



INFORME FINAL

ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LAS ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL SECTOR OROTINA-CALDERA

Elaborado por:

Ing. José Pablo Bonilla Valverde

Revisado por:

Ing. Alejandro Fernández Flores

Aprobado por:

Ing. José Luís Arguedas Negrini

CEDO AyA
5289

Mayo 2010



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN EL
REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Jorge Luis Zapata Arroyo

N° Cédula: 2-0564-875

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital y Catálogo en línea (OPAC) la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: gerenciageneral@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5090

**JORGE LUIS ZAPATA
ARROYO (FIRMA)**

Firmado digitalmente por JORGE
LUIS ZAPATA ARROYO (FIRMA)
Fecha: 2022.08.29 19:48:12 -06'00'

Firma: _____

Resumen

Se analizan hidráulicamente dos de las cuatro alternativas de abastecimiento del sector Orotina-Caldera de la línea de conducción Ojo de Agua propuestas en el *INFORME ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO AGUA POTABLE SECTOR OROTINA-CALDERA* (AyA, 2009). Las dos alternativas que se analizaron fueron:

- Potabilizar las aguas del río Jesús María (con 2 opciones de ubicación y 2 caudales distintos).
- Utilizar dos pozos en la margen izquierda del río Barranca (originalmente conocida como abastecimiento desde la PTAP Barranca), con tres posibles puntos de conexión con la línea existente.

Todas las opciones evaluadas utilizan la mayor parte posible de la infraestructura actual del sistema, al menos que un cambio se indique en las mismas. Los costos de estas siete opciones (4 PTAP Jesús María y 3 Cisterna Barranca) se presentan en la tabla 5.1, transcrita a continuación:

Tabla 5.1. Costos finales de las ocho opciones analizadas

Propuesta PTAP	Costos (millones US\$)
PTAP J. María 1, con 100 L/s	5.95
PTAP J. María 1, con 75 L/s	5.06
PTAP J. María 2, con 90 L/s	3.84
PTAP J. María 2, con 65 L/s	3.37
C. Barranca, 1 ^{ra} conexión (65 L/s)	2.46
C. Barranca, 2 ^{da} conexión (65 L/s)	2.79
C. Barranca, 3 ^{ra} conexión (65 L/s)	3.42

Fuente: los autores, 2010.

Se selecciona la opción de utilizar un tanque cisterna en la margen izquierda del río Barranca (abastecido desde los pozos en la misma margen del río), la opción más costosa de esta alternativa tiene un costo levemente superior (50 mil US\$, 0.015 veces más) a la opción menos costosa de potabilizar el agua del río Jesús María.

Tabla 3.5. Resumen información básica alternativa cisterna en río Barranca.

Característica	
Elevación tanque cisterna	30 msnm
Elevación tanque almacenamiento	200 msnm
Impulsión Cisterna-almacenamiento	4 950 m
Diámetro impulsión	300 mm DN HD K9
Conducción almacenamiento-línea	6 600 m (3300 m ó 1600 m)
Diámetro conducción	250 mm DN PVC 26

Fuente: los autores, 2010.

Las principales características de la alternativa elegida se presentan en la tabla 3.5. Esta alternativa presenta algunas ventajas operativas, la cuales se enumeran a continuación:

1. Puede ser reforzada por la planta potabilizadora de Barranca, contando con dos posibles fuentes de abastecimiento (pozos y PTAP Barranca)
2. Posee menos vulnerabilidades, al contar con un solo bombeo.
3. Los pozos ya se encuentra perforados y armados.

En la alternativa elegida, se divide al sistema en dos, uno es el subsistema Coyolar-Río Jesús María y el otro es el subsistema Río Jesús María-Barranca. La forma de realizar esta separación es incorporando una válvula de cierre en la línea actual de conducción aproximadamente a la altura del río Jesús María. Esta válvula debe colocarse de manera que el subsistema Río Jesús María abastezca a industrias Pujol, en la margen izquierda del río Jesús María. El subsistema Coyolar-Río Jesús María se continuará alimentando de los pozos existentes.

Aunque la alternativa de potabilizar las aguas del río Jesús María no se selecciona para abastecer al sector de Orotina-Caldera de la línea de conducción Ojo de Agua, se debe profundizar los estudios básicos de esta alternativas para atender la demanda futura de los poblados de Higuito, Jesús María, Labrador e inclusive reforzar el sistema de Esparza. También se debe identificar un campo de pozos en la zona de estudio, para poder atender cualquier situación que se presente, independientemente de la opción que se elija.

La alternativa elegida puede reducir su costo en aproximadamente un millón de dólares de los Estados Unidos de Norteamérica según el punto donde se realice la interconexión entre la nueva conducción y la línea de conducción de Ojo de Agua. En cualquier caso, es necesario que la conducción funcione como tal, entre tanques de almacenamiento, haciendo necesaria la implementación de tanques en los sistemas que están conectados directamente a la línea de conducción de Ojo de Agua.

En todas las estimaciones se prevé que se tomen acciones para reducir el porcentaje de agua no controlada en ambos subsistemas, esto implica que será necesaria la implementación de instalación de macromedidores en todas las fuentes de producción, así como a la salida de tanques de almacenamiento, se debe evitar la instalación de servicios fijos, y se debe contar con planes de mantenimiento de redes, en los cuales se programe las sustituciones de tuberías en el caso que la región considere necesarios.



Índice

1.- Introducción.....	1
1.1.- Antecedentes.....	1
1.2.- Situación actual del sistema.....	2
1.3.- Descripción del sistema actual.....	5
2.- Caudal de diseño.....	10
2.1.- Estimación de la población futura.....	10
2.2.- Calculo de la dotación.....	18
2.3.- Estimación de la demanda.....	21
2.4.- Almacenamiento.....	24
3.- Alternativas de abastecimiento.....	26
3.1.- Restituir tubería de conducción de Ojo de Agua.....	26
3.2.- Captación y tratamiento aguas del río Jesús María.....	28
3.3.- Abastecimiento desde pozos en la margen izquierda del río Barranca.....	36
3.4.- Ampliación campo de pozos.....	40
4.- Opción elegida.....	41
4.1.- Restituir tubería de conducción de Ojo de Agua.....	41
4.2.- Captación y tratamiento aguas del río Jesús María.....	41
4.3.- Abastecimiento desde pozos en la margen izquierda del río Barranca.....	42
4.4.- Ampliación campo de pozos.....	47
5.- Conclusiones.....	48
6.- Bibliografía.....	51
7.- Anexos.....	52

ANÁLISIS HIDRÁULICO DE LAS ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO AGUA POTABLE SECTOR OROTINA-CALDERA

1.- Introducción

Se analizan hidráulicamente cuatro opciones propuestas para rehabilitar una sección de la tubería de conducción Ojo de Agua-Puntarenas, la cual salió de operación por la construcción de la Autopista Ciudad Colón-Orotina. Las alternativas para abastecer el sector afectado entre Orotina y Caldera son propuestas en el informe ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO AGUA POTABLE SECTOR OROTINA-CALDERA fechado en diciembre de 2009, las cuales se enumeran a continuación.

- 1- Restituir tubería de conducción de Ojo de Agua.
- 2- Captación y tratamiento aguas del río Jesús María.
- 3- Abastecimiento desde Planta Potabilizadora de Barranca.
- 4- Ampliación campo de pozos.

1.1.- Antecedentes.

En los años 2004 y 2005 se analizaron dos alternativas operativas para rehabilitar un tramo de la tubería de conducción Ojo de Agua-Puntarenas (entre Coyolar de Orotina y Barranca de Puntarenas). Estas se desarrollan en el Informe: ANÁLISIS ALTERNATIVAS OPERATIVAS TRAMO BARRANCA-COYOLAR con fecha de marzo 2005. Las fuentes de abastecimiento en este estudio combinarían la Planta de Tratamiento de Agua Potable de Barranca (PTAP Barranca) y una serie de pozos a lo largo de la conducción en la primera alternativa y únicamente pozos en la segunda alternativa, estas alternativas operativas se describen a continuación.

La primera alternativa (opción operativa A) consiste en crear tres subsistemas de abastecimiento, los cuales son: Coyolar-Ceiba, Ceiba-Río Jesús María y Río Jesús María-

Barranca. Los dos primeros subsistemas se abastecerían de pozos y el último (Jesús María-Barranca) a partir de una estación de rebombeo (búster) de la PTAP Barranca. La opción operativa B consiste en interconectar varios pozos en serie al tramo Coyolar-Barranca de la línea de conducción Ojo de Agua.

En octubre de 2004, se analiza hidráulicamente la opción de tomar el agua de la PTAP Barranca para abastecer el tramo Jesús María-Barranca en el informe: ANÁLISIS HIDRÁULICO DERIVACIÓN PLANTA AGUA POTABLE BARRANCA-MELONES. Este informe concluye que: *“...es totalmente factible suministrar agua potable a partir de una derivación de la tubería de distribución de la Planta de Agua Potable de Barranca en Puntarenas mediante un rebombeo...”*. El cuerpo principal del informe no se especifica el caudal a sustraer de la PTAP Barranca, es por esto que se toma un caudal de diseño de 45.1 L/s de los anexos (Archivos salida WaterCAD). El caudal que reportó hasta septiembre de 2007 la naciente de Ojo de Agua fue de 62.0 L/s

1.2.- Situación actual del sistema.

En estos mismos informes se mencionan las comunidades que se abastecen a partir de la línea de conducción, las cuales se detallan según aparecen sobre la conducción desde Orotina hasta Barranca (de este a oeste), que a su vez se dividen por subsistemas:

Tabla 1.1. Comunidades abastecidas por subsistemas operativos.

Subsistema	Comunidades
Orotina-Río Jesús María	Mastate, Coyolar, Limonal, San Jerónimo, Ceiba, Hidalgo, Cascajal, Kilómetro 81, Uvita e industria Pujol
Río Jesús María-Caldera	Cambalache, Muelle Caldera, Mata de Limón, Cascabela y Artieda (Chumical)

Fuente: AyA, 2004

Además de estas comunidades, hay que agregar los poblados de Mastate, Tivives y Caldera (el primero en el tramo Orotina-Río Jesús María y los dos últimos en el tramo Río Jesús María-Caldera). De acuerdo con la división política del país, estas comunidades se

encuentran en los cantones de Orotina provincia de Alajuela (distritos Mastate, Coyolar y Ceiba) y de Esparza provincia de Puntarenas (distritos San Juan Grande y Espíritu Santo).

Tabla 1.2. Comunidades abastecidas por distritos políticos.

Distrito político	Comunidades
Mastate	Mastate
Coyolar	Coyolar, Limonal y San Jerónimo
Ceiba	Ceiba, Hidalgo, Cascajal, Kilómetro 81, Uvita y Pujol
San Juan Grande	Cambalache, Muelle Caldera, Cascabela y Tivives
Espíritu Santo	Artieda y Caldera

Fuente: AyA, 2004

Además de estas dos divisiones (hidráulica y política), el sistema comercial del Instituto (OPEN SGC) maneja otra división, según la cual, los distritos comerciales atendidos por la línea de conducción de Ojo de Agua se describe a continuación. En este caso todos los sectores corresponden al mismo sistema hidráulico (Arias, 2010).

Tabla 1.3. Comunidades abastecidas por distritos comerciales.

Distrito comercial	Comunidades
Orotina	Coyolar y Mastate
Limonal	Limonal y San Jerónimo
Tivives	Tivives
Cascajal	Hidalgo, Cascajal, Kilómetro 81, Uvita y Pujol
Ceiba	Ceiba
Mata de Limón	Cambalache, Muelle Caldera, Caldera, Mata de Limón, Salinas, Cascabela y Artieda.

Fuente: AyA, 2004

En la figura 1.1 se presenta un diagrama de la línea de conducción Ojo de Agua-Puntarenas, en este se incluyen las comunidades abastecidas, los pozos que alimentan el sistema y algunos puntos de medición de caudal utilizados en trabajos anteriores.

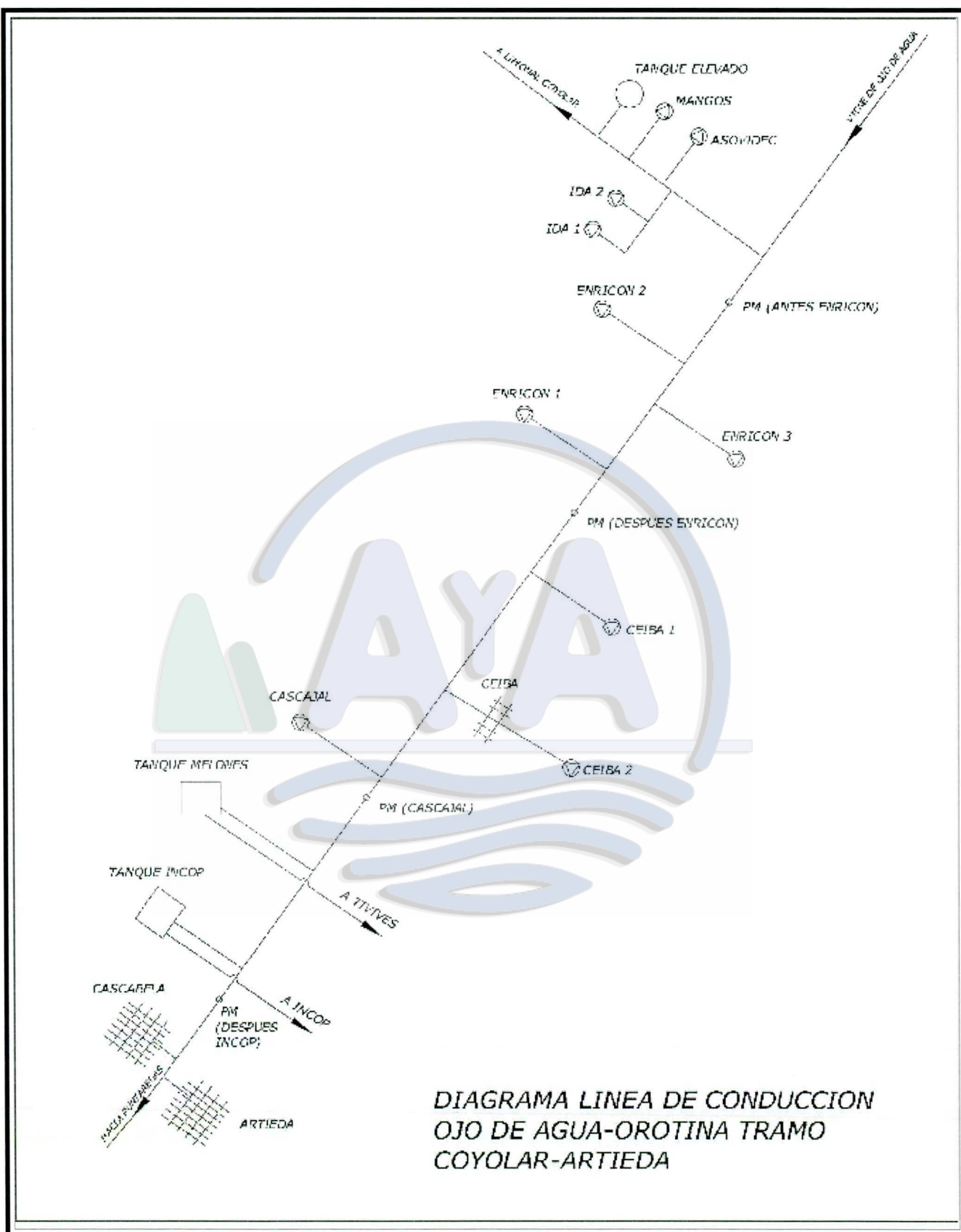


Figura 1.1. Diagrama tramo bajo línea de conducción Ojo de Agua-Puntarenas
Fuente: los autores, 2010.

1.3.- Descripción del sistema actual

A continuación se realiza una descripción de la producción y el consumo en el sistema de abastecimiento. Respecto a la producción, el sistema actual cuenta con una serie de pozos que en algunos casos se conectan directamente a la línea de conducción, y en otros abastece primero algún poblado, y el excedente se suma al caudal de la línea de conducción. La información de la producción se resume en la tabla 1.4.

Tabla 1.4. Producción de los pozos a lo largo de la conducción Línea de Ojo de Agua-Caldera para el año 2009

Fuente de producción	Caudal promedio mensual (L/s)	Caudal máximo mensual (L/s)	Mes de caudal máximo.	Caudal mínimo mensual (L/s)	Mes de caudal mínimo	Caudal recomendado de explotación (L/s) (1)
Pozo Coyolar N° 1 (IDA N°1)	6.66	7.31	Enero	5.37	Diciembre	10.71
Pozo Coyolar N° 2	5.15	5.45	Marzo	4.17	Diciembre	5.40
Pozo Coyolar N° 3 (IDA N°2)	FO	FO	FO	FO	FO	7.53
Pozo Cascajal	10.08	12.03	Abril	7.49	Diciembre	15.00
Pozo Ceiba N° 1	1.84	8.17	Noviembre	0.98	Octubre	3.79
Pozo Ceiba N° 2	8.15	10.03	Enero	5.83	Abril	16.11
Pozo Quintas N° 1 (Coyolar N° 6)	6.36	7.67	Enero	6.08	Octubre	12.86
Pozo Quintas N° 2 (Coyolar N° 5)	8.21	9.39	Abril	4.67	Noviembre	22.94
Pozo Quintas N° 3 (Coyolar N° 7)	5.47	6.25	Enero	4.99	Diciembre	10.34
Pozo Villa Nueva	FO	FO	FO	FO	FO	ND
Pozo INCOP N° 1	0.03	0.37	Diciembre	0.00	FO	ND
Pozo INCOP N° 2	0.04	0.49	Diciembre	0.00	FO	ND
Asovideco	2.63	5.88	Febrero	0.07	Noviembre	ND
Total	54.62	61.42	Febrero	44.26	Diciembre	104.34

Fuente: Dirección Región Pacífico Central, 2009.

FO: Fuera de operación

ND: No hay datos

(1): AyA, 2004

Los pozos Coyolar N°3 y Villa Nueva estuvieron fuera de operación a lo largo de todo el año 2009, los pozos denominados INCOP registran caudal a partir del mes de diciembre de 2009. Cabe resaltar que el total de caudales máximo y mínimo no corresponde a la suma de caudales máximos y mínimos, sino al caudal del mes en el que

se registra los caudales máximos y mínimos.

Al comparar los caudales promedio mensuales (columna 2 tabla 1.4) contra el caudal recomendado de explotación que se presenta en el informe del 2005 (columna 7 tabla 1.4) se evidencia que la producción actual está por debajo de lo estimado hace 5 años. Así mismo la Región Pacífico Central señala que la producción de los pozos que se encuentran conectados a la conducción Línea de Ojo de Agua ha disminuido en los últimos años. Esto se verifica con la producción reportada por la oficina Cantonal de San Mateo, encargada de la operación y mantenimiento de los pozos en cuestión.

