



Anteproyecto

Instalación de Agua Potable Rural para Colonia 3 Puentes

Comuna de Puerto Varas, X Región

Ignacio Sánchez D.
Ingeniero Civil Hidráulico

Puerto Varas, Noviembre de 2007

Índice

| | | |
|-------|--|----|
| 1.- | Introducción | 2 |
| 1.1.- | Generalidades | 2 |
| 1.2.- | Área de estudio | 2 |
| 1.3.- | Alcance | 3 |
| 1.4.- | Reconocimiento del terreno | 3 |
| 1.5.- | Recopilación de antecedentes | 3 |
| 2.- | Antecedentes generales de la localidad | 4 |
| 2.1.- | Ubicación geográfica | 4 |
| 2.2.- | Vías de acceso | 4 |
| 2.3.- | Clima y vegetación | 4 |
| 2.4.- | Hidrografía | 4 |
| 2.5.- | Topografía | 4 |
| 2.6.- | Población | 5 |
| 2.7.- | Servicios existentes | 5 |
| 2.8.- | Características socioeconómicas de la población | 6 |
| 3.- | Situación sanitaria existente | 6 |
| 4.- | Bases del cálculo | 6 |
| 4.1.- | Período de diseño de las obras | 6 |
| 4.2.- | Crecimiento de la población | 6 |
| 4.3.- | Dotación | 6 |
| 4.4.- | Bombeo y pozo profundo | 6 |
| 4.5.- | Coeficientes de consumo | 7 |
| 4.6.- | Presiones máximas y mínimas | 7 |
| 4.7.- | Pérdidas de energía | 7 |
| 4.8.- | Caudales de diseño | 8 |
| 4.9.- | Criterios de diseño hidráulico | 8 |
| 5.- | Diseño de la solución | 8 |
| 5.1.- | ALTERNATIVA 1: con captación desde pozo profundo | 9 |
| 5.2.- | ALTERNATIVA 2: con captación desde río | 10 |
| 6.- | Costo del proyecto | 12 |
| 7.- | Evaluación económica | 13 |
| 8.- | Conclusiones y recomendaciones | 13 |
| | ANEXO 1: CALCULOS HIDRAULICOS Y VERIFICACION | 16 |

1. Introducción

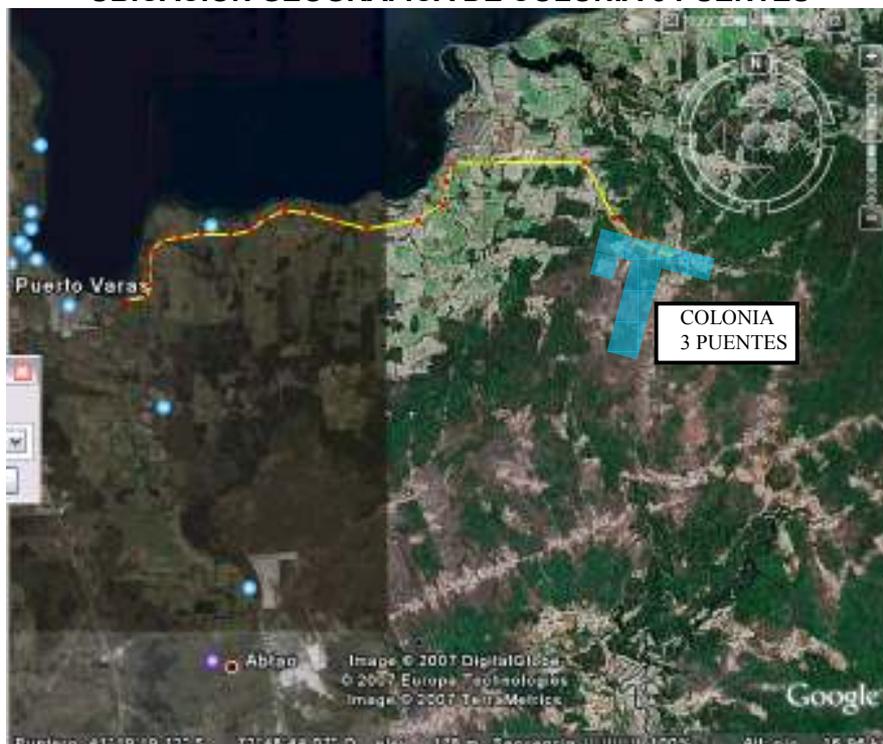
1.1 Generalidades

El presente informe corresponde al anteproyecto relacionado con el estudio de la factibilidad técnica y económica de hacer un proyecto de Agua Potable Rural (APR) para la comunidad de Colonia 3 Puentes en la comuna de Puerto Varas. El estudio ha sido solicitado por el Rotary Club de Puerto Varas a través de Fundación Trascender y pretende entregarle al primero una herramienta de decisión en cuanto a los requerimientos y costos aproximados necesarios para dotar a Colonia 3 Puentes de un sistema de abastecimiento, tratamiento y distribución de agua potable.

1.2 Área de estudio

El área de estudio comprende la localidad denominada “Colonia 3 Puentes” la cual se ubica en la comuna de Puerto Varas, X Región de Los Lagos (ver [Figura 1](#)). Esta corresponde a una comunidad rural que abarca un franja larga y angosta a orillas de camino de aproximadamente 1,5 Km² y que se encuentra localizada a unos 15,9 Km al este de Puerto Varas y a unos 14,0 Km al nor-este de la localidad de Alerce.

FIGURA 1
UBICACIÓN GEOGRAFICA DE COLONIA 3 PUENTES



1.3 Alcance

Este anteproyecto pretende dar las pautas a Rotary Club de Puerto Varas en cuanto a la factibilidad técnica y económica de realizar un proyecto para dotar de agua potable a la comunidad de Colonia 3 Puentes, realizando un breve descripción técnica de las obras que debieran realizarse, las bases de los cálculos asociados, las distintas alternativas de solución y los costos involucrados.

1.4 Reconocimiento del terreno

Para realizar este anteproyecto se recorrió en detalle el área de estudio encontrándose en rasgos generales que se trata de un área rural extensa, de poca densidad de población, relativamente plana y dotada de pocos servicios y centros comunitarios.

