

## **CAPÍTULO III**

### **III.- ESTUDIOS BÁSICOS**

#### **III.1.- TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA**

##### **III.1.1.- Alcance de los Trabajos**

Relevamientos planialtimétricos georeferenciados del dique derivador y el canal El Saltón, necesarios para la confección de los proyectos, como así también perfiles longitudinal y transversales en el canal.

##### **III.1.2.- Recopilación de Antecedentes.**

Los trabajos topocartográficos se planificaron en base a los antecedentes cartográficos que existen de la provincia de Tucumán y en particular de las zonas de emplazamiento de las obras objetos del presente proyecto. Entre los más relevantes utilizados se mencionan:

##### **III.1.2.1.- Cartografía.**

- Cartografía de línea y satelital editada por el Instituto Geográfico Militar (IGM).
- Hoja 2766-IV Concepción 1:250.000 (Sistema Campo Inchauspe '69).
- Hoja 2766-28 Ingenio Santa Ana 1:100.000 (Sistema Campo Inchauspe '69).
- Hoja 2766-IV Concepción equivalente al 1:250.000 confeccionada en base al TM de Landsat 5 (Sistema POSGAR '94).
- Planimetría general de Santa Ana, escala 1:25.000, soporte papel, con parcelamiento, caminos, vías férreas y sistemas de riego. Dirección de Irrigación.

### **III.1.2.2.- Puntos Fijos de Control Horizontal y Vertical.**

- Coordenadas de puntos fijos trigonométricos (PT) construidos por el Instituto Geográfico Militar (IGM); y por la Dirección General de Catastro (DGC-RECAT 2000):
- PT 0313 monumentado por la DGC y sus coordenadas geodésicas con ajuste a POSGAR '98.

### **III.1.2.3.- Fotografías Aéreas.**

Existen diversos vuelos fotográficos cubriendo total o parcialmente las zonas de obras. Por encontrarse disponible en Tucumán, se utilizó la foto 3C-313-9368-85-661 del vuelo I.G.M. 1985 en escala 1:80.000.

### **III.1.3.- Relevamientos Topográficos.**

#### **III.1.3.1.- Sistema Geodésico de Referencia**

En la Argentina coexisten dos sistemas geodésicos de referencia oficiales (IGM) con las siguientes características:

El antiguo sistema Campo Inchauspe 1969, que utiliza el elipsoide internacional de HAYFORD, con punto de contacto en Campo Inchauspe y que es un sistema “local”. Con este sistema se realizaron los cálculos geodésicos de las redes de triangulación que se construyeron y midieron hasta la década del '70. A partir de 1980 se comenzó a trabajar con técnicas satelitales construyéndose una red de IV orden utilizando el sistema NNSS-TRANSIT (Doppler).

Con el advenimiento del sistema NAVSTAR – GPS, la República Argentina (IGM) decidió remedir una serie de puntos estratégicos con GPS y, luego del cálculo y compensación de la misma, se adoptó un nuevo sistema de referencia geodésico que se lo conoce como POSGAR '94, que significa *Posiciones Geodésicas Argentinas* y tiene por elipsoide global de referencia el WGS '84 nativo del sistema NAVSTAR – GPS. Existiendo a la fecha un segundo conjunto de coordenadas geodésicas con ajuste riguroso por mínimos cuadrados denominada POSGAR '98 de uso científico.

La Provincia de Tucumán, a través de la Dirección General de Catastro, está ejecutando un Proyecto Catastral Integral, en el marco del Programa PSFyDEPA (Provincias 2), habiendo a la fecha ejecutado una Red de control geodésico con ajuste a POSGAR'98 compuesta de unos 1.000 puntos fijos.

### **III.1.3.2.- Proyección Cartográfica**

La cartografía en Argentina utiliza el plano conforme correspondiente a la proyección Gauss – Krüger, que es una proyección cilíndrica Mercator Transversa (TM) tangente, dividida en siete fajas de 3° de longitud (ancho) cada una. Para el caso particular de la provincia de Tucumán, esta está contenida en la faja 3 cuyo meridiano central es el de -66° Longitud Oeste de Greenwich.

Debido a la existencia de dos sistemas geodésicos de referencia, hoy tenemos documentos cartográficos oficiales (IGM) editados en proyección plano conforme Gauss Krüger en ambos sistemas geodésicos; las cartas de línea responden al sistema Campo Inchauspe '69 (anteriores a 1995), y las cartas satelitales (papel y digital) responden al actualmente vigente sistema POSGAR '94.

La cartografía del presente proyecto, se confeccionó en proyección plano conforme Gauss Krüger referida al sistema geodésico geocéntrico POSGAR '94. Y los documentos cartográfico editados con referencia al sistema geodésico Campo Inchauspe '69, se los transformó utilizando el método de Molodensky con los tres parámetros de transformación determinados por la DMA (Defense Mapping Agency) y oficialmente adoptados por el IGM.

### **III.1.3.3.- Relevamientos Georeferenciados**

Las mediciones con equipos GPS, en el modo diferencial estático brindan, en cuanto a valores altimétricos, la (ASE) altura sobre el elipsoide WGS '84 de cada punto medido. Es necesario por lo tanto establecer la diferencia existente entre el mismo y el geoide (cota de referencia al nivel medio del mar). Este valor no es una constante en diferentes regiones del país. Sin embargo se puede establecer, para zonas de pequeñas extensiones, un valor promedio que no diferirá notablemente de un punto a otro dentro del área establecida. Por recomendaciones del Comité Nacional de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional

(UGGI), se puede utilizar con fines geodésicos en Argentina los modelos de geoide global actualmente disponibles, como el *EGM '96* (Earth Gravity Model 1996) desarrollado por la Agencia Nacional de Imágenes y Cartografía (NIMA, ex DMA) de U.S.A..<sup>1</sup>

En el área del proyecto se utilizó el modelo de geoide global *EGM '96*, para calcular las alturas normales a partir de los valores de alturas elipsoidales (ASE) determinados con GPS mediante técnicas interferométricas (fase de la portadora).

#### **III.1.3.4.- Precisiones**

El instrumental GPS empleado en los trabajos de apoyo, está conformado por pares de receptores geodésicos de una frecuencia (L1), marca Trimble, modelos 4600 LS. Estos aparatos permiten, en mediciones estáticas diferenciales resolviendo con método interferométrico (fase de la portadora), en adecuadas condiciones de trabajo (constelación disponible, tiempo de medición, etc.), brindar resultados con un error relativo planialtimétrico inferior a los  $\pm 0,10$  m.

En las tareas de relevamiento del dique derivador y los perfiles del río El Saltón, se utilizó una Estación Total Electrónica PENTAX PTS-V5, con colectora de datos HP 48GX, 2 bastones graduables con portaprisma, y radios VHF. Se trabajó sobre PF con coordenadas determinadas con GPS, centrado forzoso en cada PF y técnicas de relevamientos adecuadas a fin de trabajar con precisiones relativas de  $\pm 0,10$  m.

Para el relevamiento de los primeros 5 kilómetros del canal El Saltón, se utilizó una Brújula taquimétrica KERN de 24x, y 10' de graduación de CV; debido a las condiciones topográficas (tiros de 30 a 70 m) muy quebradas del punto de vista planimétrico, lo cual impedía la utilización de la Estación Total y del GPS por la frondosa vegetación existente (bosque alto de nogales, cedros, laureles, tipas, etc). Para garantizar una baja degradación de la precisión, se apoyó el relevamiento con puntos cuyas coordenadas se determinaron con GPS.

---

<sup>1</sup> Propuesta para la Definición del Sistema de Alturas de la Provincia de Tucumán. Claudio Brunini, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas. Octubre 2000.

Ante la necesidad de contar con elementos físicos en las zonas de proyectos con coordenadas vinculadas al sistema de referencia geodésico nacional, se procedió a la materialización de puntos fijos (PF) en las proximidades de la Obra de Toma – Dique Derivador, del sistema de riego El Saltón, que sirve a una vasta zona de Santa Ana.

La vinculación con el sistema geodésico de referencia se realizó con técnicas satelitales de mediciones GPS entre los nuevos PF materializados y el PT 0313 de pertenencia a la Red Catastral recientemente compensada con ajuste a POSGAR '98. Las mediciones se realizaron con métodos estáticos simultáneamente, observando con pares de receptores GPS, y garantizando precisiones relativas mejores a 1:200.000.

En la zona de Obra de Toma se materializaron dos (2) PF intervisibles a los efectos de los relevamientos planialtimétricos y de detalles en la zona del dique y del cauce del río, aguas arriba y abajo del mismo: como así también como arranque de los relevamientos taquimétricos del canal. Asimismo, y a lo largo del canal, se materializaron otro conjunto de PF para el control de las poligonal taquimétrica.

Para el relevamiento del perfil longitudinal del canal y sus transversales, se utilizó como instrumento una brújula taquimétrica KERN por las particulares características topográficas y de vegetación del área de canal, que impiden visuales de tiros largos (< 70 m) ni adecuada recepción satelital por ocultamiento del espeso bosque existente.

El relevamiento de los restantes 15 km se realizó con receptores GPS Trimble (fase de la portadora), utilizándose de base (s/ PT 0313) un 4600 LS, y de móvil (rover) un PathFinder PRO XR y un GeoExplorer III. Se relevó el canal El Saltón hasta aproximadamente donde el sistema actualmente deja de entregar agua de riego, con una longitud total de 20.765,50 m desde el dique derivador.

Las coordenadas calculadas, producto de los relevamientos taquimétricos se expresan en el sistema plano conforme Gauss Krüger – faja 3 (POSGAR '94), para lo cual y dado que se realizó relevamiento con brújula, hubo que determinar el valor en la zona de la declinación del Norte magnético con respecto al Norte Geográfico proyectivo. Con dicho valor se procedió a corregir los valores de acimutes magnéticos observados.

Los cálculos de coordenadas se realizaron con planilla Excel a partir de los valores de ángulos y distancias observados. En AutoCAD se construyó la planialtimetría del canal y zona del dique, y con el software CARTOMAP V4 se confeccionó los perfiles longitudinales de solera y borde de canal, completándose en AutoCAD los detalles de las obras de arte relevadas.

El Plano general a escala 1:25.000, de la Dirección de Irrigación, al igual que la foto de contacto 3C-313-9368 del vuelo IGM (1985), fueron digitalizadas en formato raster con scanner HP 3400C. Se transformaron a formato TIFF, e insertadas en dibujo de AutoCad. Con los detalles relevados en campo se georeferenció ambos documentos y sirvieron de base para completar datos y detalles del entorno al Río – Dique – Canal, como los caminos, parcelamiento registrado, etc.

<b>ID</b>	<b>COORDENADA X</b>	<b>COORDENADA Y</b>	<b>COTA (m.s.n.m.)</b>	<b>CÓDIGO</b>
PF99	6965109,69	3522160,81	443,92	GPS
1	6965108,58	3522168,53	443,35	borde
2	6965108,69	3522169,35	442,85	cauce
3	6965108,44	3522170,73	442,62	cauce
4	6965107,10	3522173,55	443,88	borde
5	6965092,93	3522167,82	442,81	cauce
6	6965071,82	3522165,66	443,06	cauce
A	6965039,34	3522159,58	445,08	Estación
7	6965040,78	3522163,49	443,02	cauce
8	6965029,46	3522164,19	442,92	salto
9	6965029,40	3522164,21	443,82	salto
10	6965013,48	3522166,22	443,77	cauce
B	6964986,06	3522164,24	446,22	Estación
11	6964994,41	3522167,96	444,07	cauce
12	6964981,48	3522166,53	444,12	cauce
13	6964966,96	3522163,41	444,37	cauce
14	6964939,07	3522154,85	444,40	cauce
C	6964886,76	3522145,84	447,31	Estación
15	6964915,82	3522153,62	444,54	cauce
16	6964890,11	3522150,45	444,70	cauce
17	6964874,29	3522145,40	444,61	cauce
18	6964863,36	3522135,91	444,45	cauce
19	6964864,14	3522127,72	444,75	coronamiento
PF100	6964872,94	3522103,30	444,15	control
20	6965145,16	3522177,73	442,51	cauce
D	6965146,09	3522174,78	443,90	Estación
21	6965183,51	3522181,18	442,22	cauce
E	6965236,56	3522177,15	442,90	Estación

ID	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (m.s.n.m.)	CÓDIGO
22	6965214,98	3522176,44	442,62	cauce
23	6965237,73	3522180,97	442,16	cauce
24	6965264,71	3522188,41	442,10	cauce
F	6965295,65	3522187,57	442,91	Estación
25	6965292,01	3522191,25	442,00	cauce
26	6965311,45	3522191,37	441,83	cauce
27	6965342,11	3522197,87	441,80	cauce
PF90	6965370,60	3522200,11	442,49	Estación
28	6965361,79	3522201,95	441,67	cauce
29	6965365,84	3522212,20	441,60	cauce
30	6965362,03	3522220,81	441,62	cauce
31	6965374,00	3522204,39	441,07	cauce
32	6965385,87	3522196,45	440,88	cauce
33	6965413,81	3522183,35	440,52	cauce
34	6965389,14	3522209,08	441,68	cauce
G	6965417,49	3522208,38	444,75	Estación
35	6965425,69	3522215,63	441,77	cauce
36	6965448,86	3522219,80	441,65	cauce
37	6965472,21	3522221,52	441,69	cauce
H	6965511,19	3522224,90	446,54	Estación
38	6965519,27	3522231,10	441,77	cauce
I	6965581,73	3522239,26	445,76	estaca
39	6965591,52	3522246,69	441,42	cauce
J	6965619,46	3522248,31	445,17	Estación
40	6965628,50	3522251,96	441,07	cauce
K	6965711,44	3522249,12	443,63	Estación
41	6965680,51	3522247,50	440,94	cauce
42	6965699,83	3522248,87	440,93	cauce
43	6965725,22	3522260,68	440,95	cauce
L	6965732,88	3522270,56	442,96	Estación
44	6965739,97	3522297,03	440,99	cauce
45	6965751,74	3522326,93	440,96	cauce
PF83	6965763,27	3522342,17	443,03	estaca
46	6965771,75	3522372,74	440,90	cauce
PF82	6965777,92	3522384,71	441,59	estaca
47	6965774,08	3522379,12	440,86	fondo compuerta
48	6965774,23	3522397,57	440,71	cauce
49	6965769,07	3522412,76	440,82	cauce
M	6965755,11	3522454,89	442,38	Estación
50	6965754,75	3522433,96	440,96	cauce
51	6965749,88	3522464,15	440,82	cauce
52	6965752,49	3522492,36	440,84	cauce
N	6965760,15	3522490,74	443,34	Estación
53	6965765,40	3522503,74	440,79	cauce
54	6965784,19	3522517,91	440,75	cauce
O	6965787,93	3522511,29	442,71	Estación

ID	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (m.s.n.m.)	CÓDIGO
55	6965812,78	3522516,94	440,71	cauce
56	6965854,43	3522525,43	440,77	cauce
P	6965880,03	3522518,54	441,81	Estación
57	6965885,24	3522524,02	440,59	cauce
58	6965889,52	3522530,91	440,80	cauce
PF75	6965892,91	3522529,16	441,98	GPS
Q	6965902,94	3522547,34	441,54	Estación
59	6965910,49	3522569,26	440,53	cauce
60	6965923,36	3522596,63	440,48	cauce
R	6965929,81	3522600,09	442,19	Estación
61	6965931,01	3522608,08	440,44	cauce
62	6965933,55	3522610,08	440,47	cauce
63	6965942,16	3522603,51	438,53	TN
64	6965947,28	3522599,63	438,32	TN
65	6965932,28	3522613,41	440,54	cauce
66	6965936,25	3522612,19	440,39	cauce
PF70	6965976,61	3522643,73	441,84	estaca
67	6965962,57	3522633,33	440,53	cauce
68	6965983,14	3522654,17	440,46	cauce
69	6965997,98	3522671,57	440,43	cauce
S	6966039,01	3522702,32	441,39	Estación
70	6966024,34	3522696,54	440,35	cauce
71	6966040,47	3522695,15	437,67	zanjon
72	6966036,49	3522701,12	438,13	zanjon
73	6966034,39	3522704,06	440,40	cauce
74	6966047,98	3522711,14	440,39	cauce
75	6966072,94	3522723,52	440,32	cauce
T	6966079,19	3522721,23	441,64	Estación
76	6966087,19	3522725,66	440,29	cauce
77	6966119,16	3522720,18	440,33	cauce
U	6966173,97	3522703,66	441,90	Estación
78	6966146,71	3522708,47	440,34	cauce
79	6966196,22	3522704,44	440,32	cauce
V	6966255,92	3522695,05	441,65	Estación
80	6966242,19	3522698,60	440,26	cauce
81	6966268,04	3522701,63	440,25	cauce
PF65	6966288,40	3522713,43	444,08	estaca
82	6966289,90	3522726,00	439,96	cauce
W	6966302,91	3522762,41	442,12	Estación
83	6966297,98	3522752,51	440,13	cauce
84	6966295,05	3522777,52	440,21	cauce
X	6966289,29	3522786,78	441,38	Estación
85	6966281,00	3522788,02	440,12	cauce
PF68	6966281,88	3522791,14	441,71	GPS
86	6966257,13	3522797,11	440,11	cauce
Y	6966241,46	3522804,00	443,76	Estación



ID	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (m.s.n.m.)	CÓDIGO
87	6966233,42	3522803,93	439,97	cauce
Z	6966210,37	3522825,13	445,05	estaca
88	6966191,87	3522834,76	439,95	cauce
AA	6966167,61	3522857,94	443,03	Estación
89	6966155,57	3522868,97	439,80	cauce
PF64	6966140,29	3522894,20	442,97	estaca
90	6966142,22	3522887,68	439,73	cauce
91	6966143,68	3522889,26	443,23	borde
92	6966126,54	3522898,80	439,74	cauce
93	6966127,25	3522900,70	443,02	borde
AB	6966080,76	3522913,54	441,21	Estación
94	6966100,93	3522900,19	439,84	cauce
95	6966101,49	3522902,75	442,44	borde
96	6966077,99	3522905,03	439,73	cauce
97	6966080,96	3522908,77	440,94	borde
98	6966068,47	3522927,93	439,55	cauce
99	6966071,91	3522928,26	440,51	borde
100	6966070,26	3522941,61	439,54	cauce
101	6966074,70	3522940,87	441,24	borde
PF62	6966073,03	3522976,46	441,24	estaca
102	6966071,86	3522957,39	439,48	cauce
103	6966072,87	3522958,47	440,45	borde
104	6966077,13	3522965,19	441,00	borde
105	6966074,50	3522970,76	439,28	bajo
106	6966069,83	3522966,91	439,50	cauce
107	6966071,08	3522967,31	440,41	borde
108	6966065,17	3522979,80	439,52	cauce
109	6966066,51	3522980,30	440,54	borde
110	6966068,78	3522981,44	439,84	bajo
111	6966070,11	3522982,33	441,30	alto
112	6966059,46	3522990,77	439,46	cauce
113	6966061,48	3522991,52	440,93	borde
114	6966062,79	3522992,23	441,39	alto
PF60	6966041,06	3523036,59	441,01	estaca
115	6966046,32	3523015,49	439,62	cauce
116	6966048,48	3523016,74	441,00	borde
117	6966036,28	3523040,74	439,62	cauce
118	6966038,24	3523041,58	440,86	borde
119	6966026,74	3523056,30	439,59	cauce
120	6966029,09	3523056,91	440,83	borde
PF59	6966007,57	3523092,76	440,81	estaca
121	6966020,42	3523069,10	439,62	cauce
122	6966021,38	3523069,33	441,02	borde
123	6966013,11	3523080,04	439,49	cauce
124	6966015,01	3523081,52	439,24	borde
125	6966013,81	3523080,52	440,23	muro canal

ID	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (m.s.n.m.)	CÓDIGO
126	6966017,16	3523078,55	440,12	muro viejo
127	6966011,02	3523088,10	440,19	muro viejo
128	6966008,29	3523088,22	440,25	muro
129	6966007,70	3523087,81	439,54	cauce
130	6966001,21	3523099,01	439,51	cauce
131	6966003,92	3523098,73	441,00	borde
132	6965997,32	3523118,80	439,51	cauce
133	6965998,97	3523120,04	441,22	borde
134	6965989,47	3523138,71	439,56	cauce
135	6965993,83	3523139,17	440,99	borde
AC	6965982,51	3523170,82	441,76	estaca
136	6965988,41	3523155,86	439,51	cauce
137	6965989,65	3523157,10	440,39	borde
138	6965977,62	3523172,60	439,63	cauce
139	6965978,46	3523185,95	439,50	cauce
140	6965980,06	3523189,43	441,33	borde
AD	6965971,83	3523223,32	440,95	Estación
141	6965971,83	3523202,23	439,53	cauce
142	6965974,26	3523203,53	440,72	borde
143	6965967,57	3523223,29	439,51	cauce
144	6965969,39	3523248,69	439,29	cauce
145	6965972,05	3523248,92	440,68	borde
AE	6965972,62	3523268,29	440,49	Estación
146	6965969,06	3523267,73	439,39	cauce
147	6965956,57	3523282,74	440,78	borde
148	6965957,81	3523287,93	441,27	borde
149	6965953,92	3523281,87	439,32	cauce
150	6965955,63	3523290,03	439,44	cauce
151	6965974,96	3523259,84	439,99	muro
152	6965975,15	3523247,65	440,10	muro
AF	6965974,54	3523295,82	441,45	estaca
153	6965975,81	3523300,72	439,36	cauce
154	6965981,73	3523308,52	439,33	cauce
155	6965984,40	3523316,97	439,84	labio vertedero
156	6965985,51	3523316,89	440,57	piso losa
157	6965978,07	3523298,73	441,31	borde
158	6965983,92	3523309,46	440,94	borde
159	6965985,67	3523325,60	439,34	cauce
160	6965988,45	3523324,60	441,44	borde
PF55	6966003,17	3523364,93	441,89	estaca
161	6965998,64	3523352,35	441,45	borde
162	6965996,92	3523352,66	439,40	cauce
163	6966000,66	3523375,94	438,70	inicio tubo
164	6966002,75	3523371,70	440,74	borde muro ala
165	6966003,17	3523375,08	441,35	borde
166	6966020,89	3523383,61	433,65	bajo