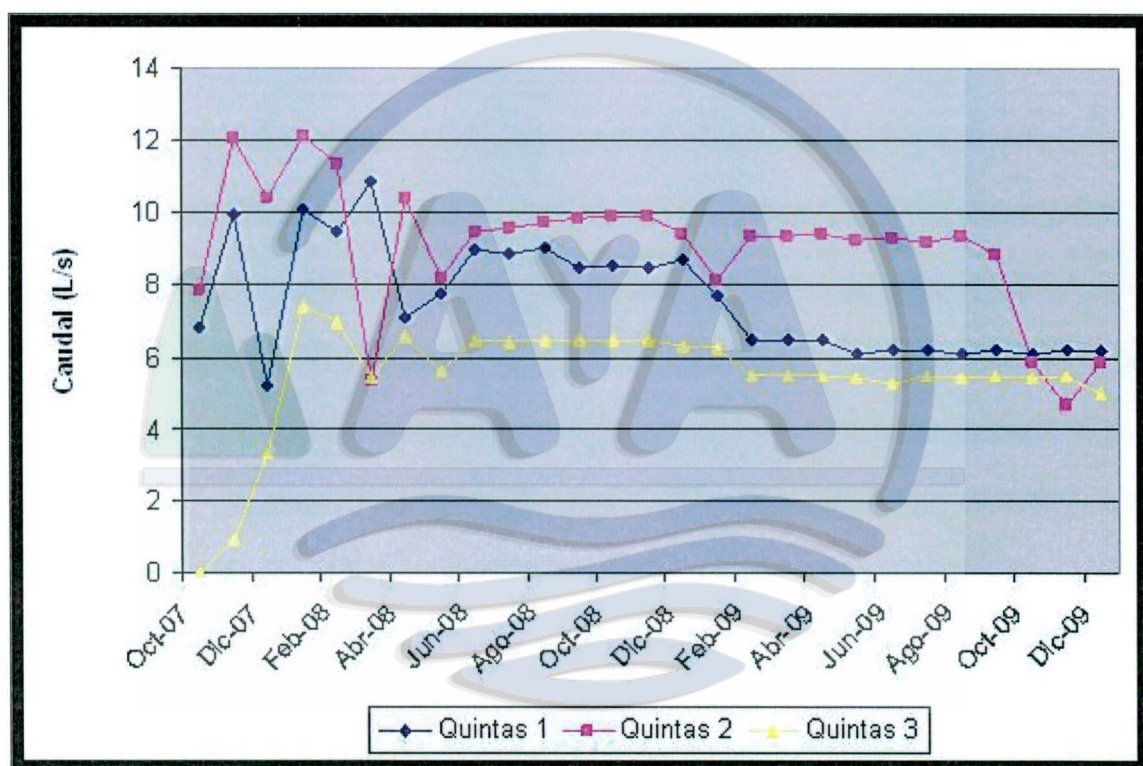


Gráfico 1.1. Producción para los pozos Quintas 1, 2 y 3, en L/s

Fuente: Dirección Región Pacífico Central, 2010.

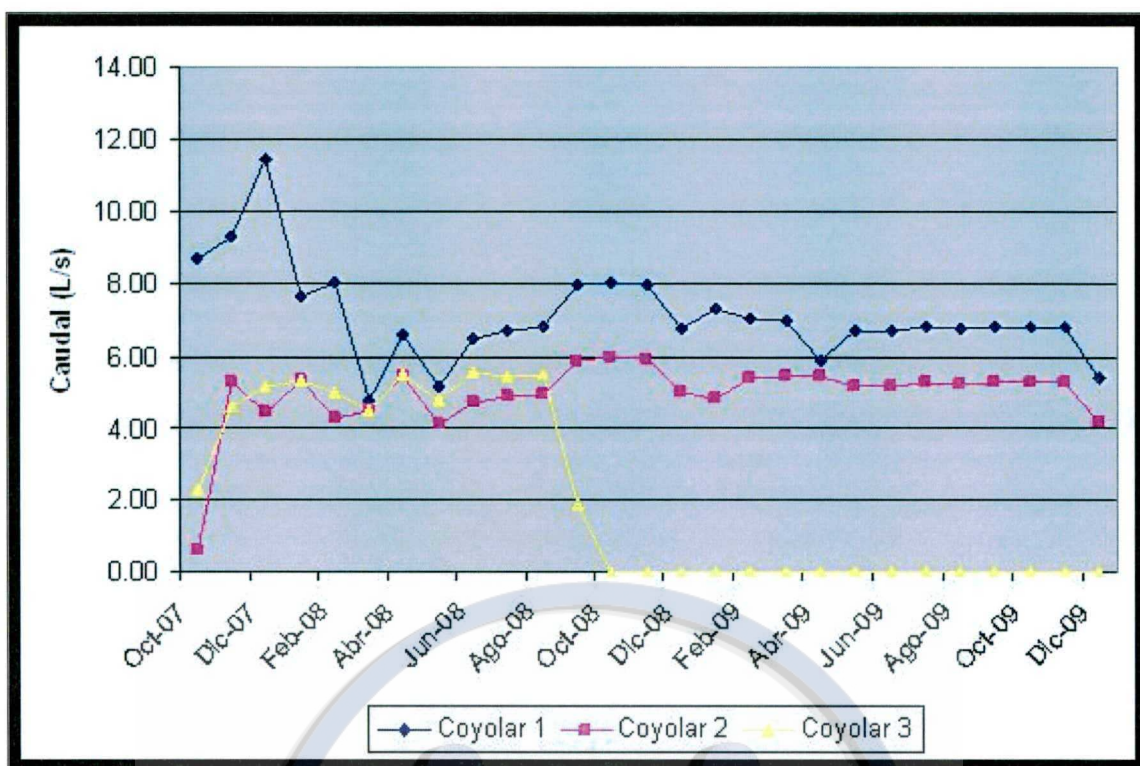


Gráfico 1.2. Producción para los pozos Coyolar 1, 2 y 3, en L/s

Fuente: Dirección Región Pacífico Central, 2009.

En los gráficos 1.1 y 1.2 se presenta la producción mensual de los pozos Quintas y Coyolares respectivamente. El comportamiento descrito anteriormente se observa mejor en el gráfico 1.1, en los pozos Quintas 1, Quintas 2 y Quintas 3, donde, entre los meses de junio y diciembre del 2008 se reporta un caudal casi constante, el cual disminuye y se mantiene durante el año 2009, volviendo a disminuir a finales del año 2009. Un comportamiento similar se observa en los pozos denominados Coyolar.

El consumo se obtiene del programa OPEN SGC, en el cual se lleva un registro de los volúmenes facturados por el instituto. Como se menciona en el apartado 1.2, la línea de conducción Ojo de Agua, abastece 6 distritos comerciales desde los poblados de Mastate de Orotina hasta Artieda de Esparza, todos contenidos en el Cantón Comercial de Esparza. El Muelle de Caldera también se abastece de esta línea de conducción, pero el registro del consumo lo maneja el Cantón Comercial de Puntarenas, es por esto que se debe hacer esa ligera corrección. El consumo total, el consumo domiciliar y el consumo no domiciliar, así como el número de servicios y el consumo medido por servicio (CMS) se

presenta en las tablas 1.5, 1.6 y 1.7.

En la tabla 1.6 se presentan los consumos no domiciliarios para el año 2009, se observan CMS no domiciliarios muy altos para los distritos comerciales de Cascajal, Muelle Caldera y Mata de Limón, los primeros dos superan los 1200 m³/mes/servicio, mientras que para Mata de Limón, este es ligeramente superior a los 130 m³/mes/servicio. En Cascajal, este consumo no domiciliar está asociado al grupo industrial Pujol, mientras que el Muelle Caldera corresponde exclusivamente a la venta de agua a los barcos, y el consumo no domiciliar de Mata de Limón puede estar asociado al resto de servicios del Muelle Caldera (Soda, cargadores, entre otros) y algunos restaurantes de la zona del Estero.

Es importante resaltar que el grupo industrial Pujol presentó un consumo promedio para el año 2009 de 11 690 m³/mes, aproximadamente 4.5 L/s en promedio. El mes de mayor consumo fue diciembre, con 16 582 m³/mes (aprox. 6.2 L/s), un 31% del consumo facturado de toda la zona en ese mes (20.15 L/s).

Tabla 1.5. Consumo domiciliar en los 6 distritos comerciales abastecidos y Muelle Caldera para el año 2009.

	Consumo (m ³ /mes)	Número Servicios	CMS (m ³ /serv./mes)
Mata de Limón	16 245	692	23.47
Cascajal	2 567	95	27.02
Ceiba	2 090	93	22.56
Orotina	4 628	219	21.12
Tivives	4 766	213	22.34
Limonar	5 613	242	23.17
Muelle Caldera			
Total	35 910	1 555	23.10

Fuente: Informe IBN37 OPEN SGC, 2010.

Tabla 1.6. Consumo no domiciliar en los 6 distritos comerciales abastecidos y Muelle Caldera para el año 2009.

	Consumo (m ³ /mes)	Número Servicios	CMS (m ³ /serv./mes)
Mata de Limón	9 248	69	134.68
Cascajal	11 796	8	1 444.40
Ceiba	109	8	14.59
Orotina	137	4	36.42
Tivives	5	1	4.83
Limonar	320	7	43.63
Muelle Caldera	1 285	1	1 285.08
Total	22 900	97	235.07

Fuente: Informe IBN37 OPEN SGC.

Tabla 1.7. Consumo total (domiciliar y no domiciliar) en los 6 distritos comerciales abastecidos y Muelle Caldera para el año 2009.

	Consumo (m ³ /mes)	Número Servicios	CMS (m ³ /serv./mes)
Mata de Limón	25 493	761	33.50
Cascajal	14 363	103	139.22
Ceiba	2 200	100	21.96
Orotina	4 765	223	21.38
Tivives	4 771	214	22.26
Limonar	5 933	250	23.77
Muelle Caldera	1 285	1	1 285.08
Total	58 809	1 652	35.60

Fuente: Informe IBN37 OPEN SGC.

En resumen, con una producción promedio mensual de 143 379 m³ y un consumo promedio mensual total de 58 809 m³ se tiene un porcentaje de Agua No Controlada (%ANC) de 58.98 %. Este valor es muy alto, inclusive para el %ANC del país que ronda el 50 %.

2.- Caudal de diseño

Para calcular el caudal de diseño es necesario estimar la población que será abastecida por el sistema de distribución de agua potable, así como la dotación para un periodo de diseño de 25 años (año 2035).

2.1.- Estimación de la población futura

La población se estima a partir del número de servicios anuales. Este valor medio anual corresponde a la mediana anual (posición central del conjunto de datos mensuales para el año en cuestión) del número de servicios desde el año 2005 hasta el 2009. El cantón comercial de San Mateo no tiene servicios fijos, por lo que el número de servicios medidos es igual al número de servicios totales, por lo que se estima la población a partir del número de servicios medidos.

Tabla 2.1. Mediana anual del número de servicios para los 6 distritos comerciales

Distrito Comercial	2005	2006	2007	2008	2009
Mata de Limón	636	649	674	681	695
Cascajal	84	86	85	90	96
Ceiba	96	88	91	92	93
Orotina	186	190	205	210	220
Tivives	206	208	212	212	214
Limal	216	220	227	238	243
Total	1 423	1 440	1 493	1 522	1 560

Fuente: Informe IBN37 OPEN SGC

El factor de hacinamiento se obtiene del censo V Censo Nacional de Vivienda (INEC, 2002), el cual es de 3.9 habitantes por vivienda para los distritos de Mastate, Coyolar y Ceiba en el Cantón de Orotina y de 3.8 para el distrito de Espíritu Santo y 3.9 para el distrito de San Juan Grande en el Cantón de Esparza. Se toma un factor de hacinamiento de 3.9 hab./serv. para todos los distritos por igual. El número de servicios para los 6 distritos comerciales y la población calculada a partir de estos se presentan en la tabla 2.1 y 2.2.

Tabla 2.2. Población calculada a partir del número de servicios (FH = 3.9).

Distrito Comercial	2005	2006	2007	2008	2009
Mata de Limón	2 478	2 529	2 627	2 656	2 709
Cascajal	328	335	332	349	374
Ceiba	374	343	355	359	363
Orotina	725	741	798	817	856
Tivives	801	809	825	827	835
Limonar	842	858	885	928	946
Total	5 550	5 616	5 821	5 936	6 082

Fuente: Los autores

Para estimar la población futura se utiliza el método lineal y geométrico. Para el método geométrico se utiliza una tasa de crecimiento de 3.5 según las normas de diseño del AyA (AyA, 2001) La población calculada se presenta en la tabla 2.3 y gráfico 2.1 para la proyecciones lineales y en la tabla 2.4 y gráfico 2.2 para las proyecciones geométricas.

Tabla 2.3. Proyecciones lineales de la población para los distritos comerciales.

Distrito Comercial	2015	2020	2025	2030	2035
Mata de Limón	3 069	3 362	3 654	3 947	4 239
Cascajal	431	486	541	595	650
Ceiba	386	406	425	445	464
Orotina	1 063	1 235	1 406	1 578	1 750
Tivives	883	922	961	1 000	1 039
Limonar	1 117	1 257	1 398	1 538	1 679
Total	6 950	7 667	8 385	9 103	9 820

Fuente: Los autores

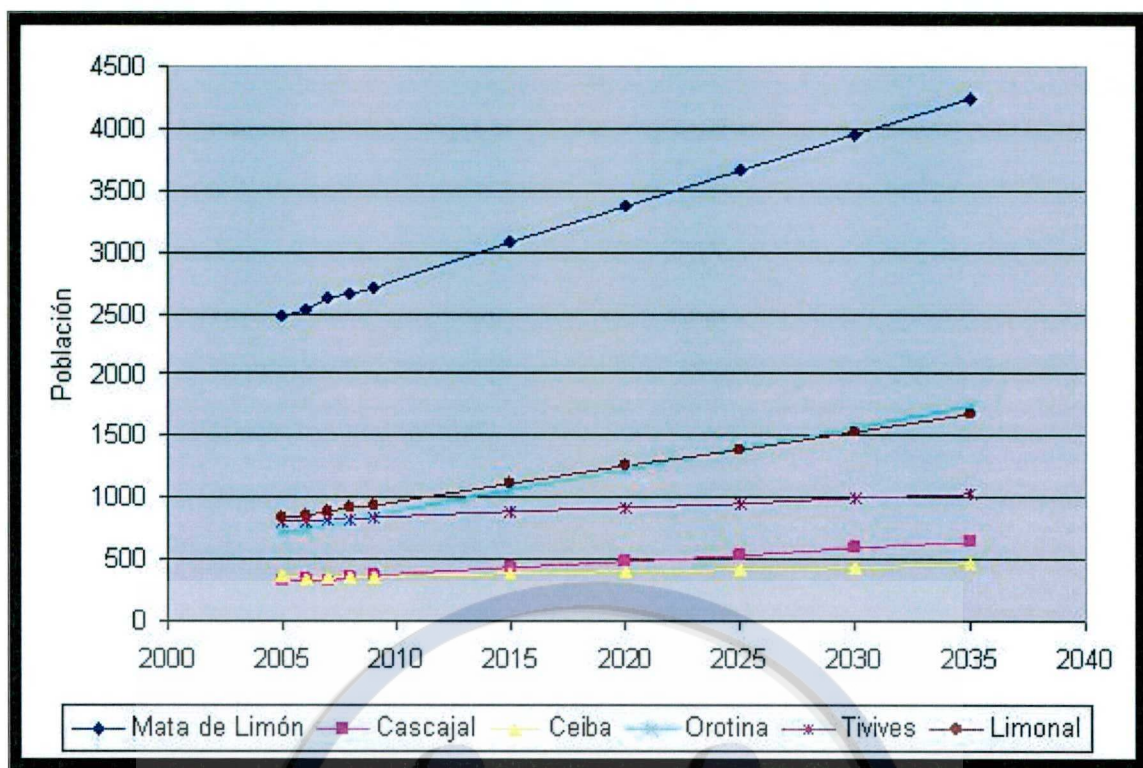


Gráfico 2.1. Proyecciones lineales para los 6 distritos comerciales

Fuente: Los autores

Tabla 2.4. Proyecciones geométricas de la población para los distritos comerciales.

Distrito Comercial	2015	2020	2025	2030	2035
Mata de Limón	3 329	3 954	4 697	5 578	6 625
Cascajal	460	547	649	771	916
Ceiba	446	530	629	747	887
Orotina	1 052	1 250	1 484	1 763	2 094
Tivives	1 026	1 218	1 447	1 719	2 041
Limonal	1 163	1 381	1 640	1 948	2 313
Total	7 476	8 880	10 546	12 526	14 876

Fuente: Los autores

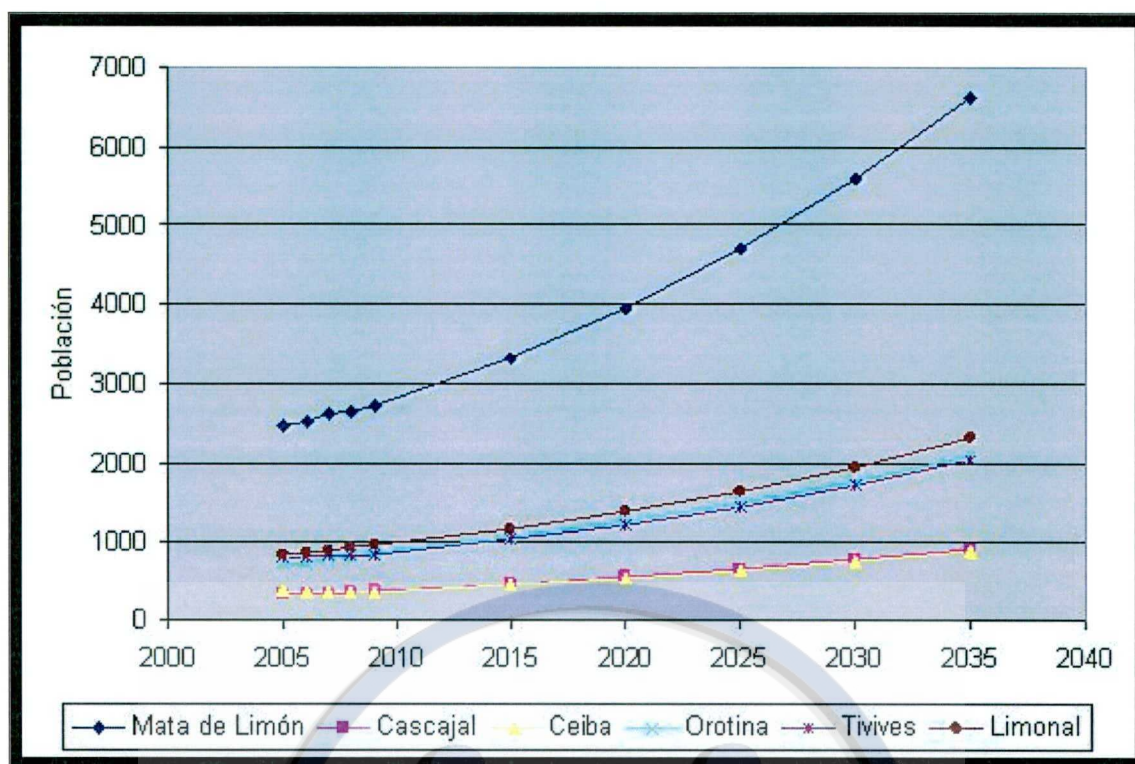


Gráfico 2.2. Proyecciones geométricas para los 6 distritos comerciales.

Fuente: Los autores

Una alternativa para el abastecimiento de las poblaciones ubicadas a lo largo de la línea de conducción consiste en separar el sistema en dos subsistemas, uno corresponde al tramo Coyolar-Río Jesús María y el otro al tramo río Jesús María-Barranca. Todas las comunidades que se encuentran en el primer tramo corresponden al cantón político de Orotina, y comprenden los distritos comerciales de Orotina, Limonal, Cascajal y Ceiba. El segundo tramo corresponde al cantón político de Esparza, con los distritos comerciales de Tivives y Mata de Limón. Se estima población para cada uno de los subsistemas.

Tabla 2.5. Proyecciones lineales y geométricas de la población para los dos subsistemas.

