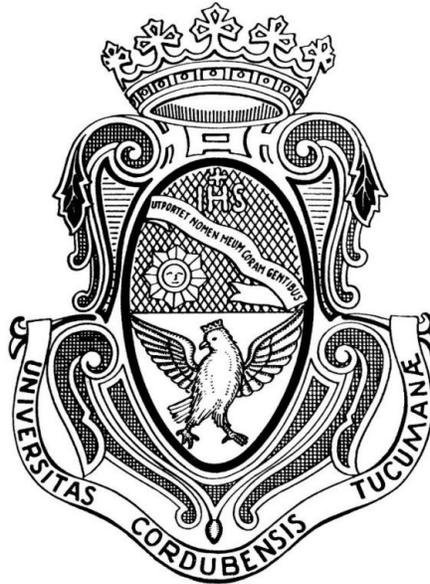


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y
NATURALES



PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ACUEDUCTO RÍO
CORONDA – SAN FRANCISCO

AUTOR: Mariano Enrique García

Matrícula: 34988843

TUTOR: Dr. Ing. Teresa Reyna

SUPERVISOR EXTERNO: Ing. Fabián Fulginiti

Fecha:

ÍNDICE

1. INTRODUCCION	6
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
3. ANTECEDENTES	8
3.1. Sistema Regional.....	8
2.2. Información Adicional.....	11
3. CONSIDERACIONES GENERALES	11
3.1. Localidades Alcanzadas	11
3.2. Alcances del trabajo.....	12
3.3. Metodología	13
3.4. Alternativas	14
4. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO	14
4.1. Clima	15
4.2. Clima templado pampeano o de transición	15
4.3. Relieve.....	18
4.4. Suelos.....	19
4.5. Aspectos Geológicos	25
4.6. Hidrografía	27
4.7. Flora y fauna.....	30
4.8. Aspectos Socio-Institucionales.....	31
4.9. Economía Productiva	34
5. ANÁLISIS POBLACIONAL.....	37
5.1. Períodos de diseño adoptados.....	37
5.2. Proyección Poblacional.....	38
5.3. Métodos de Verificación.....	41
5.4. Métodos de Proyección de Población	42
5.4.1. Método de la Curva Logística	43
5.4.2. Tasa Geométrica Decreciente	44
5.4.3. Método relación - tendencia	45
5.4.4. Técnica de los Incrementos Relativos	47
5.5. Resultados.....	49
6. MODELO DE DEMANDA.....	51
6.1. Dotación por habitante	51
6.2. Caudales de diseño	51
7. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN	55
7.1. Introducción	55
7.2. Información disponible	55
7.3. Metodología	55
8. MODELO HIDRÁULICO	58
8.1. Software.....	58
8.2. Características del modelo hidráulico.....	58
8.2.1. Características generales.....	58
8.2.2. Componentes físicos.....	59
8.2.3. Componentes no físicos.....	60
7.3. Rugosidad del conducto.....	61
7.4. Pérdidas en el tramo	62
7.5. Carga de datos	62
8. ALTERNATIVAS ANALIZADAS	63

8.1. Predimensionado	64
9. CORRIDA DEL MODELO	65
9.1. Alternativa N° 1	65
9.2. Propuesta N° 2.....	69
9.3. Propuesta N° 3.....	72
9.4. Propuesta N° 4.....	75
9.5. Comparación de Alternativas	78
10. PERFIL LONGITUDINAL	79
10.1. Consideraciones.....	79
10.2. Pendientes recomendadas de Instalación de las Cañerías.....	79
8.3. Pendientes adoptadas	82
8.4. Válvulas de aire	82
8.5. Cámaras de limpieza o descarga	83
10.3. Planos	84
11. ESTACIONES DE BOMBEO	86
11.1. Consideraciones.....	86
12. CONCLUSIONES	88
12.1. Conclusiones y recomendaciones	88
12.2. Consideraciones personales	88
13. BIBLIOGRAFÍA	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Mapa de acueductos de Córdoba, región Este y Centro	8
Figura N° 2 Sistema Provincial de Acueductos de Santa Fe, Planificación 2012. Gobierno de Santa Fe.....	9
Figura N° 3 Avance 2017.....	10
Figura N° 4 Localidades que serían alcanzadas por la posible ampliación	12
Figura N° 5 Clasificación climática en la llanura Chaco pampeana y ubicación de la zona de estudio	15
Figura N° 6 Mapa de variación climática – Provincia de Santa Fe	16
Figura N° 7 Variación climática – Provincia de Santa Fe	17
Figura N° 8 Isohietas medias anuales República Argentina.....	18
Figura N° 9 Distribución de Loess y Loessoides (Rocca et al, 2005, adaptado de Zárate, 2003)	21
Figura N° 10 Suelos en la provincia de Santa Fe, INTA	23
Figura N° 11 Suelos en la provincia de Córdoba, INTA.....	24
Figura N° 12 Unidades geomorfológicas de la provincia de Santa Fe	25
Figura N° 13 Red Hidrográfica – Provincia de Santa Fe.....	28
Figura N° 14 Densidad demográfica – Provincia de Santa Fe.....	32
Figura N° 15 Economía productiva – Provincia de Santa Fe.....	35
Figura N° 16 Horizonte de planificación	37
Figura N° 17 Proyección de la población en el año 2040, localidades de Santa Fe	39
Figura N° 18 Proyección de la población en el año 2040, localidades de Córdoba	40
Figura N° 19 Población localidades importantes	41
Figura N° 20 Ecuaciones para la determinación de los Coeficientes C.	46
Figura N° 21 Poblaciones de diseño correspondientes al año 2040.....	49

Figura N° 22	Evolución de la población de Rafaela.....	50
Figura N° 23	Coefficiente de caudal α_1	51
Figura N° 24	Valores de los coeficientes de caudal	51
Figura N° 25	Cálculo del Caudal necesario, Santa Fe	53
Figura N° 26	Cálculo del Caudal necesario, Córdoba	54
Figura N° 27	Modelo digital de Elevación (MDE) – (Vista en planta) Datos: SRTM.....	56
Figura N° 28	Curvas de nivel generadas en Global Mapper.....	57
Figura N° 29	Captura de pantalla de EPANET, componentes físicos.....	60
Figura N° 30	Captura de pantalla de EPANET, curva característica de la bomba	60
Figura N° 31	Coefficientes de rugosidad para tuberías nuevas.....	62
Figura N° 32	Cálculo de longitudes equivalentes para los accesorios.....	62
Figura N° 33	Modelo del acueducto en EPANET	63
Figura N° 34	Resumen de Alternativas	64
Figura N° 35	Modelo del acueducto en EPANET	65
Figura N° 36	Resultados del modelo.....	66
Figura N° 37	Acueducto Norte-2 – Presión – Alternativa N°1	67
Figura N° 38	Acueducto Norte-2 – Velocidad – Alternativa N°1	67
Figura N° 39	Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 1 Régimen permanente.....	68
Figura N° 40	Acueducto Norte-2 – Presión – Alternativa N°2.....	69
Figura N° 41	Acueducto Norte-2 – Velocidad – Alternativa N°2	69
Figura N° 42	Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 2. Régimen permanente	71
Figura N° 43	Acueducto Norte-2 – Presión – Alternativa N°3.....	72
Figura N° 44	Acueducto Norte-2 – Velocidad – Alternativa N°3	72
Figura N° 45	Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 3 Régimen permanente.....	74
Figura N° 46	Acueducto Norte-2 – Presión – Alternativa N°4	75
Figura N° 47	Acueducto Norte-2 – Velocidad – Alternativa N°4	76
Figura N° 48	Perfil terreno y piezométrica. Alt. N° 4.1 y 4.2 Régimen permanente.....	77
Figura N° 49	Comparación de las distintas propuestas	78
Figura N° 50	Pendientes recomendadas (ENOHSA).....	80
Figura N° 51	Pendientes recomendadas (UTN)	81
Figura N° 52	Válvula de aire con sistema anti-ariete.....	83
Figura N° 53	Cámara de limpieza o de descarga	84
Figura N° 54	Ejemplo de Plano Planialtimétrico	85
Figura N° 55	Curva característica de la bomba.....	86

ÍNDICE DE ANEXOS

1. Plano N2PU – Plano de Ubicación
2. Plano N2PT – Plano Topográfico
3. Plano N201 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 0 a 7,6
4. Plano N202 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 7,6 a 15,2
5. Plano N203 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 15,2 a 22,7
6. Plano N204 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 22,7 a 30,4
7. Plano N205 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 30,4 a 37,85
8. Plano N206 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 37,85 a 44,55
9. Plano N207 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 44,55 a 53,25
10. Plano N208 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 53,25 a 60,85
11. Plano N209 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 60,85 a 68,55
12. Plano N210 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 68,55 a 76,2
13. Plano N211 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 76,2 a 83,45
14. Plano N212 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 83,45 a 90,9
15. Plano N213 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 90,9 a 98,55
16. Plano N214 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 98,55 a 106,25
17. Plano N215 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 106,25 a 113,8
18. Plano N216 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 113,8 a 121,5
19. Plano N217 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 121,5 a 129,15
20. Plano N218 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 129,15 a 136,85
21. Plano N219 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 136,85 a 144,55
22. Plano N220 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 144,55 a 152,25
23. Plano N221 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 152,25 a 159,9
24. Plano N222 – Planimetría General y Perfil Longitudinal – Progresiva 159,9 a 160,85
25. Folleto Bomba Grundfos 1
26. Folleto Bomba Grundfos 2
27. Folleto Bomba Grundfos 3
28. Plano N2E1 – Estación de Bombeo N°1 Coronda
29. Plano N2E2 – Estación de Bombeo N°2 San Martín de las Escobas
30. Plano N2E3 – Estación de Bombeo N°3 Castelar

1. INTRODUCCION

➤ Objetivos generales

El desarrollo de la asignatura Práctica Profesional Supervisada tiene como objetivo general obtener experiencia práctica complementaria, aplicando y profundizando los conocimientos adquiridos durante los años de estudio de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba mediante el seguimiento de su desempeño asesorado y supervisado por profesionales a cargo. Se emplean los conceptos asimilados durante el cursado de las materias relacionadas y adecuadas a las necesidades de la temática elegida y se incorporan nuevos conocimientos, como los relacionados con el uso de software de aplicación. Adicionalmente se toma contacto con diversas herramientas y ramas existentes en el campo de la Ingeniería Civil para generar soluciones técnica y económicamente viables y se desarrollan habilidades para un mejor desenvolvimiento en el ámbito laboral profesional.

