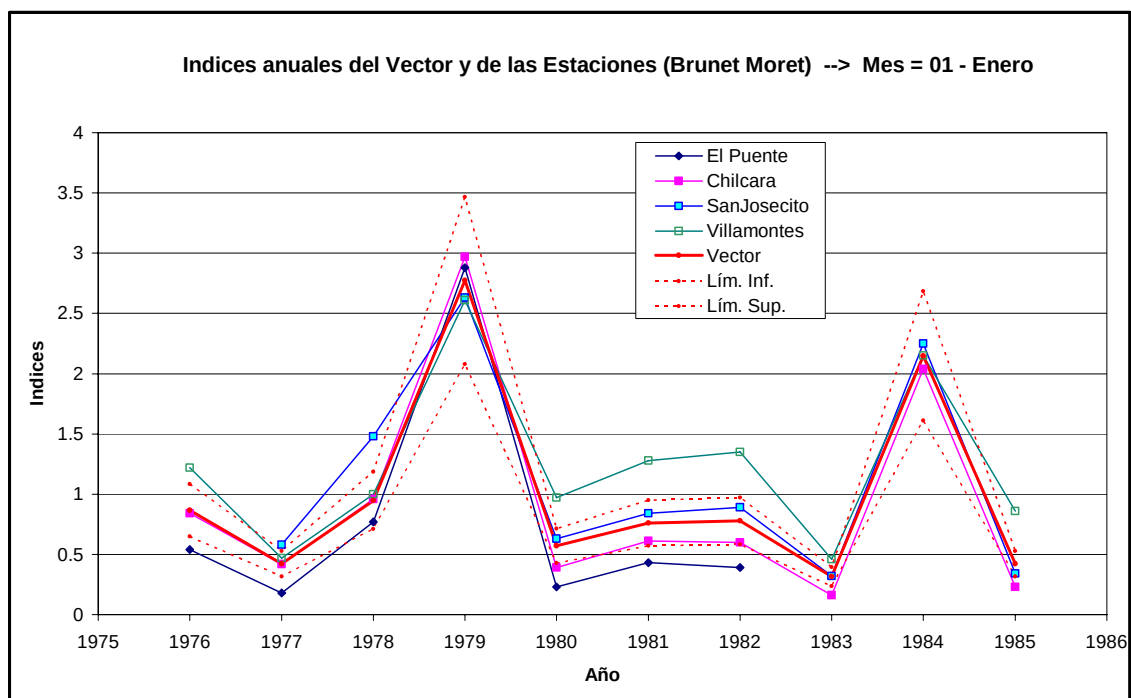


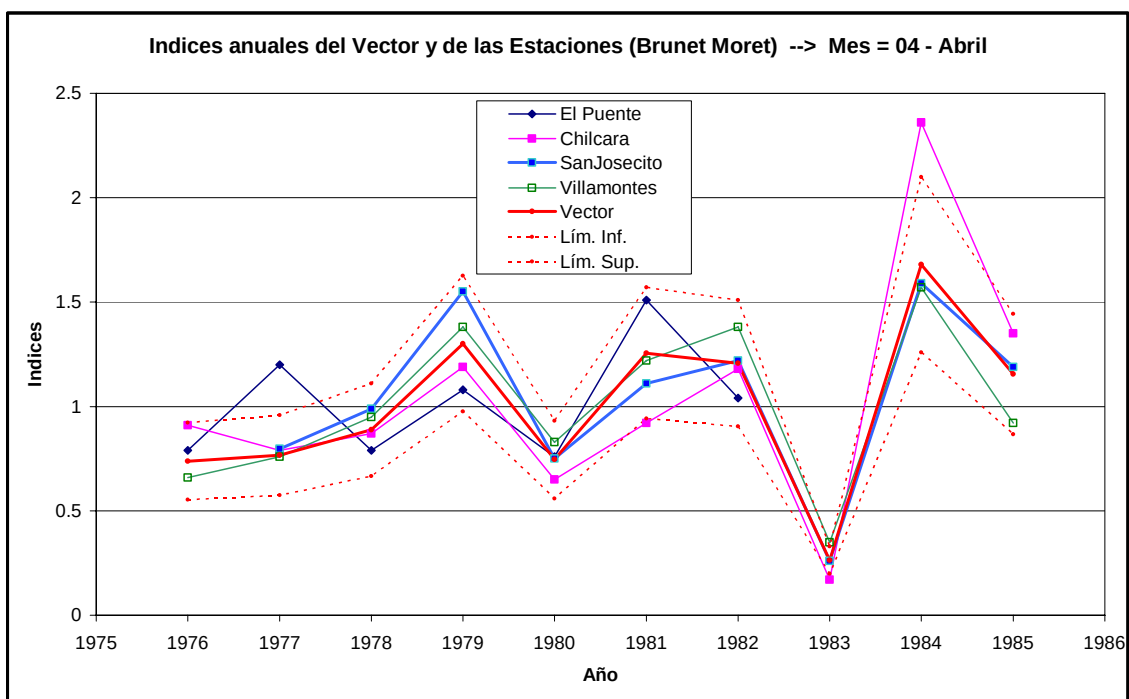
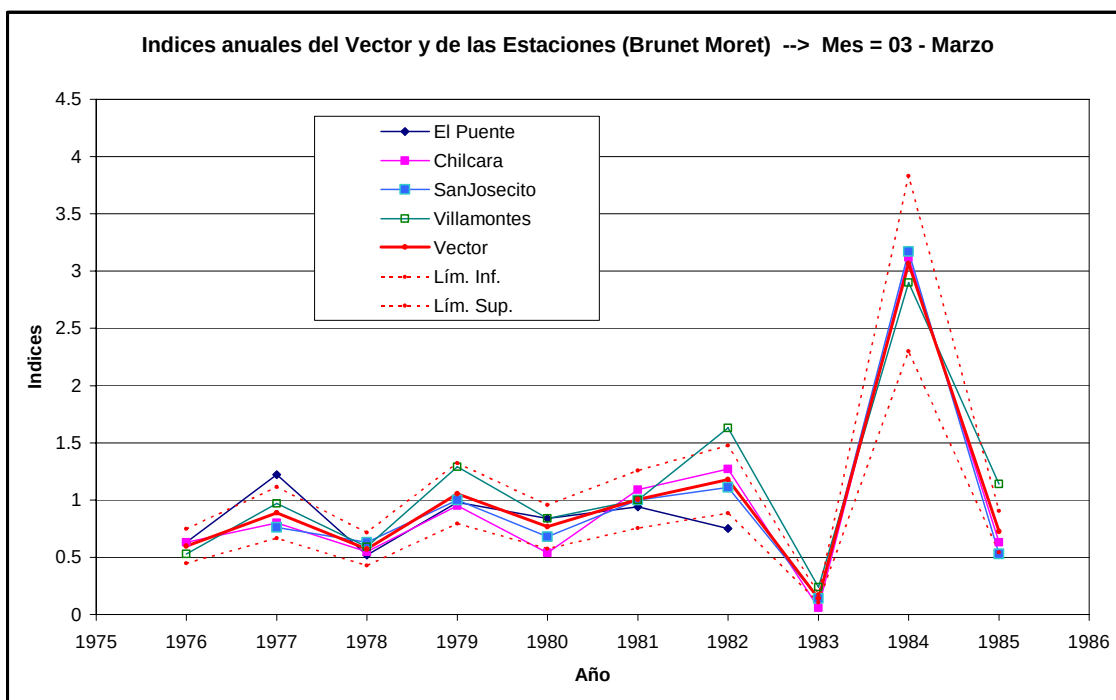


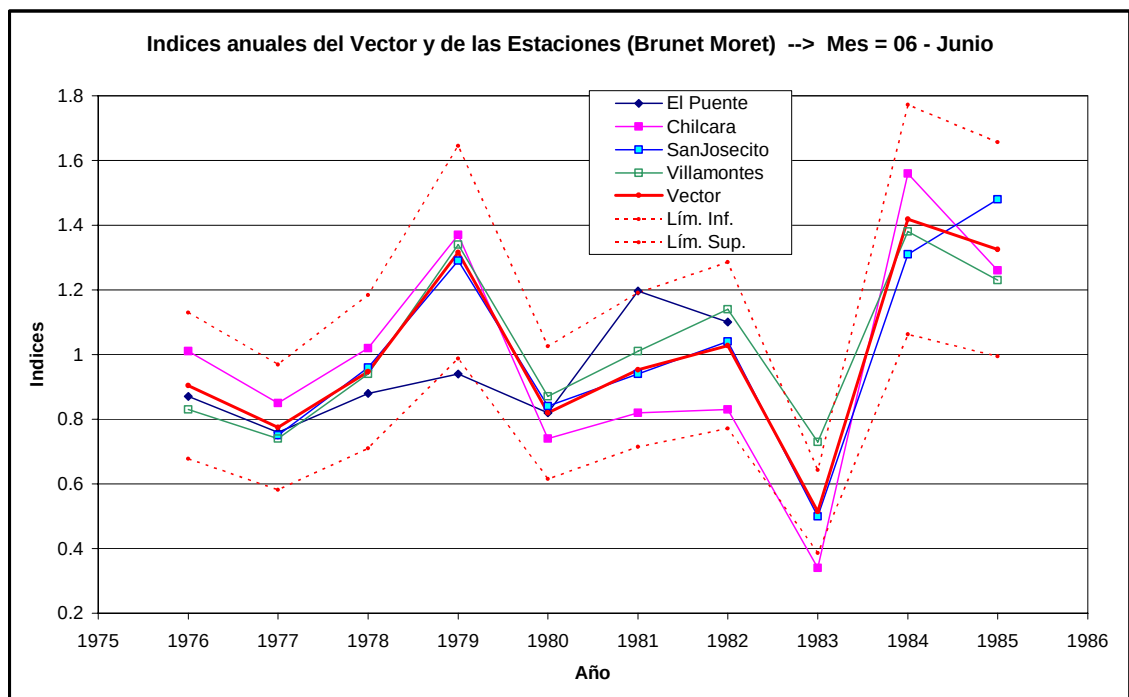
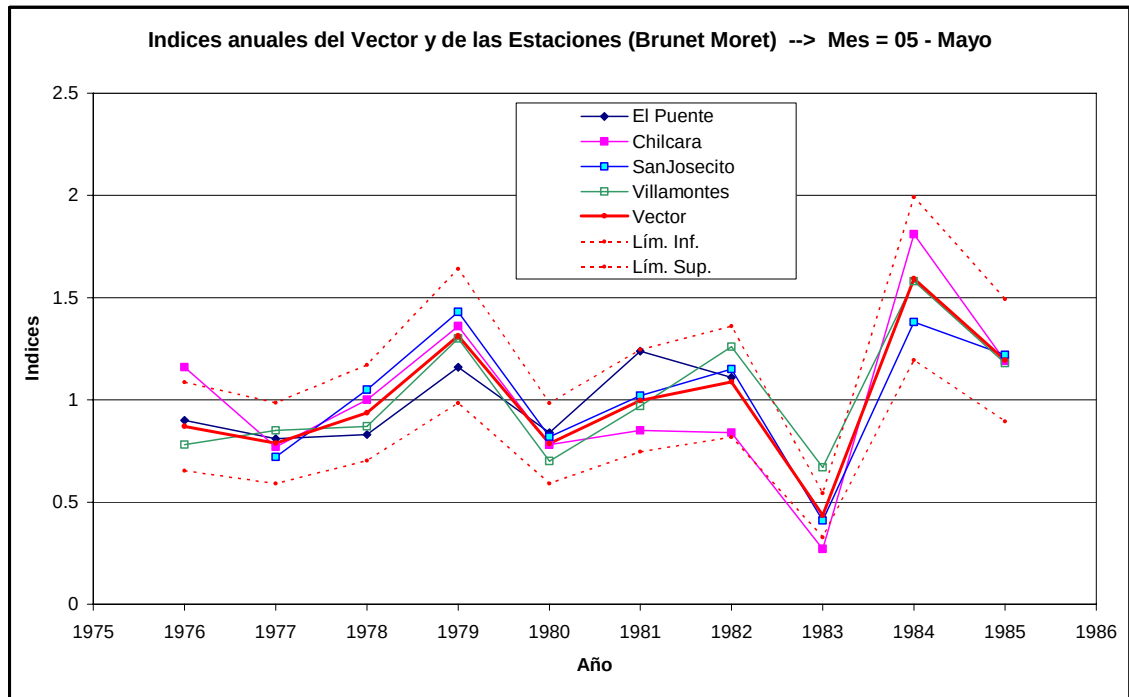