Proyección	Subsistema	2015	2020	2025	2030	2035
Lineal	Río Jesús María-Barranca	3 952	4 284	4 615	4 947	5 278
	Coyolar-Río Jesús María	2 998	3 384	3 770	4 156	4 542
Geométrico	Río Jesús María-Barranca	4 355	5 173	6 144	7 297	8 666
	Coyolar-Río Jesús María	3 121	3 707	4 402	5 229	6 210

Fuente: Los autores

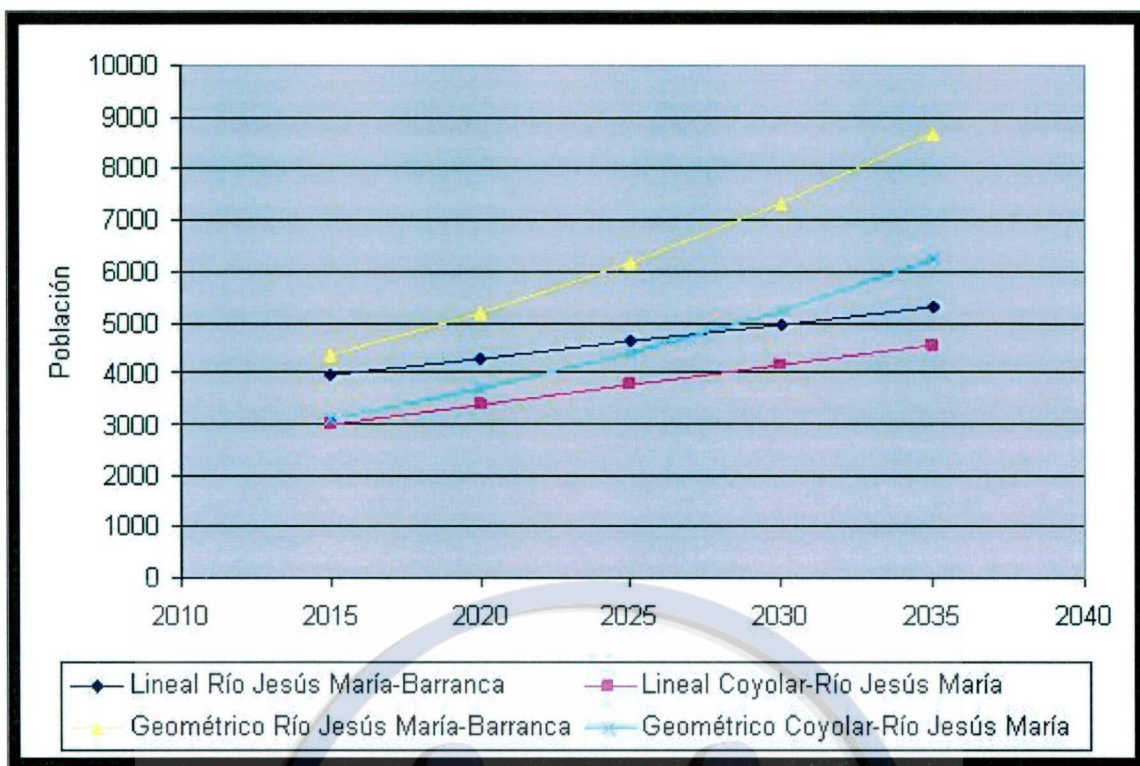


Gráfico 2.3. Proyecciones lineales y geométricas para los 2 subsistemas.

Fuente: Los autores

Se seleccionan las proyecciones geométricas para estimar los caudales de los dos subsistemas, debido a que con la apertura de la nueva carretera Ciudad Colón-Caldera, se espera un incremento sustancial en la población de este sector de país. Finalmente se espera para el año 2035 tener aproximadamente de 6 200 habitantes para el subsistema Coyolar-Río Jesús María y 8 600 habitantes para el subsistema Río Jesús María-Barranca en base al número de servicios existentes.

Debido a que en la zona existen actualmente problemas de escasez de agua, la disponibilidad de nuevos servicios esta restringido, por lo tanto es probable que el crecimiento del número de servicios no refleje el verdadero crecimiento de la zona. Por este motivo, se comparan las estimaciones de la población basadas en el número de servicios con las estimaciones del Centro Centroamericano de Población (CCP) y las proyecciones lineales y geométricas para los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), así mismo se revisan las disponibilidades de agua de los últimos años (a partir del 2007) para estimar el número de servicios solicitados a la fecha.

Para la proyección de la población geométrica se utiliza una tasa de crecimiento de 3.5%. Las proyecciones del CCP se presentan en la tabla 2.6 y el gráfico 2.4.

Tabla 2.6. Estimaciones y proyecciones de población del CCP. 1970-2030

Año	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030
Mastate	918	1 002	1 232	1 675	1 969	2 081	2 229
Coyolar	989	1 041	1 730	3 750	6 829	8 966	10 114
Ceiba	769	1 014	1 293	1 559	1 551	1 473	1 540
Espíritu Santo	6 018	9 087	12 425	16 328	17 999	18 660	19 819
San Juan Grande	1 524	1 534	2 090	3 548	5 191	6 061	6 648

Fuente: CCP, 2010

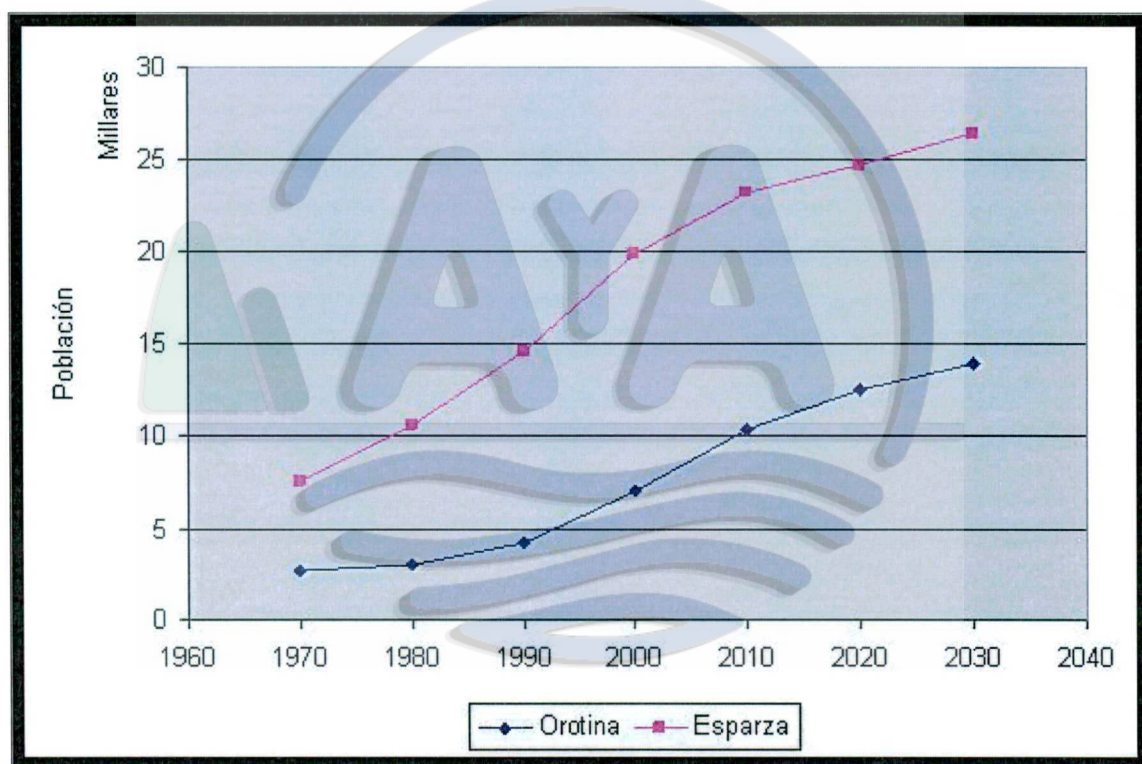


Gráfico 2.4. Estimaciones y proyecciones para los cantones de Orotina y Esparza.

Fuente: CCP

Se utiliza la información de los distritos de Mastate, Coyolar y Ceiba para el cantón de Orotina y los distritos de Espíritu Santo, San Juan Grande y San Jerónimo para el cantón de Esparza. A pesar que ninguna población del distrito de San Jerónimo de Esparza se abastece de esta línea de conducción, se utiliza para estimar la población de los distritos de Esparza, debido a que para el censo del INEC de 1984 parece indicar que

las poblaciones de los distritos de Espíritu Santo y San Jerónimo están mezclados, esto se aprecia en la tabla 2.7. Las proyecciones basadas en los datos del INEC se presentan en las tablas 2.7 y en el gráfico 2.4.

Tabla 2.7. Población para los censos de 1973, 1984 y 2000 del INEC.

Cantón	Distrito	1973	1984	2000
Orotina	Mastate	917	1 019	1 624
	Coyolar	946	1 161	3 636
	Ceiba	812	1 047	1 510
Esparza	Espíritu Santo	6 686	1 579	15 842
	San Juan Grande	1 465	1 947	3 437
	San Jerónimo	828	8 295	773

Fuente: INEC, 2002

Tabla 2.8. Proyecciones lineales y geométricas de la población para los cantones de Orotina y Esparza.

Proyección	Cantón	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Lineal	Orotina	8 984	10 092	11 199	12 306	13 413	14 520
	Esparza	25 196	27 769	30 341	32 913	35 485	38 057
Geométrico	Orotina	9 550	11 342	13 471	15 999	19 002	22 568
	Esparza	28 285	33 594	39 899	47 388	56 282	66 845

Fuente: Los autores

Por último, se grafican las proyecciones del CCP y del INEC, junto con las proyecciones realizadas a partir del número de servicios, graficando estas ultimas en el eje secundario (eje de la derecha), con el objetivo de poder comparar las tendencias de estas estimaciones en la misma escala.

CEDO AyA

5289

Ficha: 7623

AyA
CENTRO DE DOCUMENTACION

11 AGO 2019

N° INSC 0010761

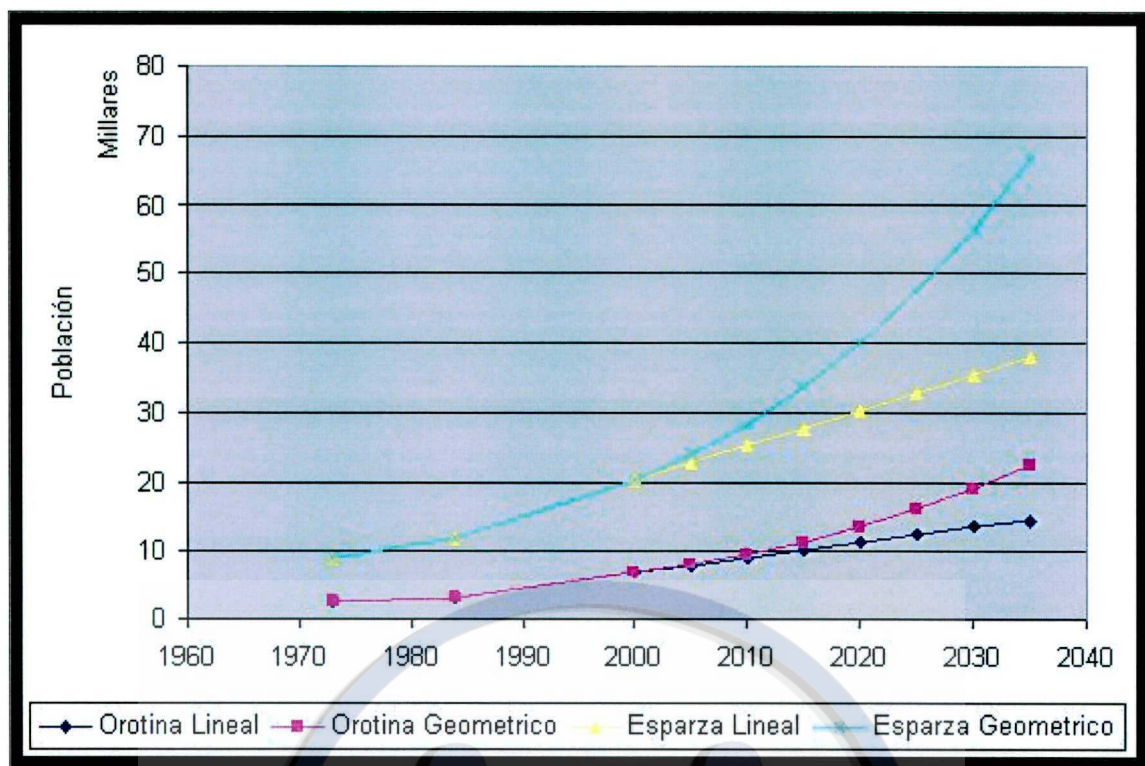


Gráfico 2.5. Proyecciones lineales y geométricas para los cantones de Orotina y Esparza basadas en los datos de los censos del INEC.

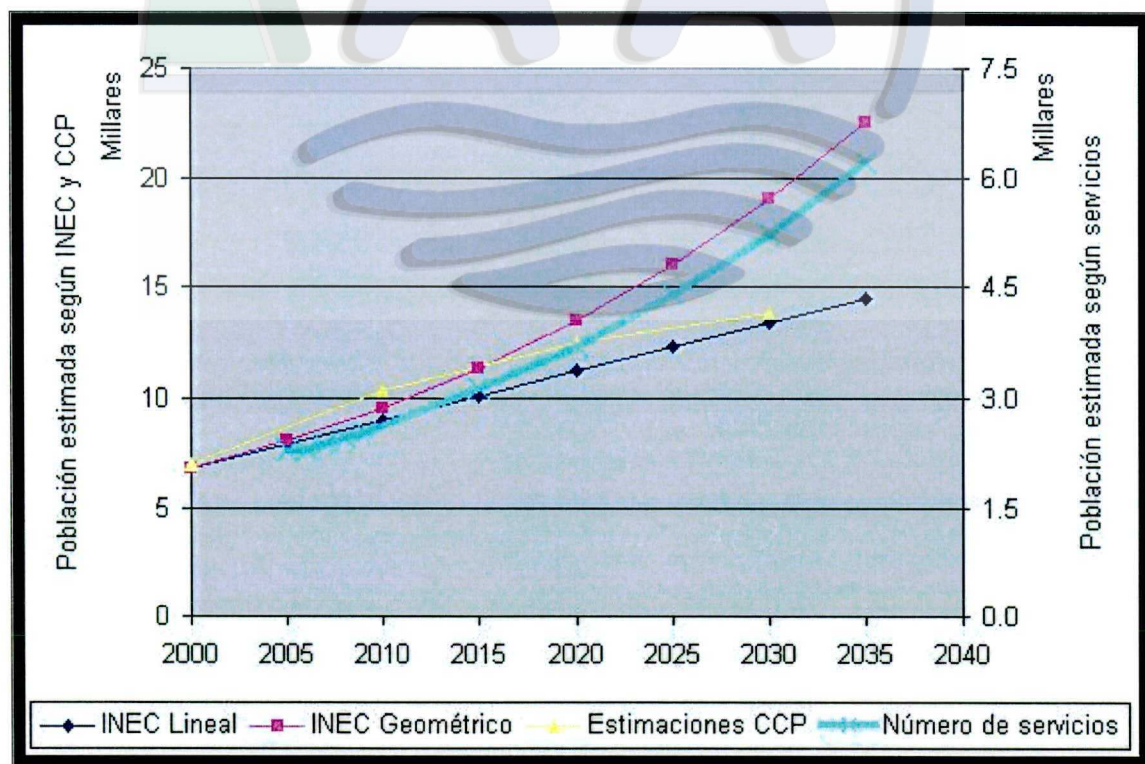


Gráfico 2.6. Proyecciones para el subsistema Coyolar-Río Jesús María

Fuente: Los autores

La estimación geométrica para ambos subsistemas (línea celeste gruesa) tiene aproximadamente la misma forma que la estimación geométrica basada en los datos del INEC, como se observa en los gráficos 2.6 y 2.7. Finalmente se elige la proyección basada en el número de servicios para estimar la población futura de ambos subsistemas.

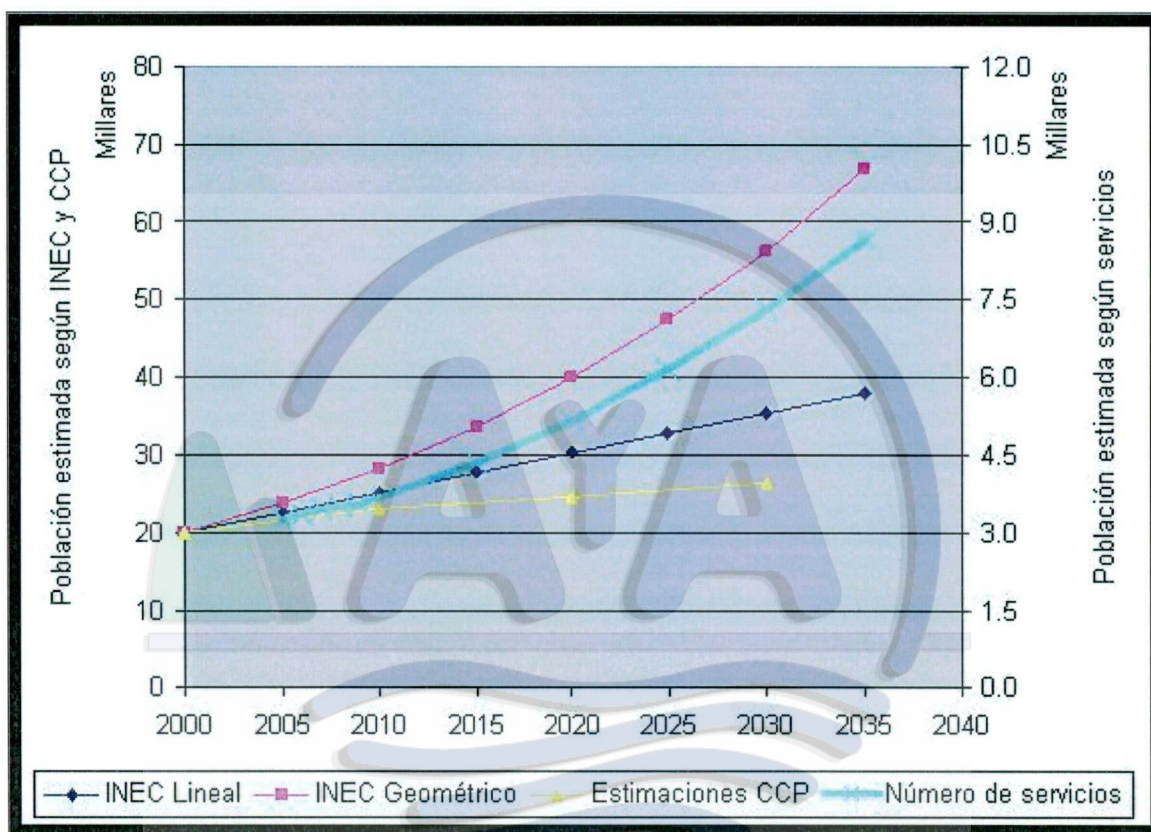


Gráfico 2.7. Proyecciones para el subsistema Río Jesús María-Barranca

Fuente: Los autores

2.2.- Cálculo de la dotación.