La presente se realizó bajo la modalidad de Pasante No Rentado (PNR) y se trata de la posible ampliación de un proyecto de un acueducto de agua potable en la provincia de Santa Fe para hacerlo llegar hasta el este de la Provincia de Córdoba.

➤ Objetivos específicos

- Utilizar todos los conceptos vistos en las materias afines a fluidos para realizar el predimensionamiento y la modelación.
- Recopilación de antecedentes e información disponible referente a los acueductos existentes y en diferentes etapas de ejecución y proyecto en Santa Fe. Recopilación y estudios de datos de población para las localidades abastecidas por el acueducto analizado.
- Obtención mediante modelos digitales de elevación de la altimetría del sector de estudio.
- Realización de la memoria de cálculo de población y de los cálculos hidráulicos en régimen permanente con planteo de alternativas de conducción que permita definir los diámetros para este acueducto.
- Ejecución de planos de proyecto con indicaciones planialtimétricas de la alternativa de conducción seleccionada donde se indiquen referencias, longitud de los tramos, pendientes, características técnicas de los equipos de bombeo necesarios con su respectiva estructura de contención.
- Aprender a utilizar el software necesario (EPANET, CivilCAD, Global Mapper, etc.).

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Como es de amplio conocimiento, existen problemas de abastecimiento de agua para las zonas Este y Centro de la provincia de Córdoba, y el Gran Córdoba. Por otro lado, los caudales del Río Suquia que actualmente proveen al Gran Córdoba, y los del Río Tercero

o Ctalamochita, que al presente proveen al acueducto troncal que permite abastecer la zona Noreste y Este de la Provincia de Córdoba, se encuentran cerca de su capacidad de manera que no se puede gestionar los recursos para otros destinos (como, por ejemplo, abastecer a Sierras Chicas o ampliar las zonas provistas por el sistema de acueductos del este y centro provincial, sistemas de riego, etc.).

Por otra parte, la Provincia de Santa Fe se encuentra actualmente en desarrollo de su Sistema de Grandes Acueductos. En total son 12 obras de gran magnitud con las que se busca proveer de agua a las 362 localidades de esa provincia. Algunas de estas obras están en construcción y otras en etapa de estudio.

Cuando se visualizan algunos de estos acueductos, junto con los existentes en la Provincia de Córdoba, es posible observar que dos de ellos se muestran muy próximos a acueductos existentes en nuestra provincia. Por el lado de la Provincia de Santa Fe son: Acueducto Norte 1 – Desvío Arijón (Toma Desvío Arijón) y Acueducto Norte 2 – Río Coronda (Toma Coronda). Por el lado de la Provincia de Córdoba: Acueducto Villa María - San Francisco – Mortero – Balnearia.

Esta situación permite pensar en la posibilidad de ampliación de los acueductos de Santa Fe de la zona central para dar provisión de agua al acueducto troncal que parte del Río Tercero o Ctalamochita y que permite abastecer a la ciudad de San Francisco y también para dar provisión de agua al Gran Córdoba a través de un nuevo acueducto.

También pueden analizarse opciones de acueductos totalmente independientes (aun cuando podrían aprovecharse las trazas) que lleven el agua cruda a los distintos puntos de conexión y entrega de caudales (Acueducto Río Tercero – San Francisco, Sistema Gran Córdoba/Planta Bouwer/Planta Suquía).

Por medio del presente estudio de Factibilidad se busca determinar la conveniencia de estas obras cuyo objeto es el de resolver a mediano y largo plazo los problemas de abastecimiento de agua para las zonas Este y Centro de la provincia de Córdoba, y el Gran Córdoba.

Una ventaja adicional sería también aprovechar al máximo la posibilidad de integración regional con la Provincia de Santa Fe y realizar el desarrollo en forma mancomunada buscando un financiamiento conjunto. Para esto se considerarán las obras de acueductos recientemente realizadas y aquellas que se encuentran en proyecto.

Se definen las siguientes variables: caudales, velocidades admisibles, presión y parámetros de diseño para las estaciones de bombeo. En cada punto de derivación se consideraron los caudales necesarios para abastecer a las localidades consideradas en el proyecto o anteproyecto original. Los sistemas de bombeo considerados son los requeridos para impulsar el fluido a través de la traza del acueducto sin considerarse los sistemas de bombeo requerido por las derivaciones.

Las estaciones de bombeo plantean la instalación de una cisterna para la derivación a las localidades a servir y como elemento de operación del sistema de bombeo del acueducto troncal.

3. ANTECEDENTES

3.1. Sistema Regional

Actualmente, la región Este y Centro de la provincia de Córdoba se abastece por medio de dos acueductos desde la cuenca del Río Tercero a la altura de la ciudad de Villa María y la ciudad de Bell Ville. San Francisco y gran parte del departamento de San Justo tiene provisión de agua a través de uno de estos acueductos, que parte desde el Río Tercero o Ctalamochita.

