

Santa Rosa, La Pampa, 8 de Agosto de 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Secretaría de Investigación y Postgrado

Maestría en Recursos Hídricos

Tesis de Maestría en Recursos Hídricos

Para la obtención del título

Magíster en Recursos Hídricos

**“Modelo de gestión del agua potable para localidades abastecidas por el
Acueducto del Río Colorado”**

Autor, Ing. José Luis Pico

Director, Dr. Carlos Juan Schulz Altamirano



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA
Secretaría de Investigación y Posgrado
Maestría en Recursos Hídricos

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Secretaría de Investigación y Postgrado

Maestría en Recursos Hídricos

Tesis de Maestría en Recursos Hídricos

Para la obtención del título

Magíster en Recursos Hídricos

**“Modelo de gestión del agua potable para localidades abastecidas por el
Acueducto del Río Colorado”**

Autor, Ing. José Luis Pico

Director, Dr. Carlos Juan Schulz Altamirano

Dedicatoria

A mi esposa Romina

A mis hijos Mora y Jerónimo

AGRADECIMIENTOS

A la empresa AGUAS DEL COLORADO SAPEM, quien financio parcialmente la maestría.

A las autoridades de Aguas del Colorado y especialmente al personal de la empresa por poder cumplir este objetivo.

A mi Director Carlos Schulz, quien fue el que me orientó a trabajar sobre el modelo de Gestión del Agua, depositó su confianza y me alentó permanentemente durante las diferentes etapas transitadas en el transcurso de la maestría.

Al Ing. Martin Iglesia, quien con su enorme paciencia y amplios conocimientos en informática y acueductos logró interpretar las ideas expresadas y desarrollar la Aplicación utilizada en la modelación.

Al Ing. Alfredo Reale, especialista de gran trayectoria con amplios conocimientos sobre los recursos hídricos fue una ayuda invaluable en los temas desarrollados en el presente estudio.

A todos los compañeros y docentes que conocí en los cursos de esta maestría, quienes estuvieron siempre dispuestos a colaborar desinteresadamente conformando un ámbito de camaradería y respeto.

Y especialmente a mi madre Marta que me guía desde el cielo, a mi padre Jorge Luis y hermanos Jorge, María Marta y Juan.

INDICE

RESUMEN

1	CAPÍTULO: GENERALIDADES	1
1.1	Introducción	1
1.2	Antecedentes	3
1.2.1	Acuíferos	3
1.2.2	Acueductos	5
1.2.3	Acueducto del Río Colorado	7
1.3	Problema científico	15
1.4	Objetivos	18
1.4.1	Generales	18
1.4.2	Específicos	18
1.5	Metodología	18
1.5.1	Recopilación y síntesis bibliográfica	18
1.5.2	Operaciones de Campo	18
1.5.3	Procesamiento e interpretación de los datos	19
1.5.4	Casos de estudio	19
2	CAPÍTULO: CARACTERÍSTICAS DE LA ECONOMÍA DEL AGUA	21
2.1	Naturaleza del servicio de agua potable	21
2.2	Valoración del Recurso Hídrico	22
2.3	El Mercado del Agua	24
2.3.1	Demanda de Agua	25
2.3.2	Oferta de Agua	26
2.4	Objetivos de la estructura tarifaria	28
2.4.1	Tipos de Estructura Tarifaria	28
2.4.2	Sistema tarifario vigente en la provincia de la Pampa	29
2.5	Empresas distribuidoras en la provincia de la Pampa	30
2.5.1	Entes Gubernamentales	31
2.5.2	Cooperativas	32
3	CAPÍTULO: PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA EN LA PAMPA	35
3.1	Introducción	35
3.2	Práctica de la Planificación Hidrológica	37
3.3	Planificación y sociedad	39
3.4	Planificación y Gestión de Aguas del Colorado SAPEM	40

3.5	Planificación y Gestión del Agua para Uso Humano	47
3.5.1	Evaluación de la Demanda	48
3.5.2	Demanda para Uso Urbano	49
3.5.2.1	Estructura de la Población	49
3.5.2.2	Estudio Demográfico	50
3.5.2.3	Dotación	54
3.5.3	Demanda para Uso Rural	59
3.5.4	Calidad del Agua	59
3.6	Consideraciones Finales	61
4	CAPÍTULO: PROPUESTA DEL MODELO DE GESTIÓN PARA EL AGUA POTABLE EN LA PAMPA	62
4.1	MODELO CONCEPTUAL	62
4.1.1	Descripción del Modelo	62
4.1.2	Modelo Conceptual Utilizado	63
4.2	MODELO NUMÉRICO	65
4.2.1	Introducción	65
4.2.2	Desarrollo de la Aplicación	65
4.2.3	Descripción	66
4.2.3.1	Página inicial:	66
4.2.3.2	Acuífero	67
4.2.3.3	Acueductos	77
4.2.3.4	Modelos de Gestión	80
4.3	Procesamiento de Datos y Cálculos	85
4.3.1	Introducción	85
4.3.2	Determinación de los Costos en la Producción Local	85
4.3.3	Determinación de las características de una Batería	92
5	CAPÍTULO: CASO DE ESTUDIO	94
5.1	Introducción	94
5.2	Ubicación y Clima	94
5.3	Geología y Estratigrafía del Suelo	95
5.4	Informe Sintético	96
5.4.1	Calidad química del agua	96
5.4.2	Capacidad potencial del acuífero	97
5.4.3	Evolución de la calidad química y niveles estáticos	97
5.4.4	Encuesta	101
5.5	Simulación	102

5.5.1	Simulación 1	102
5.5.2	Simulación 2	108
5.5.3	Resultados	114
6	CAPÍTULO: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXO	

RESUMEN

El objetivo general consistió en desarrollar, un modelo de gestión del agua potable, considerando, la disponibilidad de agua (oferta), la calidad y la factibilidad económica, centrándose principalmente en abastecer al consumo humano y potenciar el desarrollo de la región (demanda).

En los últimos años se han producido cambios en la manera tradicional de administrar los recursos hídricos. El uso de modelos de gestión brinda la posibilidad de manipular grandes cantidades de datos permitiendo describir distintos escenarios, optimizar la actividad en sistemas ambientales sometidos a demandas variables e imprevistas, atendiendo el gerenciamiento responsable de los recursos y contribuyendo a garantizar la sustentabilidad de los sistemas hídricos.

La primera parte del trabajo describió las fuentes de aprovisionamiento del recurso, la oferta, ellas son los acuíferos y acueductos. Se realizó una reseña sobre las características económicas del agua como así también la planificación y gestión del agua en La Pampa. Como núcleo central se describió el modelo, utilizado como ejemplo una localidad abastecida por el acueducto del río Colorado y su acuífero local. Se analizó la demanda y las características particulares de cada fuente de abastecimiento.

Se desarrolló una Aplicación, denominada Sistema de Soporte de Decisión para Agua Potable. Preparada a través de una programación Web, para poder ser utilizada desde cualquier navegador de internet, pudiendo almacenar datos cargados en una Base de Datos y confeccionar informes e históricos.

La función objetivo utilizada fue la determinación del costo, en relación con la calidad del agua suministrada, con las restricciones que limitan la selección de los valores de la variable de decisión.

Se concluye que el modelo diseñado cumplió satisfactoriamente los objetivos propuestos, brindando la información deseada para tomar las decisiones más adecuadas en la distribución del agua potable a una localidad, conociendo cuáles son sus costos de producción, la calidad y sobre todo teniendo la posibilidad a través de la programación de los pozos del acuífero de cuidar el recurso hídrico.

1 CAPÍTULO: GENERALIDADES

1.1 Introducción

Debido a que el agua se necesita en todos los aspectos de la vida, es de vital importancia que se mantenga un suministro suficiente de agua de buena calidad para toda la población y preservar al mismo tiempo las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas, adaptando las actividades humanas a los límites de la capacidad de la naturaleza y combatiendo los vectores de las enfermedades relacionadas con el agua. Este recurso no sólo es un elemento vital para el mantenimiento de la vida, sino que forma parte esencial de la inmensa mayoría de las actividades económicas. Ambos aspectos otorgan especial importancia a los problemas ambientales vinculados al agua. Dichos problemas son básicamente calidad y cantidad de agua, en dos concepciones básicas, la puramente ecológica y la que considera al agua como un recurso económico. Sea cual sea la perspectiva, la preocupación radica principalmente en la escasez y el deterioro de un recurso de máxima importancia.

La necesidad de satisfacer en calidad y cantidad la demanda de agua, principalmente en áreas de escasez de recursos hídricos, implica la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) y un aprovechamiento integral del mismo. Este aprovechamiento se debe realizar desde los tres tipos de usos fundamentales en que el hombre desarrolla su vida; **biológico** a través del consumo humano, **cultural** relacionado a la higiene personal y saneamiento y **económico** por medio del desarrollo industrial y agrícola–ganadero. El agua constituye uno de los elementos primordiales de la vida, por lo tanto, su conocimiento y racional explotación es primordial para un buen aprovechamiento, dentro de un contexto de respeto al medio ambiente y a los condicionamientos sociales.

El agua potable que bebe la mayoría de las familias argentinas, es abastecida por una red de distribución que permite la llegada del bien a cada uno de los hogares y es un producto de una naturaleza sumamente compleja porque:

- 1) Es un bien de primera necesidad, imprescindible para la vida humana, ya que la misma es imposible de desarrollar si faltara.
- 2) Puede transformarse en un vehículo transmisor de epidemias, intoxicaciones colectivas y distintos tipos de enfermedades, por lo tanto, vincula el agua potable a la acción del Estado interesado en disminuir los riesgos y las enfermedades de la población. Es de muy fácil contaminación, a causa de las actividades humanas o por factores naturales. Debido a ello, es que se encuentra sujeta a regulaciones y políticas de conservación del medio

ambiente, y junto con el aire sufre el impacto de las externalizaciones y los procesos de urbanización.

- 3) Se trata de un bien escaso y, como tal, susceptible de valoración económica.
- 4) La captación, potabilización, almacenamiento y la distribución urbana del agua, presenta importantes barreras principalmente de naturaleza económica y tecnológica, para las empresas y entes que pudieran estar interesadas en competir por esos mercados. Se trata de uno de los típicos Monopolios Naturales que requiere de una regulación Estatal.

La escasez generalizada de recursos de agua dulce, su destrucción gradual y su creciente contaminación, así como la implantación progresiva de actividades incompatibles en muchas regiones del mundo, exigen una planificación y una ordenación integrada de los recursos hídricos. Esa integración ha de abarcar todos los tipos de masas interrelacionadas de agua dulce, tanto las aguas superficiales como las subterráneas, y ha de tener debidamente en cuenta los aspectos de la cantidad y calidad del agua (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992).

En la provincia de La Pampa el agua potable es un recurso por demás escaso, por lo tanto se debe instruir a las autoridades y encargados de su administración a gestionarlo del modo más eficiente. La mayor parte del territorio presenta clima árido y semiárido padeciendo la falta de recursos hídricos superficiales permanentes, salvo en el límite sur donde escurre el Río Colorado.

El abastecimiento de la población y para otros usos hasta el año 2005 se realizó con recursos hídricos subterráneos a través de perforaciones que frecuentemente presentaron características físico-químicas no aptas para el consumo humano. Además poblaciones aun explotan acuíferos con aguas de buena calidad, pero la capacidad de extracción se encuentra limitada.

En la actualidad para obtener este recurso, existen tres alternativas:

- 1) Pozos de bombeo: se extrae agua del acuífero de cada localidad, si la calidad físico-química es apta para consumo humano solo se realiza la desinfección y se distribuye para el consumo, de no ser apta se utilizan plantas de Osmosis Inversa para mejorar su calidad.
- 2) Manantiales: esta fuente de abastecimiento se utiliza en la zona oeste de la provincia, de los cuales se capta el agua y mediante acueductos es transportada a las localidades necesitadas.

- 3) Cauces superficiales: como en el caso del Río Colorado que provee de agua a localidades rivereñas como 25 de Mayo, Gob. Duval y La Adela o por acueductos como a Puelches y las 34 localidades proyectadas a abastecer por el Acueducto del Río Colorado. En la actualidad y con la primera etapa construida y en funcionamiento se pueden abastecer 17 localidades (doce del proyecto original más cinco anexadas al diseño).

El trabajo pretende ser una herramienta que sirva para tomar decisiones entre dos sistemas de abastecimiento a una localidad. Como se mencionó anteriormente hay distintas formas de abastecer a una localidad y dependiendo del lugar de ubicación y disponibilidad al recurso (de una u otra fuente) se analizara cual es la mejor alternativa de abastecimiento, teniendo en cuenta calidad y costo.

No es posible realizar este análisis para todas las localidades de la provincia que tengan la posibilidad de dos sistemas alternativos de abastecimiento, en tal sentido se eligió a la localidad de Quehué por encontrarse situada sobre un acuífero con características particulares en su geología, geomorfología, etc. y debido a estas características producen un agua con parámetros físico-químicos y biológicos muy distintos a los que tiene el agua del río Colorado o los diversos manantiales.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Acuíferos

Según el ENOHSA define a los acuíferos como “una unidad geológica saturada cuya permeabilidad es suficiente para entregar cantidades económicamente interesantes de agua a una captación. Los acuíferos más comunes son las arenas y gravas no consolidadas, pero rocas sedimentarias permeables tales como areniscas y calizas, y rocas cristalinas y volcánicas intensamente meteorizadas o fracturadas también pueden ser clasificadas como acuíferos”.

El agua subterránea fue y es de vital importancia en la provincia de La Pampa, es por eso que desde comienzos del siglo XX se realizaron exploraciones siendo Richard Stappembeck (1880-1963) uno de los pioneros.

El conocimiento de cuál es el origen del agua extraída del subsuelo, fue evolucionando a medida que se conocía el recurso a través de años discontinuos de exploración. Una de las ideas es la relativa al rol que desempeñan las acumulaciones arenosas en la generación de acuíferos de buena calidad.

Según Giai y Tullio, si bien el hecho de la presencia de aguas dulces en coincidencia con áreas medanosas ya era conocido por los Araucanos, hasta los años setenta la presencia de cantidades importantes de agua subterránea de esa naturaleza, era explicado recurriendo a complejos mecanismos de circulación, atribuyendo un origen “extra local”. (Salso, 1966). El estudio hidrogeológico de grandes extensiones puso en evidencia la correlación entre acuíferos dulces y acumulaciones de arena, de cuales las más conspicuas son el Valle Argentino-Utracan y El Meauco. Paralelamente el establecimiento a grandes rasgos de las variaciones climáticas del Cuaternario, dio base a una explicación alternativa de la estratificación química inversa sobre la que se apoya la idea de circulación profunda “extra local”. Finalmente el esclarecimiento del origen del agua en la cuenca artesiana de Bahía Blanca (Bonorino, 1988), aportó el punto inicial a la resolución de la controversia sobre el origen del agua subterránea en nuestra región.

Debido a trabajos realizados en la región, se puso en evidencia la existencia de varios acuíferos de cierta importancia, algunos por su extensión y producción potencial y otros por su ubicación estratégica. En tal sentido se pueden detallar cinco acuíferos de gran importancia en La Pampa, a) Acuífero Spelluzi-Pico-Dorila-Trilli, b) Toay-Santa Rosa-Anguila-Catrilo, c) Meauco, d) Valle de Chapalcó, e) Valle Argentino. Otros acuíferos de importancia por su ubicación son, el de Victorica, El Trequén, Falucho, La Puma, Caleufú-Conhelo, Quemú-Quemú, el Bajo de las Cuatro Lagunas y el de la Estancia La Chola (Figura 1.2.1.1)

En general se definen de este modo por sus grandes dimensiones (extensión geográfica) y la calidad general de sus aguas.

ACUIFEROS PAMPEANOS

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------|
| ① Spelluzi - Pico - Dorila - Trilli | ⑧ Ea. La Mercedes |
| ② Toay - Sta. Rosa - Anguil - Catrilo | ⑨ Falucho |
| ③ Meauco | ⑩ La Puma |
| ④ Valle de Chapalcó | ⑪ Caleufú - Conhella |
| ⑤ Valle Argentino | ⑫ Quemú - Quemú |
| ⑥ Victorica | ⑬ Bajo de las Cuatro Lagunas |
| ⑦ El Trequén | ⑭ Ea. La Chola |

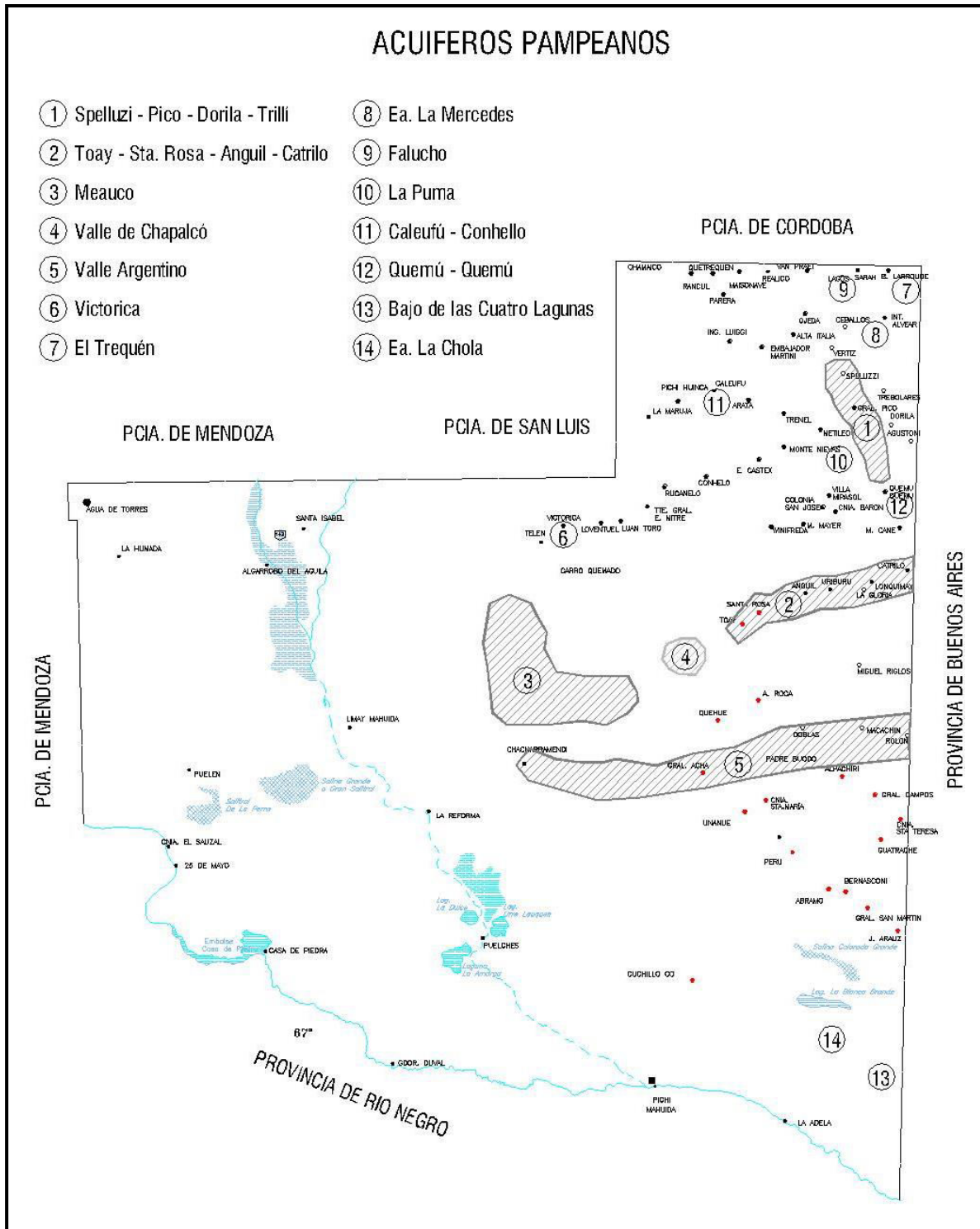


Figura: 1.2.1.1 – Acuíferos más importantes de La Pampa

1.2.2 Acueductos

Según la Dirección Provincial de Estadística y Censos (2015) en la provincia de La Pampa hay 83 servicios de agua potable, de los cuales 60 se surten exclusivamente con agua subterránea proveniente de 407 pozos de bombeos.

Se encuentran 7 localidades, que se abastecen con aguas provenientes del subálveo o de manantiales y otras 16 que cuentan con un abastecimiento dual (agua subterránea de perforaciones y agua superficial entregada por el Acueducto del Río Colorado).

En la mayoría de los casos el agua se transporta mediante acueductos de variada longitud, desde la fuente de provisión hasta las instalaciones de almacenamiento y distribución.

Se destacan, por tener una longitud superior a los 10 Km, los siguientes acueductos (Figura 1.2.2.1)

- **Punta de Agua - Santa Isabel - Algarrobo del Águila:** Con una longitud de 163 Km., conduce 103,5 m³/h desde una captación subálvea en Punta de Agua (Mendoza) hasta Santa Isabel. De ahí se derivan 13,5 m³/h, recorriendo 29 Km hasta Algarrobo del Águila.
- **Agua de Torres - La Humada:** De 25 Km de longitud, conduce 18 m³/h desde una captación subálvea del manantial de Agua de Torres hasta La Humada.
- **Puelén - Chacharramendi:** Con una longitud de 260 Km., transporta 70 m³/h desde el manantial de Puelén hasta Limay Mahuida, La Reforma y Chacharramendi, provee de agua a estas poblaciones y a los usuarios ganaderos comprendidos en un área de 480.000 ha.
- **Casa de Piedra - Puelches:** Transporta 36 m³/h desde el Lago Embalse Casa De Piedra. En sus 107 Km de largo, abastece a los usuarios ganaderos dentro de un área de 120.000 ha de extensión y puede entregar un caudal de 13 m³/h a la localidad de Puelches.
- **Uriburu - Anguil - Santa Sosa:** Conduce 1.000 m³/h, proveniente de 87 perforaciones, distribuidas entre Santa Rosa y el Noroeste de Uriburu. Tiene una longitud aproximada de 81 Km.
- **Dorila - General Pico:** El troncal tiene una longitud aproximada de 25 Km desde el sur de Dorila transporta 588 m³/h, proveniente de 59 perforaciones. El servicio, prestado por CORPICO, se completa con 18 perforaciones en el radio urbano.
- **Intendente Alvear:** Desde 16 perforaciones ubicadas al suroeste de la localidad, conduce 110 m³/h, con una longitud de 15 Km.
- **Del río Colorado:** se especifica en el apartado siguiente.

ACUEDUCTOS PAMPEANOS

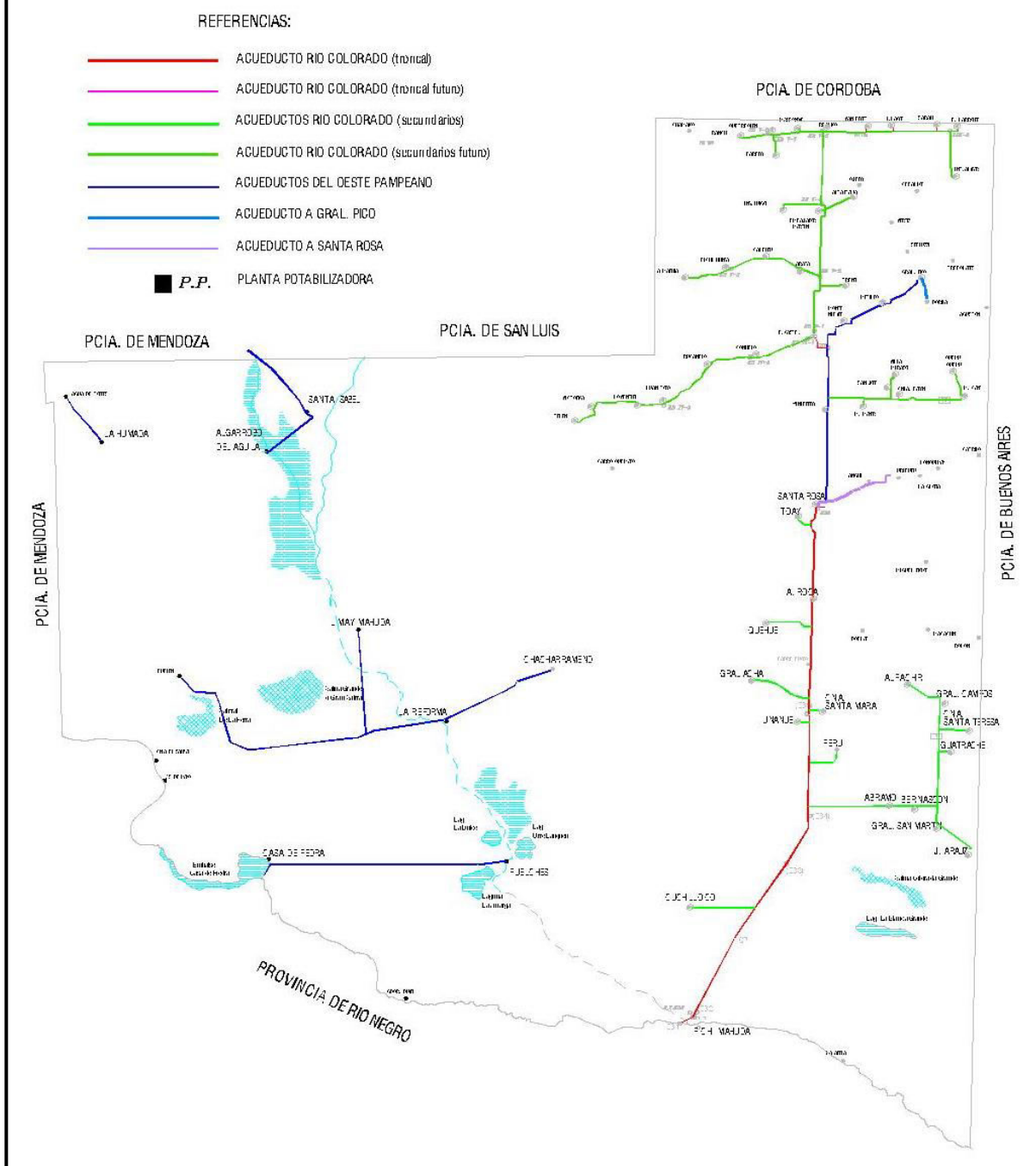


Figura 1.2.2.1: Acueductos en la provincia de La Pampa mayores a de 10 km de longitud

1.2.3 Acueducto del Río Colorado

De los “ESTUDIOS Y PROYECTOS DEL ACUEDUCTO DEL RÍO COLORADO” en su “SEGUNDA ETAPA” en la cual se redactó el “TOMO X” correspondiente al “ANTEPROYECTO PRELIMINAR Y ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD”, se extrajo parte del texto que se transcribe a continuación.

En Marzo de 1997 se concluyeron los anteproyectos preliminares, las evaluaciones económicas y las comparaciones económicas-financieras de las dos Alternativas Básicas para la provisión de agua potable a 34 localidades de la provincia de La Pampa diferenciadas por su fuente de provisión, “Alternativa Aguas Subterráneas” y “Alternativa Acueducto Río Colorado”.

Para la **Alternativa Aguas Subterráneas**, se analizaron los estudios existentes de todos los acuíferos de interés para el proyecto que poseía la Dirección de Aguas de la Provincia, más la información obtenida durante la explotación de los sistemas de provisión que abastecían a las localidades.

Sobre estas bases se planificaron y diseñaron para cada localidad, las obras e instalaciones necesarias para satisfacer la demanda futura a 35 años y se detallan sintéticamente a continuación:

- Selección de los acuíferos que disponen de las aguas con mejores calidades químicas. Planificación y ubicación de las baterías de perforaciones. Definición de las características de las perforaciones, caudales y tiempos de explotación.
- Planificación y diseño de la red de acueductos ramificados para coleccionar y transportar las aguas hasta la planta desmineralizadora.
- Definición de las características químicas medias del agua del acuífero y de los parámetros de diseño de la planta desmineralizadora.
- Estudio y selección de las tecnologías de desmineralización. Modulación de los equipos.
- Diseño de las plantas desmineralizadoras con membranas que operan con el método de ósmosis inversa.
- Diseño de las obras civiles complementarias y eléctricas de las plantas desmineralizadoras.
- Estudios, localización y dimensionamiento de los cuerpos receptores de las aguas de rechazo.
- Estudio y diseño de las estaciones de bombeo y conducciones a presión de las aguas del concentrado de las plantas hasta los cuerpos receptores.
- Estudios y diseños preliminares de las líneas de energía eléctrica y de las subestaciones transformadoras, para el abastecimiento eléctrico de las electrobombas de las perforaciones, de las plantas desmineralizadoras y de las estaciones de bombeo de las aguas de rechazo.
- Evaluación del sistema de comando.

- Cálculos y presupuestos de las obras e instalaciones.
- Plan de ejecución de las obras a lo largo del período de análisis. Cálculos y presupuestos de las obras e instalaciones a lo largo del periodo de análisis.
- Costos estimativos de operación, mantenimiento, reposición y administración de los sistemas de provisión de agua potable.
- Determinación de los Valores Presentes de las inversiones y gastos de explotación a lo largo del periodo de análisis.

Para la **Alternativa Acueducto Río Colorado**, se estudiaron tres opciones de toma y trazados del acueducto troncal, la primera con toma en el Dique Derivador de 25 de Mayo, la segunda con toma en el Dique Embalse Casa de Piedra y la tercera con toma en las inmediaciones de Pichi Mahuida.

A su vez, de la primera y la segunda alternativa se analizaron tres variantes para cada una y de la tercera alternativa se analizaron siete variantes. Estas variantes consistieron en analizar diferentes estaciones de bombeo y diámetros de cañerías en los distintos tramos, por lo que en total fueron proyectadas 13 alternativas/variantes lo que les permitió determinar la solución óptima de mínimo valor presente y con mayores ventajas técnicas.

La alternativa óptima del Sistema de Acueductos entre las 13 alternativas fue la denominada 3-E, con toma en los alrededores de Pichi Mahuida y compuesta por las siguientes partes:

- Toma, en el cauce del río Colorado, ubicada a unos 1.000 m aguas arriba de la desembocadura del río Curacó, a fin de evitar posibles descargas de aguas con alta concentraciones salinas.
- Estación de bombeo del agua cruda para el abastecimiento de la planta potabilizadora, ubicada en la margen del río Colorado.
- Planta potabilizadora dividida en tres módulos, el primero con la capacidad de potabilizar 2.400 m³/h y los otros dos tendrán similares capacidades y serán construidos en función de la demanda.
- Acueducto Troncal de 396,35 km, entre la Toma y su punto final en la ciudad de General Pico. Con diámetros de cañerías de 1000, 900, 800 y 700 mm, pasando por localidades como Ataliva Roca, Santa Rosa, Winifreda, Eduardo Castex, Monte Nieves y Metileo.
- Acueductos Secundarios y ramales alimentados por el acueducto troncal, con desarrollo de 664 km y diámetros variables entre 500 mm y 75 mm.

- Estaciones de bombeo: El acueducto troncal se proyectó con 7 estaciones de bombeo principales bajo cubierta equipada con 5 grupos de electrobombas de eje horizontal ubicadas en progresivas determinadas del acueducto y con potencias instaladas entre los 1295 Kw a los 2650 Kw.

Los acueductos secundarios y ramales disponen de 15 estaciones de bombeo secundarias bajo cubierta, equipadas con 2 y 3 electrobombas de eje horizontal, con potencias instaladas de 2 a 179 Kw en las distintas etapas de construcción.

- Sistemas anti-ariete, para limitar las sobrepresiones y depresiones en los acueductos, originadas por los regímenes impermanentes, integrados por pulmones de aire y cámaras de descarga.
- Válvulas y dispositivos especiales para el control de presiones y caudales, y la medición de volúmenes consumidos por los grandes usuarios (localidades, industrias, riego, etc.)
- Cisternas de reserva, integradas por las principales (5.000 m³ de capacidad) y las secundarias (100 y 200 m³ de capacidad).
- Sistema de comando y control a distancia, integrado por el sistema de comunicaciones por microondas y señales telefónicas, centros de control remoto y el centro de control y comando ubicado en Santa Rosa.
- Sistema de abastecimiento eléctrico para las estaciones de bombeo principales y para la planta potabilizadora, conformado por 115 Km de líneas de transmisión eléctrica de 132 Kv, 124 Km de 33 Kv y 3 Km de 13,2 Kv, incluyendo estaciones transformadoras y las instalaciones eléctricas en las estaciones de bombeo y la planta de tratamiento con sus correspondientes tableros.

Se realizaron las comparaciones económicas-financieras entre las dos alternativas, la correspondiente a Aguas Subterráneas y la del Acueducto Río Colorado, por medio de los VALORES PRESENTES TOTALES de cada una de ellas.

De esa comparación resultó que la alternativa ACUEDUCTO RÍO COLORADO es la de menor VALOR PRESENTE, para cualquier tasa de descuento.

Conjuntamente se consideraron otras ventajas como por ejemplo la seguridad de contar con agua potable ajustada a la norma de potabilidad a lo largo del tiempo al estar centralizado y controlado el proceso de potabilización en una sola planta a cargo de un único prestador y sin los riesgos de cambios determinantes en la calidad química del agua cruda, los beneficios adicionales que reportan para las actividades ganaderas en la zona de cría, industrias y los impactos ambientales positivos.

Respecto al impacto ambiental se concluyó que la Alternativa Acueducto Río Colorado, produciría despreciables impactos negativos temporarios durante la construcción de la obra, para luego producir algunos impactos positivos permanentes, al reducirse las cantidades de sales que aportarán las aguas superficiales del río Colorado con relación a las cantidades de sales que aportarían las aguas subterráneas. Además, la Alternativa Aguas Subterráneas producirá impactos negativos permanentes al concentrar importantes volúmenes de sales e iones perjudiciales para la salud, en los cuerpos receptores, con el aporte de las aguas de rechazo.

Para la Alternativa del Acueducto Río Colorado se analizaron y estudiaron 52 localidades, de las cuales 34 fueron seleccionadas para satisfacer su demanda por 35 años, junto a las demandas de la industria, riego intensivo y ganadería de la zona de influencia del acueducto troncal en la región de cría. Las localidades seleccionadas son las siguientes:

Tabla: 1.2.3.1: Lista de localidades que serán abastecidas por el Acueducto

1	Abramo	18	Jacinto Arauz
2	Alpachiri	19	La Maruja
3	Alta Italia	20	Bernardo Larroude
4	Arata	21	Luan Toro
5	Ataliva Roca	22	Mauricio Mayer
6	Bernasconi	23	Metileo
7	Caleufu	24	Monte Nieves
8	Miguel Cané	25	Quehue
9	Colonia Barón	26	Quemú Quemú
10	Colonia Santa Teresa	27	Realicó
11	Conhelo	28	Trenel
12	Coronel Hilario Lagos	29	Villa Mirasol
13	Embajador Martini	30	Winifreda
14	General M.J. Campos	31	Eduardo Castex
15	General San Martin	32	General Pico (*)
16	Guatrache	33	Santa Rosa (*)
17	Ingeniero Luiggi	34	General Acha (*)

(*) En estas localidades los acuíferos locales también participan en el abastecimiento.

La Alternativa Acueducto del Río Colorado se ha diseñado con una capacidad adicional de 5 %, para otorgarle al sistema una flexibilidad para atender otras demandas no computadas. También se contempló la posibilidad de que si una localidad no fue seleccionada por tener un acuífero que la abastezca de buena calidad y en el futuro esa

calidad disminuye, esta podrá conectarse al Acueducto debido al sistema ramificado que fue proyectado.

En el anteproyecto se realizaron recomendaciones muy importantes, en lo referido al proyecto ejecutivo, expropiaciones, relevamientos, etc finalmente se destacan las siguientes:

- Realizar el control e investigación permanente en la totalidad de las perforaciones que abastecen a las localidades, en particular las que proveen aguas de buena calidad, con el fin de asegurar la explotación de los acuíferos y la conservación de éste recurso como fuente de provisión.
- Para ello, deberán instrumentarse los aspectos legales que obliguen a los grandes usuarios a respetar estrictamente las recomendaciones que anualmente dará el Organismo que ejerza el poder de policía del agua.
- Asimismo, se recomendó llevar a cabo un programa detallado para el control e investigación permanente, lo que requerirá de un presupuesto específico para atender los requerimientos de equipos para la medición de caudales y volúmenes, instalación de piezómetros, instalación de pluviómetros, movibilidades para las mediciones y registros rutinarios.
- En particular, caben destacarse por su importancia y uso actual y futuro a los acuíferos que abastecen a las ciudades de Santa Rosa, General Pico y General Acha, incluyendo a la localidad de Intendente Alvear.
- Proseguir con la difusión del proyecto seleccionado, prestando información principalmente a la Universidad de La Pampa, las escuelas de nivel medio y las escuelas primarias, entre otras.

Lo transcripto en los últimos párrafos demuestra lo importante que es la obra del Acueducto del Río Colorado, asimismo las recomendaciones que se realizaron oportunamente, no cumpliéndose en su totalidad, trajo aparejado la pérdida de años de información.

La variación ocurrida en algunos acuíferos, tanto en su calidad como en sus niveles piezométricos, producto del uso desmesurado con descontrol y sobreexplotación, llegó en algunos casos a su detrimento y abandono.

Es importante aclarar que todo lo mencionado en los párrafos anteriores está referido al anteproyecto original. En la licitación de la obra del acueducto del río Colorado se pidió realizar el proyecto ejecutivo y en función de este comenzar a construir.

Lo construido hasta la fecha es solo una parte de la primera etapa de la obra total diseñada.

Debe destacarse que comenzada su construcción se realizaron importantes modificaciones al anteproyecto de lo cual se pueden destacar:

- El caudal de extracción del río se amplió al máximo que autoriza el COIRCO para consumo humano, por lo tanto pasó de 4.896 m³/h a 7.200 m³/h (+46%).
- La obra se divide en Etapas constructivas y Módulos de Potabilización, en la actualidad se encuentra construida la Primera Etapa, correspondiente a 264 km de cañería troncal, desde la Planta Potabilizadora en Pichi Mahuida hasta Santa Rosa. Los diámetros fueron también modificados y actualmente son de 1.200 mm, 1.100 mm y 1.000 mm, se construyeron 268 km de acueductos secundarios con diámetros de 450 mm a 63 mm. Además en esta primera Etapa se construyó un Módulo de Potabilización de los tres proyectados, el cual permite potabilizar 2.400 m³/h.
- Se adicionaron acueductos secundarios en localidades no inicialmente previstas por su pequeña población o por su calidad del agua local. Las mismas fueron: Cuchillo Co, Perú, Unanue, Santa María y Toay.
- Se modificó la transmisión de información pasando del sistema por microondas al de fibra óptica, utilizando la oportunidad que se presentó durante la construcción de la obra para dar origen a una red de transmisión de datos provincial.

Los ajustes de diseño indicados dieron origen a la preparación de un anteproyecto integral que incluyó el diseño hidráulico de todo el sistema de acueductos, troncal más secundarios con la inclusión del anteproyecto de todas las estaciones elevadoras necesarias en el conducto troncal, sistemas anti ariete, reductoras de presión, válvulas seccionadoras y demás componentes.

El proyecto ejecutivo se realizó únicamente para las obras de primera etapa construidas entre el río Colorado y la Ciudad de Santa Rosa incluyendo a todos los acueductos secundarios ubicados al sur de ésta ciudad.

A la fecha se encuentra a nivel de anteproyecto ejecutivo y pliego licitatorio el tramo comprendido entre Santa Rosa y General Pico incluyendo a todos los secundarios previstos entre estas ciudades. Este anteproyecto se realizó procediendo a un ajuste en la distribución de caudales y en su recorrido, previéndose además un aumento en los consumos que

originalmente se habían calculado para Santa Rosa y para General Pico eliminándose los consumidores del riego complementario. Este diseño anuló a la originalmente estación de bombeo EB7.