La dotación se compone de la suma de cuatro parámetros; la dotación domiciliar medida (D), la dotación no domiciliar medida (ND), el exceso de servicios fijos (EF) y el agua no controlada (ANC). Los datos para calcular la dotación domiciliar medida (D) y la dotación no domiciliar medida (ND) se obtienen de las tablas 1.2 y 1.3, el exceso de

servicios fijos es cero, debido a que se tiene un 100 % de micro medición y el %ANC se señala al final del apartado 1.3, el cual se estima se reduzca a lo largo del tiempo, hasta un 25 %. Se calcula la dotación para todo el sistema y el subsistema Río Jesús María-Barranca en las tablas 2.9 y 2.10 respectivamente.

Tabla 2.9. Parámetros y cálculo de la dotación para todo el sistema, en L/hab./día.

Parámetro	2009	2015	2020	2025	2030	2035
%ANC	58.98	50	40	35	30	25
D	194.29	194.29	194.29	194.29	194.29	194.29
ND	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90	123.90
EF	0	0	0	0	0	0
ANC	457.56	318.18	212.12	171.33	136.36	106.06
Dotación	775.74	636.37	530.31	489.51	454.55	424.25

Fuente: Los autores

Tabla 2.10. Cálculo de la dotación, subsistema Río Jesús María-Barranca, en L/hab./día.

Parámetro	2009	2015	2020	2025	2030	2035
%ANC	58.98	50	40	35	30	25
D	197.26	197.26	197.26	197.26	197.26	197.26
ND	112.29	112.29	112.29	112.29	112.29	112.29
EF	0	0	0	0	0	0
ANC	445.14	309.55	206.37	166.68	132.67	103.18
Dotación	754.70	619.11	515.92	476.23	442.22	412.74

Fuente: Los autores

En ambos casos se obtiene una dotación alta, mayor a 400 L/hab./día, esta se debe al consumo no domiciliario, el cual queda repartido en ambos subsistemas. Es posible concentrar los consumidores no domiciliarios más importantes (Muelle de Caldera e industrias Pujol) en el subsistema Río Jesús María-Barranca. Los parámetros para cálculo de la dotación en este par de casos se presentan en las tablas 2.11, 2.12 y 2.13.

Tabla 2.11. Cálculo de la dotación para el subsistema Coyolar-Río Jesús María excluyendo Industrias Pujol, en L/hab./día.

Parámetro	2009	2015	2020	2025	2030	2035
%ANC	58.98	50	40	35	30	25

D	195.02	195.02	195.02	195.02	195.02	195.02
ND	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80	8.80
EF	0	0	0	0	0	0
ANC	293.10	203.82	135.88	109.75	87.35	67.94
Dotación	496.92	407.64	339.70	313.57	291.17	271.76

Fuente: Los autores

Tabla 2.12. Dotación corregida para el subsistema Coyolar-Río Jesús María excluyendo Industrias Pujol, en L/hab./día.

Parámetro	2009	2015	2020	2025	2030	2035
%ANC	58.98	50	40	35	30	25
D	195.02	195.02	195.02	195.02	195.02	195.02
ND	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
EF	0	0	0	0	0	0
ANC	293.10	203.82	135.88	109.75	87.35	67.94
Dotación	508.12	418.84	350.90	324.77	302.37	282.96

Fuente: Los autores

En la tabla 2.11, la dotación no domiciliar (ND) se encuentra por debajo de lo esperado en los sistemas operados por el AyA, la cual ronda los 20 L/hab./día. Es de esperarse que con la construcción de la nueva carretera aumente el consumo no domiciliar. Conservadoramente se aumenta la dotación calculada para cada escenario en 11.20 L/hab./día. Las nuevas dotaciones se presentan en la tabla 2.12. Las dotaciones para el subsistema Río Jesús María-Barranca incluyendo Industrias Pujol se presentan en la tabla 2.13.

Tabla 2.13. Cálculo de la dotación para el subsistema Río Jesús María-Barranca incluyendo Industrias Pujol, en L/hab./día.

Parámetro	2009	2015	2020	2025	2030	2035
%ANC	58.98	50	40	35	30	25
D	193.14	193.14	193.14	193.14	193.14	193.14
ND	204.32	204.32	204.32	204.32	204.32	204.32
EF	0	0	0	0	0	0
ANC	571.57	397.47	264.98	214.02	170.34	132.49
Dotación	969.04	794.94	662.45	611.49	567.81	529.96

Fuente: Los autores

En este caso es evidente que la dotación cambia entre ambos subsistemas, debido al alto consumo no domiciliar que se concentra en el subsistema Río Jesús María-Barranca (200 L/hab./día). Para el año 2035 se tiene una dotación de aproximadamente 300 L/hab./día para el subsistema Coyolar-Río Jesús María, la cual coincide con la dotación bruta de diseño para poblaciones urbanas según las normas de diseño del AyA (AyA, 2001). En el caso del subsistema Río Jesús María-Barranca, como ya se mencionó, el consumo no domiciliar es el que infla esta dotación.

2.3.- Estimación de la demanda.

Una vez estimada la población futura y con el cálculo de la dotación se procede a estimar la demanda (caudal de diseño) de cualquiera de las alternativas a considerar. Este se presenta en las tablas 2.13, 2.14 y 2.15 y gráficos 2.8, 2.9 y 2.10 para el sistema completos, los subsistemas Coyolar-Río Jesús María (excluyendo Industrias Pujol) y Río Jesús María-Barranca (incluyendo Industrias Pujol) respectivamente.

Tabla 2.14. Demandas con y sin mejoras para el sistema completo, en L/s

Año	2009	2015	2020	2025	2030	2035
Población cubierta	6082	7476	8880	10546	12526	14876
Dotación (L/hab./día)	775.74	636.37	530.31	489.51	454.55	424.25
Demanda con mejoras (L/s)	54.61	55.07	54.50	59.75	65.90	73.05
Demanda sin mejoras (L/s)	54.61	67.13	79.73	94.69	112.46	133.57

Fuente: Los autores

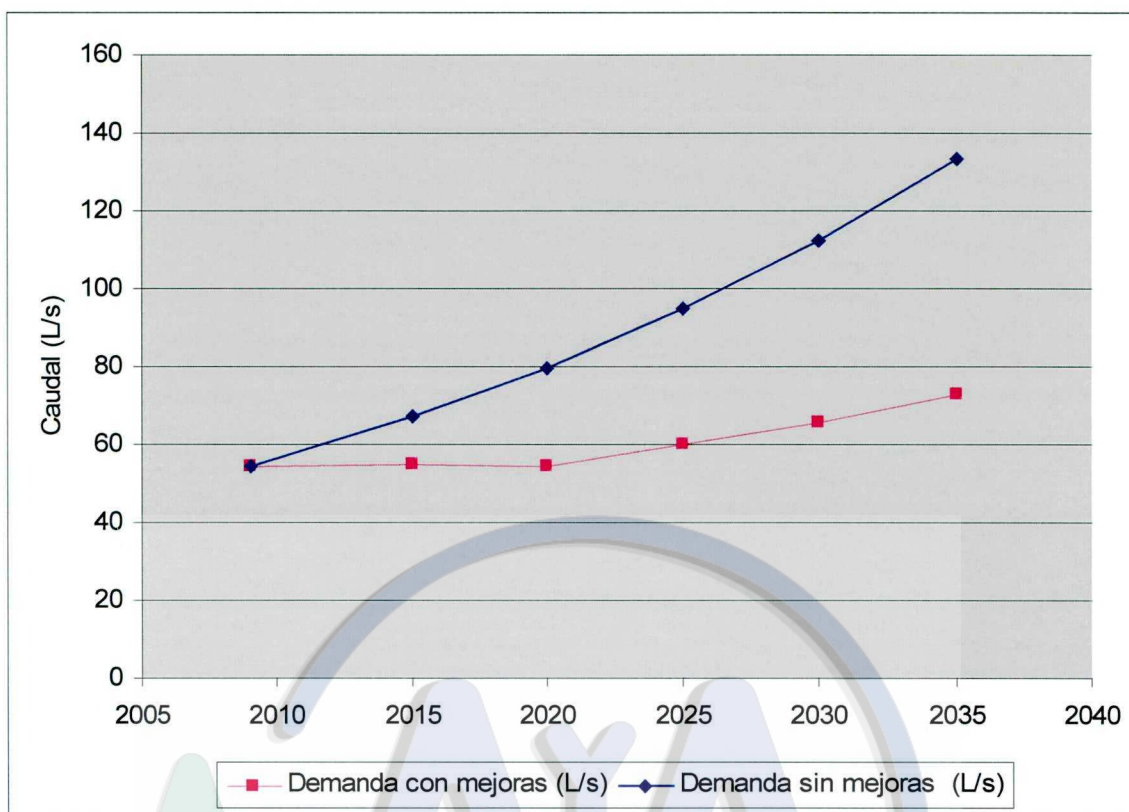


Gráfico 2.8. Caudales para el sistema de abastecimiento completo.

Fuente: Los autores.

Tabla 2.15. Demandas con y sin mejoras para el subsistema Coyolar-Río Jesús María (excluyendo Industrias Pujol), en L/s

Año	2009	2015	2020	2025	2030	2035
Población cubierta	2 539	3 121	3 707	4 402	5 229	6 210
Dotación (L/hab/día)	508.12	418.84	350.90	324.77	302.37	282.96
Demanda con mejoras (L/s)	14.93	15.13	15.06	16.55	18.30	20.34
Demanda sin mejoras (L/s)	14.93	18.35	21.80	25.89	30.75	36.52

Fuente: Los autores

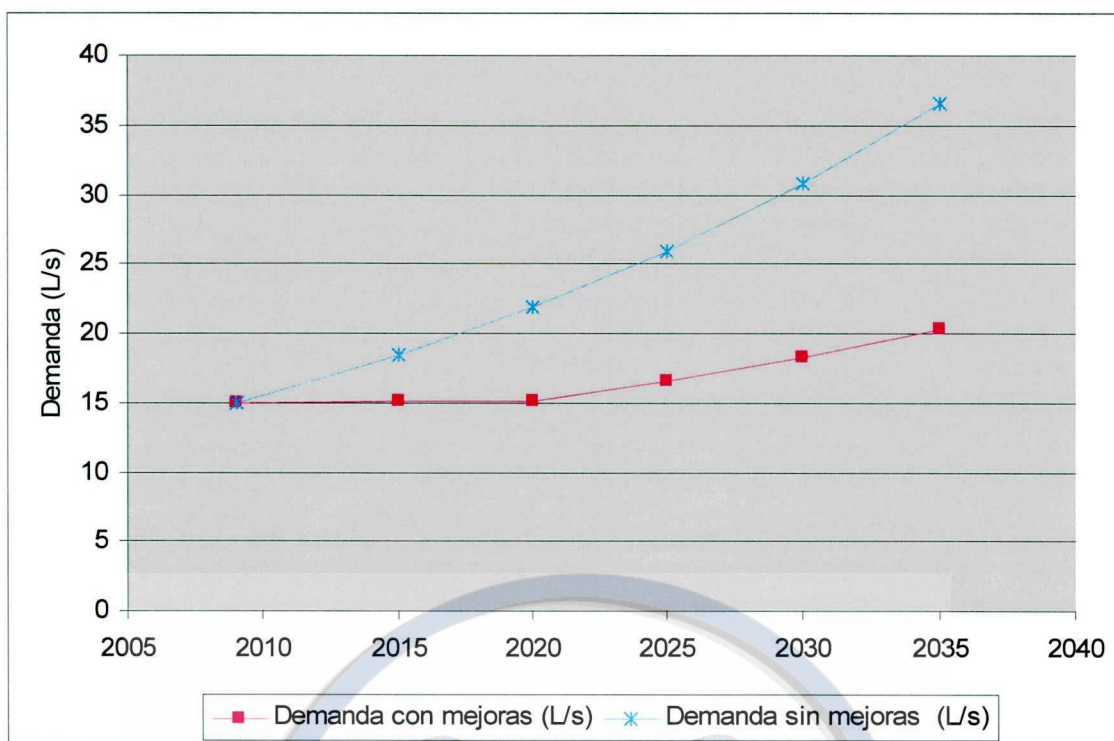


Gráfico 2.9. Caudales para el sistema de subsistema Coyolar-Río Jesús María (excluyendo Industrias Pujol).

Fuente: Los autores.

El caudal de diseño para toda la línea de conducción Ojo de Agua-Puntarenas, en el tramo Coyolar-Barranca corresponde a 73 L/s, con un %ANC del 25 % para el año 2035, si mantienen las condiciones de operación actuales, este caudal aumenta casi al doble (133 L/s). Si se consideran las opciones en que se divida el sistema en dos subsistemas, se utilizará un caudal de 20 L/s para el tramo subsistema Coyolar-Río Jesús María (excluyendo Industrias Pujol) y de 53 L/s para el subsistema Río Jesús María-Barranca (incluyendo Industrias Pujol), en ambos casos se prevé que se efectúen las mejoras para alcanzar un %ANC del 25 %.

Tabla 2.14. Demandas con y sin mejoras para el subsistema Río Jesús María-Barranca (incluyendo Industrias Pujol), en L/s.

Año	2009	2015	2020	2025	2030	2035
Población cubierta	3543	4355	5173	6144	7297	8666
Dotación (L/hab/día)	969.04	794.94	662.45	611.49	567.81	529.96
Demanda con mejoras (L/s)	39.74	40.07	39.66	43.48	47.95	53.16
Demanda sin mejoras (L/s)	39.74	48.85	58.02	68.91	81.84	97.20

Fuente: Los autores

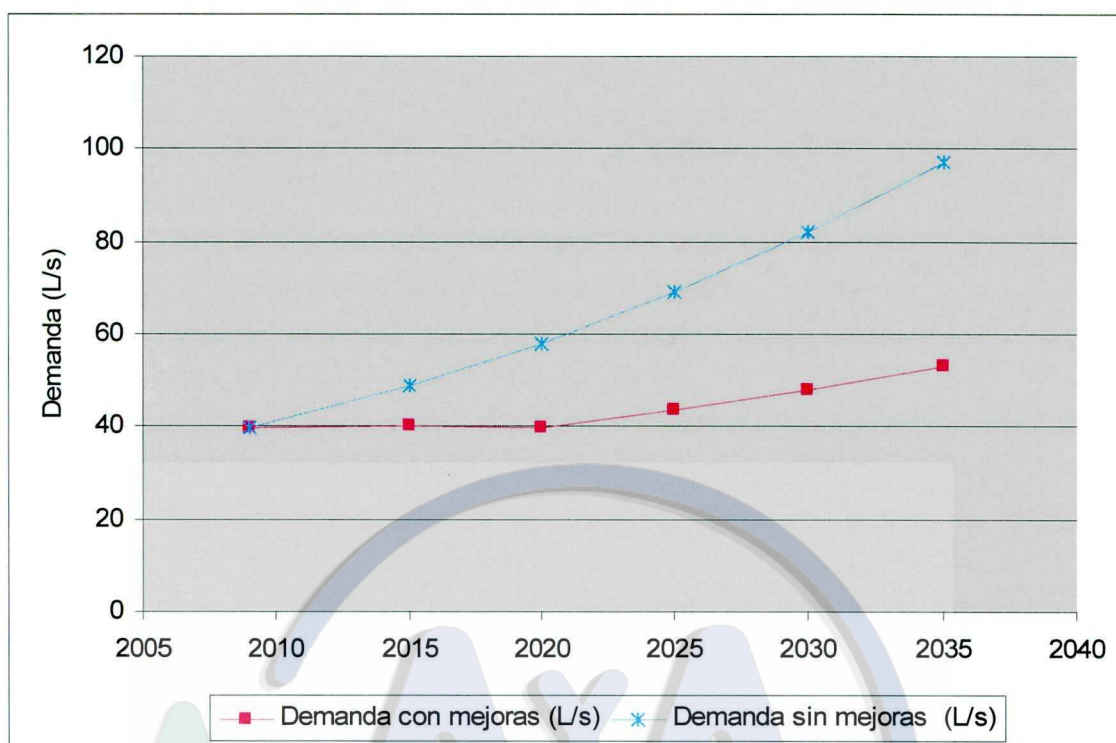


Gráfico 2.10. Caudales para el subsistema Río Jesús María-Barranca (incluyendo Industrias Pujol).

Fuente: Los autores

Con un factor de caudal máximo diario igual a 1.2, se obtiene un caudal de 88 L/s para todo el sistema, el cual corresponde 24 L/s para el subsistema Coyolar-Río Jesús María y de 64 L/s para el subsistema Río Jesús María-Barranca.

2.4.- Almacenamiento.

El volumen del almacenamiento está en función de tres parámetros, el volumen por fluctuaciones o de regulación, el volumen por emergencia y el volumen por incendios. Estos tres volúmenes están en función directa o indirecta de la población a abastecer, los volúmenes por fluctuación y emergencia se estiman a partir del caudal (indirecto) y el volumen por incendio según el número de habitantes.

En las tablas 2.15 y 2.16 se presentan los volúmenes de almacenamiento para el subsistema Coyolar-Río Jesús María con y sin mejoras, y en las tablas 2.17 y 2.18 para el subsistema Río Jesús María-Barranca con y sin mejoras. Es importante resaltar la gran diferencia en los volúmenes caso de que se efectúen o no la mejoras en la operación del sistema (reducción de ANC). El subsistema Río Jesús María-Barranca es necesaria la construcción de un tanque de almacenamiento de 1500 m³, para el subsistema Coyolar-Río Jesús María es mejor una serie de tanques para cada sistema particular.

Tabla 2.15. Almacenamiento subsistema Coyolar-Río Jesús María con mejoras, m³

Año	2009	2015	2020	2025	2030	2035
Vol. fluctuaciones (m3)	189	191	189	207	228	253
Vol. interrupciones (m3)	210	212	210	230	254	281
Vol. incendio (m3)	0	0	0	0	90	90
Volumen total (m3)	400	403	399	437	572	624

Fuente: los autores.

Tabla 2.16. Almacenamiento subsistema Coyolar-Río Jesús María sin mejoras, m³

Año	2009	2015	2020	2025	2030	2035
Vol. fluctuaciones (m3)	189	233	276	328	390	463
Vol. interrupciones (m3)	210	258	307	365	433	514
Vol. incendio (m3)	0	0	0	0	90	90
Volumen total (m3)	400	491	583	693	913	1 067

Fuente: los autores.

Tabla 2.17. Almacenamiento subsistema Río Jesús María-Barranca con mejoras, m³

Año	2009	2015	2020	2025	2030	2035
Vol. fluctuaciones (m3)	515	519	514	564	621	689
Vol. interrupciones (m3)	572	577	571	626	691	765
Vol. incendio (m3)	0	0	90	90	90	90
Volumen total (m3)	1 087	1 096	1 175	1 280	1 402	1 544

Fuente: los autores.

Tabla 2.18. Almacenamiento subsistema Río Jesús María-Barranca sin mejoras, m³

Año	2009	2015	2020	2025	2030	2035
Vol. fluctuaciones (m3)	515	633	752	893	1061	1260
Vol. interrupciones (m3)	572	703	835	992	1178	1400
Vol. incendio (m3)	0	0	90	90	90	90
Volumen total (m3)	1 087	1 337	1 677	1 975	2 329	2 749

Fuente: los autores.

3.- Alternativas de abastecimiento

Las cuatro alternativas propuestas se enumeran a continuación. Únicamente se analizan hidráulicamente las alternativas 2 y 3, debido a que en la primera alternativa se debe mantener el perfil hidráulico y en la cuarta no se cuenta con suficiente información básica. La alternativa elegida es la tercera

- 1- Restituir tubería de conducción de Ojo de Agua.
- 2- Captación y tratamiento aguas del río Jesús María.
- 3- Abastecimiento desde Planta Potabilizadora de Barranca.
- 4- Ampliación campo de pozos.