ID	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (m.s.n.m.)	CÓDIGO
AG	6966024,04	3523402,27	441,59	estaca
167	6966012,92	3523398,55	438,81	fin tubo
168	6966013,44	3523397,22	441,55	borde
169	6966016,89	3523398,63	440,16	borde muro ala
170	6966029,13	3523414,17	439,00	cauce
171	6966032,48	3523417,32	438,99	cauce 1/2 bolsas
172	6966033,82	3523415,99	439,81	s/ dique bolsas
173	6966031,23	3523412,10	440,76	borde
174	6966042,19	3523422,79	441,36	borde
175	6966040,52	3523424,54	439,04	cauce
AH	6966073,31	3523462,47	440,81	Estación
176	6966051,28	3523445,57	438,66	cauce
177	6966053,74	3523443,04	440,97	borde
178	6966076,40	3523466,36	439,29	borde muro
179	6966075,39	3523467,40	438,37	cauce
180	6966080,95	3523470,44	439,29	muro 0 curva
181	6966086,52	3523474,16	439,26	muro fin curva
182	6966089,53	3523475,61	438,91	labio vertedero (1/2)
183	6966088,64	3523476,52	438,36	cauce
184	6966092,68	3523473,88	436,59	TN
185	6966095,33	3523478,59	438,20	cauce
186	6966095,67	3523477,27	439,40	borde
187	6966102,32	3523479,36	440,02	borde
188	6966100,94	3523480,97	438,24	cauce fin muro
AI	6966123,38	3523483,73	440,32	Estación
189	6966130,95	3523488,93	440,46	borde
190	6966131,14	3523491,63	438,14	cauce
191	6966155,49	3523491,26	440,11	borde
192	6966155,78	3523493,94	437,92	cauce
AJ	6966178,34	3523495,41	440,06	Estación
193	6966183,87	3523499,81	437,73	cauce
194	6966184,38	3523497,49	439,97	borde
195	6966200,12	3523497,89	437,72	cauce inicio obra
196	6966199,71	3523494,85	439,53	borde
197	6966199,86	3523496,54	438,81	muro inicio
198	6966216,58	3523493,07	437,83	inicio empedrado
199	6966216,77	3523492,18	439,28	borde
PF53	6966230,72	3523494,49	439,68	estaca
200	6966217,47	3523494,22	437,50	cauce
201	6966225,56	3523495,54	437,46	cauce
202	6966226,09	3523493,25	439,57	borde
203	6966233,64	3523498,24	437,40	cauce
204	6966235,39	3523496,27	439,70	borde
205	6966241,07	3523501,34	437,36	cauce/ fin obra
206	6966242,19	3523499,20	440,06	borde
207	6966259,48	3523515,39	437,37	cauce

ID	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (m.s.n.m.)	CÓDIGO
AK	6966263,17	3523510,96	439,79	Estación
208	6966272,46	3523509,52	437,54	cauce
209	6966271,37	3523506,88	439,46	borde
210	6966300,30	3523489,09	437,24	cauce
211	6966298,88	3523485,96	439,39	borde
AL	6966309,33	3523483,34	439,35	Estación
212	6966316,46	3523491,48	437,11	cauce
213	6966318,41	3523489,51	439,08	borde
AM	6966338,10	3523515,29	439,47	Estación
214	6966332,40	3523510,30	437,12	cauce
215	6966334,75	3523507,83	439,21	borde
216	6966336,13	3523534,00	437,22	cauce
217	6966340,82	3523532,87	440,21	borde
AN	6966349,08	3523562,84	439,46	Estación
218	6966344,44	3523553,81	437,09	cauce
219	6966348,19	3523552,29	439,46	borde
220	6966342,63	3523567,78	437,02	cauce
221	6966345,42	3523569,49	439,31	borde
222	6966328,44	3523591,24	437,06	cauce
223	6966329,59	3523593,08	438,98	borde
AO	6966320,89	3523599,18	439,22	Estación
224	6966313,87	3523599,12	437,04	cauce
225	6966314,50	3523601,51	439,13	borde
226	6966295,58	3523610,03	437,05	cauce
227	6966298,26	3523612,78	439,25	borde
AP	6966279,52	3523633,89	439,46	Estación
228	6966277,67	3523628,86	437,12	cauce
229	6966252,02	3523666,09	437,03	cauce
230	6966253,95	3523668,45	439,18	borde
AQ	6966240,24	3523690,62	439,56	Estación
231	6966232,47	3523696,91	436,97	cauce
232	6966235,52	3523698,74	439,47	borde
233	6966224,49	3523717,91	436,98	cauce
234	6966208,80	3523746,19	436,97	cauce
AR	6966209,77	3523751,74	439,23	Estación
235	6966195,96	3523770,19	437,08	cauce
236	6966198,52	3523772,03	438,87	borde
PF50	6966176,51	3523806,65	438,92	estaca
AR	6966209,87	3523751,79	439,19	control
237	6966183,57	3523789,77	436,95	cauce
238	6966186,18	3523791,23	439,11	borde
239	6966157,65	3523823,81	436,82	cauce
240	6966160,51	3523825,86	438,89	borde
AS	6966138,14	3523844,36	439,12	Estación
241	6966144,55	3523838,28	436,81	cauce
242	6966145,79	3523840,03	438,84	borde

<b>ID</b>	<b>COORDENADA X</b>	<b>COORDENADA Y</b>	<b>COTA (m.s.n.m.)</b>	<b>CÓDIGO</b>
243	6966114,41	3523851,17	436,83	cauce
244	6966114,76	3523854,28	438,89	borde
AT	6966094,89	3523859,42	439,03	Estación
245	6966090,53	3523855,03	436,80	cauce
266	6966086,05	3523862,64	436,69	cauce
267	6966090,80	3523871,15	436,74	cauce fin curva
268	6966104,11	3523884,07	436,70	cauce
269	6966106,81	3523880,94	438,60	borde
AU	6966142,07	3523922,03	437,92	Estación
270	6966135,54	3523916,75	436,68	cauce
271	6966137,32	3523914,86	438,17	borde
272	6966142,81	3523929,79	436,66	cauce
273	6966145,14	3523929,84	438,01	borde
AV	6966149,36	3523967,04	438,80	Estación
274	6966146,90	3523980,30	436,69	cauce
275	6966149,78	3523980,43	438,68	borde
276	6966148,46	3524001,15	436,62	cauce
277	6966150,87	3524001,80	438,59	borde
PF48	6966150,09	3524014,02	438,25	estaca
278	6966146,68	3524021,18	436,53	cauce
279	6966148,30	3524021,82	438,06	borde
280	6966138,14	3524039,09	436,52	cauce
281	6966140,28	3524039,60	438,17	borde
AW	6966132,87	3524062,66	438,12	Estación
282	6966131,72	3524057,46	436,42	cauce
283	6966129,91	3524068,48	436,43	cauce
284	6966131,87	3524069,37	437,60	borde
285	6966126,30	3524079,34	436,37	cauce
286	6966126,17	3524092,90	436,34	cauce
287	6966128,20	3524093,91	437,73	borde
AX	6966122,22	3524111,91	438,32	Estación
288	6966111,84	3524122,29	435,95	cauce
289	6966115,13	3524124,44	438,21	borde
290	6966103,50	3524139,67	435,85	cauce
291	6966106,13	3524141,18	438,31	borde
AY	6966091,58	3524157,34	438,34	Estación
292	6966093,45	3524151,29	435,87	cauce
293	6966081,49	3524152,95	435,74	cauce
294	6966080,88	3524155,87	438,17	borde
295	6966069,64	3524144,41	435,83	cauce
296	6966067,49	3524147,60	437,48	borde
AZ	6966046,24	3524135,33	438,02	Estación
297	6966044,09	3524129,95	435,79	cauce
298	6966028,01	3524128,51	435,71	cauce
299	6966028,14	3524132,07	437,76	borde
PF46	6966017,75	3524143,34	438,32	estaca

<b>ID</b>	<b>COORDENADA X</b>	<b>COORDENADA Y</b>	<b>COTA (m.s.n.m.)</b>	<b>CÓDIGO</b>
300	6966013,10	3524132,98	435,77	cauce
301	6966014,75	3524153,04	435,73	cauce
302	6966018,74	3524152,06	437,99	borde
303	6966023,20	3524191,15	435,71	cauce
BA	6966026,18	3524191,17	437,38	Estación
304	6966019,84	3524204,48	435,59	cauce
305	6966010,55	3524229,48	435,58	cauce
306	6966013,36	3524229,48	437,51	borde
BB	6966008,30	3524238,50	437,23	Estación
307	6966001,78	3524240,81	435,50	cauce
308	6965995,09	3524249,20	437,14	borde
309	6965978,17	3524254,19	435,56	cauce
310	6965978,78	3524257,31	437,56	borde
BC	6965962,56	3524262,82	437,19	Estación
311	6965959,47	3524259,78	435,50	cauce
312	6965928,25	3524264,74	435,51	cauce
313	6965928,32	3524267,75	436,96	borde
BD	6965908,75	3524267,24	437,27	Estación
314	6965905,34	3524264,63	435,42	cauce
315	6965905,16	3524267,02	437,09	borde
316	6965880,83	3524262,22	435,45	cauce
317	6965880,50	3524264,28	437,09	borde
BE	6965847,26	3524263,48	437,36	Estación
318	6965857,88	3524258,98	435,49	cauce
319	6965858,37	3524262,12	437,24	borde
320	6965828,35	3524262,99	435,43	cauce
321	6965827,97	3524265,51	437,38	borde
BF	6965776,07	3524264,48	437,18	Estación
322	6965789,36	3524262,13	435,35	cauce
323	6965789,66	3524264,71	437,16	borde
324	6965741,92	3524260,89	435,24	cauce
325	6965741,88	3524263,76	437,24	borde
PF44	6965722,53	3524267,00	437,09	estaca
BF	6965776,07	3524264,48	437,19	control
326	6965731,95	3524259,78	435,26	cauce
327	6965731,93	3524263,58	437,12	borde
328	6965712,85	3524265,30	435,13	cauce
329	6965705,44	3524264,14	434,94	A° El Duraznal
330	6965716,17	3524265,42	435,79	borde
331	6965727,91	3524274,01	435,02	cauce
332	6965729,23	3524270,13	437,25	borde
333	6965745,43	3524285,88	435,19	cauce
334	6965746,98	3524282,58	437,35	borde
335	6965766,79	3524294,66	435,24	cauce
336	6965768,27	3524292,57	437,21	borde
BG	6965799,34	3524308,71	437,15	Estación

ID	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (m.s.n.m.)	CÓDIGO
337	6965795,08	3524311,86	435,23	cauce
338	6965811,23	3524315,03	435,17	cauce
339	6965811,52	3524311,92	437,11	borde
340	6965840,59	3524316,35	435,12	cauce
341	6965841,27	3524313,48	437,04	borde
BH	6965877,38	3524318,01	436,93	Estación
342	6965884,73	3524321,75	435,14	cauce
343	6965885,13	3524318,89	436,83	borde
344	6965917,24	3524324,32	435,02	cauce
345	6965917,63	3524321,53	437,17	borde
BI	6965962,09	3524325,12	436,74	Estación
346	6965952,71	3524327,03	435,06	cauce
347	6965953,10	3524324,58	436,80	borde
348	6965973,87	3524331,39	434,97	cauce
349	6965974,05	3524329,06	436,84	borde
PF42	6966022,79	3524335,61	437,08	estaca
350	6966000,77	3524333,61	434,95	cauce
351	6966001,07	3524330,99	436,93	borde
352	6966016,47	3524336,75	434,95	cauce
353	6966028,69	3524344,04	434,93	cauce
354	6966030,23	3524342,85	436,92	borde
355	6966033,86	3524347,70	436,55	al lim StaAna
356	6966041,24	3524364,57	434,97	cauce
BJ	6966046,12	3524374,75	436,58	Estación
357	6966041,42	3524365,12	434,95	cauce
358	6966042,57	3524365,00	435,82	s/bolsas
359	6966044,63	3524365,13	435,01	bajo zanjón
360	6966050,46	3524369,02	433,37	bajo zanjón
361	6966044,69	3524386,38	434,94	Cauce
362	6966047,70	3524388,05	436,79	Borde
BK	6966047,51	3524419,12	436,32	Estación
363	6966045,41	3524410,38	434,88	cauce
364	6966047,75	3524410,12	436,50	borde
365	6966042,21	3524427,76	434,83	cauce
366	6966044,50	3524427,39	436,44	borde
BL	6966028,40	3524462,05	436,75	Estación
367	6966029,55	3524453,82	434,83	cauce
368	6966032,09	3524454,96	436,65	borde
369	6966017,10	3524476,00	434,85	cauce
370	6966019,28	3524477,34	436,65	borde
BM	6966001,61	3524496,96	436,47	Estación
371	6966005,02	3524490,11	434,79	cauce
372	6966006,70	3524491,87	436,33	borde
373	6965984,95	3524506,58	434,65	cauce
374	6965986,33	3524508,90	436,75	borde
BN	6965963,13	3524532,22	436,66	Estación

<b>ID</b>	<b>COORDENADA X</b>	<b>COORDENADA Y</b>	<b>COTA (m.s.n.m.)</b>	<b>CÓDIGO</b>
375	6965970.94	3524518.13	434.73	cauce
376	6965973.17	3524520.03	436.73	borde
377	6965947.29	3524554.02	434.74	cauce
378	6965949.83	3524555.72	436.75	borde
BO	6965939.80	3524582.70	436.82	Estación
377	6965947.29	3524554.02	434.74	cauce
379	6965895.08	3524597.50	434.67	cauce
380	6965875.63	3524629.93	434.63	cauce
381	6965866.80	3524737.42	434.52	cauce
382	6965836.96	3524852.19	434.40	cauce
383	6965772.55	3524968.53	434.25	cauce
384	6965678.29	3525037.70	434.14	cauce
385	6965571.47	3525066.00	434.02	cauce
386	6965511.90	3525067.39	433.96	cauce
387	6965330.61	3525014.24	433.77	cauce
388	6965300.76	3525007.95	433.73	cauce
389	6965291.73	3525026.44	433.70	cauce
390	6965309.73	3525082.18	433.65	cauce
391	6965312.87	3525134.06	433.60	cauce
392	6965286.38	3525148.20	433.56	cauce
393	6965226.47	3525138.78	433.50	cauce
394	6965151.06	3525110.48	433.42	cauce
395	6965140.05	3525128.06	433.40	cauce
396	6965207.49	3525186.56	433.31	cauce
397	6965362.17	3525321.97	433.10	cauce
398	6965422.83	3525401.33	433.00	cauce
399	6965430.76	3525477.33	432.92	cauce
400	6965421.47	3525541.02	432.88	cauce
401	6965383.89	3525564.59	432.85	cauce
402	6965336.43	3525571.12	432.82	cauce
403	6965245.32	3525544.40	432.77	cauce
404	6965183.30	3525528.03	432.73	cauce
506c	6965155.67	3525530.65	432.30	cauce
405	6965108.37	3525670.85	432.63	cauce
406	6965080.71	3525712.19	432.61	cauce
407	6964995.13	3525797.52	432.55	cauce
407b	6964901.70	3525813.56	432.50	cauce
408	6964808.11	3525796.16	432.46	cauce
504	6964696.06	3525732.94	432.40	cauce
505	6964640.27	3525743.27	432.37	cauce
507	6964472.67	3525626.86	432.25	cauce
409	6964386.05	3525593.36	432.19	cauce
410	6964352.03	3525607.56	432.17	cauce
411	6964351.42	3525662.56	432.14	cauce
412	6964483.41	3525879.12	432.00	cauce
413	6964657.10	3526038.70	431.86	cauce



<b>ID</b>	<b>COORDENADA X</b>	<b>COORDENADA Y</b>	<b>COTA (m.s.n.m.)</b>	<b>CÓDIGO</b>
414	6964669.10	3526079.56	431.83	cauce
415	6964634.21	3526130.12	431.80	cauce
515	6964534.17	3526170.47	431.73	cauce
416	6964521.67	3526205.46	431.71	cauce
417	6964687.97	3526311.58	431.60	cauce
418	6964734.46	3526420.62	431.53	cauce
419	6964683.31	3526489.87	431.48	cauce
420	6964782.59	3526649.45	431.37	cauce
421	6964749.50	3526757.85	431.30	cauce
422	6964677.29	3526806.02	431.25	cauce
423	6964503.02	3526821.05	431.15	cauce
424	6964427.81	3526936.45	431.07	cauce
425	6964367.65	3526906.35	431.03	cauce
426	6964330.05	3526821.05	430.98	cauce
427	6964294.96	3526748.30	430.93	cauce
428	6964234.79	3526720.70	430.89	cauce
429	6964121.99	3526680.56	430.82	cauce
430	6963991.64	3526575.20	430.73	cauce
431	6963933.98	3526532.55	430.69	cauce
432	6963880.74	3526543.70	430.66	cauce
433	6963880.00	3526607.30	430.62	cauce
434	6963958.61	3526798.55	430.50	cauce
435	6964088.97	3526923.98	430.40	cauce
436	6964053.87	3526989.21	430.35	cauce
437	6963808.21	3527049.42	430.21	cauce
438	6963818.23	3527114.64	430.17	cauce
439	6964191.74	3527209.97	429.94	cauce
440	6964194.25	3527270.18	429.91	cauce
441	6963916.00	3527320.36	429.74	cauce
442	6963908.48	3527375.55	429.71	cauce
443	6964021.28	3527506.00	429.61	cauce
444	6963951.09	3527533.60	429.57	cauce
445	6963888.22	3527692.03	429.47	cauce
446	6963835.58	3527712.10	429.44	cauce
447	6963685.17	3527493.84	429.28	cauce
448	6963635.03	3527481.29	429.25	cauce
449	6963509.69	3527644.36	429.13	cauce
450	6963429.48	3527661.92	429.08	cauce
451	6963296.62	3527599.20	429.00	cauce
452	6963138.69	3527280.60	428.79	cauce
453	6963030.90	3527132.58	428.69	cauce
454	6963073.52	3527059.83	428.64	cauce
455	6963057.32	3527000.03	428.60	cauce
456	6962978.02	3526987.34	428.55	cauce
457	6962683.15	3527078.94	428.38	cauce
458	6962651.20	3527045.06	428.35	cauce

<b>ID</b>	<b>COORDENADA X</b>	<b>COORDENADA Y</b>	<b>COTA (m.s.n.m.)</b>	<b>CÓDIGO</b>
459	6962611.47	3527023.37	428.32	cauce
460	6962585.41	3527079.09	428.28	cauce
461	6962583.64	3527173.47	428.23	cauce
462	6962676.41	3527322.01	428.13	cauce
463	6962662.49	3527419.49	428.07	cauce
464	6962605.36	3527517.58	428.00	cauce
465	6962630.02	3527577.32	427.97	cauce
466	6962735.16	3527648.50	427.90	cauce
467	6962735.35	3527723.49	427.85	cauce
468	6962715.06	3527759.91	427.83	cauce
469	6962365.63	3527728.96	427.62	cauce
470	6962313.06	3527769.19	427.59	cauce
471	6962444.49	3527906.91	427.47	cauce
472	6962517.90	3527915.68	427.43	cauce
473	6962530.27	3528002.33	427.38	cauce
474	6962425.13	3528081.25	427.30	cauce
475	6962229.92	3528194.72	427.17	cauce
476	6962106.62	3528223.60	427.10	cauce
664c	6962073.35	3528263.10	427.07	cauce
477	6962024.68	3528339.65	427.02	cauce
478	6962049.41	3528358.22	427.00	cauce
479	6962142.18	3528364.41	426.95	cauce
480	6962162.28	3528396.90	426.93	cauce
481	6962151.46	3528653.76	426.79	cauce
482	6961986.02	3528837.89	426.66	cauce
483	6961886.15	3528875.78	426.60	cauce
484	6961804.20	3528963.98	426.53	cauce
485	6961614.02	3529021.23	426.43	cauce
486	6961612.48	3529109.43	426.38	cauce
665c	6961553.99	3529202.74	426.32	cauce
666	6961473.75	3529265.81	426.26	cauce
487	6961181.47	3529438.16	426.08	cauce
488	6961164.46	3529492.31	426.05	cauce
489	6961099.52	3529537.19	426.00	cauce
490	6961088.70	3529595.99	425.97	cauce
491	6961068.60	3529707.40	425.91	cauce
492	6961019.12	3529716.68	425.89	cauce
493	6960918.62	3529656.33	425.82	cauce
494	6960884.61	3529662.52	425.81	cauce
495	6960839.77	3529826.54	425.72	cauce
496	6960709.09	3529952.40	425.62	cauce
497	6960582.31	3530065.36	425.53	cauce
667c	6960564.90	3530095.59	425.51	cauce
498	6960525.10	3530142.72	425.49	cauce
499	6960372.03	3530136.54	425.43	cauce
668c	6960337.93	3530063.25	425.18	cauce

ID	COORDENADA X	COORDENADA Y	COTA (m.s.n.m.)	CÓDIGO
600	6960319.46	3530014.30	425.37	cauce
601	6960191.48	3529971.18	425.33	cauce
602	6960097.16	3529934.04	425.29	cauce
603	6960044.59	3529964.99	425.27	cauce
669c	6960010.57	3530026.18	425.24	cauce
604	6959965.74	3530081.04	425.21	cauce
605	6959913.17	3530101.15	425.19	cauce
606	6959699.80	3530087.23	425.11	cauce

## III.2.- GEOTECNIA

### III.2.1.- Caracterización Geológica Regional

#### CUADRO ESTRATIGRÁFICO

ERA	PERIODO	FORMACIÓN		LITOLOGÍA
CUATERNARIO	Holoceno	Q4 Dep.fluv acarr act. Q3 Dep.fluv-eol. de llan. Q2 Terrazas		Limos, arcillas, arenas y gravas
	Pleistoceno	Q1 Glacis II Q0 Glacis I		Arenas, limos y gravas gruesas
CENOZOICO	Plioceno Mioceno	Grupo Aconquija		Areniscas grises, rojizas y pelitas de varios colores
MESOZOICO	Cretácico	Grupo Salta	Subgrupo Pirgua	Areniscas y conglomerados rojos

PALEOZOICO INFERIOR PRECÁMBRICO		Basamento Cristalino	Metamorfitas con inyecciones plutónicas ácidas
---------------------------------	--	----------------------	------------------------------------------------

### **III.2.1.1.- Geología**

En la zona que abarca la región del río Chico, se desarrollan dos geoformas dominantes que son el resultado de la acción de los agentes modeladores sobre distintas unidades.