Los secundarios IV y V son los que llevan el agua potable a las localidades ubicadas al norte y al oeste de General Pico, conducciones que se postergan. La distribución de caudales se muestra en la Tabla: 1.2.3.2.

Tabla: 1.2.3.2: Acueducto del Río Colorado y obras complementarias al norte de la ciudad de Santa Rosa.

Años del estudio	(En m³/h)			
	2.010	2.013	2.023	2.027
Módulos de tratamiento	1	1	2	3
Extracción del río Colorado	2.259,6	2.476,5	4.789,8	7.200,0
Consumos anteriores a EB 6 - C6	462,3	494,8	646,8	861,5
Colonia Santa María	4,4	4,6	5,3	6,3
General Acha	42,1	57,6	110,2	183,6
Secundario II a Quehué	2,9	2,9	3,2	3,6
Ataliva Roca	5,4	5,8	6,5	7,9
Toay	70,9	75,6	92,2	112,7
Santa Rosa	1.008,0	1.038,8	1.861,2	2.915,5
Disponibilidad en Santa Rosa	663,6	795,6	2.064,5	3.106,8
Winifreda	29,5	31,7	40,3	54,7
Secundario III	-	-	124,4	154,7
Eduardo Castex	201,1	230,4	333,1	482,4
Secundario IV y V	-	-	703,0	1.100,7
Monte Nieves	4,7	5,0	5,4	6,5
Metileo	5,0	5,4	6,5	7,9
General Pico	423,2	523,2	849,6	1.298,8
EB 5 (Prog. 164.250 m)	NO	NO	SI	SI
EB 6 (Santa Rosa)	NO	NO	SI	SI
Ebx (A Castex y a EB Sec. IV y V)	SI (A CASTEX)	SI (A CASTEX)	SI	SI
EB Sec IV y V	NO	NO	SI	SI

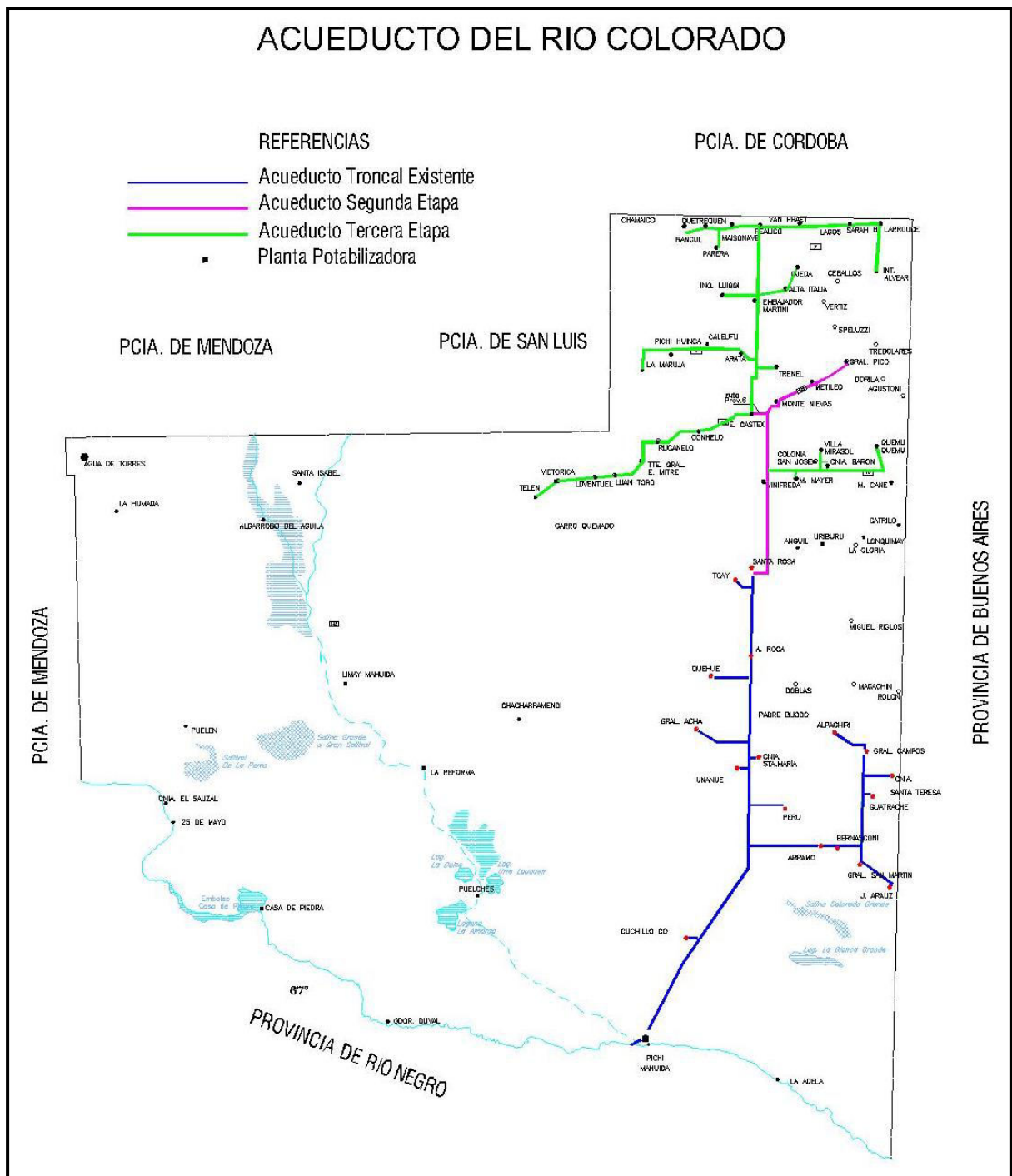


Figura 1.2.3.1: Acueductos pertenecientes al proyecto Acueductos del Río Colorado

1.3 Problema científico

El agua constituye uno de los elementos primordiales de la vida, por lo tanto, su protección es esencial para un buen aprovechamiento dentro de un contexto de respeto al medio ambiente y a los condicionantes sociales. De lo anterior surge que la zona en estudio necesita de una utilización racional del agua a través de una gestión eficiente, integral y sostenible del recurso hídrico. Pero como en muchas otras partes del mundo, la complejidad

de los problemas relacionados con el agua aumenta día a día, ya sean por crecimiento demográfico, sobreexplotación de acuíferos, etc dificultando su explotación racional.

Los usos del agua, así como los objetivos que se pretenden satisfacer, son múltiples y hacen aún más complicada la toma de decisiones si se tiene en cuenta la problemática ambiental.

Hay una tendencia general a considerar como condición de sostenibilidad una tasa de extracciones próxima a la del recurso hídrico renovable. Esta regla de gestión no puede ser considerada de manera absoluta, siendo particularmente lesiva en lugares con climas áridos y semiáridos donde los periodos húmedos pueden encontrarse espaciados varios años y con la incertidumbre de su recurrencia.

Hasta el año 2005, se contaba con 83 servicios de agua potable, de los cuales 67 se abastecen con aguas de acuíferos próximos a las localidades, del subálveo o de manantiales, por lo que se entiende que las aguas subterráneas son bienes de propiedad pública, que todos tienen derecho a usar y por lo cual resulta muy difícil -además de complejo y oneroso- impedir su acceso. Además, las decisiones de gestión de cada usuario se encuentran influidas por las de los restantes beneficiarios del acuífero, cuyas decisiones, tendentes en cada caso a maximizar el propio beneficio, difícilmente coinciden con el óptimo social. A partir de ese año, dieciséis (16) localidades comenzaron a ser abastecidas por el acueducto del río Colorado, lo cual deriva en la necesidad de desarrollar un programa de investigación para analizar en profundidad la relación agua superficial – agua subterránea cuya adecuada gestión puede ayudar a resolver problemas puntuales de abastecimiento o incluso, potenciar proyectos locales de desarrollo.

Este trabajo debe tener un marcado carácter progresivo, de tal forma que sus resultados se utilicen para adecuar la explotación, mejorar el conocimiento, en un proceso permanente de retroalimentación.

El modelo de gestión o sistema de análisis debe articularse en dos aspectos principales, por un lado relacionado al acuífero sobre el cual se encuentra la localidad en estudio, con sus características particulares de calidad, cantidad y costo para el consumo humano. Por otro, la calidad, cantidad y costo del agua que se provee por el acueducto del Río Colorado.

En tal sentido se pone en evidencia la necesidad de un acuerdo provincial más los convenios entre prestadores y usuarios a fin de conseguir una explotación equilibrada y sostenible a través del tiempo.

La gestión sin planificación ha traído como consecuencia una sobre explotación de las aguas subterráneas, marcando una tendencia creciente con el paso del tiempo. Otro problema no menor que ocurre en estas 16 localidades abastecidas por el Acueducto del Río Colorado, es que algunas se comportan como “**acueducto dependiente**”, olvidándose de las perforaciones que antes abastecían su sistema y abandonando el mantenimiento de bombas y acueductos, siendo aprovisionadas exclusivamente por el Acueducto del Río Colorado. Esta situación ocasiona un gran perjuicio, ya que al quedar fuera de servicio el ARC por alguna contingencia o interrupción por mantenimiento, la localidad queda desabastecida.

Es necesario profundizar, por lo tanto, en las interrelaciones de este recurso y controlar demanda de utilización producida por el incremento de población y la producción e industria, a fin de lograr un uso sustentable del mismo.

Esto da lugar a una especialización en la planificación ambiental que apunta a solucionar la provisión de agua potable a núcleos urbanos en expansión y donde el recurso está limitado y debe preservarse de la contaminación y sobre explotación en la zona.

Este proyecto intenta aportar al conocimiento que ya se tiene de la zona en estudio, un nuevo elemento que resulta de integrar conocimientos aislados que ya existen tales como el crecimiento de la ciudad, el uso de la tierra, la utilización del acuífero como recurso de agua potable, el acueducto del río Colorado, etc. con el objeto de optimizar los recursos.

Otro punto a considerar se refiere a la implantación de una red de control integrada y a la interpretación continuada de los datos que proporcione. Esta red debe extenderse también a proporcionar información sobre la calidad y cantidad de agua. Hay que insistir en que lo importante de este trabajo se centra en la utilización de los datos, lo que implica añadir a las fases de diseño y construcción de la red el mantenimiento operativo de la misma y la forma de analizar y difundir los datos obtenidos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Generales

Formulación de un modelo de gestión del agua potable, que tenga en cuenta las demandas, las disponibilidades de agua y la factibilidad económica, enmarcado siempre dentro del contexto de los objetivos de abastecer al consumo humano y potenciar el desarrollo de la región, teniendo en cuenta:

- análisis de las demandas y previsiones futuras,
- definición de los elementos que componen el sistema,
- estudio de las aportaciones al sistema,
- predicción de las aportaciones,
- cambios posibles de los elementos del sistema
- análisis de la incertidumbre asociada.

1.4.2 Específicos

Relevar estilos de gestión, modos de decisión, generación y uso de información y aplicación de criterios sistémicos en el abastecimiento de agua a la localidad puesta en estudio.

Proporcionar un conjunto de datos y de criterios que, además de implementar una estrategia, sirva para lograr una política de desarrollo para la región y que los beneficios alcanzados sean los máximos posibles, evitando así muchas decisiones que tienen carácter irreversible (salinización de los suelos, sobreexplotación de acuíferos, etc.).

1.5 Metodología

1.5.1 Recopilación y síntesis bibliográfica

Se procedió a la obtención, selección y análisis de la documentación existente y todos los datos posibles para reunir información acerca del trabajo de cada uno de los entes involucrados en el estudio, su historia y la evolución a nuestros días.

1.5.2 Operaciones de Campo

Comprendieron tareas de relevamiento en los sistemas de agua potable como son: el reconocimiento general del área, el inventario de las obras de captación existentes (utilización de planillas de censo de pozos normalizados adaptadas a las características de la región) con medición de la profundidad del nivel freático y el muestreo de agua

subterránea. Relevamientos de sistemas de medición e información estadística sobre producción y consumo de agua.

1.5.3 Procesamiento e interpretación de los datos

Se cumplió con el siguiente análisis de la información recopilada y elaborada.

- a) Estudio estadístico de la información meteorológica (temperatura y lluvia), tratamiento de los registros históricos (series cronológicas) y la correlación de datos climatológicos.
- b) Cálculo de costos productivos. Verificación de los elementos incorporados en los costos.
- c) Análisis de Aguas del Colorado SAPEM, datos del laboratorio, volúmenes de agua, consumos eléctricos e insumos para la potabilización del agua.
- d) Análisis comparativo de tarifas entre municipalidad y cooperativos. Relevamiento de los sistemas de medición y de la información estadística sobre producción, potabilización y consumo de agua potable. Cálculo de costos productivos. Determinación de los parámetros involucrados en la gestión sistémica de la fuente de agua.
- e) Análisis del marco legislativo general. También es necesario la regulación del dominio público hidráulico en relación al uso del agua y del ejercicio de las competencias atribuidas al Estado en las materias relacionadas con dicho dominio en el marco de las competencias delimitadas en la Constitución Argentina.

1.5.4 Casos de estudio

En este punto se analizaron las distintas alternativas de gestión de los recursos hídricos, mediante un modelo que tiene en cuenta las demandas y disponibilidades de agua, la factibilidad económica, enmarcado siempre dentro del contexto de los objetivos de desarrollo de la región.

Las tareas que se realizaron fueron las clásicas de un modelo de gestión:

1. definición del problema y de los objetivos,
2. planteamiento de medidas cuantitativas de satisfacción de las metas,
3. selección de la mejor alternativa de gestión,
4. formulación del proyecto de implementación de las políticas seleccionadas para lograr que los beneficios sean los máximos posibles y evitar situaciones

de carácter irreversible (salinización de los suelos, sobreexplotación de acuíferos, abandono de perforaciones y acueductos abastecedores, etc).

2 CAPÍTULO: CARACTERÍSTICAS DE LA ECONOMÍA DEL AGUA

2.1 Naturaleza del servicio de agua potable

El agua potable que consume la mayoría de las familias argentinas, es un producto de naturaleza sumamente compleja. En primer lugar, es un bien de primera necesidad, imprescindible para la vida humana, ya que la misma es imposible de desarrollar en la carencia de agua. Esta naturaleza se refleja en una demanda altamente inelástica frente al precio o el ingreso.

En segundo lugar, se trata de un bien escaso y, como tal, susceptible de valoración económica. “La escasez es un concepto relativo, en el sentido de que existe un deseo de adquirir una cantidad de bienes y servicios mayor que la disponible” (Mochon y Becker, 1993). Este problema obliga a las personas a elegir la forma que adoptarán sus decisiones de consumo para satisfacer sus necesidades, virtualmente ilimitadas.

En tercer lugar, su distribución puede transformarse en un vehículo productor de epidemias, intoxicaciones colectivas y distintos tipos de enfermedades, vinculando el agua potable a la acción indelegable del Estado tendiente a disminuir los riesgos y las enfermedades de la población.

Es además de muy fácil contaminación, ya sea por hechos antrópicos o por factores naturales. Junto con el aire sufre el impacto de las externalizaciones y los procesos de urbanización. Ello lo sujeta a las regulaciones y políticas de conservación del medio ambiente.

El servicio de distribución urbana de agua presenta importantes barreras de entrada, de naturaleza económica y tecnológica, para las empresas que pudieran estar interesadas en competir por esos mercados. Existirá, al menos con las tecnologías actuales, una única empresa abastecedora. Se trata de uno de los típicos monopolios naturales que requiere de una regulación estatal.

Todas éstas causales justificaron la acción del Estado en el abastecimiento y distribución de agua potable y su concepción como esencial servicio público. Este carácter está reconocido tanto en la legislación argentina como en la española. También lo está en la mayoría de los marcos jurídicos. Ante esta complejidad relativa, se plantea el interrogante acerca de cual es la forma jurídica y económica más apta para la prestación del servicio.

Con buen criterio, muchos de los artículos de la Ley 2581 de la provincia de La Pampa provienen de las recomendaciones del ACUERDO FEDERAL DEL AGUA (Principios Rectores de Política Hídrica) y entre los artículos que narran sobre El Agua y la Economía, los puntos 36 y 37 específicamente se refieren a El valor económico del agua y el Pago por el uso de agua respectivamente.

El punto 36 dice: “al convertirse el agua en un bien escaso como resultado de la competencia por su aprovechamiento, una vez cubierta su función social y ambiental, adquiere valor en términos económicos, condición esta que introduce racionalidad y eficiencia en la distribución del recurso. La consideración del valor económico del agua durante la etapa de planificación permite identificar los posibles usos del recurso con capacidad de aportar desarrollo sustentable a una región.” El 37 dice: “Las estructuras tarifarias asociadas al cobro por el uso del agua deben incentivar el uso racional del recurso y penalizar ineficiencias. Por todo uso de agua corresponde abonar un cargo para cubrir los gastos generales en que se incurre la administración hídrica a los efectos de llevar adelante su misión. Adicionalmente, y según corresponda, se abonarán cargos para cubrir los gastos operativos inherentes al manejo propiamente dicho del recurso. Para aquellos usos con probada rentabilidad, corresponde abonar un cargo por el derecho al uso diferenciado de un bien público.”

La economía aborda la retribución y uso de los recursos escasos. Mientras un recurso sea abundante, hay poca necesidad de tomar decisiones de ese tipo, pero en la medida que el recurso se agota (debido al deterioro de su calidad o disminución en cantidad) aparecen preguntas sobre cómo utilizarlo y protegerlo. Poner atención en medidas económicas puede contribuir al proceso de toma de decisiones y promover un uso más eficiente del recurso.

Lo importante de lo planteado anteriormente radicaría en poder utilizar las leyes e implementarlas, de esta manera se lograría obtener recursos genuinos por los diferentes usos y volcarlos a la Secretaria de Recursos Hídricos.

2.2 Valoración del Recurso Hídrico

El “agua” que se consume o utiliza habitualmente en la Provincia de La Pampa, no se paga, no tiene un valor. El agua en la zona de estudio, proviene de un acuífero local o superficial del Río Colorado, la cual en su estado natural no tiene precio para una Empresa o Entidad destinada a prestar el servicio de agua potable, pero si hay manera de valorizarla.

Algunos métodos para valorizarla fueron expuestos por Molina González (2009), quien trabajo específicamente con el agua subterránea. Los casos expuestos por el autor se adaptan perfectamente a situaciones donde se pueden llegar a utilizar aguas subterráneas y superficiales, de los métodos enunciados resaltamos los siguientes:

- Estimar el valor del recurso hídrico a través de la DISPOSICIÓN PARA PAGAR del usuario (“Willingness To Pay”, WTP), por una cantidad y calidad específicas de abastecimiento (Garrido et al.,2005b; Birol, 2006). Una empresa que construye automóviles por el producto agua, están dispuestas a pagar más que una frutiorticola y está más que un agricultor de subsistencia, por ejemplo. El valor económico del agua en el área en cuestión está determinado por la disposición de la empresa a pagar, hasta el punto que satisfaga su demanda. Para determinar esa disposición de pago, se realizan curvas de elasticidad de la demanda.
- Cuando NO SE CONOCE LA DISPOSICIÓN DE PAGO, se puede usar como método de valor residual para tasar el agua. Este método tasa todos los insumos para el bien producido a precio del mercado, excepto el agua en sí. El valor residual del bien, después de que todos los demás insumos estén contemplados, se atribuye al insumo agua.
- Otro método de estudio es la relación entre el precio de la tierra y la disponibilidad de agua subterránea o superficial que hay, se denomina determinación hedónica. Es el precio que posee un terreno en un área con buena disponibilidad de agua con relación al mismo terreno pero el recurso escaso. Al comparar las diferencias de precios de los terrenos y suponiendo que las otras variables son iguales, la diferencia de precio se explicaría por el valor del acceso al agua.

Los mencionados son algunos métodos utilizados por los economistas para determinar el valor del bien y si bien ninguno es perfecto, brindan una idea a los organismos o autoridades encargados de tomar decisiones acerca del valor del recurso y sus posibles rumbos de acción.

Aguilera Klink (1998) hace referencia al agua como: un factor de producción, un activo financiero y como un activo ecosocial.

Coincidiendo en sus conceptos en los cuales, si el agua es analizada netamente como un “factor productivo”, se debería diseñar un marco institucional, en el cual con la noción del costo que se va a trabajar y suponiendo las reglas de juego, en las que se

definen las acciones que son socialmente aceptable en el uso y la extracción del recurso, se podría valorar si la prestación es eficiente o ineficiente.

Si el agua es analizada como un “activo financiero”, lo único que produce es tender al agotamiento del recurso, ya que esto generaría su utilización solo para el beneficio económico y apartándolo de su necesidad para la vida humana.

Es por ello que él junto a otros economistas tiene una noción más funcional del agua, como un recurso natural o activo ECOSOCIAL, entendiéndose como la capacidad que tiene el agua de satisfacer todo un conjunto de funciones económicas, sociales y ambientales, en lo que respecta a la cantidad y calidad. “El agua no sólo es esencial para la supervivencia biológica, sino que es una condición necesaria del desarrollo y sostenimiento de la economía y de la estructura social que hacen posible la sociedad. El agua no es sólo una mercancía; es un imperativo central de la supervivencia, sostenimiento, continuidad y vida de la comunidad...” [Utton,1985]. Si estas múltiples funciones son ignoradas, se agudiza y se manifiesta con más intensidad el conflicto entre ellas, encontrándonos ante una nueva clase de escasez que se manifiesta mediante la incapacidad del recurso de satisfacer dichas funciones. Por lo tanto el agua pierde su carácter de recurso, puesto que su deterioro impide la posibilidad de seguir realizando las mismas funciones que satisfacía antes.

2.3 El Mercado del Agua

El valor económico del agua y su destino debe ser determinado en función de la oferta y la demanda y no en función del interés público que se decide a través de órganos democráticos y que son fruto de decisiones políticas.

Se cree que un precio justo y equitativo apropiado al mercado fijado por la oferta y la demanda, supone un incentivo para un uso eficiente del agua, evitando el despilfarro derivado de su bajo precio que no refleja su costo real.

La creación de un mercado del agua incentivaría la búsqueda de ahorrar y ser más eficientes en su uso, procurando mejorar las técnicas de utilización y en algunos casos el re uso. Pero es importante destacar que el mercado debe estar regulado, controlado y es el Estado quien tendrá siempre el poder y la responsabilidad de garantizar este recurso para todos los habitantes en cantidad y calidad.

2.3.1 Demanda de Agua

La demanda de agua, en un sentido convencional, hace referencia a la necesidad de agua para uno o varios usos.

La demanda en la zona de estudio, es netamente urbana, no existiendo una demanda industrial importante que altere las curvas diarias de consumo típicas. Esta demanda es variable respecto de la época del año y de la hora del día; también lo es respecto a su valor económico.

No existe una demanda de uso agrícola, debido a que no se cuenta con riego intensivo en la zona de estudio.

Se ha contemplado una demanda ganadera en el Acueducto del Río Colorado, de la cual no se analizará en profundidad ya que no está contemplado en el sistema de gestión a implementar. Básicamente la demanda ganadera se extiende hasta la zona de la Colonia Santa María, la cual presenta 150 km de acueducto. Se distribuyen en tomas ganaderas que derivan de la cañería principal cada 10 km, iniciando en la Planta Potabilizadora y finalizando en la localidad mencionada. Cada una de estas tomas tiene destinada un área de abastecimiento de 30.000 ha aproximadamente teniendo una cobertura total de 450.000 ha.

En el agua, como en todos los sectores económicos, existe una relación directa entre la curva de precios y la curva de la demanda, en líneas generales el consumo de agua baja a medida que aumenta el precio, se comprueba que cambian los cultivos, se evitan las pérdidas de las conducciones, mejoran las técnicas de riego, etc, y la demanda aumenta a medida que crece la renta y la población. Se demuestra el efecto de la elasticidad de la demanda del agua en los siguientes términos (Ariño Ortiz, G.; Sastre Becerro, M. (1997)):

- Consumo doméstico: la demanda suele ser bastante inelástica para subidas no muy considerables del precio. Puede reducirse bastante si se dan alzas importantes del precio sin que se produzcan graves mermas del bienestar.
- Consumo industrial: la demanda es más elástica, ante aumentos del precio del agua y del coste de depuración, se reduce el consumo industrial a favor del reciclaje.
- Consumo agrícola: la demanda es muy elástica. Se ha comprobado que un aumento del precio del 50% reduce el consumo agrícola del agua hasta en un 75%.

La elasticidad es la relación entre el cambio porcentual en el consumo del agua inducido por un cambio porcentual de su precio. Su valor es variable según el tipo de uso, el plazo temporal y otros factores.

Para los abastecimientos urbanos, generalmente, se ha considerado que no existe una relación clara entre los incrementos de precio y la disminución del consumo. Sin embargo, estadísticamente, se comprueba que el precio puede afectar a la demanda urbana, con elasticidades muy variables dependientes de las circunstancias locales.

En general la cantidad demandada de agua disminuye con los precios y aumenta con el ingreso per cápita. En algunas ocasiones se han aceptado argumentos a favor de la hipótesis de que los aumentos de los precios no traen como consecuencia una disminución de los usos de agua de los hogares. Estos argumentos se apoyarían en la idea de que el uso de agua responde más a una necesidad humana que al deseo, las preferencias o la capacidad de pago de las personas. Estos argumentos dependen de que los precios del agua o los niveles de vida de las familias, o ambos, sean bajos. Si los precios del agua son muy bajos, los cambios marginales de los mismos no se traducen en cambios significativos de la cantidad demandada, en cambio, si los precios son elevados la elasticidad de la demanda de agua se hace claramente positiva.

2.3.2 Oferta de Agua

Tan solo un 3 % del total de agua existente en el planeta es agua dulce. El 79 % de esa agua dulce se concentran en glaciares y casquetes polares. Del 21 % restante, el 20 % es agua subterránea y el 1% agua dulce de superficie fácilmente accesible (Lean, G. y Hinrichsen, D. (1994). El agua superficial es fácil de obtener y **renovable**, principalmente por lluvias y deshielo, en cambio el agua subterránea es más costosa de obtener y es **lentamente renovable**.

En La Pampa se destacan dos tipos de ofertas, la superficial que proviene del Río Colorado (de otra cuenca) y la subterránea proveniente de los acuíferos locales.

Las ofertas de agua presentan gran diversidad en función de la región o zona que se estudie.

La determinación de los costos del agua presenta muchos problemas, ya que son muy variables según la localización geográfica, las condiciones socio-económicas, el aprovechamiento del recurso en cada localidad (sus costumbres), si se incluye o no el costo del transporte y distribución y si existe alguna contemplación de los daños ambientales. Sabiendo que es una ventaja que los costos del recurso obtenido convencionalmente como el superficial, extracción desde un río y bombeo de aguas subterráneas son los más baratos en comparación con sistemas necesarios de utilizar en otras zonas desfavorecidas y debiendo implementar sistemas más costosos como la osmosis inversa, la compra de bidones con agua ya tratada para consumo humana.

La industria del agua comprende una serie de actividades, desde la captación, el almacenamiento, potabilización, el transporte y la distribución, que se caracteriza por una red de conductos con accesorios, que tradicionalmente la han mantenido al margen de la competencia por las elevadas inversiones necesarias, que ha conducido, a la creación de monopolios públicos o al sometimiento del monopolio privado (las cooperativas o empresas concesionadas) a fuertes regulaciones.

Estos monopolios representan “monopolios naturales”, tienden a tener un solo operador, porque los costos unitarios totales son menores cuando el sistema entero es gestionado por una sola entidad en lugar de varias empresas competidoras, por lo que suele ser un único agente el que fija el precio. Por esta razón, y porque la mayoría considera el agua un bien público y un derecho básico, los estados intervienen en la fijación del precio. Como sucede con todos los monopolios, si no se los regula puede haber un riesgo sustancial de que los bienes que venden tengan un precio excesivo.

Es importante destacar que la oferta de agua es limitada y se conoce en general para cada localidad cual es la cantidad de agua que se tiene o se puede tener. Como se ha mencionado en capítulos anteriores por cada localidad que abastece el Acueducto del Río Colorado se estudió y se proyectó el caudal que se proveería en cada año hasta la fecha límite de diseño. También, cada localidad tiene conocimiento acerca de los pozos de bombeo el caudal que puede extraer de ellos.

La tendencia mundial respecto al consumo, tiende a:

- un aumento de la demanda
- un descenso de la cantidad de agua disponible
- que la protección y subsidio del precio del agua vaya tocando a su fin.
- la escasa sensibilización ciudadana.

Teniendo conocimiento de lo que se dispone (en cantidad de m³ disponibles) y cuál es la tendencia, debemos estar preparados para poder manejar estos datos y optimizar su uso, aprender y poder gestionar el recurso.

2.4 Objetivos de la estructura tarifaria

Una vez tratados los puntos más relevantes acerca de la demanda y la oferta de agua, es necesario analizar el sistema de tarifas, por ser precisamente el principal mecanismo de conexión entre ambas.

Cualquier empresa sea Estatal o privada de agua debe bregar por recuperar sus costos. El impacto en los clientes y en los recursos de agua dependerá de la manera en que se organice dicha recuperación. Es por ello que los principales involucrados (el operador del sistema, la entidad reguladora, la sociedad civil) tienen que definir sus respectivas prioridades antes de determinar que estructura tarifaria utilizaran para cumplir este objetivo.

Entre las principales prioridades tenemos:

- Garantizar la sustentabilidad del servicio.
- Financiar la expansión del sistema (en caso de cobertura insuficiente o que el crecimiento demográfico lo exija) y contar con recursos para su mantenimiento.
- Ahorrar agua (una prioridad importante en contextos donde hay escasez de agua).
- Proveer del servicio a todos los usuarios.
- Recuperar los costos y si es posible aumentar el margen de ingresos.

El agua no cuesta lo que vale y ésta es la base de su uso irresponsable, un precio del agua más aproximado a su valor real, incentivará un consumo más racional, a su ahorro y a una mejora o mayor cuidado acuífero, río y en definitiva al medio ambiente.

2.4.1 Tipos de Estructura Tarifaria

Los operadores emiten una boleta de pago a los consumidores según una estructura tarifaria establecida. No existe una estructura tarifaria universal y “perfecta”. A continuación se detallaran algunas de las más utilizadas:

- **Tarifa única por contenedor (por balde, bidón etc.):** este sistema es muy común para el abastecimiento urbano de agua en zonas donde el agua es de mala calidad. Se utilizan equipos de osmosis inversa donde el agua que se expende es solo para consumo humano y para otras necesidades del hogar se utiliza agua de red no apta para consumir. Por lo general el costo es mayor y produce residuos al medio ambiente.
- **Tarifa única por período fijo:** Estructura tarifaria bastante común en los sistemas rurales de abastecimiento de agua (sistemas por gravedad, pozos excavados, bombas manuales) donde la instalación de medidores crearía más costos adicionales que beneficios reales. También es una opción aplicada por empresas de agua mal administradas que no son capaces de implementar un sistema adecuado de medidores.
- **Tarifa fija (por m3):** Cobrar por m3 representa la opción comúnmente utilizada en el abastecimiento de agua urbano. Requiere del operador un manejo confiable y justo de sistemas de medición y cobro y exige un mayor nivel de habilidad profesional del proveedor que un sistema de tarifa única. Motiva a los consumidores a no malgastar el agua.
- **Tarifa por bloques progresivos:** La tarifa fijada por m3 aumenta con el consumo (cuanto más se consume, más caro es el m3). Muchas empresas de abastecimiento de agua en países en desarrollo usan esta estructura tarifaria porque introduce un fuerte efecto de subsidio cruzado entre los usuarios de mayores ingresos (que pagan más por consumir más m3).
- **Tarifa por bloques regresivos:** Esquema no es habitual en el sector agua ya que incentiva a gastar más agua, pero es una estructura tarifaria bastante común en el cobro de la electricidad. A veces es aplicada en el suministro de agua a industrias con el fin de captar clientes rentables de alto consumo.

Las estructuras tarifarias tienen dos fines fundamentales. Por una parte, deben propiciar la recuperación de los costos y, por otra parte, debido a la escasez de agua dulce, debe influir en los hábitos de consumo incentivando el ahorro y el uso racional del agua, es decir, hacer compatible el crecimiento económico con la prestación sostenible de servicios de agua a la población.

2.4.2 Sistema tarifario vigente en la provincia de La Pampa

Para la Provincia de La Pampa en la Ley vigente y en su Reglamentación se describe en el Título XI “CONTRIBUCIONES ECONÓMICAS” y sus respectivos capítulos y

artículos, lo relacionado con el CANON, TASAS RETRIBUTIVAS Y CONTRIBUCIÓN DE MEJORAS, FONCO PROVINCIAL DEL AGUA e INCENTIVOS ECONOMICOS.

CANON: respecto a este inciso, se tendrá en cuenta la mayor o menor criticidad del recurso, las clases de usos que se pretende promover, la eficiencia de la aplicación de las aguas a su destino, las características regionales donde se ubica el lugar de utilización y las inversiones a realizar para el desarrollo de la administración hídrica, todo ello en relación a los principios de preservación, disponibilidad y calidad del mismo.

Para la determinación del valor del canon la Secretaria de Recursos Hídricos deberá definir las zonas críticas tomando en consideración los datos aportados por el Catastro del Agua y el Sistema de información de los Recursos Hídricos así como la información emergente del Registro, **cuando esta información resulte disponible**. El canon para Uso o Vertido se fijará por Ley.

Como se redactó anteriormente la autoridad de aplicación del Código Provincial del Agua es la Secretaria de Recursos Hídricos en la Provincia, en el artículo 308 establece que - queda derogada la Ley 607 y toda otra norma que se oponga a lo establecido por el presente Código, cuestión que la Norma Jurídica de Facto 1027/80 y su Decreto Reglamentario 193/80 que instituyen un régimen de interés público provincial para asegurar la conservación y el uso racional de las fuentes de agua potable no estaría vigente por lo que no existe en La Pampa un régimen tarifario para el canon de las aguas.

2.5 Empresas distribuidoras en la provincia de La Pampa

Las distintas formas de gestión de los servicios de abastecimiento de agua potable, fueron muy bien descriptas por Hernández Muñoz (1993) en su libro "Abastecimiento y Distribución de Agua", encuadrándolas en tres grupos:

- a) **Gestión directa:** Se presenta cuando un organismo del Estado, que bien puede ser la administración central, entidades descentralizadas o una empresa pública, realiza la gestión del servicio. En la República Argentina ésta fue originariamente la principal forma de prestación, asumiendo el Estado, la mayoría de las veces el provincial, esta función empresaria.
- b) **Gestión mixta:** La prestación está a cargo de un organismo donde participa el Estado asociado con particulares.
- c) **Gestión indirecta:** El servicio está a cargo de un ente privado, es hoy probablemente la principal forma de prestación en las grandes ciudades de la República Argentina

La gestión directa, se ve reflejada en la provincia de La Pampa, en la Administración Provincial del Agua, quien desde su creación ha detallado de una manera u otra como realizar la gestión en cada localidad. Luego en cada Municipio o Comisión de Fomento se determina internamente cómo se gestiona. Pero siempre supervisado y controlado por la Provincia

Un segundo caso las mixtas, ocurre cuando el Estado financia o construye la infraestructura necesaria, para posteriormente concederla a una cooperativa de usuarios preexistente, normalmente constituida para la prestación del servicio eléctrico o una empresa como Aguas del Colorado SAPEM, que es una sociedad anónima donde el accionista mayoritario es el Estado Provincial.

En el marco de la **gestión indirecta**, en la República Argentina se presentó un caso especial de organización cuando, en muchas localidades pequeñas, ante la imposibilidad de su atención por el Estado, los vecinos se agrupan como **cooperativa de consumidores** para auto prestarse el servicio.

La década del 90, se caracterizó por un cambio conceptual del Estado que incentivó un agudo proceso privatizador, recibió un notorio impulso la gestión indirecta. A pesar de que en su anexo la Ley de Reforma del Estado preveía una preferencia cooperativa en las privatizaciones de la electricidad, gas, agua y saneamiento, la tónica que se impuso mediante los marcos regulatorios y los pliegos de privatización fue la de las empresas lucrativas. Las cooperativas de usuarios se encontraron en desventaja frente a la potencia del capital lucrativo que, en muchos casos, presenta un origen transnacional. La preferencia legal se transformó en un texto muerto.

Según la APA en su página oficial (<http://www.apa.lapampa.gov.ar/>), indica que hay 82 localidades con servicio de agua potable 55 son administradas o el servicio es prestado por un ente Estatal y 27 es prestado por Cooperativas.

2.5.1 Entes Gubernamentales

Los 55 prestadores del servicio se caracterizan por ser Entes municipales o Comisiones de Fomento.

En los municipios dependiendo de su estructura puede estar gestionado por una dirección o simplemente por el personal a cargo de las obras y servicios públicos. Estos organismos tienen un estilo de gestión muy particular en general no tiene claro sus

objetivos, no conoce si institucionalmente debe arrojar utilidades o soportar quebrantos. No realiza balances, tampoco rinde cuentas de su gestión, referido en términos responsabilidad y compromiso laboral, debido a que siendo una Municipalidad rinde cuentas al Concejo Deliberante o si es una Comisión de Fomento lo hace ante el Tribunal de Cuentas. Además no maneja parámetros de eficiencia y la toma de decisiones está sujeta a criterios políticos que, en la mayoría de los casos, son ajenos a razones económicas.

En general su gestión es ineficiente, con resultados en términos de calidad de producto y servicio bajos, limitándose a actuar sobre el problema y no en prevenirlo. De este modo los costos de operación de mantenimiento son más elevados, lo cual produciría elevar el precio final al usuario, cuestión que en la mayoría de las localidades no sucede, generando un importante déficit fiscal.

2.5.2 Cooperativas

Las cooperativas de servicios públicos, se encuentran sujetas de derecho con todos los alcances de este concepto. El objetivo no es la realización de aportes con el propósito de repartirse las ganancias, sino organizar y prestar servicios a sus asociados basándose en el esfuerzo propio y la ayuda mutua. Son entidades solidarias que, por el mecanismo de la asociación, procuran obtener un menor precio y una mayor calidad. Su finalidad no es el lucro en la entidad, sino el mayor beneficio en el servicio al asociado.

En tal sentido los que obtienen un provecho o una ganancia son los asociados. La misma consiste en un ahorro de gastos o en la eliminación de un quebranto. Esta razón condiciona la existencia de la entidad solidaria, ya que si sus asociados, individualmente o a través de terceros, pueden lograr las mismas ventajas que logran cooperando, no habría necesidad alguna de cooperativa.

Puede ocurrir que la cooperativa obtenga excedentes, pero a través del mecanismo legal del retorno queda garantizada su finalidad de no lucro. El excedente eventual tiene un claro destino, fijado por la propia ley de cooperativas y, cada asociado recibirá la parte que le corresponda según las operaciones que haya realizado. Por dichos motivos se afirma que los usuarios asociados obtienen un precio justo.

En general las prestaciones cooperativas están basadas en un contrato con tres apartados bien diferenciados:

- a) El Estado, titular del servicio y protector del bien común.

- b) El usuario, cliente o consumidor, destinatario final del servicio, a quien por su carácter general el Estado debe proteger.
- c) El concesionario, a quien el Estado debe autorizar a prestar el servicio con arreglo a determinadas condiciones que eviten el abuso en detrimento del usuario.