3.1.- Restituir tubería de conducción de Ojo de Agua.

Esta alternativa consiste en restituir un tramo de aproximadamente 15 km que ha sido deshabilitado por la construcción de la carretera Ciudad Colón-Caldera (sector Balsa-Orotina). El tramo afectado por la carretera abarca desde el estacionamiento 38+000 en el paso superior del Ferrocarril (4 km antes del intercambio de Escobal en sentido San José-Caldera) hasta el estacionamiento 51+300 en los tanques de almacenamiento del acueducto municipal de Orotina

La fuente Ojo de Agua, en Belén de Heredia, es el punto de origen del abastecimiento de agua potable para esta alternativa. En los reportes de producción de la Región Pacífico Central (Julio 2006 a la fecha) se maneja un caudal de 62 L/s, este caudal era medido a la altura de Escobal (Región Pacífico Central), se estima que la línea de conducción original esta diseñada para conducir alrededor de 90 L/s desde Ojo de Agua hasta Puntarenas.

Según el informe del AyA del 2009, *“colocándola (la tubería) en el derecho de vía cedido por concesión de la nueva carretera, instalándola en el espaldón o fuera de él*

cuando sea factible. No se consideró la opción presentada por los Concesionarios de instalar la tubería realizando cortes o rellenos adicionales por lo oneroso que resulta. Esta opción tiene el inconveniente de que si la vía fuera a ampliarse en un futuro, la tubería instalada podría resultar afectada, al quedar en la nueva superficie de rodamiento.”

Además de este inconveniente, se requeriría aprovechar alrededor de 88 L/s para abastecer a la población del tramo en consideración, consumiendo casi la totalidad del caudal de la fuente. Actualmente la Región Central Oeste tiene intenciones de fortalecer la parte baja del acueducto El Pasito, tomando alrededor de 30 L/s a la altura del poblado de Ciruelas. Así mismo, la Región Metropolitana esta interesada en contar con la totalidad de este caudal.

En el caso de restituir la tubería de conducción, es necesario solo mantener el mismo perfil hidráulico al original. A partir del perfil topográfico (AyA, 1980), y con un valor de “C” igual a 100 (Hierro Fundido de 60 años ligeramente atacado) (HAESTAD, 2004) se calcula la capacidad de la conducción en el tramo entre los tanques quiebra gradiente N°4 (Escobal, estación 29+120.00, elevación 372.99 msnm) y N°5 (Chumical, estación 61+608.65, elevación 144.57 msnm). Esta conducción según este cálculo puede trasegar un caudal menor o igual a 64.2 L/s, valor muy parecido al registrado por la Región Pacífico Central (62 L/s).

De optar por esta alternativa, aun queda un déficit de 24 L/s para el año 2035 que debe ser atendido por otra fuente. Esta alternativa tiene la capacidad de abastecer el sector hasta el año 2020 ($Q_{prom.}$ 54 L/s) de reducir el %ANC al menos a un 40%. Con las condiciones de operación actual (%ANC de 60 %) esta fuente sería insuficiente para el sistema en cuestión (sector Orotina-Barranca).

Esta opción tiene un costo aproximado de US \$4.2 millones a US \$4.6 millones (AyA, 2009) según el material con que se restituya la conducción.

3.2.- Captación y tratamiento aguas del río Jesús María.

En esta alternativa se analizaron las opciones de captar y potabilizar las aguas de tres ríos (Jesús María, Machuca y Jabonal) cercanos al área que abastece la línea de conducción en este sector. La información base para esta opción parte de los aforos realizados por el Dpto. de Estudios Básicos de la UEN Gestión Ambiental. En la tabla 3.1 se presenta un resumen de esta información para los tres ríos en cuestión.

Tabla 3.1. Registro de caudales para los ríos Jabonal, Jesús María y Machuca.

Río	Caudal promedio (L/s)	Caudal promedio mínimo (L/s)	Caudal mínimo registrado (L/s)
Jabonal	1 994.71	825.08	279
Jesús María	1 949.47	1 240.90	98
Machuca	1 111.11	404.25	34

Fuente: Estudios Básicos AyA, 2010.

De las tres opciones analizadas, el río Jabonal es el que presenta el mayor caudal mínimo registrado, casi tres veces el del río Jesús María y más de ocho veces el del río Machuca. A pesar de esto, el caudal mínimo registrado del río Jesús María es aproximadamente el demandado por el sector abastecido por la línea de conducción de Ojo de Agua. Los aforos de estos ríos se realizan a la altura de la planta de tratamiento de agua potable de San Mateo (PTAP San Mateo) para el río Machuca, sobre el puente de calle Cascajal entre Higuito y Guadalupe, a la altura del poblado de San Juan de Dios se afora el río Jesús María, y el río Jabonal se afora antes de este río y el Barranquilla.

De las tres opciones iniciales, finalmente solo se contempla la captar y potabilizar el río Jesús María debido a que el proyecto del río Jabonal está considerado como una solución a largo plazo para el Área de la Gran Puntarenas (Puntarenas, Barranca y Esparza), mientras que el río Machuca se descarta por que este ya esta captado por la Región Pacífico Central para abastecer a la población central de San Mateo, aprovechándose actualmente 15 L/s, con una futura aplicación de 5 L/s para un total de 20 L/s, y el caudal mínimo registrado es de 34 L/s.

El registro de caudales del río Jesús María tiene más de 10 años (desde 1978 hasta

1980, reanudándose las mediciones en el 2000), el cual se presenta en el gráfico 3.1. El caudal mínimo que se ha registrado es de 98 L/s (13 mayo 2004), mientras que el promedio anual de los caudales mínimos registrados es de 1.24 m³/s y el caudal anual promedio es de 1.95 m³/s. Si se fuera a captar este río, es necesario verificar el caudal base (conocido como caudal ecológico) y las concesiones que se encuentren aguas abajo del punto de toma.

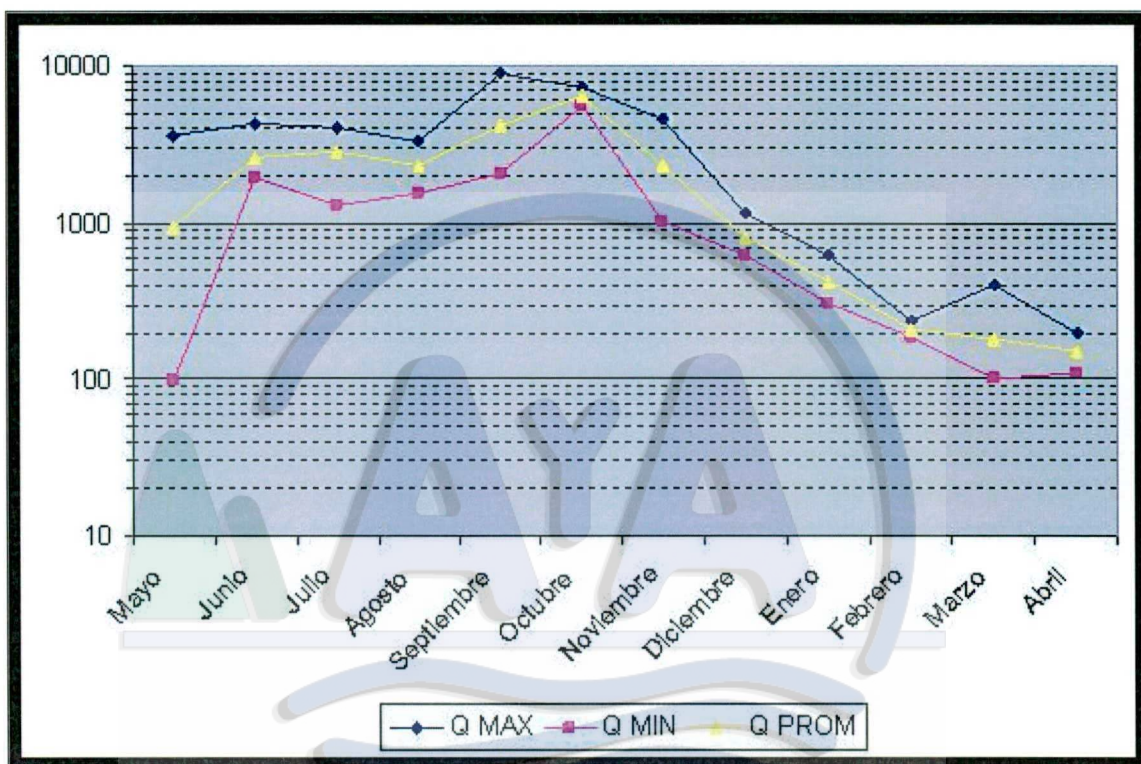


Gráfico 3.1. Registro de caudales para el río Jesús María.

Fuente: Estudios Básicos AyA, 2010.

A pesar de que en los meses de marzo, abril y mayo se han registrado caudales alrededor de los 100 L/s, y que el caudal mínimo promedio se presenta en el mes de abril, con alrededor de 150 L/s, se estima que se pueden extraer 100 L/s del río Jesús María a lo largo de todo el año. En el caso de los meses en que no se pueda extraer este caudal sin afectar el caudal base y las concesiones aguas debajo de la toma, se puede tener un plan de contingencia, como por ejemplo un campo de pozos.

Se toman dos sitios preliminares para la ubicación de la planta de tratamiento de

agua potable (PTAP) del río Jesús María. El primero se ubica aproximadamente a dos kilómetros al norte del poblado de Jesús María. En este caso se requeriría impulsar el agua desde la captación sobre el río (entre los 160 msnm y los 180 msnm) hasta el sitio propuesto para la planta (sobre los 275 msnm). En los anexos se presentan las figuras de estas dos opciones, así como el sitio de aforo del río Jesús María (punto verde) y la línea de conducción Ojo de Agua (línea celeste).

El acceso al primer sitio propuesto se encuentra sobre camino público en lastre en buen estado. Desde el acceso sobre la ruta 131 (camino asfaltado entre San Mateo-Esparza) hay una distancia de 1.6 km hasta la entrada a la propiedad donde se propone ubicar la PTAP Jesús María, desde la entrada hasta el sitio propuesto hay aproximadamente 0.3 km. Todas las medidas se realizaron con el programa Google Earth y se corroboraron en campo. La distancia entre el posible sitio de alimentación de energía trifásica y la fuente más cercana de esta energía es de 1.3 km (a la PTAP) y es necesario adicionar 0.5 km para alimentar la toma y los equipos de bombeo, para un total de 1.8 km de instalación trifásica.

En esta primera opción (PTAP 1), es necesaria una impulsión desde la toma del río Jesús María de aproximadamente 500 metros, y una conducción desde la PTAP Jesús María hasta la línea de conducción Ojo de Agua de alrededor de 12.6 km. En esta alternativa debe contemplarse el consumo de agua que correspondería al poblado de Jesús María, y el posible desarrollo de la zona, este consumo se estima en 10 L/s.

El segundo sitio propuesto para la ubicación de la PTAP Jesús María se encuentra a unos dos kilómetros al suroeste del poblado de Labrador. El sitio propuesto para la planta se encuentra sobre los 185 msnm, se requiere impulsar el agua desde la toma propuesta del río Jesús María, alrededor de los 30 msnm. La ubicación propuesta para la PTAP se encuentra a 0.2 km de la ruta 755, y no cuenta con acceso visible, desde la toma sobre el río al sitio para la PTAP Jesús María hay una distancia de 700 m. Para interconectar la PTAP Jesús María a la línea de conducción de Ojo de Agua se requieren 6.8 km de conducción.

En este caso la distancia entre el posible sitio de alimentación de energía trifásica y

la fuente más cercana de esta energía es de 0.4 km (a la PTAP) y 0.7 km adicionales para alimentar la toma y los equipos de bombeo, para un total de 1.1 km de instalación trifásica. En la tabla 3.2 se presenta un resumen de la principal información para las dos opciones de ubicación de la PTAP Jesús María, y en la tabla 3.3 se presentan las principales características de la impulsión y conducción para cada una de las cuatro opciones (dos ubicaciones con dos caudales cada una).

Tabla 3.2. Resumen elevaciones y de opciones PTAP Jesús María.

Propuesta PTAP	PTAP 1	PTAP 2
Elevación toma	175 msnm	30 msnm
Elevación PTAP	275 msnm	185 msnm
Impulsión toma-PTAP	500 m	700 m
Conducción PTAP-Línea	12.6 km	6.8 km

Fuente: los autores, 2010.

Tabla 3.3. Principales características de la

Propuesta PTAP	Diámetro	Diámetros y longitudes		Potencia equipos
	impulsión (mm)	conducción (mm y m)		impulsión (kW)
PTAP 1 con 100 L/s	400	350 mm (7 626 m)	300 mm (4 974 m)	156.96
PTAP 1 con 75 L/s	350	300 mm (10 458 m)	250 mm (2 142 m)	117.72
PTAP 2 con 90 L/s	350	250 mm (6 000 m)	200 mm (804 m)	218.96
PTAP 2 con 65 L/s	300	250 mm (2 472 m)	200 mm (4 332m)	158.14

Fuente: los autores, 2010.

Asumiendo un coeficiente de rugosidad (C) igual a 100 para la tubería de la línea de conducción Ojo de Agua -hierro dúctil poco alterado- (Haestad, 2004)- y un caudal de 64 L/s, la presión sobre tubería a la altura del puente Jesús María es de 185 mca. (línea piezométrica en 194.15 m y elevación 9 msnm). En la opción PTAP 1 es posible llegar al puente sobre el río Jesús María (estación 55+271.51) con esta presión (185 mca), para esto las pérdidas desde la PTAP 1 a la conducción deben de ser menores a los 90 metros. La opción PTAP 2 se encuentra en la cota 185 msnm, por lo que no es posible alcanzar la misma presión en el punto sobre el puente río Jesús María, es necesaria la implementación de un tanque de reunión y dos rebombes.

El perfil topográfico y la línea de energía de la línea de conducción Ojo de Agua entre los tanques 4 (Escobal, estación 29+120.00, elevación 372.99 msnm) y el tanque 5

(Chumical, estación 61+608.65, elevación 144.57 msnm) se presentan en el gráfico 3.2. Las comunidades de Mastate y Coyolar se encuentran aproximadamente entre las estaciones 42 y 44, Ceiba y Cascajal entre las estaciones 46 y 50. El alto de Cascabela se encuentra en la estación 58 aproximadamente.

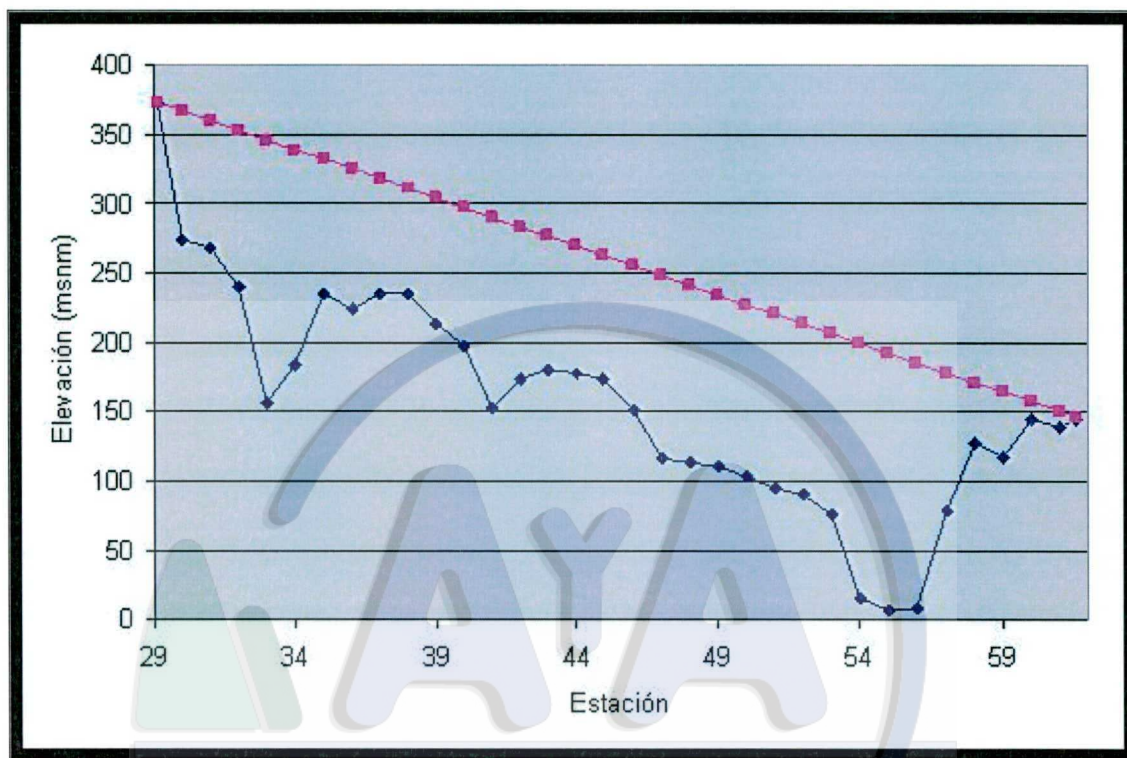


Gráfico 3.2. Perfil y línea piezométrica de la línea de conducción Ojo de Agua entre los tanques 4 (Escobal, 29+120.00) y 5 (Chumical, 61+608.65).

Fuente: los autores, 2010.

Con base en la información presentada anteriormente, se elaboran los presupuestos preliminares para las cuatro opciones de la PTAP del río Jesús María, los cuales se presentan en las tablas 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7. Es necesario aclarar que a la fecha y con la información que se cuenta no es posible estimar los costos de los caminos de acceso a las tomas, por lo que este se estima dentro del rubro otros como un 25 % de los costos. Por último, los costos finales para las cuatro opciones se resumen en la tabla 3.8

Las tablas 3.4 y 3.5 (opciones 1 y 2 respectivamente) contienen el presupuesto preliminar del equipamiento completo (toma, bombeo agua cruda, planta potabilizadora, tanque almacenamiento, conducciones, electrificación y otros) de la PTAP del río Jesús

María en el primer sitio considerado (al norte del poblado de Jesús María). La primera opción (opción 1) contempla la producción para todo el sistema (90 L/s), más la producción requerida para las comunidades de Jesús María y aledañas (10 L/s) y la opción 2 contempla la producción del subsistema Río Jesús María-Barranca (65 L/s), más la producción de las comunidades de Jesús María y aledañas (10 L/s).

Tabla 3.4. Opción 1, captación y tratamiento aguas del río Jesús María, Q=100 l/s

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	COSTO
			UNITARIO	TOTAL
TOMA	100	L/s	\$1,560	\$156,000
1° BOMBEO AGUA CRUDA	157	kW	\$1,450	\$227,650
TUBERÍA IMPULSIÓN (AGUA CRUDA), 400 mm DN, HD K9	500	m	\$206	\$103,191
PLANTA TRATAMIENTO AGUA POTABLE	100	L/s	\$3,750	\$375,000
TANQUE C.A., 2000 m ³	1	un	\$360,000	\$360,000
TUBERÍA DISTRIBUCIÓN (AGUA TRATADA)				
350 mm DN, HD K9	7626	m	\$177	\$1,350,374
300 mm DN, HD K9	4974	m	\$150	\$744,452
TERRENOS	1	GLOBAL	\$200,000	\$200,000
ELECTRIFICACIÓN	2100	m	\$140	\$294,000
OTROS (25%)		GLOBAL		\$952,667
COSTO MATERIALES Y MANO DE OBRA				\$4,763,333
ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDAD CONTRATISTA (25%)				\$1,190,833
TOTAL COSTO DIRECTO O CONTRATISTA				\$5,954,167

Fuente: los autores, 2010.