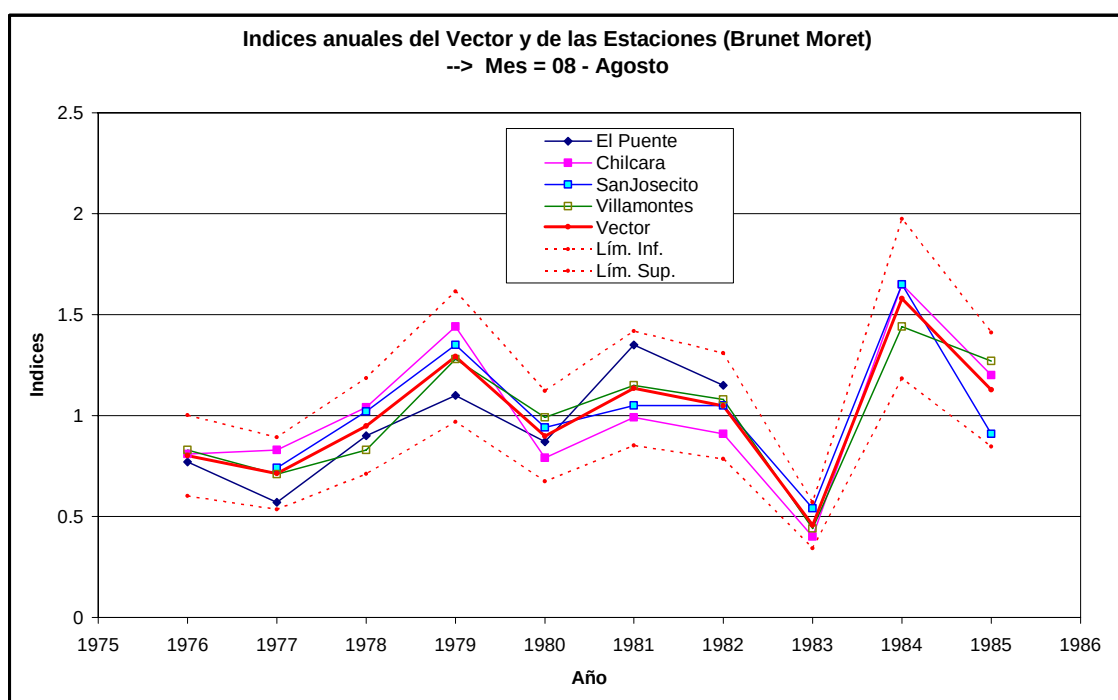
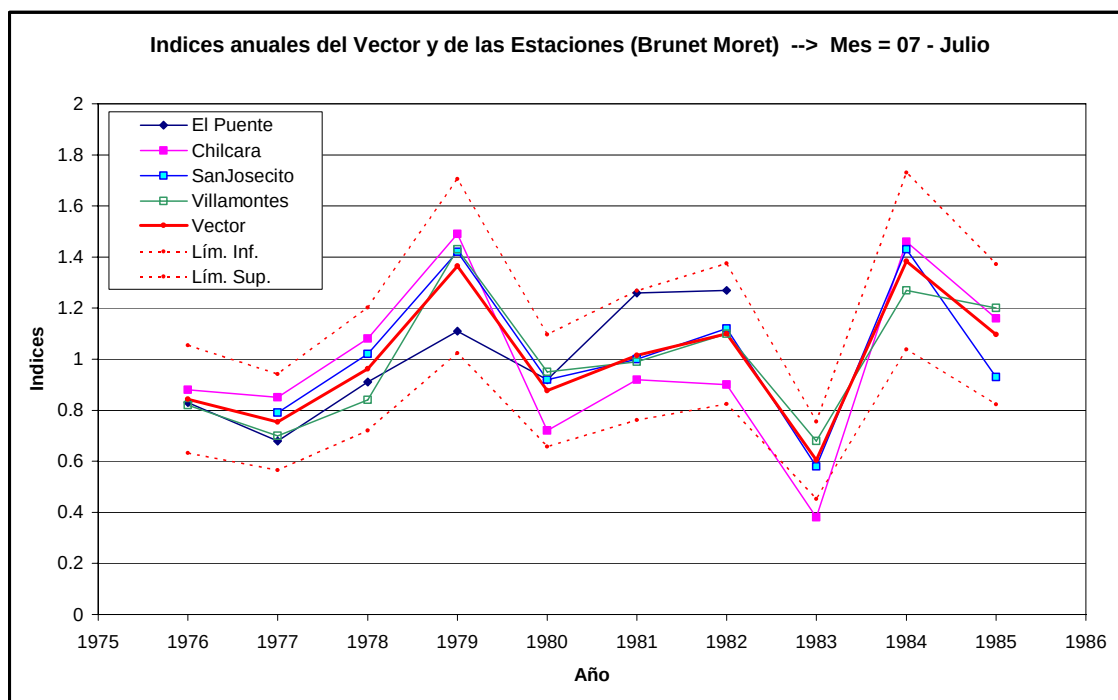


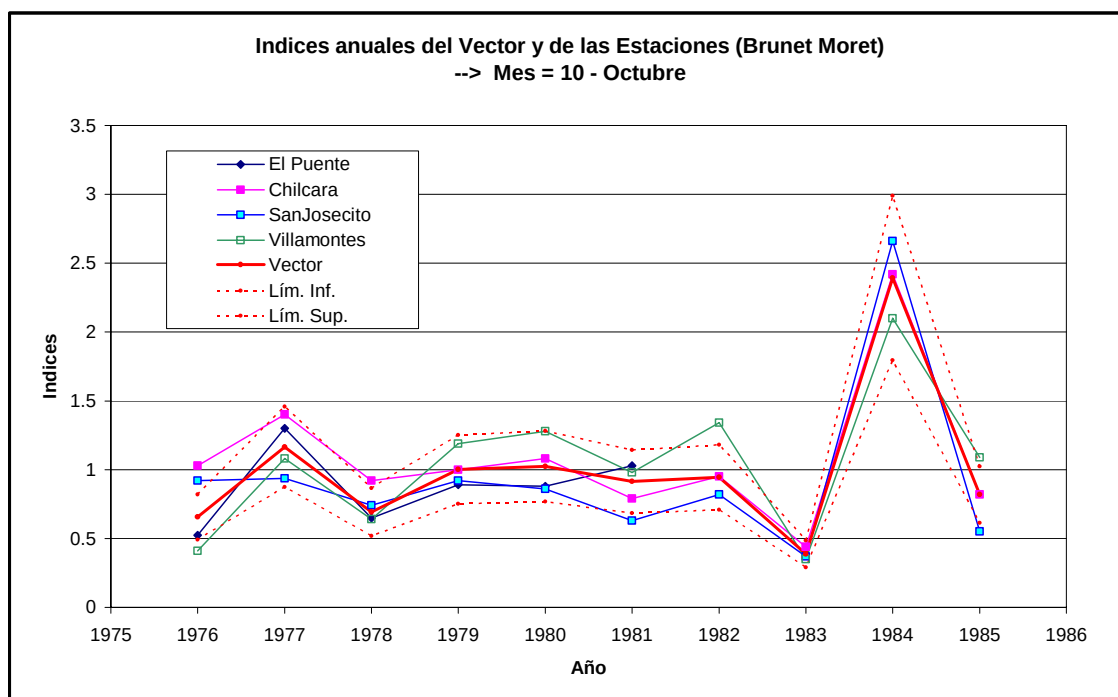
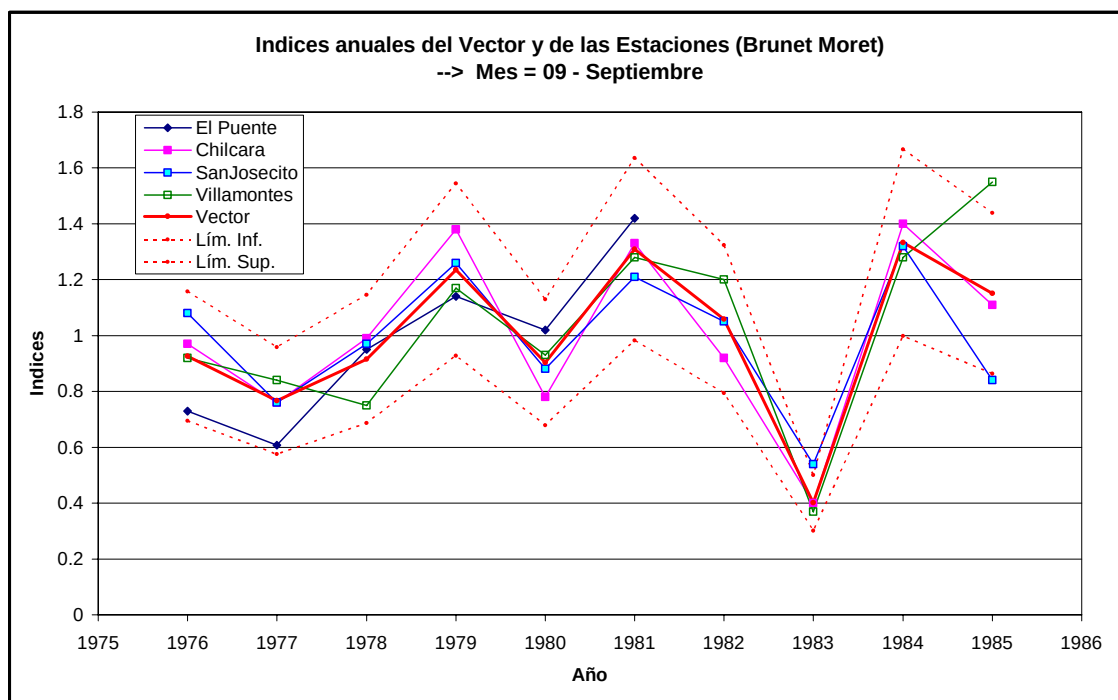
2. SUBCUENCA: RÍO PILAYA – Más las estaciones: El Puente y Villamontes