Figura N° 1 Mapa de acueductos de Córdoba, región Este y Centro

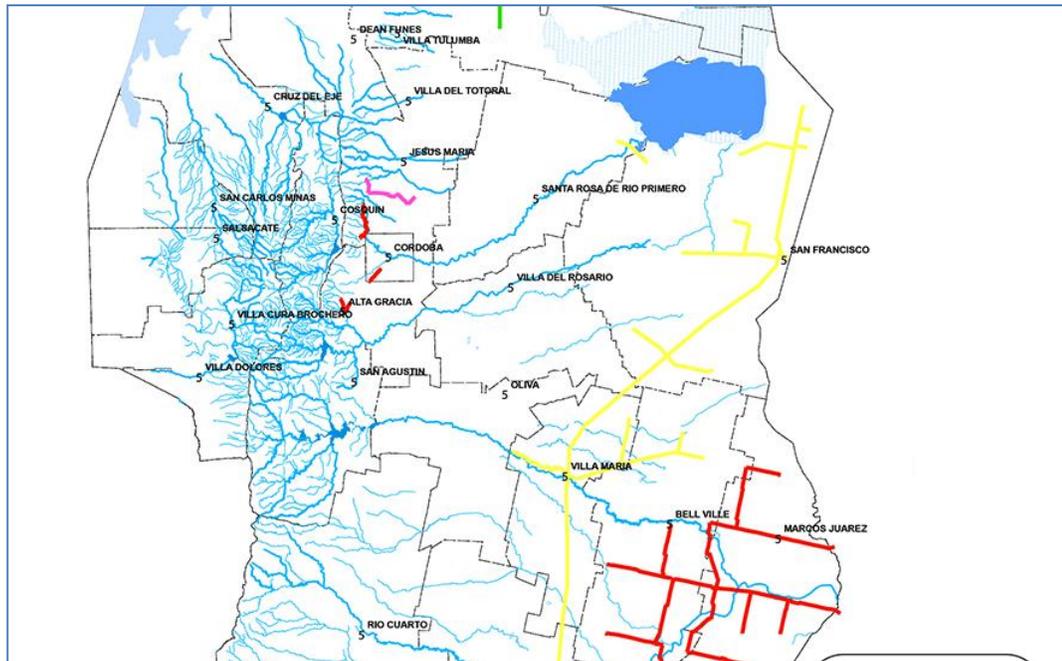
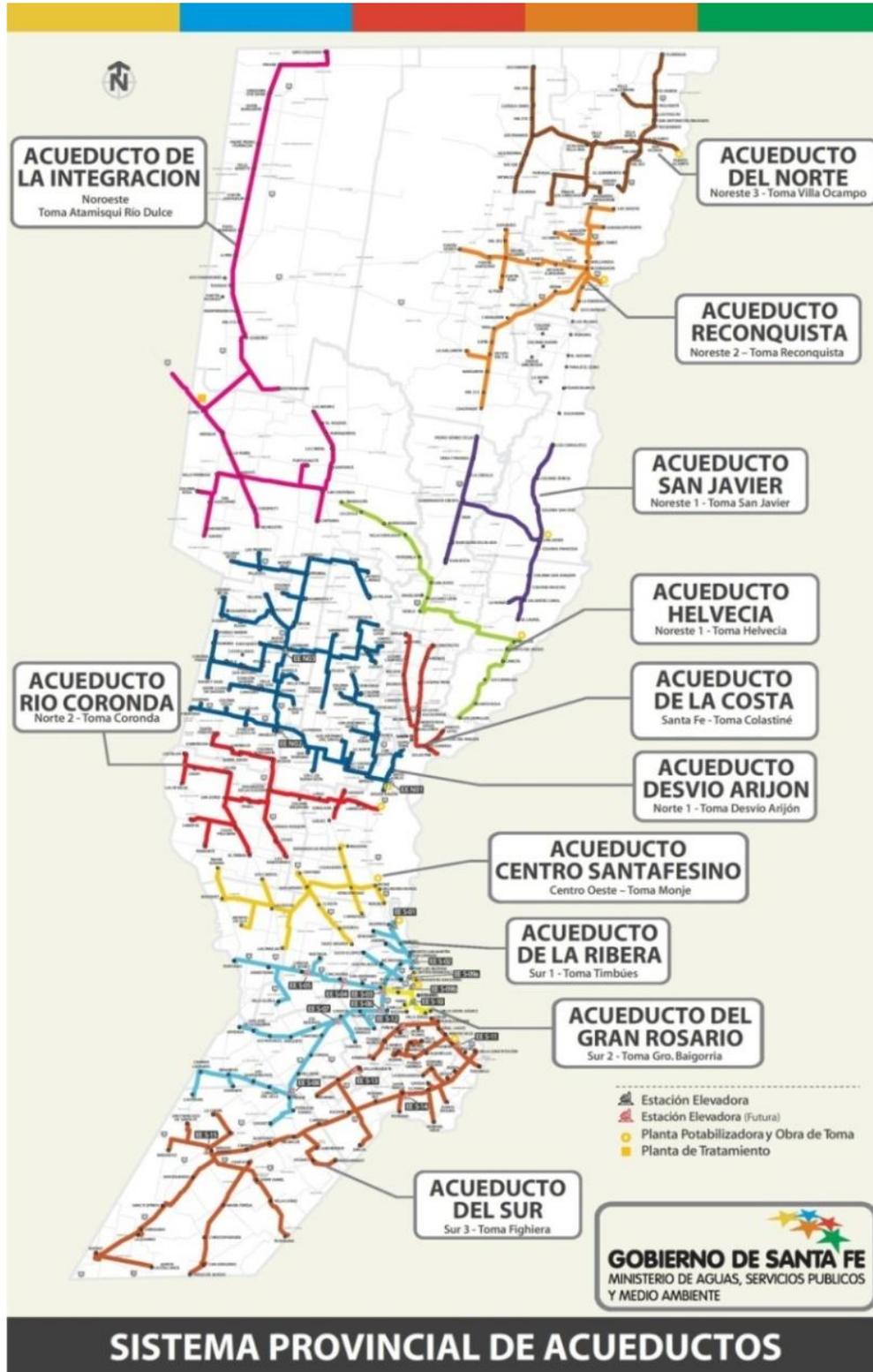


Figura Nº 2 Sistema Provincial de Acueductos de Santa Fe, Planificación 2012.
Gobierno de Santa Fe



Los acueductos en construcción o bajo estudio dentro de la provincia de Santa Fe son los siguientes:

- Acueducto Noroeste – de la Integración (Toma Atamisqui Río Dulce)
- Acueducto Noreste 3 – del Norte Santafesino (Toma Villa Ocampo)
- Acueducto Noreste 2 – Reconquista (Toma Reconquista)
- Acueducto Noreste 1 – San Javier (Toma San Javier)
- Acueducto Noreste 1 – Helvecia (Toma Helvecia)
- Acueducto Sistema Santa Fe – de la Costa (Toma Colastiné)
- Acueducto Norte 1 – Desvío Arijón (Toma Desvío Arijón)
- Acueducto Norte 2 – Río Coronda (Toma Coronda)
- Acueducto Centro-Oeste Santafesino (Toma Monje)
- Acueducto Sur 1 – de la Ribera (Toma Timbúes)
- Acueducto Sur 2 – del Gran Rosario (Toma Granadero Baigorria)
- Acueducto Sur 3 – del Sur (Toma Fighiera)

El estudio de Factibilidad planteado se realiza para determinar la conveniencia de estas obras, analizando dos alternativas, la Norte 1 y la Norte 2. En este informe se evalúa la alternativa denominada:

- Acueducto Norte 2 – Río Coronda: Se trata de un sistema de captación, transporte y distribución de agua potable, con toma superficial en el Río Coronda, un brazo del río Salado de unos 150 kilómetros de largo, que corre próximo al río Paraná hasta que confluye con éste. Prevé una traza de 116 kilómetros en su curso troncal y 258 de derivaciones secundarias para llegar a 32 localidades. Planificado en 2008, el proyecto ejecutivo se encuentra actualmente en evaluación.

En la Figura Nº 3 se muestra el avance hasta 2017 según Ministerio de Infraestructura y Transporte de la Provincia de Santa Fe, destacando en rojo la traza troncal del acueducto Río Coronda.

Figura Nº 3 Avance 2017



2.2. Información Adicional

Para el desarrollo del presente estudio se contó con información de las siguientes fuentes:

- Resumen ejecutivo de las obras a licitar y Circulares aclaratorias “Sistema General de Acueductos de la provincia de Santa Fe”.
- Pliegos para el llamado a licitación Pública para otros acueductos ya en ejecución.
- Pliegos particulares de especificaciones técnicas y legajo gráfico.
- Modelo Digital de Elevación. Datos originarios: SRTM.
- Información de dominio público y estudios previos.
- Datos censales de las poblaciones de las localidades alcanzadas. INDEC.

3. CONSIDERACIONES GENERALES

3.1. Localidades Alcanzadas

El acueducto está ubicado en el centro de la Provincia de Santa Fe. Ubicando la toma y la planta potabilizadora en Coronda, sigue su recorrido a lo largo de la Ruta Provincial 64, en sentido Este – Oeste. Las localidades abastecidas, siguiendo aproximadamente su recorrido son Coronda, Arocena, San Fabián, Barrancas, Larrechea, Gessler, Loma Alta, Gálvez, San Eugenio, López, Campo Piaggio, Colonia Belgrano, San Martín de las Escobas, Traill, Cañada Rosquín, Casas, Las Bandurrias, Zenón Pereyra, Esmeralda, Garibaldi, María Juana, Colonia Margarita, San Vicente, San Jorge, Carlos Pellegrini, El Trébol, Landeta, Piamonte, Sastre, Crispi, Las Petacas, y finaliza tomando la Ruta Provincial 20 en sentido Sur – Norte, terminando en la localidad de Castelar.

El Objetivo de este estudio prevé el posible enlace de dicho acueducto con el de Río Tercero – San Francisco, en las cercanías de dicha ciudad, la cabecera departamental. Con este objetivo se extendería el ramal troncal en las proximidades de la localidad de Castelar con dirección noroeste hasta la localidad de Frontera.

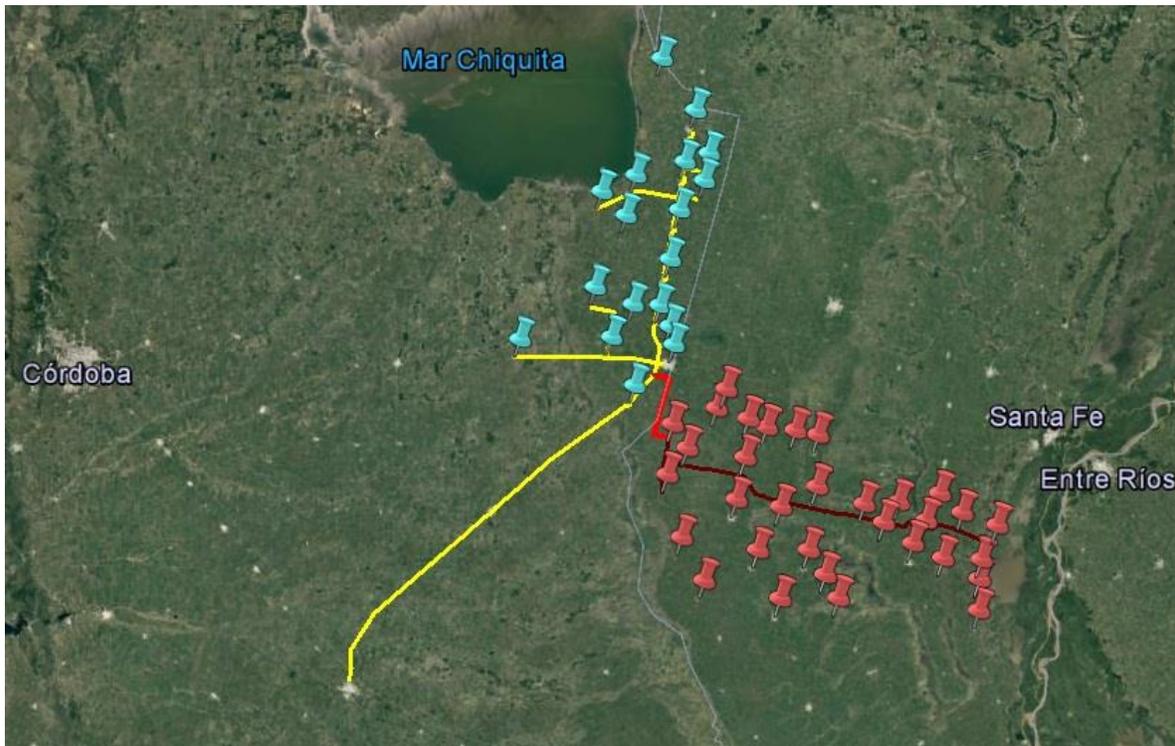
Las localidades de Córdoba que podrían ser abastecidas serían las pertenecientes al departamento de San Justo que actualmente tienen provisión por el acueducto Río Tercero San Francisco, y que se encuentren ubicadas más al norte del punto de encuentro. Las mismas son, en orden decreciente de población, San Francisco, Morteros, Brinkman, Freyre, Devoto, Porteña, La Francia, Altos de Chipión, Colonia Marina, La Paquita, Colonia Vignaud, Seeber, Quebracho Herrado, Plaza San Francisco, Colonia Valtelina, Estación Luxardo, Plaza Luxardo y Colonia 10 de Julio.