Es evidente que este enfoque no toma en cuenta las cooperativas, donde los apartados b y c son coincidentes y no cabe esperar el abuso por parte de las cooperativas. No obstante, el contrato de concesión es el único utilizado y aparece como un “arbitrio jurídico adecuado para lograr la prestación del servicio sin que el Estado pierda su carácter de titular.” (Cracogna, 1987)

Realizando un análisis de las ventajas y desventajas podemos indicar:

Ventajas: son empresas sociales, que tienen claro su objetivo y pueden ser eficientes. Deben presentar balance y anualmente rendir cuentas de sus acciones ante los asociados, que son sus clientes. Si bien actúan en condiciones de monopolio, al no intentar maximizar sus utilidades, encuentra el equilibrio empresario más cerca del nivel de competencia perfecta, lo que significa una mejora en la eficiencia social desde el punto de vista de Pareto. Su toma de decisiones está cercana a los costos medios más que fundadas en el principio marginalista, significando valores menores que los monopólicos y mayor cantidad ofrecida de producto. Son entes autogestionados por los propios clientes a través de procesos democráticos y duración limitada de sus mandatos, razón por la cual no cabe esperar una actitud de explotación del usuario. Pero además, la legislación prevé mecanismos de control para evitar que un grupo de asociados o los gerentes puedan tener mal desempeño de su gestión o capturen la organización en provecho propio. En ese sentido, el síndico es una figura clave que debe velar por los asociados clientes y evitar cualquier manipulación.

Desventajas: La magnitud de determinados emprendimientos puede llegar a exceder la capacidad técnica, económica y financiera. Muchas de estas instituciones se encuentran en localidades pequeñas y alejadas lo cual conspira contra toda posibilidad de organizarse en forma rápida y eficiente. Poseen también dificultades en conseguir financiamiento o créditos en forma rápida y costos razonables. Y por último la carencia de personal idóneo y capacitado para llevar adelante el gerenciamiento de estas entidades.

Como conclusión se puede señalar que el sistema tarifario no está debidamente reglamentado, por lo que no existe en la Provincia un sistema tarifario único y legamente instituido. Los prestadores de los servicios de agua potable, como así también los otros usos mencionados, se basan en su mayoría, en la antigua Norma Jurídica de Facto 1027/80 y su

Decreto Reglamentario 193/80 modificándola de acuerdo a criterios que, en innumerables ocasiones, no responden a ningún criterio jurídico.

A esta situación hay que agregarle la falta de concesiones en los derechos de usos del agua por lo que trae como consecuencia la falta de cobro del canon correspondiente.

3 CAPÍTULO: PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA EN LA PAMPA

3.1 Introducción

Según la Real Academia Española GESTIÓN es la acción de llevar adelante una iniciativa o un proyecto. Ocuparse de la administración, organización y funcionamiento de una empresa, actividad económica u organismo. Y sobre PLANIFICACIÓN hace referencia a la acción o efecto de planificar. Plan general, metódicamente organizado y frecuentemente de gran amplitud, para obtener un objetivo determinado.

Los PRINCIPIOS RECTORES DE POLÍTICA HÍDRICA DE LA REPUBLICA ARGENTINA, representan una herramienta fundamental para la Gestión de los Recursos Hídricos. El documento fue elaborado por el CONSEJO HÍDRICO FEDERAL en el año 2003. El propósito fue brindar lineamientos y mecanismos que permitan la integración de los aspectos técnicos, sociales, económicos, legales, institucionales y ambientales del agua en una GESTIÓN moderna de los recursos hídricos. El Principio Rector N°17, se refiere a la “Gestión integrada de los Recursos Hídricos”, el cual expresa: “La gran diversidad de factores ambientales, sociales y económicos que afectan o son afectados por el manejo del agua avala la importancia de establecer una gestión integrada del recurso hídrico (en contraposición al manejo sectorizado y descoordinado). Ello requiere un cambio de paradigma, **pasando del tradicional modelo de desarrollo de la oferta hacia la necesaria gestión integrada del recurso mediante la cual se actúa simultáneamente sobre la oferta y la demanda de agua**, apoyándose en los avances tecnológicos y las buenas prácticas. Asimismo, la gestión hídrica debe estar fuertemente vinculada a la gestión territorial, la conservación de los suelos y la protección de los ecosistemas naturales”.

A la GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (GIRH), la GLOBAL WATER PARTNERSHIP (GWP) la define como “un proceso que promueve el manejo y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.”

Las Funciones de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos son las siguientes:

1. **Evaluación de los recursos:** analizar la fuente y el origen del recurso, conocer la oferta, demanda, calidad.
2. **Planificación:** Estudio sistemático de la demanda actual y futura del recurso, según los distintos usos. Priorizando el consumo humano y la calidad del recurso. Realizar obras y planes de trabajos basados y fundamentados con estudios técnicos, económicos, sociales y ambientales

3. **Gerenciamiento:** Operación, mantenimiento, diseño, construcción y administración, de redes de conducción de agua construidas o por construirse. La evaluación técnica y económica del proyecto. La elaboración de guías de trabajo, normativas, reglamentos. Promoción, coordinación e implementación de medidas y acciones para el uso racional del recurso. Acciones de gestión y coordinación con otros organismos relacionados con el estudio, gestión y control del recurso. Fomentar la difusión, educación y conciencia del cuidado del recurso.
4. **Control:** Preocuparse y ocuparse en lograr los objetivos propuestos y planteados. Controlar que se cumplan según las normativas vigentes, aplicables al uso y protección del agua y su medio ambiente. Controlar resultados de la aplicación de las acciones de gestión establecidas. Identificar las medidas correctivas y ajustes necesarios para revertir los inconvenientes que se hayan advertidos en los controles realizados.

La búsqueda de satisfacer la demanda de agua en cantidad y calidad, implica el aprovechamiento integral del recurso hídrico y el deber de realizar una planificación acorde a los distintos usos y calidades, principalmente en las áreas donde estos recursos son escasos.

El objetivo de la planificación es la adopción de un conjunto de estrategias, actividades y sistemas organizativos, referidos a un período futuro, dirigidas a alcanzar los fines prefijados. En función de esta definición señalaremos un conjunto de objetivos genéricos que consideramos son los más importantes y justifican la conveniencia de realizar una planificación:

- Satisfacer las necesidades básicas para la vida.
- Proteger y mejorar la salud pública.
- Distribuirlo adecuadamente para fomentar la industria y la ganadería.
- No dañar el medio ambiente y preservarlo para las generaciones futuras.

El modelo de planificación se confecciona luego de identificar fehacientemente lo que se quiere planificar del recurso hídrico.

El modelo para el desarrollo de una cuenca se puede estudiar como un problema de gestión o de diseño. La gestión se refiere al estudio de la explotación de un conjunto de obras ya construidas, en cambio para el diseño se analiza la factibilidad de un conjunto de obras alternativas. También existe la posibilidad de estudiar ambos problemas

conjuntamente, metodología que responde más concretamente al concepto de planificación de recursos hidráulicos. (Schulz, 2004)

La solución que se obtiene del modelo de planificación puede ser la mejor dentro de un grupo de alternativas o del universo de posibilidades ya establecidas, esto hace que la filosofía de planeamiento del modelo sea completamente diferente. El primer caso se define como **modelos de simulación de gestión**, donde el sistema se simula bajo varias alternativas controladas por distintas reglas de operación formuladas a priori por el planificador, y éste posteriormente elige la que a su juicio es la más razonable. Para el segundo caso, **modelos de optimización**, los objetivos deben ser formulados por medio de una expresión matemática que es maximizada o minimizada para lograr la solución óptima del problema, y donde las limitaciones del sistema son expresadas como restricciones.

3.2 Práctica de la Planificación Hidrológica

La planificación hidrológica integral requiere de una serie de trabajos que se pueden resumir en los siguientes:

1. Inventario y análisis de las demandas de agua y de los problemas existentes, y previsión de su evolución futura.
2. Inventario, análisis de los recursos de agua disponibles y su estudio a futuro. También incluye el inventario de los sistemas de aprovechamiento de recursos existentes (acueductos, manantiales, pozos, elementos de recarga artificial, estaciones de tratamiento, etc.).
3. Formulación de planes alternativos para satisfacer las demandas de agua actual y futura con los recursos de agua disponibles; y para resolver los problemas existentes y futuros.
4. Evaluación de los efectos de los planes alternativos; comparación de los mismos y selección de una o varias de las alternativas.

Tanto en la formulación de los planes alternativos como en la evaluación de los efectos se tienen que tener en cuenta los condicionantes políticos, socioeconómicos y legales, e incluso institucionales que los limitan o restringen, o sencillamente los hacen inviables. Los problemas del agua son frecuentemente conflictivos al incidir en aspectos vitales de la vida diaria y al ser múltiples y con frecuencia contradictorios y competitivos los objetivos que se persiguen.

La práctica de la planificación hidrológica requiere la utilización de distintos tipos de modelos. Algunos de ellos analizan aspectos concretos en detalle del ciclo hidrológico, otros

engloban ciertos aspectos del mismo o de algunos componentes del sistema de recursos hidráulicos. Integrando estos modelos se debería disponer de un modelo global que reproduzca el comportamiento de los componentes fundamentales: unidades de demanda y fuentes de agua, elementos de almacenamiento y conducción, los distintos flujos de agua en canales, conducciones, ríos y acuíferos y las relaciones entre estos dos últimos y los retornos de agua desde las zonas de consumo (Sauquillo et al, 1993).

El desafío importante en la elaboración de modelos es la confiabilidad de la información existente y la incertidumbre sobre los parámetros que se utilizarán, como así también sobre la predicción o los resultados que se obtengan. Es por ello que para este trabajo se procedió a utilizar una modelación más sencilla, denominado Sistema Soporte para la Toma de Decisiones (siglas SSD), la cual reúne conocimientos de la informática, ingeniería y gerenciamiento.

El Sistema, se refiere a un estudio analítico que ayuda a tomar decisiones identificando y seleccionando una alternativa entre un gran número de ellas. Es un enfoque lógico y sistemático donde se define y especifican claramente los, objetivos, y criterios y que ayuda al planificador a llegar a mejores decisiones contribuyendo a:

- Entender mejor el sistema y la interconexión entre otros subsistemas.
- Ampliar la información básica y almacenarla en un banco de datos.
- Poder predecir consecuencias de distintas alternativas que se planteen.
- Seleccionar la alternativa que mejor cumpla los objetivos prefijados.

Los principales pasos a tener en cuenta para el análisis de sistemas son:

1. **Definición del problema:** conocer el origen de la necesidad de plantear una planificación en el uso del recurso.
2. **Identificación del sistema y Captación de datos útiles:** adquirir conocimiento de diversas especialidades (sociología, geología, geografía, etc.) y como su interrelación puede ayudar a nuestro análisis.
3. **Definición de metas y objetivos:** luego de estudiar el problema, se puede encontrar una posible solución a las metas establecidas o aproximarse a los objetivos propuestos.
4. **Definición de medidas cuantitativas:** se utilizan para evaluar si la alternativa elegida cumple mejor o peor los objetivos. En el análisis de sistemas se suelen usar más los métodos cuantitativos que cualitativos.
5. **Generación de alternativas viables:** los resultados que se obtengan deben ser viables económicamente, socialmente, etc. que se puedan materializar.

6. **Evaluación y selección de la mejor alternativa:** se realiza utilizando personas capacitadas, con tiempo y presupuesto.
7. **Revisión, puesta al día y retroalimentación:** aquí debemos asegurarnos que se cumplan las metas y objetivos propuestos. Con la puesta al día y la retroalimentación se pretende que la nueva información que se genere, se introduzca al análisis y si hay nueva información externa útil, que también se incorpore.

El orden en el cual se detallan los pasos anteriores no es estricto y algunos pueden hacerse en simultáneo.

La gestión de los procesos hidráulicos es un proceso en continua evolución. (Andreu J. et al., 1993)

3.3 Planificación y sociedad

Actualmente los planificadores tienen que tener en cuenta las aspiraciones de la sociedad y de los movimientos conservacionistas en relación con las implicaciones ecológicas y ambientales de las obras hidráulicas y del aprovechamiento y utilización del agua. Mientras las disponibilidades de agua se mantienen fijas, o disminuyen por contaminación o sobreexplotación, las necesidades aumentan al crecer la población y la demanda para usos agrícolas e industriales. A la vez se están incrementando aceleradamente los peligros sobre la calidad del agua, en particular las asociadas con productos tóxicos y peligrosos. (Sauquillo et al., 1993).

Los art. 12, 13 y 14 de los Principios Rectores, hablan sobre la ética y gobernabilidad del agua, su uso equitativo y la responsabilidad indelegable del Estado.

La gobernabilidad del sector hídrico se debe lograr con el compromiso y el accionar en conjunto de los organismos de gobierno y los usuarios del agua.

La ética en el manejo, se logrará uniéndolo a la gestión diaria la equidad, la participación efectiva, la comunicación, el conocimiento, transparencia y capacidad de respuesta a las necesidades.

El Estado debe garantizar el principio de equidad asegurando el acceso a los servicios básicos del agua potable y saneamiento de la población urbana y rural, asignar recursos hídricos a proyectos de interés social, buscando siempre el equilibrio entre los aspectos económicos, ambientales y sociales.

Las políticas hídricas, su evaluación, planificación, administración, la asignación de derechos de uso y vertido, la asignación de recursos económicos, el dictado de normativas, la preservación y el control son responsabilidades indelegables del Estado.

3.4 Planificación y Gestión de Aguas del Colorado SAPEM

La empresa AGUAS DEL COLORADO SAPEM es una Sociedad Anónima con Participación Estatal Mayoritaria, constituida en la Provincia de La Pampa, República Argentina, en el año 2006 por Ley Provincial N° 2.223.

Su Capital Social está representado con: el sesenta por ciento (60%) por acciones clase "A" suscriptas por el Estado Provincial; el veinte por ciento (20%) por acciones clase "B" correspondientes a los Municipios y comisiones de fomento y el veinte por ciento (20%) restante por acciones de clase "C", estando destinadas por el acto constitutivo a personas de derecho público estatal y no estatal, cooperativas, mutuales o personas jurídicas.

En la Ley de Presupuesto del año 2012, la LEY N° 2654, en su Artículo 34.- Sustitúyase el artículo 2° de la Ley N° 2223, el que quedo redactado de la siguiente forma: "Artículo 2°.- "Aguas del Colorado S.A.P.E.M" tendrá como objeto:

1. La operación, mantenimiento y administración de las instalaciones civiles, hidráulicas, mecánicas, eléctricas y las obras que conforman el sistema "Acueducto del Río Colorado" y todos los acueductos construidos o a construirse propiedad del Estado Provincial, con el fin de poner a disposición de los prestadores y usuarios los servicios que por los mismos se prestan;
2. La operación, mantenimiento, administración, y explotación de la red de fibra óptica – Sistema de Comunicaciones Multimediales del Estado Provincial, de acuerdo a las políticas y condiciones que el Poder Ejecutivo establezca. Para la consecución de su objeto, la sociedad estará facultada para reponer, ampliar y modificar las instalaciones y sistemas existentes."

La Empresa no distribuye el agua dentro de las localidades, solo extrae o recolecta el agua desde un río o manantial y la transporta por medio de acueductos a las cisternas de los encargados de distribuirla. La distribución dentro de un Municipio está a cargo de Cooperativas o la propia Municipalidad. Sí, se hace entrega a particulares (Clientes) cuando se trata de "Tomas Ganaderas" para bebida de animales o "Tomas Industriales".

Acueductos Gestionados por ADC, SAPEM

En la actualidad se provee agua para consumo humano a 24 localidades, a través de 1123 km de acueductos.

Los acueductos se encuentran distribuidos por todo el ancho y largo de la provincia, en la Figura 3.4.1 se detallan los acueductos en operación actualmente, más los proyectados a futuro y en etapa de licitación.

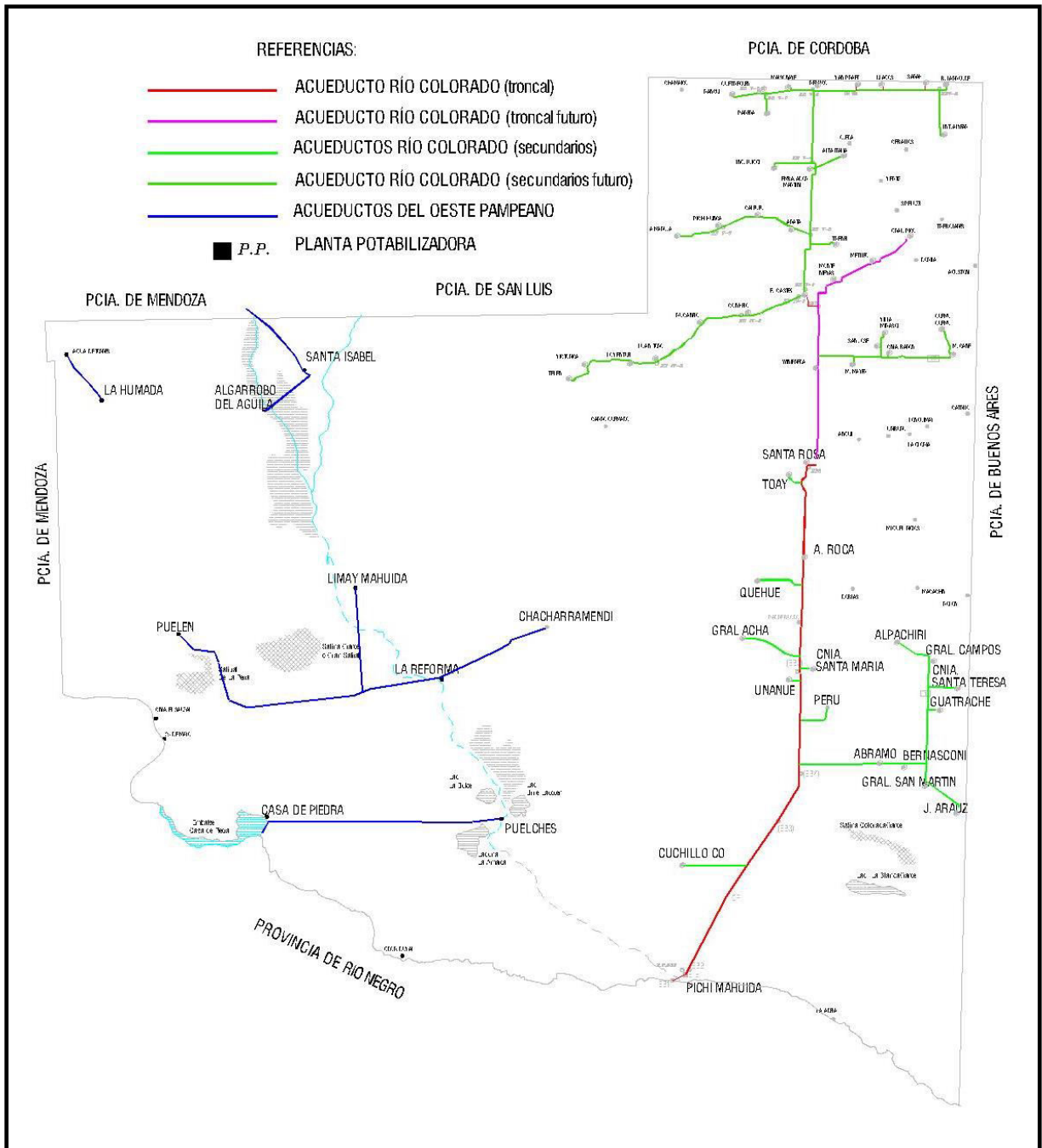


Figura 3.4.1: Acueductos en operación, proyectados a futuro y en etapa de licitación

- **Acueducto del Río Colorado (en operación actualmente)**
 - Acueducto Troncal: 264 km
 - Acueductos Secundarios: 274 km

- **Acueductos del Oeste**
 - Acueducto Punta de Agua – Santa Isabel – A. del Águila: 190 km
 - Acueducto Agua de Torres- La Humada: 25 km
 - Acueducto Puelen – Chacharramendi (Limay Mahuida): 260 km
 - Acueducto Casa de Piedra – Puelches: 110 km

- **Acueducto del Río Colorado**

En el Capítulo N°1, se redactó parte del Estudio y Proyecto, en esta etapa se abordará sobre lo que fue construido y actualmente se encuentra en operación. El Acueducto se construyó en el Río Colorado a unos 1000 metros aguas arriba de la desembocadura del río Curacó, frente al paraje rionegrino de Pichi Mahuida, allí se implantó la obra de toma. Su captación es del tipo libre con un ancho de 10 mts. A través de la Estación de Bombeo N° 1 (EB1), con 3 bombas en la actualidad toman el agua del río y la impulsan unos 4 km para ingresarla a la planta potabilizadora.

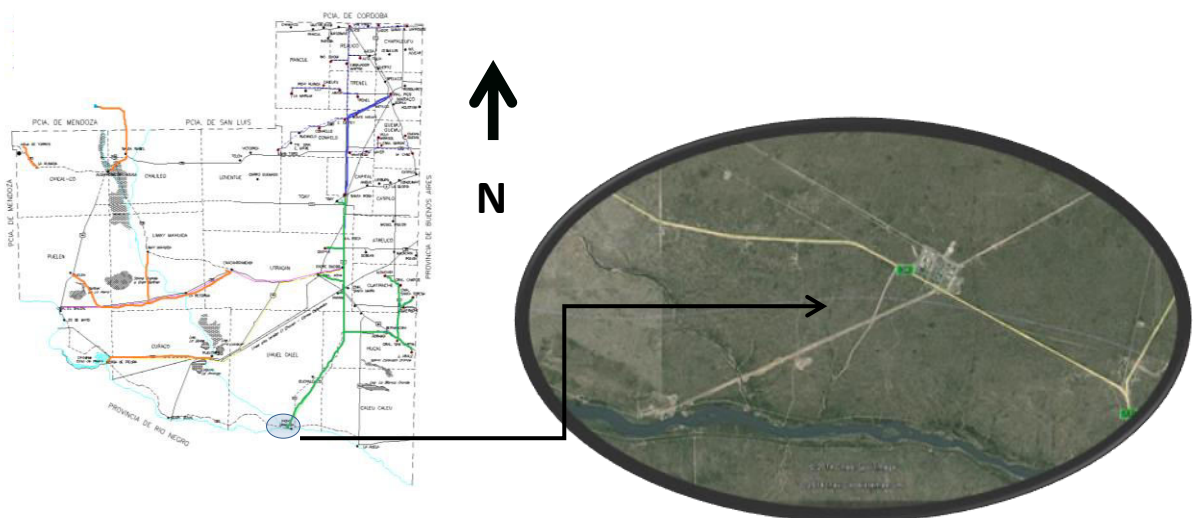


Figura 3.4.2: Ubicación de la Toma del Acueducto del Río Colorado

La Planta fue diseñada para obtener un caudal máximo de agua potable de 2 m³/segundo, por medio de 3 módulos de tratamiento de 666 l/seg. cada uno dando un total

de 2.000 l/seg. Actualmente está en funcionamiento el primer módulo, mientras que los subsiguientes, serán construidos de acuerdo a la demanda requerida.

Para su potabilización el agua pasa por decantadores laminares de flujo oscilante, filtros duales de antracita y arena, tanques de ablandamiento con resinas sódicas y desinfección con cloro gaseoso, luego se almacena en una cisterna de reserva. Desde la Estación de Bombeo N° 2 se impulsa el agua que nutre al acueducto y la transporta 264 km hasta la ciudad de Santa Rosa y por otros 274 km de acueductos secundarios a las otras localidades. El acueducto troncal fue construido con caños de PFRV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio) y acero en tramos críticos, los diámetros varían entre 1,2 mts, 1,1 mts y 1,0 mts. Las uniones se realizan mediante una espiga enchufe o Junta Reka, dependiendo del fabricante del caño, con junta de aros de goma, para el cierre hidráulico. En algunas zonas de la traza los caños deberán soportar una presión de trabajo de hasta 24 kg/cm².

Del acueducto troncal salen derivaciones laterales a acueductos secundarios construidos con cañería de PeAD (polietileno de alta densidad) con diámetros que varían entre los 450 mm a 63 mm.



Figura 3.4.3: Instalación de cañería en el Acueducto del Río Colorado

La obra ha contemplado el abastecimiento de agua a la ganadería, en la zona de influencia del acueducto a través de tomas ubicadas cada 10 km. Cada una de ellas podrá servir a productores que se ubican en el área de influencia.

- **Acueductos del Oeste**

- **Acueducto Punta del Agua-Santa Isabel-Algarrobo del Águila**

- **Conducción:**

- Longitud: 190 km

- Diámetros: Variables entre 300 mm a 150 mm
- Material: Asbesto Cemento
- **Obra de Toma:**
 - Fuente: de manantial, pluvial y de deshielo del Cerro Nevado.
 - Filtración: mediante una pileta de filtración lenta, ubicada en Punta del Agua – Mendoza
 - Desinfección: cloro líquido, que se adiciona en el centro de abastecimiento de cada localidad.

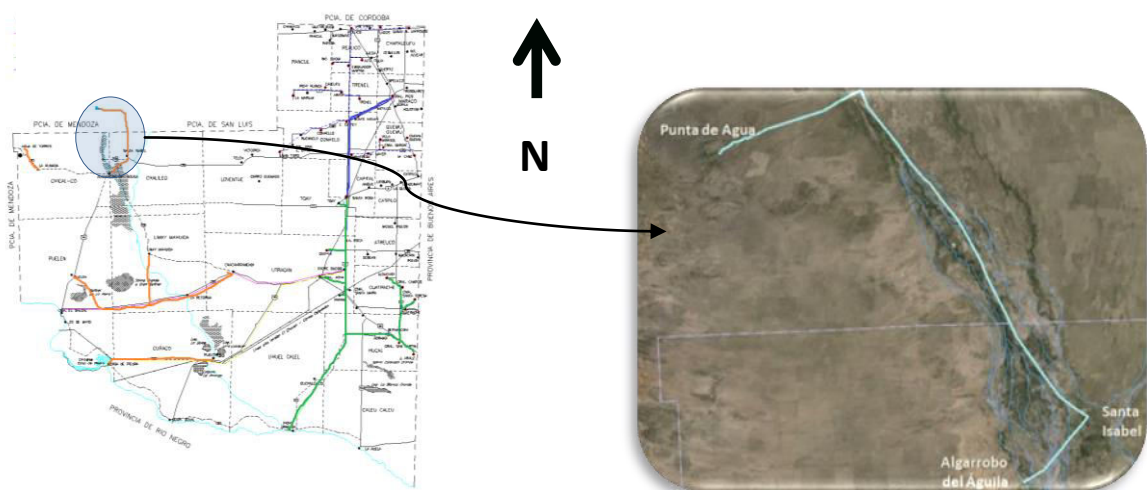


Figura 3.4.4: Ubicación del Acueducto Punta de Agua – Santa Isabel - Algarrobo del Águila

- **Acueducto Agua de Torres-La Humada**

- **Conducción:**
 - Longitud: 25 km
 - Diámetros: Variables entre 300 mm a 150 mm
 - Material: Asbesto Cemento
- **Obra de Toma:**
 - Fuente: de manantial, pluvial y de deshielo del Cerro Nevado.
 - Filtración: mediante una pileta de filtración lenta, ubicada en Punta del Agua – Mendoza
 - Desinfección: cloro líquido que se adiciona en el centro de abastecimiento de cada localidad.

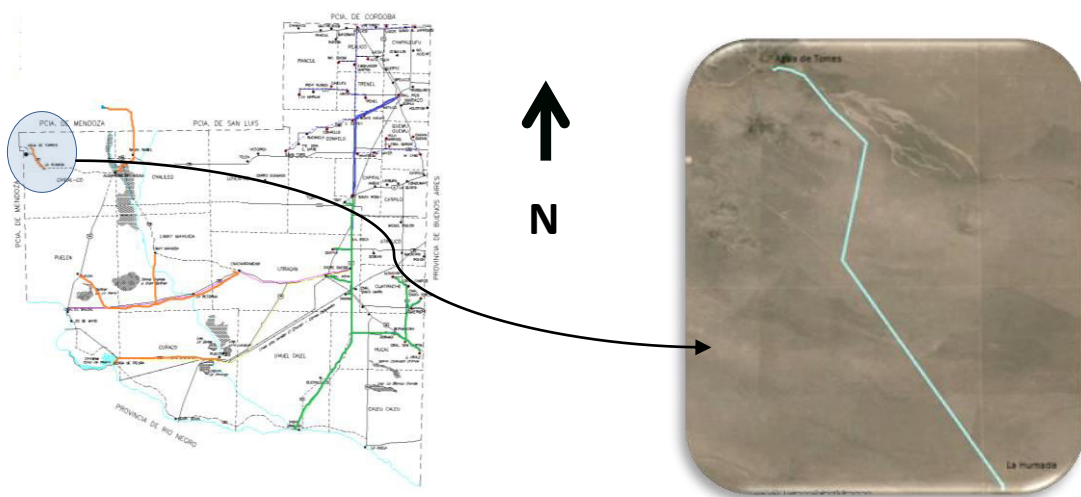


Figura 3.4.5: Ubicación del Acueducto Agua de Torres – La Humada

- **Acueducto Puelen-Chacharramendi**

- **Conducción:**

- Longitud: 258 km (207 km Puelen-Chacharramendi y 51 km desde acueducto hasta Limay Mahuida).
 - Diámetros: Puelen - Chacharramendi: (variables entre 250 mm a 125 mm) a Limay Mahuida: (variables entre 200 mm a 63 mm).
 - Material: Puelen - Chacharramendi: Asbesto Cemento, Limay Mahuida: PVC

- **Obra de Toma:**

- Fuente: manantial de Puelen.
 - Desinfección: cloro líquido que se adiciona en el centro de abastecimiento de cada localidad.

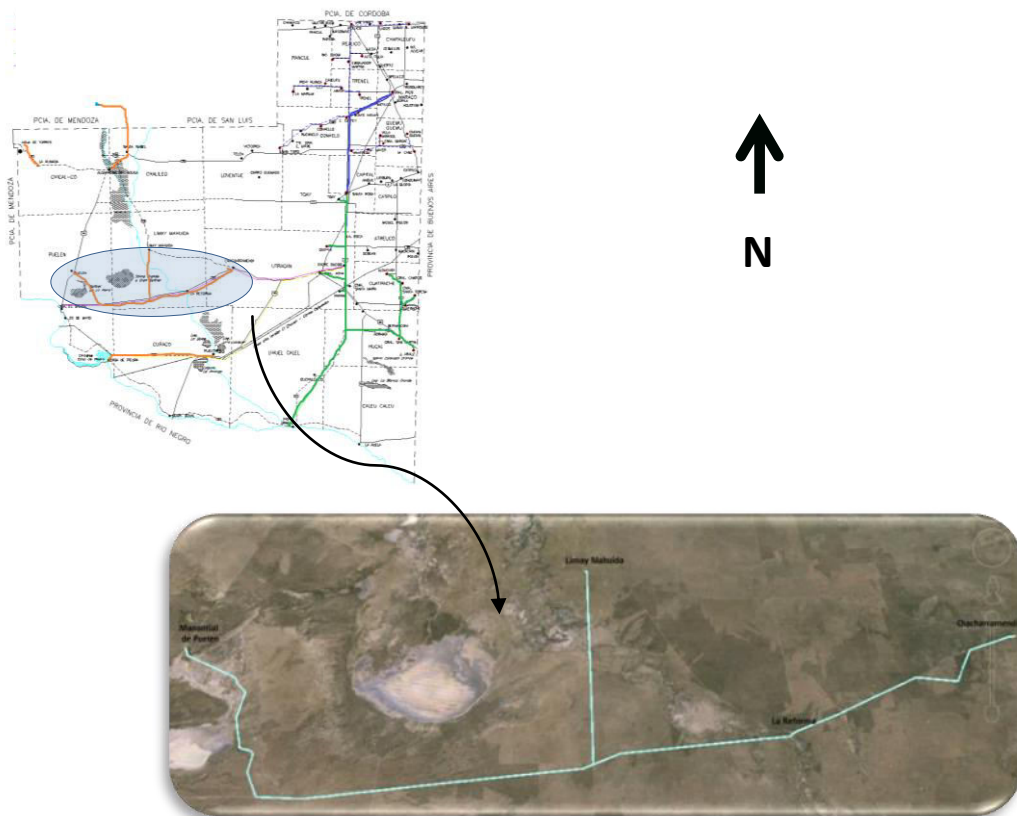


Figura 3.4.6: Ubicación del Acueducto Puelen - Chacharramendi

- **Acueducto Casa de Piedra-Puelches**

- **Conducción:**
 - Longitud: 117 km
 - Diámetros: Variables entre 200 mm a 90 mm
 - Material: PVC
- **Obra de Toma:**
 - Fuente: Río Colorado
 - Desinfección: cloro líquido que se adiciona en el centro de abastecimiento de la localidad.

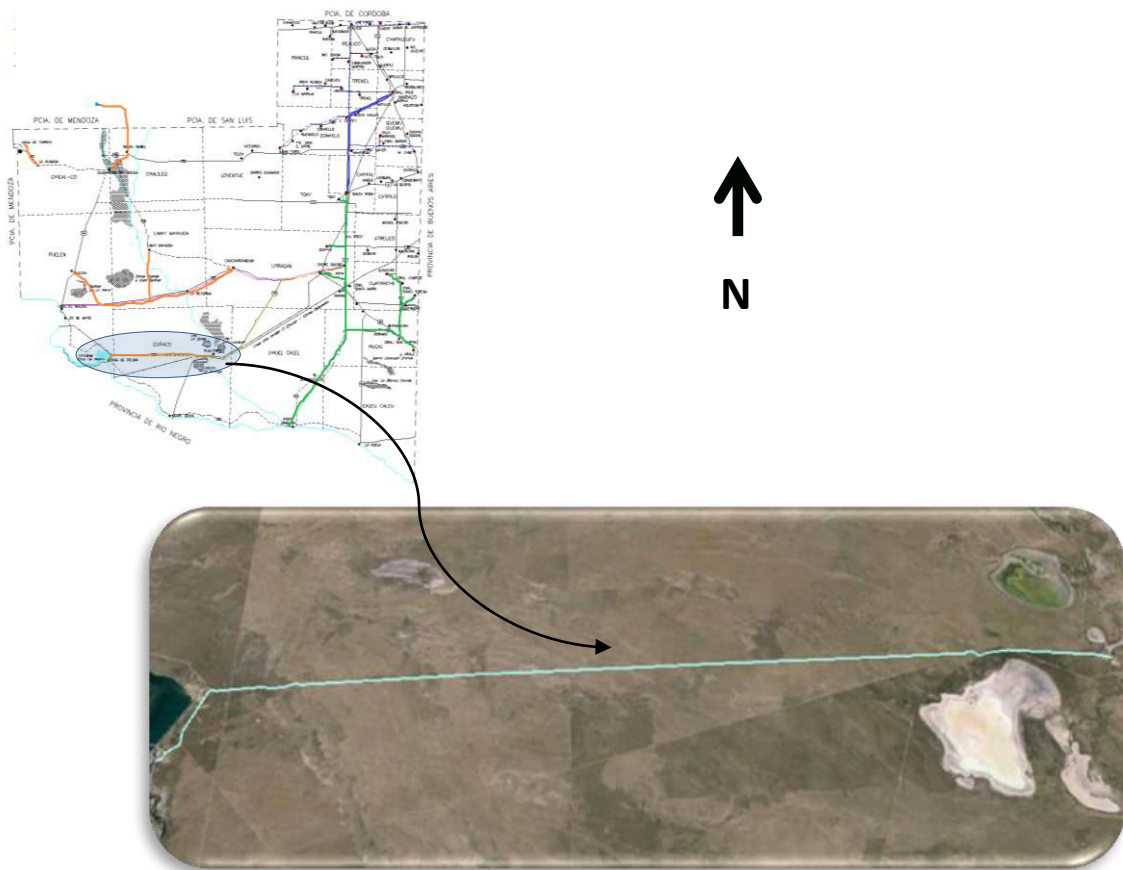


Figura 3.4.7: Ubicación del Acueducto Casa de Piedra - Puelches

3.5 Planificación y Gestión del Agua para Uso Humano

Quando se define la planificación y gestión del recurso agua es importante especificar la relación que existe entre sí y las legislaciones vigentes en cada región y/o provincia. La debilidad de las leyes vigentes en la Provincia de La Pampa repercute negativamente en la región porque no cumplen con los objetivos propuestos y la mayoría de ellas no se ponen en vigencia ni se reglamentan transformándose en letra muerta. En consecuencia, distintas instituciones sobreponen atribuciones y eluden responsabilidades y así, cada institución constituye su propio hábitat, con sus propias políticas, actividades, decisiones y objetivos. En consonancia con ello, las legislaciones vigentes que involucran al recurso, no pueden dar respuesta a los requerimientos que suscitan las nuevas organizaciones territoriales, las profundas transformaciones experimentadas por la sociedad, los adelantos tecnológicos, la presión de la demanda y la creciente conciencia ecológica (Schulz, 1998).

Los análisis y evaluaciones siguientes se centrarán en la localidad de Quehué (definida en el capítulo N° 1), y para darle un marco más amplio al análisis se adicionó la localidad de Alpachiri.

3.5.1 Evaluación de la Demanda

Se puede definir “evaluación de una demanda” al equivalente en especificar concretamente la cantidad y calidad del agua necesaria para un uso determinado.

En toda planificación las principales hipótesis son las referentes a la evolución futura de:

- a) la población y su renta o poder adquisitivo
- b) los sistemas de gustos o preferencias relativas de los consumidores
- c) los costos de producción del bien de que se trate.

Los aspectos a) y b) determinan la demanda del bien, y el c) su oferta. La acepción económica de demanda adquiere pues pleno sentido en planificación. Al efecto interesa destacar las características del agua como bien económico:

- es susceptible tanto de uso o consumo privado (doméstico, agrícola-ganadero, etc.) como colectivo (salud y seguridad pública, actividades de recreo, usos ecológicos, etc.), siendo difícil o imposible la percepción de un precio en el segundo caso.
- no existen prácticamente mercados de agua, no hay venta sino prestación en régimen de servicio público o producción propia mediante concesión o autorización. Los precios se sustituyen por tarifas y cánones, intervenidos con criterios políticos y económicos.

De ambas características resulta que la demanda de agua posee una componente privada, influida por decisiones políticas, y una componente social o colectiva que, por manifestarse a través de las tarifas, tiene que ser valorada por quienes interpretan el pulso de la voluntad social. A éstos corresponde señalar los objetivos sociales de la planificación hidrológica, requisito indispensable para comenzar a trabajar o desarrollar las tareas.

Los objetivos se traducen en metas, directrices y criterios a aplicar por los profesionales del análisis económico y social, y en cuyo ámbito se cuantifica la demanda. Los análisis hidrológicos e ingenieriles proporcionan los costos y beneficios de todo orden adjuntos a los planteamientos de partida. Estos pueden ser revisados a la vista de los resultados finales, de modo que en general se estudiarán varias hipótesis de demanda,

impuestas por variaciones en los objetivos o criterios, y por la incertidumbre de los parámetros utilizados. (González ,1993).

3.5.2 Demanda para Uso Urbano

Se engloban en esta categoría los usos domésticos, comerciales, de pequeñas industrias, y públicos o municipales (parques, escuelas, hospitales, etc).

La cantidad de agua utilizada en un hogar depende en general del tamaño de la familia, de su nivel de renta o poder adquisitivo, del clima, del precio o tarifa, de la presión de la red, de que existan o no medidores domiciliarios (caudalímetros), un conjunto de factores cuya influencia ha sido analizada en diversos estudios (Howe et al., 1967).

Los usos comerciales se refieren al agua utilizada en oficinas, tiendas y otros establecimientos públicos. La utilización per cápita para estos fines en una comunidad urbana depende: a) del tamaño y tipo de núcleo urbano, factores que reflejan el peso del sector terciario en la economía del mismo, y b) de poder adquisitivo media de la ciudad y su área de influencia.

Los usos industriales varían muy ampliamente de unos rubros a otros, y aún dentro de la misma actividad según la tecnología del proceso utilizado. Aunque sólo se involucra a las pequeñas industrias existentes dentro de los ejidos urbanos, es evidente que en la cantidad de agua utilizada influyen, además del poder adquisitivo de los habitantes, las características económicas propias del núcleo (básicamente tamaño y peso de la actividad industrial).

Como factores determinantes de los usos públicos y municipales se repiten el tamaño del núcleo urbano y el nivel medio del poder adquisitivo.