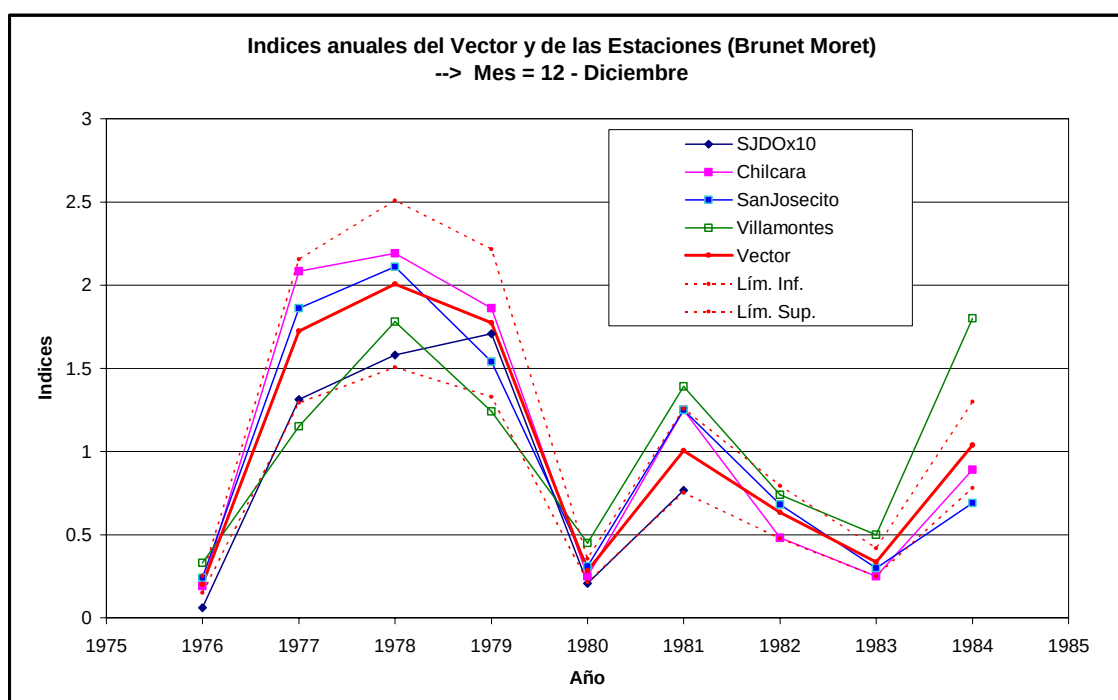
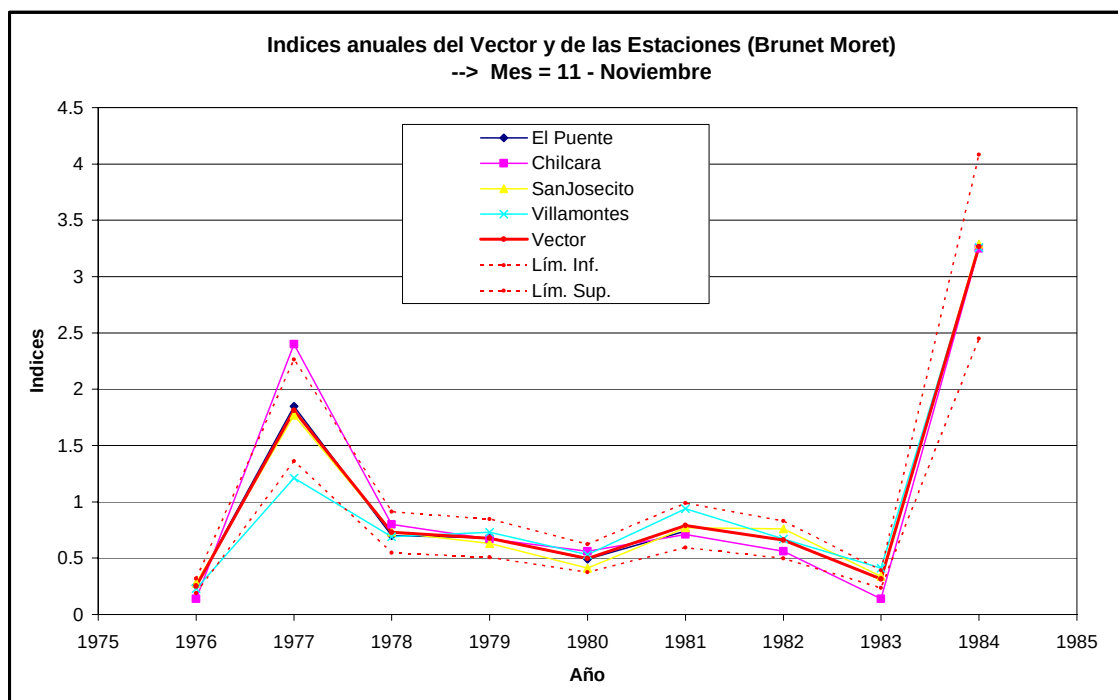




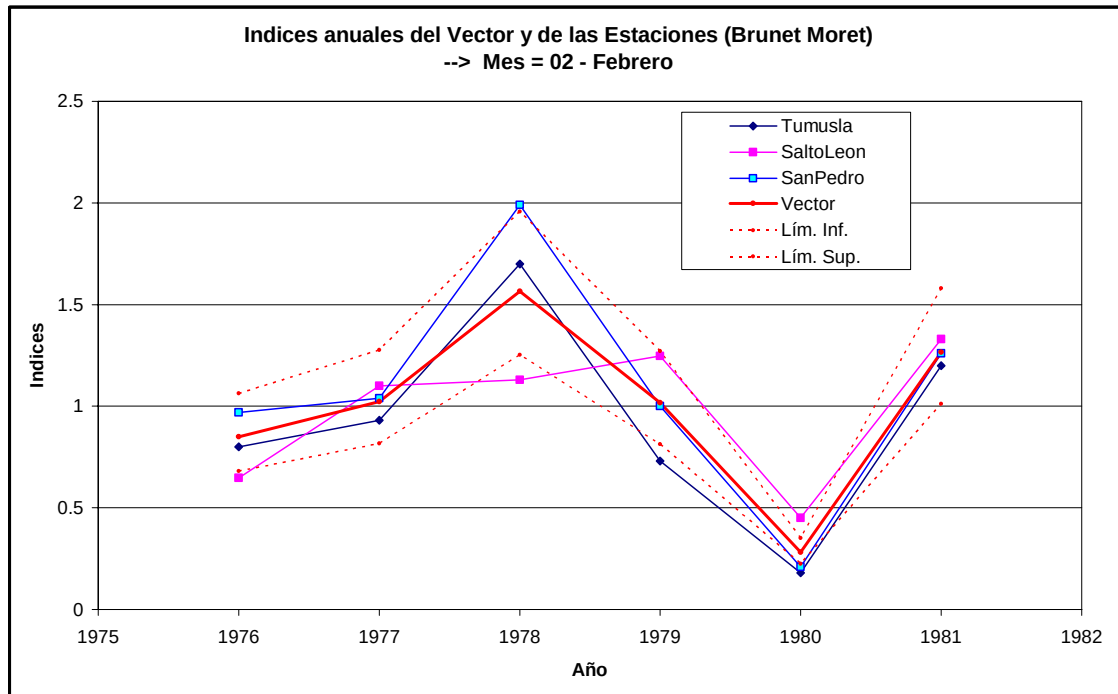
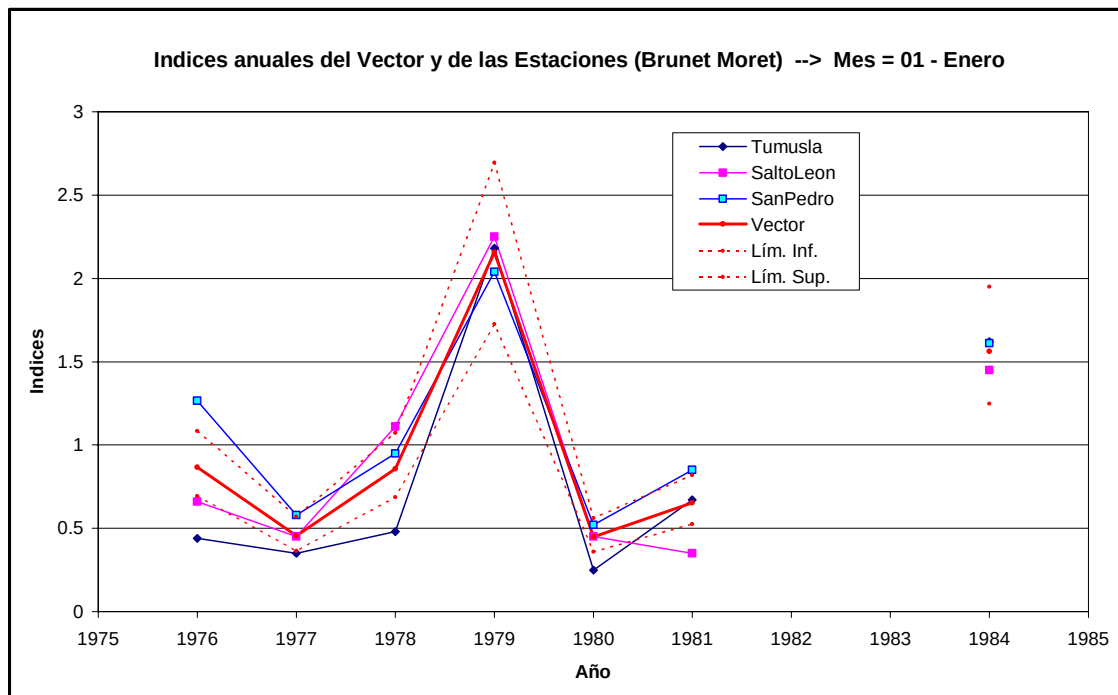