A continuación, de una captura de Google Earth en la Figura N° 4, se muestran en rojo las localidades alcanzadas por el proyecto original en Santa Fe y en celeste las localidades alcanzadas en la provincia de Córdoba. También se muestran las trazas de los

acueductos, en rojo el proyecto en cuestión (proyecto original en rojo más oscuro, con la adición del enlace con San Francisco en rojo más fuerte) y en amarillo el acueducto Río Tercero – San Francisco.

- Ver Anexo Plano N2PU – Plano de Ubicación.

Figura N° 4 Localidades que serían alcanzadas por la posible ampliación



3.2. Alcances del trabajo

Como parte del presente trabajo se analizan distintas alternativas en función de las siguientes variables consideradas: caudales, velocidades admisibles, presión y parámetros de diseño para las estaciones de bombeo. En cada punto de derivación se consideran los caudales necesarios para abastecer a las localidades del proyecto o anteproyecto original. Se definirán los sistemas de bombeo que permitan impulsar el fluido a través de la traza del acueducto sin considerarse los sistemas de bombeo requeridos por las derivaciones. Las estaciones de bombeo dispondrán de una cisterna para la derivación a las localidades a servir y como elemento de operación del sistema de bombeo del acueducto troncal.

El estudio realizado se compone de las siguientes tareas: Análisis demográfico y proyección poblacional para las localidades involucradas

- Caracterización del medio Físico de la zona de proyecto
- Estudio de la demanda
- Planteo de alternativas de conducción
- Desarrollo de los modelos hidráulicos
- Definición de los parámetros de las estaciones de bombeo necesarias
- Valoración de las alternativas analizadas y selección de la más apropiada
- Desarrollo del perfil longitudinal de la conducción
- Confección de planos planialtimétricos

3.3. Metodología

Para la elaboración del Estudio de Factibilidad, se trabajará sobre los siguientes aspectos, relacionados todos ellos con el aprovechamiento eficiente del Recurso Hídrico:

- Provisión actual:
 - Localidades de la provincia de Santa Fe consideradas en el proyecto.
 - Ciudad de Córdoba.
 - Gran Córdoba (incluyendo zonas aguas arriba que compiten con el recurso disponible).
 - Acueductos provinciales en Córdoba.
 - Demandas actuales.
 - Demandas del sector Este de la provincia de Córdoba y demandas “en ruta” de la zona a atravesar por el acueducto.
- Provisión a mediano y largo plazo
 - Localidades de la provincia de Santa Fe consideradas en el proyecto.
 - Ciudad de Córdoba.
 - Gran Córdoba.
 - Zonas Noreste y Este de la provincia de Córdoba.
 - Demandas futuras.
 - Modificación de los hábitos de consumo / eficiencia.

Alternativas de abastecimiento a través de un acueducto troncal que parta del acueducto santafesino en la zona central y alternativa de acueductos independientes.

- Estudio de capacidad del acueducto santafesino.
- Estudio de alternativas de repotenciación del acueducto o ejecución de un acueducto paralelo al existente:
 - Factibilidad y sustentabilidad.
 - Conducciones necesarias.
 - Estaciones de bombeo.
 - Cisternas de almacenamiento.
 - Provisión Largo Plazo (a 30 años).

- Noreste y Este de la Provincia de Córdoba.
- Ciudad de Córdoba.
- Gran Córdoba/Centro de la Provincia.
- Demandas futuras.
- Conducciones.
- Costos operativos.
- Sustentabilidad.
- Impactos ambientales.

De cada uno de los aspectos señalados se recogerán los datos básicos existentes en estudios y trabajos que estén disponibles.

3.4. Alternativas

La elaboración de las diferentes alternativas se efectuó mediante la variación de algunos parámetros.

En una primera aproximación, se tomó una velocidad máxima admisible de 1.5 m/s, y luego una menor de 1 m/s para la segunda aproximación.

Otro parámetro que diferenciara las alternativas fue el caudal. Se plantearon adicionalmente otras, incluyendo la posibilidad de incluir la provisión hacia el Gran Córdoba, sumando 1 m³/s al caudal obtenido para las localidades previamente mencionadas.

4. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

Con el objeto de fijar de forma adecuada las bases para un futuro estudio de afectación medioambiental y definir las medidas de mitigación que resulten necesarias, todo proyecto requiere en términos generales la descripción de la zona de interés caracterizando, de los siguientes aspectos, aquellos que resulten vinculantes:

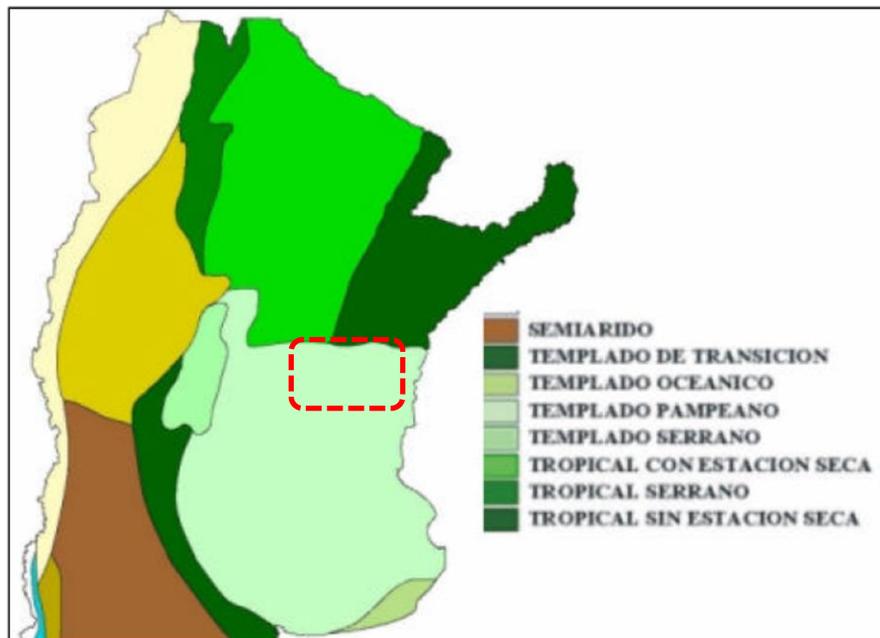
- Caracterización climática: precipitación mensual, evaporación potencial mensual y evaporación efectiva mensual de la zona del proyecto.
- Características topográficas de la zona de afectación. Pendiente del terreno.
- Condiciones geológicas y geomorfológicas. Caracterización reológica de los materiales involucrados.
- Estudio de suelo: Mapa de suelo, textura, densidad aparente, estudio de infiltración, escorrentía.
- Descripción de los usos actuales y potenciales del suelo.
- Red hidrológica y distancias a cursos de aguas superficiales, incluyendo canales de riego. Cartografía de recursos hídricos subterráneos del área de influencia del proyecto.

Se caracterizan a continuación aquellos aspectos del medio físico donde se enmarca la obra en cada provincia.

4.1. Clima

Entre la diversidad de climas que presenta la República Argentina (Figura N° 5) el desarrollo de las obras analizadas se localiza dentro de la zona de clima templado según la delimitación realizada por el INTA (<http://inta.gob.ar/>). (Fuente: INTA, 1995 citado en Revista "Visión Argentina". Publicación N°5).

Figura N° 5 Clasificación climática en la Llanura Chaco pampeana y ubicación de la zona de estudio



4.2. Clima templado pampeano o de transición

Comprende la región pampeana oriental. Es el más extenso y característico de los climas templados de la Argentina. Se destaca por los veranos calurosos e inviernos templados, con olas de aire frío, por su posición abierta a las invasiones de aire polar antártico. Las estaciones intermedias no están bien definidas, o bien duran poco tiempo, siendo la más estable el otoño.