3.5.2.1 Estructura de la Población

Es indudable que un estudio de población resulta de gran importancia si se intenta iniciar programas de desarrollo económico y social y, fundamentalmente proyectar los volúmenes de agua a proveer.

El estudio demográfico debe estar vinculado necesariamente a la estructura económica, las posibilidades del medio, la organización social, las decisiones políticas. De allí que el estudio de la dinámica demográfica, que pretende realizar estimaciones de

crecimiento poblacional, debe tener en cuenta estas variables, para no caer en graves errores de cálculo.

El análisis de las localidades seleccionadas fue relacionado con el trabajo realizado en los “ESTUDIOS Y PROYECTOS DEL ACUEDUCTO DEL RÍO COLORADO”.

3.5.2.2 Estudio Demográfico

Se estudió la proyección poblacional de las Localidades de Quehue y Alpachiri a lo largo de un periodo comprendido entre el año 2002 y 2040 para analizar las demandas potenciales de agua potable de las poblaciones mencionadas, y se adicionó General Pico, Santa Rosa y a la Provincia de La Pampa, para comparar los valores obtenidos.

Los estudios de población, se encuentran apoyados en cierta medida por la información que proporcionan las siguientes fuentes:

- Censos de Población (Nacionales, Provinciales)
- Encuestas
- Otras estadísticas (Estadísticas Sanitarias, Registro Civil, etc)

En general el crecimiento demográfico es el resultado de la acción conjunta de dos procesos: el crecimiento vegetativo y el movimiento migratorio.

El crecimiento vegetativo es la diferencia entre los nacimientos y las defunciones ocurridas durante el lapso analizado, mientras que los movimientos migratorios responden a las diferencias entre entradas y salidas de personas durante el mismo período.

El proceso de crecimiento es de naturaleza muy compleja por intervenir un número muy grande de variables de difícil valoración al estar relacionadas con la actividad humana futura, poniéndose en juego los factores económicos, políticos y sociales que ocurran en el propio lugar, en el entorno, en el contexto nacional e incluso en el internacional.

Como consecuencia de todo ello, obtener una proyección que se pueda ajustar a la realidad es prácticamente de imposible realización, siendo su acierto cada vez menor cuanto mayor es el lapso de la predicción.

Los métodos de proyección más empleados evalúan a la población futura mediante el análisis de la evolución ocurrida en el pasado.

Para el caso de las localidades pampeanas, el análisis de la expansión histórica permite inferir que las migraciones son mucho más importantes que el crecimiento vegetativo, lo que dificulta más el acierto de la proyección.

Las proyecciones se realizaron con los métodos de las tasas de crecimiento medio anual decrecientes y el de la curva logística. En dichos métodos se emplean fórmulas matemáticas donde intervienen las poblaciones de los censos nacionales (1970, 1980 y 1991, 2001 y 2010), información que consta en los cuadros de proyección y que fue obtenida de la Dirección de Estadística y Censos.

El método de proyección de tasas de crecimiento medio anual decrecientes, consiste en subdividir el período de diseño en subperíodos y aplicar tasas diferentes decrecientes para cada uno de ellos.

Con este procedimiento se consigue reproducir la situación de desaceleración que caracteriza el comportamiento demográfico de las localidades que atraviesan períodos de crecimiento explosivo.

El nivel de complejidad de este método es bajo, así como también el volumen de la información requerida, mientras que la probabilidad de que se produzcan desvíos excesivos es media.

En cuanto al método de proyección de la curva “logística” o curva en “S”, se basa en suponer que los obstáculos que se oponen al crecimiento de la población aumentan en proporción directa al crecimiento acumulado de dicha población. Es decir que, luego de un período de crecimiento acelerado, se producirá un crecimiento más lento para finalmente tender asintóticamente hacia un límite de saturación.

Método de las tasas de crecimiento medio anual decrecientes:

El período de análisis se ha subdividido en cinco (5) sub-períodos, teniendo en cuenta el año inicial (2002) previsto para el comienzo del funcionamiento del acueducto y los años censales.

Estos sub-períodos son: 1991/2002; 2002/2010; 2010/2020; 2020/2030 y 2030/2040.

Se calcularon las tasas intercensales históricas para los períodos 1970/1980; 1980/1991, 1970/1991, 1991/2001 y 2001/2010.

La expresión empleada para el cálculo fue la siguiente:

$$i = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{1/n} - 1$$

Donde P_2 es la población final del período, P_1 la inicial y n el número de años transcurrido.

Se adoptaron tasas de crecimiento para cada uno de los períodos indicados, con valores decrecientes desde el primero al último de ellos, adoptándose uno de los siguientes criterios, "CRTR", en función del análisis de las tasas intercensales históricas y de las características de la localidad. Tabla 3.5.2.2.1

Tabla 3.5.2.2.1

CRTR	Tasa Intersensal Histórica	CRITERIO EMPLEADO
1	Decrecientes	Se adopta la tasa del 2030/2040 y se proyecta el decrecimiento aproximadamente constante entre el valor del período 2001/2010 y el valor adoptado para el último período.
2	Variable	Se adoptan todas las tasas de los sub-periodos según el caso

Las poblaciones proyectadas se calcularon utilizando la siguiente expresión matemática:

$$P_f = P_i \cdot (1 + i)^n$$

Siendo P_f la población al final de período, P_i la inicial y n el número de años de dicho período.

Método de la curva logística:

La expresión matemática que define la curva logística es la siguiente:

$$P_T = \frac{K}{1 + e^{b-aT}}$$

Siendo K , a , b constantes que definen a la función y P_T la población a la fecha T (en número de años a partir del origen del comienzo del cálculo).

El ajuste de una curva logística a una serie de valores, se hace por el método de los “puntos elegidos”.

Para ello se pueden tomar tres puntos equidistantes en el tiempo (abscisa). Los tres puntos de la curva son:

P₁: para una abscisa 0

P₂: para una abscisa T

P₃: para una abscisa 2 T

De este modo se obtiene un sistema de tres ecuaciones que permiten determinar los tres parámetros de la curva.

Para nuestro caso reemplazando en la expresión los valores con población conocida, P₁₉₇₀, P₁₉₈₀ y P₁₉₉₁ para los cuales los valores T son 0, 10 y 21 años respectivamente, se obtiene el sistema de tres ecuaciones y con ellas los valores de las constantes y la ecuación de proyección.

Aplicando dicha ecuación a los años 2002, 2010, 2020, 2030 y 2040, para los cuales T vale 32, 40, 50, 60 y 70 años respectivamente, se obtienen las poblaciones proyectadas.

En el caso con tasas intercensales negativas, la curva resultante no es una curva “S”; en otros casos se obtienen crecimientos regulares o prácticamente nulos.

Resultados Obtenidos

Utilizando los procedimientos indicados anteriormente, se realizaron las proyecciones de las 2 localidades en estudio más las de General Pico, Santa Rosa y también se proyectó la población de la Provincia.

En la tabla 3.5.2.2 se indica la población proyectada mediante el método de las tasas decrecientes, mientras que en la tabla 3.5.2.3 los de las tasas logísticas.

Tabla 3.5.2.2: Proyección de la población mediante el método de las Tasas Decrecientes

LOCALIDAD	CENSOS					TASA INTERCENSAL					CR	TASAS PROYECTADAS					POBLACIÓN PROYECTADA				
	1.970	1.980	1.991	2.001	2.010	70/80	80/91	70/91	91/01	01/10		TR	91/02	02/10	10/20	20/30	30/40	2002	2010	2020	2030
Alpachín	1.374	1.657	1.853	2.138	2.003	1,89	1,02	1,43	1,44	-0,72	1	1,44	-0,72	1,29	1,25	1,20	2.169	2.047	2.327	2.635	2.969
General Pico	21.896	30.180	41.921	53.352	57.669	3,26	3,03	3,14	2,44	0,87	2	2,44	0,87	2,30	2,21	2,00	54.651	58.573	73.528	91.493	111.529
Quehué	295	259	301	567	596	-1,29	1,38	0,10	6,54	0,56	1	6,54	0,56	3,19	2,10	1,00	604	632	865	1.065	1.176
Santa Rosa	34.885	51.689	75.103	94.758	103.241	4,01	3,45	3,72	2,35	0,96	2	2,35	0,96	2,28	1,89	1,50	96.967	104.669	131.137	158.140	183.528
Provincia	172.841	207.095	260.034	299.294	318.951	1,82	2,09	1,96	1,42	0,71		2,10	2,05	2,00	1,95	1,90	326.824	384.431	468.619	568.450	686.174

Tabla 3.5.2.3: Proyección de la población mediante el método de la Curva Logística (Curva "S")

LOCALIDAD	CENSOS					CONSTANTES			POBLACIÓN PROYECTADA				
	1.970	1.980	1.991	2.001	2.010	K	a	b	2002	2010	2020	2030	2040
Alpachiri	1.374	1.657	1.853	2.138	2.003	2.117	0,067	-0,615	1.990	2.040	2.077	2.096	2.106
General Pico	21.896	30.180	41.921	53.352	57.669	170.000	0,038	1,911	56.597	68.591	84.533	100.507	115.423
Quehué	295	259	301	567	596	350	0,086	-0,283	334	342	346	348	349
Santa Rosa	34.885	51.689	75.103	94.758	103.241	444.412	0,044	2,463	113.452	145.249	190.489	238.582	285.180
Provincia	172.841	207.095	260.034	299.294	318.951	2.000.000	0,021	2,358	312.605	359.512	425.643	500.230	583.045

La Tabla 3.5.2.4 se indican los valores promedios de ambas proyecciones. Estos valores medios de proyección son los que finalmente se adoptan en el estudio.

Tabla 3.5.2.4: Proyección de la población, valores promedios

LOCALIDAD	CENSOS					POBLACIÓN PROYECTADA (tasas decrecientes)					POBLACIÓN PROYECTADA (tasas logísticas)				
	1.970	1.980	1.991	2.001	2.010	2.002	2.010	2.020	2.030	2.040	2.002	2.010	2.020	2.030	2.040
Alpachiri	1.374	1.657	1.853	2.138	2.003	2.169	2.047	2.327	2.635	2.969	1.990	2.040	2.077	2.096	2.106
General Pico	21.896	30.180	41.921	53.352	57.669	54.651	58.573	73.528	91.493	111.529	56.597	68.591	84.533	100.507	115.423
Quehué	295	259	301	567	596	604	632	865	1.065	1.176	334	342	346	348	349
Santa Rosa	34.885	51.689	75.103	94.758	103.241	96.967	104.669	131.137	158.140	183.528	113.452	145.249	190.489	238.582	285.180
Provincia	172.841	207.095	260.034	299.294	318.951	326.824	384.431	468.619	568.450	686.174	312.605	359.512	425.643	500.230	583.045

LOCALIDAD	VALORES PROMEDIOS				
	2.002	2.010	2.020	2.030	2.040
Alpachiri	2.080	2.044	2.202	2.366	2.538
General Pico	55.624	63.582	79.031	96.000	113.476
Quehué	469	487	606	707	763
Santa Rosa	105.210	124.959	160.813	198.361	234.354
Provincia	319.727	371.983	447.141	534.355	634.622

Como conclusión se puede observar que están expuestos los valores proyectados, en virtud de los métodos y criterios utilizados, se consideran razonablemente consistentes y suficientemente precisos para evaluar las necesidades de agua potable de las poblaciones seleccionadas.

3.5.2.3 Dotación

En el capítulo 2 se explicó que el Código Provincial del Agua, en su artículo 308 deroga la Ley 607 y toda otra norma que se oponga a lo establecido por el presente Código, cuestión que la Norma Jurídica de Facto 1027/80 y su Decreto Reglamentario 193/80 que instituyen un régimen de interés público provincial para asegurar la conservación y el uso racional de las fuentes de agua potable no estaría vigente. A pesar de esto y por la costumbre de realizarlo anteriormente aún se sigue con el sistema de dotación. Este decreto en su artículo 14 reglamenta los consumos para las áreas residenciales y propone lo siguiente:

"Fíjense como consumo mínimo residencial por conexión, a los fines de la facturación, un volumen mensual de 9.000 lts. el que será facturado a la tasa resultante de la aplicación del sistema tarifario referido en su artículo anterior. Si el consumo fuera inferior

al volumen indicado, será considerado como valor a facturar el consumo mínimo establecido por este artículo. Para aquellos casos en que se supere dicho consumo mínimo, se aplicarán sobre la tasa correspondiente, recargos crecientes, los que se establecen de la siguiente manera:

- De 9.000 a 18.000 litros / mes, se facturarán los primeros 9.000 lts. al costo mínimo y el exceso a un costo incrementado en un 50% respecto al mínimo.
- De 18.000 litros / mes a 30.000 litros / mes, se facturarán los primeros 9.000 lts. al costo mínimo, los siguientes 9.000 lts. al costo incrementado en un 50% respecto al mínimo, y el exceso a un costo incrementado en un 100% respecto al mínimo.-
- Más de 30.000 lts/mes, se facturarán los primeros 9.000 lts. al costo mínimo, los siguientes 9.000 lts. al costo mínimo incrementado en un 50%, los 12.000 lts. siguientes al costo mínimo incrementado en un 100%, y el exceso a un costo incrementado en un 200% respecto al mínimo."

La ley también contempla el sistema medido obligatorio por parte de los concesionarios de los servicios de distribución de agua potable, Alpachiri mediante su Cooperativa de Servicios Públicos, no cuenta con macro mediciones, si cuentan con micro mediciones. Quehué no cuenta con micromedición, sí la tuvo en los años de estudios preliminares, hoy el sistema está muy deteriorado. Estos inconvenientes hacen difícil el cálculo de los volúmenes de agua producidos y solamente se los puede deducir por las horas de bombeo de los pozos en producción, los consumos facturados por Aguas del Colorado SAPEM y cantidad de habitantes de las localidades. La componente del riego de parques y jardines es una variable que, para la zona árida y semiárida y con calles sin pavimento, hay que tener muy presente a la hora del cálculo de la demanda.

Para los Estudios Preliminares del Acueducto del Río Colorado se adoptó un consumo de 120 l/hab. día, para localidades con una población entre 200 hab. y 1.000 hab. estimando un coeficiente de pico " $\alpha = 1,60$ " (el consumo pico es la relación entre el consumo del día de mayor consumo y el consumo medio anual), para localidades entre 1.001 hab. y 10.000 hab. un consumo de 150 l/hab. día y su coeficiente de pico es " $\alpha = 1,50$ " y para más de 10.000 hab. 216 l/hab. día y un coeficiente de pico de " $\alpha = 1,30$ ". Los datos utilizados en proyecto del Acueducto del Río Colorado se representan en la Tabla 3.5.2.3.1 y 3.5.2.3.2

Tabla 3.5.2.3.1: Determinación de la demanda de agua potable para Quehué y de las capacidades de suministro de las fuentes de provisión para usos urbanos

AÑO	DEMANDA DE AGUA POTABLE DÍA MAYOR CONSUMO				QE	QA	VA
	P	d	α	QD	Capacidad Potencial de suministro del Acuífero explotado	Capacidad de Suministro del Acueducto del Río Colorado	Volumen Anual a Suministrar con el Acueducto
	Población a Servir	Dotación Media Anual	Coefficiente de Pico Diario	Caudal día mayor consumo			
	Habitantes	l/hab.día	Nº	l/s	l/s	l/s	m ³ /año
2002	422	120,0	1,6	0,94	0,00	0,94	18.527
2003	424	120,5	1,6	0,95	0,00	0,95	18.725
2004	427	121,0	1,6	0,96	0,00	0,96	18.922
2005	428	121,5	1,6	0,96	0,00	0,96	18.922
2006	430	122,0	1,6	0,97	0,00	0,97	19.119
2007	432	122,5	1,6	0,98	0,00	0,98	19.316
2008	435	123,0	1,6	0,99	0,00	0,99	19.513
2009	437	123,5	1,6	1,00	0,00	1,00	19.710
2010	438	124,0	1,6	1,01	0,00	1,01	19.907
2011	447	124,5	1,6	1,03	0,00	1,03	20.301
2012	457	125,0	1,6	1,06	0,00	1,06	20.893
2013	467	125,5	1,6	1,09	0,00	1,09	21.484
2014	478	126,0	1,6	1,12	0,00	1,12	22.075
2015	488	126,5	1,6	1,14	0,00	1,14	22.469
2016	499	127,0	1,6	1,17	0,00	1,17	23.061
2017	509	127,5	1,6	1,20	0,00	1,20	23.652
2018	521	128,0	1,6	1,23	0,00	1,23	24.243
2019	533	128,5	1,6	1,27	0,00	1,27	25.032
2020	545	129,0	1,6	1,30	0,00	1,30	25.623
2021	554	129,5	1,6	1,33	0,00	1,33	26.214
2022	563	130,0	1,6	1,36	0,00	1,36	26.806
2023	571	130,5	1,6	1,38	0,00	1,38	27.200
2024	580	131,0	1,6	1,41	0,00	1,41	27.791
2025	589	131,5	1,6	1,43	0,00	1,43	28.185
2026	598	132,0	1,6	1,46	0,00	1,46	28.777
2027	607	132,5	1,6	1,49	0,00	1,49	29.368
2028	617	133,0	1,6	1,52	0,00	1,52	29.959
2029	626	133,5	1,6	1,55	0,00	1,55	30.551
2030	636	134,0	1,6	1,58	0,00	1,58	31.142
2031	642	134,5	1,6	1,60	0,00	1,60	31.536
2032	646	135,0	1,6	1,62	0,00	1,62	31.930
2033	651	135,5	1,6	1,63	0,00	1,63	32.127
2034	656	136,0	1,6	1,65	0,00	1,65	32.522
2035	661	136,5	1,6	1,67	0,00	1,67	32.916
2036	666	137,0	1,6	1,69	0,00	1,69	33.310
2037	671	137,5	1,6	1,71	0,00	1,71	33.704

Tabla 3.5.2.3.2: Determinación de la demanda de agua potable para Alpachiri y de las capacidades de suministro de las fuentes de provisión para usos urbanos

AÑO	DEMANDA DE AGUA POTABLE DÍA MAYOR CONSUMO				QE Capacidad Potencial de suministro del Acuífero explotado l/s	QA Capacidad de Suministro del Acueducto del Río Colorado l/s	VA Volumen Anual a Suministrar con el Acueducto m ³ /año
	P	d	α	QD			
	Población a Servir	Dotación Media Anual	Coefficiente de Pico Diario	Caudal día mayor consumo			
	Habitantes	l/hab.día	Nº	l/s			
2002	1872	153,0	1,5	4,97	0,00	4,97	104.489
2003	1868	153,7	1,5	4,98	0,00	4,98	104.700
2004	1865	154,4	1,5	5,00	0,00	5,00	105.120
2005	1860	155,1	1,5	5,01	0,00	5,01	105.330
2006	1857	155,8	1,5	5,02	0,00	5,02	105.540
2007	1852	156,5	1,5	5,03	0,00	5,03	105.751
2008	1849	157,2	1,5	5,05	0,00	5,05	106.171
2009	1844	157,9	1,5	5,05	0,00	5,05	106.171
2010	1840	158,6	1,5	5,07	0,00	5,07	106.592
2011	1853	159,3	1,5	5,12	0,00	5,12	107.643
2012	1868	160,0	1,5	5,19	0,00	5,19	109.115
2013	1882	160,7	1,5	5,25	0,00	5,25	110.376
2014	1896	161,4	1,5	5,31	0,00	5,31	111.637
2015	1910	162,1	1,5	5,38	0,00	5,38	113.109
2016	1924	162,8	1,5	5,44	0,00	5,44	114.371
2017	1939	163,5	1,5	5,50	0,00	5,50	115.632
2018	1953	164,2	1,5	5,57	0,00	5,57	117.104
2019	1967	164,9	1,5	5,63	0,00	5,63	118.365
2020	1982	165,6	1,5	5,70	0,00	5,70	119.837
2021	1996	166,3	1,5	5,76	0,00	5,76	121.098
2022	2011	167,0	1,5	5,83	0,00	5,83	122.570
2023	2025	167,7	1,5	5,90	0,00	5,90	124.042
2024	2039	168,4	1,5	5,96	0,00	5,96	125.303
2025	2054	169,1	1,5	6,03	0,00	6,03	126.775
2026	2069	169,8	1,5	6,10	0,00	6,10	128.246
2027	2084	170,5	1,5	6,17	0,00	6,17	129.718
2028	2099	171,2	1,5	6,24	0,00	6,24	131.190
2029	2114	171,9	1,5	6,31	0,00	6,31	132.661
2030	2129	172,6	1,5	6,38	0,00	6,38	134.133
2031	2145	173,3	1,5	6,45	0,00	6,45	135.605
2032	2159	174,0	1,5	6,52	0,00	6,52	137.076
2033	2174	174,7	1,5	6,59	0,00	6,59	138.548
2034	2190	175,4	1,5	6,67	0,00	6,67	140.230
2035	2205	176,1	1,5	6,74	0,00	6,74	141.702
2036	2220	176,8	1,5	6,81	0,00	6,81	143.173
2037	2236	177,5	1,5	6,89	0,00	6,89	144.855

Se utilizaron datos de consumos registrados por Aguas del Colorado SAPEM (ADC) en los años de funcionamiento para hacer una comparación con lo proyectado, teniendo en cuenta que los caudales entregados por ADC, muchas veces no son los reales consumidos, ya que suelen utilizar sus sistemas propios de abastecimiento. En la Tabla 3.5.2.3.3 y el Figura 3.5.2.3.1 se representan los consumos registrados para la localidad de Quehue y en la Tabla 2.5.2.3.4 y el Gráfico 2.5.2.3.2 los consumos registrados en Alpachiri.

Tabla 3.5.2.3.3: Consumos registrados por ADC en Quehué

Años	Total Anual m ³	Promedio			
		m ³ /mes	m ³ /día	m ³ /h	Lts/seg
2007	26.872	2.239	75	3,11	0,86
2008	27.208	2.267	76	3,15	0,87
2009	31.015	2.585	86	3,59	1,00
2010	37.198	3.100	103	4,31	1,20
2011	33.607	2.801	93	3,89	1,08
2012	36.603	3.050	102	4,24	1,18
2013	36.764	3.064	102	4,26	1,18
2014	33.660	2.805	94	3,90	1,08
2015	35.111	2.926	98	4,06	1,13
Promedio	33.115,33	2.759,61	91,99	3,83	1,06

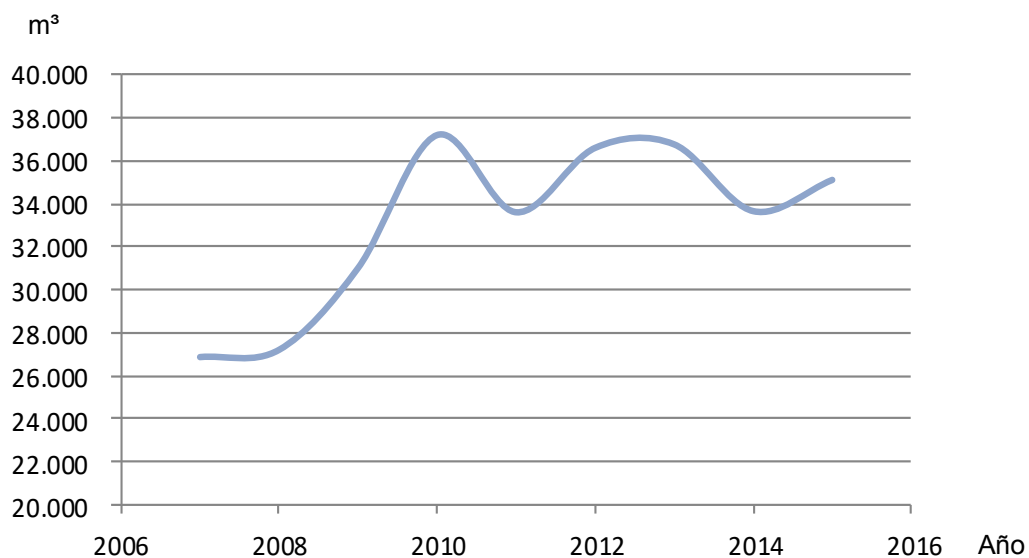


Figura 3.5.2.3.1: Consumos registrados por ADC en Quehué

Tabla 3.5.2.3.4: Consumos registrados por ADC en Alpachiri

Años	Total Anual m³	Promedio			
		m³/mes	m³/día	m³/h	Lts/seg
2007	89.652	7.471	249	10,38	2,88
2008	92.438	7.703	257	10,70	2,97
2009	113.585	9.465	316	13,15	3,65
2010	111.231	9.269	309	12,87	3,58
2011	102.595	8.550	285	11,87	3,30
2012	100.751	8.396	280	11,66	3,24
2013	108.695	9.058	302	12,58	3,49
2014	112.419	9.368	312	13,01	3,61
2015	92.661	7.722	257	10,72	2,98
Promedio	102.669,70	8.555,81	285,19	11,88	3,30

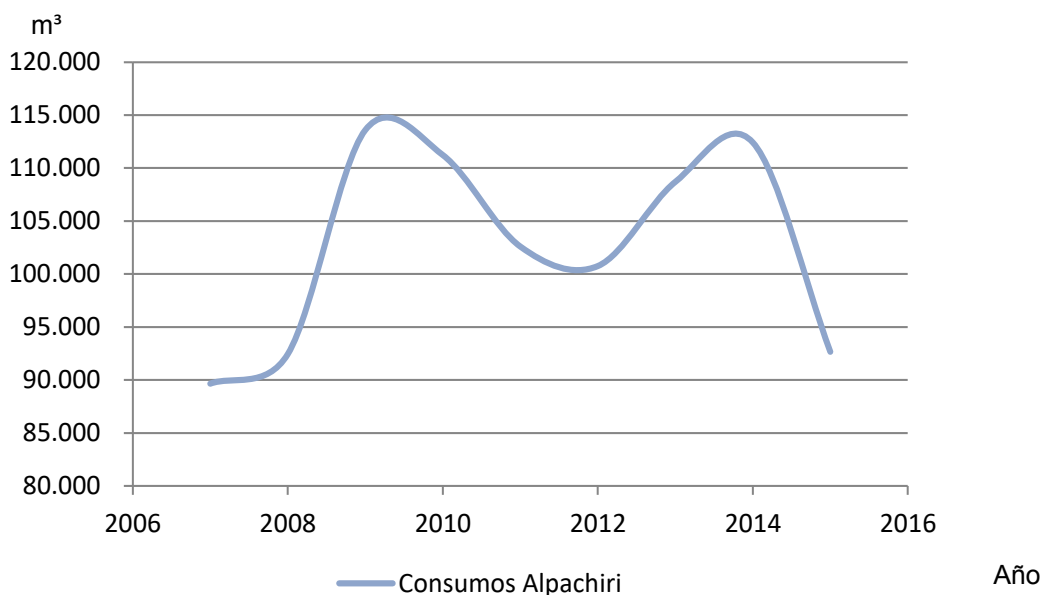


Figura 3.5.2.3.2: Consumos registrados por ADC en Alpachiri

3.5.3 Demanda para Uso Rural

En este trabajo no se ha considerado el uso rural, solo se ha analizado el agua para consumo humano y las fuentes alternativas para su abastecimiento.

La demanda rural en la zona, fue estudiada en los Estudios Preliminares del Acueducto del Río Colorado y no se tuvo en cuenta en lo referente al aporte de cupos a la actividad ganadera y riego bajo cubierta. Estas actividades fueron contempladas en los primeros 160 km (derivación a Colonia Santa María) para la actividad ganadera, dejando derivaciones denominadas Tomas Ganaderas, cada 10 km aproximadamente. Y el riego bajo cubierta se consideró desde la localidad de Santa Rosa a General Pico, pero en el recalcu de caudales para la Segunda Etapa de construcción fueron eliminadas, priorizando el consumo humano y redistribuyendo esos cupos.

Aguas del Colorado SAPEM, gestiona varios acueductos de la provincia y ninguno considera el cupo para uso agrícola, solo se otorga como prioridad principal el consumo humano y en segundo lugar el consumo animal (bovinos, ovinos, equinos, etc)

3.5.4 Calidad del Agua

En la Provincia de La Pampa la legislación vigente a la fecha es la Ley N° 2.581 "CODIGO DE AGUAS DE LA PAMPA", Decreto Reglamentario N° 2.468, en lo que respecta a la calidad no es específico, entendiéndose que está vigente la Ley N° 1027, decreto reglamentario N° 193/81 solamente contempla algunos elementos para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público, expuesto en Tabla 3.5.4.1, es obvio que los valores expresados en esta Ley no se ajustan a los estándares de vida actuales y futuros, es por eso que el trabajo que se realiza se utilizaron los valores expresados en el Código Alimentario Argentino (Ley 18.284, Reglamentado por Decreto 2126/71) reflejados en la Tabla 3.5.4.2.

Tabla 3.5.4.1: Ley 1027

Valores Máximos Normales (ppm= mg/l)

Conductividad	1	
pH		
Residuo Seco (105 °C)	2	2000
Alcalinidad de Carbonatos	3	
Alcalinidad de Bicarbonatos	3	Mín 30- Máx 400
Alcalinidad de Hidróxidos	3	
Alcalinidad total	3	
Dureza Total	3	200
Cloruros	4	700
Sulfatos	4	300
Calcio	4	
Magnesio	4	
Potasio	4	
Sodio	4	
Fluór	4	1,20 a 1,80
Arsénico	4	0,15 a 0,18
Nitratos	5	45
Nitritos	6	Máx 0,1
Amonio	7	No debe contener

Ref.:

1: Micro-mho/cm; 2: ppm; 3: ppm CaCO₃; 4: ppm ion
5: ppm NO₃; 6: ppm NO₂; 7: ppm NH₄

Tabla 3.5.4.2: C.A.A

CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO

(Ley 18.284, reglamentada por el Decreto 2126/71)

Características físicas:	
Turbiedad	: máx. 3 NTU;
Color	: máx. 5 escala Pt-Co;
Olor	sin olores extraños.
Características químicas:	
pH	: 6,5 - 8,5;
pH sat	pH ± 0,2.
Substancias inorgánicas:	
Amoníaco (NH ₄ ⁺)	máx.: 0,20 mg/l;
Antimonio	máx.: 0,20 mg/l;
Aluminio residual (Al)	máx.: 0,20 mg/l;
Arsénico (As)	máx.: 0,05 mg/l;
Boro (B)	máx.: 0,5 mg/l;
Bromato	máx.: 0,01 mg/l;
Cadmio (Cd)	máx.: 0,005 mg/l;
Cianuro (CN ⁻)	máx.: 0,10 mg/l;
Cinc (Zn)	máx.: 5,0 mg/l;
Cloruro (Cl ⁻)	máx.: 350 mg/l;
Cobre (Cu)	máx.: 1,00 mg/l;
Cromo (Cr)	máx.: 0,05 mg/l;
Dureza total (CaCO ₃)	máx.: 400 mg/l;
Fluoruro (F ⁻)	Para los fluoruros la cantidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida:
	- Temperatura media y máxima del año (°C) 10,0 - 12,0, contenido límite recomendado de Fluór (mg/l), límite inferior: 0,9; límite superior: 1, 7:
	- Temperatura media y máxima del año (°C) 12,1 - 14,6, contenido límite recomendado de Fluór (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,5:
	- Temperatura media y máxima del año (°C) 14,7 - 17,6, contenido límite recomendado de Fluór (mg/l), límite inferior: 0,8; límite superior: 1,3:
	- Temperatura media y máxima del año (°C) 17,7 - 21,4, contenido límite recomendado de Fluór (mg/l), Límite inferior: 0,7; límite superior: 1,2:
	- Temperatura media y máxima del año (°C) 21,5 - 26,2, contenido límite recomendado de Fluór (mg/l), límite inferior: 0,7; límite superior: 1,0:
	- Temperatura media y máxima del año (°C) 26,3 - 32,6, contenido límite recomendado de Fluór (mg/l), límite inferior: 0,6; límite superior: 0,8:
Hierro total (Fe)	máx.: 0,30 mg/l;
Manganeso (Mn)	máx.: 0,10 mg/l;
Mercurio (Hg)	máx.: 0,001 mg/l;
Niquel (Ni)	máx.: 0,02 mg/l;
Nitrato (NO ₃ ⁻)	máx.: 45 mg/l;
Nitrito (NO ₂ ⁻)	máx.: 0,10 mg/l;
Plata (Ag)	máx.: 0,05 mg/l;
Plomo (Pb)	máx.: 0,05 mg/l;
Selenio (Se)	máx.: 0,01 mg/l;
Sólidos disueltos totales	máx.: 1500 mg/l;
Sulfatos (SO ₄ ⁼)	máx.: 400 mg/l;
Cloro activo residual (Cl)	mín.: 0,2 mg/l.

Resulta evidente que la situación de la calidad del agua para consumo humano en la provincia es un punto muy importante y una deuda que se tiene con la población. Actualmente la Secretaria de Recursos Hídricos es la autoridad de aplicación y dentro de las facultades que tiene se encuentran, asistir al Poder Ejecutivo en todo lo relativo; planificar, programar, organizar, administrar, controlar y evaluar la aplicación del Código Provincial de Aguas, sin dejar de lado lo más importante para la salud de la población, en relación a esto la Secretaria debe reglamentar controles de calidad del agua potable como lo es el CODIGO ALIMENTARIO ARGENTINO.

3.6 Consideraciones Finales

La implementación de un Modelo o Análisis de Sistemas en la Gestión y Planificación del recurso es la finalidad de este trabajo. Este Modelo permitirá conocer cuál es el uso que se le está haciendo al acuífero, como poder explotarlo de la mejor manera, conocer el costo de operación de un sistema de abastecimiento de este tipo y poder compararlo con otro sistema de abastecimiento, de diferente costo y calidad.

Una herramienta importante en este Modelo, es la utilización de la informática, el diseño exclusivo en su programación y la opción de ingresar datos actuales que serán analizados con la finalidad de interpretar resultados y en base a ello tomar decisiones.

4 CAPÍTULO: PROPUESTA DEL MODELO DE GESTIÓN PARA EL AGUA POTABLE EN LA PAMPA

4.1 MODELO CONCEPTUAL

4.1.1 Descripción del Modelo

Como se sabe, hoy en día, la problemática de disponer y suministrar agua potable a las localidades en la Provincia de La Pampa es un reto para los organismos operadores de agua en función de la gran cantidad de variables que intervienen. Es por eso que una buena explotación, control, gestión y distribución traerá como beneficio colaborar en la prosperidad, salud y bienestar social, así como una buena interacción entre la sociedad y el medio ambiente.

Esta problemática repercute negativamente en caso que la gestión no sea la correcta, por lo que se plantea buscar mecanismos que permitan una mayor eficiencia a la hora de operar un sistema de Distribución de Agua Potable y que las fuentes no queden comprometidas, directa o indirectamente, con el uso, aprovechamiento y/o administración de los recursos hídricos de cara a desmejorar su calidad y cantidad.

Para alcanzar este objetivo se propone un sistema integrado que utilice la informática como herramienta eficaz, potente, amplia y abierta para uso de todos los organismos, personas interesadas o involucradas en la problemática de la gestión sustentable de recursos hídricos y especialmente en el suministro de agua potable.

Existe un consenso, entre los administradores, gestores, investigadores, usuarios y personas afines con los recursos hídricos, que la escasez de información disponible depende cada vez más de la accesibilidad, que de la existencia misma. Vale señalar que en Agosto de 2003 el Consejo Hídrico Federal acordó los “Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina”, entre los cuales se destaca la necesidad de contar con un sistema integrado de la información hídrica sobre el soporte de una estructura de última tecnología.

Si somos capaces de encontrar una función objetivo adecuado, las técnicas de optimización pueden proporcionar un marco adecuado para el análisis del sistema en el que ha de efectuarse la toma de decisiones. Este punto -el encontrar una función objetivo- no es en absoluto fácil para algún tipo de problemas, por ejemplo en temas relacionados con planificación en recursos hidráulicos. Tampoco es fácil representar de una forma completa las complejidades de los sistemas a optimizar. Por tanto y aunque se refiera en términos

tales como "óptimo global", en la mayor parte de los casos reales los resultados de la optimización han de contemplarse como aproximaciones y no como soluciones exactas. De esta forma, la optimización ha de entenderse como una herramienta del análisis más que como un proceso que nos ha de dar la solución definitiva. Será necesaria una buena dosis de buen juicio (ingenieril) en la formulación de los problemas pues se ha de sopesar la necesidad de una representación suficientemente realista del sistema frente a la de que el modelo de optimización resultante sea tratable. Todo esto obliga a que el que quiera utilizar estas técnicas con éxito aprenda a:

- a) Distinguir las características esenciales del sistema que conviene mantener en la representación del mismo.
- b) Escoger las técnicas de optimización que le conducirán a modelos tratables, para lo cual ha de conocer las técnicas existentes y/o adaptarlas a nuevas situaciones.

4.1.2 Modelo Conceptual Utilizado

Sistema Soporte de Gestión de la Información Hidrológica.

El modelo conceptual está basado en lograr un sistema óptimo de control desde dos puntos de vista, el hidrológico que involucra a la calidad y cantidad y el económico basado en un sistema de costo de producción.

Se planteó un balance del sistema entre la oferta y la demanda.

La oferta de agua está basada en aportes del acueducto que suministra agua desde el Río Colorado sumado a la provisión desde pozos ubicados en zonas aledañas a la localidad.

La Demanda surge del requerimiento de la población, la municipal, las pequeñas industrias y de otros posibles consumidores.

Según Andreu Álvarez (1993) las técnicas de optimización van a servir para enfocar un problema complejo de toma de decisiones en el que se han de escoger valores para un número determinado de variables interrelacionadas (variables de decisión) fijando nuestra atención en un objetivo único (Función Objetivo) diseñado para cuantificar los resultados y medir la calidad de la decisión adoptada.