1.5 Recopilación de antecedentes

Los antecedentes que se disponen en esta etapa de anteproyecto son básicos y no permiten desarrollar una ingeniería de detalle ni una evaluación económica seria del proyecto, sin embargo, son suficientes para permitir al mandante formarse una idea de las obras requeridas para dotar de agua potable rural a la comunidad de Colonia 3 Puentes y los costos aproximados de la solución.

Los antecedentes de los cuales se dispusieron para realizar este anteproyecto son:

- Visita a terreno y fotografías.
- Antecedentes entregados por la Municipalidad de Puerto Varas en cuanto a la población total y proyectada para Colonia 3 Puentes.
- Antecedentes encontrados en la DGA en cuanto a un pozo profundo inscrito localizado en las cercanías del área de estudio.
- Antecedentes recopilados en Sernageomin relacionados con las características hidrogeológicas del sector.
- Antecedentes relacionados con criterios de diseño proporcionados por Essal Rural.
- Antecedentes de otros proyectos de Agua Potable Rural (APR) similares encontrados en el Departamento APR dependiente del MOP en la ciudad de Puerto Montt.
- Google earth.
- Topografía básica realizada en el sector por el autor de este anteproyecto.

2. Antecedentes generales de la localidad

2.1 Ubicación geográfica

La localidad de Colonia 3 Puentes se localiza en la comuna de Puerto Varas, específicamente en los 41°19'12" de latitud sur y los 72°48'42" de longitud oeste. La localidad se encuentra a aproximadamente 180 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

2.2 Vías de acceso

Las vías de acceso son terrestres y estas pueden ser a través de un camino de ripio que empalma a la ruta que comunica la localidad de Alerce con el poblado de Río Frío ubicado en las faldas del volcán Calbuco, o bien, tomando una vía desde aproximadamente el Km 10 de la ruta 225 que comunica Puerto Varas con Ensenada.

2.3 Clima y vegetación

El clima de esta zona es templado lluvioso con influencia oceánica. Presenta lluvias durante todo el año aunque estas se concentran principalmente los meses de invierno, registrándose un promedio aproximado de 2.500 mm de precipitación anual. Las temperaturas anuales son moderadas a bajas y no presentan variaciones muy grandes, registrándose en la zona una temperatura media anual del orden de los 11°C.

En relación a la vegetación, se presenta en forma de bosque frío y húmedo, comúnmente denominado "selva valdiviana", la cual está constituida típicamente por coigues, robles, tepas, ulmos, lingues, entre otros.

2.4 Hidrografía

La red hidrográfica local la constituyen básicamente 2 escurrimientos superficiales, un estero pequeño por el costado sur de la localidad que drena hacia la cuenca del río Chamiza y otro de mayor tamaño, con caudal aproximado de 3 m³/s que drena hacia el lago Llanquihue. Ambos se originan en las faldas del volcán Calbuco.

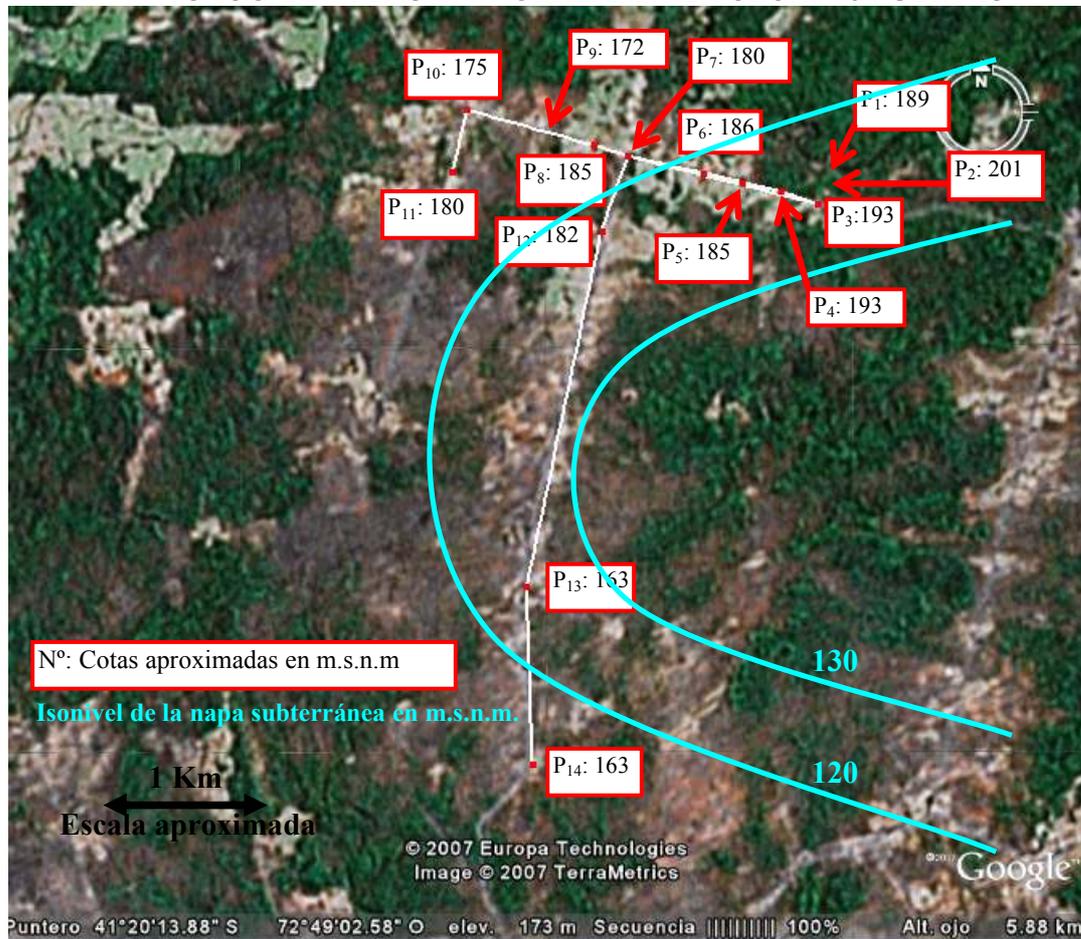
En relación a las aguas subterráneas, consultando el "Estudio Geológico-Económico de la X Región Norte", Informe Registrado IR-98-15 de Sernageomin, en particular el "Mapa Geoambiental Preliminar del Área de Puerto Montt – Mapa Hidrogeológico" escala 1:100.000, se puede apreciar que para la ubicación geográfica de la localidad en estudio se espera un potencial hidrogeológico medio-alto con buenas condiciones para la extracción de agua, en donde se requieren pozos profundos de más de 20 m de profundidad. La calidad de las aguas es desconocida pero se espera presencia de hierro. La vulnerabilidad del acuífero es baja y hay norias en acuíferos colgados que tienen potencial riesgo de agotamiento en periodos secos. Del estudio también se desprende que la napa subterránea debe encontrarse a aproximadamente 120 m.s.n.m.