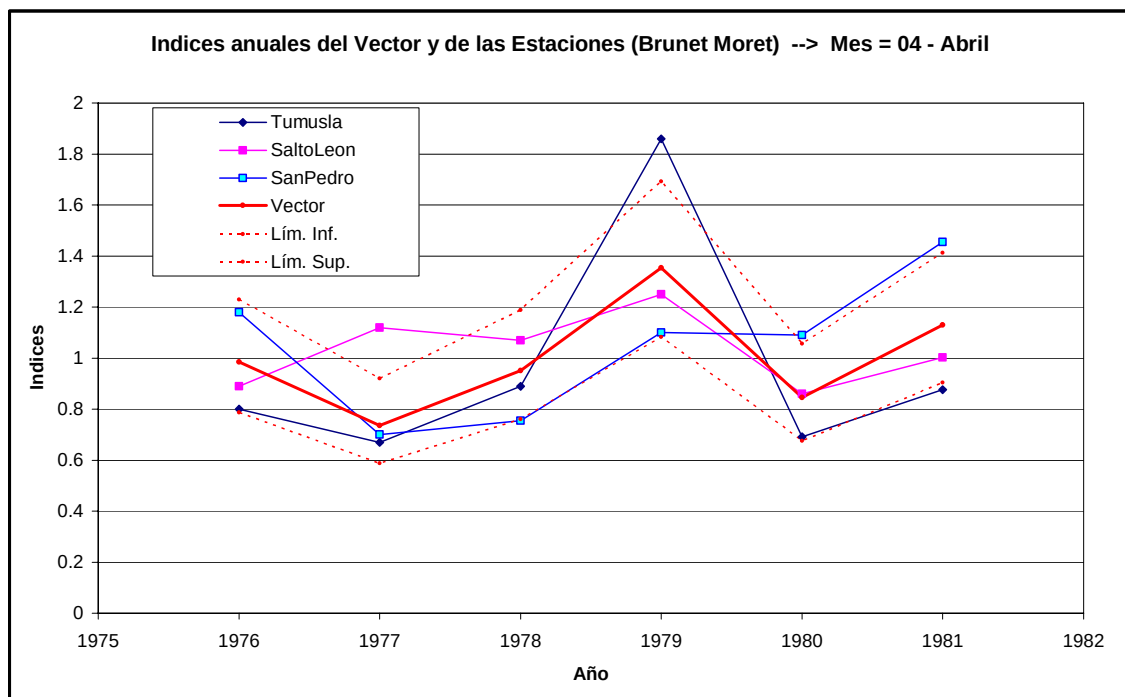
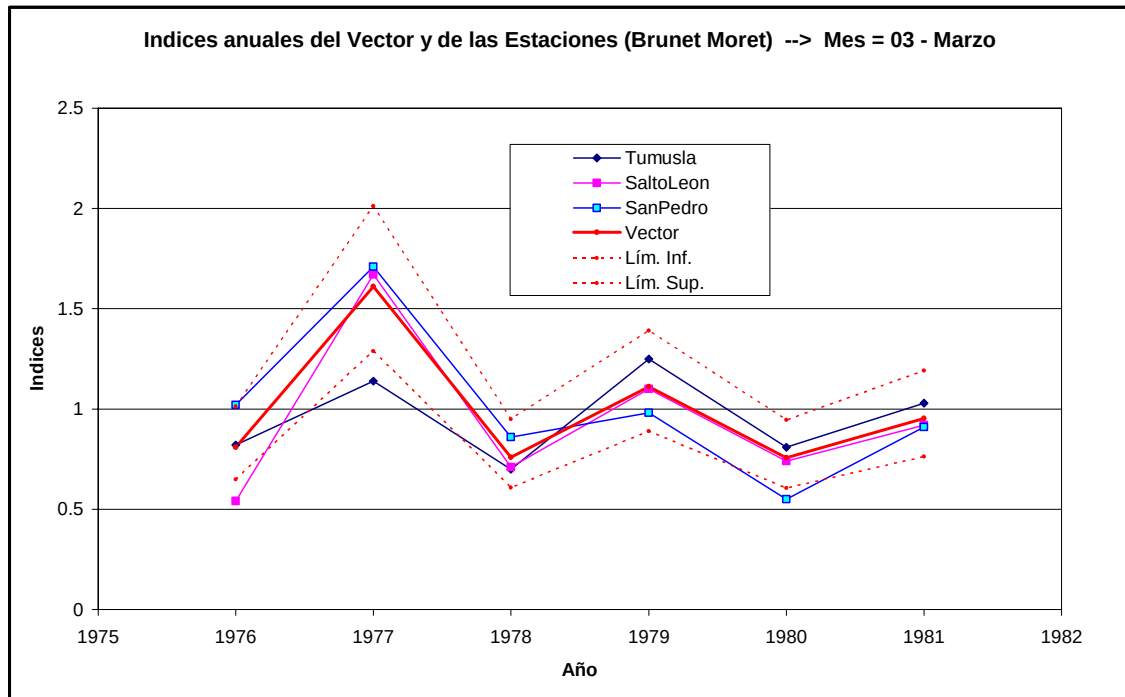


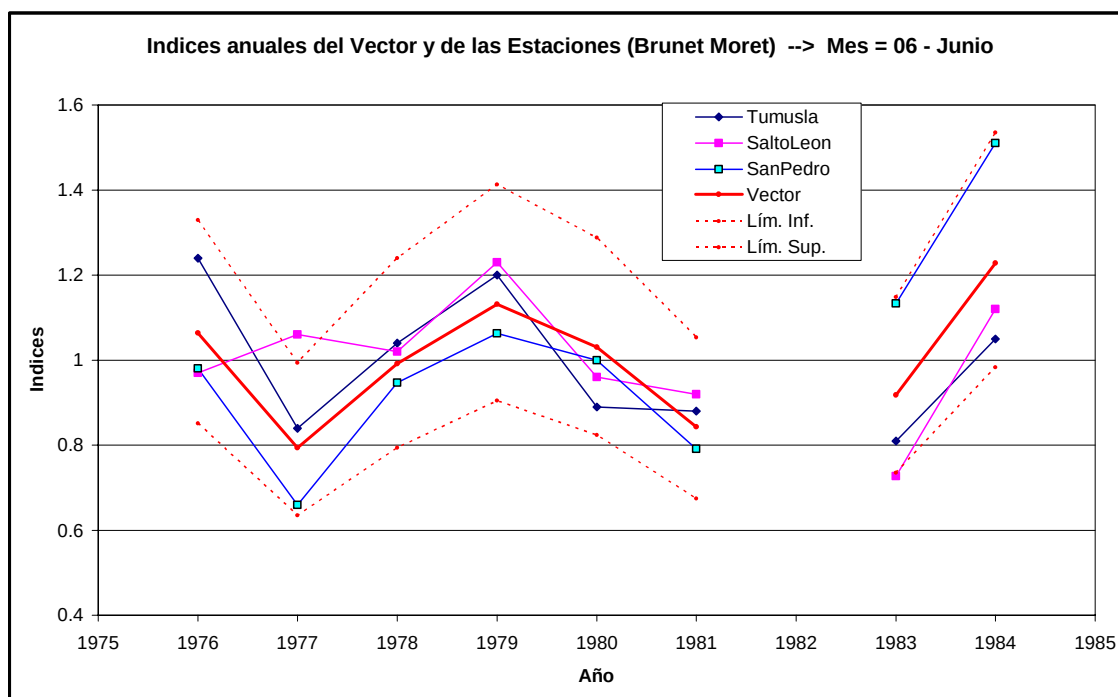
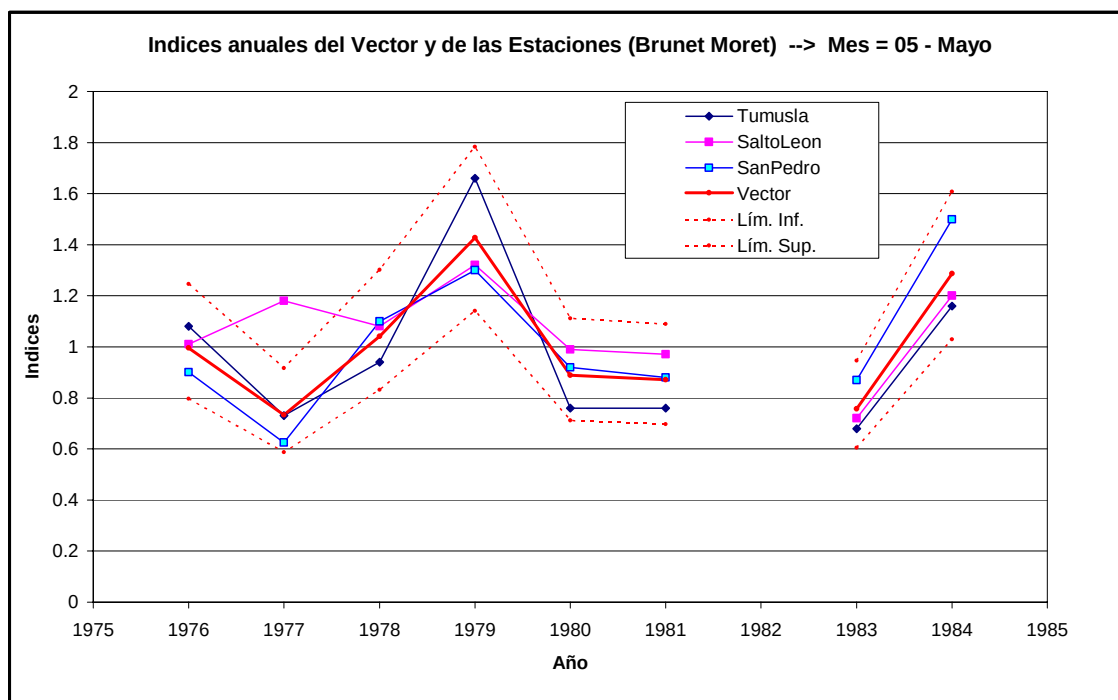