La función objetivo utilizada fue la de lograr un determinado costo (mínimo o conveniente) en relación con el caudal y la calidad del agua suministrada, quedando sujeta a las restricciones que limitan la selección de los valores de la variable de decisión. (Figura 4.1.1)

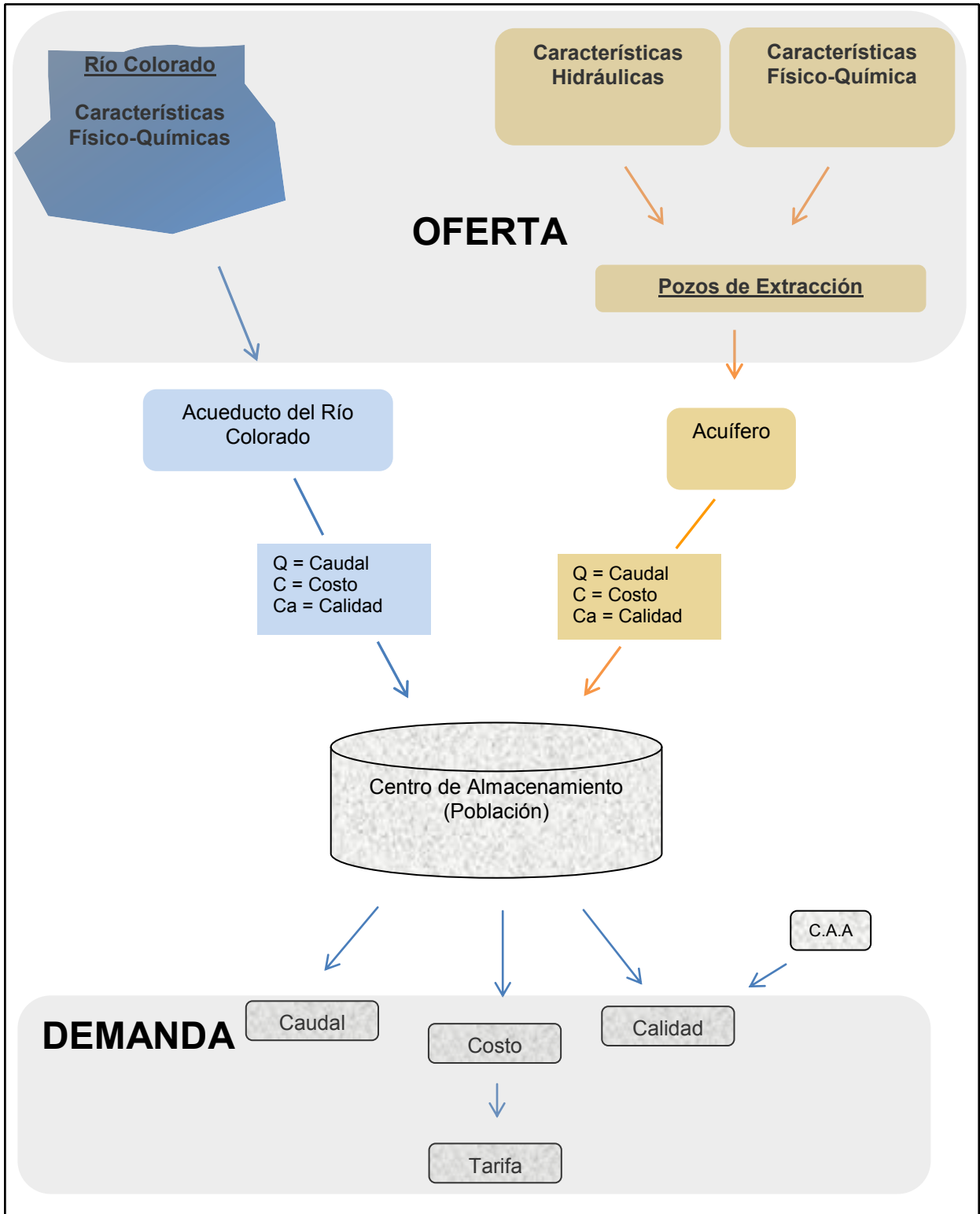


Figura 4.1.1: Modelo conceptual de Optimización

4.2 MODELO NUMÉRICO

4.2.1 Introducción

El presente capítulo se ocupa de explicar, detalladamente, la confección de una aplicación) que tiene por objetivo permitir la “planificación y gestión o el análisis” para el aprovechamiento de los recursos hídricos con el que cuenta una población a los efectos de su aprovisionamiento con agua potable.

La Aplicación que se desarrolló permitirá conocer cuál es el uso que se le está haciendo al acuífero, cuál es su calidad (según los últimos reportes que se tengan de un laboratorio), como poder explotarlo de la forma más eficiente, conocer cuál es el costo de operación de un sistema de abastecimiento de este tipo y poder compararlo con otro sistema de abastecimiento ya sea otro acuífero o acueducto, con otra calidad y costo distinto, así mismo podrán tomarse medidas sobre los resultados analizados y tenerlos en cuenta a la hora de tomar decisiones.

4.2.2 Desarrollo de la Aplicación

Para llevar a cabo el desarrollo de la Aplicación se persiguieron los siguientes objetivos:

- Aplicación Web, de manera que desde cualquier navegador de Internet pueda ser accesible.
- Almacenar los datos cargados en Base de Datos, de manera tal de poder realizar históricos sobre los parámetros en cuestión.
- Fácil utilización e intuitiva para ser operado por personal con solo conocimientos básicos de informática.

La Aplicación tiene un sector llamado Front-end, que es la parte del programa que interactúa con el usuario, es el diseño del sitio web, la parte visible, involucra desde la estructura del sitio hasta los colores, fondos, tamaños, animación y efectos. El otro sector de la Aplicación es el Back-end que involucra a toda la parte lógica del sitio web, se encarga de que todo funcione como debería, no es visible para el usuario ya que no se trata de diseño o elementos gráficos, se trata de la programación de las funciones que tiene el sitio.

Se utilizó para la Programación del Front-end los lenguajes **HTML** sigla en inglés de HyperText Markup Language (lenguaje de marcas de hipertexto), **CSS** (hoja de estilo en cascada, siglas en inglés de cascading style sheets) es un lenguaje usado para definir y crear la presentación de documentos estructurados escritos en “html”, **JavaScript o JS** es un lenguaje de programación que surgió por la necesidad de mejorar las posibilidades que brinda “html” y por último el **JQuery** que es una biblioteca de JavaScript, ella permite simplificar la manera de interactuar con los documentos “html”, manejar eventos, desarrollar animaciones, etc.

Para la programación de Back-end que relaciona la labor de ingeniería que compone el acceso a bases de datos y generación de plantillas del lado del servidor, se utilizaron **MySQL** que según se explicó anteriormente un Sistema Gestor de Base de Datos (SGBD), desarrollado bajo licencia, es un conjunto de programas que permiten el almacenamiento, modificación y extracción de la información en una base de datos, además de proporcionar herramientas para añadir, borrar, modificar y analizar los datos. Los usuarios pueden acceder a estas bases usando herramientas específicas de consulta y de generación de informes, o bien mediante aplicaciones. Y **PHP**, fue uno de los primeros lenguajes de programación del lado del servidor que se podían incorporar directamente en el documento HTML en lugar de llamar a un archivo externo que procese los datos. El código es interpretado por un servidor web con un módulo de procesador de PHP que genera la página web resultante.

4.2.3 Descripción

A la Aplicación se accede por una página web identificada <https://agua.adc.net.ar/ccpm/menu>. Al ingresar se le solicitara un usuario (ssdap) y una contraseña (ssadp2016), luego se solicita otro usuario y contraseña que para este trabajo se autorizó una de demostración en la cual en el Usuario se colocara “Demo” y en la Contraseña “demo”.

4.2.3.1 Página inicial:

Una vez que se ingresa se observa en la pantalla el nombre de la aplicación “Sistema de Soporte de Decisión para Agua Potable” y en su parte superior se despliega un menú del cual se puede seleccionar “Home” (página inicial), “Acuífero” (identificado como la Producción Local), “Acueducto” (definido como una conducción de agua a la Producción Externa o producción alternativa), “Modelo de Gestión” que es donde se ven los resultados

de la programación realizada), luego sigue el icono de volver al comienzo (Home) y la última solapa permite modificar la contraseña o cerrar sesión.



Figura 4.2.3.1: Página de Inicio

4.2.3.2 Acuífero

Al desplegar este menú aparecen tres opciones, la primera es “Pozos” son las perforaciones destinadas a explotar el acuífero, la segunda es de “Baterías”, estas son conjuntos de pozos o pozos individuales y la última opción que se despliega es la de “Costos”.



Figura 4.2.3.2: Acuífero

4.2.3.2.1 Pozos:

Dentro de la solapa Pozos se descubren otras cuatro opciones, las mismas son “Listado”, “Carga de Datos”, “Ubicación Geográfica” y “Gráficos e Históricos”. Cada uno de ellos se describe a continuación.

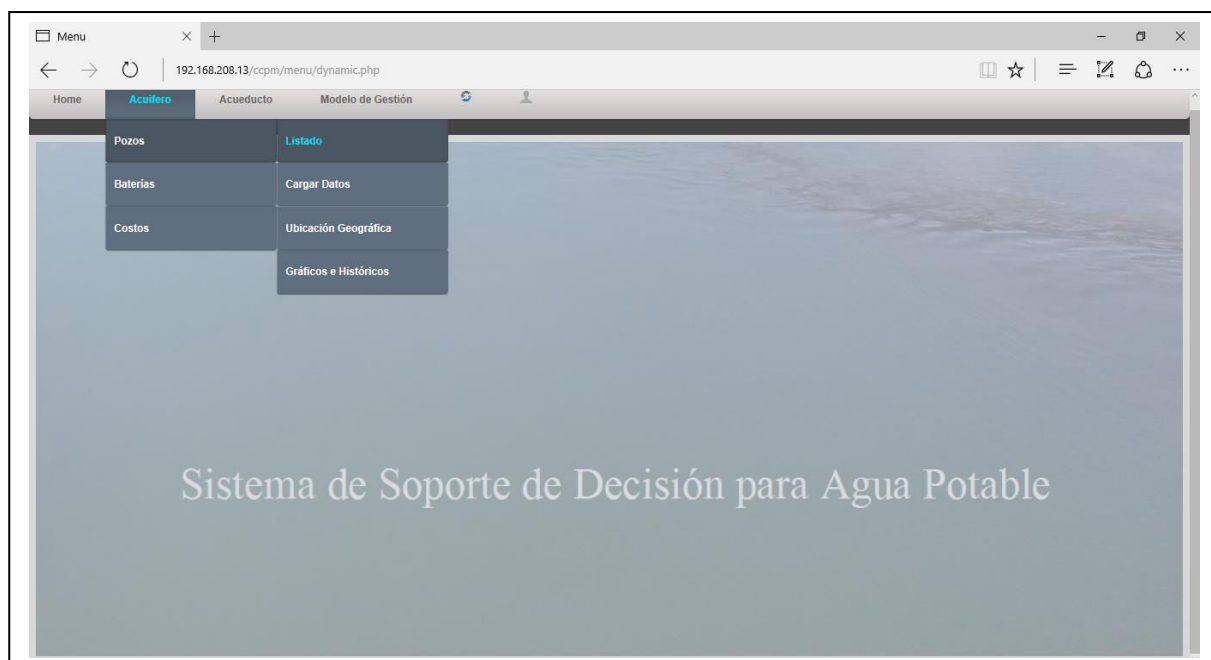


Figura 4.2.3.2.1: Pozos

4.2.3.2.1.1 Listado:

Aquí es donde se cargan las características principales de los pozos, se pueden editar y eliminar.

Se comienza oprimiendo con el cursor en el signo “+”, aparece una ventana pequeña en la cual se deben completar los campos de:

- **Nombre:** es la identificación del pozo, en la mayoría de los casos es la realizada por la APA.
- **Zona:** es una zonificación que se hace dentro del acuífero para identificar la cercanía uno de otro. No tiene importancia en los cálculos de la aplicación, pero si da una idea general de donde están ubicados y para facilitar las posible configuración de las Baterías.
- **Ubicación Geográfica:** ubica en latitud y longitud al pozo. Se lo puede situar colocando lo valores numéricos o ubicarlo en un aplicación de Google Maps que se despliega.

- **Bomba:** Se indica que tipo de bomba está instalada, es informativo y se eligen de un listado desplegable.
- **Caudal:** es el caudal que entrega la bomba y puede editarse cada vez que sufre cambios. Es un dato muy importante para el cálculo que se realiza en toda la aplicación y tiene gran importancia en la conformación de las baterías y en la determinación de los costos.
- **Potencia:** se detalla la potencia de la bomba instalada y es un valor importante para el cálculo de los costos. Puede ser modificado como todos los valores anteriores si es reemplazada la bomba.
- **Habilitado:** se selecciona con el tilde de un cuadradito, para decidir si el pozo está en operación o no.
- **Fecha Modificación:** sirve para tener un historial de cuando se modificando los datos ingresados.

The screenshot shows a web browser window with a navigation menu (Home, Acuífero, Acueducto, Modelo de Gestión) and a main content area titled 'Listado de Pozos'. Below the title is a table with 8 columns: Nombre, Zona, Ubicación GPS, Bomba, Caudal [m3/h], Potencia [kW], Habilitado, and Fecha Modificación. The table contains 8 rows of data. Below the table is a pagination control showing 'Page 1 of 1' and '10' items per page. An 'Add Record' form is open in the foreground, with fields for Nombre, Zona, Ubicación GPS, Bomba (a dropdown menu), Caudal [m3/h], Potencia [kW], and Habilitado (a checkbox). The form has 'Salvar' and 'Cancel' buttons.

Nombre	Zona	Ubicación GPS	Bomba	Caudal [m3/h]	Potencia [kW]	Habilitado	Fecha Modificación
08B16/01Ep	Z1	-37.121500,-64.516600	Bomba Sumergible 2.5 HP	7.5	1.85	1	01/11/2016
08B16/02Ep	Z1	-37.121300,-64.518400	Bomba Sumergible 2.5 HP	8	1.85	1	01/11/2016
09B16/05Ep	Z2	-37.119790,-64.505410	Bomba Sumergible 4.5 HP	15	3.33	1	01/11/2016
09B16/08Ep	Z2	-37.120000,-64.506800	Bomba Sumergible 2.5 HP	5	1.85	1	01/11/2016
09B16/09Ep	Z1	-37.119304,-64.516361	Bomba Sumergible 2.5 HP	6.5	1.85	1	01/11/2016
09B16/06Ep	Z3	-37.119400,-64.515700	Bomba Sumergible 4.5 HP	12	3.33	1	01/11/2016
09B16/07Ep	Z3	-37.120350,-64.515019	Bomba Sumergible 1.75 HP	3	1.29	1	01/11/2016

Figura 4.2.3.2.1.1: Listado de pozos

4.2.3.2.1.2 Carga de Datos:

Aquí se cargan los valores de los datos físico-químicos obtenidos de una muestra de agua, esta pertenece a un pozo y a una fecha determinada.

Se ingresa a la opción se carga la fecha en la cual se realizó el análisis en el laboratorio, se identifica de que pozo de una ventana desplegable que aparece en ese punto, estos pozos son los ya identificados y creados según el “Listado de Pozos”.

Los parámetros que se cargan son los de los informes entregados por el Laboratorio de la Administración Provincial del Agua para todos los pozos que esta administración realiza en la provincia.

Estos valores son muy importantes en la operación de la Aplicación ya que son una de las bases fundamentales de su diseño. Cualquier error que se produzca en la carga y no sea advertida antes de guardarla, no se podrá solucionar en este lugar. Lo veremos más adelante cuando hablemos de los gráficos e históricos

Si bien utilizamos datos y planillas similares a las de la APA, los límites que se utilizan para identificar si la muestra de agua analizada es apta para consumo humano, son los indicados por el Código Alimentario Argentino.

Características Físico - Químicas

Fecha:	dd/mm/aaaa	
Co/D.A.:	Seleccione	
Residuo Seco:	residuo	mg/l
Conductividad:	Conductividad	mmho/cm
pH:	pH	
(Cl ⁻):	Cloruro	mg/l
(SO ₄ ⁻):	Sulfato	mg/l
Alcalin. Tot.:	Alcalin	mg/l
(CO ⁻):	Carbonato	mg/l
(CO ₃ H ⁻):	Bicarbonato	mg/l
Dureza Tot.:	Dureza	mg/l
(Ca ⁺⁺):	Calcio	mg/l
(Mg ⁺⁺):	Magnesio	mg/l
(Fe ⁺⁺⁺):	Hierro	mg/l
(No ₃ ⁻):	Nitrato	mg/l
(No ₂ ⁻):	Dióxido de Nitrógeno	mg/l
(NH ₄ ⁺):	Arsénico	mg/l
(F ⁻):	Fosfor	mg/l
(As):	Arsénico	mg/l
(Na ⁺):	Sodio	mg/l
(K ⁺):	Potasio	mg/l
RAS:	RAS	
Observaciones:	Observaciones	

Send Limpia

Figura 4.2.3.2.1.2: Carga de análisis sobre calidad del agua del acuífero

4.2.3.2.1.3 Ubicación Geográfica:

En esta pantalla con la aplicación de Google Maps se puede ver la ubicación de los pozos y posando el cursor sobre uno de ellos se despliega su identificación.

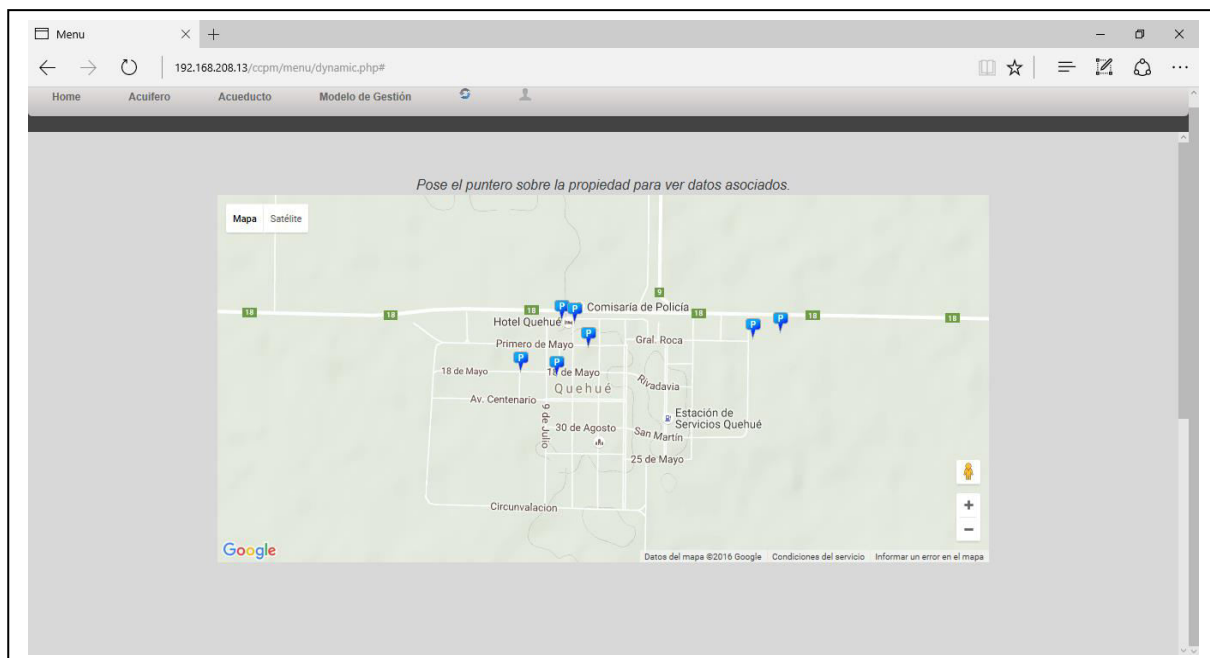


Figura 4.2.3.2.1.3: Ubicación geográfica de los pozos del acuífero

4.2.3.2.1.4 Gráficos e Históricos:

Aquí la pantalla se divide en tres, permitiendo ver en una sola pantalla diferentes tipos de información muy relacionadas entre sí. El sector superior izquierdo muestra el Listado de Pozos disponibles. Al seleccionar uno se desplegará en la parte de la pantalla inferior todos los valores físico-químicos históricos del pozo, en este sitio es donde pueden realizarse las modificaciones a los parámetros en los cuales se hayan colocado valores erróneos. También es posible eliminar algún muestreo que se haya cargado repetido o que posea valores totalmente errados con el historial del pozo.

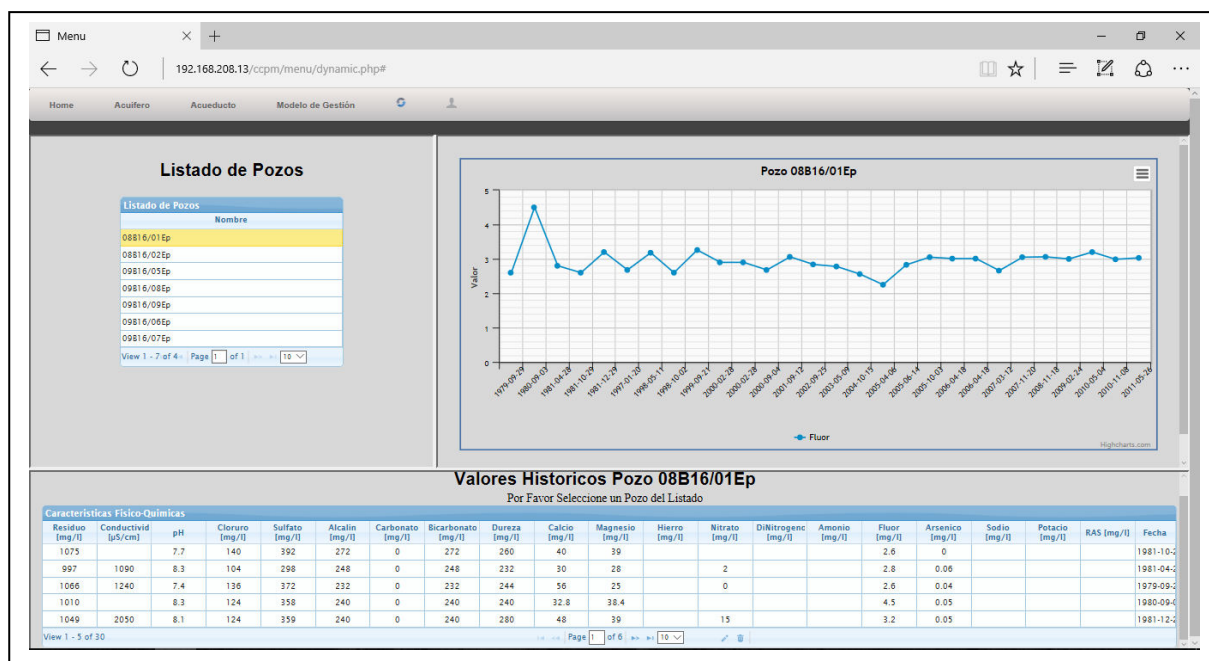


Figura 4.2.3.2.1.4: Gráficos e históricos de la calidad del agua de los pozos

En el extremo superior derecho hay una división de la pantalla en la que se pueden observar los gráficos históricos de siete parámetros más característicos de las aguas subterráneas pampeanas que son: Dureza, PH, Conductividad Eléctrica, Sulfatos, Nitrato, Flúor y Arsénico.

4.2.3.2.2 Baterías:

Las Baterías, están conformadas por uno o varios pozos. Al posar el cursor en esta solapa se despliegan tres alternativas, “Administración”, “Programación” y “Dosis de Cloro”.



Figura 4.2.3.2.2: Baterías

4.2.3.2.2.1 Administración:

Aquí, se desarrolla uno de los pasos más importantes en el uso del modelo de gestión. La conformación de las baterías está influenciada por el caudal de cada bomba y por la calidad del agua que se obtenga. Caudal más calidad, están influenciados por las características físico-químicas de cada pozo y por el caudal que extraigan las bombas instaladas. Como se presentó en “Listado de Pozos”, el caudal se puede modificar, manteniendo la misma bomba (en la operación real, cerrando la válvula de salida hasta el caudal requerido) con el perjuicio de consumir la misma o mayor energía (Kwh/m³) al entregar menor caudal. Pero para una cuestión operativa es la forma más sencilla de que a un pozo se le pueda extraer distintos caudales.

La pantalla también se divide en tres sectores. En el superior se observa el “Listado de Baterías”, al seleccionar una, en el sector intermedio de la pantalla “Configuración

Batería X” nos muestra cuales son los o él pozo que la conforma, su caudal, potencia y características físico-químicas.

Por último en el sector inferior de la pantalla se observa, cual es el resultado de la unión de las bombas en caudal y potencia directamente y un ponderado de las características Físico-Químicas en función de los caudales de cada una de ellas.

The screenshot displays a web application interface for battery management. At the top, there is a navigation menu with options like 'Home', 'Acuifero', 'Acueducto', and 'Modelo de Gestión'. The main content area is divided into three sections:

- Listado de Baterías:** A small table showing battery names and their flow rates (Caudal) in m³/h.

Nombre	Caudal (m³/h)
Bateria 1	7
Bateria 2	5
Bateria 3	11.5
Bateria 4	5
- Configuracion Batería 1:** A section containing a 'Listado de Pozos' table with 20 columns representing various water quality parameters and 7 rows of data for different wells.

Nombre	Caudal (m³/h)	Potencia (kW)	Residuo (mg/l)	Conductividad (µS/cm)	pH	Cloruro (mg/l)	Sulfato (mg/l)	Alcalin (mg/l)	Carbonato (mg/l)	Bicarbonato (mg/l)	Dureza (mg/l)	Calcio (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Hierro (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Amonio (mg/l)	Fluor (mg/l)	Arsenico (mg/l)	Sodio (mg/l)	Potasio (mg/l)	RAS (mg/l)	
09816/01Ep	2	1.85		1651	8.18	172	353.9	204	0.00	204	240	53	31.10		18.9			3.03	0.04				
09816/02Ep	5	1.85		1614	8.07	156	377.7	212	0.00	212	252	51	30.13		5.7			2.72	0.04				
09816/05Ep	15	3.33	998	1406	7.85	136	302.1	236		236	176	38	19.44		7.6			3.51	0.04				
09816/08Ep	5	1.85	986	1506	7.02	120	362.9	226	0.00	226	192	24	32.08		2			2.62	0.05	276	3.9		
09816/09Ep	6.5	1.85	759	1154	7.77	64	210	260	0.00	260	128	19	19.44		1			3.75	0.05	207	7.8		
09816/06Ep	12	3.33	927	1388	8.3	108	292.2	228	0.00	228	168	40	16.52		6.4			3.17	0.04	207	3.90		
09816/07Ep	3	1.29	1083	1643	8.26	160	323.9	220	0.00	220	200	45	21.38		8.9			3.21	0.04	230	7.8		
- Características de la Batería:** A table showing the weighted characteristics of the battery based on the flow rates of the wells.

Caudal (m³/h)	Potencia (kW)	Residuo (mg/l)	Conductividad (µS/cm)	pH	Cloruro (mg/l)	Sulfato (mg/l)	Alcalin (mg/l)	Carbonato (mg/l)	Bicarbonato (mg/l)	Dureza (mg/l)	Calcio (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Hierro (mg/l)	Nitrato (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Amonio (mg/l)	Fluor (mg/l)	Arsenico (mg/l)	Sodio (mg/l)	Potasio (mg/l)	RAS (mg/l)	
7	3.7		1624.57	8.08	160.57	370.90	209.71	0.00	209.71	254.29	51.57	50.41		9.47			2.81	0.04				

Figura 4.2.3.2.2.1: Administración de las baterías

4.2.3.2.2.2 Programación:

Para la programación se despliega un almanaque y en el vértice superior izquierdo se muestran las baterías disponibles. Se ha diagramado para que cada batería no trabaje más de 12 hs (existe la posibilidad de indicar más horas o menos), como una forma de asegurarse el uso sustentable de cada perforación.

Las horas de trabajo de cada batería son contabilizadas y se utilizan en el cálculo del costo del metro cubico.

Esta programación también puede ser impresa utilizando el icono de la impresora, permitiendo entregar este informe al encargado de prender y apagar las bombas del sistema cada día y horario, al ser ésta una herramienta fundamental para su correcta operación.

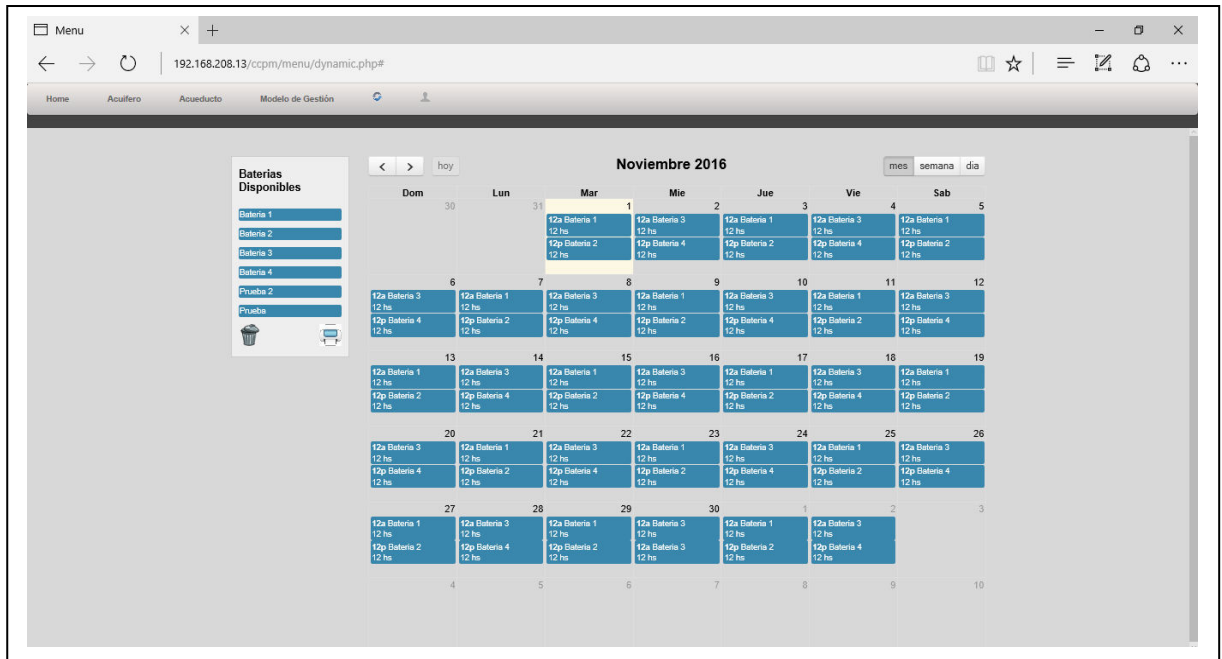


Figura 4.2.3.2.2: Programación de las baterías en el calendario

4.2.3.2.2.3 Dosis de Cloro:

Simplemente aquí colocamos en “Nuevo valor” el cloro residual que deseamos contenga el agua que se entrega del acuifero. Como CLORO se denomina al hipoclorito de sodio que se expresa en partes por millón (ppm) como unidad de medida.

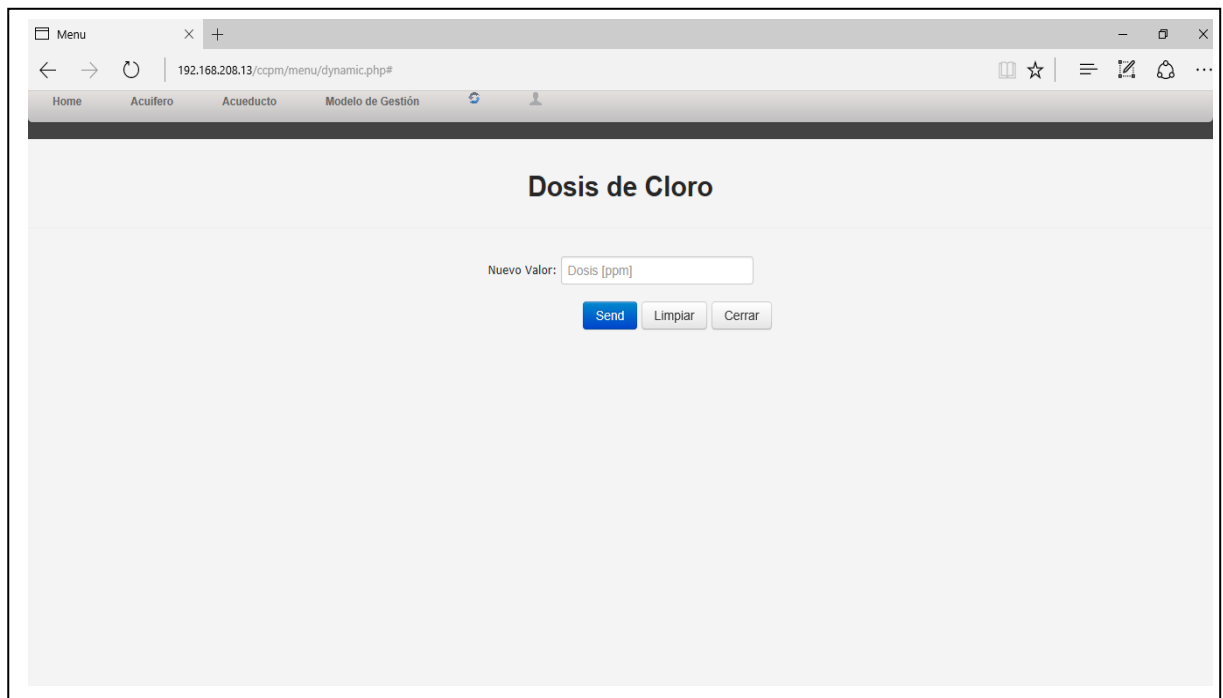


Figura 4.2.3.2.2.3: Dosis de hipoclorito de sodio

4.2.3.2.3 Costos:

En “Costos”, se encuentran los parámetros básicos que se utilizan para determinar el costo por metro cubico de agua. Están separados en secciones que son los “Insumos”, el “Personal” y los “Bienes” utilizados en la determinación de este valor.



Figura 4.2.3.2.3: Costos

4.2.3.2.3.1 Insumos:

Para los cálculos de costos que se realizaron, los insumos utilizados son energía e hipoclorito de sodio. Se pueden agregar nuevos, editar o eliminar. Si se colocarán nuevos, es necesario que realizar nuevos cálculos e incorporarlos en el diseño de la Aplicación.

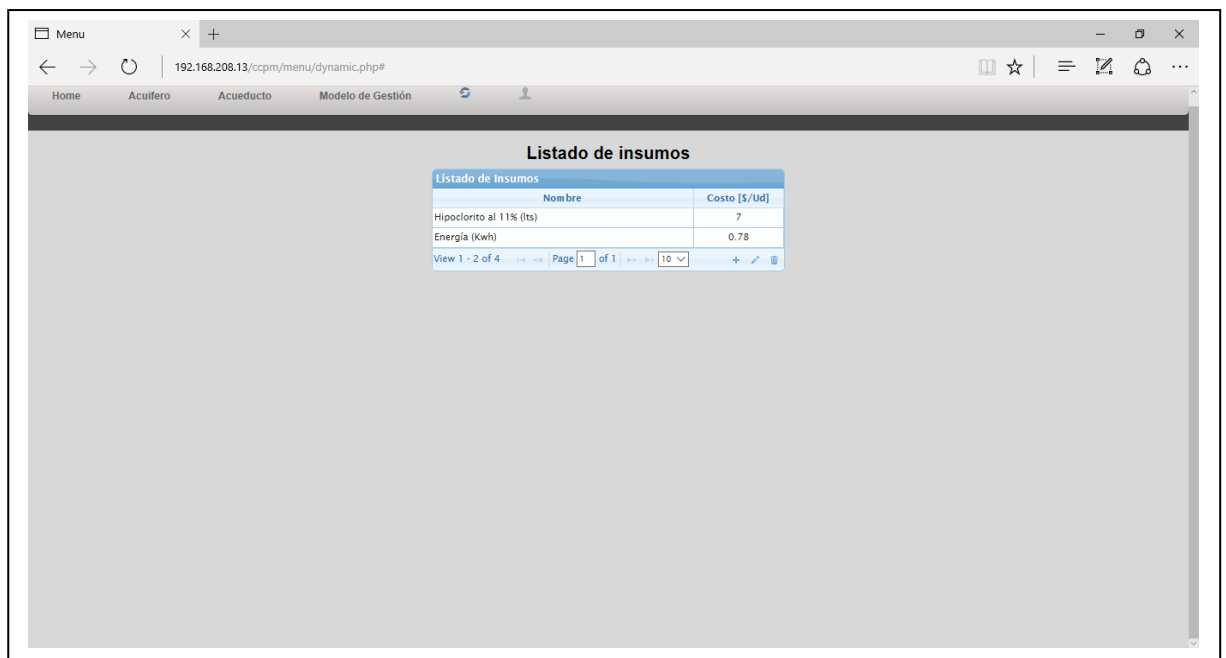


Figura 4.2.3.2.3.1: Insumos utilizados en la producción de agua

4.2.3.2.3.2 Personal:

En esta pantalla se detalla el personal que interviene en el costo del metro cúbico y su afectación a la actividad. Se detalla el puesto o actividad que se desempeña, la afectación que esa actividad tiene en el proceso de extracción, transporte, almacenamiento. Por último se ingresa el salario mensual más sus cargas (bruto).

Actividad	Afectacion (%)	Salario (\$/mes)
Gerente de Agua/Director	5	20000
Supervisor de Produccion	20	15000
Operador de Campo	60	8000
Supervisor de Mantenimiento	30	15000
Técnico Mecánico	10	10000
Administrativo	2	12000
Gerente Administrativo	5	20000

Figura 4.2.3.2.3.2: Listado de personal destinado a la producción de agua

4.2.3.2.3.3 Bienes:

En lo que respecta a los bienes, se diseñó para que se carguen todos los bienes que se deseen y se consideren parte total o parcial de la estructura destinada exclusivamente a la producción local del agua potable, se hace una descripción y se coloca la unidad de medición, los edificios los metros cuadrados cubiertos, las cisternas en metros cúbicos, las cañerías en metros lineales, etc., en la otra columna los tipificamos, ingresamos las cantidades en las unidades indicadas en la descripción, el costo por la unidad designada y en cuanto tiempo se deprecia en años.

Estos bienes son utilizados para su amortización y son incluidos en la determinación de los costos.

Al inicio cuando se realiza Lista de Pozos y se selecciona una bomba, esa selección se ejecuta de este listado de bienes. El cálculo de las amortizaciones para las bombas es independiente del conjunto de los bienes. Las bombas una vez que se incluyen en la Programación y para calcular el costo de producción, se realizan teniendo en cuenta la amortización de la bomba independiente.

Estos datos como los de la mayoría de las pantallas se pueden modificar como también editarlos o eliminarlos.

Descripción	Tipo	Cantidad [Uds]	Costo [\$/Ud]	Depreciación [años]
Edificio (m2)	Edificios e Instalaciones	200	15000	50
Cisternas (m3)	Edificios e Instalaciones	30	4000	50
Camioneta	Vehiculos	1	500000	10
Retropala	Vehiculos	1	1400000	15
Camión	Vehiculos	1	100000	15
Cañería diam. 100 mm (ml)	Edificios e Instalaciones	500	90	30
Cañería diam. 75 mm (ml)	Edificios e Instalaciones	1000	70	30
Bomba Sumergible 1.75 HP	Bombas Sumergibles	1	5000	8
Bomba Sumergible 4.5 HP	Bombas Sumergibles	2	24000	8
Bomba Sumergible 2.5 HP	Bombas Sumergibles	4	10000	8

Figura 4.2.3.2.3.3: Listado de bienes utilizados para la producción de agua

4.2.3.3 Acueductos

Esta solapa despliega el otro punto importante de este trabajo, se refiere a toda la información que proviene de la otra fuente de abastecimiento, una fuente externa que abastece desde un acueducto.

Similar a lo que sucede en el acuífero hay dos opciones, la carga de datos y la observación de gráficos e históricos.

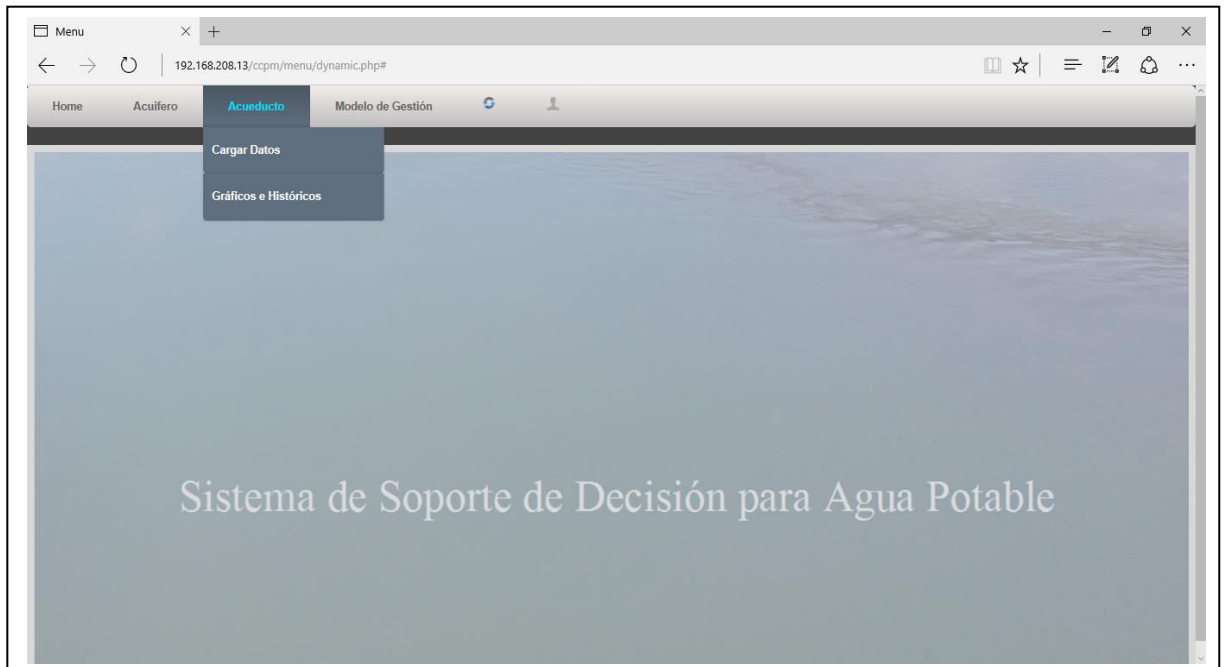


Figura 4.2.3.3: Acueducto

4.2.3.3.1 Carga de Datos:

Al posar el cursor en esta opción se despliegan automáticamente otras tres, que son "Calidad", "Costo" y "Caudal" las cuales se desarrollan a continuación.