2.5 Topografía

El área de estudio es bastante plana no encontrándose colinas, montes, quebradas, u otro accidente geográfico de relevancia. Los desniveles aproximados entre los distintos puntos del sector se presentan en la [Figura 2](#), en donde se tomó como referencia la cota del

cruce hacia el sur que lleva al poblado de Alerce que según Google Earth tiene cota 180 m.s.n.m.

FIGURA 2
TOPOGRAFIA BASICA Y GENERAL DE COLONIA 3 PUENTES



2.6 Población

En un censo reciente realizado por la Municipalidad de Puerto Varas se registró un total de 42 predios, no todos de ellos habitados, y un total de 81 viviendas en todo el sector. No se tienen registros específicos de la cantidad total de habitantes, pero se puede estimar en aproximadamente 300 personas.

2.7 Servicios existentes

La localidad cuenta con electrificación provista por CRELL, pero no cuenta con sistema de abastecimiento de agua potable, teniendo cada parcela una noria que provee de agua no potable. La localidad cuenta con un Comité de Agua Potable Rural.

Dentro de los establecimientos sociales puede encontrarse: (a) una escuela, (b) dos iglesias, (c) una posta y (d) una cancha de fútbol con sede comunitaria.

2.8 *Características socioeconómicas de la población*

Para la realización de este anteproyecto no se disponen de fuentes que permitan caracterizar socio-económicamente a la población, sin embargo, se puede apreciar que la constituyen en su gran mayoría familias de escasos recursos que viven de la ganadería y del corte y venta de madera.

3. Situación sanitaria existente

En lo que respecta al abastecimiento de agua potable, se entrevistó a tres personas de la localidad quienes señalaron que en general, las familias poseen norias de 2 a 5 metros de profundidad desde donde extraen el agua, algunos por métodos manuales (balde) y otros utilizando métodos mecánicos (bombeo). Algunas familias disponen de pequeños estanques acumuladores.

La calidad física del agua depende del lugar donde se ubique la noria en la localidad, encontrándose aguas más cristalinas que otras, sin embargo, la gran mayoría de los pobladores extrae un agua turbia, con presencia de sólidos suspendidos, la cual hierven antes de consumir.

4. Bases del cálculo

4.1 Período de diseño de las obras

El período de previsión para todas las obras civiles y los criterios de diseño deben satisfacer las necesidades estimadas para los próximos 20 años. Los equipos mecánicos como bombas, equipos de cloración, filtros, etc., podrán considerarse con una vida útil de 10 años para ser reemplazados posteriormente.

4.2 Crecimiento de la población

Se considera una tasa de crecimiento de la población de 2% anual constante durante el período de diseño de las obras, por lo tanto, las obras deben diseñarse para la cantidad de personas que se estima, habitarán la localidad al final del período de diseño.

4.3 Dotación

Para proyectos de APR se considera una dotación de 120L/hab-día. Esta cantidad de agua, definida como el consumo promedio diario por persona, garantiza un suministro adecuado para satisfacer las necesidades de la población. Debe diseñarse las obras de tal forma que sean capaces de proveer a cada habitante de la dotación señalada al final del período de diseño de las obras.

4.4 Bombeo y pozo profundo

En caso que el diseño requiera de bombeo, este se diseñará considerando que la bomba funciona sólo 12 horas al día.

En caso que se requiera de un pozo profundo, las exigencias vigentes de Essal rural estipulan que el pozo debe ser perforado en al menos 12" de diámetro con tubo de mínimo 8" con sello sanitario.

4.5 Coeficientes de consumo

Para el dimensionamiento hidráulico de las obras se requiere calcular el caudal máximo diario y caudal máximo horario para lo cual se utilizará un Coeficiente de Gasto Máximo Diario de 1,5 y un Coeficiente de Gasto Máximo Horario de 1,5. De esta forma el caudal máximo diario será 1,5 veces la dotación y el caudal máximo horario será 1,5 veces el caudal máximo diario.

4.6 Presiones máximas y mínimas

Según las exigencias vigentes de Essal Rural, la presión máxima estática no debe sobrepasar los 40 metros columna de agua (m.c.a.) y la presión mínima dinámica debe ser superior a 10 m.c.a.

4.7 Pérdida de energía

Si el agua escurre desde un punto A hacia un punto B, puede escribirse en términos de la energía del fluido:

$$E_A = E_B + \Omega_F + \Omega_S$$

Donde E_A y E_B son la energía del fluido en A y B, respectivamente y Ω_F y Ω_S son las pérdidas que ocurren en el trayecto de A hacia B producto de fricción y singularidades, respectivamente.

La energía del fluido en un punto es la suma de su energía geométrica o de posición (z), su energía de presión (P) y su energía de velocidad (V), la que expresada en términos de metros columna de agua puede escribirse como:

$$E = z + P/\gamma + V^2/2g$$

La pérdida de energía por fricción puede calcularse por unidad de longitud de tubería, utilizando la fórmula de Hazen-Williams, en donde:

$$\Omega_F = J * L \quad (L \text{ corresponde a la longitud total de tubería})$$

$$J = 10,67 * (Q/C)^{1,85} * (1/D)^{4,87}$$

Q es el caudal en m^3/s , D el diámetro interior de la tubería en m y C el coeficiente de Hazen-Williams que adopta el valor de 150 para tuberías de PVC y de 120 para tuberías de acero galvanizado.