Tabla 3.5. Opción 2, captación y tratamiento aguas del río Jesús María, Q=75 l/s

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	COSTO
			UNITARIO	TOTAL
TOMA	75	L/s	\$1,560	\$117,000

1° BOMBEO AGUA CRUDA	118	kW	\$1,350	\$159,300
TUBERÍA IMPULSIÓN (AGUA CRUDA), 350 mm DN, HD K9	500	m	\$172	\$85,983
PLANTA TRATAMIENTO AGUA POTABLE	75	L/s	\$3,750	\$281,250
TANQUE C.A., 1500 m3	1	un	\$270,000	\$270,000
TUBERÍA DISTRIBUCIÓN (AGUA TRATADA) 300 mm DN, HD K9	10458	m	\$150	\$1,565,234
250 mm DN, HD K9	2142	m	\$124	\$266,043
TERRENOS	1	GLOBAL	\$200,000	\$200,000
ELECTRIFICACIÓN	2100	m	\$140	\$294,000
OTROS (25%)		GLOBAL		\$809,702
COSTO MATERIALES Y MANO DE OBRA				\$4,048,512
ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDAD CONTRATISTA (25%)				\$1,190,833
TOTAL COSTO DIRECTO O CONTRATISTA				\$5,060,640

Fuente: los autores, 2010.

Las tablas 3.6 y 3.7 (opciones 3 y 4 respectivamente) contienen el presupuesto preliminar del equipamiento completo (toma, bombeo agua cruda, planta potabilizadora, tanque almacenamiento, conducciones, electrificación y otros) para implementar la opción de la PTAP del río Jesús María en el segundo sitio considerado (al suroeste del poblado de Labrador). La opción 3 contempla la producción para todo el sistema (90 L/s), y la opción 4 contempla la producción del subsistema Río Jesús María-Barranca (65 L/s). A los presupuestos del segundo sitio es necesario adicionar el costo de un tanque de reunión y dos equipos de rebombeo para cada uno de los subsistemas en la opción 3 y para el subsistema Río Jesús María-Barranca en la opción 4

Tabla 3.6. Opción 3, captación y tratamiento aguas del río Jesús María, Q=90 l/s

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	COSTO
			UNITARIO	TOTAL
TOMA	90	L/s	\$1,560	\$140,400
1° BOMBEO AGUA CRUDA	219	kW	\$1,450	\$317,550
TUBERÍA IMPULSIÓN (AGUA CRUDA), 350 mm DN, HD K9	700	m	\$172	\$120,376
PLANTA TRATAMIENTO AGUA POTABLE	90	L/s	\$3,750	\$337,500
TANQUE C.A., 2000 m3	1	un	\$360,000	\$360,000
TUBERÍA DISTRIBUCIÓN (AGUA TRATADA)				
250 mm DN, HD K9	5996	m	\$124	\$744,722
200 mm DN, HD K9	804	m	\$106	\$85,078
TERRENOS	1	GLOBAL	\$200,000	\$200,000
ELECTRIFICACIÓN	1100	m	\$140	\$154,000
OTROS (25%)		GLOBAL		\$614,906
COSTO MATERIALES Y MANO DE OBRA				\$3,074,532
ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDAD CONTRATISTA (25%)				\$1,190,833
TOTAL COSTO DIRECTO O CONTRATISTA				\$3,843,165

Fuente: los autores, 2010.



Tabla 3.7. Opción 4, captación y tratamiento aguas del río Jesús María, Q=65 l/s

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	COSTO
			UNITARIO	TOTAL
TOMA	65	L/s	\$1,560	\$101,400
1° BOMBEO AGUA CRUDA	158	kW	\$1,450	\$229,100
TUBERÍA IMPULSIÓN (AGUA CRUDA), 300 mm DN, HD K9	700	m	\$144	\$100,778
PLANTA TRATAMIENTO AGUA POTABLE	90	L/s	\$3,750	\$337,500
TANQUE C.A., 1000 m3	1	un	\$270,000	\$270,000
TUBERÍA DISTRIBUCIÓN (AGUA TRATADA)				
250 mm DN, HD K9	2468	m	\$124	\$306,533
200 mm DN, HD K9	4332	m	\$106	\$458,408
TERRENOS	1	GLOBAL	\$200,000	\$200,000
ELECTRIFICACIÓN	1100	m	\$140	\$154,000

OTROS (25%)	GLOBAL	\$539,430
COSTO MATERIALES Y MANO DE OBRA		\$2,697,149
ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDAD CONTRATISTA (25%)		\$674,287
TOTAL COSTO DIRECTO O CONTRATISTA		\$3,371,436

Fuente: los autores, 2010.

Tabla 3.8. Costos finales de las cuatro opciones

Propuesta PTAP	Costos (millones US\$)
PTAP 1 con 100 L/s	5.95
PTAP 1 con 75 L/s	5.06
PTAP 2 con 90 L/s	3.84
PTAP 2 con 65 L/s	3.37

Fuente: los autores, 2010.

En las cuatro opciones consideradas anteriormente para alternativa de captación del río Jesús María, es necesario profundizar en la caracterización de la calidad de las aguas para su tratamiento. A la fecha, solo se cuenta con un análisis microbiológico por parte del Laboratorio Nacional del Aguas (LNA) con fecha del 28 de marzo de 2000, el cual concluye que *“la densidad de coniformes detectada indica que la muestra evaluada es de calidad buena”*. Este análisis solo contempla la parte microbiológica, respecto a la calidad tanto física como física, no se tiene ninguna información. Por referencias verbales, se entiende que en época de lluvias la turbiedad del río puede ser tal que no haga factible económicamente tratar este río para consumo humano.

Faltan estudios técnicos básicos respecto de la calidad física, química y microbiológica para confirmar la referencia verbal, así como definir el caudal base (conocido como caudal ecológico) y las concesiones aguas abajo de cualquiera de los sitios de toma propuestos para establecer el caudal que puede ser captado del río Jesús María para la PTAP.

3.3.- Abastecimiento desde pozos en la margen izquierda del río Barranca.

Originalmente esta alternativa consistía en abastecer desde la Planta Potabilizadora

de Barranca al subsistema Río Jesús María-Barranca, utilizando la tubería de Ojo de Agua en sentido inverso. Esta misma opción considera seguir utilizando los pozos que ya están en explotación en la zona (subsistema Coyolar-Río Jesús María) y restituir el caudal que se deriva del sistema de Puntarenas mediante la perforación e implementación de un pozo.

Se plantea utilizar los nuevos pozos impulsando el agua directamente hacia un tanque cisterna, manteniendo la opción de utilizar la PTAP Barranca en cualquier eventualidad. Actualmente, en la margen izquierda del río Barranca existen dos pozos perforados y armados, los cuales en los reportes de prueba de bombeo (ver anexos) se recomienda extraer un caudal de 55.1 L/s y 10.0 L/s (para los pozos N° 05-17 y N° 06-02 respectivamente). Estos caudales deben ser verificados por la UEN de Gestión Ambiental. Así mismo, en la misma margen del río se cuenta con un equipo de rebombeo instalado y electrificado.

En esta opción es necesario instalar aproximadamente 5 km de impulsión (300 mm DN HD K9) y 6.5 km de conducción (250 mm PVC SDR 26), la construcción de un tanque cisterna de aproximadamente 19.5 m³ para el equipo de rebombeo instalado en la margen izquierda del río Barranca inmediato al puente del ferrocarril sobre este río y un tanque de almacenamiento de 1500 m³ en el cerro Cebollín, por encima de los 200 msnm, cerca del poblado de Artieda.

Originalmente, la línea de conducción de Ojo de agua, atraviesa varias propiedades a "campo traviesa". En esta nueva alternativa, se propone que la línea de impulsión se instale por caminos públicos hasta la propiedad donde se pretende construir el tanque de almacenamiento. En cualquiera de las dos opciones (trazado original o por camino públicos), es necesario constituir las servidumbres necesarias para dar mantenimiento a la tubería. La nueva alternativa, presenta la ventaja que es más fácil acceder, reparar y operar la conducción cuando esta se instala sobre caminos, el cual también daría acceso al tanque. La tubería de impulsión propuesta es de 300 mm DN, en hierro dúctil K9.

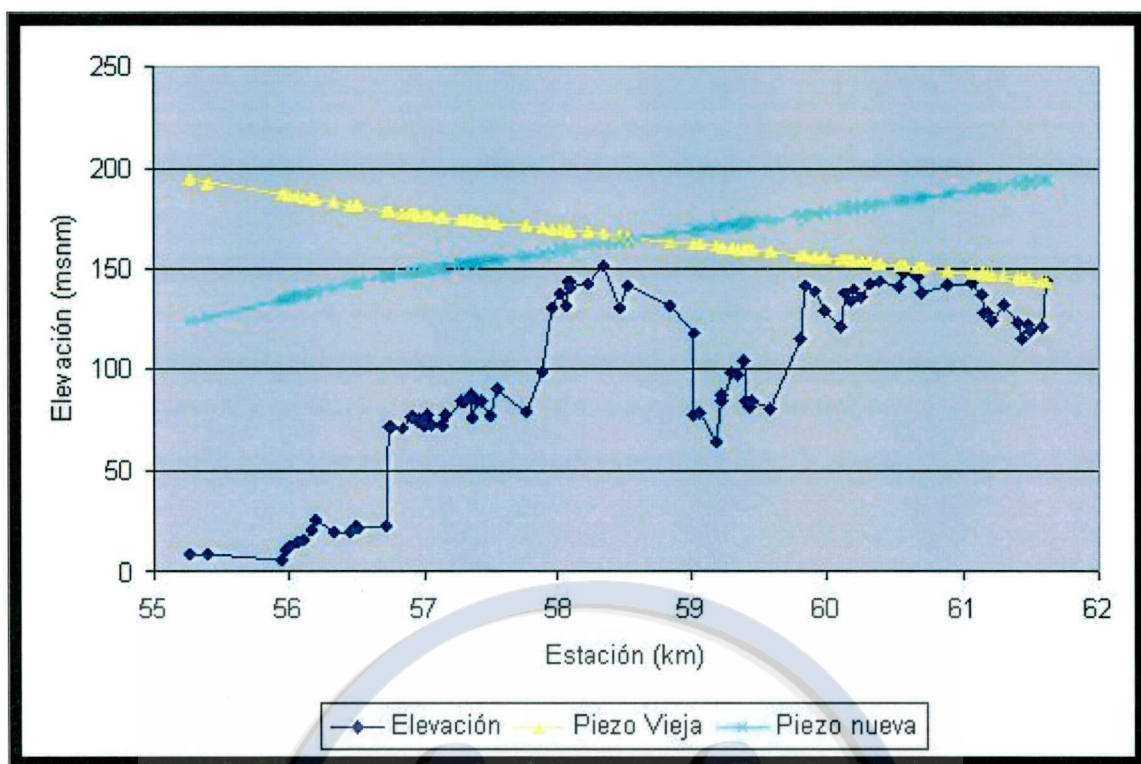


Gráfico 3.5. Perfil y líneas piezométricas de la línea de conducción Ojo de Agua
Fuente: los autores

Desde el sitio del tanque de almacenamiento, se debe instalar 6.6 km de conducción hasta el punto conocido como Alto Cascabela, donde se interconectará la nueva conducción con la línea de conducción existente, debido a que se va evitar utilizar la tubería existente en los puntos donde la nueva línea piezométrica se encuentre por encima de la línea piezométrica entre tanques quiebra gradientes, esto con el fin de que la conducción de la línea de Ojo de Agua no trabaje bajo presiones a las que no se ha sido sometida. En el gráfico 3.5 se presenta el perfil topográfico y ambas líneas piezométricas.

Estas líneas se alcanzan aproximadamente en la estación 58+500.00, si se utilizará la misma línea de conducción (mismos diámetros y trazado), solo sería necesario introducir 600 metros de conducción entre el tanque a construir y la línea existente. De utilizar una nueva conducción, esta se debe colocar sobre camino público, lo que extiende la conducción en 6 km en tubería 250 mm DN PVC 26, para alcanzar el Alto Cascabela con unas pérdidas por fricción equivalentes a 47 mca con un caudal de 65 L/s y coeficiente de fricción para el PVC de 130.

En el punto más elevado en esta conducción (Alto Cascabela, a 152 msnm) la línea piezométrica pasa un metro por encima del mismo. Con este modelo no es posible alcanzar el tanque de almacenamiento de la población de Cascabela, pero en la actualidad, existe un rebombeo hacia el tanque de almacenamiento de esta comunidad, debido a que no es técnicamente posible alcanzarlo en las condiciones de operación actuales. En la tabla 3.9 se presenta un resumen de la información básica de esta alternativa. Esta alternativa tiene un costo de 3,43 millones de US\$

Tabla 3.9. Resumen información básica alternativa cisterna en río Barranca.

	PTAP 1
Elevación tanque cisterna	30 msnm
Elevación tanque almacenamiento	200 msnm
Impulsión Cisterna-almacenamiento	4 950 m
Diámetro impulsión	300 mm DN HD K9
Conducción almacenamiento-línea	6 600 m
Diámetro conducción	250 mm DN PVC 26

Fuente: los autores, 2010.

Tabla 3.10. Presupuesto preliminar alternativa rebombeo pozos río Barranca

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1° BOMBEO AGUA CRUDA	155	KW	\$1,450	\$224,750
TUBERÍA IMPULSIÓN (AGUA CRUDA), 300 mm DN, HD K9	4950	m	\$135	\$669,778
TANQUE C.A., 1500 m ³	1	un	\$270,000	\$270,000
TUBERÍA DISTRIBUCIÓN (AGUA TRATADA) 250 mm DN, PVC 26	6600	m	\$125	\$825,231
TERRENOS	1	GLOBAL	\$200,000	\$200,000
ELECTRIFICACIÓN	50	m	\$140	\$7,000
OTROS (25%)		GLOBAL		\$549,190
COSTO MATERIALES Y MANO DE OBRA				\$2,745,948
ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDAD CONTRATISTA (25%)				\$686,487
TOTAL COSTO DIRECTO O CONTRATISTA				\$3,432,435

Fuente: los autores

3.4- Ampliación campo de pozos.

Como se indica en el reporte de diciembre de 2009 (AyA, 2009) esta alternativa consiste en: *“continuar abasteciendo por medio de aguas subterráneas con la ampliación y perforación de pozos en el sector que va desde Orotina hasta Caldera, que sirvió como proyecto sustitutivo para abastecer a la zona a raíz del corte de la tubería de conducción Ojo de Agua-Puntarenas”*. Así mismo, como también se indica en el mismo reporte, no se tiene información básica para esta alternativa, por lo que no se puede realizar ninguna suposición.

En un estudio realizado por la Unidad de Pozos de la UEN de Gestión Ambiental (memorando N°:SUB-G-AID-UEN-GA-09-394, 2009) se procede a buscar todos aquellos pozos que se encuentran cuatro kilómetros al norte y cuatro al sur de la línea de conducción de Ojo de Agua en el sector de Coyolar. En este estudio se ubican 135 pozos, 23 de los cuales presentan caudales que oscilan entre los 3 L/s y los 11 L/s. Es necesario identificar zonas de campos de pozos, para poder reaccionar ante cualquier eventualidad, así como identificar futuras fuentes de abastecimiento.

4.- Opción elegida

De las cuatro alternativas planteadas, solo se analizan las que implican cambios en las condiciones hidráulicas ó las que requieren implementación de obras mayores y cuentan con un mínimo de información básica (caudales y ubicación geográfica). A continuación se describe brevemente cada una de las alternativas y las razones por las cuales se desestiman o eligen.

4.1.- *Restituir tubería de conducción de Ojo de Agua.*

Esta alternativa consiste en restituir un tramo de aproximadamente 15 km que ha sido deshabilitado por la construcción de la carretera Ciudad Colón-Caldera (sector Balsa-Orotina). Esta alternativa se desestima por dos razones, la primera es que la instalación de la tubería se efectuaría en el espaldón de la carretera, y en caso de que la misma se amplíe, quedaría debajo de la vía, la otra alternativa consistiría en realizar cortes y rellenos a lo largo de estos 15 km, lo que aumentaría aun más el costo previsto en el primer informe (costo aproximado de US \$4.2 millones a US \$4.6 millones, AyA, 2009).

4.2.- *Captación y tratamiento aguas del río Jesús María.*

Consiste en captar las aguas del río Jesús María, en los alrededores del poblado del mismo nombre. Se analizan 4 opciones, las cuales consisten en dos sitios de ubicación para la planta con dos caudales para cada uno de los sitios propuestos. De los sitios probables para la ubicación de la PTAP Jesús María, el primero se ubica al norte del poblado de Jesús María, sobre los 275 msnm, lo que la habilitaría a esta fuente para abastecer a las comunidades de Jesús María, Labrador, Higuito e inclusive reforzar los sistemas existentes de Esparza o San Mateo, con el inconveniente de que esto obliga a captar más caudal del río, el cual presenta un caudal promedio marcado por la época seca en los meses de febrero, marzo y abril inferiores a los 200 L/s , así mismo se tienen

caudales mínimos registrados en marzo, abril y mayo de aproximadamente de 100 L/s.

A pesar de que el río esta en capacidad de proporcionar los caudales de diseño (100 L/s) a lo largo del año, esto implicaría captar casi la totalidad del río en los meses donde más secos (febrero, marzo, abril y mayo), los cuales coinciden con altos consumos. Esto obliga a buscar fuentes alternas para el abastecimiento en estos meses, una vez establecidas los caudales dados en concesión aguas abajo de la toma y el caudal base del río (caudal ecológico), para lo cual hacen falta aún estudios básicos.

El segundo sitio propuesto para la PTAP presenta el inconveniente que necesitaría adicionar equipos de bombeo para alcanzar las partes más alejadas de la conducción, lo que no solo aumentaría los costos, sino que introduce vulnerabilidades extra en el sistema, dependiendo no solo de los bombeos desde la toma hasta la planta, sino que además se necesitarían implementar uno o dos bombeos (según la opción elegida) adicionales a la altura del puente del ferrocarril sobre el río Jesús María.

Además de los inconvenientes anteriormente mencionados, a la fecha no se cuenta con la caracterización físico-química de la calidad del agua del río, por lo que no se puede estimar si la potabilización del mismo es económicamente factible.

4.3- Abastecimiento desde pozos en la margen izquierda del río Barranca.

Esta es la alternativa elegida, la cual se abastece principalmente de dos pozos en la margen izquierda del río Barranca (también puede ser alimentado desde la PTAP Barranca en cualquier eventualidad reduciendo la vulnerabilidad del sistema y dándole flexibilidad en la operación del sistema). Desde este tanque cisterna se impulsaría el agua hasta un tanque de almacenamiento en el Cerro Cebollín (200 msnm), el cual se ubicaría aproximadamente un kilómetro al noroeste de la comunidad de Artieda. Este tanque tiene tres opciones de interconexión con la línea de conducción de Ojo de Agua sobre camino público, considerándose la más alejada para el presupuesto preliminar.

De las tres opciones de interconexión, el primer punto de conexión con la línea de conducción de Ojo de Agua se encuentra aproximadamente a unos 1.6 km de la ubicación propuesta para el tanque de almacenamiento, sobre el camino público, alrededor de donde se encuentra el rebombeo del poblado de Artieda, el cual se abasteció en algún momento de la misma línea de conducción.