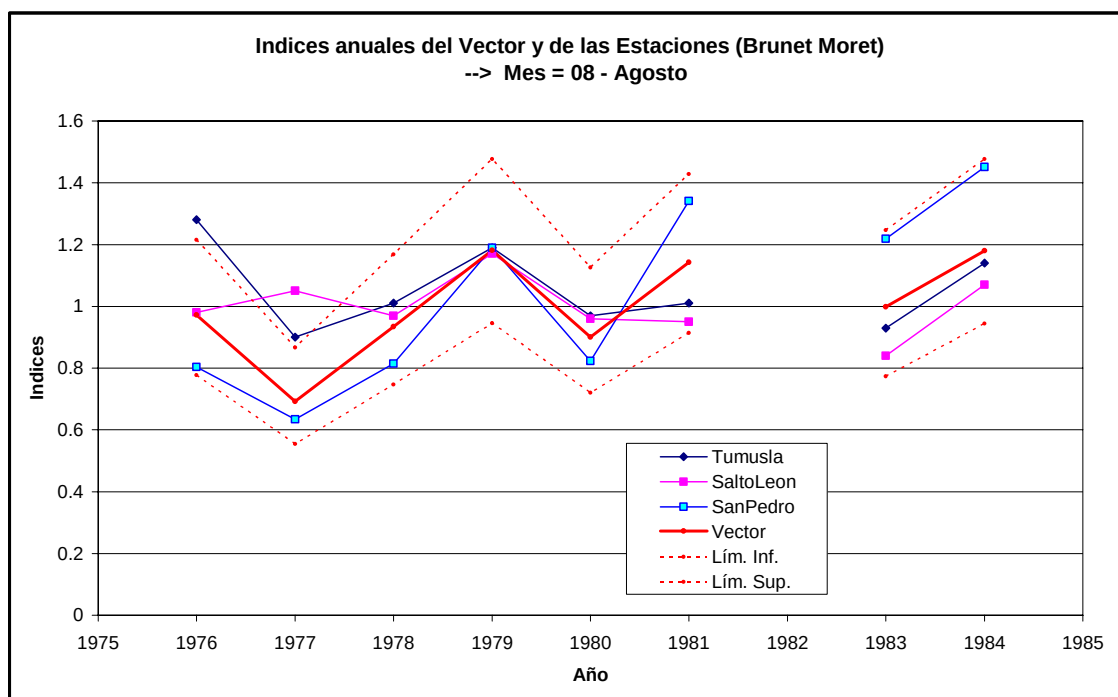
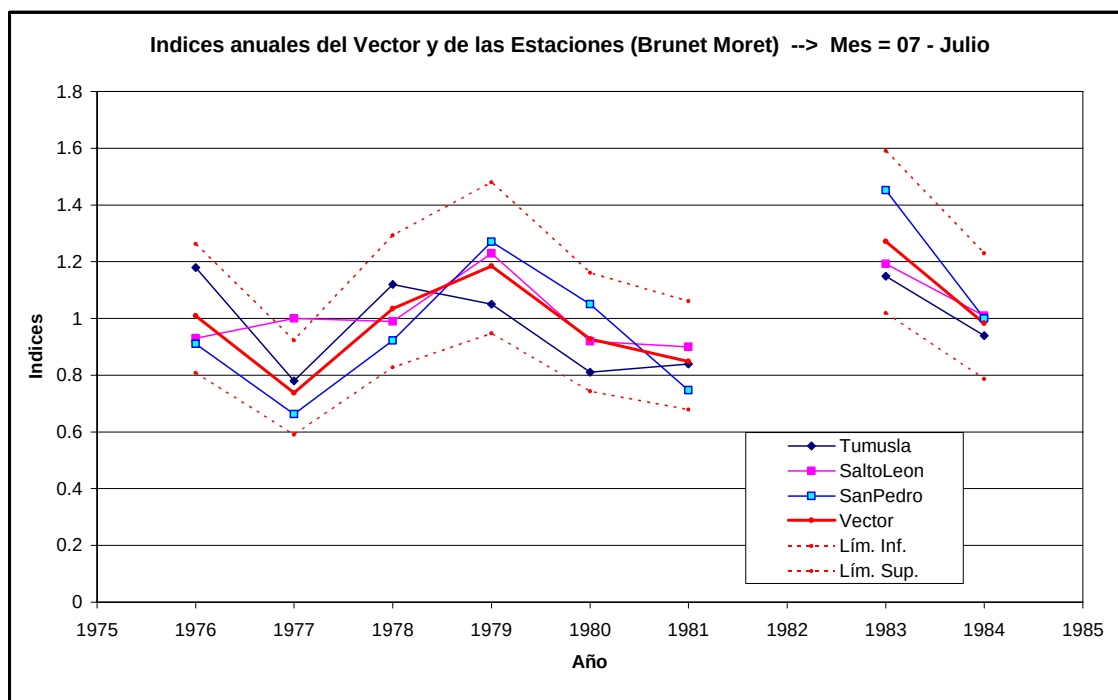


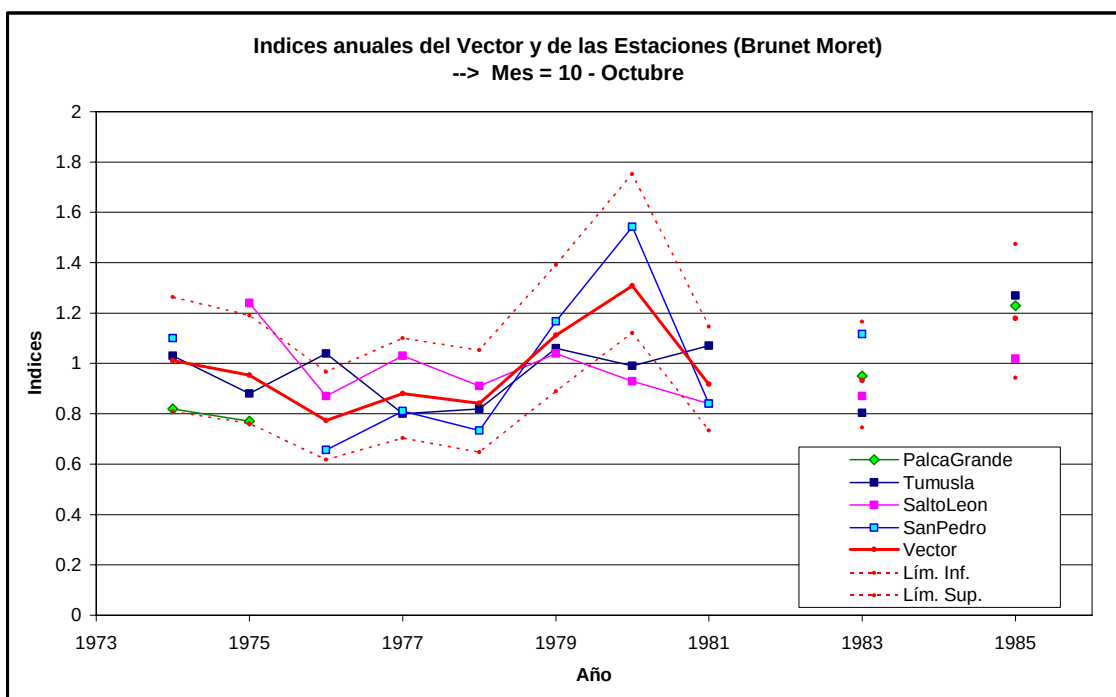
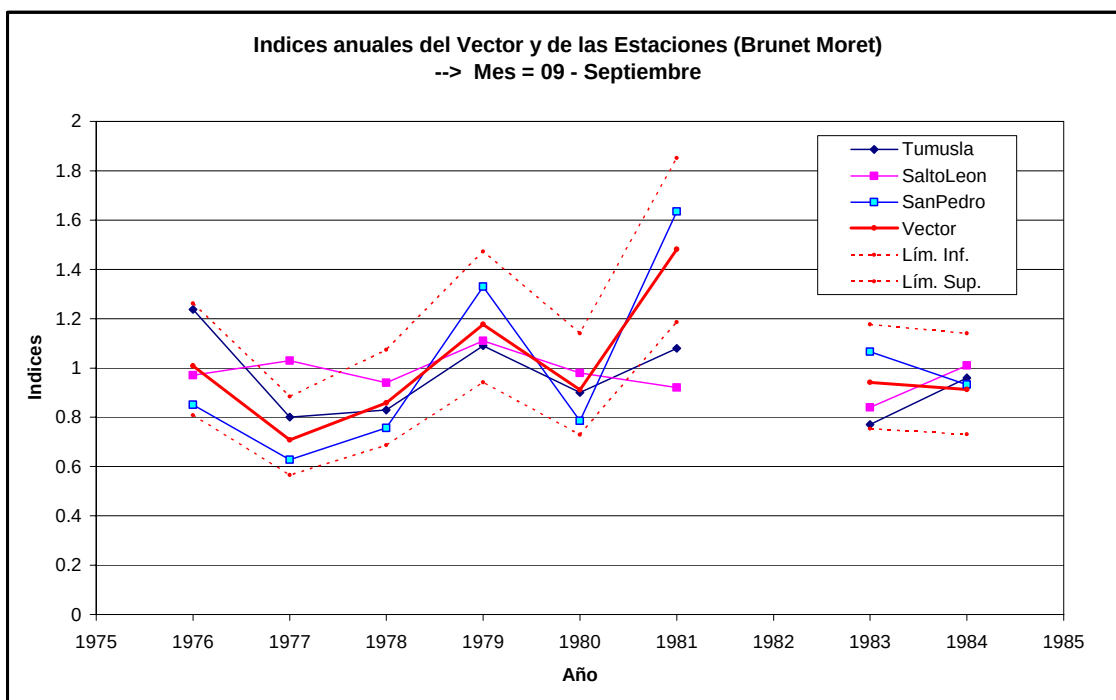
3. SUBCUENCA: RIO TUMUSLA