Las pérdidas de energía debido a singularidades como codos, ensanches u otros, pueden considerarse como 10% de las pérdidas por fricción, de modo que:

$$\Omega_S = 0,1 \Omega_F$$

4.8 Caudales de diseño

Caudal medio diario = Población * Dotación

Caudal máximo diario = Coeficiente de gasto máximo diario * Caudal medio diario

Caudal máximo horario = Coeficiente de gasto máximo horario * Caudal máximo diario

4.9 Criterios de diseño hidráulico

En base a los puntos previos de este capítulo, se diseñarán las obras desde el punto de vista hidráulico de acuerdo a los siguientes criterios:

CAPTACION: Se diseñará en base al caudal máximo diario.

IMPULSION: Se diseñará en base al caudal máximo diario suponiendo que la bomba funciona sólo 12 horas al día, por ende, será igual al doble del caudal máximo diario.

VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO O REGULACION: Será igual al 20% del caudal máximo diario.

RED DE DISTRIBUCION: Se diseñará en base al caudal máximo horario.

5. Diseño de la solución

En base a los antecedentes recopilados se han evaluado 2 posibles alternativas para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para el sector de Colonia 3 Puentes, los cuales difieren básicamente en la fuente de donde es obtenida el agua. La primera alternativa considera el abastecimiento mediante la construcción de un pozo profundo y la segunda alternativa, el abastecimiento desde un escurrimiento superficial con caudal permanente durante todo el año. Para ambas alternativas hay ciertas variables comunes de diseño que se calculan a continuación, sin embargo, los aspectos particulares y explicación de cada uno de ellos se detalla más adelante en las secciones 5.1 y 5.2.

A continuación se detallan los aspectos comunes de diseño para ambas alternativas de solución.

- CANTIDAD TOTAL DE PERSONAS A ABASTECER = 446 habitantes
En base a una población actual proyectada hasta el final del período de previsión de las obras según la tasa de crecimiento esperada.
- CAUDAL MAXIMO DIARIO = 0,93 L/s
En base a la dotación multiplicada por la cantidad total de personas a abastecer y multiplicada por el coeficiente de gasto máximo diario.
- CAUDAL MAXIMO HORARIO = 1,39 L/s
En base al caudal máximo diario y el coeficiente de gasto máximo horario.

- VOLUMEN DE REGULACION = 16 m³

En base al porcentaje respecto del caudal máximo diario.

5.1 ALTERNATIVA 1: CON CAPTACION DESDE POZO PROFUNDO

Se describe a continuación el diseño general de una red APR para la comunidad desarrollada en base a la construcción de un pozo profundo. Se presentarán en forma secuencial los distintos componentes que debiera considerar esta red, desde la fuente de abastecimiento hasta la distribución final y entrega en terrenos particulares.

5.1.1 Fuente de abastecimiento

Debido a la escasez de fuentes de escurrimientos superficiales, la turbidez de las mismas y a la poca diferencia de nivel entre los distintos sectores de la comunidad, se evalúa la posibilidad de utilizar un pozo profundo de donde se espera captar aguas más puras, que requieran menos tratamiento físico-químico para potabilizarse y cuya calidad permanezca relativamente constante durante el año.

En base a los antecedentes de topografía y de nivel de la napa subterránea se estima que el punto P₅ (ver [Figura 2](#)) representa la mejor alternativa para la construcción de un pozo profundo, debido a que debiera requerir menos profundidad del pozo para alcanzar la napa y a que se encuentra dentro del sector de más aguas arriba de la comunidad, lo que permitiría su distribución en forma gravitacional.

Se estima que para alcanzar la napa debiera perforarse unos 80 m de profundidad, por ende, se debe construir un pozo de 100 m de profundidad entubado en 8”.

5.1.2 Equipo de bombeo e impulsión

Para impulsar el agua desde el pozo profundo hasta el estanque de acumulación se requiere una bomba de pozo profundo para un pozo de 8” capaz de levantar una columna de agua de 118,2 m con un caudal de 1,86 L/s, por lo que la potencia mínima de la bomba que se requiere es de 2,31 HP (ver cálculos hidráulicos en [Anexo 1](#)).

Motivo de lo anterior se recomienda utilizar una bomba de pozo profundo de 4 HP para un caudal de 2 L/s y altura de 120 m.c.a.

Para la impulsión de las aguas hasta el estanque acumulador, se recomienda utilizar tubería de PVC C10 (para resistir 100 m.c.a.) de 63 mm de diámetro, esto desde la boca del pozo hasta el estanque. Al interior del pozo debe considerarse tubería metálica galvanizada.

5.1.3 Tratamiento de las aguas

El hecho de captar las aguas desde un pozo profundo supone que las aguas son cristalinas y con concentraciones de sus parámetros físico-químicos dentro de la norma de agua potable, por ende, se estima que el único tratamiento requerido será la cloración de las aguas, la cual debe realizarse mediante la inyección de cloro a la red de impulsión antes del ingreso al estanque de acumulación.

Para lo anterior se recomienda un sistema de cloración mediante la inyección de cloro líquido utilizando una bomba dosificadora graduada de manera que la concentración de cloro sea del orden de los 2 mg/L.

5.1.4 Almacenamiento

Para cumplir los volúmenes de almacenamiento requeridos para proyectos de APR, para dar un tiempo de retención suficiente para la desinfección de las aguas con el cloro y principalmente, para poder distribuir agua de manera gravitacional minimizando los costos operativos es que se requiere de la construcción de un estanque de acumulación 20 m³.

El estanque debe ser metálico, galvanizado y pintado y para que sea factible poder distribuir a todo el sector de Colonia 3 Puentes debe tener una altura mínima de 18 m, esto suponiendo que se emplaza en las cercanías del punto P₅ (ver Figura 2), donde se construirá el pozo profundo.

5.1.5 Red de distribución

La distribución será gravitacional por lo que se recomienda utilizar PVC hidráulico C6 (para resistir 60 m.c.a.) de 63 mm de diámetro. La red contempla la distribución a todo el sector de Colonia 3 Puentes desde el estanque de acumulación hasta cada uno de los terrenos de los beneficiados. Al ingreso a cada terreno la red contempla una cámara, un medidor y un arranque domiciliario al la entrada de cada terreno, donde cada individuo es responsable de construir la red al interior de su propiedad.