El período caluroso comprende los meses de noviembre a marzo. El invierno se inicia a fines de mayo y dura hasta agosto, con promedios mensuales superiores a 10°, pero se registran con frecuencia temperaturas inferiores a 0°. Los días de mal tiempo son

frecuentes al comienzo del período invernal, pero no faltan días de sol, y noches de intenso frío. La elevada humedad de ciertos días de verano hace sofocante el ambiente. El coeficiente de humedad relativa experimenta una disminución constante hacia el interior.

Las épocas de menor calma atmosférica son la primavera y el verano. A fines del verano y en el otoño, el tiempo es más estable. En noviembre y diciembre, con los primeros calores fuertes, tienen lugar tormentas violentas, con brusca caída termométrica, vientos huracanados y aguaceros. Los vientos más frecuentes son los del norte, nordeste y sudeste, siendo escasos los del noroeste y oeste. Las calmas son raras, sobre todo en verano.

Los vientos locales característicos son el norte, el pampero y la sudestada. El viento “norte”, cálido y húmedo, trae tiempo caluroso e inestable, que origina los días sofocantes del verano y las bajas presiones. El “pampero” sopla del sudoeste, a veces con violencia, y hace posible, al provocar los cambios de temperatura, las condiciones normales para la vida humana. La atmósfera posee un bajo coeficiente de diafanidad, y el promedio de heliofanía es más alto en verano que en invierno. El total anual de lluvias se haya próximo a los 1000 mm a lo largo de la costa del río de la Plata. Las lluvias disminuyen paulatinamente hacia el oeste.

En Córdoba hay un período seco entre junio y setiembre en el cual cae solamente el 8% del total anual disminuyendo el mismo hacia la faja ribereña donde prácticamente desaparece.

Circundando por el oeste al clima templado de transición, de la pampa oriental, se nota en una franja un aumento creciente de la aridez y una mayor oscilación en las temperaturas, que señalan el pasaje paulatino a la zona árida del oeste, con sus travesías arenosas.

En particular, dentro de la provincia de Santa Fe las precipitaciones están concentradas en la estación cálida y presentan alta variabilidad interanual. La temperatura media anual varía entre 17,5°C (S) y 19.5 °C (N) y la precipitación media anual entre 975 mm (O) y 1.200 mm (E).

En las Figura N° 6 y Figura N° 7 se observan las variaciones climáticas dentro de la provincia de Santa Fe.

Figura N° 6 Mapa de variación climática – Provincia de Santa Fe.

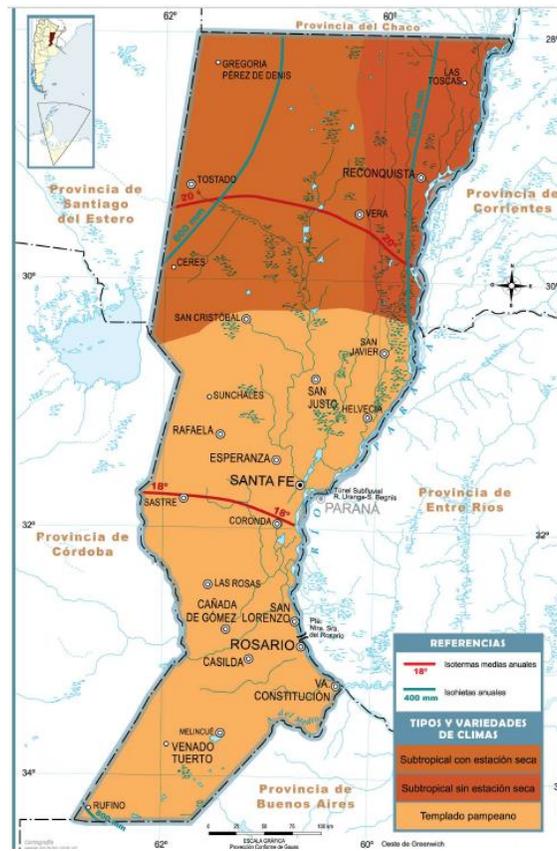
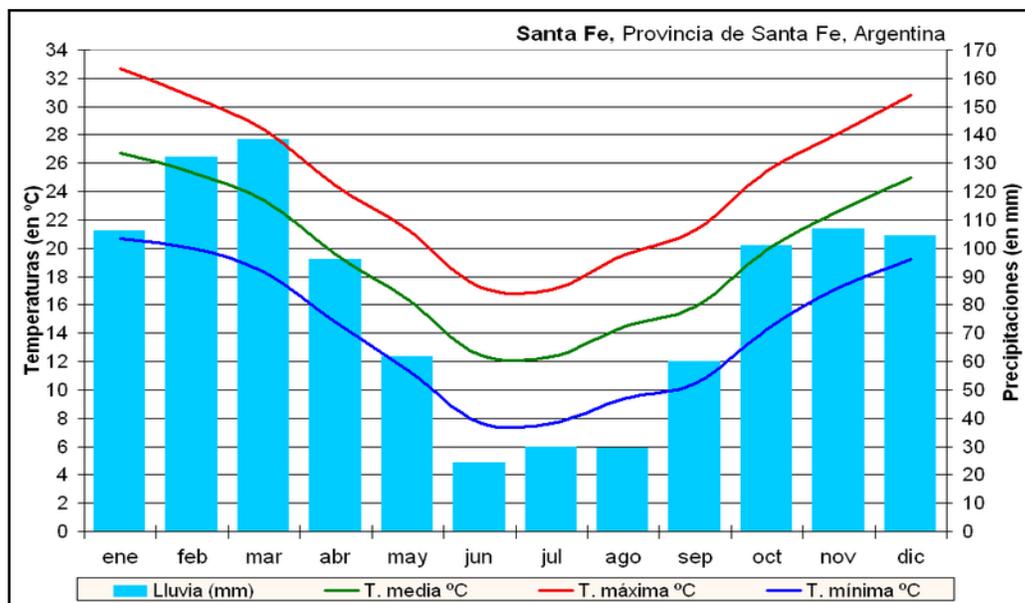


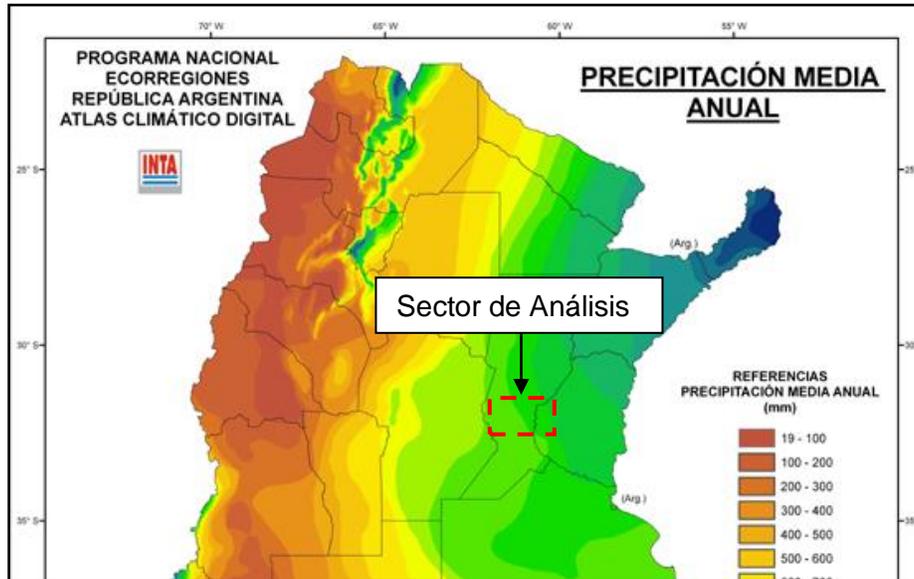
Figura Nº 7 Variación climática – Provincia de Santa Fe.



En la Figura N° 8 se observa el mapa de isohietas medias anuales para la República Argentina realizado por el INTA en el marco del proyecto de ecorregiones.

El mapa de isoyetas evidencia la relación entre la precipitación y la topografía, aumentando la intensidad de las mismas en la proximidad de la zona costera y ante ciertos grupos montañosos que influyen en la generación de precipitaciones orográficas.

Figura N° 8 Isohietas medias anuales República Argentina



4.3. Relieve

Santa Fe es una provincia mediterránea, pero con salida al mar mediante el río Paraná, (luego devenido en el río de la Plata). El relieve santafesino es una extensa llanura inclinada en dirección noroeste-sudeste, cuyos sedimentos han ido colmando una gran fosa tectónica de hundimiento. Se diferencia en sus zonas norte y sur (separadas por el río Salado), las que integran las regiones chaqueña y pampeana respectivamente, presentando diversos aspectos: las subregiones del Chaco Oriental y de la Diagonal Fluvial de la Región Chaqueña, y las subregiones de la Pampa del Norte o de la Colonia y de la Pampa Ondulada en la mitad sur y sudeste.

El Chaco Oriental, conocido también como los Bajos Submeridionales, está caracterizado por la uniformidad de los suelos, en donde la falta de drenaje causa la formación de cañadas, lagunas y zonas anegadizas, en coincidencia con los períodos de mayores precipitaciones. En la diagonal fluvial, en el noroeste provincial, existe un relieve plano con una suave inclinación hacia el sur y el este lo cual condiciona el sentido del escurrimiento de los numerosos arroyos, cañadas y lagunas que los surcan. Allí se genera una formación arbórea conocida como cuña boscosa.