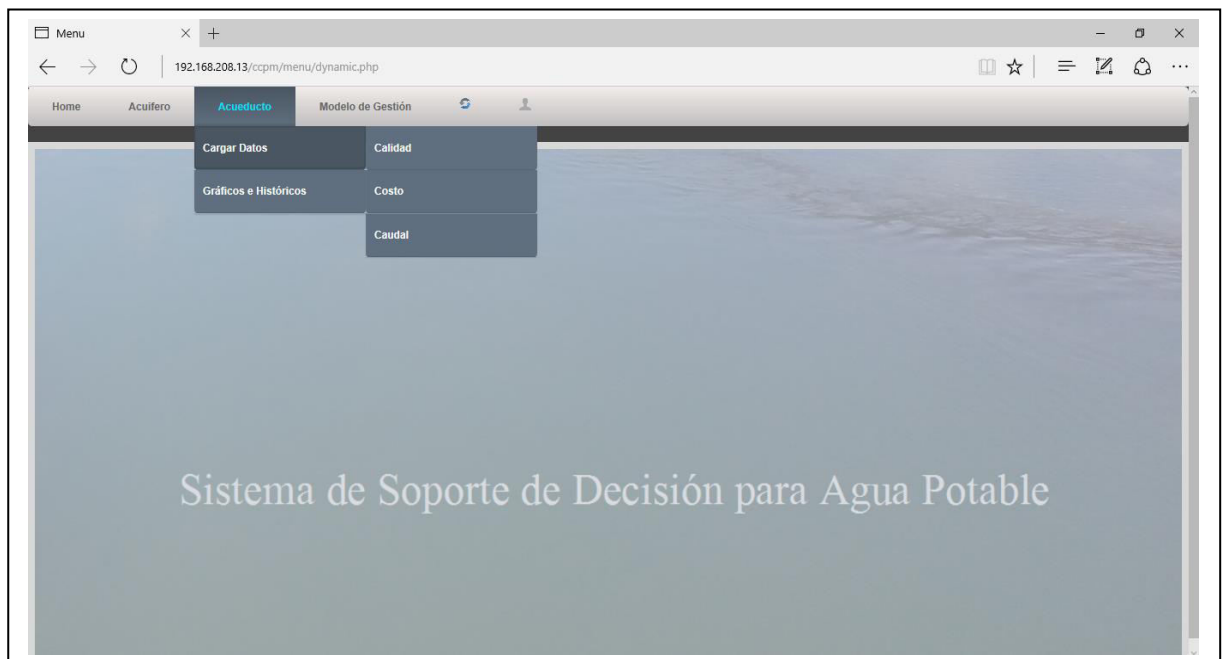


Figura 4.2.3.3.1: Carga de datos del acueducto

4.2.3.3.1.1 Calidad:

Esta opción es similar a la de “Carga de Datos” en Acuífero, se ingresan los datos obtenidos en el laboratorio de los ensayos Físico-Químicos realizados a distintas muestras de agua.

Parameter	Value	Unit
Fecha:	dd/mm/aaaa	
Residuo Seco:	residuo	mg/l
Conductividad:	Conductividad	mmho/cm
pH:		
(Cl ⁻):	Cloruro	mg/l
(SO ₄ ⁻):	Sulfato	mg/l
Alcalin. Tot:	Alcalin	mg/l
(CO ⁻):	Carbonato	mg/l
(CO ₃ H ⁻):	Bicarbonato	mg/l
Dureza Tot.:	Dureza	mg/l
(Ca ⁺⁺):	Calcio	mg/l
(Mg ⁺⁺):	Magnesio	mg/l
(Fe ⁺⁺⁺):	Hierro	mg/l
(NO ₃ ⁻):	Nitrato	mg/l
(NO ₂ ⁻):	Dióxido de Nitrógeno	mg/l
(NH ₄ ⁺):	Amonio	mg/l
(F ⁻):	Fluor	mg/l
(As):	Arsénico	mg/l
(Na ⁺):	Sodio	mg/l
(K ⁺):	Potasio	mg/l
RAS:	RAS	
Observaciones:	Observaciones	

Figura 4.2.3.3.1.1: Carga de análisis sobre calidad del agua del acueducto

4.2.3.3.1.2 Caudal:

Es otras de las opciones de la “Carga de Datos”, se coloca simplemente el valor en m³/h que se desea ingresar y a cuya provisión se compromete el proveedor externo.

Valor Actual: 10 [m3/h]

Nuevo Valor:

Figura 4.2.3.3.1.2: Carga del caudal de entrega del acueducto

4.2.3.3.1.3 Costo:

Similar al caso anterior por ubicación en el panel y por datos a ingresar, es el valor en $\$/m^3$ que el proveedor externo le cobra al prestador del servicio.

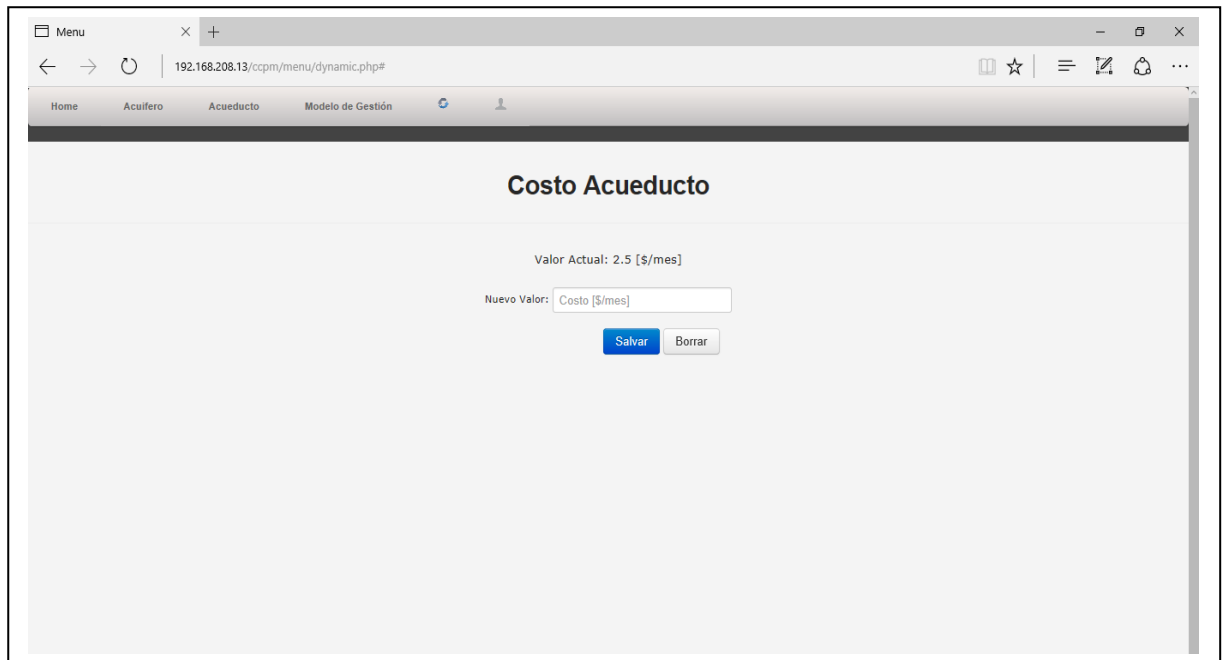


Figura 4.2.3.3.1.3: Costo del m^3 de agua que entrega el acueducto

4.2.3.4 Modelos de Gestión

Es la pantalla más importante de la “Aplicación”, aquí se esquematizan las dos fuentes de abastecimiento la local más la externa para el organismo encargada de la distribución de agua potable. (Figura 4.2.3.4)

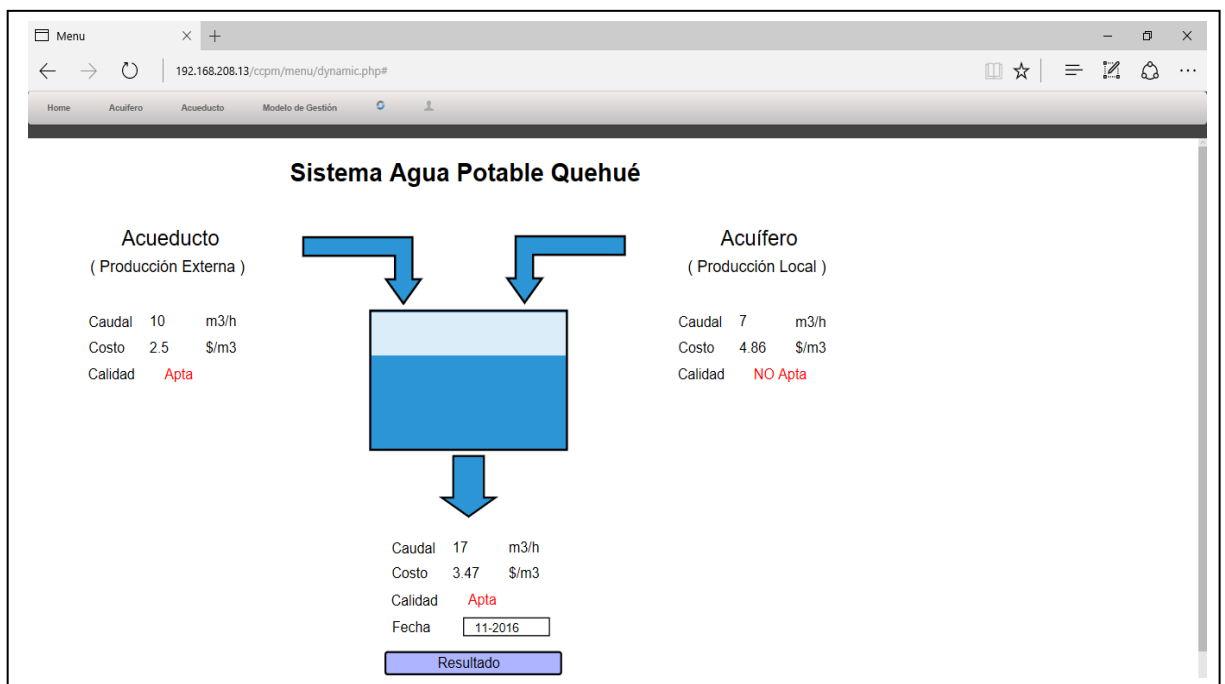


Figura 4.2.3.4: Modelo de Gestión

Sobre el margen izquierdo se observan los datos más importantes de la “Producción Externa” denominado Acueducto, que ingresan al centro de distribución. Estos datos son el Caudal, el Costo y la Calidad. Caudal y Costo son simplemente los valores ingresados y determinados por el encargado de la producción externa. Con respecto a la Calidad aquí se indica si el agua es apta para consumo humano o no. Para esta determinación se toman los valores físico-químicos del último muestreo cargado en “Acueducto” y se compara con los límites que da el Código Alimentario Argentino. Si alguno de los parámetros está fuera de este rango, da una alerta de NO APTA y si todos los valores están dentro de los límites establecidos por el CAA da la indicación de APTA.

Existe la posibilidad de hacer un “click”, sobre la calificación del agua (Apta o No Apta) y se despliega una lista en la cual aparecen los parámetros comparados y cual está dentro de los límites y cual no. (Figura 4.2.3.5)

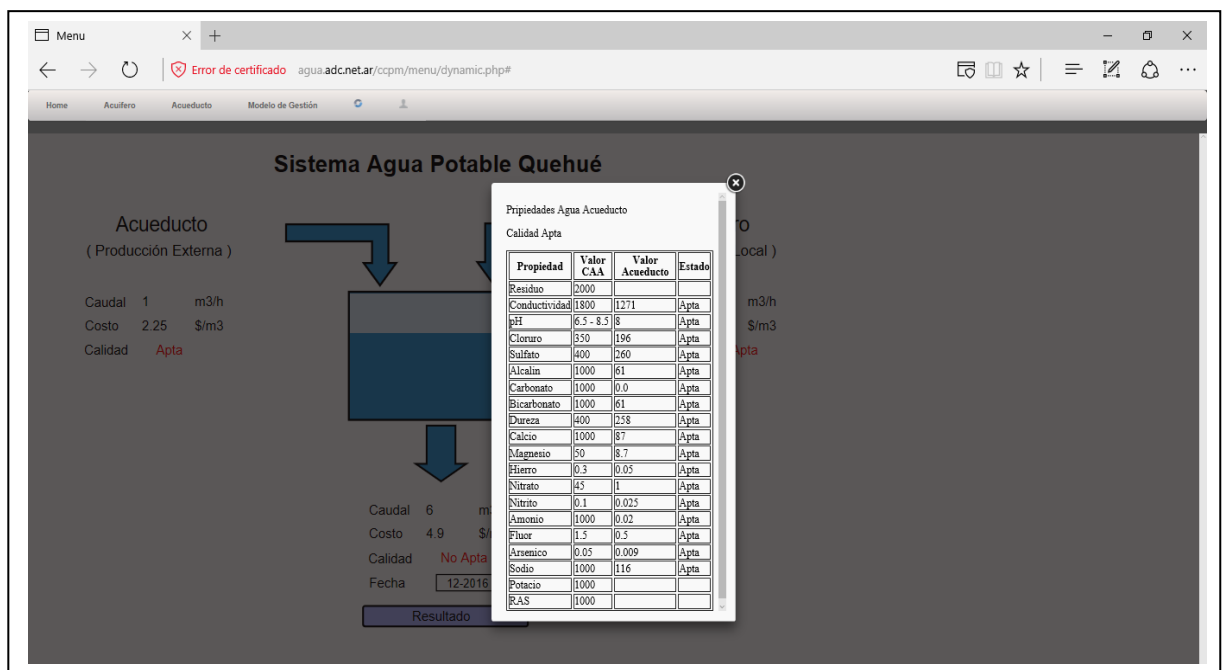


Figura 4.2.3.5: Calidad del agua aportada por el acueducto

En el margen derecho, observamos la misma información que en el izquierdo pero referida a la “Producción Local” llamada Acuífero.

Donde se indica Caudal, refleja el caudal promedio estimado que se producirá en el mes.

Para detallar el Costo, se realizan cálculos dentro de la Aplicación realizando la sumatoria del Costo Total de Extracción, Costo por Cloración, Costo por Personal Directo, Costo por Amortizaciones y el Costo por mantenimiento de las Instalaciones. La obtención de este valor se explicará detalladamente en el apartado correspondiente a “Cálculos”.

Al igual que en la Producción Externa, para la Calidad se toman todas las baterías que intervienen en la programación realizada. Cada batería tiene una determinada calidad que está en función de las perforaciones que la integran, con estas baterías y el caudal que aporta cada una se extrae un valor ponderado de cada parámetro interviniente. El resultado es comparado con los valores límites del Código Alimentario Argentino y dependiendo del resultado indicara si el agua es Apta O No Apta.

De igual manera que se realiza en la “producción externa” realizando un “click”, sobre la calificación del agua (Apta o No Apta) y se despliega una lista en la cual aparecen los parámetros comparados y cual está dentro de los límites y cual no. (Figura 4.2.3.6)

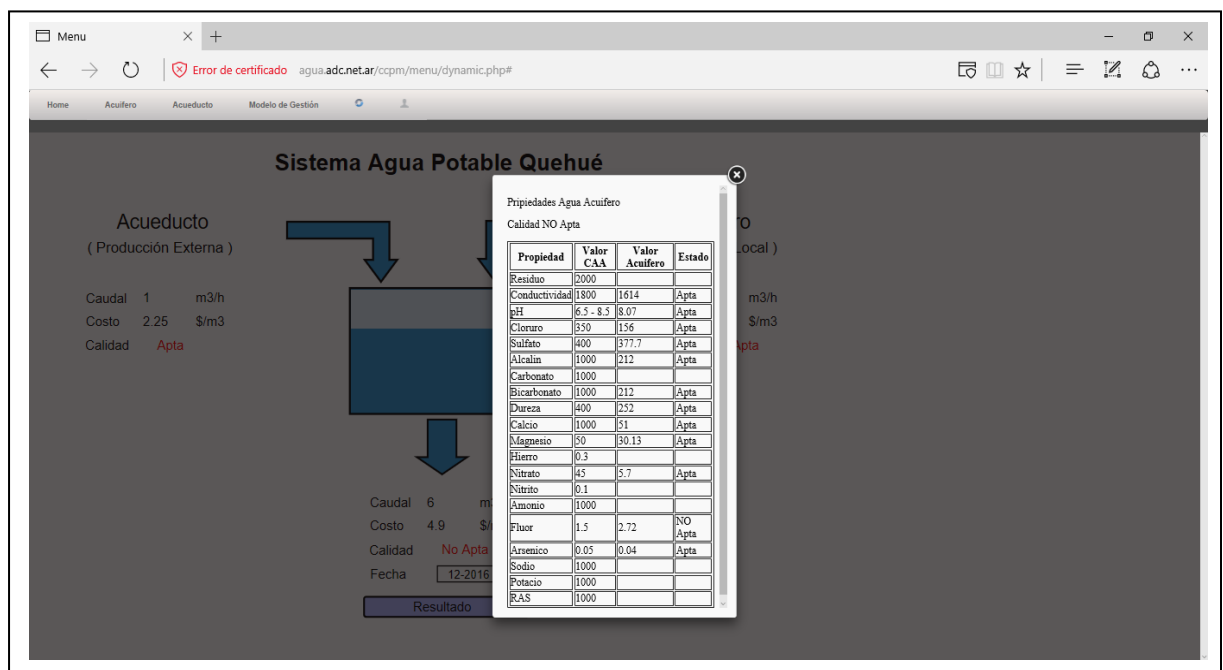


Figura 4.2.3.6: Calidad del agua aportada por el acuífero

En el sector inferior de la pantalla se ve el Caudal total que dispone el distribuidor para entregar en m³/h, el Costo, que es el resultado de los metros cúbicos que aporta cada sistema y los costos de cada uno. En lo que respecta a la Calidad se realiza el mismo cálculo que para Costos, con la calidad del agua de Producción Local y la de Producción Externa ponderando con los caudales de cada uno se llega a determinar si el agua es APTA O NO APTA para consumo humano. (Figura 4.2.3.7)

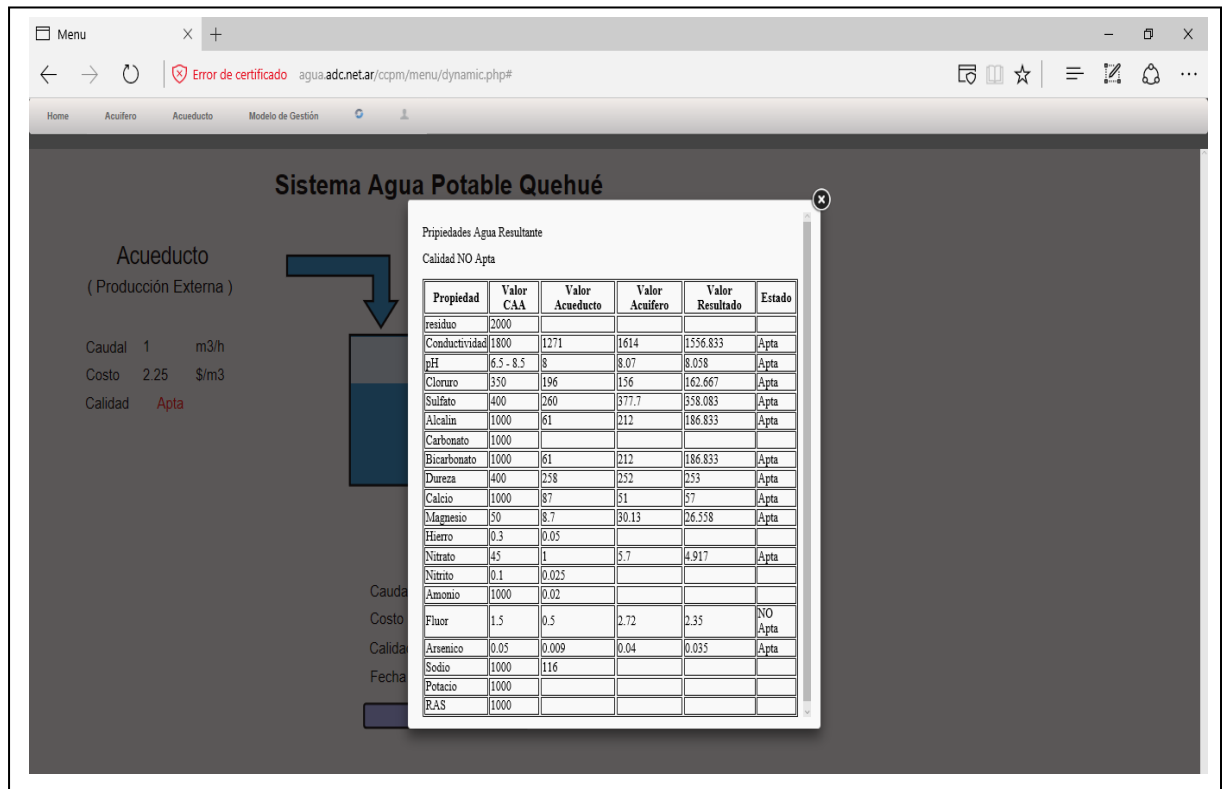


Figura 4.2.3.7: Calidad del agua resultante de la mezcla del agua del acueducto y acuífero

Al oprimir en RESULTADO, se despliega un nuevo cuadro en el cual hay cuatro solapas la primera es “Resumen” la cual informa sintéticamente los datos más importantes de la planificación realizada (Figura 4.2.3.8).

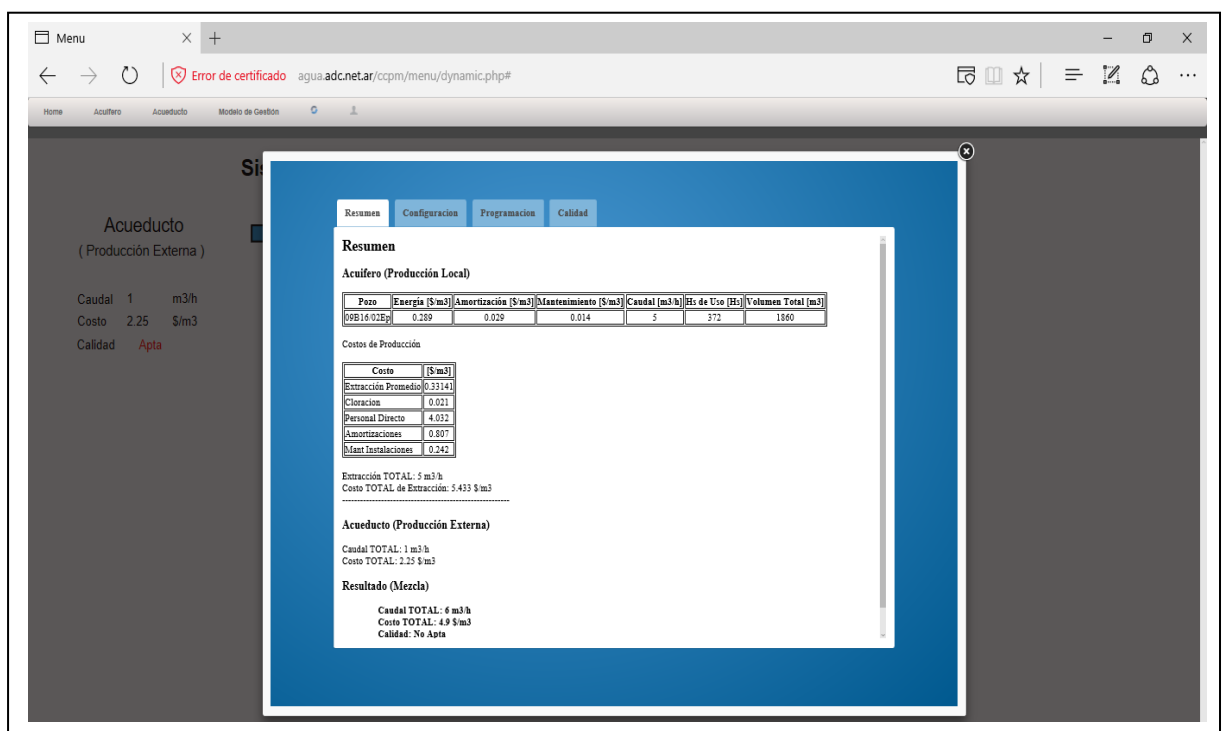


Figura 4.2.3.8

La segunda solapa “Configuración” muestra tablas de personal, insumos bienes y baterías involucradas, con los detalles específicos de cada una. (Figura 4.2.3.9)

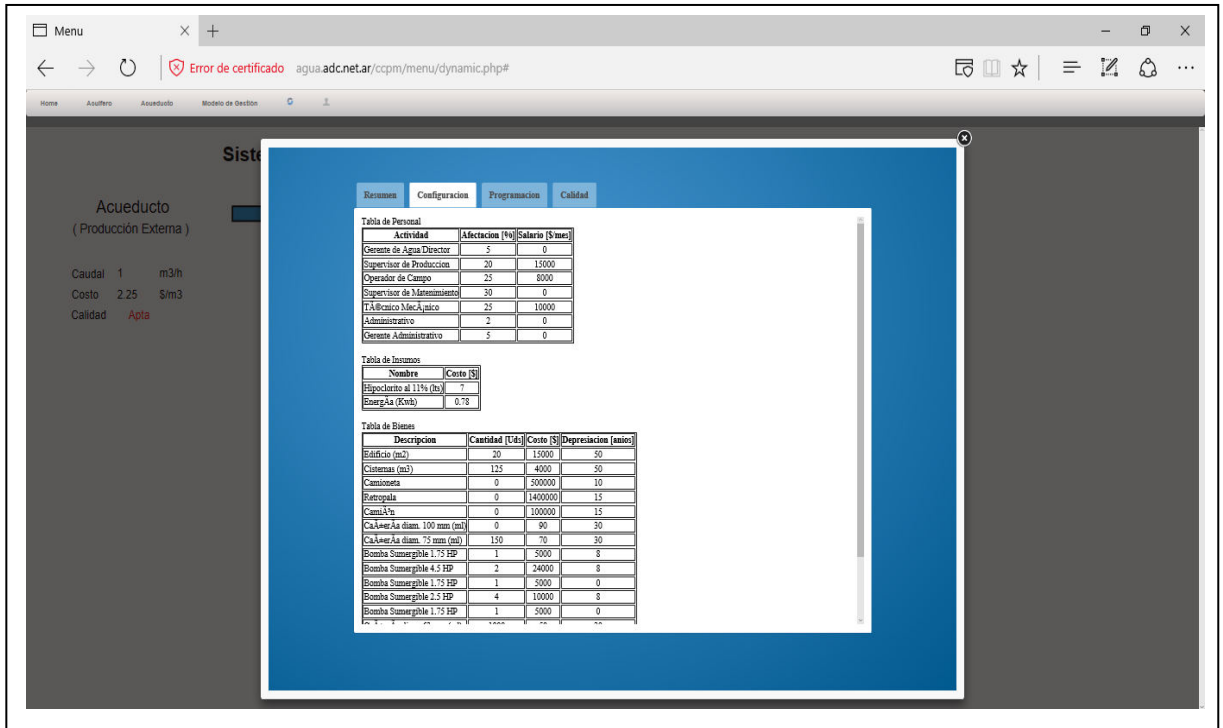


Figura 4.2.3.9

La tercer solapa “Programación” da el detalle de cómo están programadas las baterías día por día durante el mes seleccionado. (Figura 4.2.3.10)

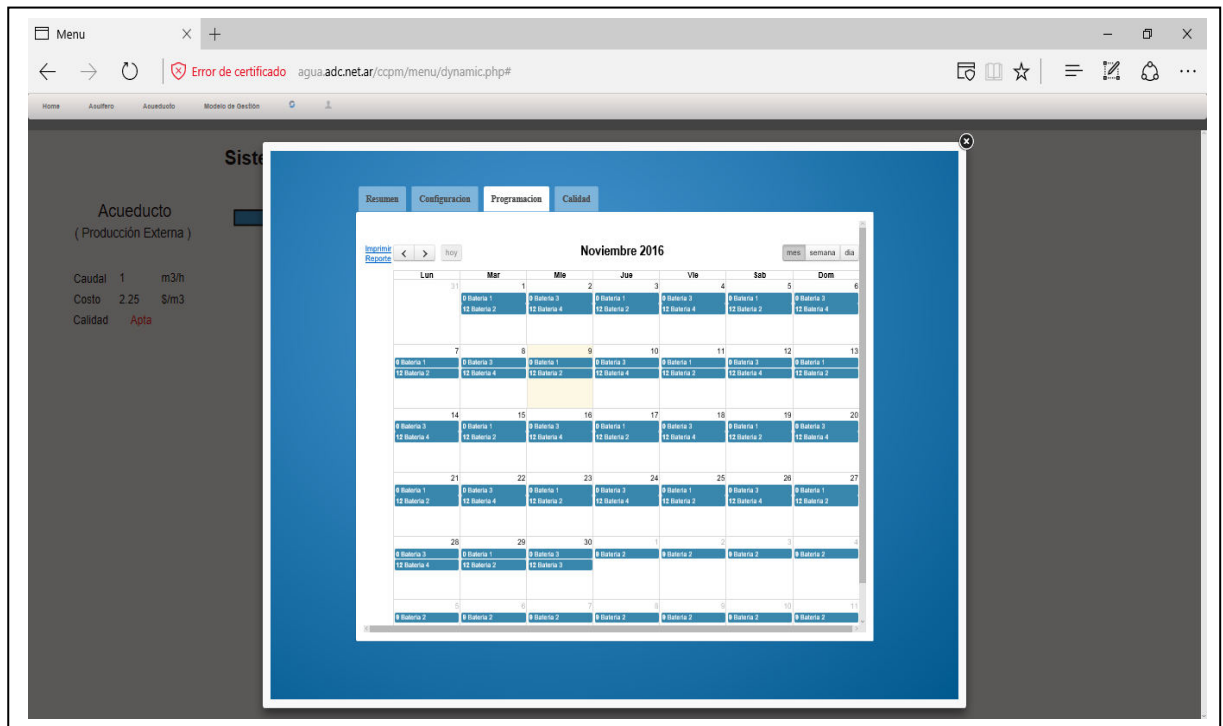


Figura 4.2.3.10

La cuarta solapa “Calidad” reporta la calidad del agua resultante, con los detalles de la que aporta el acueducto y el acuífero y comparándola con el C.A.A. (Figura 4.2.3.11)

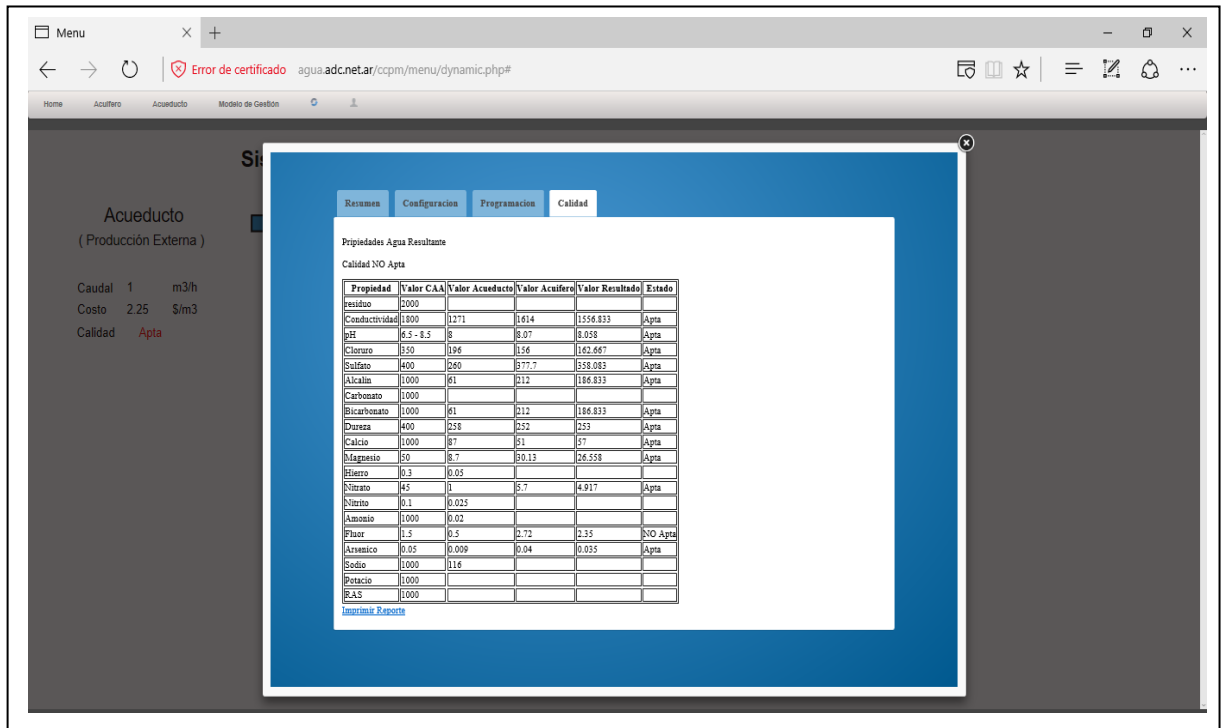


Figura 4.2.3.11

Cada una de estos informes puede ser impreso para poder comparar con otra simulación que se proyecte y de esta manera poder tomar la mejor decisión, una vez acordada la mejor opción se puede entregar al operador del sistema local que bombas, en qué momento y durante cuánto tiempo debe ponerlas en funcionamiento.

4.3 Procesamiento de Datos y Cálculos

4.3.1 Introducción

Se describirán las operaciones más importantes que se realizan internamente en la Aplicación y de esta manera conocer el mecanismo de su funcionamiento.

4.3.2 Determinación de los Costos en la Producción Local

Se realiza una simulación de un mes completo, en la Tabla 4.3.2.1 se presenta un resumen completo de los dos primeros días del mes trabajando las cuatro Baterías activas.