En base a los antecedentes disponibles en esta etapa de anteproyecto se verificó que para el caudal de diseño se satisficieran las presiones máximas y mínimas exigidas y se obtuvo que la presión máxima esperada será de 31 m.c.a. y la presión mínima de 9,17 m.c.a (ver cálculos hidráulicos verificación del diseño en Anexo 1) prácticamente igual a la presión mínima exigida, por lo tanto, el diseño propuesto asegura el adecuado suministro de agua a toda la localidad.

5.2 ALTERNATIVA 2: CON CAPTACION DESDE RIO

Se describe a continuación el diseño general de una red APR para la comunidad desarrollada en base a la captación de las aguas desde un río de aproximadamente 3 m³/s que escurre de este a oeste paralelo al camino que comunica la localidad con la ruta 225, unos 400 m al norte del camino. A diferencia de la alternativa 5.1, el captar agua desde un río asegura el caudal deseado con un menor costo en cuanto a las obras de captación, sin embargo, el tratamiento físico-químico debiera ser mayor para que, además de desinfectar, se logre remover sólidos suspendidos y turbiedad debida seguramente a la presencia de fierro en las aguas. Se presentarán en forma secuencial los distintos componentes que debiera considerar esta red, desde la fuente de abastecimiento hasta la distribución final y entrega en terrenos particulares.

5.2.1 Fuente de abastecimiento

Para lograr el menor costo operacional del sistema de distribución de agua potable debe captarse las aguas del río lo más aguas arriba posible de manera de posibilitar posible la distribución de manera gravitacional, para ello, se recorrió el terreno y se propone la construcción de una bocatoma en el punto P₁ (ver Figura 2), al cual se accede por un

acceso con portón metálico rojo que se encuentra unos 100 metros antes del fin de la localidad (100 m antes de donde se encuentra el loteo).

En visita a terreno se constató un caudal aproximado del río de 3 m³/s y en entrevista a pobladores se verificó que este río nunca se seca. También se verificó que la orilla es accesible y posee buenas condiciones para la construcción de una bocatoma, sistema de tratamiento y de bombeo.

Se propone construir una bocatoma lateral de hormigón armado, en donde las aguas ingresen previo paso a través de una rejilla a una cámara donde puedan ser tratadas y posteriormente bombeadas al estanque de acumulación.

5.2.2 *Equipo de bombeo e impulsión*

Para impulsar el agua desde la captación hasta el estanque de acumulación se requiere una bomba capaz de levantar una columna de agua de 27,09 m con un caudal de 1,86 L/s, por lo que la potencia mínima de la bomba que se requiere es de 0,53 HP (ver cálculos hidráulicos en [Anexo 1](#)).

Motivo de lo anterior se recomienda instalar en paralelo 2 bombas centrífugas de 1 HP cada una para un caudal de 2 L/s y altura de 30 m.c.a. Se recomienda instalar 2 bombas, uno para uso permanente y otra para resguardo en caso de falla de la otra.

Para la impulsión de las aguas hasta el estanque acumulador, se recomienda utilizar tubería de PVC C10 (para resistir 100 m.c.a.) de 63 mm de diámetro, esto desde la bocatoma del río hasta el estanque.

5.2.3 *Tratamiento de las aguas*

El hecho de captar las aguas desde un río requiere dimensionar un tratamiento físico-químico mayor que si fuesen captadas desde un pozo profundo, esto producto de que el río arrastra sedimentos, posee turbiedad y puede ser fácilmente contaminado con derrames o excrementos animales aguas arriba de la bocatoma. Pese a lo anterior, producto de lo despoblado e inaccesible del río es que se cree que con la remoción de sólidos suspendidos y turbiedad (fierro) y también con la desinfección se logrará dar cumplimiento a la norma de agua potable.

Se recomienda instalar al costado de la bocatoma, en un lugar seguro y fuera del alcance de las crecidas del río, un filtro para remover sólidos suspendidos y fierro y posteriormente inyectar cloro líquido utilizando una bomba dosificadora que permita dejar en el caudal una concentración de cloro de 2 mg/L.

5.2.4 *Almacenamiento*

Para cumplir los volúmenes de almacenamiento requeridos para proyectos de APR, para dar un tiempo de retención suficiente para la desinfección de las aguas con el cloro y principalmente, para poder distribuir agua de manera gravitacional minimizando los costos operativos es que se requiere de la construcción de un estanque de acumulación 20 m³.

El estanque debe ser metálico, galvanizado y pintado y para que sea factible poder distribuir a todo el sector de Colonia 3 Puentes debe tener una altura mínima de 15 m,

esto suponiendo que se emplaza en las cercanías del punto P_2 (ver [Figura 2](#)), que corresponde al sector más alto en el tramo que una el río con el camino público, lo que asegura una distribución de manera gravitacional.

5.2.5 Red de distribución

La distribución será gravitacional por lo que se recomienda utilizar PVC hidráulico C6 (para resistir 60 m.c.a.) de 63 mm de diámetro. La red contempla la distribución a todo el sector de Colonia 3 Puentes desde el estanque de acumulación hasta cada uno de los terrenos de los beneficiados. Al ingreso a cada terreno la red contempla una cámara, un medidor y un arranque domiciliario al la entrada de cada terreno, donde cada individuo es responsable de construir la red al interior de su propiedad.

En base a los antecedentes disponibles en esta etapa de anteproyecto se verificó que para el caudal de diseño se satisficieran las presiones máximas y mínimas exigidas y se obtuvo que la presión máxima esperada será de 44 m.c.a. y la presión mínima de 9,02 m.c.a (ver cálculos hidráulicos y su verificación en [Anexo 1](#)). A pesar de que la presión máxima excede levemente a permitida y la mínima está un poco bajo la mínima permitida debe considerarse que están dentro de un rango normal de operación que no provocarán daños a la red y que permiten un adecuado suministro. También debe considerarse que en esta etapa de anteproyecto no se dispone de una topografía ni de la distribución espacial de la población para un cálculo más afinado.