Existen así dos zonas, una montañosa donde aflora un basamento que constituye las estratificaciones de la Sierra denominadas Cumbres de Santa Ana y una zona de llanura que abarca un 80% del área de estudio.

En discordancia se apoyan un conjunto de sedimentitas cretácicas, constituidas por areniscas conglomerádicas y conglomerados de color rojo y rosados, pertenecientes al Subgrupo Pirgua (Reyes y Salfity –1973), y sedimentitas terciarias constituidas por areniscas pardas grisáceas, arcilitas y conglomerados que se denominan Grupo Aconquija (Mon y Urdaneta – 1972). Estas unidades pierden altura con respecto al basamento y culminan en una serie de lomadas hacia el Este, que van desapareciendo en la gran llanura del oriente.

El área de llanura es la más extensa, abarcando mas del 80% de esta zona. Dicha área se presenta como una zona deprimida por donde divagan numerosos cauces en amplias llanuras de inundación.

A continuación se detallan las unidades geológicas reconocidas, tomando en cuenta sus características mas sobresalientes. Estas unidades son descriptas en forma cronológicamente ordenada.

#### **III.2.1.1.1.- Precámbrico - Paleozoico Inferior. Basamento Cristalino**

##### ***Antecedentes***

Existe una serie de trabajos de investigación desde principio de siglo sobre el basamento de la Sierra del Aconquija. Al respecto se puede citar:

- Rassmus, J (1916). Divide tentativamente el basamento cristalino en dos unidades que por sus características litológicas las denomina: Gneis de Suncho y Gneis de Piscoyacu.

El primero se encuentra en su forma típica en las cumbres de la cadena del Aconquija, al este de Suncho, y que además es constituyente de las rocas de las Cumbres de Santa Ana.

En la parte occidental se destaca la presencia de gneíses y micaesquistos, atravesados por intrusiones graníticas a las que Rassmus denomina Gneis de Píscoyacu.

- Gonzáles Bonorino, F. (1950). En la descripción de las hojas Geológicas 13e Villa Alberdi y 12e Aconquija, reconoce para el basamento cristalino de la Sierra del Aconquija dos fases de metamorfismo, a las que divide en regional dinamotérmico y de contacto.
- Caminos, R (1979). En su estudio de las Sierras Pampeanas Noroccidentales, realiza un detallado estudio del basamento de la Sierra del Aconquija en donde analiza detalles de su estructura, facies de metamorfismo y de intrusión.
- Toselli, A y Rossi de Toselli, J (1979). En su trabajo de caracterización del basamento metamórfico de Sierras Pampeanas, realizan un estudio de asociaciones mineralógicas típicas para la Sierra del Aconquija, dividiéndola además en sector oriental y occidental.

### ***Características***

El basamento de la Sierra del Aconquija es un complejo de rocas cristalinas en donde se distinguen metamorfitas, caracterizadas por filitas, pizarras, micacitas, esquistos y gneis según el grado de metamorfismo alcanzado.

Estas rocas son intruidas a su vez por cuerpos de rocas graníticas, formando fajas de rocas de mezcla, migmatización. Estas intrusiones generaron también cuerpos pegmatíticos e intrusiones venosas menores.

### ***Descripción Litológica***

Las rocas del basamento están compuestas esencialmente por esquistos y gneis atravesados por venas de cuarzo y plutonitas ácidas. En algunos casos es posible observar una cierta esquistocidad.

El diaclasamiento es importante no observándose una dirección predominante. Los colores de las rocas son en su mayoría de tonos grises, alternando en algunos casos con bandas blancas de cuarzo.

Las rocas del basamento cristalino afloran en el sector occidental de la cuenca, en el área de las nacientes del Río Chico. Estas rocas se encuentran mayormente adosadas a sedimentitas cretácicas y terciarias por medio de una falla de carácter regional, llamada falla de La Cascada (Según Arroyo 1978) que atraviesa la zona por el pie de las cumbres de Santa Ana.

### ***Afloramientos***

Los primeros afloramientos del basamento se localizan a unos 12 Km. aguas arriba por el cauce del arroyo Saltón, a partir del dique nivelador realizado con fines de captación de aguas para riego. Dichos afloramientos son de poca extensión se los puede reconocer solamente a lo largo del cauce del arroyo.

La exuberante cubierta vegetal, hace muy difícil la observación de afloramientos fuera del cauce del arroyo.

### ***Edad y Correlaciones***

La edad del basamento cristalino fue considerada, en los estudios realizados en la Sierra del Aconquija, como Precámbrica Superior.

Más adelante y a partir de la utilización de métodos radiométricos para la datación de rocas, se pudo corroborar tal edad, aunque también se tomó en cuenta la edad de los cuerpos intrusivos. Estos cuerpos arrojaron una serie de edades que parecen indicar que existieron una serie de "fases" de intrusión en las Sierras Pampeanas algunas de las cuales alcanzarían el Paleozoico Superior.

Otro método de determinación de edad y correlación se basa en la evidencia fósil. En tal sentido se menciona *el hallazgo* de trazas fósiles en la Sierra de la Ovejería (*Oldhamia radiata*; Mirré y Aceñolaza, 1972), lo que evidencia que el ciclo de sedimentación de estas rocas debió extenderse en los primeros tiempos del Paleozoico Inferior. (Aceñolaza y Duránd; 1973).

### **III.2.1.1.2.- Cretácico. Grupo Salta<sup>2</sup>. Subgrupo Pirgua<sup>3</sup> (Reyes y Salfity, 1973)**

#### ***Antecedentes***

La unidad basal del *Grupo Salta* se conoce como Pirgua..

- Vilela (1951), estudia esta unidad y le asigna el nombre Estratos del Pirgua, sustituyendo así denominación de Areniscas Inferiores. Bonarelli (1914).
- Reyes, F. C. y Salfity, J.A. (1973), en su trabajo consideraciones sobre la estratigrafía del Cretácico (Subgrupo Pirgua del Noroeste Argentino), propone utilizar la actual denominación de la Unidad basal del Grupo Salta.
- Mon y Urdaneta (1972), en un estudio sobre la geología de Tucumán señalan los afloramientos mas australes de la Formación Pirgua en el sector sur de la sierra de San Javier.
- Porto, J.; Danielli, C. y Ruiz Huidobro, O. (1982) realizan un estudio sobre el Grupo Salta en la provincia de Tucumán donde mencionan un probable límite de sedimentación de la unidad, al que extienden más allá de la provincia de Tucumán, alcanzando las Sierras de Las Cuevas, Hualfín, Quebrada del Tolar, y el Río Belén (Provincia de Catamarca)

---

<sup>2</sup> Turner, 1959.

<sup>3</sup> Reyes y Salfity, 1973.

Por último es conveniente señalar que, a pesar de los numerosos estudios sobre los límites de sedimentación del Grupo Salta, no existen antecedentes que indiquen la presencia probada de sedimentitas cretácicas en la zona de estudio.

### ***Área Tipo***

Se ubica en la cuenca imbrífera de la Quebrada de las Conchas, incluyendo en esta el Río Pirgua.

### ***Localidad Tipo***

Esta ubicada en la Sierra de Carahuasi que incluye el Cerro Pirgua por el Este y la Sierra de Santa Bárbara por el Oeste (Provincia de Jujuy).

### ***Sección Tipo***

Esta ubicada en el Río Pirgua, en el lugar comprendido entre el contacto con las rocas asignadas al Precámbrico y el contacto con la Formación Lecho, visible aguas abajo de la desembocadura de la Quebrada Las Mesadas, en el citado curso de agua, borde oriental de la sierra de Santa Barbara (Reyes y Salfity 1973)

### ***Área Típica***

Lo ubicamos dentro de la zona de seminario a unos 12 km aguas arriba del dique nivelador por el cauce del río Saltón.

### ***Litología***

Se trata de una arenisca conglomerádica roja compuesta *por* granos de cuarzo y arenas finas como matriz. Hacia la base, pasa a conglomerado donde se observan clastos redondeados de cuarzo de hasta 10 cm. de diámetro. También posee rodados de basamento que se encuentran alterados. La matriz es arenosa y el cemento es carbonático.

El techo y la base del afloramiento de sedimentitas cretácicas están definidas por un cambio litológico apreciable. Estas se apoyan en discordancia sobre el basamento, siendo su tope discordante con las sedimentitas del Grupo Aconquija.



### ***Afloramientos***

Esta unidad aflora en la zona de estudio en el margen derecho de un afluente del río Saltón. Se trata de afloramientos discontinuos y de dimensiones reducidas. Se midieron espesores aproximados de 20 metros.

### ***Edad y Correlaciones***

Las sedimentitas del Pirgua corresponden en parte al Cretácico Superior, los anuros encontrados por Ibáñez (1960), Saltenia Ibañezi, en la quebrada de las Conchas y los huesos de dinosaurios hallados en El Brete, por Danielli y Porto (1968), así lo confirman.

Esta sucesión sedimentaria en la que predominaron materiales de origen continental se distribuye en una amplia región del Noroeste Argentino, correlacionándose a través de distintas unidades geológicas en la extensión de la cuenca.

#### **III.2.1.1.3.- Terciario Superior. Grupo Aconquija<sup>4</sup>.**

### ***Antecedentes***

- González Bonorino, F. (1950) estudia los depósitos sedimentarios del faldeo oriental de la Sierra del Aconquija a los que divide en dos unidades principales a las que llamo Estratos Araucanenses. Los primeros están compuestos por materiales arenosos con escasa participación del material vulcanoclástico; y los segundos, de naturaleza conglomerádica con participación de materiales vulcanoclásticos.
- Mon y Urdaneta (1972) incluyen bajo la definición de Grupo Aconquija a una secuencia sedimentaria que aflora en el borde oriental de la Sierra del Aconquija y sus prolongaciones australes, como así también en los valles tectónicos intermontanos.

Describen a esta sedimentitas como areniscas de colores rojo ladrillo con intercalaciones de arcilitas en la base y por encima de ellas areniscas tobáceas de colores pardos

---

<sup>4</sup> Mon y Urdaneta, 1972.

grises y banquitos de tobas de color- castaño claro. A este grupo Mon y Urdaneta le asignan una edad Terciaria Superior.

- Porto y Danielli (1983) redefinen el Grupo Aconquija y lo dividen en dos Subgrupos a los que llama Farallón Negro y Concepción, este último con dos formaciones: Formación La Cocha y Formación Escaba. A este grupo los autores le asignan una edad Mio-Pliocena.

### ***Características***

Bajo la denominación de Grupo Aconquija, se define un conjunto de sedimentitas de características arenosas, con participación de materiales arcillosos y volcánicos como matriz y en algunos casos con presencia de carbonatos que sirve de cemento a las arenas de origen metamórfico y plutónico.

### ***Descripción Litológica***

Estas rocas se presentan como paquetes de areniscas compactos en donde es posible observar en algunos casos una fina estratificación. Los componentes clásticos de las areniscas están representados por cuarzo, feldespato y biotita.

También se observó lentes de areniscas conglomerádicas y bancos de arcilitas de colores grises, pardos y rojos.

Las sedimentitas terciarias ocupan el faldeo oriental de la Sierra del Aconquija y se asientan en discordancia sobre sedimentitas cretácicas.

Hacia el techo de la pila terciaria, los sedimentos cuaternarios, parcialmente edafizados y con una espesa vegetación, cubren toda la zona.

### ***Sección o Área tipo***

Una sección mas o menos completa, se observó en el arroyo Casa de Piedra, afluente del Río Cochuna, en la depresión tectónica situada entre el cuerpo principal de la Sierra del Aconquija y la prolongación septentrional de la Sierra de Narváez, en la cual se calculó un espesor total de unos 500 m.

### ***Área Típica.***

A lo largo de un afluente del Río Chico, el río Saltón, se pueden observar cortes que van evidenciando hacia las nacientes del arroyo un perfil mas o menos completo de sedimentitas terciarias.

Hacia la base de esta secuencia, existe un cambio en la coloración de las sedimentitas, tomando tonos rojo ladrillo y la litología cambia de sedimentitas predominantemente pelíticas a psamíticas; pasando por areniscas de grano fino que aumentan de tamaño cuando nos acercamos a la base.

### ***Afloramientos***

Dada las características climáticas del borde oriental de la sierra, se desarrolló una importante vegetación, la cual dificulta la observación de afloramientos.

Solo fue posible reconocer esta unidad en ambos márgenes de los arroyos afluentes del río Chico.

### ***Edad y Correlaciones***

A los depósitos del Grupo Aconquija se les asignó una edad Terciario Superior (Mon y Urdaneta).

Porto y Danielli (1983) en una subdivisión realizada en este grupo, adopta la edad Mio-Pliocena. Estos depósitos han sido correlacionados con los Estratos Calchaquense-Araucanense, que Gonzáles Bonorino definiera en 1950.

En la provincia existen otros afloramientos del terciario superior, como los del grupo Choromoro, cuyos afloramientos están en la amplia depresión al Norte de la Sierra de San Javier, pero no es posible una correlación adecuada.

#### **III.2.1.1.4.- Cuaternario. Pleistoceno - Holoceno**

Los depósitos cuaternarios cubren la mayor parte de la zona de estudio, abarcando casi el 80% de la misma.

Estos depósitos cubren la zona de montaña con una delgada capa de sedimentos eólicos edafizados en gran parte, presentando una espesa cubierta vegetal.

En el área de pie de monte, debido al importante cambio de pendiente, se depositaron sedimentos fluviales de carácter torrencial a la salida de las sierras. También aquí se originaron geoformas de glacís, que se formaron a expensas de materiales fluviales posteriormente redistribuidos por la acción eólica, constituyendo dos niveles reconocibles.

En la llanura, la acción fluvial se manifiesta con la deposición de sedimentos finos, limos arenosos; y la acción eólica con la deposición de sedimentos loésicos.

En la zona de pie de monte se perforaron pozos para la captación de aguas subterráneas, lo que permitió conocer la naturaleza de los componentes litológicos del subsuelo. Estos están formados por gravas, arenas y arcillas en una especie de secuencia o cíclica de deposición.

En cambio en la llanura, donde se efectuaron perforaciones, la litología del subsuelo revela que la granulometría es mas fina, predominado la alternancia de bancos de limo, arcillas y arenas finas.

Podemos decir que el cuaternario de esta zona se divide en los siguientes niveles:

- a)  $Q_0$ : Nivel de glacís superior.
- b)  $Q_1$ : Nivel de glacís inferior.
- c)  $Q_2$ : Terrazas.
- d)  $Q_3$ : Depósitos fluvio-eólicos de llanura.
- e)  $Q_4$ : Depósitos Fluviales actuales o de acarreo fluvial actual.

A continuación se detallan las características de cada nivel.

**a)  $Q_0$ : Nivel de glacís superior**

Es el nivel mas antiguo, se encuentra adosado a sierra apoyado sobre sedimentitas terciarias que forman su núcleo.

Litológicamente se compone de gravas gruesas subredondeadas, arenas y limos dispuestos en forma caótica. Sobre la quebrada del Arroyo Saltón, a unos 2 kilómetros antes de la salida de la sierra, se midió un espesor de 10 metros.

**b) Q<sub>1</sub>: Nivel de glacís inferior**

De menor pendiente que el nivel anterior, entre 1 y 3 grados presenta similares características litológicas, gravas gruesas, arenas y limos. Este nivel se profundiza hacia la llanura.

**c) Q<sub>2</sub>: Terrazas**

Depósitos transportados en condiciones torrenciales, depositados a la salida de la sierra, presentan sedimentos limo arenosos y material conglomerádico. Hacia el techo, sedimentos finos loésicos forman una delgada cobertura.

**d) Q<sub>3</sub>: Depósitos fluvio-eólicos de llanura**

Son materiales finos, arenas y limos, que cubren áreas deprimidas de la llanura aluvial.

**e) Q<sub>4</sub>: Depósitos fluviales de acarreo actual**

Son sedimentos de aluviones que rellenan los cauces actuales, la granulometría de estos es **variada** y se caracteriza por una disminución del tamaño desde la zona serrana hacia el Este.

**III.2.1.1.5.- Suelos**

El clima, la vegetación y el relieve, son los factores más importantes para la diferenciación de suelos que presenta la zona de estudio. En base a los criterios antes mencionados se presentan distintas clases de suelos que se distribuyen de la siguiente manera:

En la zona cumbral predominan los Regosoles, formados sobre materiales coluviales. Son suelos escasamente desarrollados. En el área montañosa de la vertiente oriental del Acon-

quiya y las colinas del pie de la sierra, la humedad y vegetación determinan la presencia de Cambisoles Eútricos. Son suelos no calcáreos que presentan un débil horizonte aluvial (B), desarrollados a partir de materiales poco alterados.

Sobre la zona pedemontana se distribuyen los mejores suelos, en cuanto a exigencias agrícolas se refiere. Los suelos que cubren esta área son Phaeozems Hálpicos, que son formados a expensas de regímenes hídricos húmedos. Presentan perfiles completos y es posible diferenciar sus horizontes: un horizonte superficial Mólico y uno subsuperficial de naturaleza arcillosa.

En la llanura aluvial, la presencia de Kastanozems Hálpicos es predominante. Se desarrollan bajo un régimen hídrico sub-húmedo, generalmente con un horizonte superficial mólico, y carentes de un horizonte sub-superficial arcilloso (B).

En las terrazas fluviales, barras de meandros y albardones de los cursos permanentes, los fluvisoles son los suelos dominantes. Desarrollados sobre materiales fluviales recientes, carecen de horizontes diagnósticos.

Por último debemos mencionar los suelos generados en las zonas deprimidas y bajos estacionalmente anegables, compuestos de Solonets y Solonchacks. Ambos se desarrollan sobre materiales no aluviales recientes con elevado tenor salino. (Sayago, J.M. 1984).

### **III.2.1.2.- Estructura**

La Sierra del Aconquija forma parte de una gran unidad morfoestructural que son las Sierras Pampeanas. Estas sierras tuvieron una evolución que determinó un tipo de estructura particular que las caracteriza, grandes bloques ascendidos diferencialmente de rocas cristalinas limitados por fallas inversas de alto ángulo. Estas fallas provocaron que estos bloques se inclinaran hacia dos direcciones predominantes, este y oeste.

La Sierra del Aconquija, fue elevada y basculada por una falla que se encuentra en su borde occidental, falla del Aconquija de rumbo NE-SO, quedando el flanco oriental con una pendiente suave que recibió posteriormente sedimentos de edad cretácica, terciaria y cuaternaria.

Las estructuras de las Sierras pueden dividirse en:

- a) Estructuras Antiguas
- b) Estructuras Ándicas.

#### **III.2.1.2.1.- Estructuras Antiguas**

Se entiende por esta denominación a las estructuras internas del basamento que denota una tectónica de Edad Precámbrica - Paleozoica inferior.

Las gruesas pilas sedimentarias precámbricas, fueron tectonizadas a través de varios episodios de deformación que dejaron rastros en la esquistosidad, de la antigua estratificación.

En otras zonas como la parte oriental y central de la Sierra del Aconquija, las deformaciones de mayor intensidad provocaron en las metamorfitas, micropliegues y esquistosidad oblicua.

Aparentemente la mayor deformación en la parte oriental y central se debe a la plasticidad de las rocas. En esa zona la inyección magmática fue mucho mas intensa.

#### **III.2.1.2.2.- Estructuras Ándicas.**

El basamento cristalino, transformado en una estructura rígida, a partir del Paleozoico Inferior, no admitió deformaciones en los sucesivos movimientos diastróficos; transformándose estos esfuerzos en fracturaciones. Tales fracturas se originaron a partir de esfuerzos que afectaron las sierras durante todo el paleozoico y el terciario.

A fines del terciario y principio del Pleistoceno, los movimientos Ándicos determinaron la ruptura del basamento, provocando además el ascenso diferencial y posterior basculamiento. El resultado fue un típico sistema de montañas en bloques. El rumbo de estas fallas Plio-Pleistocenas es aproximadamente norte sur.

Según González Bonorino (1950), el levantamiento de bloques se produjo por vuelco o por ascenso vertical. Al primer caso corresponde la estructura de la Sierra del Aconquija, que está delimitada por fallas inversas paralelas, con diferencias en su rechazo vertical, resul-

tando de esto un perfil asimétrico con un flanco abrupto hacia el Oeste y otro suavemente inclinado hacia el Este.

Resulta difícil de observar la posición exacta de los planos de fallas que en la actualidad están cubiertos por depósitos pedemontanos.

### **III.2.1.3.- Geomorfología**

Las geoformas de la región se desarrollan a partir de dos unidades morfológicas sobresalientes, la llanura y la montaña.

También existe una zona de transición entre ambas unidades que adquiere importancia geomorfológica por sus depósitos y formas características que originaron. A esta área se la denomina zona pedemontana.

#### **III.2.1.3.1.- Área Montañosa**

Esta zona delimita la cuenca del río Chico por el Oeste. Se encuentra ubicada en la parte oriental de la Sierra del Aconquija, formando las Cumbres de Santa Ana. La composición litológica de estas cumbres es de rocas metamórficas inyectadas por cuerpos graníticos.

Geomorfológicamente forma la cuenca de recepción del río Chico. Se caracteriza por la concentración de aguas provenientes de las copiosas precipitaciones pluviales, que ocasionan desprendimientos de materiales de las quebradas y las ahondan. El resultado es una erosión progresiva hacia las cabeceras.

La excavación, los desprendimientos y los movimientos en masa son las formas comunes de erosión en esta zona. El agua transporta los materiales erosionados de las paredes y fondos de los valles y los lleva aguas abajo, donde el quiebre de pendiente hace que se depositen.

La denudación no está acentuada debido a la espesa vegetación que fija los materiales. Las formas predominantes son los valles en V y paredes verticales labradas sobre sedimentitas terciarias.