El relieve de transición en el centro provincial, suavemente ondulado a plano o deprimido en las cercanías de los arroyos y los ríos como el río Salado, y en donde se presentan

desde bosques bajos hasta amplias sábanas de pastizales y pajonales, marca el nexo con la zona pampeana del sur. La Pampa norte que se abre a partir de aquí es caracterizada por la monótona llanura sólo interrumpida por los ríos, arroyos y suaves lomadas.

La Pampa Ondulada, situada al sudeste del río Carcarañá, es una franja litoral que topográficamente se caracteriza por estar a menos de 100 m sobre el nivel del mar; presentando ondulaciones suaves con desniveles inferiores a 5 metros y valles fluviales abarrancados, aterrizados y meandrosos.

El relieve en la franja central donde se ubican las obras bajo consideración es heterogéneo, con sectores ondulados y otros muy planos. Los sedimentos predominantes son loésicos, excepto en el Sudoeste donde son arenosos y en el valle del río Paraná que presenta materiales fluviales. En el Sudoeste, los sedimentos son arenosos y areno-loésicos (Pampa Arenosa y de transición), el relieve está constituido por médanos estabilizados y no existe una red de avenamiento organizada. El rasgo característico del paisaje es la existencia de lagunas de diverso tamaño y permanencia. Al Sur del río Carcarañá, en los departamentos Caseros, Constitución y en parte de los de San Lorenzo y Rosario, se presenta un relieve ondulado, con diversos grados de expresión (Pampa Ondulada). Comprende las tierras de las cuencas altas y medias de los arroyos que desaguan en el río Paraná. La red de avenamiento es organizada y se presentan procesos erosivos avanzados en la parte baja de las pendientes. Al Norte del río Carcarañá, en los departamentos Belgrano y San Martín, se presenta una faja elevada (Domo Occidental), plana en el centro y con pendientes onduladas hacia las unidades adyacentes, lo que favorece el desarrollo de fenómenos erosivos. En el eje, las alturas son levemente menores que en los bordes, presentando algunas depresiones poco marcadas. En los departamentos San Jerónimo e Iriondo el relieve es de planos muy suavemente ondulados y la red de avenamiento está constituida por “bajos” y “cañadas” que no proveen un escurrimiento totalmente eficiente de los excesos hídricos. En el Sur, en parte de los departamentos San Lorenzo y Rosario, un relieve similar al anterior está asociado a las cuencas bajas de los arroyos que desaguan en el río Paraná; la red de avenamiento es organizada, pero, los cauces están poco excavados y no se observan signos de erosión importante.

4.4. Suelos

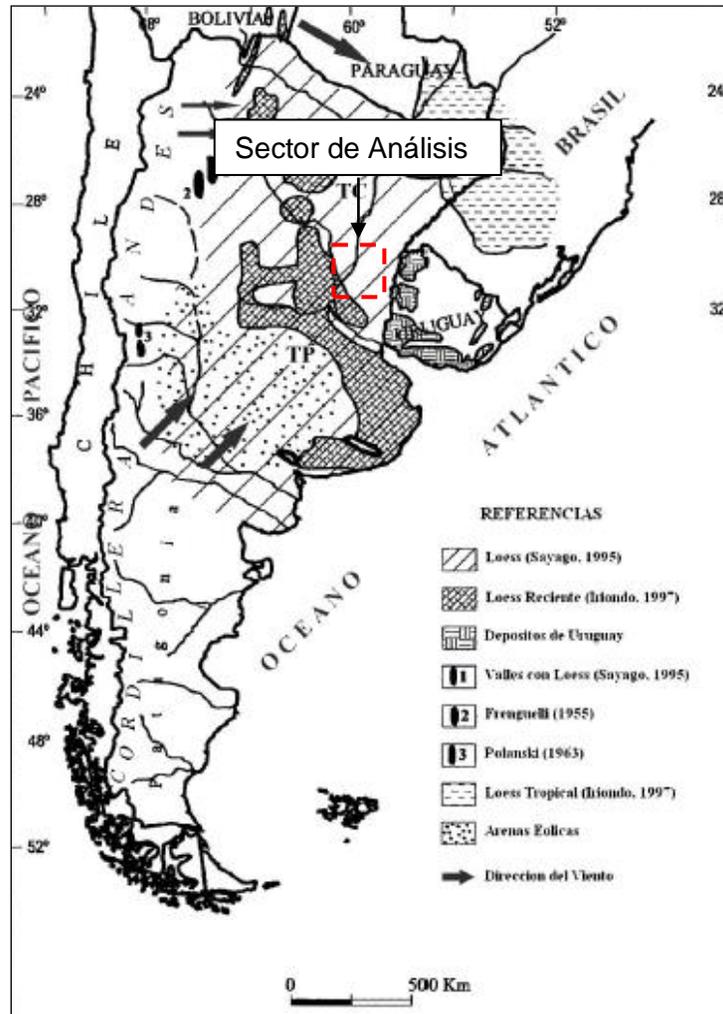
Se entiende por suelos la primera capa de aproximadamente 0.5 m de material no consolidado situado inmediatamente por debajo de la superficie y que sirve como medio natural para el desarrollo de la vegetación. La magnitud de la infiltración y escorrentía producto de las precipitaciones está directamente relacionada con las características del suelo.

Superficialmente gran parte del suelo del sector analizado se corresponde con depósitos de tipo loésicos. La zona ocupada por loess en la República Argentina se extiende en las planicies situadas desde 23° a 38° S, cubriendo más de 600,000 km² (Figura N° 9). Hacia el oeste, está contenida por varias cadenas montañosas que ocupan una faja que se extiende en dirección N-S, a lo largo de Argentina. Recientemente se ha propuesto la subdivisión entre loess pampeano (al sur de 30° S) y loess chaqueño, subtropical (al norte

de 30° S). Hay otros depósitos loésicos en valles montañosos y planicies de altura del oeste del país.

En el caso del Tipo de loess Pampeano, predominan partículas de origen volcánico originadas en los Andes Centrales y en la Patagonia. Ellas fueron transportadas por agentes erosivos como glaciaciones y fluviales hacia el norte de la Patagonia. De allí las partículas fueron transportadas por la acción de los vientos del S - SW hacia el centro del país (Rocca et al, 2005, adaptado de Zárate, 2003).

Figura Nº 9 Distribución de Loess y Loessoides (Rocca et al, 2005, adaptado de Zárata, 2003)



Los suelos loésicos presentan singularidades en cuanto a la anisotropía de la conductividad hidráulica, la conductividad hidráulica vertical (K_v) es mayor que la horizontal (K_h). Los niveles superiores de limos arcillosos presentan estructuralmente una red de fisuras y micro fisuras visibles. Esta red incrementa el valor de la conductividad hidráulica.

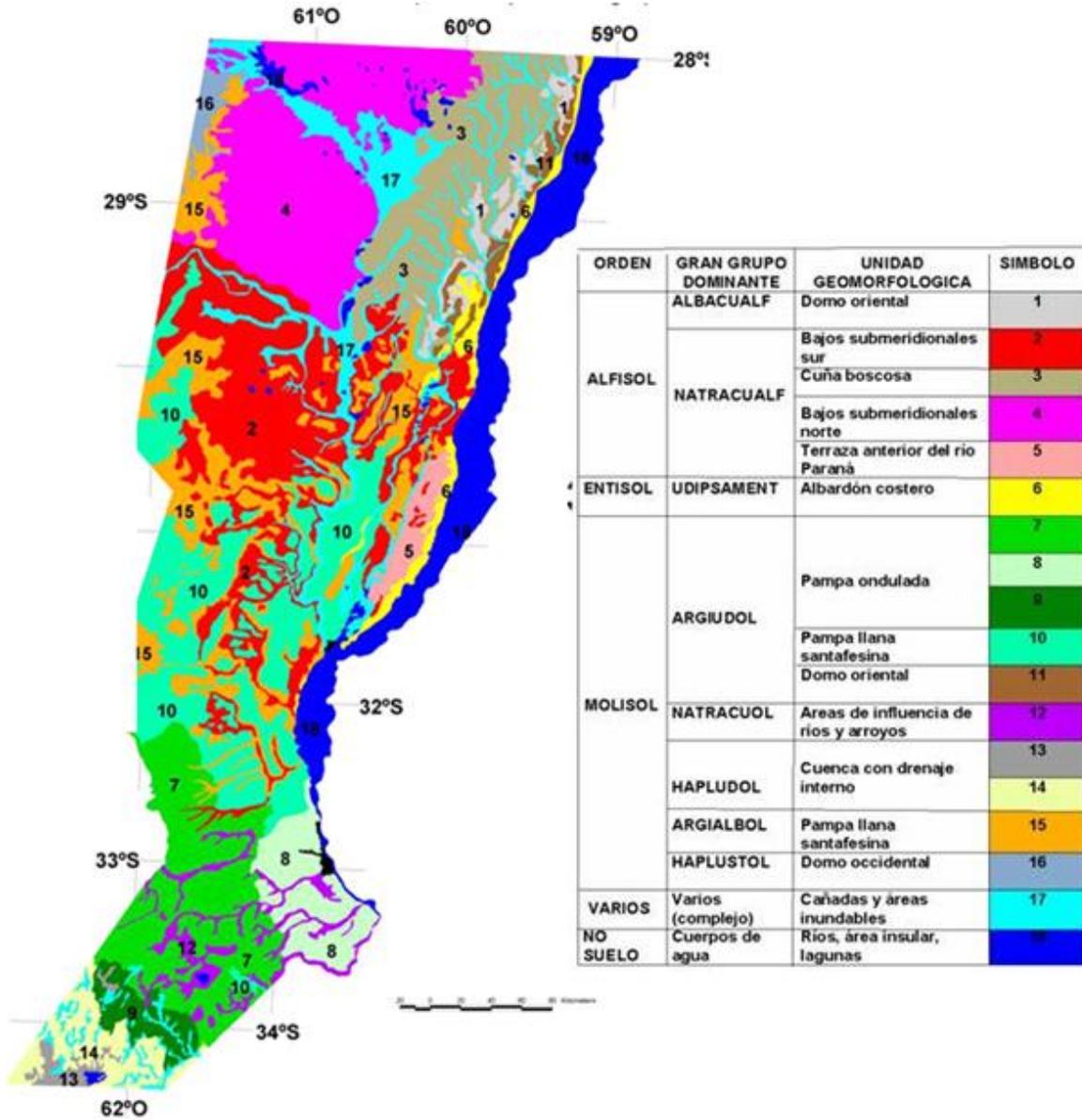
A menor escala y focalizando en las provincias que conforman la zona de estudio, se presenta la clasificación de sus suelos según el sistema "Soil Taxonomy" (SSS- USDA, 1975) representado en el "Atlas de Suelos de la República Argentina" elaborado por el INTA. Esta clasificación hace posible la subdivisión sistemática en diferentes tipos de suelos, caracterizados por sus propiedades específicas e identificadas por nombres de clases.