El segundo punto de conexión propuesto es sobre el camino que comunica el poblado de Artieda con la ruta nacional 622 (Salinas-Juanilama-Esparza), precisamente en este punto, la línea de conducción se encuentra expuesta y el camino tiene un leve desvío para evitar la tubería. Según referencias verbales, a la Región Pacífico Central se le ha solicitado remover esta tubería para poder mejorar el camino de acceso al pueblo. Este punto de conexión se encuentra aproximadamente a 3.3 km del sitio propuesto para ubicación del tanque.

Por último, el tercer punto de interconexión probable sobre camino publico se encuentra a 6.6 km del posible sitio ubicación del tanque de almacenamiento, sobre la ruta 622 (Salinas-Juanilama-Esparza), alrededor de la derivación para el poblado de Cascabela, donde se puede observar una válvula de incorporación de aire, al lado de la ruta. Esta es la conducción que se utiliza para efectuar el primer presupuesto preliminar (tabla 3.10) con un costo total de US\$ 3,432,435.00. Los presupuestos preliminares de las otras dos opciones de interconexión con la línea de conducción se presentan en las tablas 4.1 y 4.2.

El diámetro en las tres opciones de conexión entre el tanque de almacenamiento y la línea de conducción es de 250 mm DN y el material a utilizar es PVC ($C = 140$). El diámetro de la tubería se calcula con el objetivo de alcanzar el alto de Cascabela con una presión en la tubería de al menos 98 kPa (10 m.c.a.). Por tratarse de un anteproyecto no se consideran pérdidas locales en los accesorios de la conducción ya que en comparación con las perdidas por fricción son despreciables.

Tabla 4.1. Presupuesto preliminar alternativa rebombeo pozos río Barranca, con interconexión en el segundo punto propuesto, con una conducción de 3300 m.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	COSTO
			UNITARIO	TOTAL
1° BOMBEO AGUA CRUDA	155	kW	\$1,450	\$224,750
TUBERÍA IMPULSIÓN (AGUA CRUDA), 300 mm DN, HD K9	4950	m	\$135	\$669,778
TANQUE C.A., 1500 m3	1	un	\$270,000	\$270,000
TUBERÍA DISTRIBUCIÓN (AGUA TRATADA) 250 mm DN, PVC 26	1600	m	\$125	\$412,616
TERRENOS	1	GLOBAL	\$200,000	\$200,000
ELECTRIFICACIÓN	50	m	\$140	\$7,000
OTROS (25%)		GLOBAL		\$446,036
COSTO MATERIALES Y MANO DE OBRA				\$2,230,179
ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDAD CONTRATISTA (25%)				\$491,120
TOTAL COSTO DIRECTO O CONTRATISTA				\$2,787,724

Tabla 4.2. Presupuesto preliminar alternativa rebombeo pozos río Barranca, con interconexión en el primer punto propuesto, con una conducción de 1600 m.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO	COSTO
			UNITARIO	TOTAL
1° BOMBEO AGUA CRUDA	155	kW	\$1,450	\$224,750
TUBERÍA IMPULSIÓN (AGUA CRUDA), 300 mm DN, HD K9	4950	m	\$135	\$669,778
TANQUE C.A., 1500 m3	1	un	\$270,000	\$270,000
TUBERÍA DISTRIBUCIÓN (AGUA TRATADA) 250 mm DN, PVC 26	1600	m	\$125	\$200,056
TERRENOS	1	GLOBAL	\$200,000	\$200,000
ELECTRIFICACIÓN	50	m	\$140	\$7,000
OTROS (25%)		GLOBAL		\$392,896
COSTO MATERIALES Y MANO DE OBRA				\$1,964,479
ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDAD CONTRATISTA (25%)				\$557,545
TOTAL COSTO DIRECTO O CONTRATISTA				\$2,455,599

Fuente: los autores

Anteriormente (apartado 3.3), se menciona que en lo posible se evitará que la línea de conducción de Ojo de Agua existente trabaje a presiones a las que no se ha visto sometida en el pasado, este es el caso de la tercera opción (Alto Cascabela), como se evidencia en el gráfico 4.1, a partir del cual la tubería existente trabajaría a presiones menores a las que fue sometida en el pasado. La segunda opción (tubo expuesto), operaría a presiones ligeramente superiores a las que se vio sometida la conducción en el

pasado, siendo la mayor diferencia de aproximadamente 195.5 kPa (19.93 m.c.a.), la cual se presenta en el punto de conexión. Así mismo, en este caso se presenta la mayor presión a la que se vería sometida la conducción, la cual es de 1 057 kPa (107.11 m.c.a.).

La primer opción de conexión presenta la mayor diferencia entre las presiones a las que se vio sometida la conducción en el pasado, y con la nueva alternativa propuesta, esta diferencia es de 492 kPa (50.17 m.c.a.).

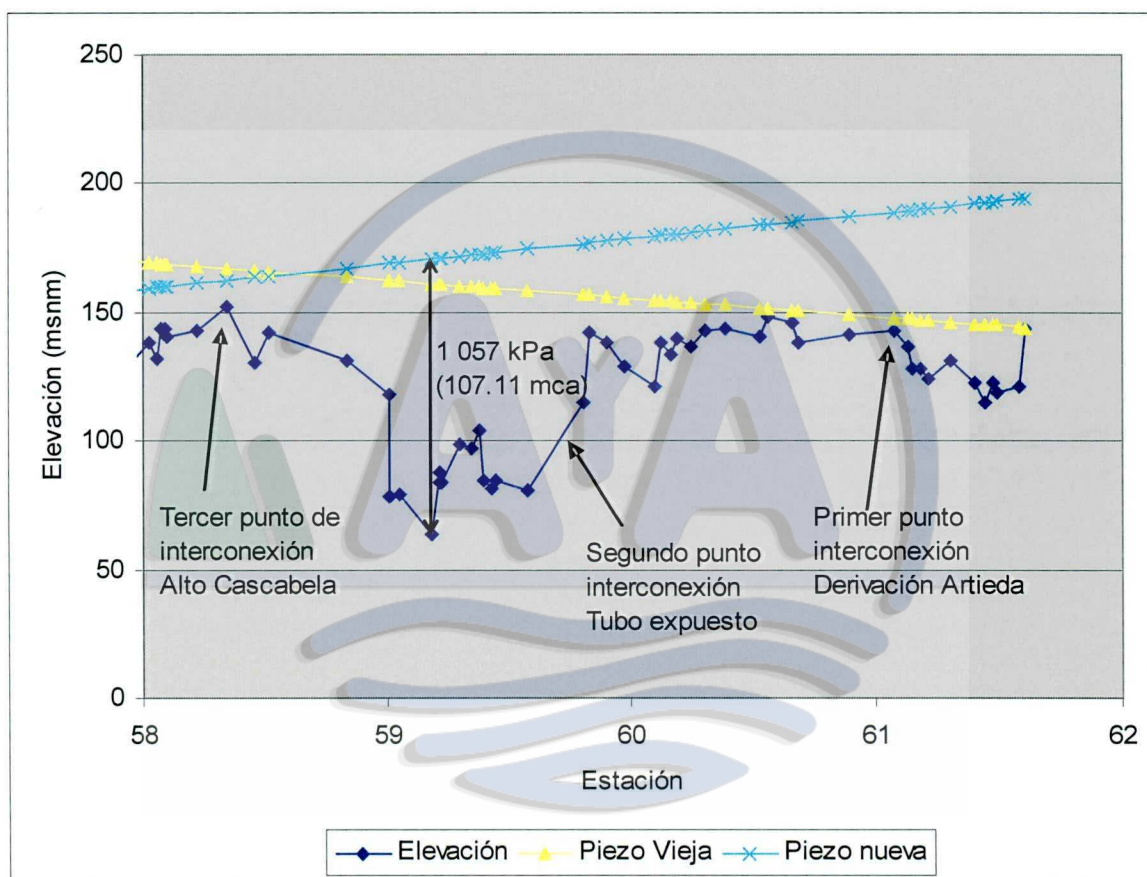


Gráfico 4.1. Perfil y líneas piezométricas de la línea de conducción Ojo de Agua

Fuente: los autores

La diferencia entre los costos de las opciones es sustancial, si bien la tercer opción garantiza que la línea de conducción existente no va a trabajar a presiones a las que no ha sido sometida en el pasado, las nuevas presiones a las que se va a ver sometida la línea de conducción apenas sobrepasan un mega pascal (aproximadamente 100 m.c.a.). La diferencia de costo directo entre la primer opción y la tercera es de aproximadamente un millón de dólares de los Estados Unidos de Norteamérica (US\$ 1,000,000.00).

Se estima que la tubería que constituye actualmente la línea de conducción de Ojo de Agua se encuentra en buen estado. Esta tubería fue probada en el pasado, cuando fue sometida a una presión de 3.45 MPa (352 m.c.a.) durante un lapso de dos horas y treinta minutos (AyA, 2004), es probable que sean las juntas las que presenten problemas. Este problema ya se está presentado en la parte alta de la línea de conducción de Ojo de Agua, la cual esta siendo operada por la Región Central Oeste, para reforzar la parte baja del sistema de El Pasito (poblados de Ciruelas y otros).

Aún así, se estima que la reparación de estas juntas ronda los US\$ 600.00, según referencia verbal del Departamento de Operación y Mantenimiento de esta Región. En el caso extremo que fallaran las 454 juntas (2 723.62 km entre la derivación de Artieda y el Alto de Cascabela), el costo de reparar todas las juntas no sobrepasa los US\$ 275,000.00, evidenciando un menor costo que la tercer alternativa. Otro factor importante, es que en los 22 km solo se han detectado 8 juntas falladas (una cada 2.75 km aproximadamente, ó falla una de cada 460 juntas). De estas ocho fallas, cuatro se han reparado cortando e instalando un "niple", dos con uniones mecánicas flexibles y las restantes dos calafateando con plomo.

Para evaluar el estado de las juntas en el tramo de tubería a rehabilitar, se puede realizar una prueba de presión en el tramo de tubería que va a salir definitivamente de operación, alrededor de la derivación para Artieda.

Como se ha demostrado anteriormente, la alternativa 3 (Abastecimiento desde pozos en la margen izquierda del río Barranca) presenta un menor costo respecto a las otras alternativas. Además de presentar un menor costo, esta alternativa cuenta con varias ventajas operativas que se enumeran a continuación:

1. Los dos pozos están actualmente perforados y armados, con una caudal recomendado de extracción de ambos de 65 L/s (55.1 L/s y 10.0 L/s para los pozos N° 05-17 y N° 06-02 respectivamente) en los reportes de prueba de bombeo. (ver anexos).
2. En la margen izquierda del río Barranca, a menos de 20 metros al sur del puente

del ferrocarril, se cuenta con un equipo de rebombeo instalado y electrificado, falta la construcción del tanque cisterna.

3. La tubería entre la PTAP Barranca y el equipo de rebombeo se encuentra instalada según informes verbales de la región. La capacidad de la misma ya fue estudiada en informes anteriores
4. El sistema es redundante, en caso de que salgan de operación los pozos, el sistema se puede abastecer desde la PTAP Barranca en caso de emergencia.
5. Esta alternativa tiene menos vulnerabilidades que la alternativa de potabilizar el río Jesús María, la cual contempla un bombeo de agua cruda, potabilizar del agua cruda y en una de las opciones, otro bombeo. Esta alternativa presenta la vulnerabilidad de depender del suministro eléctrico para abastecer el tanque de almacenamiento.

4.4- Ampliación campo de pozos.

Esta alternativa consiste en continuar con el sistema operativo actual, ampliando el campo de pozos. Como se indica en el reporte anterior del AyA, no se tiene información básica para esta alternativa, por lo que no se puede realizar ninguna suposición. Si bien, al día de hoy no se cuenta con la información básica, es necesario identificar zonas de campos de pozos, para poder reaccionar ante situaciones anómalas, así como identificar futuras fuentes de abastecimiento para la zona.

En la alternativa 3 (Abastecimiento desde pozos en la margen izquierda del río Barranca) se propone que el subsistema Coyolar-Barranca se continúe abasteciendo de los pozos existentes.

5.- Conclusiones

Se analizaron hidráulicamente dos de las cuatro alternativas de abastecimiento del sector Orotina-Caldera, las cuales son potabilizar las aguas provenientes del río Jesús María (PTAP), con distintas opciones de ubicación de dicha planta potabilizadora y la utilización de dos pozos en la margen izquierda del río Barranca (Barranca).

Tabla 5.1. Costos finales de las ocho opciones analizadas

Propuesta PTAP	Costos (millones US\$)
PTAP J. María 1, con 100 L/s	5.95
PTAP J. María 1, con 75 L/s	5.06
PTAP J. María 2, con 90 L/s	3.84
PTAP J. María 2, con 65 L/s	3.37
C. Barranca, 1 ^{ra} conexión (65 L/s)	2.46
C. Barranca, 2 ^{da} conexión (65 L/s)	2.79
C. Barranca, 3 ^{ra} conexión (65 L/s)	3.42

Fuente: los autores, 2010.

Los costos de las siete opciones para las dos alternativas analizadas hidráulicamente se presentan en la tabla 4.1. La alternativa de utilizar un tanque cisterna conectando en el tercer punto tiene un costo ligeramente superior (50 mil US\$, 1.5% mayor) a la opción de potabilizar 65 L/s del río Jesús María, ubicando la planta dos kilómetros al sur de la comunidad de Labrador, en el cantón de San Mateo. Así mismo, en la alternativa del tanque cisterna se puede reducir el costo en aproximadamente 1 millón US\$ según el punto donde se realice la conexión con la línea de conducción existente.

Para la alternativa de captar las aguas del río Jesús María están pendientes los estudios técnicos respecto de la calidad física, química y microbiológica para confirmar la referencia verbal de la calidad del mismo en época lluviosa, así como definir el caudal base (conocido como ecológico) y las concesiones aguas abajo de cualquiera de los sitios de toma propuestos para establecer el caudal que puede ser captado del río Jesús María

Se selecciona la opción de utilizar los pozos en la izquierda del río Barranca a pesar

de tener un costo superior. Esta alternativa presenta más ventajas operativas, las cuales se enumeran a continuación:

1. Puede ser reforzada por la planta potabilizadora de Barranca, contando con dos posibles fuentes de abastecimiento (pozos y PTAP Barranca)
2. Posee menos vulnerabilidades, al contar con un solo bombeo.
3. Los pozos ya se encuentra perforados y armados.

Las opciones de sitios de ubicación de toma y planta potabilizadora analizadas para tratar las aguas del río Jesús María deben ser estudiadas en más profundidad para atender en forma integrada la demanda futura de los poblados de Higuito, Jesús María, Labrador e inclusive reforzar los sistemas de agua potable principales de Esparza y San Mateo.

Se debe identificar un campo de pozos en la zona de estudio, para poder atender cualquier situación que se presente, independientemente de la opción que se elija finalmente.

Es necesario reducir el Agua No Controlada en el sistema, debido a que de esta depende el alcance del sistema propuesto. Para reducir el ANC es necesario identificar las causas de las mismas, monitorear la macro y micro medición, contar con planes de sustitución preventiva de tuberías, control de conexiones ilícitas, por mencionar algunas acciones.

En la opción elegida se mantienen en operación los pozos existentes para el subsistema Coyolar-Barranca, es necesario aclarar que a pesar que en este estudio no se ahonda en el estado de estas redes, es de esperarse que operen como un sistema convencional, esto quiere decir, que toda la producción se debe reunir en tanques de almacenamiento, para luego ser distribuida. Debe de dejarse de lado la operación de los pozos directamente hacia la red.

En el momento de realizar el diseño final debe considerarse que en este informe se dimensionan las conducciones con la capacidad de conducir el caudal máximo diario, por

lo que es necesario que la línea de conducción solo abastezca tanques de almacenamiento. Este diseño final también debe contemplar las mejoras necesarias en la red de distribución, entre las cuales se debe mencionar la sustitución completa de la línea de conducción entre el tanque Los Melones y el Tanque de Tivives, donde se presenta perdidas importantes, y la cual tiene un espesor deficiente (PVC SDR 41).

Finalmente, está pendiente el levantamiento topográfico de la impulsión, y la conducción entre el tanque propuesto (Tanque Cerro Cebollín) hasta la línea de conducción de Ojo de Agua. Corroborar que el camino existente por donde se plantea introducir la impulsión y la conducción son caminos públicos, de no ser así, se debe constituir las servidumbres necesarias. Así mismo, se debe corroborar los caudales de explotación de los pozos propuestos.

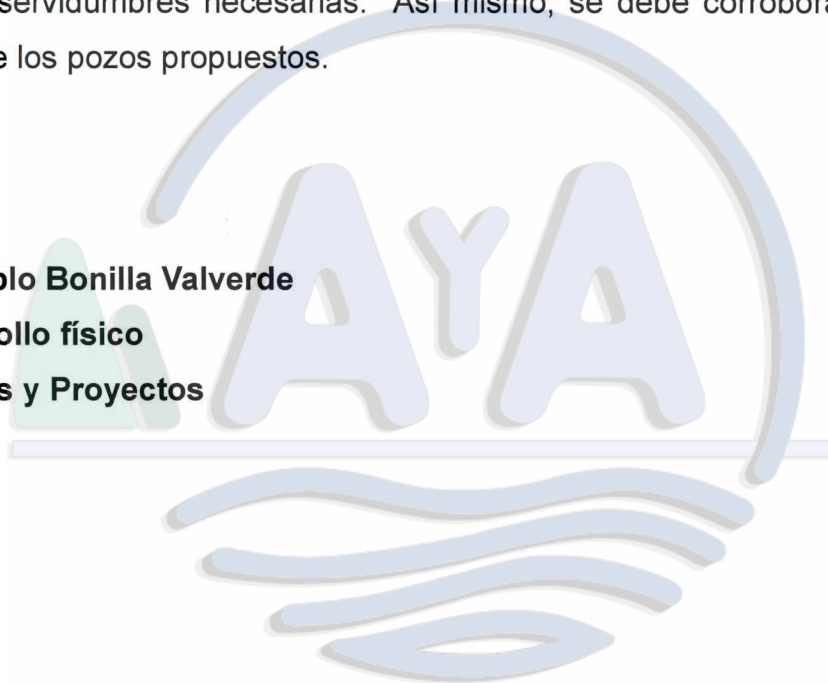
Elaboró:

Ing. José Pablo Bonilla Valverde

Dpto. Desarrollo físico

UEN Estudios y Proyectos

Abril 2010



6.- Bibliografía

Arias, Brayan. Conversaciones telefónicas, mensajería electrónica y correo electrónico.

Jefe Cantonal San Mateo, Región Pacífico Central

Haestad Methods, et al. Advanced Water Distribution modeling and management. 1ra

Edición, Haestad Press. EE.UU. 2004

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. ANÁLISIS ALTERNATIVAS OPERATIVAS TRAMO BARRANCA-COYOLAR. San José, octubre de 2004

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. INFORME ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO AGUA POTABLE SECTOR OROTINA-CALDERA. San José, diciembre de 2009.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. MEMORANDO N°:SUB-G-AID-UEN-GA-09-394. Asunto: Pozos cercanos a línea de conducción de Ojo de Agua. San José, julio de 2009.

Centro Centroamericano de Población – CCP. Lunes, 15 de Febrero de 2010.

<http://ccp.ucr.ac.cr/observa/CRsubnacional/anexo2.htm>

7.- Anexos

Figura A.1. Sitios propuestos para la ubicación de PTAP sobre el río Jesús María

Figura A.2. Ruta de acceso y toma propuestos para la PTAP Jesús María 1

Figura A.3. Conducción PTAP Jesús María 1 a Línea de conducción Ojo de Agua

Figura A.4. Ruta de acceso y toma propuestos para la PTAP Jesús María 2.