### **III.2.1.3.2.- Área Pedemontana**

Se encuentra en el flanco oriental de la sierra. Son lomadas redondeadas con suave pendiente hacia el Este. Esta forma determina dos niveles de glacís: el primer nivel, glacís superior, se encuentra directamente apoyado sobre la sierra.

Probablemente se encuentra dislocado y movido por una falla que se observa por medio de fotografías aéreas e imágenes satelitales, ocasionando que este nivel tenga mayor pendiente que el inferior.

El segundo nivel, glacís inferior, experimenta una disminución de la pendiente, disimulándose en la llanura, hacia el Este.

Ambas formas abarcan una distancia, desde la sierra hacia el Este, de unos cinco a seis kilómetros.

En esta zona se realizaron numerosas perforaciones para la captación de aguas subterráneas. Estas perforaciones permitieron conocer la naturaleza de los materiales sobre los que se formaron los niveles englazados. Se trata de sedimentos arenosos y gravas en secuencia con arcillas y tosca. Sobre estos materiales se encuentra una delgada capa de sedimentos finos de naturaleza eólica que están parcialmente edafizados. Sobre esta zona se desarrolla una importante actividad agrícola.

### **III.2.1.3.3.- Área de Llanura**

Se caracteriza por poseer una superficie plana por donde divagan los ríos que nacen en las sierras. La acción fluvial sobre esta zona queda demostrado por los numerosos cauces y meandros abandonados que quedan como evidencia del área ocupada por la acción del río en la planicie. Este fenómeno está representado en la zona de menor pendiente, al Este de la ruta nacional N° 38.

Se puede destacar también la forma característica de erosión – deposición que se ubica en los interfluvios de los cursos actuales que forma la planicie eólica. Esta área recibió el aporte de sedimentos eólicos quedando exenta de la erosión fluvial.

Por ultimo se menciona la presencia de terrazas fluviales a la salida de la sierra. Dichas formas, en las cercanías de esta, evidencian la depositación, como consecuencia del cambio de pendiente, entre las formas pedemontanas y la llanura.

Como detalles menores se ubican bajos anegados producto de la divagación de los ríos que dejaron depresiones a lo largo de su recorrido. Estas, debido a la escasa infiltración y variaciones estacionales del nivel freático, forman pequeños bañados que suelen secarse dejando una costra salina en la superficie.

#### **III.2.1.4.- Historia Geológica**

La historia geológica de la zona de estudio se encuentra dentro de la historia de una gran unidad morfoestructural que constituyen las Sierras Pampeanas.

La actividad comenzó en los tiempos precámbricos, con la deposición de grandes espesores de sedimentos, en una cuenca marina de tipo geosinclinal. La faja oriental de esta cuenca, que incluye a las sierras de Tucumán, este de Catamarca, este y sur de La Rioja, recibió aporte de sedimentos de tipo areno arcilloso. Tras varios acontecimientos de plegamientos y hundimientos, estos depósitos deformados y metamorfizados se transformaron en pizarras, filitas, esquistos, gneis, etc.

Estos fenómenos fueron acompañados, ya en el Paleozoico, por la intrusión de cuerpos graníticos. Dichos cuerpos, pertenecientes a un ciclo magmático que duró hasta el carbónico medio, originó fajas de migmatización, pegmatitas y cuerpos ácidos de diferentes tamaños y composición.

Estos terrenos, pertenecientes al Cratógeno Central, debieron comportarse de manera positiva durante el ciclo magmático metamórfico del Paleozoico y mitad de la era Mesozoica, tal como lo atestigua la falla observable de sedimentitas de esa edad.

Eventos distróficos de considerable importancia ocasionaron cambios paleogeográficos que se tradujeron en áreas deprimidas en el extremo norte y centro de Tucumán.

Esta superficie, continuidad de una antigua cuenca argentino-boliviana, se mantiene durante el Cretácico hasta los períodos terciarios.

Hacia el sur prevaleció hasta estos tiempos una degradación de los cordones elevados, aportando sus sedimentos al fondo de los valles intermontanos.

Con el advenimiento de los primeros movimientos Ándicos se sucedieron fracturaciones y ascensos en los cordones en degradación, interrumpiendo la sedimentación anterior.

A fines del terciario la actividad volcánica adquiere cierta importancia en la provincia de Tucumán, manifestándose por la presencia de diques de brechas volcánicas. Esta actividad, que ya se evidenciara en tiempos anteriores, sólo parece haber tenido mayor importancia en la Sierra del Aconquija, al sur de la fractura regional del valle de Tafí (Gonzáles Bonorino, 1950).

El cuaternario está marcado por un notable cambio en los factores climáticos con respecto al período anterior. Las condiciones de aridez, que caracterizaron a la región durante el Terciario Superior, fueron reemplazadas por las de un clima húmedo; especialmente durante el Pleistoceno Superior. Estas nuevas condiciones favorecieron el asentamiento y difusión de fauna de mamíferos en toda la llanura.

Un acusado descenso de la temperatura en varias regiones de la tierra trajo aparejado el advenimiento de una edad glacial. Los actuales cordones montañosos del oeste de Tucumán fueron un ambiente propicio para el asentamiento de glaciares.

La influencia de los hielos solo quedo restringida a la zona cumbral de los cordones mas altos (Sayago, 1984).

Mas adelante, las condiciones climáticas fueron cada vez menos rigurosas, favoreciendo nuevamente el advenimiento de numerosas especies vegetales y el asentamiento de fauna, condiciones que se mantienen en la actualidad.

### **III.2.2.- Estudio de Suelos**

#### **III.2.2.1.- Caracterización Físico Mecánica E Hidráulica**

El presente informe se refiere a la totalidad de los estudios realizados en los suelos de la traza del Canal El Saltón, mediante trabajos en campaña, laboratorio y gabinete, con la

finalidad de caracterizar los mismos utilizando parámetros físicos, mecánicos y químicos, correspondientes a los sedimentos superiores hasta los primeros cuatro (4,00 m) metros de profundidad en forma general, y hasta los seis (6,00 m) metros en forma puntual; para poder así dictar las recomendaciones o alternativas de orden técnico, para su apropiada utilización en la obra de referencia.

El estudio se realizó en un desarrollo aproximado de 12 km., cuyos puntos terminales fueron el Desarenador del Dique Derivador, en progresiva 0,000, correspondiente a la cabecera de la obra, y la progresiva 12.000 como punto final del recorrido.

Para la individualización de los lugares de muestreo se adoptó la numeración correlativa, diferenciándose los sondeos con pala vizcachera (SPV) de los pozos a cielo abierto (PCA) y de los sondeos con ensayo Terzaghi (SPT).

Para una correcta visualización de las acciones desarrolladas y los valores obtenidos en cada una de las muestras ensayadas, se anexan planos temáticos y planos generales, así como las planillas y gráficas correspondientes.

Están representados por su ubicación de lugares de muestreo:

- sondeos con pala vizcachera (SPV)
- pozos a cielo abierto (PCA)
- sondeos con ensayo Terzaghi (SPT).

En las planillas se representan:

- a) Valores resultantes de los distintos ensayos realizados y las gráficas correspondientes.
- b) Perfiles de suelos.
- c) Zonificación por parámetros geomecánicos de los suelos de la traza.

Como antecedente para el trabajo de campaña se utilizaron:

- Mosaico fotográfico del tramo de la traza en estudio, con ubicación de perfiles topográficos.
- Antecedentes viales de Rutas Provinciales y Nacionales.
- Información de los pobladores de la zona, sobre macrofenómenos de los suelos en las obras de ingeniería de la zona de estudio.

### **III.2.2.2.- Trabajos de Campaña**

Del análisis de los antecedentes y del reconocimiento de la zona de recorrido de la traza del canal, se programaron las tareas de campo, las cuales consistieron en la ejecución de:

- Cinco (5) perforaciones con helicoide manual (SPV) hasta una profundidad máxima de 4,00 metros desde el nivel de suelo natural.
- Cuatro (4) perforaciones manuales con ejecución de SPT cada metro de avance, sistema Terzaghi de acuerdo a las normas estándar de la mecánica de suelos. En todos los casos, la profundidad alcanzada fue de 6,00 metros.
- Dos (2) pozos a cielo abierto (PCA) hasta los 4,00 metros de profundidad máxima, con extracción de muestras indisturbadas.

La distribución espacial de los lugares de estudio estuvo determinada por el potencial emplazamiento de obras de arte de importancia o de significativas solicitaciones geomecánicas.

Las muestras recogidas fueron identificadas y acondicionadas para conservar inalteradas sus condiciones naturales de textura y humedad, con la finalidad de ensayarlas de acuerdo con su orientación espacial.

Solamente en el PCA1 se registró la presencia de capa freática a 0,80 m. de profundidad.

Cada estrato identificado y muestreado fue calificado “in situ” mediante observación macroscópica tacto visual de la misma: textura, concreciones, óxidos, color, etc.

La localización de los lugares de muestreo se identificó con la colocación de estaca con numeración correlativa y característica de cada sistema de investigación. Debido a la variabilidad del perfil estratigráfico a lo largo del desarrollo de la traza, la localización en cada caso, fue seleccionada para su potencial realización y analizando que los materiales a extraer, sean representativos.

La ubicación de las observaciones se reseña en la tabla siguiente:

**SONDEOS (SPV):**

Número	Ubicación	Localización	Profundidad	Progresiva
1	Sauce Huacho	Solera de canal	0,5 m.	575 m.
2	Arroyo	Terreno natural	1,30 m.	1.375 m.
3	1er. Derivador riego	Terreno natural	4,00 m.	4.690 m.
4	Cruce camino vecinal	Terreno natural	4,00 m.	8.000 m.
5	Cruce camino vecinal	Terreno natural	4,00 m.	10.000 m.

**POZOS A CIELO ABIERTO (PCA)**

Número	Ubicación	Localización	Profundidad	Progresiva
1	50 m. aguas abajo comp.	Terreno natural	1,00 m.	236 m.
2	Colonia rural	Terreno natural	4,00 m.	9.200 m.

La profundidad alcanzada estuvo limitada por la composición de los materiales del perfil. En todos los casos en que no se logró el horizonte de 4,00 metros, fue por la presencia de capas de material aluvional de espesor y tamaño significativo, o de piso de roca en otros.

**PERFORACIONES MANUALES CON ENSAYO TERZAGHI (SPT)**

Número	Ubicación	Localización	Profundidad	Progresiva
1	Canal Viejo - Estaca L	Terreno natural	4,50 m.	440 m.
2	Erosión - P.F. 62	Terreno natural	6,00 m.	2.175 m.
3	50 m. aguas abajo vertedero	Terraplén canal	6,00 m.	2.797 m.
4	Compuerta canal El Saltón	Terraplén canal	6,00 m.	12.000 m.

Los valores del número de golpes (N) obtenidos para cada ensayo según las normas de la mecánica de suelos fueron:

**NÚMERO DE GOLPES (N) EN LOS ENSAYOS TERZAGHI**

Profundidad (m)	SPT N° 1	SPT N° 2	SPT N° 3	SPT N° 4
1,00 a 1,45	6	8	8	4
2,00 a 2,45	10	20	10	16
3,00 a 3,45	12	35	18	7
4,00 a 4,45	15	15	12	10
5,00 a 5,45	35	12	10	10
6,00 a 6,45		12	11	10

**III.2.2.3.- Trabajos de Laboratorio**

En la totalidad de las muestras de suelos obtenidas, se realizaron los estudios para la identificación de los mismos, con la finalidad de lograr una perfecta definición geotécnica, en función del grupo en el que los sitúan estos ensayos.

Los ensayos y determinaciones efectuadas fueron:

- Contenido de Humedad Natural (IRAM 10519) mediante calentamiento en estufa a 100 °C a peso constante.
- Granulometría por vía seca, con lavado previo. Se utilizaron tamices de la serie normal complementando con el ensayo por vía húmeda, para definir la curva granulométrica (IRAM 10.507)

- c) Límites de Atterberg: se determinaron el límite líquido y el límite plástico y, en función de ellos, el Índice de Plasticidad (IRAM 10.501 y 10.502)
- d) Clasificación Unificada: se utilizó el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) concebido por Arthur Casagrande (IRAM 10509)
- e) Análisis químicos: se ejecutaron en suelos según DIN 4030

Sobre las muestras obtenidas razonablemente indisturbadas de cada horizonte observado en los pozos a cielo abierto (PCA) ejecutados, se realizaron además los siguientes ensayos:

- a) Determinación de la densidad relativa aparente (IRAM 10.503)
- b) Determinación de la densidad seca natural
- c) Determinación de los valores de cohesión C y del ángulo de fricción interna Q por ensayo triaxial no consolidado rápido (IRAM 10.529)
- d) Ensayo de consolidación unidimensional (IRAM 10505)
- e) Método de ensayo de compactación en laboratorio (IRAM 10.511)

#### **III.2.2.4.- Perfil del Terreno**

La traza en estudio se desarrolla en ambientes geomorfológicos diferentes. Esto ha determinado la existencia de asociaciones de sedimentos, con sus características de identificación y propiedades físico mecánicas particulares.

Los suelos estudiados en mayor porcentaje de recorrido, son de textura predominantemente fina. Dentro de la clasificación geológica general es atípico, pese a que prevalecen las arcillas limosas (CL) ligeramente plásticas.

Se han ubicado suelos cuya presencia corresponde a los subgrupos ML; CL-ML; SM y escasa presencia de suelos tipo SP-SM y GP, en mezclas en donde las posiciones constructivas determinan procesos discontinuos de sedimentación y arrastre. Donde las texturas



son más finas, el aporte mayor evidencia la acción eólica (loess) que dio lugar a la deposición de limos loésicos.

Las características más significativas de estos tipos de suelos para la obra hidráulica ante proyectada, se resumen en el cuadro siguiente:

<b>Tipo de suelo</b>	<b>Resistencia al corte</b>	<b>Compresibilidad</b>	<b>Permeabilidad del suelo compactado</b>	<b>Susceptibilidad de socavación</b>	<b>Características de compactabilidad</b>
ML	Media a baja	Media	Media a baja	Elevada	Regular a buena
CL	Media a baja	Media	Baja	Baja a media	Regular a buena
SM	Media	Baja a media	Media a baja	Media a elevada	Regular a buena

En el desarrollo de la traza estudiada, estos diferentes tipos de suelos se presentan en recorridos variables y como sedimentos de deposición lenticular en algunos casos, ya sea como únicos en el perfil o sus combinaciones.

Se han diferenciado, de acuerdo a los resultados de los ensayos y determinaciones, dos zonas con agrupamientos de mezclas de suelos, conformando bancos o trayectos zonales únicos, con separación casi nítida, diferenciándose en forma significativa dos tipos de perfiles: 1) granulares conformados por arenas y gravas aluvionales en mezclas de diversa composición porcentual y tamaño; 2) por mezclas de arcillas y limos inorgánicos, de baja plasticidad.

Esta construcción del perfil reconoce distintos orígenes desde el punto de vista geomorfológico. En área pedemontana se corresponde con el perfil 1) y en zona de llanura, responde a las características del perfil 2).

Los suelos de textura fina cubren casi el 85% del recorrido de la traza, en donde se observan ligeros cambios en su composición granulométrica que son propios de estos sedimentos y de los procesos de formación. Sin embargo, esto no modifica sustancialmente su comportamiento para la obra en cuestión.

Las arcillas inorgánicas de mediana plasticidad (CL) se ubican como perfil único o como lentes intermedios en el perfil. Los limos inorgánicos (ML) presentan una distribución errática y en posiciones variables, como así también las mezclas limo arcillosas (CL-ML).

Se puede destacar la erodabilidad de estos suelos, lo cual se manifiesta por formaciones de cárcavas atribuidas a cambios de pendientes y socavaciones en los terraplenes del canal.

Las arenas limosas (SM) se han encontrado en forma de bancos de escasa longitud en los primeros 500 metros del recorrido.

La coloración de los sedimentos varía dentro del castaño claro al castaño rojizo.

El porcentaje de sales totales, en ningún caso sobrepasa el valor de 0,8 %, tomado como límite para la utilización de los suelos en las obras.

En general son suelos con contenidos de humedad en rangos de baja variación, entre el 15 y el 30%.

La densidad natural seca arrojó valores que fluctúan alrededor del 80% del valor Proctor.

#### **III.2.2.5.- Descripción y Comportamiento Geomecánico de los Suelos. Análisis de los Resultados.**

En función de las características de la obra en diseño, se evaluó en forma general los suelos reconocidos en el recorrido, donde los resultados sólo tienen valor puntual o extensivo a áreas aproximadamente homogéneas, con las particularidades del caso.

##### ***TRAMO ENTRE PROGRESIVAS 0,000 A 1.375 (SPA1 a SPV2)***

Este tramo se desarrolla en un ambiente formado por mezclas granulares conformados por arenas y gravas aluvionales, con diversa composición porcentual y tamaño, de presencia errática, lo cual ha dado como resultado la imposibilidad de extender las características puntuales a recorridos de significación. Además, debido a las características físicas y su distribución errática y de espesores variables en el perfil, no es posible catalogar por horizontes la representatividad de las muestras de estos materiales, por lo que se considera po-

co conveniente, a la escala del estudio, la determinación de características físico-mecánicas que podrían distar de las reales.

Considerando los valores del ensayo S.P.T. realizado en el tramo y la correlación entre el número de golpes ( N ) con la resistencia y compacidad de los suelos, sumados a las características granulares de los mismos, se asume que estos sedimentos son aptos para las fundaciones de las estructuras a proyectar.

#### ***TRAMO DESDE PROGRESIVA 1.376 A 12.000 (SPT2 a SPT4)***

Corresponde al tramo de mayor recorrido de la traza en estudio. Como consecuencia del desarrollo de suelos en áreas de llanura, la disposición construccional de los perfiles auscultados, presentan una mayor regularidad, asumiendo para toda la longitud, un perfil representativo conformado por un estrato superior de potencia máxima de 2,00 metros, formado por limos arenosos de color castaño oscuro, estructura masiva, ligeramente plásticos, medianamente compactos. En forma subyacente, se desarrolla un manto de suelos finos arcillo limosos, (CL) de color castaño claro, que se encuentran hasta la máxima profundidad auscultada. Son suelos con compacidad variable, de consistencia firme a muy compacta. Conformando bancos, se han desarrollado mezclas de arcillas limosas y limos arcillosos (CL-ML) que buzan en profundidad en espesores de mayor potencia.

En general, los suelos del perfil presentan poca variación en sus valores granulométricos. Las diferencias se tornan significativas en las localizaciones correspondientes al SPT2 y al SPT3, característica ésta que sería determinante en estos suelos en estado natural, para la formación de cárcavas o erosiones. Los valores obtenidos para los parámetros de cohesión C y del ángulo de fricción interna  $\phi^\circ$  califican a estos sedimentos como limos arenosos de baja compresibilidad en su mayoría y arcillas limosas o limos arcillosos de baja plasticidad, cuya capacidad de carga, para la obra en proyecto, en general no resultaría comprometida. De las gráficas de consolidación se deduce que, en gran parte del recorrido tampoco se producirían asentamientos peligrosos para las estructuras a cimentar, dado que las presiones a transmitir son de bajo valor.

Por la aplicación de la Teoría de Terzaghi, con coeficiente de seguridad 3, se obtienen valores para la tensión admisible. Capacidades que se verían aumentadas por el tratamiento

de compactación necesario en estos suelos. En resumen, desde el punto de vista mecánico, los suelos estudiados, como materiales para la obra, presentan características de la siguiente calidad:

Compresibilidad: media
Permeabilidad del suelo compactado: media a baja
Susceptibilidad a la socavación: elevada a baja
Compresibilidad: media
Compactabilidad: regular a buena
Resistencia al esfuerzo cortante: media a baja

### **AGRESIVIDAD A LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN**

Para su evaluación, se consideran los efectos que sobre la estructura de hormigón de cemento de densidad normal, producen los suelos en contacto con las mismas y cuyas concentraciones en sulfatos solubles en agua sean las siguientes de acuerdo al Reglamento CIRSOC 201 y Anexos.

<b>Grado Relativo de ataque</b>	<b>Porcentaje de Sulfatos (expresados en <math>\text{SO}_4^-</math>) contenidos en muestras de suelos.</b>
Despreciable	0,00 a 0,10
Débil a moderado	0,10 a 0,20
Fuerte	0,20 a 2,00
Muy Fuerte	2,00 a más

Para la evaluación de los suelos por su contenido salino (sales solubles), se analizaron dichas características según criterios de la Dirección Nacional de Vialidad.

Según la Dirección Nacional de Vialidad, el porcentaje total de sales inferior a 1,5% respecto a suelo seco, no produce acciones desfavorables en el comportamiento de los suelos, o bien cuando el porcentaje de sulfatos ( $\text{SO}_4^-$ ), expresados en sulfato de sodio anhidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) no supere al 0,5% referido a suelo seco.

Los suelos estudiados presentan grados despreciables de agresividad. Lo mismo que su contenido salino, por lo que se los califica desde el punto de vista químico, como aptos para la obra a proyectar.

### **III.3.- HIDROLOGÍA**

El río Chico, en la provincia de Tucumán, nace de la confluencia de los ríos El Saltón y Tacanas, con una cuenca de aporte, aguas abajo de dicha unión de 250 km<sup>2</sup>, y un módulo estimado en 2,85 m<sup>3</sup>/s, aguas arriba de la localidad de Río Chico.

El río Tacanas se conforma a su vez, de la unión de los Arroyos del Cebil y de los Sauces, con nacientes a 2.000 m.s.n.m..

El Río El Saltón, afluente sur del Río Chico, tiene sus nacientes en las Cumbres de Santa Ana y la Loma Negra, posee una cuenca imbrífera de 100 km<sup>2</sup>, y en las proximidades de la localidad de Los Albarracín, se encuentra emplazado un dique derivador, que proporciona agua para riego de unas 1200 ha y para consumo de ganado.

El canal que parte de dicho derivador, sin revestimiento, recorre una gran longitud a través de faldeos de la serranía, por lo que requiere un mantenimiento constante por la destrucción que provocan los torrentes.