6. Costo del proyecto

A continuación se presentan los costos estimados del proyecto considerando las 2 alternativas de captación explicadas en el capítulo previo. Debe considerarse que en esta etapa de anteproyecto no se dispone del detalle del diseño, por lo que las cotizaciones están tomadas en base a costos promedio de otros proyectos de APR obtenidos en el MOP.

La alternativa de un APR construyendo un pozo profundo para captar las aguas costaría aproximadamente \$109.625.000 + IVA (valor incluye gastos generales y utilidad), en cambio, la alternativa de captar las aguas desde el río costaría aproximadamente \$109.850.000 + IVA. Los costos son bastante similares y el ahorro que se genera al no construir el pozo profundo se compensa en el caso de la captación del río en un mayor costo por equipos de tratamiento y en mayor longitud de la red de distribución.

Cabe destacar que el presupuesto en base a la construcción de un pozo profundo tiene mayor grado de incertidumbre ya que no se conoce la profundidad de la napa, el tipo de suelo y la cantidad de agua que podrá extraerse del pozo.

Anteproyecto – Instalación de Agua Potable Rural para Colonia 3 Puentes

| PRESUPUESTO PROYECTO APR COLONIA 3 PUENTES CON CAPTACION EN POZO PROFUNDO | | | | | |
|---|--|--------|----------|------------|--------------------|
| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad | P.U. | Precio Total (\$) |
| 1.- | INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE | | | | 5.000.000 |
| 1.1.- | Ingeniería básica y de detalle | gl | 1 | 5.000.000 | 5.000.000 |
| 2.- | POZO PROFUNDO | | | | 20.200.000 |
| 2.1.- | Estudio hidrogeológico | gl | 1 | 5.000.000 | 5.000.000 |
| 2.2.- | Montaje e instalación de maquinaria | gl | 1 | 1.000.000 | 1.000.000 |
| 2.3.- | Perforación y construcción pozo en 8" | m | 100 | 110.000 | 11.000.000 |
| 2.4.- | Análisis físico químico | un | 2 | 100.000 | 200.000 |
| 2.5.- | Prueba de bombeo y tramitación derechos | gl | 1 | 500.000 | 500.000 |
| 2.6.- | Suministro e instalación de bomba de pozo profundo | un | 1 | 2.500.000 | 2.500.000 |
| 3.- | SISTEMA DE TRATAMIENTO, IMPULSION Y ACUMULACION | | | | 36.425.000 |
| 3.1.- | Suministro e instalación de tratamiento vía cloración | gl | 1 | 1.000.000 | 1.000.000 |
| 3.2.- | Red de impulsión a estanque en PVC-C10 de 63 mm | m | 50 | 8.500 | 425.000 |
| 3.3.- | Estanque de acumulación de 20 m3 y 18 m de altura | gl | 1 | 35.000.000 | 35.000.000 |
| 4.- | RED DE DISTRIBUCIÓN | | | | 48.000.000 |
| 4.1.- | Red de distribución en PVC C6- 63 mm | km | 6 | 8.000.000 | 48.000.000 |
| TOTAL NETO | | | | | 109.625.000 |
| IVA | | | | | 20.828.750 |
| TOTAL | | | | | 130.453.750 |

| PRESUPUESTO PROYECTO APR COLONIA 3 PUENTES CON CAPTACION EN RIO | | | | | |
|---|--|--------|----------|------------|--------------------|
| Ítem | Descripción | Unidad | Cantidad | P.U. | Precio Total (\$) |
| 1.- | INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE | | | | 5.000.000 |
| 1.1.- | Ingeniería básica y de detalle | gl | 1 | 5.000.000 | 5.000.000 |
| 2.- | CAPTACION | | | | 10.000.000 |
| 2.1.- | Construcción bocatoma | gl | 1 | 10.000.000 | 10.000.000 |
| 3.- | SISTEMA DE TRATAMIENTO, IMPULSION Y ACUMULACION | | | | 40.850.000 |
| 3.1.- | Suministro e instalación de tratamiento vía cloración | gl | 1 | 1.000.000 | 1.000.000 |
| 3.2.- | Suministro e instalación de filtro | gl | 1 | 5.000.000 | 5.000.000 |
| 3.3.- | Suministro e instalación de equipo de bombeo | gl | 1 | 1.000.000 | 1.000.000 |
| 3.4.- | Red de impulsión a estanque en PVC-C10 de 63 mm | m | 100 | 8.500 | 850.000 |
| 3.5.- | Estanque de acumulación de 20 m3 y 15 m de altura | gl | 1 | 33.000.000 | 33.000.000 |
| 4.- | RED DE DISTRIBUCIÓN | | | | 54.000.000 |
| 4.1.- | Red de distribución en PVC C6- 63 mm | km | 6,75 | 8.000.000 | 54.000.000 |
| TOTAL NETO | | | | | 109.850.000 |
| IVA | | | | | 20.871.500 |
| TOTAL | | | | | 130.721.500 |

7. Evaluación económica

Para una correcta evaluación económica del proyecto se debe contar con mayores antecedentes respecto de la población y sus antecedentes socio-económicos, como también del costo real del proyecto, motivo por el cual no se evalúa en este anteproyecto.

8. Conclusiones y recomendaciones

A continuación se presentan conclusiones y recomendaciones en cuanto a la alternativa más razonable y pasos a seguir para poder desarrollarla y llevarla a cabo.