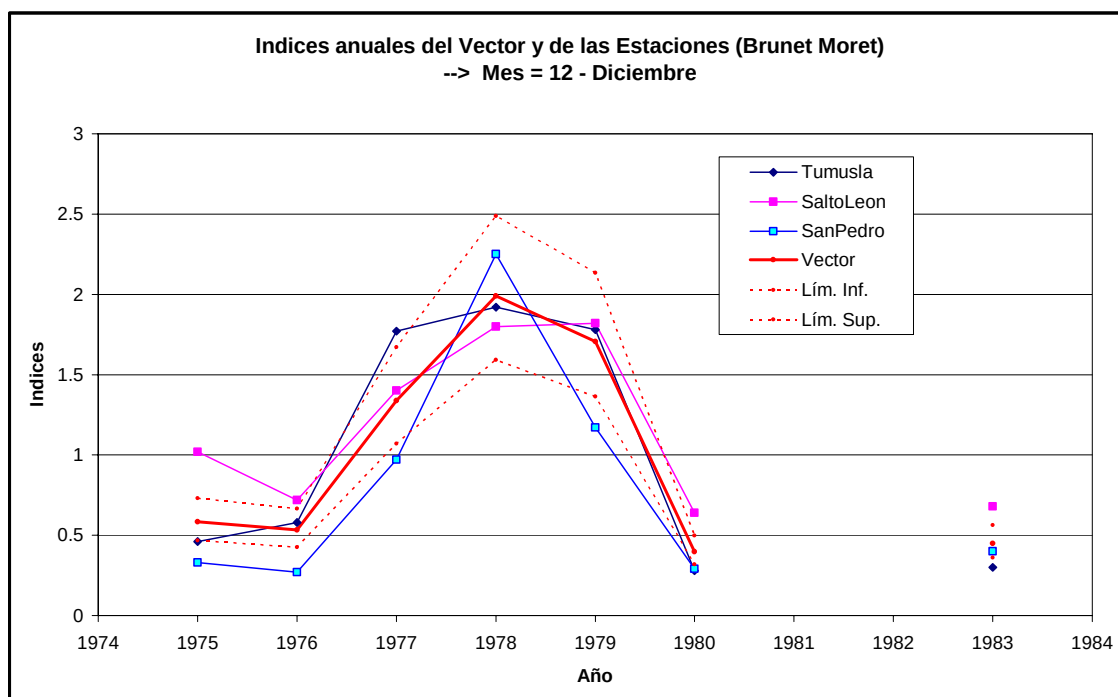
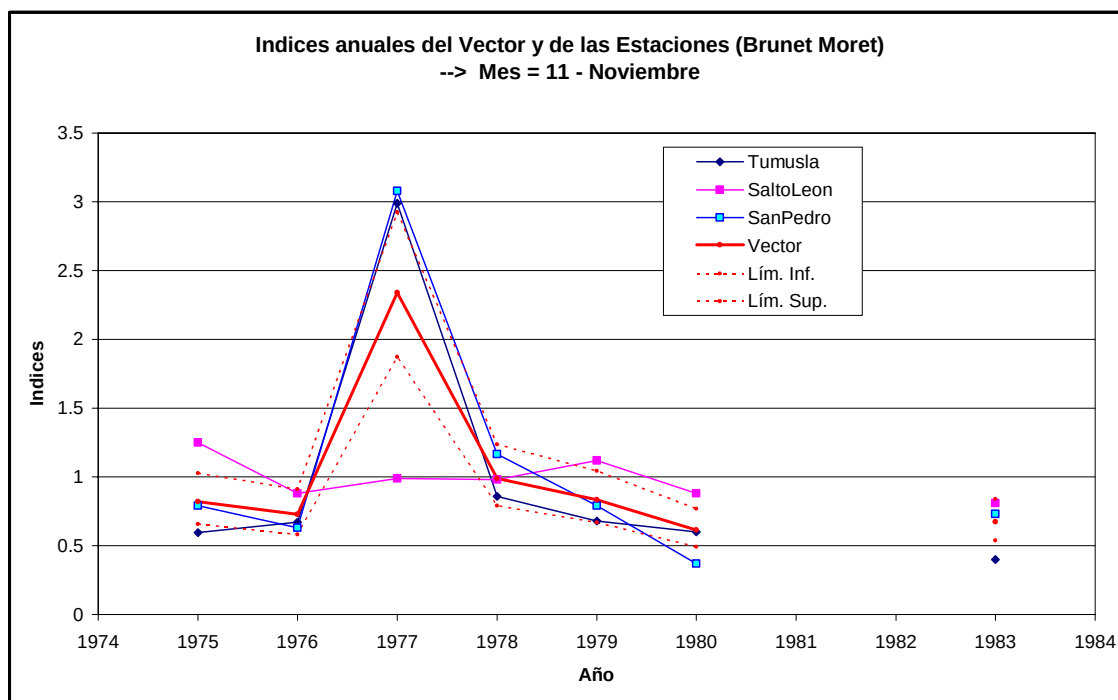




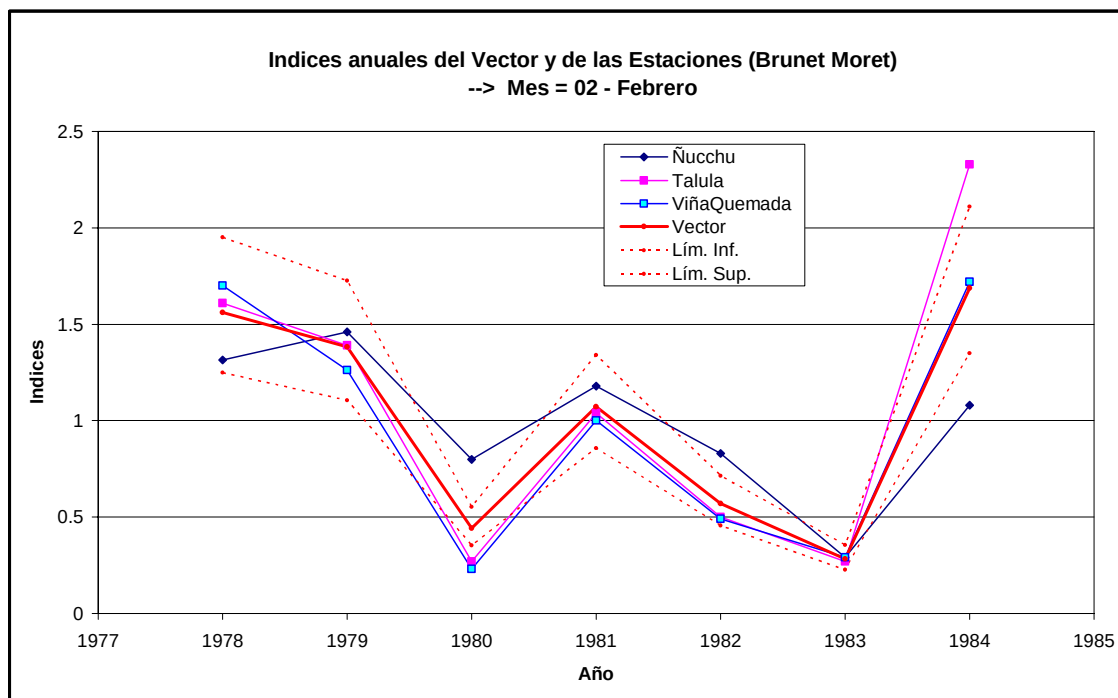
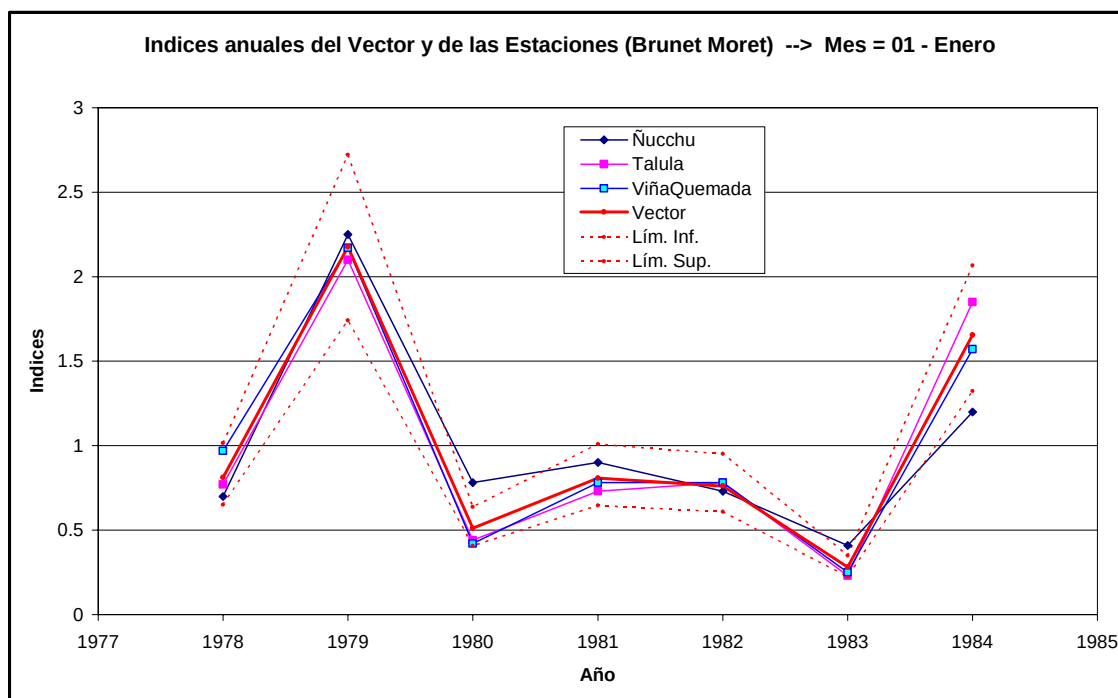


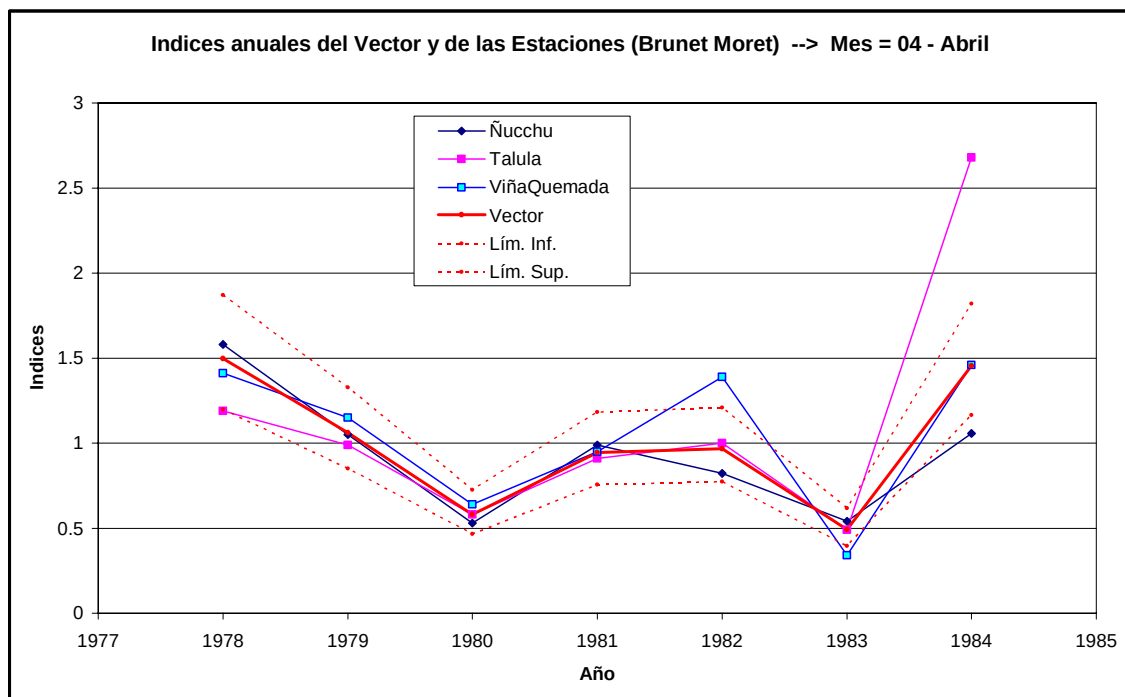
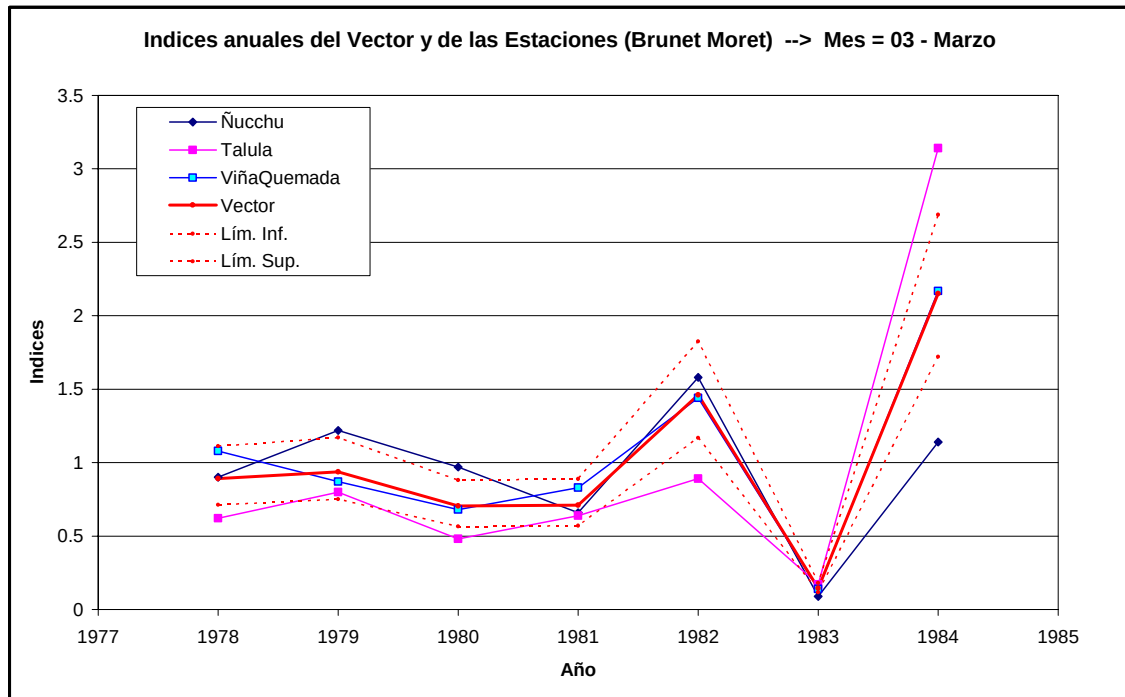