Tabla 4.3.2.1

			hs trab.	Caudal m ³ /h	Potencia kw	Costo bomba \$	Uso bomba hs/mes	Producción m ³ /mes	Caudal x Batería
día 1	Batería 1	Pozo 1	12	7,5	2,5	10.000	180	1.350	2.790
		Pozo 2	12	8	2,5	10.000	180	1.440	
	Batería 2	Pozo 6	12	12	4,5	24.000	180	2.160	2.700
		Pozo 7	12	3	1,75	5.000	180	540	
día 2	Batería 3	Pozo 8	12	5	2,5	10.000	180	900	2.070
		Pozo 9	12	6,5	2,5	10.000	180	1.170	
	Batería 4	Pozo 5	12	15	4,5	24.000	180	2.700	2.700
		Pozo 0	0	0	0	0	-	0	
Total								m³/mes	10.260

Días que se repite la Batería 1 = 15

Días que se repite la Batería 2 = 15

Días que se repite la Batería 3 = 15

Días que se repite la Batería 4 = 15

Datos:

Costo Energía = 0.78 \$/kwh

Hipoclorito de Sodio "Cloro" = 7.00 \$/l

Vida útil Bomba = 70.000 hs

A) Costo de Extracción

- Costo Energía Pozo 1 =
$$\frac{\text{Potencia Bomba 1} * \text{Costo Energía} * (\text{hs mes}) \text{ Bomba 1}}{\text{m}^3 (\text{mes}) \text{ Bomba 1}}$$

Costo Energía Pozo 1 = 0.260 \$/m³

- Amortización Bomba 1 :
$$\frac{\text{Valor Bomba 1}}{\text{Vida útil (m}^3\text{)}}$$

Vida útil = hs Vida útil * Producción Bomba 1 = 525.000 m³

Costo Amort. Bomba 1 = 0.019 \$/m³

- Coefficiente de Reparación = 50 % Amortizaciones Bomba 1

Costo Coeficiente Repar. Bomba 1 = 0.0095 \$/m³

Costo Extracción Bomba 1 = 0.289 \$/m³

- Costo Energía Pozo 2 = $\frac{\text{Potencia Bomba 2} * \text{Costo Energía} * (\text{hs mes}) \text{ Bomba 2}}{2}$

Costo Energía Pozo 2 = 0.244 \$/m³

- Amortización Bomba 2 = $\frac{\text{Valor Bomba 2}}{\text{Vida útil (m}^3\text{)}}$

Vida útil = hs Vida útil * Producción Bomba 2 = 560.000 m³

Costo Amort. Bomba 2 = 0.0178 \$/m³

- Coeficiente de Reparación = 50 % Amortizaciones Bomba 2

Costo Coeficiente Repar. Bomba 2 = 0.0089 \$/m³

Costo Extracción Bomba 2 = 0.271 \$/m³

- Costo Energía Pozo 6 = $\frac{\text{Potencia Bomba 6} * \text{Costo Energía} * (\text{hs mes}) \text{ Bomba 6}}{\text{m}^3 \text{ (mes) Bomba 6}}$

Costo Energía Pozo 6 = 0.293 \$/m³

- Amortización Bomba 6 : $\frac{\text{Valor Bomba 6}}{\text{Vida útil (m}^3\text{)}}$

Vida útil = hs Vida útil * Producción Bomba 6 = 840.000 m³

Costo Amort. Bomba 6 = 0.028 \$/m³

- Coeficiente de Reparación = 50 % Amortizaciones Bomba 6

Costo Coeficiente Repar. Bomba 6 = 0.014 \$/m³

$$\text{Costo Extracción Bomba 6} = 0.335 \text{ \$/m}^3$$

- Costo Energía Pozo 7 = $\frac{\text{Potencia Bomba 7} * \text{Costo Energía} * (\text{hs mes}) \text{ Bomba 7}}{\text{m}^3 (\text{mes}) \text{ Bomba 7}}$

$$\text{Costo Energía Pozo 7} = 0.455 \text{ \$/m}^3$$

- Amortización Bomba 7 = $\frac{\text{Valor Bomba 7}}{\text{Vida útil (m}^3\text{)}}$

$$\text{Vida útil} = \text{hs Vida útil} * \text{Producción Bomba 7} = 210.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo Amort. Bomba 7} = 0.023 \text{ \$/m}^3$$

- Coeficiente de Reparación = 50 % Amortizaciones Bomba 7

$$\text{Costo Coeficiente Repar. Bomba 7} = 0.011 \text{ \$/m}^3$$

$$\text{Costo Extracción Bomba 7} = 0.491 \text{ \$/m}^3$$

- Costo Energía Pozo 8 = $\frac{\text{Potencia Bomba 8} * \text{Costo Energía} * (\text{hs mes}) \text{ Bomba 8}}{\text{m}^3 (\text{mes}) \text{ Bomba 8}}$

$$\text{Costo Energía Pozo 8} = 0.390 \text{ \$/m}^3$$

- Amortización Bomba 8 = $\frac{\text{Valor Bomba 8}}{\text{Vida útil (m}^3\text{)}}$

$$\text{Vida útil} = \text{hs Vida útil} * \text{Producción Bomba 8} = 350.000 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo Amort. Bomba 8} = 0.028 \text{ \$/m}^3$$

- Coeficiente de Reparación = 50 % Amortizaciones Bomba 8

$$\text{Costo Coeficiente Repar. Bomba 8} = 0.014 \text{ \$/m}^3$$

Costo Extracción Bomba 8 = 0.433 \$/m³

- Costo Energía Pozo 9 = $\frac{\text{Potencia Bomba 9} * \text{Costo Energía} * (\text{hs mes}) \text{ Bomba 9}}{\text{m}^3 (\text{mes}) \text{ Bomba 9}}$

Costo Energía Pozo 9 = 0.300 \$/m³

- Amortización Bomba 9 = $\frac{\text{Valor Bomba 9}}{\text{Vida útil (m}^3\text{)}}$

Vida útil = hs Vida útil * Producción Bomba 9 = 455.000 m³

Costo Amort. Bomba 9 = 0.021 \$/m³

- Coeficiente de Reparación = 50 % Amortizaciones Bomba 9

Costo Coeficiente Repar. Bomba 9 = 0.010 \$/m³

Costo Extracción Bomba 9 = 0.333 \$/m³

- Costo Energía Pozo 5 = $\frac{\text{Potencia Bomba 5} * \text{Costo Energía} * (\text{hs mes}) \text{ Bomba 5}}{\text{m}^3 (\text{mes}) \text{ Bomba 5}}$

Costo Energía Pozo 5 = 0.234 \$/m³

- Amortización Bomba 5 = $\frac{\text{Valor Bomba 5}}{\text{Vida útil (m}^3\text{)}}$

Vida útil = hs Vida útil * Producción Bomba 5 = 1.050.000 m³

Costo Amort. Bomba 5 = 0.022 \$/m³

- Coeficiente de Reparación = 50 % Amortizaciones Bomba 5

Costo Coeficiente Repar. Bomba 5 = 0.011 \$/m³

Costo Extracción Bomba 5 = 0.268 \$/m³

$$\text{Costo Total de Extracción} = \frac{\sum (C.\text{Ext.}B_i * \text{Prod mes } B_i)}{\text{Total m}^3/\text{mes}} \quad i = N^\circ \text{ Bombas}$$

A Costo Total de Extracción = 0.3189 \$/m³

B) Costo de Cloración

$$\text{Dosis} = 0.3 \text{ ppm} = \frac{30 \text{ lts (Cl)}}{10000 \text{ m}^3 (\text{H}_2\text{O})}$$

$$\text{Cloro (mes)} = \text{Dosis (Cl)} * \text{Producción m}^3/\text{mes} \rightarrow \text{Cl (mes)} = 30.78 \text{ lts}$$

$$\text{Costo Cloración} = \frac{\text{Cl (mes)} * \text{Costo Cl}}{\text{Producción m}^3/\text{mes}}$$

B Costo Cloración = 0.021 \$/m³

C) Costo de Personal

Tabla 4.3.2.2

Descripción del Personal	Afectación %	Salario \$/mes	Salario Afectado
Gerente de Agua o Director	5	20.000	1.000
Supervisor de Producción	20	15.000	3.000
Supervisor de Mantenimiento	30	15.000	4.500
Técnico Mecánico	10	10.000	1.000
Operario	60	8.000	4.800
Administrativo/Pañolero	2	12.000	240

$$\text{Costo Personal Directo} = \frac{\text{Salario Afectado } \$/\text{mes}}{\text{Producción m}^3/\text{mes}}$$

C Costo Personal Directo = 1.417 \$/m³

D) Costo de Amortizaciones

Tabla 4.3.2.3

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo \$/Unidad	Vida Útil años	Prod. Mes m ³	Valor \$	Prod. Vida Útil m ³	Amort. Unit. \$/m ³
Edificio	200	m ²	15.000	50	10.260	3.000.000	6.156.000	0,49
Cisterna	30	m ³	4.000	50	10.260	120.000	6.156.000	0,02
Camioneta	1	u	500.000	10	10.260	500.000	1.231.200	0,41
Retropala	1	u	1.400.000	15	10.260	1.400.000	1.846.800	0,76
Camión	1	u	1.000.000	15	10.260	1.000.000	1.846.800	0,05
Cañería diam. 100 mm	500	ml	90	30	10.260	45.000	3.693.600	0,01
Cañería diam. 75 mm	1000	ml	70	30	10.260	70.000	3.693.600	0,02
Cañería diam. 63 mm	1000	ml	50	30	10.260	50.000	3.693.600	0,01

Costo Amortizaciones Total = Σ Amortizaciones Unitarias

D	Costo Amortización Total = 2.26 \$/m³
----------	---------------------------------------------------------

E) Costo Mantenimiento de las Instalaciones

Se estima un 30 % del costo de las Amortizaciones

E	Costo Mant. Instalaciones = 0.53 \$/m³
----------	----------------------------------------------------------

Costo Total del m³ = Costo A + Costo B + Costo C + Costo D + Costo E

Costo Total m³ = 4.69 \$/m³

4.3.3 Determinación de las características de una Batería

Los valores que definen a una Batería están dados por la combinación de las características de una perforación o por un conjunto de perforaciones. Las características que definen una perforación son por ejemplo el caudal que se puede extraer de ella, la potencia de la bomba que se ha instalado y los parámetros físico-químicos del agua analizada.

En la Figura 4.3.3.1 se presenta una batería, su configuración, la cual indica que está formada por los pozos 08B16/01ep y 08B16/02ep y luego se observan las características de la Batería, se realizaron los cálculos para el caudal, la potencia y dos parámetros del agua ya que su metodología es repetitiva para todos los que intervienen y se obtienen de la siguiente manera:

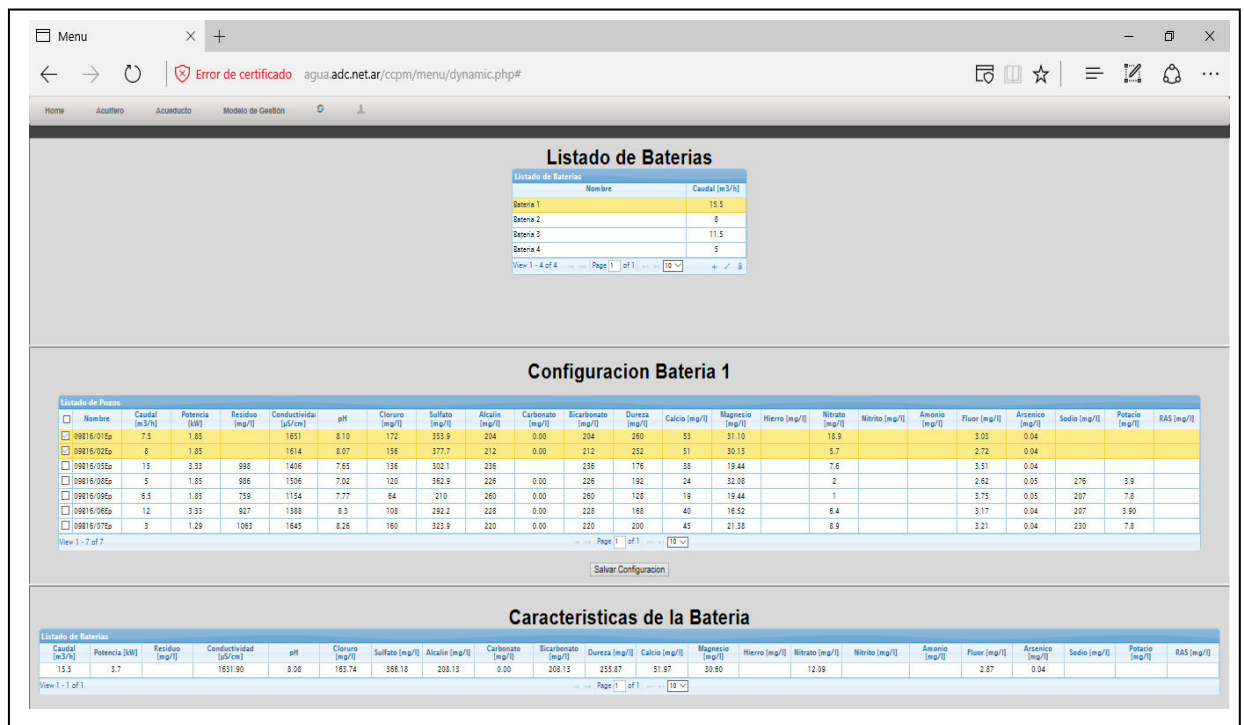


Figura 4.3.3.1

- **Caudal (Q):** es la suma directa del caudal de la o las bombas intervinientes

$$Q = 7.5 \text{ m}^3/\text{h} + 8 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow Q = 15.5 \text{ m}^3/\text{h}$$
- **Potencia (P):** es la suma directa de la potencia de cada bomba

$$P = 2.5 \text{ Kw} + 2.5 \text{ Kw} \rightarrow P = 5 \text{ Kw}$$
- **Conductividad (Cond.):** se multiplica la conductividad del último análisis que se haya realizado al agua de esa perforación con el caudal que entrega la

bomba, este resultado se suma a la multiplicación la otra conductividad por el otro caudal y este resultado se divide por la suma de los caudales de entregan las dos bombas.

$$\text{Cond.} = ((1651 \mu\text{S/cm} * 7.5 \text{ m}^3/\text{h}) + (1614 \mu\text{S/cm} * 8 \text{ m}^3/\text{h})) / (7.5 \text{ m}^3/\text{h} + 8 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$\text{Cond.} = 1631 \mu\text{S/cm}$$

- Flúor (F): se determina de la misma forma que la conductividad

$$F = ((3.03 \text{ mg/l} * 7.5 \text{ m}^3/\text{h}) + (2.72 * 8 \text{ m}^3/\text{h})) / (7.5 \text{ m}^3/\text{h} + 8 \text{ m}^3/\text{h})$$

$$F = 2.87 \text{ mg/l}$$

5 CAPÍTULO: CASO DE ESTUDIO

5.1 Introducción

Como se ha mencionado anteriormente se tomó como caso de estudio a la localidad de Quehué. En este capítulo se escribirá sobre aspectos generales del municipio y se realizara una simulación aplicando el Modelo de Gestión propuesto con información real aportada por medio de una encuesta que se realizó a autoridades municipales. Se transcribirá información realizada por la “Dirección General del Servicio de Agua Potable y Saneamiento Ambiental” en el Estudio de Fuente de Quehué y también se recurrió a la información aportada en el tomo 1, estudios preliminares (Estudios y Proyectos del Acueducto del Río Colorado, 1996).

5.2 Ubicación y Clima

Quehué se encuentra en la Provincia de La Pampa dentro del Departamento de Utracán a unos 75 km al suroeste de la capital pampeana. Se puede acceder desde el este por la ruta nacional N° 35 (RN 35) y la ruta provincial N° 18 (RP 18). Desde el oeste la ruta de acceso es la ruta provincial N° 9 (RP 9) que luego empalma con la RP 18, para llegar a la localidad. Todas son rutas pavimentadas.

El clima en la zona es muy variado pero puede tomarse como valido las siguientes temperaturas medias anuales: las mínimas de 7,5° C y las máximas de 25° C.

La humedad relativa media anual es del 60 %, los vientos como en casi toda la provincia tiene una dirección predominante N-NE y S-SW, de una velocidad promedio anual del 10-12 Km/h.

El área en estudio se encuentra en una zona subhúmeda donde las precipitaciones medias anuales son de 600 mm (Inventario de los Recursos Naturales de La Pampa 1980). Las mayores precipitaciones medias mensuales se producen entre los meses de Octubre y Marzo y las mínimas en invierno entre Junio y Agosto.

Nuevas series de precipitaciones en las cuales se han considerado mayor cantidad de años, produjeron modificaciones en las isoyetas aumentándolas en su mayoría (Roberto y Uncal, 2012).

La evapotranspiración real anual también se vio modificada. Este nuevo estudio aportó nuevas Regiones Hídricas designadas como Húmeda, Sub-húmeda, Semi-árida y Semi-desértica. (Figura 5. 2)

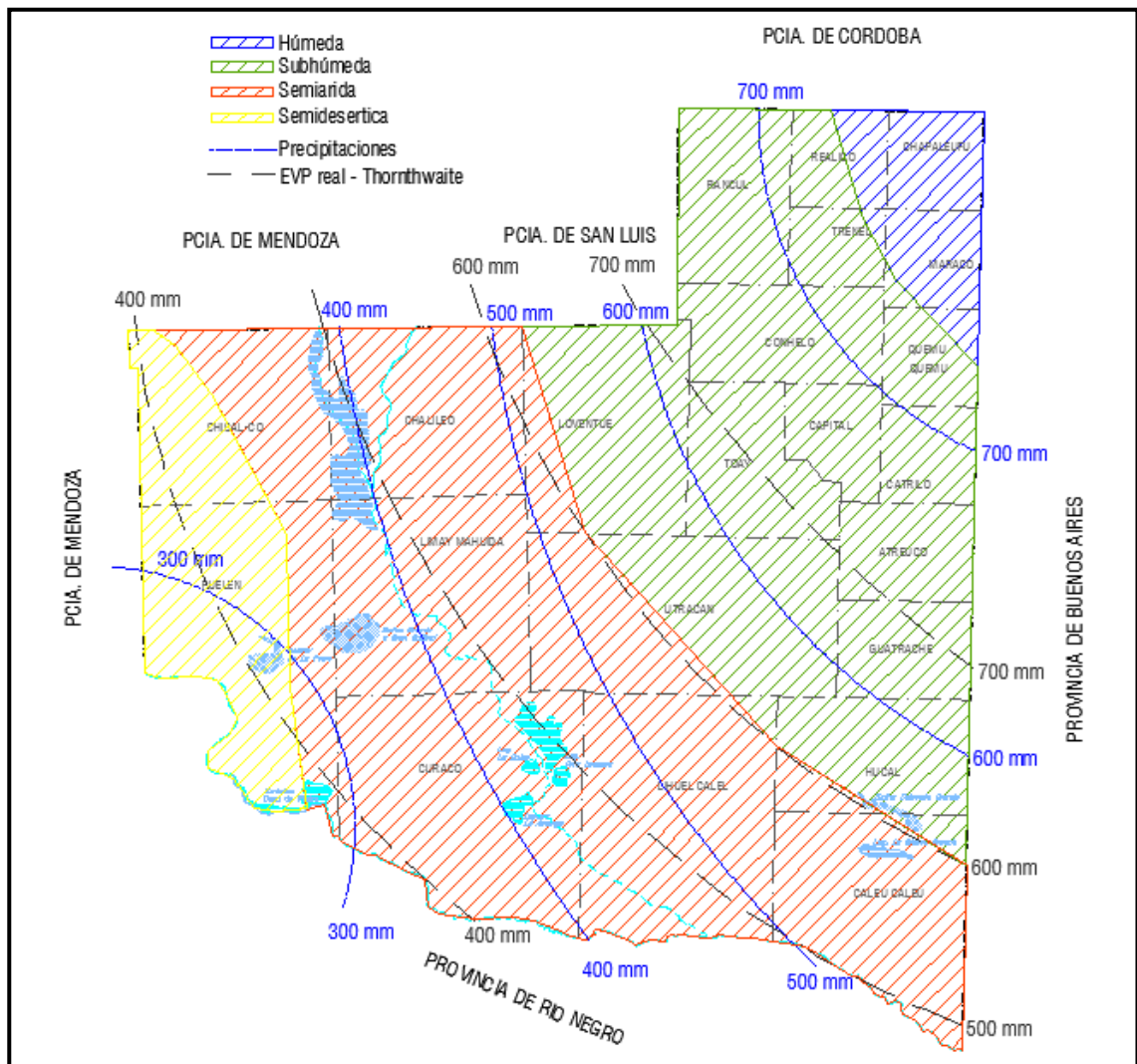


Figura 5.2

Figura adaptada de información recopilada de Robert y Uncal, 2012

5.3 Geología y Estratigrafía del Suelo

Quehué se ubica geológicamente en el borde occidental de la cuenca de Macachín. Este borde ha sido comprobado por el Dr. Jorge Salso a través de varias perforaciones en General Acha, la estancia San Humberto y Santa Rosa, donde la profundidad del basamento oscila entre los 150 y 200 mts constituido principalmente por granitos y esquistos micáceos (Ruiz, 1976).

Esta localidad también se encuentra sobre la una planicie a 262 msnm, teniendo como límite norte el Valle de Quehué y el límite sur el Valle Argentino.

Los sedimentos que constituyen a la misma corresponden a la Formación Pampeano (Plio-Pleistoceno) y están constituidos generalmente por una sucesión monótona de limos calcáreos y arenas finas color pardo amarillentas.

Esta formación en la zona donde se encuentra la Localidad de Quehué se asienta prácticamente sobre el basamento de acuerdo a los datos de algunas perforaciones ejecutadas por S.A.P.S.A. en la zona rural. Hacia el Este (sobre la fosa de Macachín), la misma se apoya sobre la Formación Macachín (Oligo-Mioceno).

Los sedimentos de la formación descrita son los únicos de interés en este caso, ya que los mismos albergan el acuífero del lugar.

5.4 Informe Sintético

5.4.1 Calidad química del agua

La localidad fue objetivo de un estudio de fuentes realizado durante 1976. Como consecuencia de ello se puso en servicio una perforación efectuada por esta Dirección para la Municipalidad Local, cuya ficha es 09B16/01Ep.

Ella fue reconstruida durante 1983 con diseño similar. En virtud de la calidad del agua se agregó al sistema una planta de abatimiento de flúor que dejó de funcionar hacia 1980.

Durante el año 1994 se ejecutó una segunda captación cuya ficha es 09B16/02Ep. En conjunto con la misma, se instaló una pequeña planta de Osmosis Inversa para dotar de agua potable a la población.

Perforación 09B16/01Ep: originalmente brindó agua no apta para consumo humano en virtud de su contenido en ión flúor (3,4 mg/l) con un residuo seco de 890 mg/l.

Perforación 09B16/02Ep: inicialmente ella suministro agua no potable en virtud de sus contenidos en el ión Sulfato (337 mg/l) e ión flúor (2,70 mg/l). Tenía un residuo seco de 1020 mg/l.

5.4.2 Capacidad potencial del acuífero

En virtud del estudio de fuentes y de los estudios hidrogeológicos regionales, puede estimarse en forma muy prudente, que la capacidad potencial del acuífero es de 2.000.000 m³/año o sea unos 5.500 m³/día. Ello tomando un valor de recarga estimado en 30 mm/año por balance de cloruros (Tulio, 1996), sobre una superficie de 10.000 has., con centro en la localidad. (Figura: 5.4.2)



Figura 5.4.2

5.4.3 Evolución de la calidad química y niveles estáticos

La perforación 09B16/01Ep, entre 1979 y 1995 ha mantenido su residuo seco entre 990 y 1126 mg/l. Los Sulfatos se incrementaron para el mismo periodo presentando valores entre 348 y 403 mg/l.

En general siempre presenta una dureza superior a 200 mg/l y un bajo contenido de arsénico. El ión flúor, fluctúa entre 2.2 y 3.2 mg/l. Nunca fue agua apta para consumo humano. En la Figura 5.4.3.1, se puede observar como se ha comportado el acuífero respecto a su dureza, sulfatos y flúor.

Respecto a los niveles freáticos según el informe de los Estudios Preliminares del acueducto, estos han variado muy poco. La profundidad del agua era el 17-01-1976 de 33.90 mts, luego el 20-03-1992 se registró el nivel freático a 33.33 mts. Estudios más

recientes como el Inventario de los Recursos Hídricos de la provincia de La Pampa indica que el nivel estático medido en la campaña 2014-2015 fue de 30.4 mts.

La perforación 09B16/02Ep, entre 1994 y 2011 ha mantenido su residuo seco entre 900 y 1400 mg/l. Los Sulfatos se incrementaron para el mismo periodo presentando valores entre 280 y 407 mg/l., la dureza en ese periodo estuvo entre 170 y 252 mg/l

El ión flúor, fluctúa entre 1.49 y 3.2 mg/l. Nunca fue agua apta para consumo humano.

Son aguas de características muy similares ya que las perforaciones se encuentran separadas entre sí por 150 mts.

Hasta el año 2011 se habían construido cinco perforaciones más, todas ellas para riego en jardines e invernaderos. El agua de la zona no es apta para consumo humano a no ser que se le realice algún tipo de tratamiento como la osmosis inversa o el abatimiento del flúor (lecho desfluorante con hueso desgrasado por calcinación).

En la Figura 5.4.3.1 se puede observar cómo ha variado la calidad del agua de la perforación 09B16/01Ep en los años de muestreo en cuanto a la dureza, sulfatos y flúor. La representación gráfica es la que aporta la Aplicación con los muestreos cargados. La misma metodología se aplicó para la perforación 09B16/02Ep y se representa en la Figura 5.4.3.2

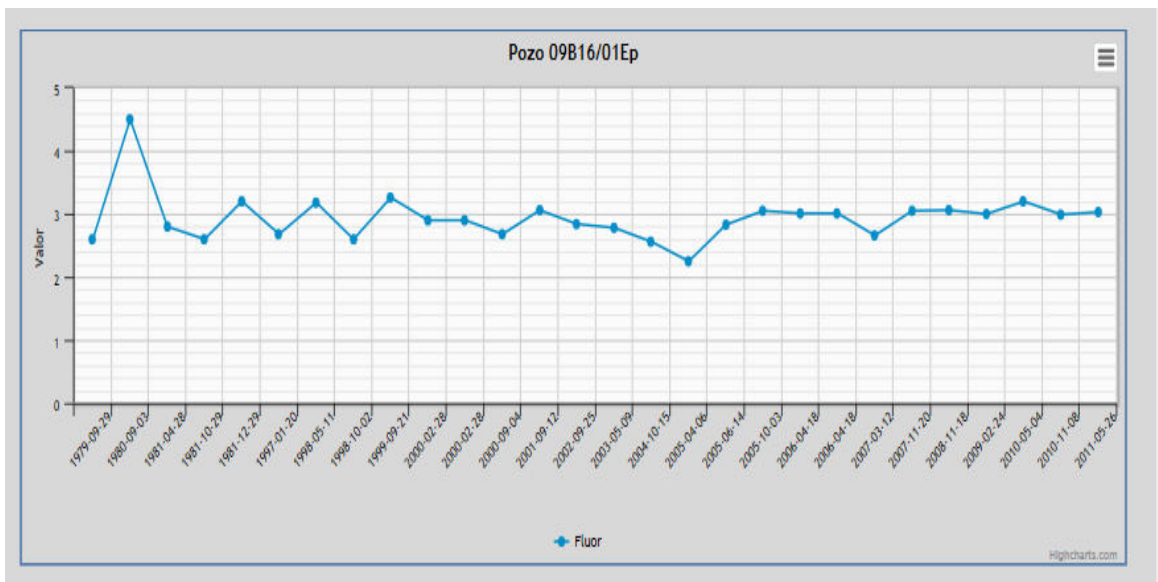
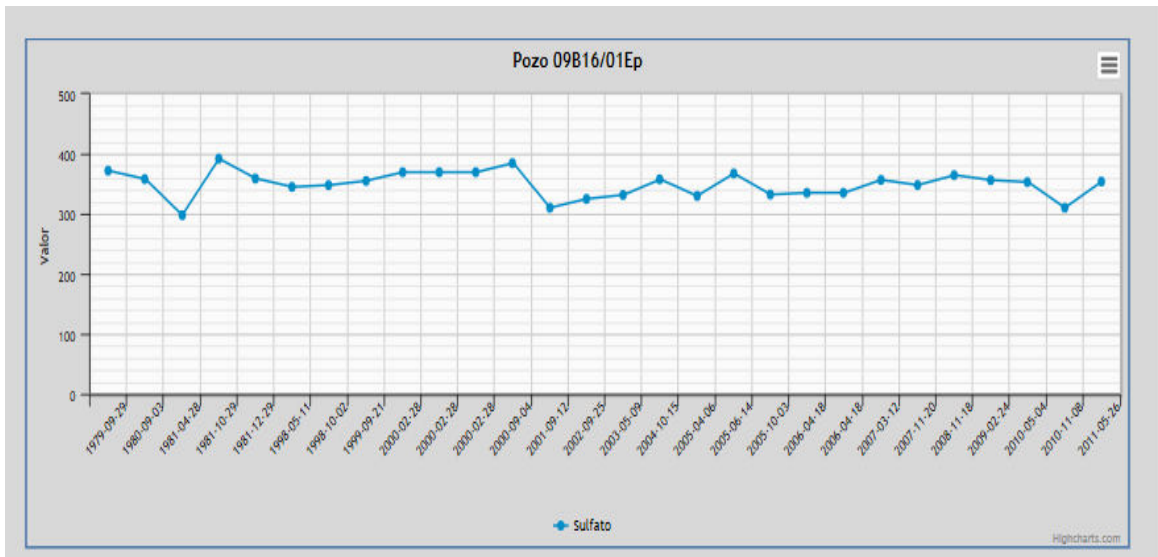
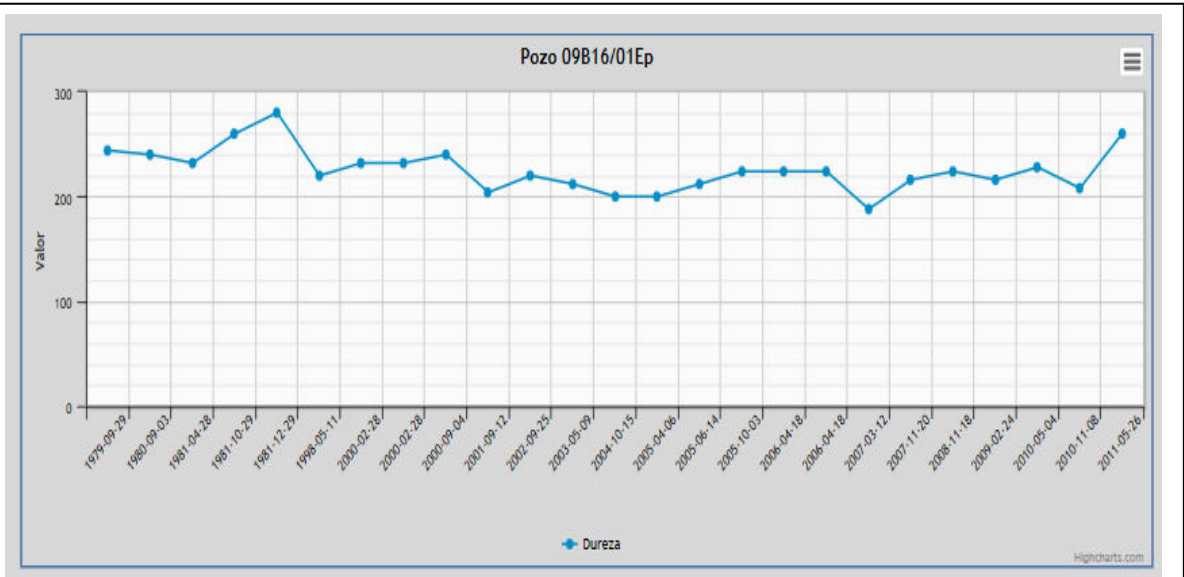


Figura 5.4.3.1

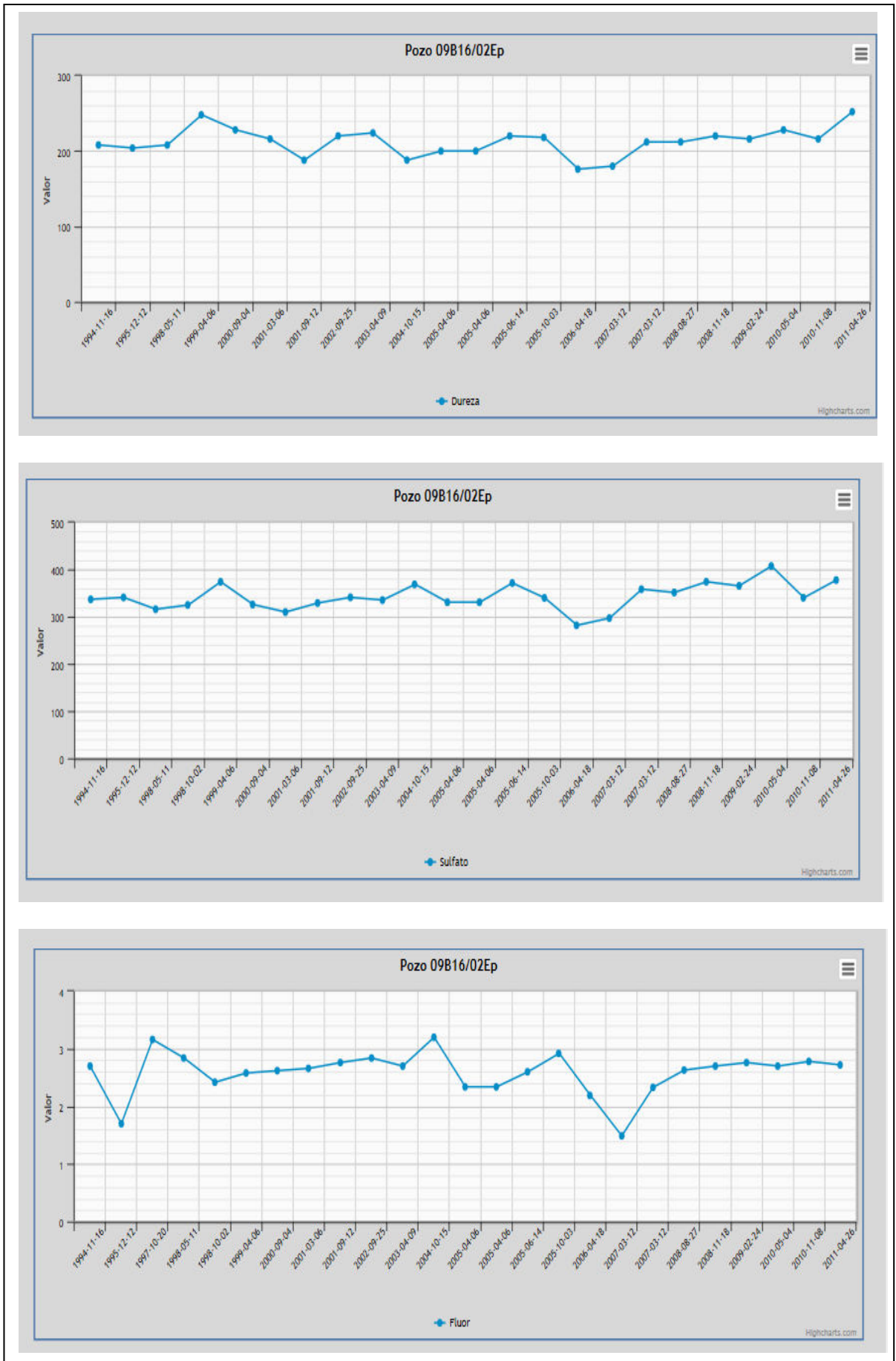


Figura 5.4.3.2

5.4.4 Encuesta

Se realizó una encuesta a autoridades del Municipio de Quehué, que permitió extraer la siguiente información.

- El ejido urbano es de 84 manzanas que suman 100 ha aproximadamente y cuenta con una población de 350 habitantes.
- Las fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano son a través del acueducto del Río Colorado y de dos perforaciones (09B16/01Ep y 09B16/02Ep), las bombas de las perforaciones aportan un caudal aproximado de 8 m³/h cada una.
- Cuentan con una cisterna de almacenamiento a nivel de piso (100 m³, información de los planos conforma a obra de la cisterna) y un tanque elevado (25 m³, información obtenida de los Estudios Preliminares del acueducto del Río Colorado).
- Por los datos que informan se infiere que cada habitante consume mensualmente 6000 lts/mes (6 m³/mes) y no por año como lo informan. Se adjunta la Tabla 5.4.4 con el consumo promedio mensual de la localidad que entrega Aguas del Colorado Sapem.

Tabla 5.4.4: Datos de los m³ agua facturada por ADC a la Municipalidad de Quehué

Años	Total Anual m ³	Promedio			
		m ³ /mes	m ³ /día	m ³ /h	Lts/seg
2007	26.872	2.239	75	3,11	0,86
2008	27.208	2.267	76	3,15	0,87
2009	31.015	2.585	86	3,59	1,00
2010	37.198	3.100	103	4,31	1,20
2011	33.607	2.801	93	3,89	1,08
2012	36.603	3.050	102	4,24	1,18
2013	36.764	3.064	102	4,26	1,18
2014	33.660	2.805	94	3,90	1,08
2015	35.111	2.926	98	4,06	1,13
Promedio	33.115,33	2.759,61	91,99	3,83	1,06

- El control del consumo no es medido, el cobro es mediante una tarifa fija por referencia y es de \$ 40 por mes.
- De lo informado se deduce que no tienen personal, vehículos ni equipos destinados exclusivamente a la producción de agua.

5.5 Simulación

5.5.1 Simulación 1

Para esta primera simulación se han utilizados datos suministrados por autoridades de la Municipalidad de Quehué en la encuesta mencionada en el artículo anterior. También se utilizaron datos de caudales de agua entregado por Aguas del Colorado Sapem mensualmente.

Los datos que se describirán a continuación son los que se cargaron al Sistema Soporte de Decisión:

Acuífero o Producción Local

- Batería 1: integrada por el Pozo 09B16/01Ep.
 - Caudal = 2 m³/h
 - Potencia = 1.85 Kw
 - Bomba sumergible de 2.5Hp

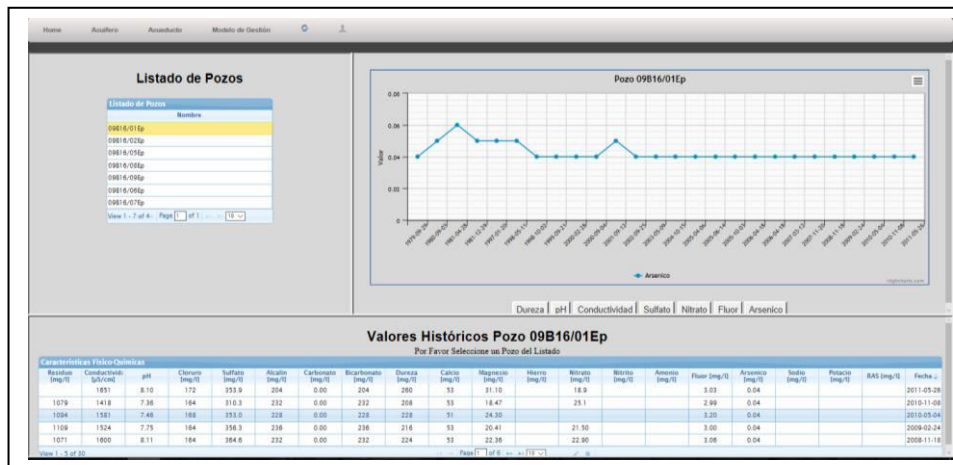


Figura 5.5.1.1

- Batería 2: integrada por el Pozo 09B16/02Ep.
 - Caudal = 2 m³/h
 - Potencia = 1.85 Kw
 - Bomba sumergible de 2.5Hp

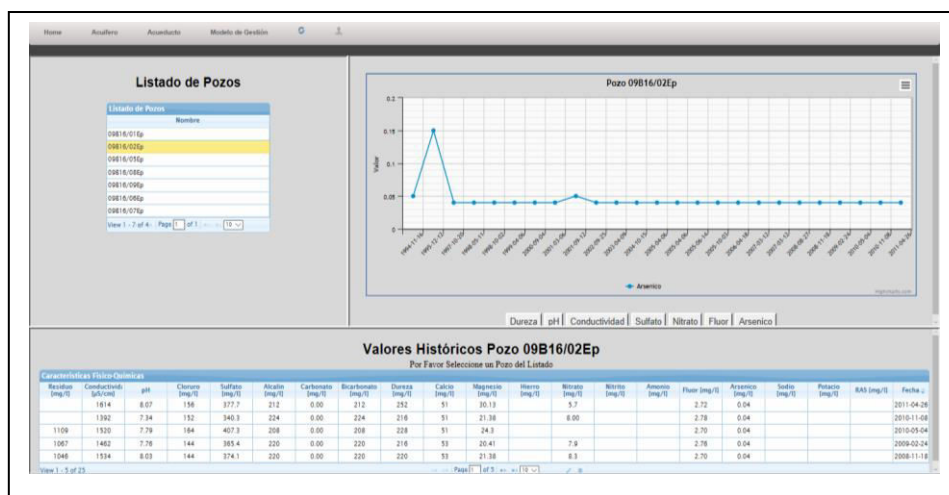


Figura 5.5.1.2

- Programación: se programó el mes de Diciembre del 2016:
 - Batería 1 funciona todos los días desde la hora 0:00 hasta las 12:00.
 - Batería 2 funciona todos los días desde la hora 12:00 hasta las 0:00.

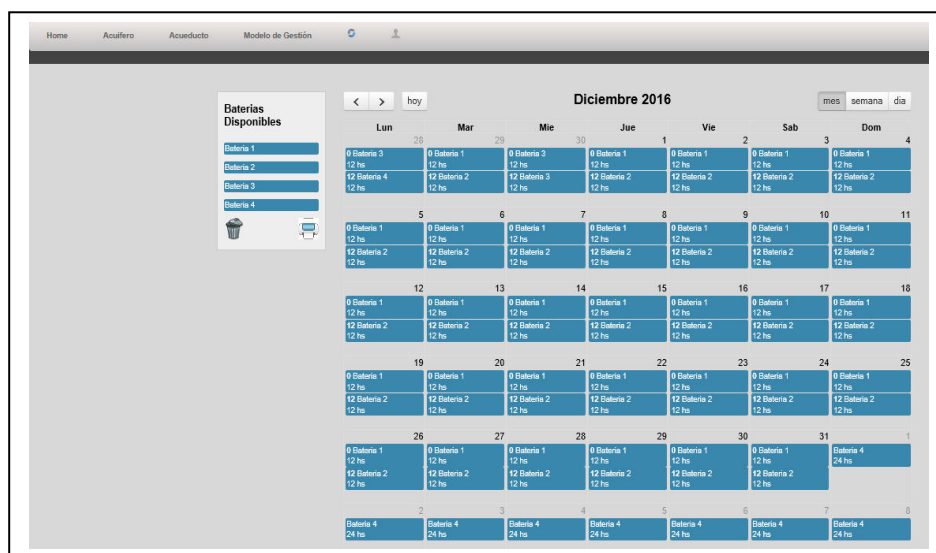


Figura 5.5.1.3

- Insumos:
 - Dosis de cloro: es la cantidad de cloro libre, que deseamos ingrese a la cisterna = 0.3 ppm. Con un costo de 7 \$/l.
 - Energía eléctrica: utilizada para el funcionamiento de las bombas y bombas dosificadoras, con un costo de 0.78 \$/Kwh.
- Personal afectado a la producción: según la encuesta se deduce que no tienen personal afectado por tiempo completo a la producción de agua, por lo

tanto se incluyó en la simulación a un supervisor de producción, un operador de campo y un técnico mecánico, cada uno con su salario mensual y una afectación estimada a la producción de agua.

Actividad	Afectación [%]	Salario [\$/mes]
Cerente de Agua/Director	0	20000
Supervisor de Produccion	20	15000
Operador de Campo	25	8000
Supervisor de Mantenimiento	0	15000
Técnico Mecánico	25	10000
Administrativo	0	8000
Cerente Administrativo	0	20000

Figura 5.5.1.4

- Bienes afectados a la producción de agua: incluyen las instalaciones civiles exclusivas para la producción de agua, como salas de bombas, bombas sumergibles, cisternas y cañerías de impulsión. No poseen vehículos o herramientas destinadas a esta actividad en especial.