Entre las dos alternativas evaluadas, a pesar de que ambas presentan costos similares, se recomienda desarrollar el APR en base a la captación de las aguas desde el río, esto

producto de que esta alternativa presenta, en relación a la construcción de un pozo profundo, las siguientes ventajas:

- 100% de certeza en contar con la suficiente cantidad de agua para abastecer la totalidad de la población en la situación actual y futura. El lugar que este anteproyecto considera adecuado para la construcción del pozo se definió en base a un criterio netamente hidráulico y de costo (factibilidad de poder distribuir agua a toda la población minimizando la inversión en la construcción del pozo), pero es posible que no sea el lugar más apto desde el punto de vista hidrogeológico, o bien, donde el propietario del terreno no autorice su construcción.
- Menor riesgo operacional con respecto al funcionamiento de un pozo profundo, debido a que este último requiere de mantención (limpieza del pozo) y cualquier falla en el sistema de bombeo es difícil de solucionar, tiene mayor costo y requiere de un especialista.
- Menor costo operacional con respecto a la alternativa de APR con pozo profundo, producto que el consumo eléctrico de la bomba centrífuga necesaria para impulsar el agua desde el río al estanque de acumulación es considerablemente menor que la bomba de pozo profundo.
- Menor costo de mantención del sistema de captación e impulsión cuando se capta del aguas desde el río en comparación con el pozo profundo.
- Mayor facilidad en cuanto a los trámites necesarios para llevar adelante el proyecto, ya que no requiere de la autorización de un vecino para la construcción del pozo en su terreno.
- Mayor facilidad en cuanto a la instalación eléctrica necesaria para el funcionamiento de las bombas, ya que bombas centrífugas son monofásicas, a cambio de la de pozo profundo que sería trifásica.

Para seguir adelante con este proyecto se requiere:

- El Rotary Club debe verificar que Colonia 3 Puentes cuente con un Comité de Agua Potable Rural legalmente constituido y que se encuentre funcionando normalmente.
- Que el Comité de Agua Potable Rural de Colonia 3 Puentes solicite a la Dirección General de Aguas (DGA), organismo dependiente del MOP, la solicitud de derechos de aprovechamiento consuntivo y permanente de agua del río por un caudal mínimo de 2 L/s y volumen anual mínimo de 63.072 m³. Debido a que el río posee bastante caudal se recomienda que la solicitud sea por 5 L/s y volumen anual de 157.680 m³.
- Que el Comité de Agua Potable Rural de Colonia 3 Puentes realice las gestiones necesarias para conseguir la autorización de parte de los

propietarios de los terrenos donde se ubicarían las obras de captación y almacenamiento, para que estas se puedan construir y operar en sus terrenos.

- Que el Rotary Club contrate la realización de la ingeniería de detalle del proyecto de APR, para lo cual puede conseguir antecedentes en el departamento de APR del MOP de Puerto Montt en relación a estudios realizados en Colonia 3 Puentes o en sus cercanías. La ingeniería de detalle debe entregar el detalle de cómo se construyen las obras y su costo asociado y también debe señalar la forma de operar el sistema, el costo operacional y las necesidades de mantención.
- El Rotary Club debe definir que hará con los bienes para desarrollar el APR, es decir, las obras de captación y tratamiento, las tuberías y fittings,, el estanque de acumulación ,etc., ya que si financia el proyecto será el Rotary el propietario de los bienes mencionados y por ende debiera responsabilizarse por su cuidado y mantención. Una posibilidad es donar los bienes a la comunidad.

En caso que el monto que cuesta desarrollar el proyecto sea más elevado de lo presupuestado por el Rotary Club se puede rebajar su costo considerando entre otras, las siguientes alternativas:

- Reducir el largo de la red de distribución, abasteciendo solamente en esta etapa a los pobladores que viven entre los puntos P_3 y P_9 (ver [Figura 2](#)), ya que es en ese sector donde se concentran la mayoría de las viviendas y donde se encuentra la escuela de la comunidad. De adoptar esta medida la longitud de la red de distribución disminuiría de 6.750 m a 1.850 m, por lo que el costo total del proyecto disminuiría en aproximadamente \$39.200.000.
- Hacer las gestiones para que a través del Comité de Agua Potable Rural de Colonia 3 Puentes busque alternativas de financiamiento en la Municipalidad u otro organismo estatal.

ANEXO 1: CALCULOS HIDRAULICOS Y VERIFICACION**CALCULO HIDRAULICO DE APR COLONIA 3 PUENTES EN BASE A CAPTACION DESDE POZO PROFUNDO****DATOS GENERALES**

| | |
|-----|---------------------------------------|
| 120 | Dotación (L/hab-día) |
| 446 | Población máxima (hab) |
| 1,5 | Coefficiente de gasta máximo diario |
| 1,5 | Coefficiente de gasta máximo horario |
| 18 | Altura de estanque de acumulación (m) |

CALCULO DE RED DE DISTRIBUCION Y VERIFICACION DE PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS**SUPUESTOS**

| | |
|-----|---|
| 150 | Coefficiente de Hazen-Williams tubería (PVC, 63mm-C6) |
|-----|---|

| Inicio del tramo | | | | Fin del tramo | | | | Diámetro interno (m) | Longitud del tramo (m) | Caudal (m3/s) | Pérdida de energía por fricción (m) | Pérdida de energía por singularidades (m) |
|------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|---------------|-------------------------------------|---|
| Punto | Cota (m.s.n.m.) | Presión mínima (m.c.a.) | Presión máxima (m.c.a.) | Punto | Cota (m.s.n.m.) | Presión mínima (m.c.a.) | Presión máxima (m.c.a.) | | | | | |
| P5 | 185 | 18 | 18 | P4 | 193 | 9,98 | 10 | 0,0514 | 400 | 0,00007 | 0,02 | 0,00 |
| P4 | 193 | 9,98 | 10 | P3 | 193 | 9,98 | 10 | 0,0514 | 100 | 0,00007 | 0,0039 | 0,00 |
| P5 | 185 | 18,00 | 18 | P6 | 186 | 16,01 | 17 | 0,0514 | 100 | 0,00132 | 0,90 | 0,09 |
| P6 | 186 | 16,01 | 17 | P7 | 180 | 17,04 | 23 | 0,0514 | 500 | 0,00132 | 4,51 | 0,45 |
| P7 | 180 | 17,04 | 23 | P8 | 185 | 11,19 | 18 | 0,0514 | 200 | 0,00084 | 0,77 | 0,08 |
| P8 | 185 | 11,19 | 18 | P9 | 172 | 23,34 | 31 | 0,0514 | 200 | 0,00084 | 0,77 | 0,08 |
| P9 | 172 | 23,34 | 31 | P10 | 175 | 18,86 | 28 | 0,0514 | 350 | 0,00084 | 1,35 | 0,14 |
| P10 | 175 | 18,86 | 28 | P11 | 180 | 12,16 | 23 | 0,0514 | 400 | 0,00084 | 1,54 | 0,15 |
| P7 | 180 | 17,04 | 23 | P12 | 182 | 14,26 | 21 | 0,0514 | 500 | 0,00049 | 0,71 | 0,07 |
| P12 | 163 | 14,26 | 21 | P13 | 163 | 10,58 | 21 | 0,0514 | 2350 | 0,00049 | 3,34 | 0,33 |
| P13 | 163 | 10,58 | 21 | P14 | 163 | 9,17 | 21 | 0,0514 | 900 | 0,00049 | 1,28 | 0,13 |