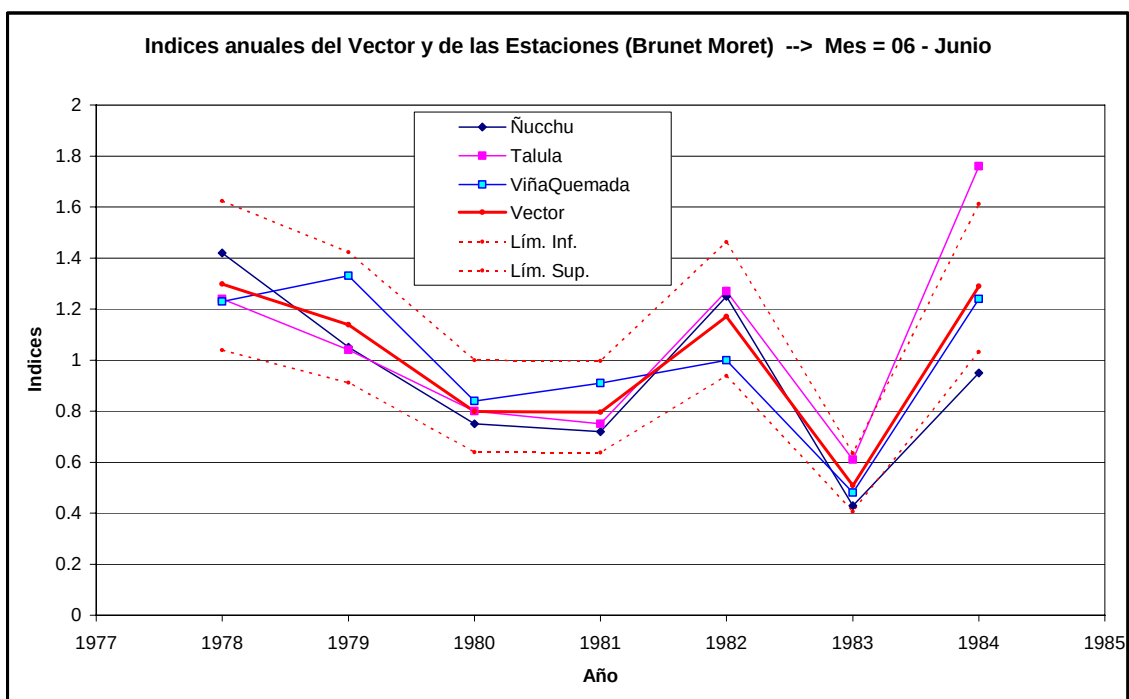
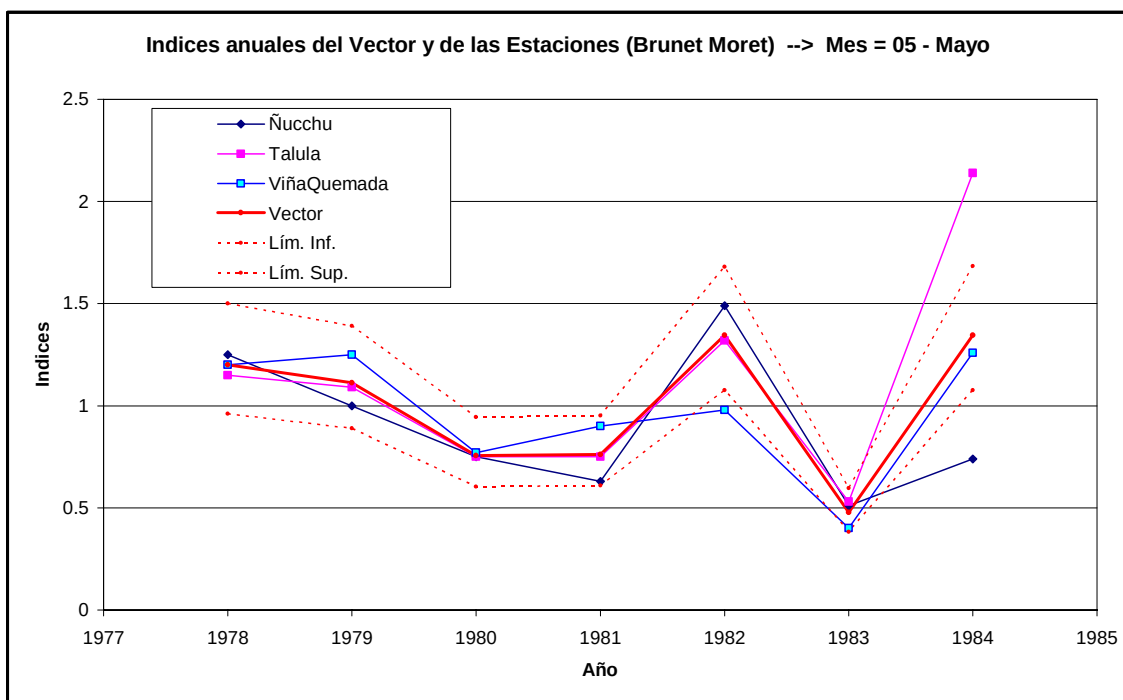


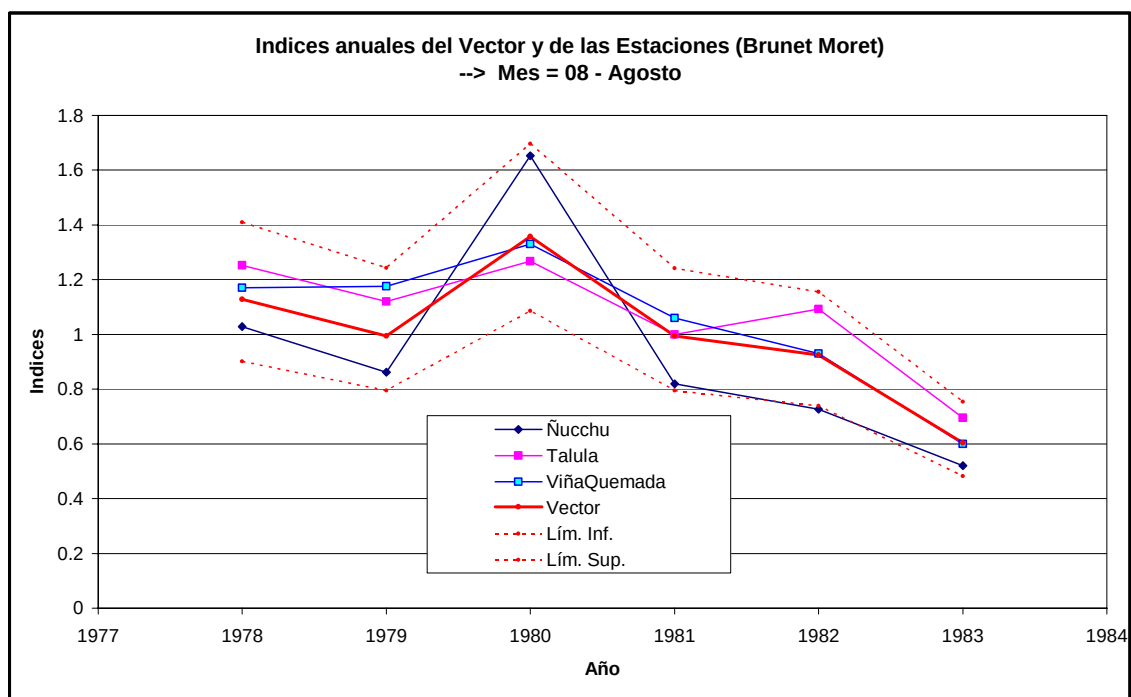
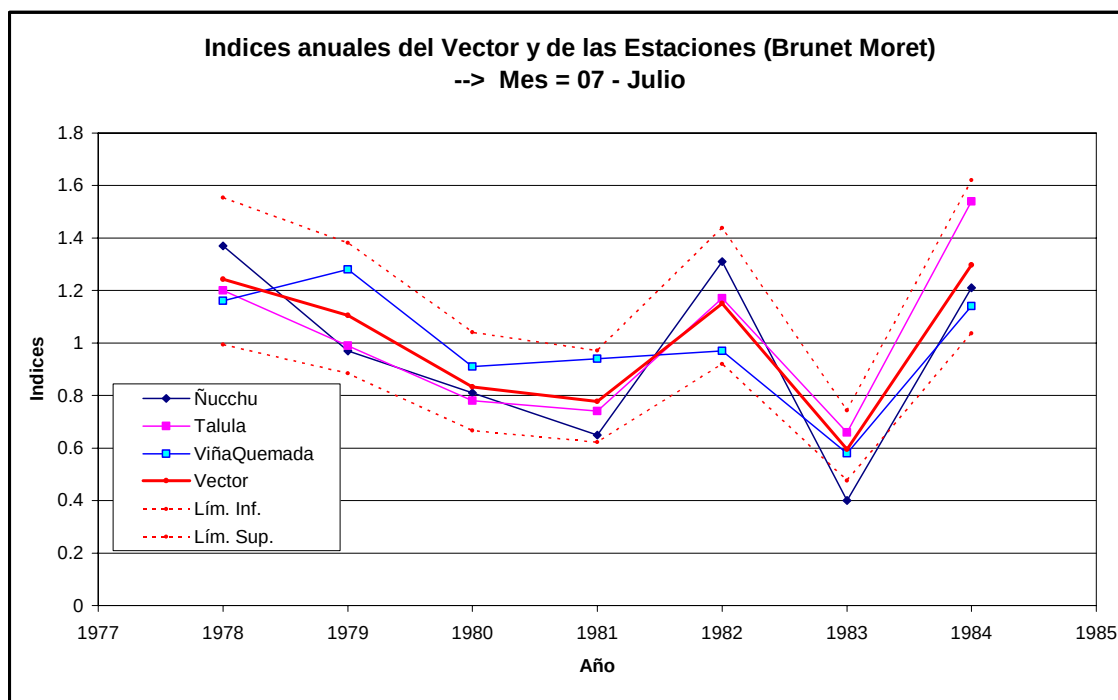