Antiguamente alimentaba de agua para uso industrial al ex - Ingenio Santa Ana. Los cultivos regados, son caña de azúcar y en menor medida, papa y hortalizas.

#### **III.3.1.- Clima**

##### **III.3.1.1.- Temperaturas**

Las temperaturas descienden a mayor altitud, con una media anual de 19,5 °C en Santa Ana hasta la cumbre con 13,3 °C.

En El Saltón, la mínima media mensual 12°C (Julio) y la máxima media mensual 24,5°C (Febrero). En la cumbre (2.000 m.s.n.m.) la mínima media mensual 8°C (Julio) y la máxima media mensual 18°C (Enero).

Los valores medios mensuales se detallan en el cuadro siguiente:

**TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES<sup>5</sup>**

LUGAR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2.000 m.s.n.m..	18.0	17.0	15.0	13.0	10.0	9.0	8.0	10.0	12.0	14.0	16.0	17.0	13.3
Hornitos	22.2	21.3	19.4	16.0	13.0	11.1	9.2	11.0	14.4	17.2	19.8	22.8	16.5
Dique El Saltón	24.3	24.5	21.6	18.4	15.5	12.2	12.0	13.7	17.0	19.6	22.0	24.2	18.7

Se recopilaban asimismo los valores promedio mensuales de temperatura, máxima y mínima media de la localidad de Santa Ana, donde la Estación Experimental O. Colombres posee una Subestación. Los datos se detallan a continuación:

**TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES SANTA ANA**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>T° media</b>	25,4	24,9	23,2	19,3	15,8	12,6	12,4	14,8	17,4	20,9	22,7	25,0	19,5
<b>T° min. media</b>	19,7	19,4	18,7	14,7	10,7	6,9	4,7	7,3	9,4	14,1	16,6	18,2	13,4
<b>T° max. media</b>	30,9	30,3	27,5	23,7	20,9	18,4	20,0	22,2	25,4	27,7	28,8	31,7	25,6

Las heladas se registran entre el 27 de Junio y el 12 de Agosto, en la zona de Santa Ana, con unos 319 días libres de heladas al año.

**III.3.1.2.- Humedad Relativa**

Los valores de humedad relativa media, máxima y mínima mensual recopilados corresponden a la Subestación Santa Ana y se detallan en el Cuadro siguiente:

**HUMEDAD MEDIA MENSUAL - SANTA ANA**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>HR.min.media</b>	61	65	71	71	69	66	52	49	44	51	57	53	59
<b>HR.max.media</b>	96	97	98	97	98	97	95	92	91	91	94	95	95
<b>HR.media</b>	82	85	88	88	89	87	80	74	68	72	77	76	80

Se observa que el mes más húmedo es Mayo y el más seco Setiembre, siendo la amplitud anual del 27% de HR.

<sup>5</sup> Fuente: Mapas de isotermas medias mensuales elaborados por la Estación Experimental O. Colombres para el periodo 1901-50.

**III.3.1.3.- Vientos**

Se recopilaron y ordenaron los registros medios mensuales de velocidad del viento de Santa Ana, provenientes de la Subestación Santa Ana.

**VELOCIDAD DEL VIENTO (Km/hora) - SANTA ANA**

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM.
1,8	1,4	1,2	0,6	0,6	0,6	0,7	1,2	1,9	2,0	1,9	1,8	1,3

**III.3.2.- Precipitaciones****III.3.2.1.- Precipitaciones Medias Mensuales y Anuales**

La zona en estudio, cuenca imbrífera hasta el Dique El Saltón, es de abundante precipitación pluvial, concentrada fundamentalmente en los meses de verano en un 70% a 75%.

Las Sierras de Santa Ana opera como barrera física de las masas húmedas, reteniendo su humedad, y al ascender se enfrían y producen precipitaciones liquidas.

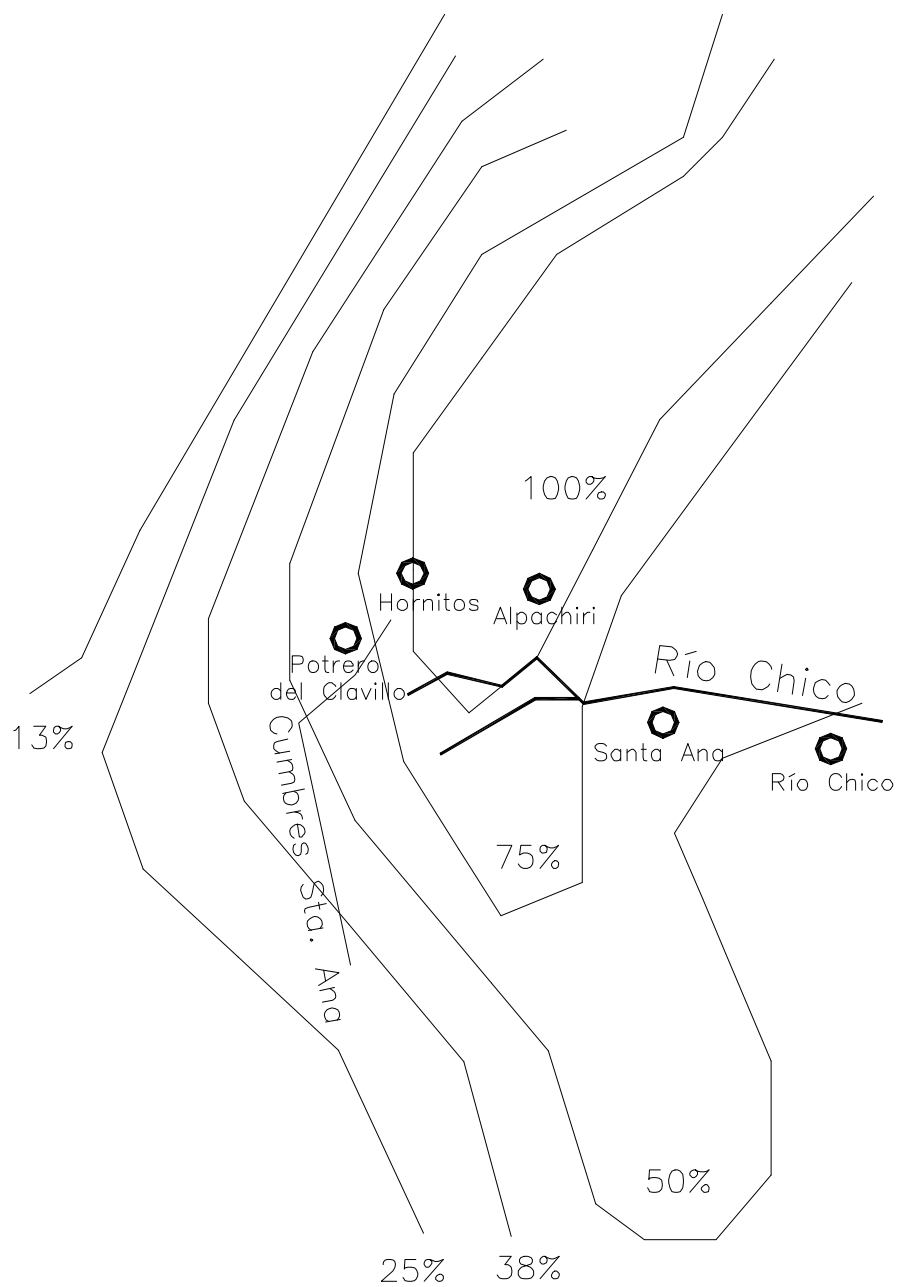
El gradiente pluviométrico es positivo, de Este a Oeste, hasta una altitud de entre los 1.000 y 1.200 m.s.n.m., produciéndose allí el monto máximo, a partir de donde desciende hasta las cumbres (gradiente negativo).

El comportamiento promedio anual de las precipitaciones en la cuenca puede observarse en el Mapa N° III.3.2.1.-.



**ISOHIETAS ANUALES 1921-50**

**MAPA N° III.3.2.1.-**



Del régimen de isohietas mensuales promedio se han obtenido los montos para distintas altitudes características, detallándose en el siguiente cuadro:

**PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES (1921-50)<sup>6</sup>**

LUGAR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
2000 m.s.n.m.	160	160	160	80	30	15	10	5	12	60	80	100	872
Hornitos 1000m.s.n.m.	240	240	240	120	60	30	20	15	30	80	120	160	1355
Dique Saltón 500m.s.n.m.	200	160	160	100	40	20	10	10	20	60	107	145	1032
Santa Ana	160	122	150	73	14	20	8	4	15	53	100	130	849

En las cumbres, a 2.000 m.s.n.m., el total anual es de 800 a 900mm, aumentando hasta los 1400 mm y descendiendo a partir de allí hasta el Dique El Saltón (440 m.s.n.m.), donde se registran unos 1000 mm/año.

Se procedió a realizar un inventario de las estaciones pluviométricas con registros en el área de estudio y aledañas a la misma, consultándose en diferentes organismos públicos y privados. Se consultaron archivos, publicaciones y antecedentes de Instituciones tales como Agua y Energía Eléctrica S.E., Evarsa S.A., Dirección Provincial del Agua, Servicio Meteorológico Nacional, Dirección de Irrigación, Estación Experimental O. Colombres de Tucumán, Ferrocarril General Belgrano.

Los resultados se detallan a continuación:

---

<sup>6</sup> Fuente: Mapas de isohietas medias mensuales elaborados por la Estación Experimental O. Colombres para el periodo 1921-50.

<b>ESTACIÓN<sup>7</sup></b>	<b>ALTITUD</b>	<b>LATITUD</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>ORGANISMO<sup>8</sup></b>	<b>PERIODO</b>
Santa Ana	370 m	27 29 S	65 37 W	Irrigación - EEAOC	1981-2000
Alpachiri	530 m	27 21 S	65 45 W	DPA.	1960-1986
Los Hornitos	1000 m	27 20 S	65 55 W	AyEE	1943-1988
Potrero del Clavillo	1300 m	27 24 S	65 59 W	AyEE-EVARSA	1952-1998

Los promedios mensuales y anuales se detallan en el siguiente cuadro:

**PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES (mm/mes)**

	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>ANUAL</b>
Santa Ana	35,8	51,6	137,8	144,6	273,6	209,7	175,1	104,8	40,9	19,1	18,0	15,8	1149
Alpachiri	58	85	195	233	266	272	249	173	71	41	38	42	1882
Los Hornitos	64	135	241	279	399	358	379	207	95	48	41	42	2100
Potrero del Clavillo	24,1	53,8	105,6	134,0	195,7	175,5	168,7	66,6	29,9	10,7	9,9	11,7	987

Los valores de las series completas se detallan en el Cuadro N° III.3.2.1.1, N° III.3.2.1.2, N° III.3.2.1.3 y N° III.3.2.1.4.-

Los estadísticos con fines de caracterización de las series (máximos, medios, mínimos), se detallan en el Cuadro N° III.3.2.1.5.-

---

<sup>7</sup> La ubicación puede observarse en Mapa III.3.2.1.-

<sup>8</sup> EEAOC: Estación Experimental O. Colombres – AyEE: Agua y Energía Eléctrica.

FFCCGB: Ferrocarril General Belgrano. – DPA: Dirección Provincial del Agua.

**PRECIPITACIONES MENSUALES (mm/mes)**

**ESTACIÓN: POTRERO DEL CLAVILLO**

**PROVINCIA: TUCUMÁN**

**LATITUD: 27° 24´**

**LONGITUD: 65° 59´**

**ALTITUD: 1300 msnm.**

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
1952/53					281,8	116,2	162,4	37,4	14,7	
1953/54	0,7	38,7	174,4	131,8	56,1	149,5	114,2	36,0	11,0	
1954/55	12,0	33,9	31,6	70,0	127,1	128,0	133,0	9,0	36,2	
1955/56	6,0	39,6	53,7	32,4	111,2	55,6	63,6	32,6	11,3	
1956/57	28,4	129,6	113,4	103,7	47,2	134,0	257,2	58,3	0,0	
1957/58	12,7	18,1	118,9	182,7	206,8	209,5	153,5	58,0	14,8	
1958/59	7,5	80,0	148,7	173,5	144,0	211,0	132,2	55,0	67,0	
1959/60	3,0	58,0	112,0	173,0	137,0	136,1	160,1	35,8	43,6	
1960/61	6,5	180,0	61,1	104,6	86,1	237,5	329,6	93,0	52,6	
1961/62	63,8	49,1	93,1	145,8	137,1	122,7	128,1	60,9	21,0	
1962/63	1,8	6,2	79,1	190,5	240,9	280,7	201,4	30,8	33,7	

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
1963/64	35,8	19,1	102,7	148,4	168,7	194,8	233,7	125,1	10,1	
1964/65	15,6	56,2	34,9	59,1	155,3	245,9	144,1	27,3	48,3	
1965/66	21,7	19,4	203,5	128,8	157,3	120,1	78,3	73,9	18,7	
1966/67	46,7	5,7	168,1	80,1	45,3	200,2	107,9	195,8	22,4	
1967/68	34,8	171,0	178,5	78,4	210,4	256,1	295,7	27,8	5,5	
1968/69	2,7	21,3	108,4	64,3	127,0	313,2	164,6	12,4	11,2	
1969/70	3,0	24,0	49,0	110,1	226,0	142,0	198,0	78,0	0,0	
1970/71	26,9	32,5	55,0	79,9	190,1	168,2	73,1	17,0	45,5	
1971/72	3,1	92,4	107,5	20,6	144,4	72,4	90,6	68,7	8,9	
1972/73	1,0	16,0	138,2	91,5	139,7	100,7	353,6	79,2	61,2	
1973/74	34,3	17,7	59,6	122,7	277,9	224,9	144,5	60,8	43,7	
1974/75	14,5	112,1	29,1	98,8	377,3	236,2	256,9	71,0	4,0	
1975/76	146,8	53,9	106,2	77,0	300,9	252,0	189,3	44,2	36,8	
1976/77	17,9	47,8	66,7	124,5	246,8	193,4	220,1	73,4	19,4	
1977/78	50,7	53,0	99,9	287,2	207,1	258,6	133,0	68,1	12,8	
1978/79	6,0	47,7	44,2	169,2	356,6	115,8	223,0	65,4	29,5	

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
1979/80	21,6	24,5	114,5	187,5	65,3	196,3	196,4	47,5	31,5	
1980/81	8,5	82,5	60,5	103,2	249,3	381,0	123,0	180,9	26,0	
1981/82	14,5	39,2	120,0	104,8	167,1	151,0	143,5	213,5	55,2	
1982/83	66,5	43,0	47,5	153,0	308,5	115,5	120,0	38,0	45,5	
1983/84	8,5	62,2	93,0	111,5	452,5	260,5	300,5	56,5	11,0	
1984/85	24,5	44,0	139,5	218,9	191,0	191,0	162,8	72,5	33,9	
1985/86	59,0	43,2	447,0	192,5	179,5	193,5	158,5	76,5	16,5	
1986/87	38,5	91,5	130,5	243,0	192,5	34,0	116,5	57,0	9,3	
1987/88	12,0	30,0	97,0	108,5	237,0	143,9	212,5	86,6	37,9	
1988/89	19,0	12,0	23,0	103,5	120,8	62,0	206,1	77,5	8,3	
1989/90	9,5	47,0	56,5	142,1	277,0	152,5	160,5	94,0	31,0	
1990/91	23,5	92,3	128,1	265,5	111,0	120,1	153,6	32,5	43,0	
1991/92	20,5	77,5	167,0	134,9	276,0	355,1	112,9	173,5	23,0	
1992/93	18,0	28,0	121,0	173,5	251,5	107,5	169,5	23,0	36,5	
1993/94	21,5	66,5	83,0	143,0	147,5	207,0	53,0	47,0	45,0	
1994/95	13,0	121,5	86,5	218,0	128,5	70,0	111,0	15,1	60,4	

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
1995/96	33,1	27	108,7	54,5	144,9	166,8	124,5	80,4	88,3	
1996/97	32,0	32,0	89,9	62,1	358,2	122,5	278,8	13,0	27,0	
1997/98	39,0	35,0	100,4	261,5	239,5	165,8	116,0	83,0	63,0	
<b>MÁXIMO</b>	146,8	180,0	447,0	287,2	452,5	381,0	353,6	213,5	88,3	
<b>PROME- DIO</b>	24,1	53,8	105,6	134,0	195,7	175,5	168,7	66,6	29,9	
<b>MÍNIMO</b>	0,7	5,7	23,0	20,6	45,3	34,0	53,0	9,0	0,0	

**PRECIPITACIONES MENSUALES (mm/mes)**

**ESTACIÓN: LOS HORNITOS**

**PROVINCIA: TUCUMÁN**

**LATITUD: 27 20 S**

**LONGITUD: 65 55 W**

**ALTITUD: 1000 msnm**

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
1943-44	28	113	153	312	220	242	276	296	59	
1944-45	72	182	206		505	122	319	167	45	
1945-46	103	278	226	90	289	139	261	112	63	
1946-47	45	188	262	266				206	103	
1947-48	133	133	35	446	298	272	317	176	65	
1948-49	8	159	247	241	127	260	201	151	60	
1949-50	60	116	153	132	274	360	279	64	46	
1950-51	17	110	164	133	275	263	150	205	58	
1951-52	42	339	303	193	172	267	351	212	74	
1952-53	86	99	306	542	436	261	519	210	106	
1953-54	23	121	229	500	400	383	330	111	164	



<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
1954-55	0	196	236	357	379	249	349	224	166	
1955-56	2	422	251	235	159	463	531	296	112	
1956-57	81	128	191	204	280	250	124	137	94	
1957-58	9	21	130	296	622	427	389	113	224	
1958-59	62	58	290	262	263	334	799	304	64	
1959-60	56	142	120	161	427	430	271	137	151	
1960-61	38	51	409	368	583	382	264	315	114	
1961-62	99	79	431	386	145	393	234	248	70	
1962-63	60	163	330	90	582	457	660	111	22	
1963-64	52	98	143	198						
1964-65	45	63	202	448	717	481	389	198	134	
1965-66	58	217	249	21	190	204	306	77	57	
1966-67	27	71	172	268	338	240	597	213	182	
1967-68	74	76	171	260	711	571	423	146	83	
1968-69	78	169	61	262	312	425	549	245	30	
1969-70	201	141	322	115	500	387	351	58	144	

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
1970-71	50	106	177	300	612	363	609	210	107	
1971-72	121	134	236	532	499	515	345	151	53	
1972-73	17	189	241	375	654	323	583	203	59	
1973-74	89	82	348	429	119	381	616	249	93	
1974-75	20	195	187	186	668	690	345	445	108	
1975-76	45	45	284	207	409	333	367	540	106	
1976-77	149	72	128	363	541	409	271	128	126	
1977-78	23		228	110	740	389	695	112		
1978-79	63	148	182	516	338	593	349	183	63	
1979-80	164	194	469	383	224	352	394	206	74	
1980-81	88	21	348	208	418	94				
1981-82	42	67	307	311	566	199	391	294	122	
MÁXIMO	201	422	469	542	740	690	799	540	224	
PROME- DIO	64	135	241	279	399	358	379	207	95	
MÍNIMO	2	21	35	21	119	94	124	58	22	

**PRECIPITACIONES MENSUALES (mm/mes)**

**ESTACIÓN: ALPACHIRI**

**PROVINCIA: TUCUMÁN**

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
1959-60					118	277	203	100	94	
1960-61	3	213	143	153	137	247	252	408	50	
1961-62	17	81	126	169	120	169	76	303	64	
1962-63		34	210	335	448	268	250	53	106	
1963-64	87	21	240	362						
1964-65					185	262	221	64	53	
1965-66		18	185	222	413	266	160	243	112	
1966-67	54	51	214	159	91	42	80	107	72	
1967-68	61	119	359	27	352	364	426	105	6	
1968-69	91	208	205		165	340	279	128	144	
1969-70	20	68								

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
1970-71										
1971-72					165	75	214	41	33	
1972-73	13	38	79	167	309	184	181	178	109	
1973-74	10	11	113		362	366	268	69	42	
1974-75	41	82	27	125	176	148	336	206	40	
1975-76	118	84								
1976-77										
1977-78										
1978-79										
1979-80					110	184	254	143	66	
1980-81	10	123	151	143	553	522	172	357	14	
1981-82	60	64	206	181	300	189				
1982-83	162	74	95	386	528	332	180	198	99	
1983-84	12	12	126	226	226	438	630	199	55	
1984-85			267	467	254	491	348	213	113	
1985-86	174	223	565	375	307		199	166		

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
1986-87										
MÁXIMO	174	223	565	467	553	522	630	408	144	
PROME- DIO	58	85	195	233	266	272	249	173	71	
MÍNIMO	3	11	27	27	91	42	76	41	6	

**PRECIPITACIONES MENSUALES (mm/mes)**

**LOCALIDAD: SANTA ANA**

**PROVINCIA: TUCUMÁN**

**LATITUD: 27 29 S**

**LONGITUD: 65 37 W**

**ALTITUD: 370 m**

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
80-81					502,5	354,7	128,5	165,3	35,8	
81-82	35,3	37,3	104,4	55,7	172,5	118,8	134,9	87,5	19,6	
82-83	35,3	14,5	114,0	268,8	415,7	237,2	68,8	140,8	87,0	
83-84	4,8	25,5	67,3	129,5	244,2	267,2	350,3	142,8	29,5	
84-85	20,5	86,6	79,2	140,5	129,9	288,0	157,8	70,1	36,7	
85-86	42,6	158,9	285,0	148,6						
86-87										
87-88										
88-89										
89-90										
90-91										

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
91-92										
92-93										
93-94										
94-95										
95-96					180,0	160,0		68,0	70,5	
96-97	123,0	8,5	120,8	108,4	322,5	86,8	214,2	0,0	6,0	
97-98	0,0	29,9	194,0	161,0	221,1	164,5	171,0	163,5	42,0	
98-99	24,5									
99-00										
Máximo	123,0	158,9	285,0	268,8	502,5	354,7	350,3	165,3	87,0	
Media	35,8	51,6	137,8	144,6	273,6	209,7	175,1	104,8	40,9	
Mínimo	0,0	8,5	67,3	55,7	129,9	86,8	68,8	0,0	6,0	

**PRECIPITACIONES MENSUALES (mm/mes)**

**POTRERO DEL CLAVILLO**

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
Máximo	147	180	447	287	453	381	354	214	88	
Medio	24	54	106	134	196	175	169	67	30	
Mínimo	1	6	23	21	45	34	53	9	0	

**LOS HORNITOS**

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
Máximo	201	422	469	542	740	690	799	540	224	
Medio	64	135	241	279	399	358	379	207	95	
Mínimo	2	21	35	21	119	94	124	58	22	



**ALPACHIRI**

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
Máximo	174	223	565	467	553	522	630	408	144	
Medio	58	85	195	233	266	272	249	173	71	
Mínimo	3	11	27	27	91	42	76	41	6	

**SANTA ANA**

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	
Máximo	123	159	285	269	503	355	350	165	87	
Medio	36	52	138	145	274	210	175	105	41	
Mínimo	0	9	67	56	130	87	69	0	6	

Con los valores anuales de la estación Potrero del Clavillo, adoptada por comprender un periodo de mayor cantidad de años de longitud ininterrumpido, se construyó la curva de duración, de manera de poder seleccionar los años típicos (húmedo, medio y seco) desde el punto de vista climático (precipitaciones).