CALCULO DE POTENCIA DE IMPULSION**SUPUESTOS**

| | |
|-----|---|
| 150 | Coefficiente de Hazen-Williams tubería (PVC, 63mm-C6) |
| 100 | Profundidad del pozo profundo (m) |
| 18 | Altura de estanque de acumulación (m) |
| 70% | Eficiencia de la bomba |

| Inicio del tramo | | Fin del tramo | | Diámetro interno (m) | Longitud del tramo (m) | Caudal (m3/s) | Pérdida de energía por fricción (m) | Pérdida de energía por singularidades (m) | Pérdida de energía por singularidades (m) | Altura de elevación requerida para bomba | Potencia mínima de bomba (KW) | Potencia mínima de bomba (HP) |
|------------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------------|------------------------|---------------|-------------------------------------|---|---|--|-------------------------------|-------------------------------|
| Punto | Cota (m.s.n.m.) | Punto | Cota (m.s.n.m.) | | | | | | | | | |
| P5 | 189 | P5 | 189 | 0,0514 | 100 | 0,00186 | 1,69 | 0,17 | 0,02 | 118,19 | 3,07 | 2,31 |

CALCULO HIDRAULICO DE APR COLONIA 3 PUENTES EN BASE A CAPTACION DESDE RIO

DATOS GENERALES

| | |
|-----|---------------------------------------|
| 120 | Dotación (L/hab-día) |
| 446 | Población máxima (hab) |
| 1,5 | Coefficiente de gasta máximo diario |
| 1,5 | Coefficiente de gasta máximo horario |
| 15 | Altura de estanque de acumulación (m) |

CALCULO DE RED DE DISTRIBUCION Y VERIFICACION DE PRESIONES MAXIMAS Y MINIMAS

SUPUESTOS

| | |
|-----|---|
| 150 | Coefficiente de Hazen-Williams tubería (PVC, 63mm-C6) |
|-----|---|

| Inicio del tramo | | | | Fin del tramo | | | | Diámetro interno (m) | Longitud del tramo (m) | Caudal (m3/s) | Pérdida de energía por fricción (m) | Pérdida de energía por singularidades (m) |
|------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|---------------|-------------------------------------|---|
| Punto | Cota (m.s.n.m.) | Presión mínima (m.c.a.) | Presión máxima (m.c.a.) | Punto | Cota (m.s.n.m.) | Presión mínima (m.c.a.) | Presión máxima (m.c.a.) | | | | | |
| P2 | 201 | 15 | 15 | P4 | 193 | 18,63 | 23 | 0,0514 | 400 | 0,00139 | 3,97 | 0,40 |
| P4 | 193 | 18,63 | 23 | P3 | 193 | 18,63 | 23 | 0,0514 | 100 | 0,00003 | 0,0007 | 0,00 |
| P4 | 193 | 18,63 | 23 | P5 | 185 | 18,44 | 31 | 0,0514 | 750 | 0,00139 | 7,44 | 0,74 |
| P5 | 185 | 18,44 | 31 | P6 | 186 | 16,35 | 30 | 0,0514 | 100 | 0,00139 | 0,99 | 0,10 |
| P6 | 186 | 16,35 | 30 | P7 | 180 | 16,89 | 36 | 0,0514 | 500 | 0,00139 | 4,96 | 0,50 |
| P7 | 180 | 16,89 | 36 | P8 | 185 | 11,04 | 31 | 0,0514 | 200 | 0,00084 | 0,77 | 0,08 |
| P8 | 185 | 11,04 | 31 | P9 | 172 | 23,20 | 44 | 0,0514 | 200 | 0,00084 | 0,77 | 0,08 |
| P9 | 172 | 23,20 | 44 | P10 | 175 | 18,71 | 41 | 0,0514 | 350 | 0,00084 | 1,35 | 0,14 |
| P10 | 175 | 18,71 | 41 | P11 | 180 | 12,01 | 36 | 0,0514 | 400 | 0,00084 | 1,54 | 0,15 |
| P7 | 180 | 16,89 | 36 | P12 | 182 | 14,11 | 34 | 0,0514 | 500 | 0,00049 | 0,71 | 0,07 |
| P12 | 163 | 14,11 | 34 | P13 | 163 | 10,43 | 34 | 0,0514 | 2350 | 0,00049 | 3,34 | 0,33 |
| P13 | 163 | 10,43 | 34 | P14 | 163 | 9,02 | 34 | 0,0514 | 900 | 0,00049 | 1,28 | 0,13 |

CALCULO DE POTENCIA DE IMPULSION

SUPUESTOS

| | |
|-----|---|
| 150 | Coefficiente de Hazen-Williams tubería (PVC, 63mm-C6) |
| 15 | Altura de estanque de acumulación (m) |
| 70% | Eficiencia de la bomba |

| Inicio del tramo | | Fin del tramo | | Diámetro interno (m) | Longitud del tramo (m) | Caudal (m3/s) | Pérdida de energía por fricción (m) | Pérdida de energía por singularidades (m) | Pérdida de energía por singularidades (m) | Altura de elevación requerida para bomba | Potencia mínima de bomba (KW) | Potencia mínima de bomba (HP) |
|------------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------------|------------------------|---------------|-------------------------------------|---|---|--|-------------------------------|-------------------------------|
| Punto | Cota (m.s.n.m.) | Punto | Cota (m.s.n.m.) | | | | | | | | | |
| P1 | 189 | P2 | 201 | 0,0514 | 50 | 0,00186 | 0,84 | 0,08 | 0,01 | 27,09 | 0,70 | 0,53 |