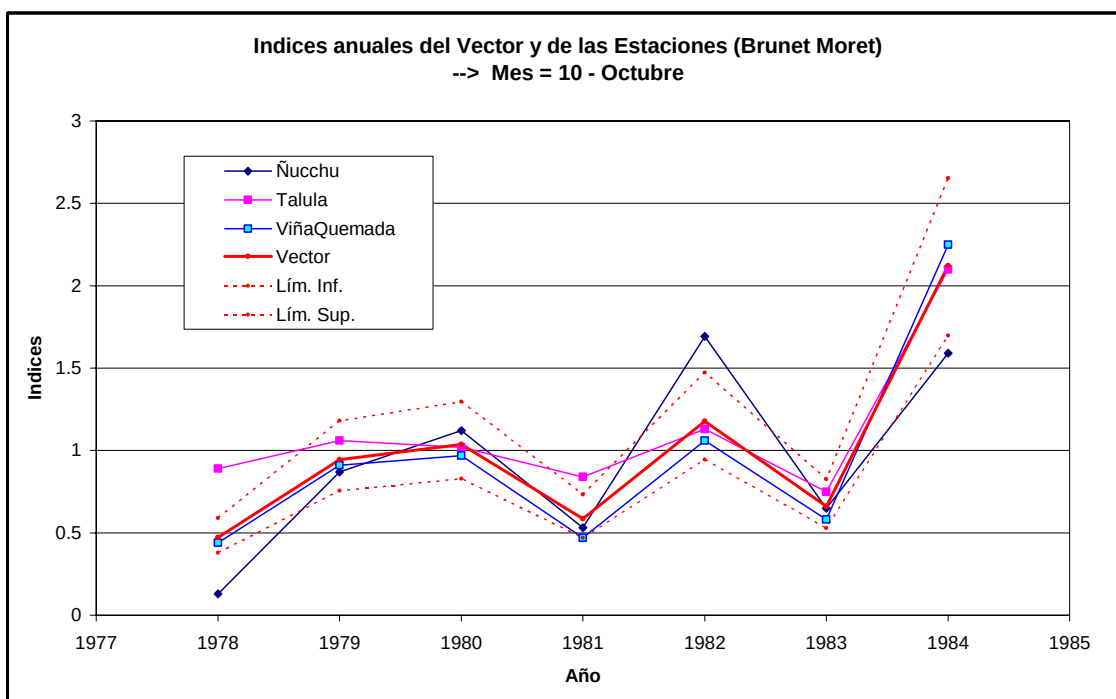
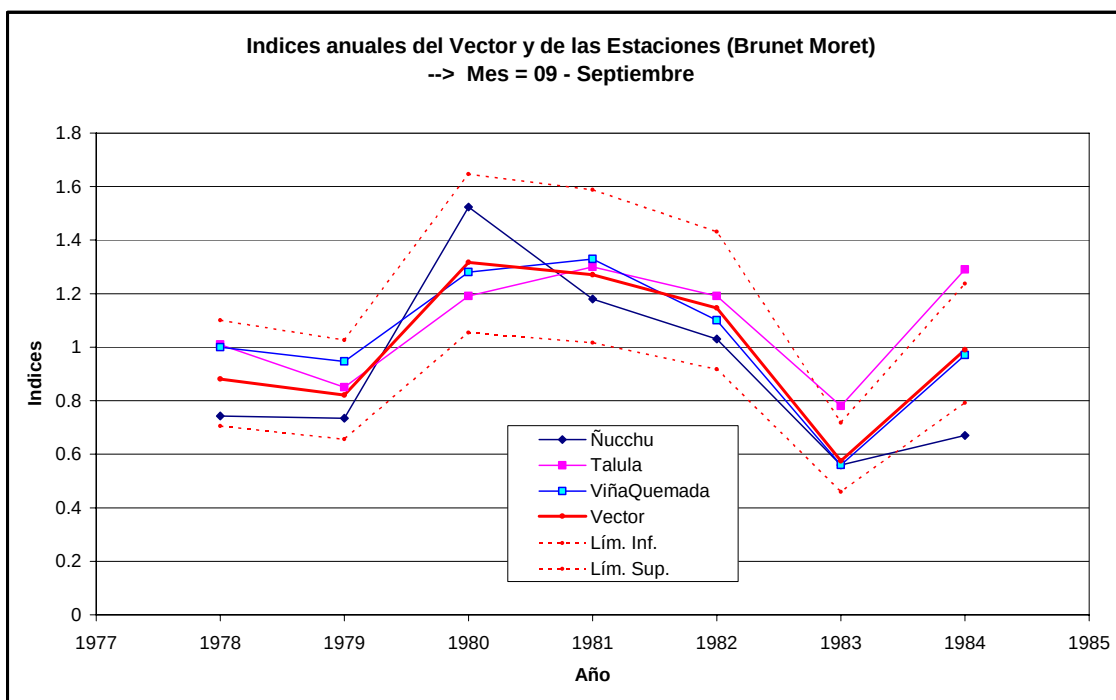
4. SUBCUENCA: PILCOMAYO SUPERIOR

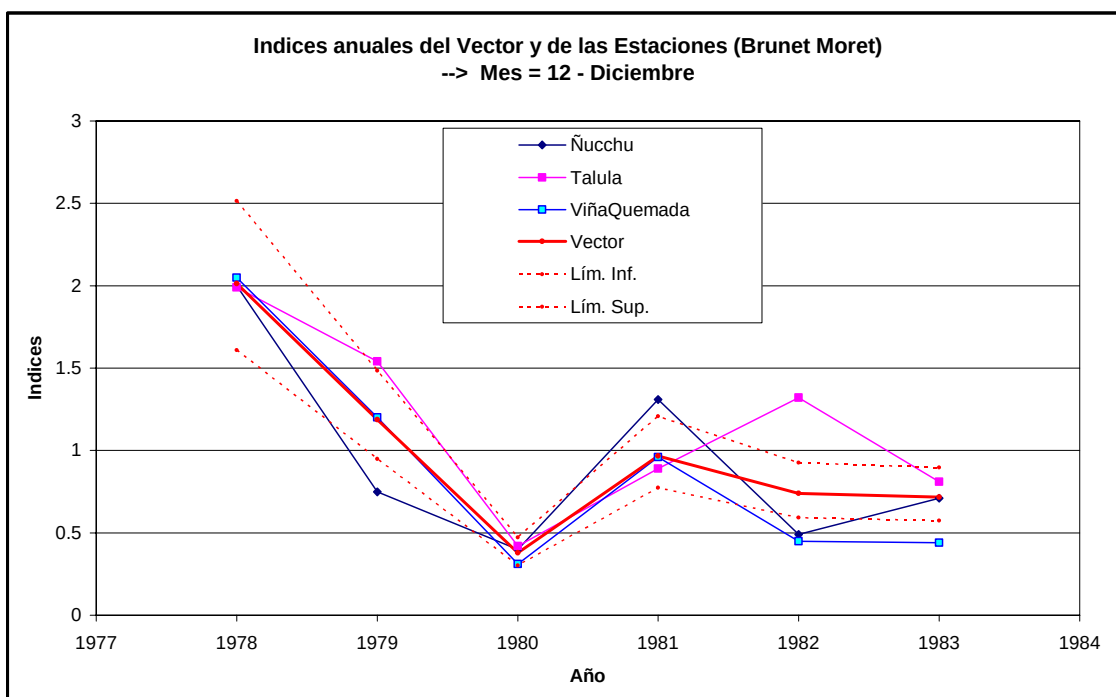
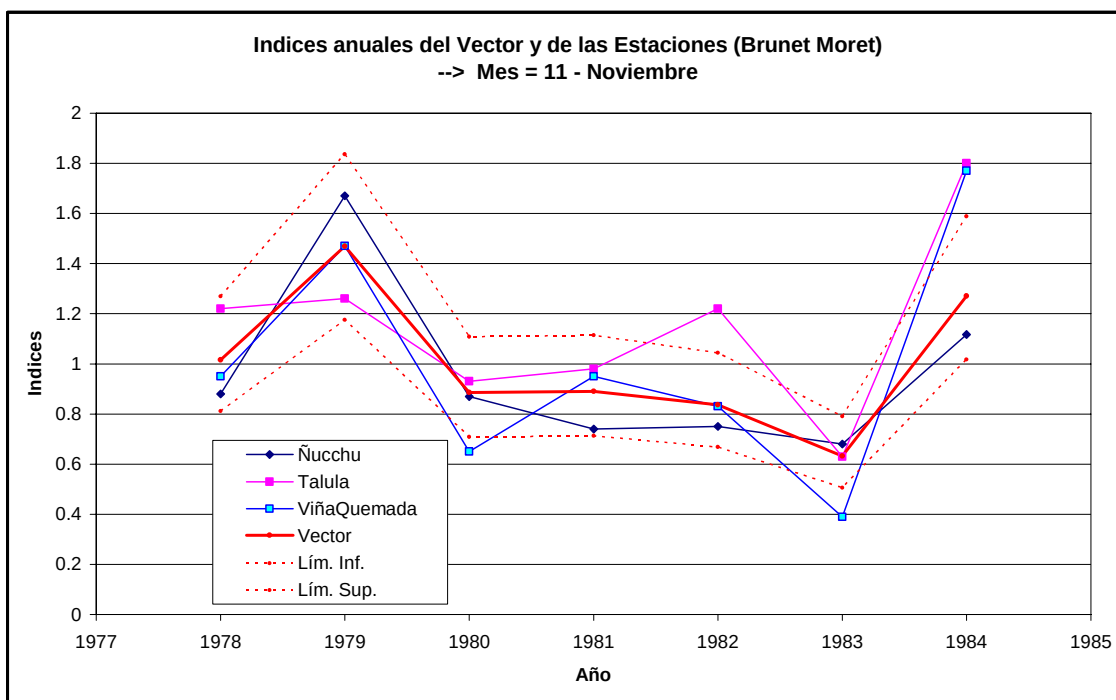












5.SUBCUENCA: PILCOMAYO MEDIO – Más las estaciones: Misión La Paz, Viña Quemada y San Josecito