Se ordenaron los valores de mayor a menor adjudicándoseles una frecuencia empírica o experimental, según la expresión de Weibull, en porcentaje (Cuadro N° III.3.2.1.6.-):

$$\frac{m}{n + 1}$$

donde:

m: número de orden del dato,

n: cantidad de datos.

#### AÑOS TÍPICOS SEGÚN ESTACIÓN POTRERO DEL CLAVILLO

**CUADRO N° III.3.2.1.6.-**

<b>AÑO</b>	<b>POTRERO DEL CLA- VILLO</b>
1953/54	754,7
1954/55	587,0
1955/56	424,9
1956/57	875,2
1957/58	1001,3
1958/59	1086,9
1959/60	898,1
1960/61	1182,2
1961/62	836,4
1962/63	1090,4

<b>ORDEN</b>	<b>%</b>	<b>AÑO</b>	<b>POTRERO DEL CLA- VILLO</b>
1	2,2%	1985/86	1424,7
2	4,3%	1983/84	1392,7
3	6,5%	1991/92	1382,1
4	8,7%	1967/68	1305,5
5	<b>10,9%</b>	<b>1980/81</b>	<b>1285,0</b>
6	13,0%	1974/75	1233,3
7	15,2%	1975/76	1221,5
8	17,4%	1977/78	1195,4
9	19,6%	1960/61	1182,2
10	21,7%	1984/85	1150,6

*Dique Derivador y Canal El Saltón**Río Saltón – Provincia de Tucumán*

AÑO	POTRERO DEL CLA- VILLO
1963/64	1055,1
1964/65	813,2
1965/66	846,8
1966/67	915,9
1967/68	1305,5
1968/69	843,7
1969/70	851,9
1970/71	698,9
1971/72	608,6
1972/73	1000,5
1973/74	1045,0
1974/75	1233,3
1975/76	1221,5
1976/77	1075,1
1977/78	1195,4
1978/79	1102,3
1979/80	929,1
1980/81	1285,0
1981/82	1028,3
1982/83	972,5
1983/84	1392,7
1984/85	1150,6
1985/86	1424,7
1986/87	938,0

ORDEN	%	AÑO	POTRERO DEL CLA- VILLO
11	23,9%	1997/98	1122,2
12	26,1%	1978/79	1102,3
13	28,3%	1962/63	1090,4
14	30,4%	1958/59	1086,9
15	32,6%	1976/77	1075,1
16	34,8%	1990/91	1067,2
17	37,0%	1963/64	1055,1
18	39,1%	1973/74	1045,0
19	41,3%	1996/97	1043,8
20	43,5%	1989/90	1037,3
21	45,7%	1981/82	1028,3
22	47,8%	1957/58	1001,3
23	<b>50,0%</b>	<b>1972/73</b>	<b>1000,5</b>
24	52,2%	1987/88	973,4
25	54,3%	1982/83	972,5
26	56,5%	1992/93	945,5
27	58,7%	1986/87	938,0
28	60,9%	1979/80	929,1
29	63,0%	1966/67	915,9
30	65,2%	1959/60	898,1
31	67,4%	1956/57	875,2
32	69,6%	1969/70	851,9
33	71,7%	1965/66	846,8
34	73,9%	1994/95	845,5

<b>AÑO</b>	<b>POTRERO DEL CLA- VILLO</b>
1987/88	973,4
1988/89	652,2
1989/90	1037,3
1990/91	1067,2
1991/92	1382,1
1992/93	945,5
1993/94	829,5
1994/95	845,5
1995/96	841,1
1996/97	1043,8
1997/98	1122,2

<b>ORDEN</b>	<b>%</b>	<b>AÑO</b>	<b>POTRERO DEL CLA- VILLO</b>
35	76,1%	1968/69	843,7
36	78,3%	1995/96	841,1
37	80,4%	1961/62	836,4
38	82,6%	1993/94	829,5
39	84,8%	1964/65	813,2
40	87,0%	1953/54	754,7
41	89,1%	1970/71	698,9
42	<b>91,3%</b>	<b>1988/89</b>	<b>652,2</b>
43	93,5%	1971/72	608,6
44	95,7%	1954/55	587,0
45	97,8%	1955/56	424,9

Así se obtuvieron los años típicos:

Año Húmedo (10%)	1983/84
Año Medio (50%)	1953/54
Año seco (90%)	1952/53.

### **III.3.2.2.- Precipitaciones Máximas Diarias**

Se recopiló también información pluviométrica diaria, para el estudio de tormentas y crecidas de diseño de la obra de derivación.

En función de la calidad de información, la longitud de los registros y lo estratégico de la ubicación, se seleccionó para el análisis la estación de Potrero del Clavillo. La misma se encuentra ubicada al noroeste de la cuenca en estudio.

Se procedió a realizar un ordenamiento de la información, con vistas al análisis estadístico, conformándose una serie anual máxima, con el mayor valor de precipitación diaria de cada año para cada estación (Cuadro N° III.3.2.2.1.).

**SERIE ANUAL DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS<sup>9</sup>****CUADRO N° III.3.2.2.1.-**

<b>AÑO</b>	<b>POT. CLAVILLO</b>
	(mm)
1953	138
1954	41
1955	55
1956	32
1957	108
1958	96
1959	71
1960	50
1961	112
1962	71
1963	77
1964	79
1965	101
1966	58
1967	132
1968	77
1969	95
1970	62

<b>AÑO</b>	<b>POT. CLAVILLO</b>
1976	96
1977	80
1978	76
1979	91
1980	41
1981	66
1982	54
1983	46
1984	153
1985	97
1986	73
1987	40
1988	112
1989	75
1990	98
1991	57
1992	109
1993	75
1994	65

---

<sup>9</sup> FUENTE: EVARSA S.A. - E.E.A.O.C.

<b>AÑO</b>	<b>POT. CLAVILLO</b>
1971	54
1972	44
1973	102
1974	59
1975	155

<b>AÑO</b>	<b>POT. CLAVILLO</b>
1995	40
1996	58
1997	140

Para la determinación de los montos diarios para las recurrencias adoptadas en el estudio se utilizó el modelo matemático denominado AFMULTI, que propone siete funciones de distribución de probabilidades típicas para eventos extremos, utilizando distintos métodos para el ajuste de sus parámetros:

Nº	Distribución	Método de ajuste de parámetros.
1	Log Normal	Máxima verosimilitud.
2	Gumbel	Momentos ponderados por probabilidad.
3	General Valores Extremos	Momentos ponderados por probabilidad
4	Pearson III	Máxima verosimilitud.
5	Log Pearson III	Momentos mixtos
6	Exponencial	Momentos (método tradicional)

La función de mejor ajuste se detecta mediante los tests de Bondad de ajuste de Chi cuadrado y de Kolmogorov-Smirnov conjuntamente con la determinación de los errores cuadráticos medios de la frecuencia y de la variable. A partir de allí el modelo calcula la variable para distintos niveles de recurrencia.

Los resultados de la corrida del modelo para la Estación Potrero del Clavillo, para una longitud de serie de 45 años (1953 – 1997), se resumen a continuación, adoptando la función Pearson:

**PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mm.)**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>10 AÑOS</b>	<b>50 AÑOS</b>	<b>100 AÑOS</b>
Potrero del Clavillo	124	166	183

*Dique Derivador y Canal El Saltón**Río Saltón – Provincia de Tucumán*

ESTUDIO ESTADÍSTICO DE : ESTACIÓN POT. CLAVILLO

SERIE DE CALCULO : AÑO

ESTACIÓN : PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS

AÑO INICIAL : 1953 AÑO FINAL : 1997

CANTIDAD DE VALORES : 45

ESTADÍSTICOS :

VARIABLE ORIGINAL (X) :

MEDIA	DESVIO	COEF. ASIMETRÍA	COEF. VARIACIÓN	COEF. ASIM/VARI	COEF. CURTOSIS
80.2	31.46	.69	.3920	1.77	2.64

VALORES EXTREMOS :

MAXIMO	MINIMO	RANGO	INDICES : MAXIMA	MINIMA	MIN-MAX
155.	32.	123.	1.932	.399	.206

MAX-MIN  
4.844

VALORES DE LA VARIABLE PARA DISTINTAS PROBABILIDADES

PROBABILIDAD	LOGGAUSS	GUMBEL	PEARSON	EXPONENC.
.0010	240.2	242.4	238.3	266.1
.0050	197.8	201.2	200.3	215.5
.0100	180.0	183.3	183.5	193.7
.0200	162.4	165.4	166.4	171.9
.1000	121.3	123.1	124.1	121.2
.2000	102.7	103.9	104.2	99.4
.3000	91.1	91.9	91.6	86.7
.4000	82.2	82.7	81.9	77.6
.5000	74.7	74.8	73.8	70.6
.6000	67.9	67.7	66.5	64.9

BONDAD DE AJUSTE

	LOGGAUSS	GUMBEL	PEARSON	EXPONENC.
KOLMOGOROFF:	AAA	AAA	AAA	AAA
CHI CUADRADO:	AAA	AAA	AAA	AAA
ECMF :	.0317	.0272	.0272	.0633
ECMV :	5.01	5.06	4.96	8.53

SIMBOLOGÍA PARA LA BONDAD DEL AJUSTE :

A: SE ACEPTA LA HIPÓTESIS.

R : SE RECHAZA LA HIPÓTESIS.

SE CONSIDERAN 3 NIVELES DE SIGNIFICACION: 5, 1 Y 0.1 % DE ACUERDO A SU UBICACIÓN DE IZQUIERDA A DERECHA EN EL CARÁCTER DE CALIFICACIÓN.

--- : EL NUMERO DE INTERVALOS DE CLASE RESULTANTE EN EL TEST  
DEL CHI-CUADRADO ES MENOR QUE 5



La morfología de la cuenca presenta características muy particulares, dominada por cordones serranos de mayor o menor altura, que influyen en el régimen y la distribución del aporte de humedad.

La cuenca tiene forma de trapecio, destacándose en el límite oeste las cumbres de Santa Ana, de 2.000 m.s.n.m..

En éstas divisorias de altura están las nacientes de los ríos y arroyos que escurren con dirección SO - NE y desembocan en el Dique El Saltón.

La precipitación máxima se produce en el pedemonte, con isolíneas paralelas de dirección SO – NE.

No hay mucha información acerca de la distribución geográfica de las tormentas en el área, respecto a las precipitaciones cumbres.

Se analizaron cinco importantes tormentas registradas entre los años 1973 y 2001, cuyas características se detallan a continuación:

**MONTOS PRECIPITADOS EN 24 HORAS (mm.)**

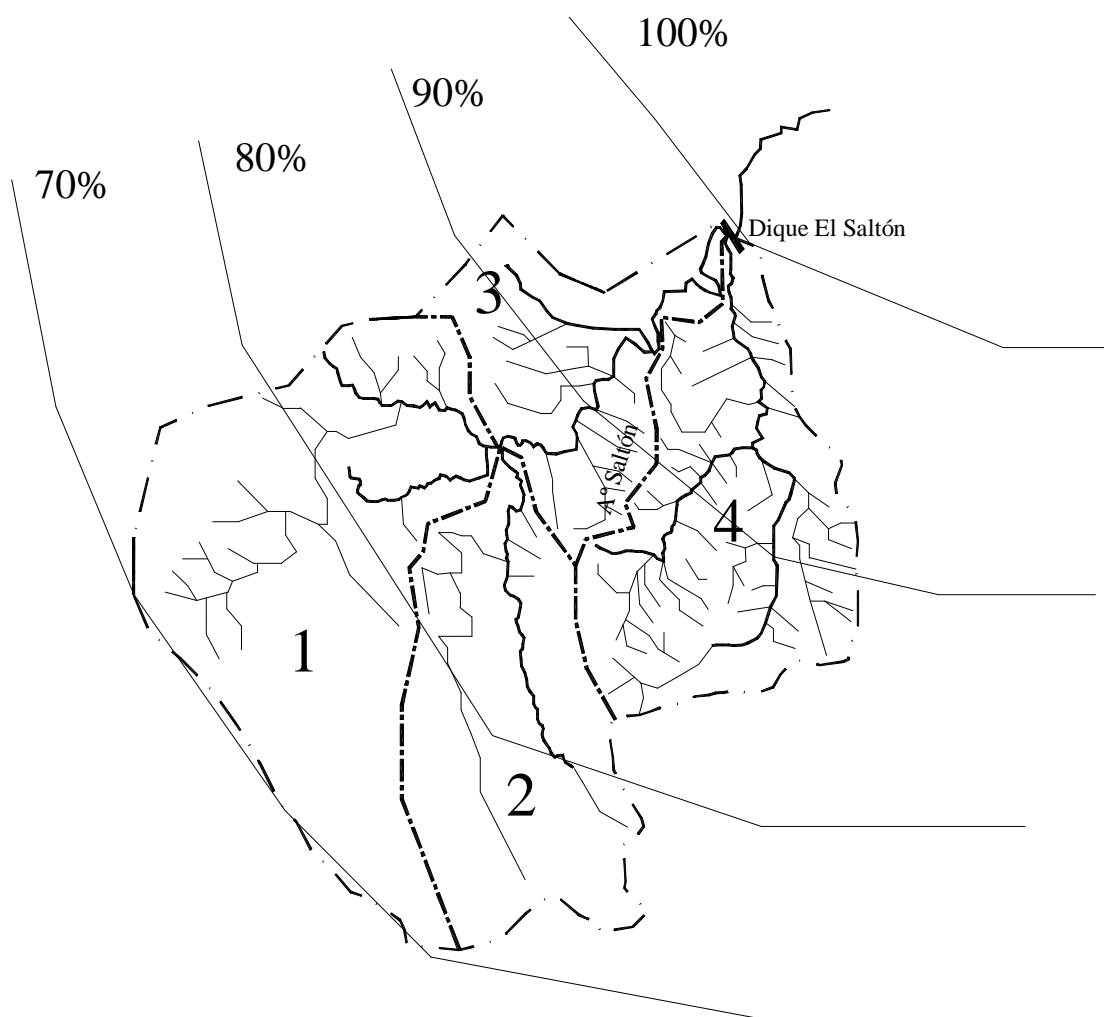
<b>ESTACIÓN</b>	<b>03-Mar-73</b>	<b>28-Ene-79</b>	<b>23-Nov-86</b>	<b>12-Feb-00</b>	<b>08-Mar-00</b>	<b>Promedio (mm)</b>	<b>Promedio (%)</b>
Potrero del Clavillo	173	90	70			111	60
Los Hornitos	260	154	142			185	100
Las Higueras	201	110	125			145	79
Concepción	75	120	66			87	47
Monte Bello		129	131			130	70
Aguilares	133		131		118	127	69
La Calera			111	143	119	124	67

Se analizó la distribución areal de la tormenta promedio, con centro del 100% en la estación de mayor pluviosidad (Los Hornitos). Se puede apreciar que desde el epicentro de la

tormenta los montos disminuyen desde el 100 % hasta el 70 % (Mapa N° III.3.2.2.1 y III.3.2.2.2.-).

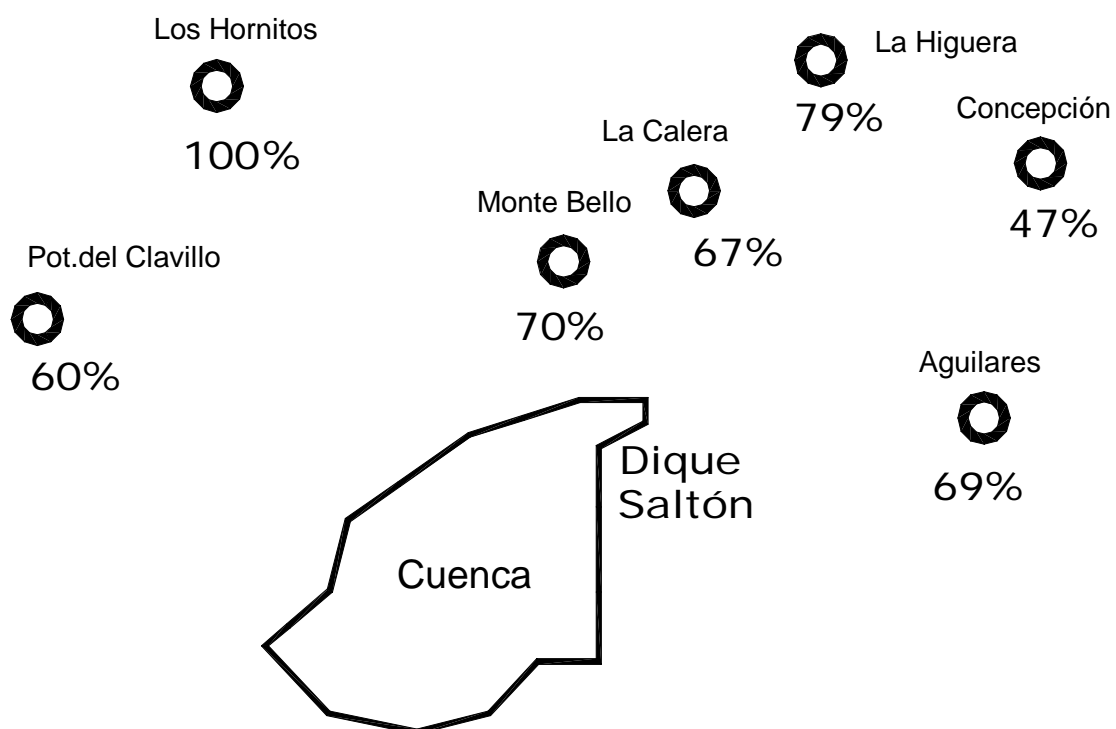
**TORMENTA DE DISEÑO**

**MAPA III.3.2.2.1.-**



**DISTRIBUCIÓN AREAL TORMENTA PROMEDIO.**

**MAPA III.3.2.2.2.-**



La distribución areal adoptada se graficó con el epicentro en el Dique El Saltón, disminuyendo hasta el 70% en las cumbres.

### **III.3.3.- Hidrometría**

#### **III.3.3.1.- Estaciones Hidrométricas y Caudales**

Se realizó una recopilación de datos hidrométricos existentes, buscando fundamentalmente en Anuarios de Agua y Energía Eléctrica S.E., la Estadística Hidrológica 1997 de la Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable de la Nación, archivos de instituciones provinciales como Dirección de Irrigación y Dirección del Agua.

De allí se construyó el siguiente cuadro, donde se detallan las características de las estaciones con información:

<b>RÍO</b>	<b>LUGAR</b>	<b>LAT.</b>		<b>LONG.</b>		<b>ALTITUD</b>	<b>PERIODO</b>	<b>TIPO DE DATO</b>	<b>FUENTE</b>
		<b>gra</b>	<b>mi</b>	<b>gra</b>	<b>mi</b>	<b>m.s.n.m.</b>			
Chico	Junta Ríos Tacanas y Saltón	26		65		1100	59/60-65/66 69/70-74/75 1983/84	Medio Mensual	Dirección de Irrigación

Los registros pueden observarse en el Cuadro N° III.3.3.1.1.-

**CAUDALES MEDIOS MENSUALES<sup>10</sup> (m<sup>3</sup>/seg.)**

**RÍO: CHICO**

**ESTACIÓN: RÍO CHICO**

**PROVINCIA: TUCUMÁN**

AÑO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
59-60					4,970	5,374	5,705	3,797	4,124	2,828
60-61	1,494	1,556	2,526	3,684	3,696	4,892	5,872	4,400	1,998	1,480
61-62	1,828	1,616	3,189	2,450						
62-63					3,445	2,853	0,670	0,180	0,200	0,300
63-64	1,550	1,473	3,666	17,556	2,320	2,106	20,183	21,146	5,775	2,333
64-65	1,366	0,559	0,750	1,115	1,700	3,645	2,931	1,800	0,820	0,990
65-66	0,940	0,619	0,919	3,223						
69-70					5,250	8,864	6,036	3,417	1,097	1,067

---

<sup>10</sup> Fuente: Dirección de Irrigación

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>
70-71	1,199	1,132	0,803	1,786	4,211	3,371	3,300	3,160	2,660	1,230
71-72	1,800	0,835	1,350	0,945	0,904	0,800	1,306	1,300	0,478	0,900
72-73	0,375	0,971	0,850	3,000	3,800	2,707	9,968	5,250	3,452	1,123
73-74	1,232	1,398	1,744	1,584		4,778	5,982	3,650	2,750	2,377
74-75	2,050	1,707	1,040	1,455	4,565	4,057		2,017	1,627	1,623
75-76			1,847	2,478	6,058	2,593	5,158	2,933	2,871	2,900
76-77	1,123				9,616	5,475	5,452	2,560	1,984	1,226
77-78					6,097	6,357	7,742	3,400	1,535	0,873
78-79	0,680	0,755	1,660	1,284						
Promedio	1,303	1,147	1,695	3,380	4,356	4,134	6,177	4,215	2,241	1,518
Máximo	2,050	1,707	3,666	17,556	9,616	8,864	20,183	21,146	5,775	2,900
Mínimo	0,375	0,559	0,750	0,945	0,904	0,800	0,670	0,180	0,200	0,300

OBSERVACIONES: CAUDAL TOTAL DEL RÍO

Del análisis de la información recopilada surge que se dispone de registros de caudales medios mensuales en una sola estación, que comprende, además de la cuenca del río Saltón, a la cuenca de aporte del río Tacanas.