Figura A.5. Conducción PTAP Jesús María 2 a Línea de conducción Ojo de Agua.

Figura A.5. Conducción PTAP Jesús María 2 a Línea de conducción Ojo de Agua.

Planos esquemáticos Alternativa 3 (2 láminas)

Sitio de aforo



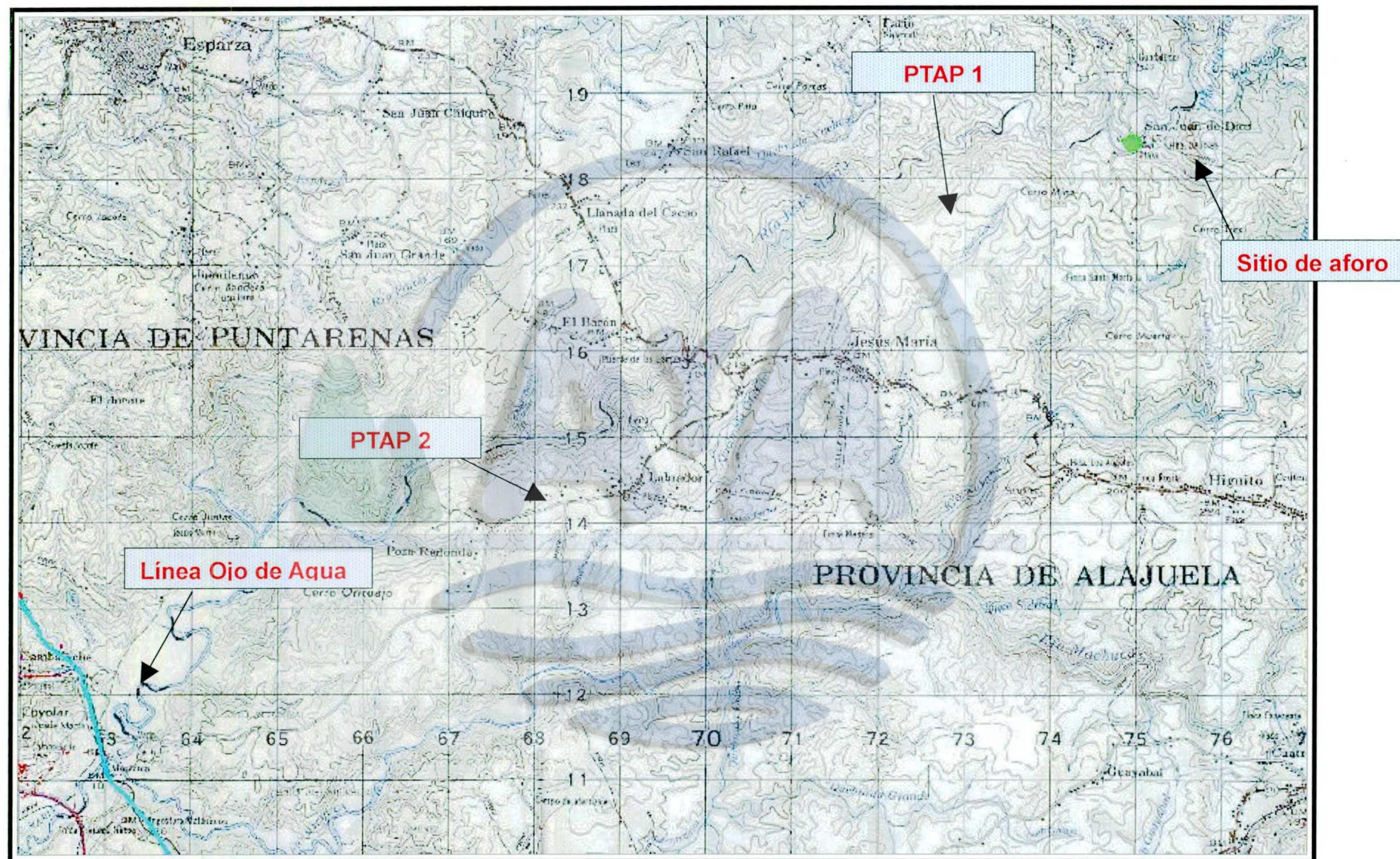


Figura A.1. Sitios propuestos para la ubicación de PTAP sobre el río Jesús María

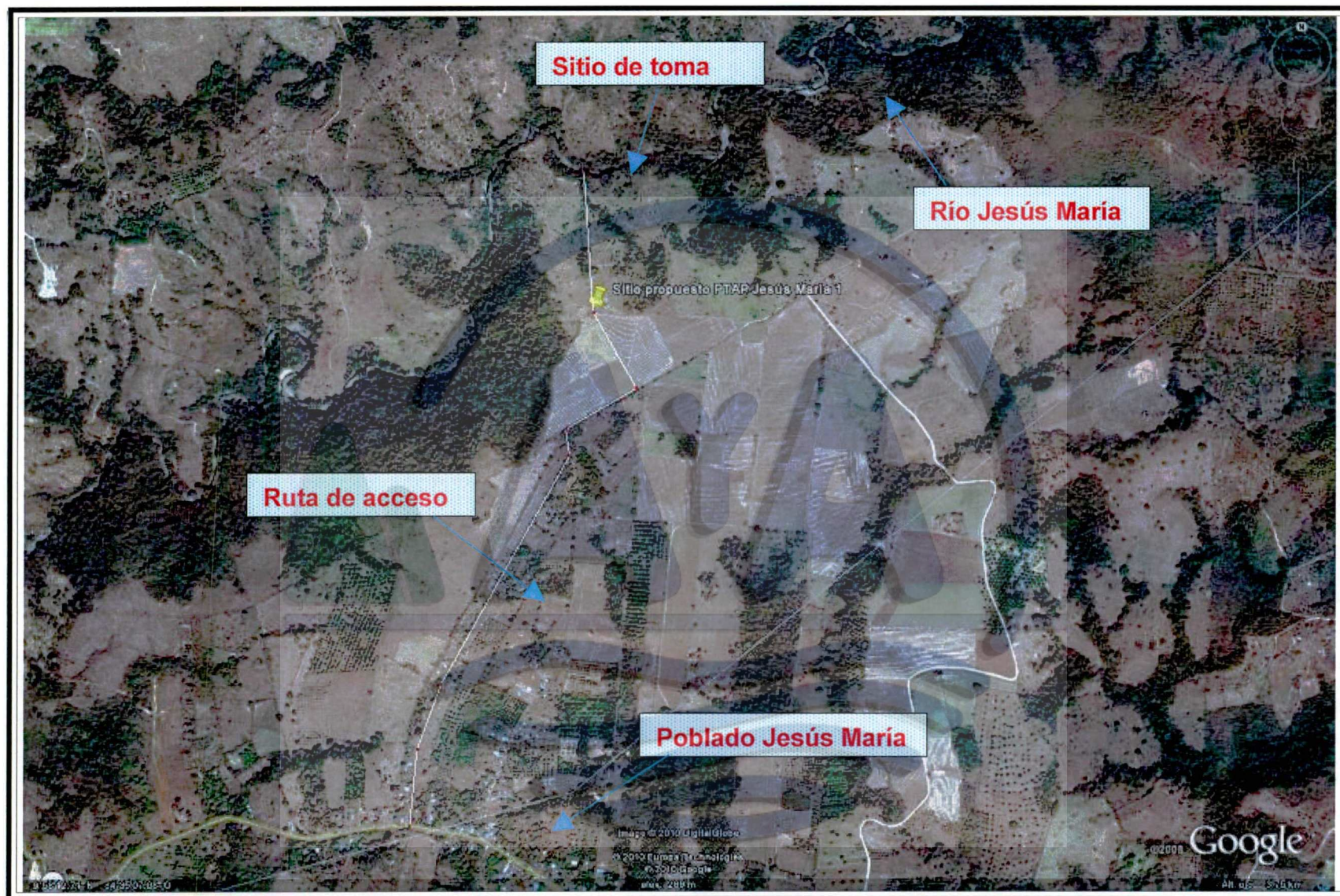


Figura A.2. Ruta de acceso y toma propuestos para la PTAP Jesús María 1

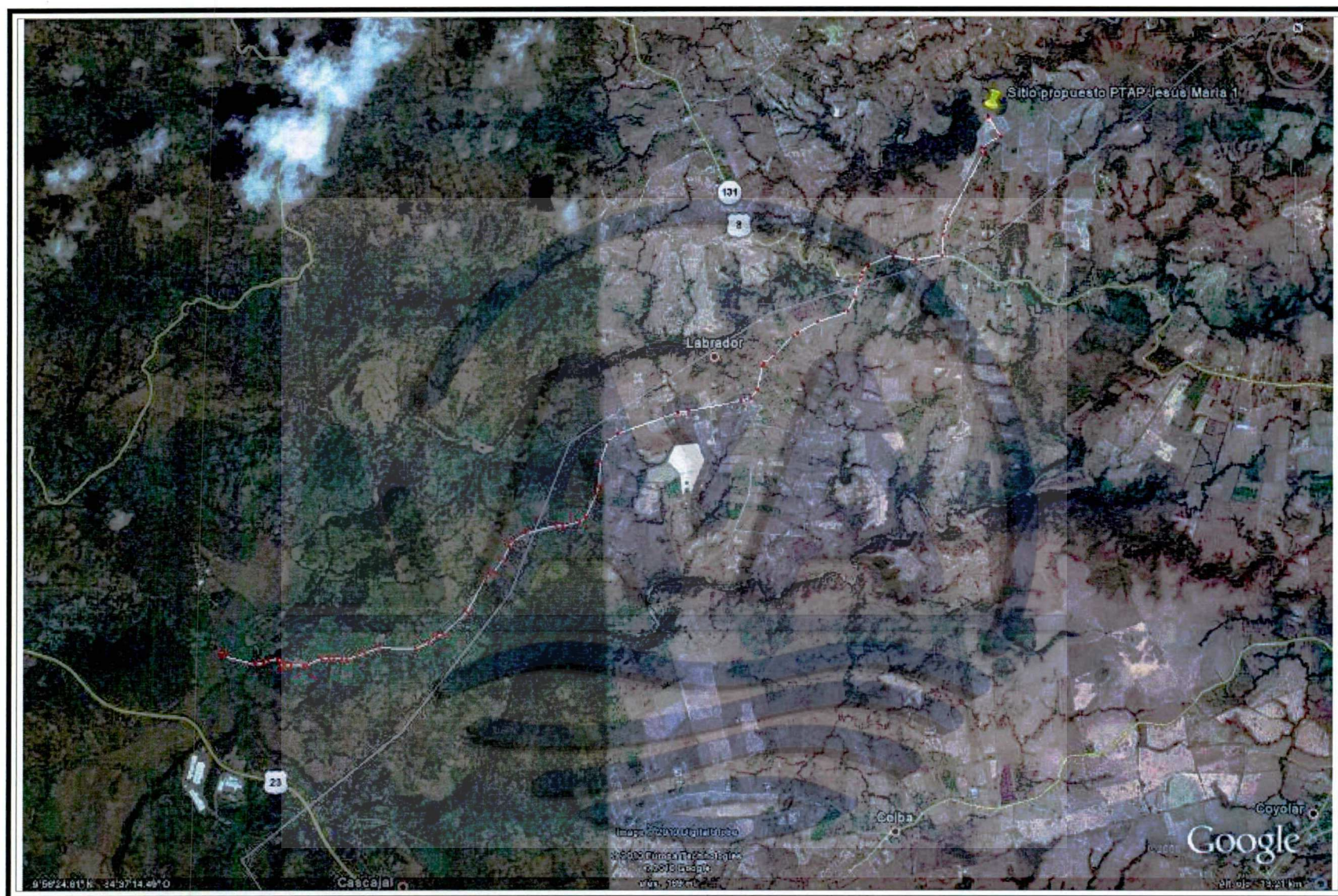


Figura A.3. Conducción PTAP Jesús María 1 a Línea de conducción Ojo de Agua

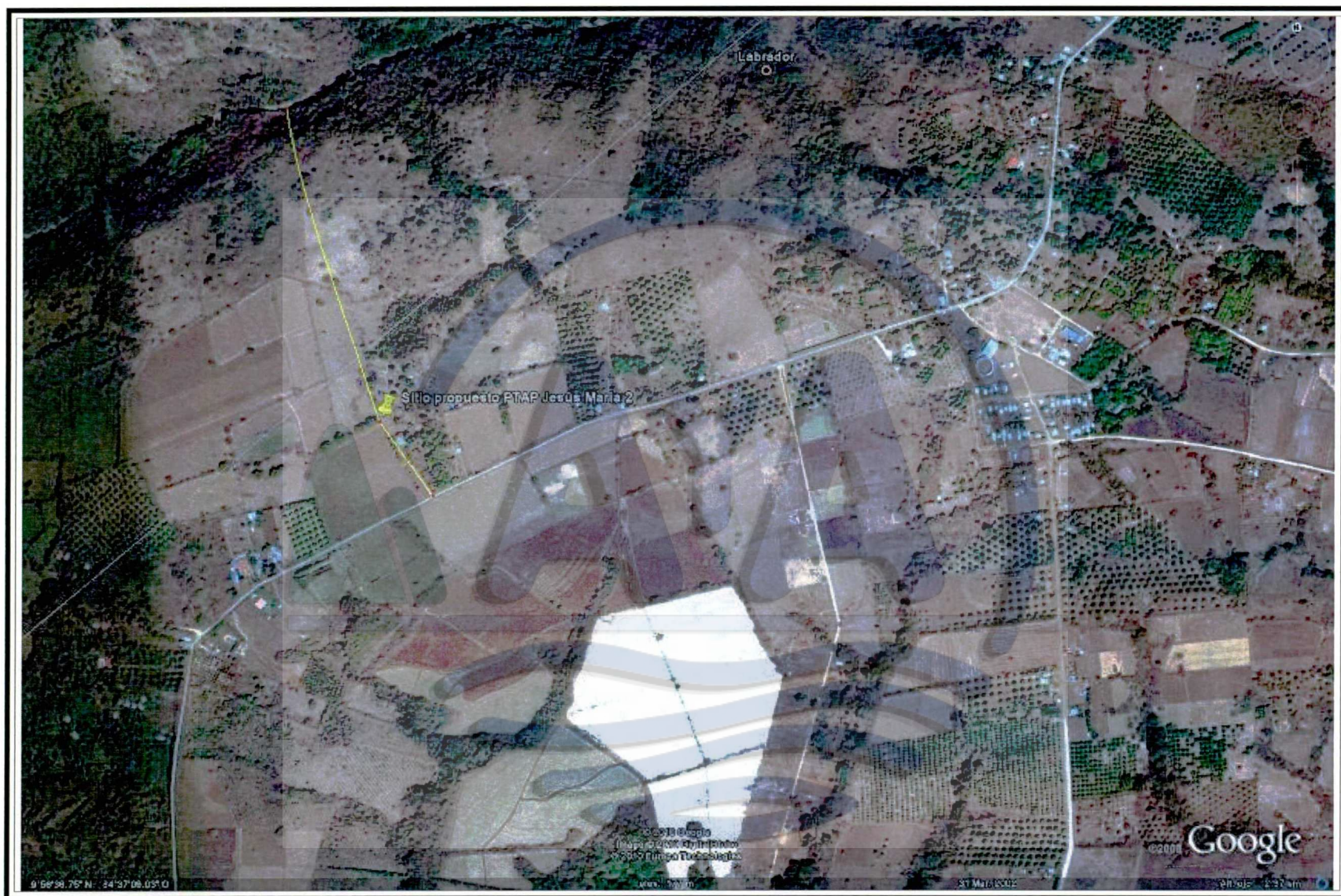


Figura A.4. Ruta de acceso y toma propuestos para la PTAP Jesús María 2.



Figura A.5. Conducción PTAP Jesús María 2 a Línea de conducción Ojo de Agua.

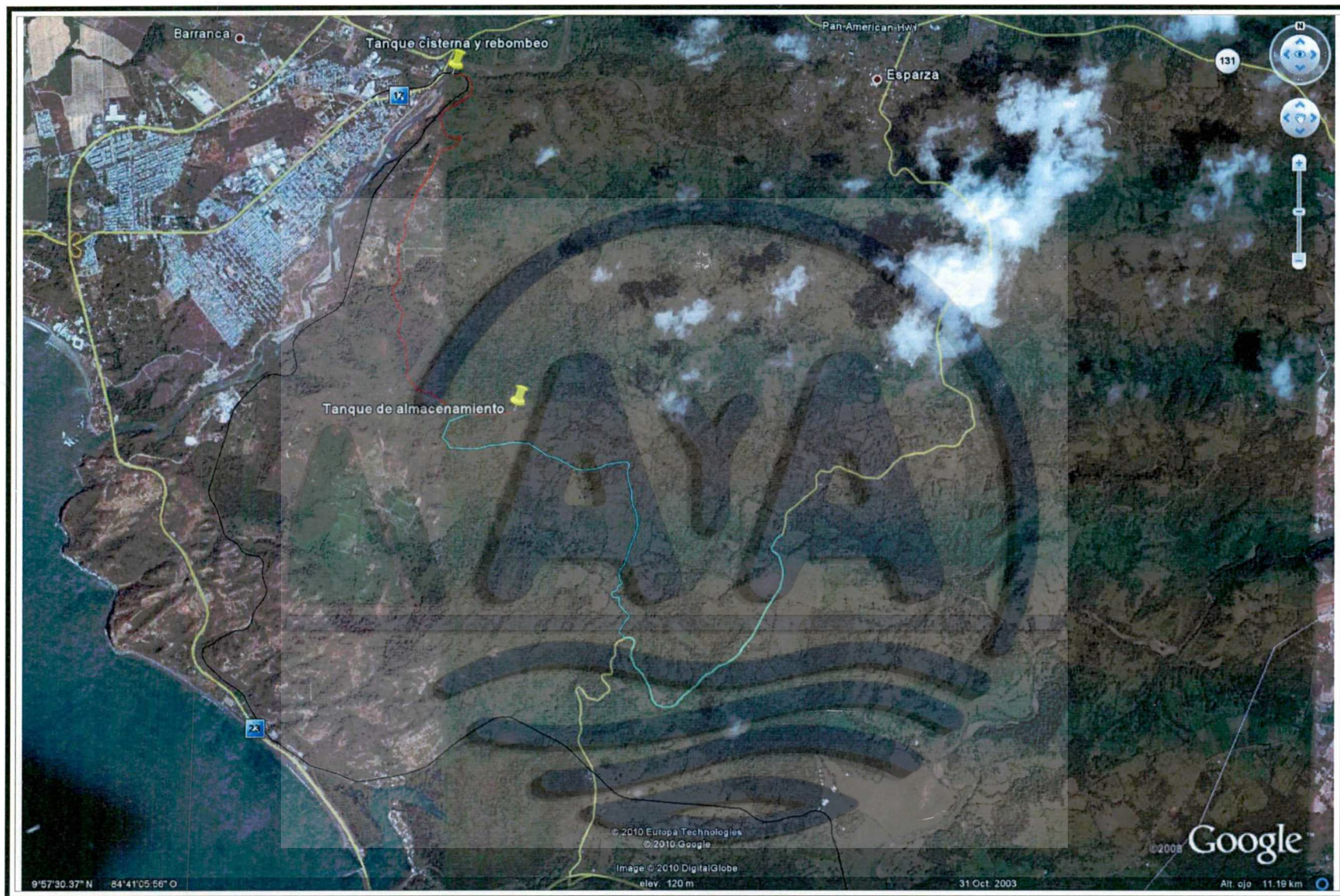


Figura A.5. Conducción PTAP Jesús María 2 a Línea de conducción Ojo de Agua.