La clasificación taxonómica según el sistema norteamericano denominado "Soil Taxonomy" (SSS-USDA 1975), presenta un modelo de relaciones genéticas entre los suelos y su estructura bajo un esquema de seis categorías o niveles progresivos. Los niveles superiores poseen pocas divisiones y se encuentran definidos por características generales, a medida que se progresa hacia los niveles inferiores las divisiones aumentan y las propiedades son definidas en forma específica por un gran número de propiedades del suelo.

En el orden de mayor a menor nivel, las categorías que conforman el sistema de clasificación "Soil Taxonomy" son: 1) Orden; 2) Suborden; 3) Gran Grupo; 4) Subgrupo; 5) Familia y 6) Serie.

Los planos siguientes presentan los órdenes y subórdenes según este criterio para las provincias de Santa Fe (Figura N° 10), y Córdoba (Figura N° 11) (fuente: <http://inta.gob.ar/> - Elaborado en base al Atlas de suelos de la Rep. Argentina). Los mismos junto a las consideraciones geológicas permitirán valorar las condiciones de implantación de los conductos en el desarrollo del proyecto.

Figura N° 10 Suelos en la provincia de Santa Fe, INTA



catiónico, que favorece la fluctuación de los coloides; la dominancia de las arcillas, moderada a alta capacidad de intercambio y elevada saturación con bases.

Las unidades geomorfológicas que los agrupan son la Pampa ondulada y la Pampa llana Santafesina.

Los suelos desarrollados en las planicies de inundación, derrames, deltas de ríos y sobre sedimentos depositados recientemente por las aguas son afectados con frecuencia por inundaciones, pero no llegan a saturarse con agua.

En el perfil de suelos es común la presencia de materiales provenientes de la erosión de áreas altas conteniendo una cantidad considerable de materia orgánica. La característica común a todos los órdenes fluyentes es la ausencia de rasgos asociados a la humedad, los que están presentes en suelos más mojados como los Acuentes.

4.5. Aspectos Geológicos

La Región Pampeana donde se ubica el sector de estudio es una extensa llanura que cubre la región central de la Argentina, con una superficie total de 600.000 Km². Se la divide en dos partes diferentes entre sí: Pampa Norte y Pampa Sur. La Pampa Norte abarca el área comprendida entre la Sierra Chica de Córdoba y el río Paraná, con un sector del sudoeste de Entre Ríos. Está dominada en el oeste por la influencia geológica de las Sierras Pampeanas y en el este por los aportes sedimentarios chaqueños y brasileños; el límite entre ambos sectores está bien definido, es la falla Tostado-Selva (Iriondo, 2010).

Figura Nº 12 Unidades geomorfológicas de la provincia de Santa Fe



La “Región de dominio fluvial” corresponde al Chaco Santafesino. La “Región de Dominio Loésico” a la Pampa Norte. La “Región de Dominio Arenoso” a la Pampa Sur.

El Área Oriental está situada en la provincia de Santa Fe, noreste de Buenos Aires y sudoeste de Entre Ríos. El desarrollo de las unidades sedimentarias cuaternarias, que son las portadoras de agua potable, estuvo dominado por la dinámica del río Paraná, en un paisaje de llanura dividido en bloques tectónicos de miles de kilómetros cuadrados de superficie.

Igualmente, importantes fueron los aportes eólicos de sedimentos cordilleranos provenientes del sur.

En 1987 se mapeó la geomorfología de Santa Fe (Iriondo, 1987), determinándose las siguientes unidades:

- Área Elevada Occidental o Bloque de San Guillermo.
- Faja de Cañadas Paralelas.
- Área de Hoyas de Deflación.
- Área de Bloques Desiguales.
- Área con Paleocauces Enterrados.

El bloque de San Guillermo es un área alta de la llanura limitada por fracturas y fallas reactivadas por Neotectónica. Su mayor parte se halla en la provincia de Santa Fe, con excepción de un sector del noreste de la provincia de Córdoba.

Abarca el Área Elevada Occidental y parte del Área de Bloques Desiguales del mapa geomorfológico de Iriondo (1987). Su superficie constituye una planicie prácticamente horizontal con una muy leve pendiente general hacia el ENE y sólo localmente está atravesado por algunas cañadas o paleocauces. Cubre un área aproximada de 17.800 km² y presenta un desnivel típico de 15 a 35 m, con respecto a las unidades vecinas.

El límite oeste del bloque es la falla Tostado-Selva (definida por Pasotti y Castellanos, 1963), de edad Pleistoceno medio y reactivada en el Holoceno (Iriondo, 1987). Presenta una traza irregular formada por una sucesión de segmentos rectos de 10 a 30 km de longitud, orientación variable y dirección general norte-sur. La falla aparece algo al norte de la localidad de Tostado y aumenta su desnivel y altura hacia el sur, hasta terminar bruscamente sobre la margen norte del río Carcarañá, a 420 km de distancia. Forma una escarpa de pendiente constante y superficie regular afectada por erosión hídrica (Pasotti y Castellanos, 1963). El bloque oriental (San Guillermo) está elevado 20-39 m con respecto a la depresión de Mar Chiquita, constituyendo actualmente el borde este de la laguna Mar Chiquita (Borde de los Altos). En la mitad del bloque (al oeste de Altos de Chipión), la escarpa es visible en el campo con un desnivel de 32 m y 10.7‰ de gradiente. El desnivel entre el bloque de San Guillermo y la fosa tectónica de la Cañada de San Antonio aumenta hacia el sur (con 10-15 m y 3-5‰ de pendiente en el sector Landeta-Piamonte; en Bouquet, con desnivel de 29 m y 6,4% de gradiente; en el sector Montes de Oca-Tortugas, con 40-45 m de desnivel y gradientes entre 6 y 8%; Pasotti y Castellanos, 1963).

El límite oriental del bloque de San Guillermo, por el contrario, es complejo; en el sector sur está representado por la escarpa de la falla El Trébol (definida por Pasotti y Castellanos, 1963; Kröhling, 1998), de 3 a 8 km de ancho, 4-7‰ de gradiente y 15-30 m de desnivel, aumentando localmente a 38 m por erosión retrocedente en las cabeceras de arroyos locales. En su parte central, el límite este del bloque de San Guillermo está representado por un resalto topográfico estructural también modificado por erosión retrogradante, poco visible en el terreno, pero bien expresado en cartas topográficas e imágenes satelitales. Se lo define como falla Rafaela, aunque previamente fue referida por Iriondo (1987) como una fractura de segundo orden. Está formada por dos segmentos mayores de rumbo NNE-SSO y de 45 km de longitud individual. El mayor desnivel topográfico entre el bloque de San Guillermo y el área ubicada al este de la falla se registra en el área de Rafaela, alcanzando valores de 30 a 37,5 m y expresado por un talud de 0,4% de gradiente, con disminución en desnivel y gradiente hacia el norte (22,5-25 m; 0,2%). El segmento de la falla al sur de Rafaela vincula una depresión tectónica menor del bloque de San Guillermo con el área baja ubicada al este de la falla; siendo el desnivel entre ambos de 12 a 16 m (0,20 a 0,30% de pendiente).