En función que las nacientes y características hidrogeomorfológicas y climáticas de ambas cuencas son las mismas y homogéneas respectivamente, se consideraron ambas como cuencas hidrológicamente análogas.

Se obtuvieron entonces los caudales medios mensuales en la estación Dique El Saltón mediante proporcionalidad de superficie de cuencas.

Los resultados se detallan en el Cuadro N° III.3.3.1.2.-, siendo el módulo a la altura del dique de  $1,138 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , y el derrame de  $36 \text{ hm}^3/\text{año}$ .

No se dispone de registros de caudales instantáneos e hidrogramas de crecida.

**CAUDALES MEDIOS MENSUALES (m<sup>3</sup>/seg.)**

**RÍO: SALTÓN**

**ESTACIÓN: DIQUE SALTÓN**

**PROVINCIA: TUCUMÁN**

<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>
59-60					1,988	2,150	2,282	1,519	1,650	1,131
60-61	0,598	0,622	1,010	1,474	1,478	1,957	2,349	1,760	0,799	0,592
61-62	0,731	0,646	1,276	0,980						
62-63					1,378	1,141	0,268	0,072	0,080	0,120
63-64	0,620	0,589	1,466	7,022	0,928	0,842	8,073	8,458	2,310	0,933
64-65	0,546	0,224	0,300	0,446	0,680	1,458	1,172	0,720	0,328	0,396
65-66	0,376	0,248	0,368	1,289						
69-70					2,100	3,546	2,414	1,367	0,439	0,427



<b>AÑO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>
70-71	0,480	0,453	0,321	0,714	1,684	1,348	1,320	1,264	1,064	0,492
71-72	0,720	0,334	0,540	0,378	0,362	0,320	0,522	0,520	0,191	0,360
72-73	0,150	0,388	0,340	1,200	1,520	1,083	3,987	2,100	1,381	0,449
73-74	0,493	0,559	0,698	0,634		1,911	2,393	1,460	1,100	0,951
74-75	0,820	0,683	0,416	0,582	1,826	1,623		0,807	0,651	0,649
75-76			0,739	0,991	2,423	1,037	2,063	1,173	1,148	1,160
76-77	0,449				3,846	2,190	2,181	1,024	0,794	0,490
77-78					2,439	2,543	3,097	1,360	0,614	0,349
78-79	0,272	0,302	0,664	0,514						
Promedio	0,521	0,459	0,678	1,352	1,743	1,653	2,471	1,686	0,896	0,607
Máximo	0,820	0,683	1,466	7,022	3,846	3,546	8,073	8,458	2,310	1,160
Mínimo	0,150	0,224	0,300	0,378	0,362	0,320	0,268	0,072	0,080	0,120

Nota: Caudales Medios Mensuales obtenidos por correlación de Cuencas.

### **III.3.4.- Estudio de Crecidas**

#### **III.3.4.1.- Cartografía Antecedente y de Base**

Se procedió a recopilar la cartografía existente, adecuada para evaluar y precisar los límites de subcuencas y cuencas de aporte al Dique El Saltón. Se trabajó sobre escala 1: 25.000 fundamentalmente.

Se recopilaron las Hojas de la Dirección Nacional de Geología y Minas en escala 1: 100.000, con curvas de nivel equidistancia de 100 metros, denominadas Aconquija y J.B. Alberdi.

También se recopiló la Carta realizada por el Instituto Geográfico Militar en el año 1943, en escala 1:25.000, del área Santa Ana, con hidrografía y curvas de nivel cada 20 metros, la cual se ha digitalizado (Plano N° III.3.1)

Asimismo se analizaron las imágenes satelitales Landsat TM del Instituto Geográfico Militar, escala 1: 250.000, de Agosto de 1997.

#### **III.3.4.2.- Análisis de la Información**

##### **III.3.4.2.1.- Metodología**

En virtud de la información recopilada, se analizaron las metodologías posibles para la determinación de los hidrogramas de crecida, concluyéndose que lo más conveniente es aplicar un modelo matemático de relación precipitación-escorrentía para la determinación de los mismos. Esta decisión se asume en función de lo siguiente:

- No se cuenta con información antecedente de hidrogramas de crecida ni con registros de caudales extremos suficiente para realizar un análisis estadístico.
- No se encontraron estudios hidrológicos antecedentes que pudieran servir de base conceptual y numérica para el presente análisis.

- La modelación matemática de la cuenca para la generación de caudales extremos se presenta como una valiosa herramienta para determinar, por un lado los caudales pico en hidrogramas relacionados con la recurrencia y por otro los tiempos de respuesta de la cuenca a las intensas precipitaciones ocurrentes.

La determinación de un caudal de crecida sobre la base de precipitaciones implica asumir, indirectamente, que la recurrencia de las mismas corresponde a los caudales pico generados por el modelo. A pesar que ello puede ser incierto, se debe tener en cuenta que si una tormenta de determinada recurrencia, puede producir un caudal pico, calculado con el modelo, no es erróneo asumir que la recurrencia de la precipitación tiene relación con el caudal generado.

#### **III.3.4.2.2.- Análisis Cartográfico**

Se adoptó como mapa base la imagen satelital Landsat TM, sobre la cual se realizó la determinación de la red hidrográfica, de las subcuencas y de superficie.

La longitud del curso principal, desnivel, etc., fueron obtenidos de la restitución del Instituto Geográfico Militar.

La definición de las áreas de cobertura vegetal – suelo se efectuó sobre la base de la imagen satelital mencionada, por su actualidad y definición visual.

#### **III.3.4.3.- Simulación Hidrológica**

La simulación de las precipitaciones se realizó para recurrencias de 10, 50 y 100 años.

A fin de calcular los hidrogramas de crecida para distintas recurrencias de precipitación, se utilizó el modelo matemático denominado HEC-1, del Army Corps of Engineer de los EE.UU., en su versión 4.0, de Setiembre de 1994.

El mismo es una versión mejorada del inicial y permite representar el fenómeno lluvia-escorrentía en un sistema hidrológico, perteneciendo al conjunto de modelos matemáticos, determinístico, lineal, de parámetros concentrados, de eventos aislados o discreto, invariable en el tiempo y de caja negra o empírico.

Es lineal porque en todos los fenómenos hidrológicos que simula hace uso de las propiedades de proporcionalidad y de superposición de los procesos lineales. Es decir que el fenómeno-respuesta (caudal) está ligado al fenómeno-estímulo (lluvia) por un operador lineal.

Es de parámetros concentrados porque trata a una cuenca como única unidad, y en consecuencia los parámetros que la definen no varían de un punto a otro sino que están representados por valores fijos.

Es de eventos aislados o discreto porque no tiene capacidad para variar la humedad del suelo entre precipitaciones sucesivas.

Es invariable en el tiempo porque los parámetros que intervienen en el cálculo de los procesos no varían en el tiempo.

Es de caja negra o empírico porque el impulso (lluvia) es transformado en respuesta (caudal) sin que exista una teoría físicamente sustentada que explique el fenómeno. A la vez porque presenta los resultados de la simulación sin que aparezcan los cálculos de cálculos intermedios.

El modelo ha sido diseñado para determinar la respuesta del escurrimiento superficial de una cuenca de río a la precipitación mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

El componente de escorrentía superficial para una subcuenca se utiliza para representar el movimiento del agua sobre el terreno hacia los cauces. La entrada es un hietograma de precipitación. El exceso de lluvia se calcula restando la infiltración y las pérdidas por detención, para lo cual se ha escogido el método de la Curva Número.

El exceso de lluvia resultante se aplica al hidrograma unitario para encontrar el hidrograma de escorrentía a la salida de la subcuenca, para lo cual se ha escogido el hidrograma sintético de Clark.

El componente de tránsito de caudales se utiliza para representar el movimiento de las ondas de creciente en un canal. La entrada es el hidrograma de aguas arriba que resulta de las contribuciones individuales o combinadas de la escorrentía de las subcuencas, el tránsito

de caudales o las derivaciones. La simulación empieza en la parte más alta de la subcuenca en uno de los brazos de la red de cauces y prosigue aguas abajo hasta alcanzar una confluencia. Los caudales se combinan en la confluencia y éste caudal combinado se transita aguas abajo.

Contiene múltiples opciones de metodologías para el cálculo de pérdidas, transformación lluvia-caudal y tránsito en cauce, de las cuales se han seleccionado para éste caso, el método de la Curva Numero, del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, el Hidrograma sintético de Clark y el método de Muskingum-Cunge, respectivamente.

A fin de determinar la fracción que escurre de la precipitación caída, se utilizó el método de la Curva Numero, incorporado ya en el modelo.

Para su aplicación se determinaron los coeficientes CN, que dependen del tipo de suelo, la practica agrícola, la cobertura vegetal, etc., para la Condición de humedad antecedente “III” (precipitación acumulada antecedente a la tormenta, en los 5 días previos, mayor de 53 mm).

La Abstracción Inicial  $I_a$ , que comprende la precipitación ocurrida antes del inicio de la escorrentía (almacenamiento en depresiones, intercepción e infiltración inicial), es considerada como pérdida y no aporta al flujo superficial.

Se adoptó la relación empírica  $I_a = 0,2 * S$ , donde  $S$  es la infiltración potencial. La relación entre  $S$  y CN es la siguiente:

$$S \text{ (mm)} = \frac{25400}{CN} - 254$$

El Tiempo de Concentración fue determinado sobre la base de la ecuación empírica de Kirpich:

$$T_c \text{ (min)} = 0,0195 \times (\text{Desnivel})^{-0,385} \times (\text{Longitud})^{1,155}$$

### **III.3.4.3.1.- Adecuación de la Información para la Aplicación del modelo**

#### **III.3.4.3.1.1.- Parámetros Hidrogeomorfológicos de las Subcuencas**

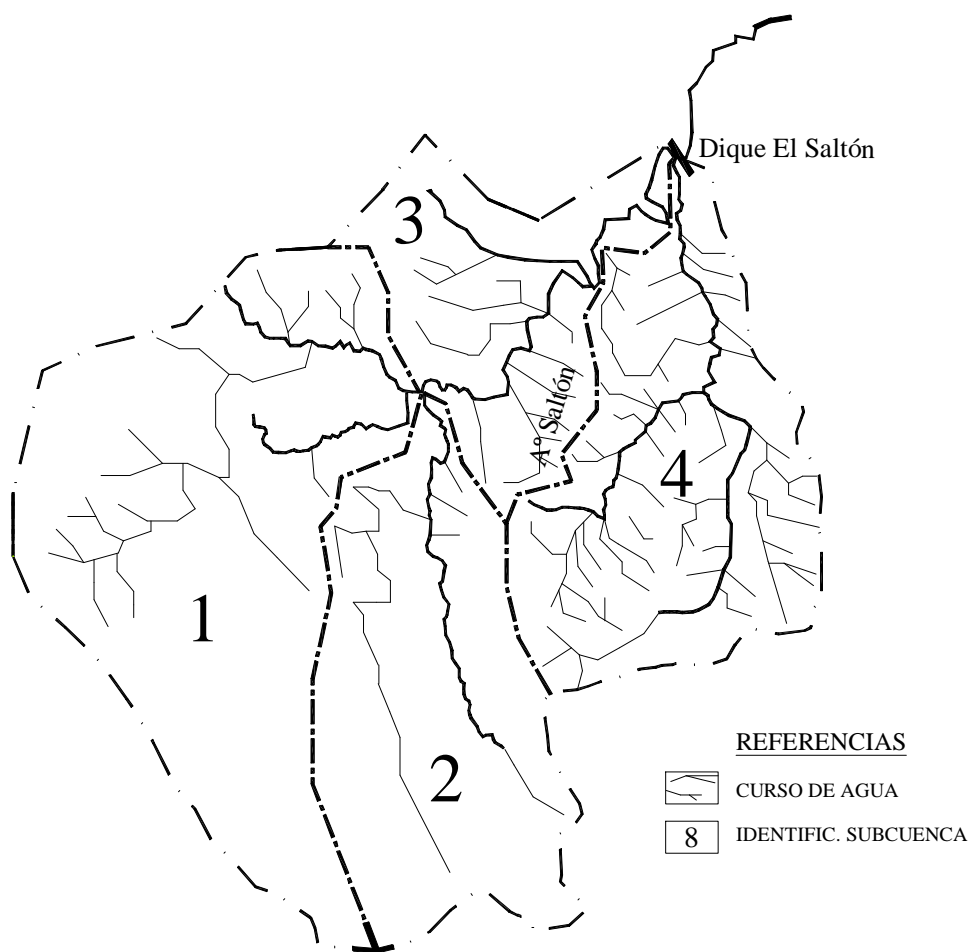
Sobre la base de la interpretación de la cartografía se identificaron las cuencas y subcuencas de aporte hasta el punto de cálculo de la crecida de diseño.

La subdivisión se realizó con un criterio de homogeneidad en el relieve fundamentalmente, teniendo en cuenta que con una mayor subdivisión se obtiene mayor precisión en el resultado.

La ubicación y extensión de subcuencas puede observarse en el Mapa N° III.3.4.3.1.-

#### **CUENCA Y SUBCUENCAS**

**MAPA III.3.4.3.1.-**



Los parámetros de cada subcuenca necesarios para la simulación del modelo: la longitud de los cursos principales que desaguan cada subcuenca, la superficie imbrífera; la pendiente longitudinal; el tiempo de concentración; el coeficiente de escorrentía para áreas homogéneas de tipo de suelo y cobertura; etc.. se detallan en el Cuadro N° III.3.4.3.1.1.-

#### PARÁMETROS DE SUBCUENCAS

**Cuadro N° III.3.4.3.1.1.-**

IDENTIFICACIÓN	Superficie de la cuenca	LONGITUD	COTA SUP.	COTA INF.	DESNI-VEL	TC	PEN-DIENTE	CN
	km <sup>2</sup>	m	msnm.	msnm.	m	horas	%	
1	31,00	8800	2000	550	1450	0,71	16%	64
2	26,00	9600	1800	550	1250	0,83	13%	64
3	16,00	5500	800	440	360	0,70	7%	64
4	27,00	12200	1000	440	560	1,49	5%	64
1 - 3		4500	550	440	110	0,88	2%	
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>							

**Tiempo de Concentración de la cuenca (horas): 1,71**

**CN = 64:** corresponde a condición III de humedad antecedente, suelo B y cobertura bosque natural muy espeso.

#### III.3.4.3.1.2.- Tormentas de Diseño

La tormenta de diseño adoptada tiene centro en el Dique El Saltón, adoptada en función de lo analizado en el apartado de precipitaciones máximas diarias.

Los montos diarios adoptados para cada recurrencia son los siguientes:

RECURRENCIA (años)	ESTACIÓN POTRERO DEL CLAVILLO
100	183
50	166
10	124

Mediante el método de las isohietas, (Mapa N° III.3.2.2.1.-), se determinó la precipitación media en cada subcuenca y para las distintas recurrencias (Cuadro N° III.3.4.3.1.2.1.-)

**PRECIPITACIÓN DE DISEÑO POR SUBCUENCA****Cuadro N° III.3.4.3.1.2.1.-**

IDENTIFICACIÓN	SUPERFICIE DE LA CUENCA	PRECIPITACIÓN DE DISEÑO		
		POTRERO DEL CLAVILLO		
	km <sup>2</sup>	10 años	50 años	100 años
		124	166	183
1	31,00	99	133	146
2	26,00	99	133	146
3	16,00	112	149	165
4	27,00	112	149	165

Para la adopción de la distribución temporal de la tormenta de diseño se analizaron tres tormentas muy importantes ocurridas el 4/5 y el 7/8 de Marzo de 2000 y el 18/19 de Enero de 2001, registradas con pluviógrafo de la Subestación Santa Ana de la Estación Experimental O. Colombres.

Los registros se detallan en el Cuadro N° III.3.4.3.1.2.2.-, donde se aprecia que durante dos horas se precipitó entre el 60 y el 65% del total. Este comportamiento es típico de las tormentas locales y se describen muy bien mediante el hietograma sintético desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, para duración de 24 horas, con intervalo de tiempo desagregado de 30 minutos.

Sobre la base del mismo se desagregó temporalmente la tormenta de diseño. En el Cuadro N° III.3.4.3.1.2.3.- (10 años), Cuadro N° III.3.4.3.1.2.4.- (50 años) y Cuadro N° III.3.4.3.1.2.5.- (100 años) se detallan los valores obtenidos.



**TORMENTAS REGISTRADAS DURANTE 2000 Y 2001 EN LASUBESTACION S.**

FECHA	HORA	LLUVIA	%
18/01/2001	2300	0,0	0%
18/01/2001	2400	5,2	4%
19/01/2001	0	5,2	4%
19/01/2001	100	13,0	11%
19/01/2001	200	18,8	15%
19/01/2001	300	46,0	38%
19/01/2001	400	33,4	27%
19/01/2001	500	0,2	0%
19/01/2001	600	0,0	0%
19/01/2001	700	0,0	0%
19/01/2001	800	0,0	0%
19/01/2001	900	0,2	0%

FECHA	HORA	LLUVIA	%
04/03/2000	1900	61,9	61%
04/03/2000	2000	7,7	8%
04/03/2000	2100	1,6	2%
04/03/2000	2200	2,3	2%
04/03/2000	2300	2,9	3%
04/03/2000	2400	6,4	6%
05/03/2000	0	6,4	6%
05/03/2000	100	3,0	3%
05/03/2000	200	1,4	1%
05/03/2000	300	2,3	2%
05/03/2000	400	1,3	1%
05/03/2000	500	0,9	1%

F
07
07
07
07
07
08
08
08
08
08
08
08

FECHA	HORA	LLUVIA	%
<b>Total</b>		<b>122,0</b>	

FECHA	HORA	LLUVIA	%
05/03/2000	600	0,2	0%
05/03/2000	700	0,4	0%
05/03/2000	800	0,5	1%
05/03/2000	900	1,8	2%
<b>Total</b>		<b>101,0</b>	

F
08
08
08
<b>To</b>

**DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LLUVIAS DE DISEÑO**

**Cuadro N° III.3.4.3.1.2.3.-**

<b>CADA 30 MINU- TOS</b>	<b>10 años de recurrencia</b>	
	<b>99</b>	<b>112</b>
<b>HORA</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
0,00	0	0
0,50	0	1
1,00	0	1
1,50	0	1
2,00	0	1
2,50	1	1
3,00	1	1
3,50	1	1
4,00	1	1
4,50	1	1
5,00	1	1
5,50	1	1
6,00	1	1
6,50	1	1
7,00	1	1
7,50	1	1
8,00	1	2
8,50	1	2
9,00	2	2
9,50	2	2

<b>CADA 30 MINU- TOS</b>	<b>10 años de recurrencia</b>	
	<b>99</b>	<b>112</b>
<b>HORA</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
10,00	2	2
10,50	3	3
11,00	3	4
11,50	5	5
12,00	<b>20</b>	<b>23</b>
12,50	<b>20</b>	<b>23</b>
13,00	5	5
13,50	3	4
14,00	3	3
14,50	2	2
15,00	2	2
15,50	2	2
16,00	2	2
16,50	1	1
17,00	1	1
17,50	1	1
18,00	1	1
18,50	1	1
19,00	1	1
19,50	1	1
20,00	1	1
20,50	0	1
21,00	0	1

<b>CADA 30 MINU- TOS</b>	<b>10 años de recurrencia</b>	
	<b>99</b>	<b>112</b>
<b>HORA</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
21,50	0	1
22,00	0	1
22,50	0	1
23,00	0	1
23,50	0	1
24,00	1	1

**DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LLUVIAS DE DISEÑO****Cuadro N° III.3.4.3.1.2.4.-**

<b>CADA 30 MINU- TOS</b>	<b>50 años de recurrencia</b>	
	<b>133</b>	<b>149</b>
<b>HORA</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
0,00	0	0
0,50	1	1
1,00	1	1
1,50	1	1
2,00	1	1
2,50	1	1
3,00	1	1
3,50	1	1
4,00	1	1
4,50	1	1

<b>CADA 30 MINU- TOS</b>	<b>50 años de recurrencia</b>	
	<b>133</b>	<b>149</b>
<b>HORA</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
5,00	1	1
5,50	1	1
6,00	1	1
6,50	1	1
7,00	1	1
7,50	2	2
8,00	2	2
8,50	2	2
9,00	2	3
9,50	3	3
10,00	3	3
10,50	4	4
11,00	5	5
11,50	6	7
12,00	27	30
12,50	27	30
13,00	7	7
13,50	5	5
14,00	3	4
14,50	2	3
15,00	2	3
15,50	2	3
16,00	3	3

*Dique Derivador y Canal El Saltón*  
*Río Saltón – Provincia de Tucumán*

<b>CADA 30 MINU- TOS</b>	<b>50 años de recurrencia</b>	
	<b>133</b>	<b>149</b>
<b>HORA</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
16,50	1	1
17,00	1	1
17,50	1	1
18,00	1	1
18,50	1	1
19,00	1	1
19,50	1	1
20,00	1	1
20,50	1	1
21,00	1	1
21,50	1	1
22,00	1	1
22,50	1	1
23,00	1	1
23,50	1	1
24,00	1	1

**DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LLUVIAS DE DISEÑO****Cuadro N° III.3.4.3.1.2.5.-**

<b>CADA 30 MINU- TOS</b>	<b>100 años de recurrencia</b>	
	<b>146</b>	<b>165</b>
<b>HORA</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
0,00	0	0
0,50	1	1
1,00	1	1
1,50	1	1
2,00	1	1
2,50	1	1
3,00	1	1
3,50	1	1
4,00	1	1
4,50	1	1
5,00	1	1
5,50	1	1
6,00	1	1
6,50	1	1
7,00	1	1
7,50	2	2
8,00	2	2
8,50	2	2
9,00	3	3
9,50	3	3
10,00	3	4



*Dique Derivador y Canal El Saltón*  
*Río Saltón – Provincia de Tucumán*

<b>CADA 30 MINU- TOS</b>	<b>100 años de recurrencia</b>	
	<b>146</b>	<b>165</b>
<b>HORA</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
10,50	4	4
11,00	5	6
11,50	7	8
12,00	<b>29</b>	<b>33</b>
12,50	<b>29</b>	<b>33</b>
13,00	7	8
13,50	5	6
14,00	4	4
14,50	3	3
15,00	3	3
15,50	3	3
16,00	3	3
16,50	1	1
17,00	1	1
17,50	1	1
18,00	1	1
18,50	1	1
19,00	1	1
19,50	1	1
20,00	1	2
20,50	1	1
21,00	1	1
21,50	1	1

CADA 30 MINU- TOS	100 años de recurrencia	
	146	165
HORA	mm	mm
22,00	1	1
22,50	1	1
23,00	1	1
23,50	1	1
24,00	1	1

#### **III.3.4.3.1.3.- Esquema de Modelación de la Cuenca**

El esquema de cálculo fue construido desde las nacientes de los afluentes más importantes y desde cada subcuenca, donde se transforma la lámina media de precipitación caída en caudal a la salida de la misma, distribuido temporalmente según el hietograma de tormenta, en forma de hidrograma.