Descripción	Tipo	Cantidad [Uds]	Costo [\$/Ud]	Depreciacion [años]
Edificio (m2)	Edificios e Instalaciones	20	15000	50
Cisternas (m3)	Edificios e Instalaciones	125	4000	50
Camioneta	Vehiculos	0	500000	10
Retropala	Vehiculos	0	1400000	15
Camión	Vehiculos	0	100000	15
Cañería diam. 100 mm (ml)	Edificios e Instalaciones	0	90	30
Cañería diam. 75 mm (ml)	Edificios e Instalaciones	200	70	30
Bomba Sumergible 1.75 HP	Bombas Sumergibles	1	5000	8
Bomba Sumergible 4.5 HP	Bombas Sumergibles	2	24000	8
Bomba Sumergible 2.5 HP	Bombas Sumergibles	4	10000	8

Figura 5.5.1.5

Acueducto o Producción Externa

- Calidad: contempla los datos cargados del último análisis físico-químico ingresado.
- Caudal: se colocó el valor promedio mensual que registró Aguas del Colorado Sapem en los años de funcionamiento del acueducto. $Q = 4 \text{ m}^3/\text{h}$

- Costo: se utilizó el costo real que la Empresa les factura a las municipalidades y cooperativas. $C = 2.25 \text{ \$/m}^3$

Resultados

En la página de Modelo de Gestión, se exponen los resultados de la simulación, en la Figura 5.5.1.6 su puede ver los valores de la Producción Externa, los de la Producción Local y el resultado de la mezcla de los dos sistemas.

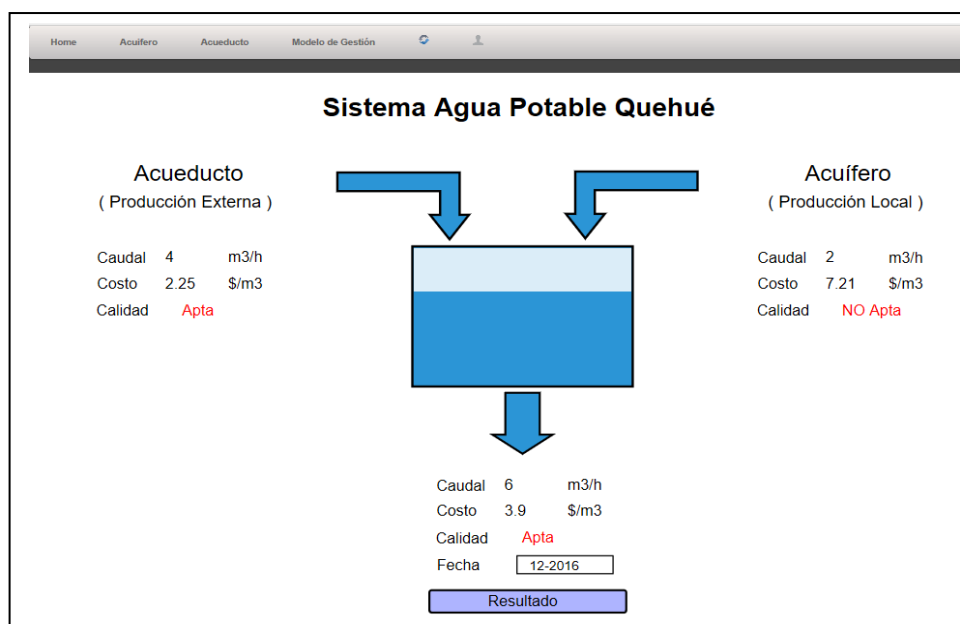


Figura 5.5.1.6

Por el sector de la Producción Externa, se destaca un caudal fijo, un precio fijo e impuesto por la Empresa, de bajo costo por estar subsidiado por el Estado Provincial en lo que respecta para el consumo humano. La calidad es apta para consumo humano, cumpliendo todos los parámetros exigidos por el Código Alimentario Argentino.

En la Producción Local, se utilizó un caudal complementario, es el necesario para cubrir la demanda, el costo es superior al de la Producción Externa ($7,21 \text{ \$/m}^3$ respecto a $2,25 \text{ \$/m}^3$) y su calidad no es apta para consumo humano. En el reporte de No Apta, (Figura 5.5.1.7) se observa el valor que no cumplen con el C.A.A., es el Flúor, con un valor de 2.87 mg/l y no debiendo ser mayor a un límite superior de 1.5 mg/l .

Propiedades Agua Acuífero

Calidad NO Apta

Propiedad	Valor CAA	Valor Acuífero	Estado
Residuo	2000		
Conductividad	1800	1632.5	Apta
pH	6.5 - 8.5	8.085	Apta
Cloruro	350	164	Apta
Sulfato	400	365.8	Apta
Alcalin	1000	208	Apta
Carbonato	1000		
Bicarbonato	1000	208	Apta
Dureza	400	256	Apta
Calcio	1000	52	Apta
Magnesio	50	30.615	Apta
Hierro	0.3		
Nitrato	45	12.3	Apta
Nitrito	0.1		
Amonio	1000		
Fluor	1.5	2.875	NO Apta
Arsenico	0.05	0.04	Apta
Sodio	1000		
Potasio	1000		
P.A.S	1000		

Figura 5.5.1.7

En la parte inferior se observa el caudal total de entrega, el costo de producción resultante, la especificación de la calidad de agua y la fecha en la que se realizó la modelación.

La calidad del agua resultante es Apta, mirando el reporte (Figura 5.5.1.8) se observa que el Flúor al mezclarse con el agua del acueducto en mayor proporción redujo el contenido y permitió llegar a valores aptos para consumo humano, según lo indicado por el Código Alimentario Argentino.

Propiedades Agua Resultante

Calidad Apta

Propiedad	Valor CAA	Valor Acueducto	Valor Acuífero	Valor Resultado	Estado
residuo	2000				
Conductividad	1800	1271	1632.5	1391.5	Apta
pH	6.5 - 8.5	8	8.085	8.028	Apta
Cloruro	350	196	164	185.333	Apta
Sulfato	400	260	365.8	295.267	Apta
Alcalin	1000	61	208	110	Apta
Carbonato	1000				
Bicarbonato	1000	61	208	110	Apta
Dureza	400	258	256	257.333	Apta
Calcio	1000	87	52	75.333	Apta
Magnesio	50	8.7	30.615	16.005	Apta
Hierro	0.3	0.05			
Nitrato	45	1	12.3	4.767	Apta
Nitrito	0.1	0.025			
Amonio	1000	0.02			
Fluor	1.5	0.5	2.875	1.292	Apta
Arsenico	0.05	0.009	0.04	0.019	Apta
Sodio	1000	116			
Potacio	1000				
RAS	1000				

Figura 5.5.1.8

Al solicitar el informe de los “Resultados” (Figura 5.5.1.9) se despliega una nueva pantalla con cuatro solapas con el resumen, la configuración, la programación y la calidad. Cada una de estas puede ser impresa y contiene la información básica de la modelación realizada.

Resumen Configuración Programación Calidad

Acuífero (Producción Local)

Pozo	Energía [\$/m3]	Amortización [\$/m3]	Mantenimiento [\$/m3]	Caudal [m3/h]	Hs de Uso [Hs]	Volumen Total [m3]
09B16/01Ep	0.722	0.071	0.036	2	372	744
09B16/02Ep	0.722	0.071	0.036	2	372	744

Costos de Producción

Costo	[\$/m3]
Extracción Promedio	0.82852
Cloracion	0.021
Personal Directo	5.04
Amortizaciones	1.016
Mant Instalaciones	0.305

Extracción TOTAL: 4 m3/h
Costo TOTAL de Extracción: 7.211 \$/m3

Acueducto (Producción Externa)

Caudal TOTAL: 4 m3/h
Costo TOTAL: 2.25 \$/m3

Resultado (Mezcla)

Caudal TOTAL: 6 m3/h
Costo TOTAL: 3.9 \$/m3
Calidad: Apta

Figura 5.5.1.9

5.5.2 Simulación 2

Para esta segunda simulación se han utilizados datos suministrados por autoridades de la Municipalidad de Quehué en la encuesta mencionada en el artículo anterior. También se utilizaron datos mensuales de caudales de agua entregado por Aguas del Colorado Sapem.

Los datos que se describirán a continuación son los que se cargaron al Sistema Soporte de Decisión:

Acuífero o Producción Local

- Batería 2: integrada por el Pozo 09B16/02Ep.
 - Caudal = 2 m³/h
 - Potencia = 1.85 Kw
 - Bomba sumergible de 2.5Hp

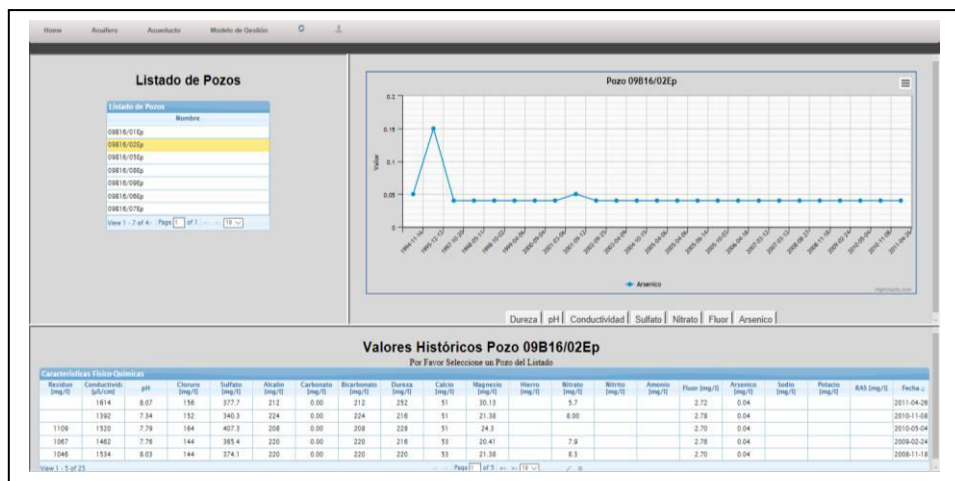


Figura 5.5.2.1

- Programación: se programó el mes de Diciembre del 2016:
 - Batería 2 funciona todos los días desde la hora 09:00 hasta las 21:00.

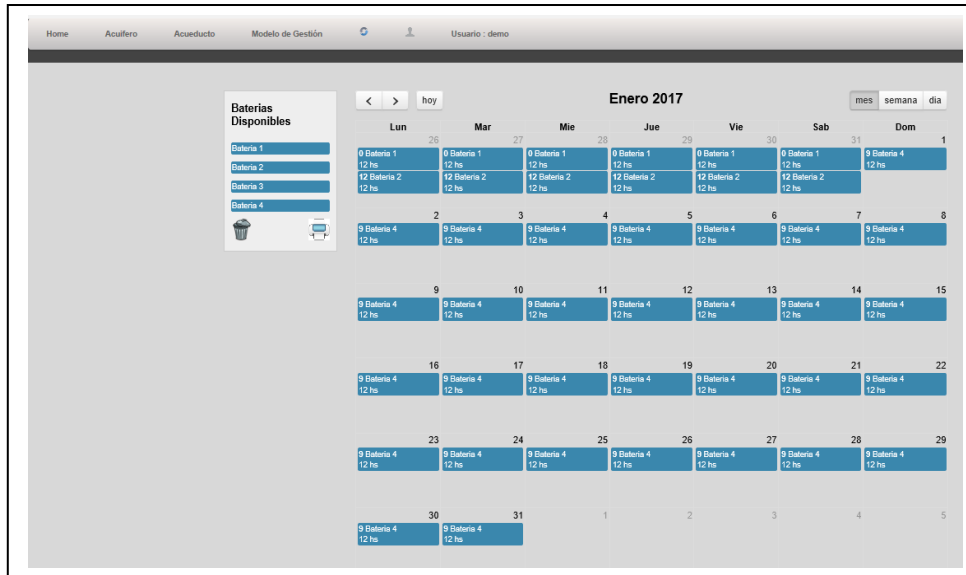


Figura 5.5.2.2

- Insumos:
 - Dosis de cloro = 0.3 ppm. Con un costo de 7 \$/l.
 - Energía eléctrica: utilizada para el funcionamiento de las bombas y bombas dosificadoras, con un costo de 0.78 Kwh.

- Personal afectado a la producción: al igual que en la simulación 1, no tienen personal afectado por tiempo completo a la producción de agua, por lo tanto se incluyó en la simulación a un supervisor de producción, un operador de campo y un técnico mecánico, cada uno con su salario mensual y una afectación estimada a la producción de agua.

Actividad	Afectación (%)	Salario (\$/mes)
Cerente de Agua/Director	0	20000
Supervisor de Produccion	20	15000
Operador de Campo	25	8000
Supervisor de Mantenimiento	0	15000
Técnico Mecánico	25	10000
Administrativo	0	8000
Cerente Administrativo	0	20000

Figura 5.5.2.3

- Bienes afectados al agua se incluyen las instalaciones civiles exclusivas para la producción de agua, como salas de bombas, bombas sumergibles,

cisternas y cañerías de impulsión. No poseen vehículos o herramientas destinadas a esta actividad en especial.

Descripcion	Tipo	Cantidad (Uds)	Costo (\$/Ud)	Depreciacion (años)
Edificio (m ²)	Edificios e Instalaciones	20	15000	50
Cisternas (m ³)	Edificios e Instalaciones	125	4000	50
Camioneta	Vehiculos	0	500000	10
Retropala	Vehiculos	0	1400000	15
Camión	Vehiculos	0	100000	15
Cañería diam. 100 mm (m l)	Edificios e Instalaciones	0	90	30
Cañería diam. 75 mm (m l)	Edificios e Instalaciones	150	70	30
Bomba Sumergible 1.75 HP	Bombas Sumergibles	1	5000	8
Bomba Sumergible 4.5 HP	Bombas Sumergibles	2	24000	8
Bomba Sumergible 2.5 HP	Bombas Sumergibles	4	10000	8

Figura 5.5.2.4

Acueducto o Producción Externa

- Calidad: contempla los datos cargados del último análisis físico-químico ingresado.
- Caudal: se colocó el valor promedio mensual que se necesitó para cubrir la demanda de la localidad en esta simulación corresponde a. $Q = 5 \text{ m}^3/\text{h}$
- Costo: se utilizó el costo real que la Empresa les factura a las municipalidades y cooperativas. $C = 2.25 \text{ \$/m}^3$

Resultados

En la página de Modelo de Gestión, se exponen los resultados de la segunda simulación (Figura 5.5.2.5) su puede ver los valores de la Producción Externa, los de la Producción Local y el resultado de la mezcla de los dos sistemas.

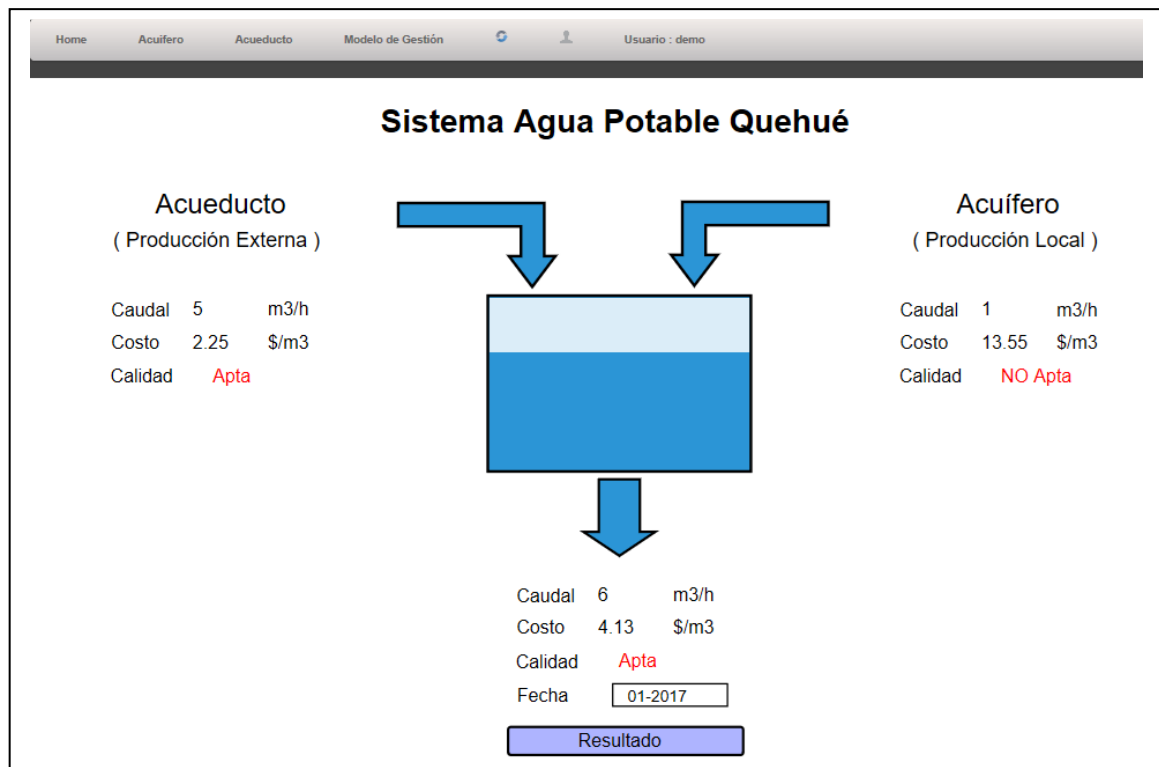


Figura 5.5.2.5

Al igual que en la primera simulación para la Producción Externa se mantienen las mismas condiciones, un caudal fijo pero de 5 m³/h, un precio fijo e impuesto por la Empresa, de bajo costo por estar subsidiado por el Estado Provincial en lo que respecta para el consumo humano. La calidad es Apta para consumo humano, cumpliendo todos los parámetros exigidos por el Código Alimentario Argentino.

En la Producción Local, se utilizó un caudal complementario de 2 m³/h, solo en 12 hs del día (horario de mayor consumo de 9:00 a 21:00) el cual es el necesario para cubrir la demanda, en la imagen se representa como una hora constante durante todo el día y todos los días del mes, el costo es superior al de la Producción Externa entregada por ADC (13.55 \$/m³ respecto a 2.25 \$/m³) y siendo casi el doble de la primer simulación. Respecto a su calidad no es apta para consumo humana. En el reporte de No Apta (Figura 5.5.2.6) se observan los valores que no cumplen con el C.A.A. y es el Flúor con un valor de 2.72 mg/l y teniendo un límite superior de 1.5 mg/l.

Propiedades Agua Acuífero			
Calidad NO Apta			
Propiedad	Valor CAA	Valor Acuífero	Estado
Residuo	2000		
Conductividad	1800	1614	Apta
pH	6.5 - 8.5	8.07	Apta
Cloruro	350	156	Apta
Sulfato	400	377.7	Apta
Alcalin	1000	212	Apta
Carbonato	1000		
Bicarbonato	1000	212	Apta
Dureza	400	252	Apta
Calcio	1000	51	Apta
Magnesio	50	30.13	Apta
Hierro	0.3		
Nitrato	45	5.7	Apta
Nitrito	0.1		
Amonio	1000		
Fluor	1.5	2.72	NO Apta
Arsenico	0.05	0.04	Apta
Sodio	1000		
Potacio	1000		
RAS	1000		

Figura 5.5.2.6

En la parte inferior se observa el caudal total de entrega, el costo de producción resultante, la especificación de la calidad de agua y la fecha en la que se realizó la modelación.

La calidad del agua resultante es Apta, mirando el reporte (Figura 5.5.2.7) se observa que cumple con los límites permitidos para el Flúor según el C.A.A., la mezcla de las dos calidades de agua permitió llegar a valores aptos para consumo humano.

Propiedades Agua Resultante

Calidad Apta

Propiedad	Valor CAA	Valor Acueducto	Valor Acuifero	Valor Resultado	Estado
residuo	2000				
Conductividad	1800	1271	1614	1385.333	Apta
pH	6.5 - 8.5	8	8.07	8.023	Apta
Cloruro	350	196	156	182.667	Apta
Sulfato	400	260	377.7	299.233	Apta
Alcalin	1000	61	212	111.333	Apta
Carbonato	1000				
Bicarbonato	1000	61	212	111.333	Apta
Dureza	400	258	252	256	Apta
Calcio	1000	87	51	75	Apta
Magnesio	50	8.7	30.13	15.843	Apta
Hierro	0.3	0.05			
Nitrato	45	1	5.7	2.567	Apta
Nitrito	0.1	0.025			
Amonio	1000	0.02			
Fluor	1.5	0.5	2.72	1.24	Apta
Arsenico	0.05	0.009	0.04	0.019	Apta
Sodio	1000	116			
Potacio	1000				
RAS	1000				

Figura 5.5.2.7

Al solicitar el informe de los “Resultados” (Figura 5.5.2.8) al igual que en la simulación anterior se despliega una nueva pantalla con cuatro solapas con el resumen, la configuración, la programación y la calidad. Cada una de estas puede ser impresa y contiene la información básica de la modelación realizada.

Resumen
Configuración
Programación
Calidad

Resumen

Acuifero (Producción Local)

Pozo	Energía [\$/m3]	Amortización [\$/m3]	Mantenimiento [\$/m3]	Caudal [m3/h]	Hs de Uso [Hs]	Volumen Total [m3]
09B16/02Ep	0.722	0.071	0.036	2	372	744

Costos de Producción

Costo	[/m3]
Extracción Promedio	0.82852
Cloracion	0.021
Personal Directo	10.081
Amortizaciones	2.018
Mant Instalaciones	0.605

Extracción TOTAL: 2 m3/h
Costo TOTAL de Extracción: 13.554 \$/m3

Acueducto (Producción Externa)

Caudal TOTAL: 5 m3/h
Costo TOTAL: 2.25 \$/m3

Resultado (Mezcla)

Caudal TOTAL: 6 m3/h
Costo TOTAL: 4.13 \$/m3
Calidad: Apta

Figura 5.5.2.8

5.5.3 Resultados

Las simulaciones realizadas reflejan fielmente distintas modalidades de trabajo y de las cuales se obtienen el costo, calidad y caudal.

Como se explicó anteriormente se partió de la base de que el Acueducto entregaba un caudal constante de 4 m³/h en la primera simulación y 5 m³/h en la segunda, con respecto al Acuífero 2 m³/h y 1 m³/h respectivamente para poder cumplir la demanda de la localidad. El agua del Acueducto es apta para consumo humano y con un costo subsidiado de 2,25 \$/m³.

La Simulación 1 se realizó con dos baterías durante 12 hs, extrayendo 2 m³/h cada una, este caudal produce un volumen mensual de 1.488 m³ y un Costo Total de Extracción de 7,21 \$/m³. En la Simulación 2 se usó una batería durante 12 hs extrayendo 2 m³/h, solo en el horario de mayor consumo que se estipuló entre las 9:00 hs a las 21:00 hs, el volumen que se produjo en el mes fue de 744 m³ y ocasionó un Costo Total de Extracción de 13,55 \$/m³.

Es evidente que a más metros cúbicos producidos menor es el costo total de extracción. Esto conllevaría al deseo de querer extraer más agua de su acuífero, con el agravante de que el agua de las perforaciones utilizadas en las dos simulaciones tienen exceso de Flúor.

En las dos simulaciones las mezclas dieron un agua apta para consumo humano y los valores del Costo Total fueron de 3,9 \$/m³ para la simulación 1 y 4,13 \$/m³ para la simulación 2.

6 CAPÍTULO: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El progresivo incremento de la demanda de agua se traduce normalmente en un aumento en la extracción del recurso, tanto subterráneo como superficial. Debido a ello resulta necesario mejorar la gestión de los recursos hídricos disponibles, tratar de incrementarlos, como también prestar especial atención a los efectos ambientales que dicha explotación creciente puede originar.

La Provincia de La Pampa se encuentra ubicada en una zona subhúmeda-semiárida-árida, lo cual implica que el agua potable es un recurso por demás escaso, por lo tanto resulta de vital importancia instruir a las autoridades y a los encargados de su administración a gestionarlo de la manera más eficiente.

Gran parte de la población se abastece de agua potable mediante un acueducto que transporta agua del Río Colorado y de perforaciones cercanas a las mismas, dependiendo del lugar donde se encuentra y de las disponibilidades del recurso. Esta situación trae como consecuencia una innumerable cantidad de variables que incluyen las hidráulicas, calidad del agua, costos, etc. Es entonces que cobra importancia la gestión optimizada del recurso mediante herramientas que puedan llevar adelante una gestión óptima y realizar un análisis para conocer la mejor alternativa de abastecimiento teniendo en cuenta la calidad, cantidad y su costo.

El presente trabajo pretendió obtener una herramienta que sirva para tomar decisiones cuando existen dos fuentes de suministro. Para tal fin se desarrolló un modelo de gestión del agua potable, que tuvo en cuenta las demandas, las disponibilidades de agua y la factibilidad económica, enmarcado siempre dentro del contexto de abastecer al consumo humano y potenciar el desarrollo de la región.

El modelo presentado en el trabajo proporciona un conjunto de datos y de criterios que, además de implementar una estrategia, sirve para lograr una política de desarrollo para la región, maximizando los beneficios y evitando decisiones con resultados irreversibles como ser la salinización de los suelos o la sobreexplotación del acuífero.

Para alcanzar el mismo se propuso un Sistema de Soporte para la Toma de Decisión (SSD), una herramienta eficaz, potente, amplia y abierta que pueda ser utilizada por organismos públicos y privados o por personas interesadas e involucradas en la

problemática de la gestión sustentable del recurso hídrico (especialmente en el suministro de agua potable).

El modelo conceptual se basó en lograr un sistema óptimo de control desde dos puntos de vista, el hidrológico que involucra calidad y cantidad y el económico relacionado con los costos de producción.

Para la confección del modelo, se planteó un balance entre la oferta y la demanda. La oferta de agua está basada en dos fuentes, por un lado los aportes del acueducto que suministra agua desde el Río Colorado y por el otro el abastecimiento desde pozos ubicados en zonas aledañas a la localidad. La demanda surge del requerimiento de la población, los consumos de los servicios municipales, comercios, edificios públicos y actividades recreativas, las pequeñas industrias y de otros posibles consumidores.

Para llevar a cabo el desarrollo de la Aplicación se decidió preparar una programación Web, de manera que desde cualquier navegador de Internet pudiera ser accesible, almacenar los datos cargados en una Base de Datos pudiendo así realizar históricos y conformar una herramienta de fácil e intuitiva utilización para ser operada por personal con tan solo conocimientos básicos de informática.

Los sistemas de captación y conducción se deterioran muy fácilmente si no se utilizan, debido a ello resulta importante que su correcto funcionamiento. Con la aplicación del Modelo propuesto se pretendería mejorar la eficiencia de la Gestión de los Recursos Hídricos.

En la actualidad resulta conveniente para las localidades abastecidas el costo del metro cubico de agua para consumo humano proveniente del Acueducto, pero debido que existe un cupo establecido de abastecimiento, la localidad deberá cubrir la demanda con agua provista de su sistema, el cual como se evidencio en la modelación, cuanto más agua produzca más bajo será su costo de producción.

Como área piloto y, para mostrar su utilidad, se utilizó como caso de estudio la localidad de Quehué. Se describieron los aspectos generales del municipio y se efectuó la simulación aplicando el Modelo de Gestión propuesto con información real aportada desde una encuesta que se realizó a las autoridades municipales. Además se utilizó información de la Dirección General del Servicio de Agua Potable y Saneamiento Ambiental y del Estudios y Proyectos del Acueducto del Río Colorado. Según este último informe en la localidad de Quehué, el acuífero calificó No Apto para abastecer al consumo humano. Pero según los

resultados que se obtuvieron en el trabajo, el acuífero en cuestión podría ser utilizado mezclándola con el agua proveniente del acueducto, dando como resultado, agua apta para el consumo humano.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Andreu Alvarez J. 1993. Análisis de sistemas y modelación Conceptos y métodos para la planificación hidrológica. Editor Joaquín Andreu Alvarez. Pág. 25 - 34. I.S.B.N.:84-87867-19-7. Barcelona. España.
- Andreu Alvarez J. 1993. Gestión de datos. Conceptos y métodos para la planificación hidrológica. Editor Joaquín Andreu Alvarez. Pág. 35 - 40. I.S.B.N.:84-87867-19-7. Barcelona. España.
- Andreu Alvarez J y T Estrela Monreal. 1993. Evaluación de recursos. Conceptos y métodos para la planificación hidrológica. Editor Joaquín Andreu Alvarez. Pág. 55 - 68. I.S.B.N.:84-87867-19-7. Barcelona. España.
- Anuario Estadístico. 2015. Dirección Provincial de Estadística y Censos en la provincia de La Pampa.
- Aguilera Klink, F. 1998 "Hacia una nueva economía del agua: cuestiones Fundamentales". Departamento de Economía Aplicada. Universidad de la Laguna. Tenerife (España).
- Ariño Ortiz G y M Sastre Becerro. 1997. Los mercados del agua en España: una propuesta de reforma de la Ley de Aguas. Revista Ingeniería del Agua, vol. 4, N° 1 (Marzo 1997), pp. 77-86.
- Balestri, L y E Castro. Porque Cooperativas de Usuarios.
- Balestri, L; E Castro y C Schulz. 2010. La solidaridad cooperativa como base de gestión de los monopolios naturales. Actas del Tercer Congreso Pampeano del Agua, Compiladores: Dalmaso, G; C Camiletti y R Hernández. Base 1, Santa Rosa, La Pampa. ISSN 978-987-22983-9-3
- Balestri, L; C Schulz y E Castro. Naturaleza y Ventajas de las Cooperativas de Aguas. Inédito.
- Bereciartua, Pablo. 2003. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Universidad de Buenos Aires
- Birol, E; K. Karousakis y P Koundouri. 2006. Using economic valuation techniques to inform water resources management: A survey and critical appraisal of available techniques and an application. Science of the Total Environment 365:105-122.
- Boletín Oficial N° 2914. 2010. Ley N° 2581 Aprobando Código Provincial De Aguas.
- Bonorino, A. 1988. Geohidrología del sistema hidrotermal profundo de la región de Bahía Blanca. Univ. Nac. del Sur, Dpto. Geología, inédito.
- Comisión Técnica Acueducto Rio Colorado.1996. Estudios preliminares Tomo I.
- Comisión Técnica Acueducto Rio Colorado. 1996. Estudios preliminares Tomo II.
- Comisión Técnica Acueducto Rio Colorado. 1997. Anteproyecto preliminar y estudio de factibilidad.


- Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. 1992." Río de Janeiro, República Federativa del Brasil. Art. 18.2 y 18.3 del Capítulo 18 de la Agenda 21 "
- Consejo Hídrico Federal. 2003. Principios rectores de Política Hídrica de La República Argentina. Acuerdo Federal del Agua.
- Cracogna, D. 1987. Naturaleza y régimen jurídico de las cooperativas de servicios públicos. Intercoop. Buenos Aires.
- ENOHSA. Guía para presentación de proyectos de agua potable, fundamento, Capítulo V, Hidrogeología, apartado 1.3.
- Garrido, A y J Calatrava. 2005. Recent and future trends in water charging and water markets. In Garrido, A & M Llamas (Eds.). Water policy in Spain, Resources for the future, Washington, D.C.
- Giai, S y J Tullio. "CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES ACUÍFEROS DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA". Informe Técnico.
- González, J. 2009. ANALISIS INTEGRADO DE GESTIÓN DE ACUÍFEROS EN ZONAS SEMIARIDAS. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. España.
- Howe, C y Linaweaver. 1967. "The Impact of Price on Residential Water Demand and Its Relation to System and Price Structure", Water Resources Res., vol 3, no 1.1967.
- Lean, G. y D Hinrichsen. 1994. En Gardner-Outlaw, T. y R Engleman. (1997) "Sustaining water, easing scarcity: A second update." Washington, D.C., Population Action International, P.10 R Ayala Sánchez Ph.D CONTEXTO MUNDIAL DEL AGUA DULCE Distribución del agua en el Mundo.
- Matalón, P; C Schulz y R Zabala. 2010. Hacia una nueva visión de la legislación hídrica de la Provincia de La Pampa. Actas del Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Hacia la gestión Integral de los Recursos Hídricos zonas de llanura. Editores Varni, M; Entraigas, I y Vives, L. Pag. 1202-1209. ISBN 978-987-543-393-9. Azul, Buenos Aires. Argentina.
- Muñoz A. 1993. Libro "Abastecimiento y Distribución de Agua".
- Ruiz, E. 1976. Estudio de Fuentes en la Localidad de Quehue. Ministerio de Obras Públicas, La Pampa. Form 80160/3.
- Roberto, Z; M Martínez Uncal, 2012. Bases para el Ordenamiento Territorial. INTA, Publicación Técnica N°87.
- Sahuquillo Herraiz A. 1993. Reflexiones sobre la planificación hidrológica. Conceptos y métodos para la planificación hidrológica. Capítulo 1, 1:14.
- Salso, J. 1966. La cuenca de Macachín, provincia de La Pampa. Asoc. Geol. Arg., revista, XXI, 2, p 107:117. Buenos Aires.
- Salso, J. 1967. Origen del agua en la región central de La Pampa. Actas Cong. Nac. del Agua. Neuquén.

- Salso J. 1972. Razgos hidrogeológicos de La Pampa. Mundo Geológico. p 11-15. Buenos Aires.
- Sánchez González, A. 1993. Objetivos en planificación hidrológica. Conceptos y métodos para la planificación hidrológica. Capítulo 2, 15: 23. I.S.B.N.:84-87867-19-7
- Sánchez González, A. 1993. Evaluación de la demanda Conceptos y métodos para la planificación hidrológica. Editor Joaquín Andreu Alvarez. Capítulo 12, 107 - 125. I.S.B.N.:84-87867-19-7. Barcelona. España.
- Schulz C. 1998. Proyecto de Ley "Códigos de agua de La Pampa", Simposio "El Agua en el 2000", economía, Planificación y Gestión de los Recursos Hídricos, Instituto del agua y del Medio ambiente y Subsecretaria de Ecología de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa.
- Schulz, C. 2009. Planificación y Gestión de las Aguas Subterráneas en la Provincia de La Pampa. Seminario Hispano Argentino sobre temas emergentes en la gestión de las Aguas subterráneas. Editores Benavente J. y E Diaz. Pp 99-114. ISBN 978-987-23936-5-6 Entre Ríos. Argentina.
- Schulz, C. 2004. Estudio Hidrogeológico del Área Central del Valle Argentino, La Pampa, Argentina. Elaboración de una Propuesta de Gestión de los Recursos Hídricos. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Informe Inédito. En biblioteca de la UNC.
- Schulz, C; L Balestri y P Dornes. 2010. Planificación y Gestión de las Aguas Subterráneas para Consumo Humano en el este de La Pampa. Hacia la gestión Integrada de los Recursos Hídricos zonas de llanura. Editores Varni, M; I Entraigas y L Vives. Pág. 763-768. ISBN 978-987-543-392-2. Azul, Buenos Aires. Argentina.
- Schulz, C; L Balestri y P Dornes. 2011. Planificación y Gestión de las Aguas Subterráneas para Consumo Humano en el Este de La Pampa, República Argentina, Revista Aqua-LAC - Vol. 3 - Nº 1 - pp. 55 - 59. ISSN 1688-2873. Editor Jefe Pochat Victor. Publicado en el 2011 por el Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).
- Schulz, C y Castro, E. Gestión del agua subterránea a partir de la presencia de arsénico en la llanura pampeana, Actas del XXIII Congreso Nacional del Agua "El Agua, factor de inclusión social". Editores Depettris, C; Farias, A; Rohrmann, H; Ruberto, A y Tenev, M. pp . 94 – 103. Resistencia, Chaco, Argentina – Junio de 2011. ISSN 1853-7685.
- Schulz, C; L. Vives. y Abrile. 2006. Sistema soporte de gestión de la información hidrológica de la Provincia de la Pampa, Argentina; VIII Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea, organizado por ONGAGUA y la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (ALHUSUD), Asunción, Paraguay. Cd.
- Stappembeck, R. 1913. Investigaciones hidrogeológicas de los valles de Chapalcó y Quehué y sus alrededores. Dir. Gral. Minas, Geol. e Hidrología, bol. 4, 55p.

- Stappembeck, R. 1943. Geología y aguas subterráneas de la pampa. Resumen traducción de la obra de 1926 de la Dir. de Min., Geol. e Hidrología.
- Utton A. 1985. In Search of an Integrating Principle For Interstate Water Law: Regulación versus the Market Place, Natural Resources Journal, Vol. 25.17

ANEXO

• Encuesta



“El Río Atuel también es Pampeano”

Municipalidad de Quehué

Lorenzo Molina 272, Quehué, LP
C.P 8203
MunicipalidaddeQuehue@hotmail.com
Tel:(02952-499010)

“El agua en tu ciudad”

El objetivo de este cuestionario es dar a conocer la gestión del agua que se lleva a cabo en la localidad, desde la captación de agua hasta su tratamiento final.

-1.¿Cuáles son las características de la población? (habitantes, extensión, clima, etc.)

-Contamos con una población de (350 habitantes con una extensión de 84 manzanas con un clima medianamente seco. Medianamente seco. Principalmente en verano por las altas temperaturas reinantes.

-2.¿De dónde proviene el agua que abastece a la localidad? (Acueducto Río Colorado, captaciones del acuífero, etc.)

-La localidad se abastece con dos perforaciones que captan del acuífero y red del Río Colorado.

-3.¿De qué infraestructuras disponéis para: captación, transporte, potabilización y abastecimiento de agua?

-Contamos con una cisterna a nivel piso para la captación y reserva acueducto Río Colorado y cisterna para la captación y reserva acueducto Río Colorado y cisterna elevada captación acuífero y distribución a la población. Cada bomba consta con un caudal aproximado de 8000 litros hora.

-4.¿Cuáles son los datos más importantes sobre el consumo de agua anual? (medida por habitante, tipología del consumidor y pérdidas de agua).

-El consumo de agua anualmente por habitante es de 6000 litros aproximadamente con una tipología normal en la población ya que no contamos con altos consumidores y mayores pérdidas.

-5 El control de los consumos está medido, si lo está, como cobra el agua consumida.

-El control del consumo no está medido ya que no se cuenta con la totalidad de medidores colocados y el cobro se realiza mediante una tarifa fija por consumidor.

1 |

Q

“El Río Atuel también es Pampeano”

Municipalidad de Quehué

Lorenzo Molina 272, Quehué, LP

C.P 8203

MunicipalidaddeQuehue@hotmail.com

Tel:(02952-499010)

.-6 Respecto a la depuración. ¿Qué tipo de tecnología se utiliza para el tratamiento de agua?

-La depuración (cloración) se realiza mediante aporte que se realiza acueducto y un agregado que se realiza en la localidad mediante cloradores colocados por Río Colorado.

.-7 ¿De qué infraestructuras dispone la localidad, cisterna, tanque elevado, vehículos?

-Disponemos de una cisterna a nivel piso y tanque elevado. No se cuenta con vehículo para transporte de agua.

.-8 En relación a los precios, ¿cuáles son las tarifas del servicio del agua?

-Las tarifas son fijas de \$40 mensuales por entrada domiciliaria.

.-9 ¿Qué organismo /s los regulan y supervisan?

-Esta supervisado y regulado por el municipio.

.-10 ¿Cubren los costos totales del servicio?

-Se cubren medianamente los costos del servicio.

.-11 En cuanto a la relación con los usuarios, ¿qué tipo de queja es la más habitual?

-En relación a los habitantes la queja son en temporada de verano el consumo es alto y cuando sufrimos corte del acueducto Río Colorado por roturas no alcanzamos a cubrir la demanda de la población.

.-12 Finalmente, ¿Qué consideras que podría mejorarse del servicio?

-Consideramos que podríamos mejorar el servicio con la construcción de una cisterna a nivel de piso para captación del líquido elemento del acuífero mediante nuestras bombas en calidad de reserva para posterior llenado de la cisterna elevada mediante bombas elevadoras.

A nuestro entender dicha cisterna cuenta con una capacidad de 15000 litros y fue construida cuando la cantidad y entradas del servicio era mucho menor.