Los hidrogramas se van sumando y transitando en cauce hasta arribar al punto de salida. El esquema de cálculo resultante es el siguiente:

SUM 1 : Suma = CCA 1 + CCA 2

TRAN 1 = Tránsito de SUM 1

SALTON : Suma = CCA 3 + TRAN 1 + CCA 4

#### **III.3.4.3.1.4.- Tránsito de Caudales en Cauce**

La adopción del coeficiente de rugosidad  $n$  de Manning, para los tránsitos en cauce, fue realizada sobre la base del conocimiento del tipo de cursos naturales existentes, apoyado por reconocimientos de campaña.

#### **III.3.4.3.1.5.- Hidrogramas de Crecida Resultantes**

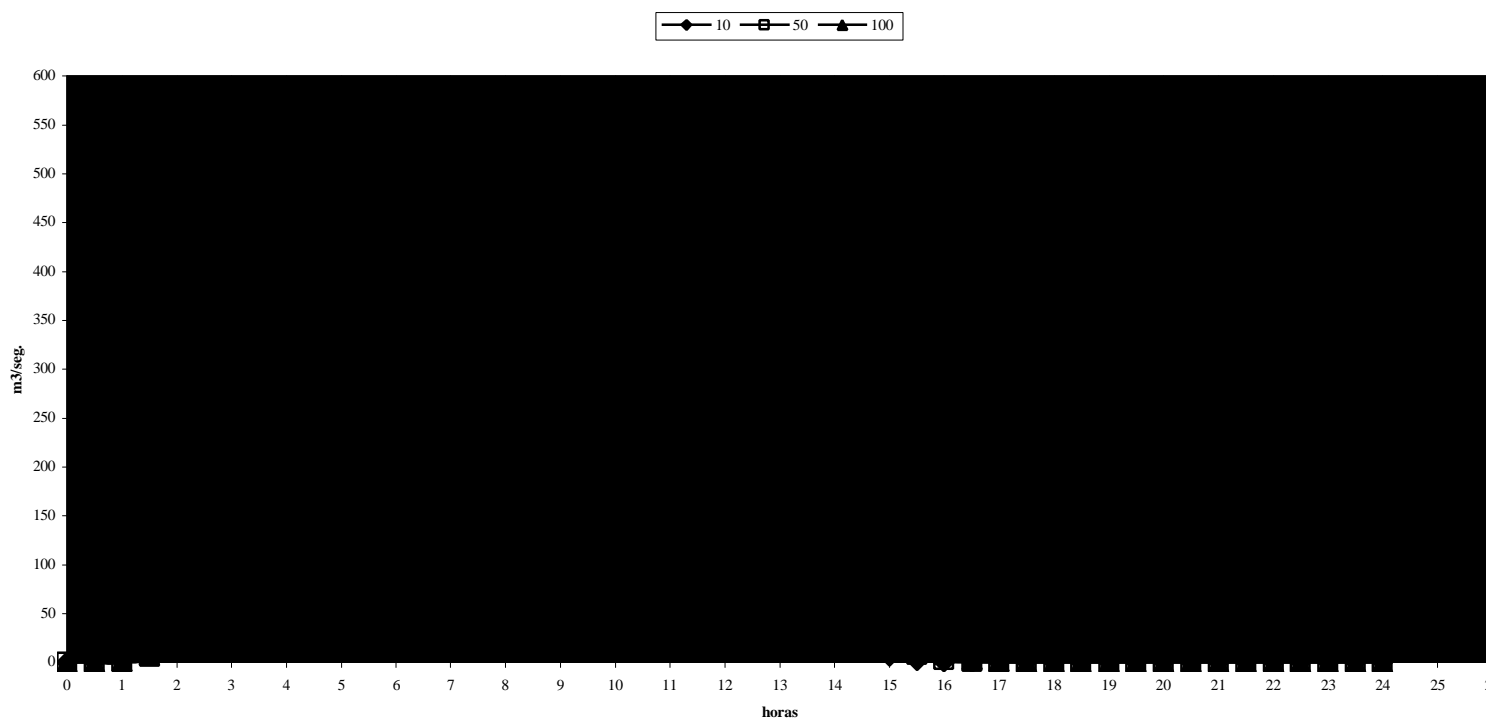
Un resumen de los resultados obtenidos puede observarse en el siguiente cuadro:

*Dique Derivador y Canal El Saltón*  
*Río Saltón – Provincia de Tucumán*

<b>RECURRENCIA</b>	<b>CAUDAL PICO</b>
(años)	(m <sup>3</sup> /seg)
10	216
50	337
100	529

Los hidrogramas de crecida obtenidos para 10, 50 y 100 años de recurrencia se detallan en el Gráfico N° III.3.4.3.1.5.1.-

GRAFICO N° 5.1.5.1.: HIDROGRAMAS DE CRECIDA 10, 50 Y 100 AÑOS  
DIQUE EL SALTON.



### **III.4.- REQUERIMIENTOS HÍDRICOS E HIDROECONOMÍA**

#### **III.4.1.- Requerimientos Hídricos**

##### **III.4.1.1.- Clasificación Climática**

Se realizó una clasificación climática del área bajo riego, según la metodología de Koppen. Para ello se utilizaron los datos de temperaturas y precipitaciones medias mensuales de la localidad de Santa Ana.

El tipo de clima presente se indica con las letras Cw<sub>h</sub>a, que indica un clima templado con invierno seco y verano húmedo. Los climas “w” son aquellos en los cuales el monto de lluvia del mes más húmedo es 10 veces mayor o más que el del mes más seco. La temperatura media del mes más frío (Julio) es de 12,6°C, inferior a 18°C pero superior a -3°C, mientras que la temperatura media del mes más caluroso (Enero) es superior a 10°C (25,4°C).

La “h” indica que el clima es frío, con Temperatura media anual superior a 18 °C y la media del mes más frío inferior a 18 °C.

La “a” indica que la temperatura del mes más cálido es mayor de 22 °C y que la temperatura de 4 o más meses es superior a 10 °C.

También se realizó el balance hídrico-climático según Thornthwaite, comparándose las precipitaciones con la evapotranspiración mensual, observándose en la siguiente tabla el déficit permanente durante el año.

**LOCALIDAD: SANTA ANA**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ME-DIA
TEMPERATURA MEDIA	25,4	24,9	23,2	19,3	15,8	12,6	12,4	14,8	17,4	20,9	22,7	25,0	19,5
ÍNDICE CALÓRICO	11,64	11,02	9,75	7,67	5,93	4,10	4,00	4,91	6,78	8,41	10,01	11,99	96,21
EVAPOTRANSPIRACIÓN POT. CORREGIDA	150,0	111,4	104,2	69,1	49,0	26,1	25,7	36,1	60,0	92,9	114,2	158,6	997
PRECIPITACIÓN MENSUAL	273,6	209,7	175,1	104,8	40,9	19,1	18,0	15,8	35,8	51,6	137,8	144,6	1149
BALANCE	123,6	98,3	70,9	35,7	-8,1	-7	-7,7	-20,3	-24,2	-41,3	23,6	-14	

### **III.4.1.2.- Recopilación, Análisis y Actualización de Estudios Existentes**

Se realizó una recopilación y evaluación de información existente y una síntesis integradora de los aspectos más importantes del sistema de riego, basada fundamentalmente en los datos existentes en la Dirección de Irrigación.

El clima es templado, la precipitación anual oscila en los 1100 mm, concentrada en el semestre noviembre-abril, mientras que la evapotranspiración es de 1000 mm. anuales, presentándose un déficit hídrico-climático de Agosto a Noviembre, aunque de escasa importancia (85 mm).

Las áreas de cultivo corresponden en su mayor parte a abanicos y terrazas aluviales, con relieve ondulado e importantes pendientes hacia el oeste, con pendientes del 2% al 4%.

La textura del suelo fluctúa desde franco-grueso a limoso-fino, mientras que hacia el pedemonte se hallan gravas.

Las lomadas se hallan afectadas por severos procesos de cárcavas y los caminos vecinales operan como desagües durante el verano, debido a la falta de una red de desagüe pluvial organizada. La infraestructura de riego es entonces solicitada más allá de sus posibilidades, desbordándose canales que afectan a las localidades de aguas abajo.

Los afluentes que conforman el río Chico (Saltón y Tacanas) son de régimen torrencial y su mayor aporte proviene de las precipitaciones del verano, que provocan los mayores caudales durante el semestre húmedo (noviembre-abril) y pronunciada bajante en el seco.

El río Saltón tiene un módulo estimado de  $1,14 \text{ m}^3/\text{seg}$ , con un máximo medio mensual de  $2,47 \text{ m}^3/\text{seg}$ . en Marzo y un mínimo medio mensual de  $0,459 \text{ m}^3/\text{seg}$ . en Octubre, aunque desde Julio a Octubre inclusive el caudal no supera los  $0,500 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Su aporte anual es de  $36 \text{ hm}^3$ .

De la margen derecha del río Tacanas, antes de la junta con el Río Saltón, nace el canal denominado De Las Lomas, de 6500m de longitud y  $1 \text{ m}^3/\text{seg}$  de capacidad. Este canal termina aguas arriba del dique de derivación El Saltón, reforzando los caudales de éste.

El canal El Saltón tiene 27.700 m de recorrido y  $3 \text{ m}^3/\text{seg}$  de capacidad.

Sobre el Río Tacanas otra toma auxiliar refuerza los caudales derivados por la toma de la colonia n° 15, que alimenta el canal de Fábrica, de 10000 m de longitud y  $1,5 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Los dos canales son excavados en tierra y sufren frecuentes roturas al encauzar los grandes volúmenes excedentes de agua superficial.

El sistema de canales de Santa Ana fue de mayor importancia mientras abastecía de agua al ex ingenio homónimo. A partir de su cierre el sistema se fue abandonando poco a poco.

Se realizó una digitalización del área y del sistema de riego existente, sobre la imagen satelital Landsat 5 de 1997. (Plano N° III.4.1.-)

La garantía de abastecimiento de agua para riego en las condiciones actuales es pobre, por un lado porque la época de aguas bajas del río coincide con la de mayor demanda de riego y por otro por la baja eficiencia de conducción del sistema, a consecuencia del mal estado de conservación de las obras.

El principal cultivo regado es la caña de azúcar y su riego es complementario de las precipitaciones, regándose eventualmente según sea un año seco, medio o húmedo. Se estima una superficie promedio servida de 1200 ha.

La conducción del agua se realiza por canales a cielo abierto, con derivación parcelaria en las acequias secundarias y terciarias. La distribución se realiza a la demanda, entregándose a cada concesionario un caudal de riego por un tiempo determinado en función de la disponibilidad hídrica del momento y los requerimientos en el sistema. El agua para hacienda es un caudal continuo.

El método de riego utilizado tradicionalmente es el superficial, por surcos. En los últimos años en virtud de la plantación de algunas hectáreas de citrus se han incorporado equipos de aspersión móvil y de goteo.

Se estima una eficiencia a nivel de parcela del 40% y a nivel de conducción del 60%, lo que arroja un valor de eficiencia global de un 24%.

La red de riego es administrada por la Dirección de Irrigación a través de la Sub-Compartición de riego de Santa Ana, con escasa colaboración de la Junta de Regantes.

#### **III.4.1.3.- Demanda Hídrica**

Los requerimientos hídricos comprenden tanto las necesidades de riego de los cultivos del área como la demanda de agua para ganadería, a pesar de que ésta es insignificante.

Las necesidades de riego han sido determinadas sobre la base de los valores de evapotranspiración calculados para caña de azúcar<sup>11</sup>.

Sobre la base de la superficie actualmente servida se calcularon las necesidades de riego netas, las cuales fueron afectadas por la eficiencia global del sistema, obteniéndose las necesidades de riego brutas.

---

<sup>11</sup> Posibilidades de Riego en Tucumán, publicado por el INTA Famaillá de Tucumán en el año 1995



	EFICIENCIAS		EFICIENCIA GLOBAL
SISTEMA	CONDUCCIÓN	APLICACIÓN	TOTAL (%)
DIQUE SALTÓN	(CANAL TIERRA)	SURCOS	
	60	40	24

El ciclo de cultivo considerado es el siguiente:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	SUPERFICIE		CULTIVOS
												Ha.	(%)	CAÑA DE
												1200	100%	AZÚCAR

El cálculo se realizó a nivel mensual teniendo en cuenta el total anual de precipitaciones que pueda ser igualado o superado con probabilidad de ocurrencia de un 10%, 50% y un 90% (estación Potrero del Clavillo).

Para preservar la distribución mensual del año promedio de periodo se determinaron los porcentajes mensuales y se multiplicaron por los totales anuales de los años típicos.

Los valores mensuales han sido afectados por coeficientes empíricos<sup>12</sup> que permiten obtener la precipitación efectiva, debido a que la precipitación natural registrada por el instrumental no es aprovechada totalmente por el cultivo.

#### DETERMINACIÓN PRECIPITACIÓN EFECTIVA

PRECIPITACIÓN REGISTRADA (mm)	COEFICIENTE
< 50	0.90
51 – 100	0.80
> 100	0.70

<sup>12</sup> INCYTH, CENTRO REGIONAL ANDINO: "Evaluación y Diagnóstico de Riego en la Provincia de Catamarca". 1983

Los resultados pueden observarse en el Cuadro N° III.4.1.3.1.-

Luego se calcularon los valores de necesidad de riego mensual a nivel de Toma, en mm de riego, para los tres años típicos. (Cuadro N° III.4.1.3.2.-)

Se calculó a nivel mensual la necesidad de riego total, en volumen, mediante la afectación de la superficie considerada de caña de azúcar. Los resultados se detallan en Cuadro N° III.4.1.3.3.-

**PRECIPITACIONES MENSUALES (mm/mes)**

<b>AÑO</b>	<b>PERIODO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>
HÚMEDO	1980-81	8,5	82,5	60,5	103,2	249,3	381,0	123,0	180,9	26,0	1
MEDIO	1972-73	1,0	16,0	138,2	91,5	139,7	100,7	353,6	79,2	61,2	
SECO	1988-89	19,0	12,0	23,0	103,5	120,8	62,0	206,1	77,5	8,3	1

**AÑO PROMEDIO ESTACIÓN POTRERO DEL CLAVILLO**

PROMEDIO	24,1	53,8	105,6	134,0	195,7	175,5	168,7	66,6	29,9	1
(%)	2,4%	5,5%	10,7%	13,6%	19,9%	17,8%	17,1%	6,8%	3,0%	1,1%

**AÑOS HÚMEDO, MEDIO Y SECO, CON DISTRIBUCIÓN MENSUAL SIMILAR AL A**

AÑO HÚMEDO	31	70	138	175	255	229	220	87	39	
AÑO MEDIO	25	55	107	136	199	178	171	68	30	
AÑO SECO	16	36	70	89	129	116	112	44	20	

**PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)**

AÑO HÚMEDO	28	56	96	122	179	160	154	69	35	
AÑO MEDIO	22	44	75	95	139	125	120	54	27	
AÑO SECO	14	32	56	71	91	81	78	40	18	

**NECESIDAD DE RIEGO MENSUAL (mm/mes)**

**LOCALIDAD: RÍO CHICO**

**CICLO: AGOSTO-MARZO - AÑOS HÚMEDO, MEDIO Y SECO**

**CULTIVO: CAÑA DE AZUCAR**

MES	EVAPOTRANSPIRACIÓN (mm)	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm)			NECESIDAD DE RIEGO NETA (mm)		
		10 %	50 %	90 %	10 %	50 %	90 %
ENERO	235	179	139	91	56	96	144
FEBRERO	215	160	125	81	55	90	134
MARZO	174	154	120	78	20	54	96
ABRIL							
MAYO							
JUNIO							
JULIO							
AGOSTO	64	14	11	7	50	53	57
SEPTIEMBRE	96	28	22	14	68	74	82
OCTUBRE	129	56	44	32	73	85	97

MES	EVAPOTRANSP. (mm)	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm)			NECESIDAD DE RIEGO NETA (mm)		
		10 %	50 %	90 %	10 %	50 %	90 %
NOVIEMBRE	134	96	75	56	38	59	78
DICIEMBRE	190	122	95	71	68	95	119
TOTAL	1237	809	631	430	428	606	807

**N.R.TOTAL= N.R.BRUTA/EFA**

**EFA = 24%**

## HIDROECONOMÍA

### NECESIDAD DE RIEGO A NIVEL TOMA (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
HÚMEDO	235	229	84					210	282	304
MEDIO	400	376	225					221	308	355
SECO	602	557	400					238	340	404

### DEMANDA HÍDRICA (m3/mes).

**SUPERFICIE: 1.200 ha.**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
HÚMEDO	2821933	2746501	1003897	0	0	0	0	2516708	3383894	3644373
MEDIO	4795140	4515367	2704825	0	0	0	0	2650000	3696870	4264449
SECO	7219961	6689080	4795051	0	0	0	0	2853303	4081477	4848500

### DEMANDA HÍDRICA (m3/seg.)

**SUPERFICIE: 1.200 ha.**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT
HÚMEDO	1,054	1,135	0,375	0	0	0	0	0,940	1,306	1,361
MEDIO	1,790	1,866	1,010	0	0	0	0	0,989	1,426	1,592
SECO	2,696	2,765	1,790	0	0	0	0	1,065	1,575	1,810

**BALANCE HÍDRICO (m3/seg.)**

<b>AÑO</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>
HÚMEDO	DISPONIBILIDAD	1,774	2,348	2,819	2,112	0,959	0,710	0,673	0,704	0,717
1960-61	DEMANDA	1,054	1,135	0,375	0	0	0	0	0,940	1,306
	<b>BALANCE</b>	<b>0,720</b>	<b>1,213</b>	<b>2,444</b>	<b>2,112</b>	<b>0,959</b>	<b>0,710</b>	<b>0,673</b>	<b>-0,236</b>	<b>-0,588</b>
MEDIO	DISPONIBILIDAD	1,824	1,299	4,785	2,520	1,657	0,539	0,356	0,807	0,180
1972-73	DEMANDA	1,790	1,866	1,010	0	0	0	0	0,989	1,426
	<b>BALANCE</b>	<b>0,034</b>	<b>-0,567</b>	<b>3,775</b>	<b>2,520</b>	<b>1,657</b>	<b>0,539</b>	<b>0,356</b>	<b>-0,183</b>	<b>-1,246</b>
SECO	DISPONIBILIDAD	0,434	0,384	0,627	0,624	0,229	0,432	0,383	0,346	0,864
1971-72	DEMANDA	2,696	2,765	1,790	0	0	0	0	1,065	1,575
	<b>BALANCE</b>	<b>-2,262</b>	<b>-2,381</b>	<b>-1,163</b>	<b>0,624</b>	<b>0,229</b>	<b>0,432</b>	<b>0,383</b>	<b>-0,720</b>	<b>-0,711</b>

### **III.4.2.- Hidroeconomía.**

Para la evaluación del funcionamiento del derivador, se realizó un análisis hidroeconómico para los años característicos húmedo, medio y seco, consistente en un balance de caudales de aportes y demandas.

En el caso de la oferta, se disponen solamente de valores del año 1972-73 (año medio), no así del año seco (1988-89) y húmedo (1980-81). Por ello, del análisis de duración de las precipitaciones se han adoptado los años más cercanos de los que se dispone información de caudales:

Año Seco: 1971-72

Año Húmedo: 1960-61

Se ordenaron entonces los datos de caudales medios mensuales que representan la oferta del río y las demandas totales (Cuadro N° III.4.1.3.3.-).

Comparando la oferta con la demanda se aprecia que hay un trimestre donde existe déficit en las tres situaciones hídricas hipotéticas: Agosto a Octubre.

Durante un año húmedo el déficit máximo es de  $0,614 \text{ m}^3/\text{seg.}$  en el mes de Octubre.

En un año medio ese déficit se produciría durante los meses de Agosto a Diciembre, inclusive Febrero, con un máximo en Setiembre ( $1,246 \text{ m}^3/\text{s.}$ ).

En el año seco se produce déficit más extendido, prácticamente durante toda la campaña de riego de la caña de azúcar, desde Agosto a Marzo, con un máximo en Febrero ( $2,381 \text{ m}^3/\text{s.}$ ).

Este análisis indica que en el caso de requerirse el riego simultáneo de 1.200 ha. de caña de azúcar, habría insuficiencia de caudales inclusive en el año medio.

Por ello es de suma importancia la derivación de caudales desde el Río Tacanas hacia el Saltón, desde la Toma del Canal de las Lomas, reforzando el servicio con hasta  $1 \text{ m}^3/\text{seg.}$



La capacidad de conducción del canal matriz que se deriva desde el Dique El Saltón se aprecia como adecuada, ya que aún en la situación más exigente la demanda no supera los 3 m<sup>3</sup>/seg.

En función de las eficiencias adoptadas, se considera conveniente el mejoramiento del revestimiento del canal matriz y la impermeabilización progresiva del mismo en los tramos excavados en tierra. Esto permitirá, por otro lado, darle mayor vida útil ante las descargas de detritos de las laderas.