El sector noreste del bloque de San Guillermo está limitado por fracturas y fallas de distinta orientación, en su mayor parte de rumbo NO-SE. En el segmento entre Va. Trinidad y Arrufó, el desnivel entre el bloque y el área situada al este varía entre 2,5 y 3,75 m; en el segmento entre Morteros y Palacios, el desnivel se reduce a 1,25 m. Esta fractura se vincula con la Falla Rafaela a través de una fractura de rumbo E-O, denominada Fractura Sunchales por Iriondo (1987). Esta controla la cañada Sunchales, con desniveles cercanos a los 10 m en el área de Sunchales. Un segmento de la falla Sunchales afecta la falla Tostado-Selva produciendo un desplazamiento horizontal de 5 km en el sector de Altos de Chipión, donde constituye el límite sur de la laguna Mar Chiquita, con 36 m de desplazamiento vertical visible.

El área sur del bloque de San Guillermo comprende el bloque tectónico de Armstrong, definido por Pasotti y Castellanos (1963) y limitado por las fallas Tostado-Selva y El Trébol y por fracturas ortogonales de segundo orden.

4.6. Hidrografía

El sistema hidrográfico de la Provincia de Santa Fe es el más extenso del país, con ríos de aguas tranquilas, gran número de lagunas, cañadas, esteros, riachos y arroyos. El frente fluvial de Santa Fe alcanza los 849 kilómetros, lo que representa un tercio de la extensión total de la hidrografía vía Paraná– Paraguay.

Casi todo el territorio santafesino pertenece a la cuenca del río Paraná y por éste a la del río de la Plata. Sólo muy pocos cursos de agua, localizados en un pequeño sector del oeste provincial, de pobre caudal, desaguan en la laguna cordobesa de Mar Chiquita, ubicada dentro de la extensa cuenca sin desagüe que se extiende en diagonal desde la Puna hasta el sudoeste bonaerense.

El río Paraná es distintivo en la región, además de cumplir la función de límite provincial. Existen además numerosos ríos "tributarios", entre ellos el Salado del Norte, Carcarañá y Arroyo del Medio desde la costa oeste.

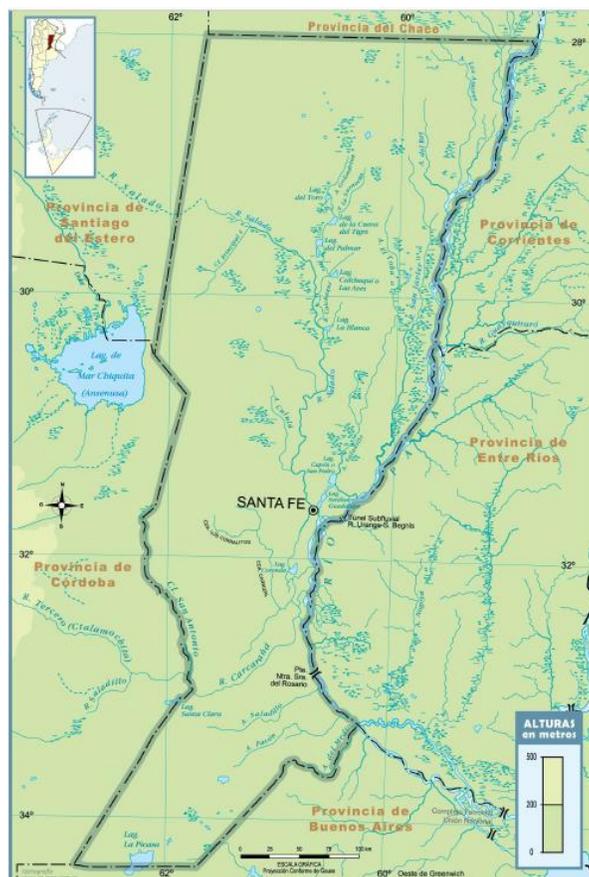
En la región norte y central, amplios cañadones y vaguadas con franco declive hacia el sur encauzan a las lentas corrientes fluviales a seguir paralelas al Paraná por muchos kilómetros, originando en su recorrido lagunas y bañados (río Salado). En la región sur los ríos y arroyos, como el Saladillo, Pavón y el del Medio siguen la corriente de oeste a este que los lleva en corto recorrido al Paraná.

El río Salado, al entrar en Santa Fe, recibe numerosos canales y cursos de agua originados en lagunas y cañadas: ríos Calchaquí, arroyos Las Conchas, San Antonio y Bululú, desembocando finalmente en el Río Coronda, brazo del Paraná al sur de la ciudad de Santa Fe. Presenta una creciente estival y una bajante que abarca el resto del año.

La cuenca del río Carcarañá, se extiende parcialmente en una delgada franja transversal del sur santafesino, y sus dos principales afluentes son los ríos Tercero y Cuarto, con el mismo régimen de alimentación pluvial. El canal San Antonio, el arroyo de las Tortugas y la Cañada de Santa Lucía escurren sus aguas en el río Carcarañá. Este recibe por margen izquierdo la Cañada de Gómez, recorre caudales y saltos, afloramientos de tosca, se vuelve abarrancando y desagua en el Río Coronda, al sur de Gaboto.

Los principales ríos de la Provincia de Santa Fe pueden observarse en la Figura N° 13:

Figura N° 13 Red Hidrográfica – Provincia de Santa Fe.



El sector beneficiado por la obra dentro de la provincia de Córdoba es próximo a una zona de gran interés por su biodiversidad como lo es la Laguna Mar Chiquita y su zona de influencia. La gran extensión del sistema, las particularidades asociadas al régimen de los bañados, la salinidad del cuerpo principal y los distintos cursos que concurren a la misma depresión son algunos de los factores que obligan a diferenciar los distintos componentes físicos para una mejor comprensión de cada elemento.

Esta área se encuentra en la región central de Argentina e involucra, como se dijo precedentemente, el sistema cerrado con la laguna salada más grande del país. La Laguna Mar Chiquita se ubica al Noreste de la Provincia de Córdoba incluyendo las cuencas de aporte de los Ríos Dulce (Petri), Primero (Suquía) y Segundo (Xanaes) alcanzando una superficie total cercana a los 134.200 km².

El Río Dulce es el principal tributario y su cuenca involucra parte de las Provincias de Salta, Tucumán, Catamarca, Santiago del Estero y Córdoba. El aporte superficial medio de los Ríos Suquía y Xanaes representa aproximadamente el 20% del correspondiente aporte del Dulce. Las cuencas hídricas de los Ríos Suquía y Xanaes se localizan íntegramente en la Provincia de Córdoba. El sistema integrado por la cuenca inferior del Río Dulce, desde Los Telares (28°59'S) hasta la Laguna Mar Chiquita o Mar de Ansenusa, en la cual desagua, se sitúa al sur de la Provincia de Santiago del Estero y al noreste de la Provincia de Córdoba.

Este sistema se puede caracterizar a partir de los siguientes componentes físicos:

- Laguna Mar Chiquita.
- Cuenca del Río Salí-Dulce.
- Bañados del Río Dulce.
- Cuenca del Río Suquía.
- Cuenca del Río Xanaes.

El espejo de agua de la Laguna Mar Chiquita varía entre 2.000 a 4.500 km² para los niveles medios, que se corresponden a cotas de 66 y 69 m s.n.m., respectivamente, pudiendo alcanzar un área de 6.500 km² para niveles altos (70 a 71,5 m s.n.m.).

La Laguna Mar Chiquita, por su superficie es el mayor cuerpo de agua de la República Argentina, la cual varía a su vez considerablemente con los niveles por tratarse de una laguna poco profunda (10 m en promedio) y de una zona de llanura especialmente al Norte (con 2 a 3,5 m de profundidad), por lo que se presentan grandes variaciones de volumen, dependiendo fundamentalmente del aporte del Río Dulce, en menor proporción de los demás Ríos que en esta desembocan y del aporte de los escurrimientos de aguas pluviales en épocas de precipitaciones abundantes.

Está limitada lateralmente por dos escalones aproximadamente paralelos, uno al oeste denominado Barranca del Saladillo y otro al este conocido como Bordo de los Altos. Las costas orientales de esta laguna son las más marcadas, se elevan hasta una altura de 60m; cota máxima que alcanza en esta parte la sobreelevación del terreno que limita por el este la cuenca.

Al norte de la Mar Chiquita, el Bordo de los Altos se prolonga hasta cerca de la margen derecha del río Salado, limitando todavía por el este la vasta depresión cuya parte baja

está ocupada por una serie de lagunas salobres todas, denominadas de Los Porongos, Yacumisqui, etc., y las cuales se comunican entre sí en la estación de las lluvias, formando un inmenso depósito alimentado por los abundantes derrames del río Dulce (Saladillo).

La costa sur de la Mar Chiquita, compuesta en casi toda su extensión de arcilla firme pampeana, es baja en general, sobre todo en los primeros 20 km contados a partir del este, en cuyo trayecto se encuentra la desembocadura del río Segundo, conocido en esta parte de su curso con el nombre de Saladillo o arroyo de la Trinchera. El suelo de la costa es árido, cubierto en parte de pastos salados y árboles secos; pero la vegetación tórnese más abundante a medida que se avanza hacia el oeste en el lugar denominado Monte de las Vacas Blancas. Desde aquí la costa es fértil, cubierta de pastos y bosques de algarrobo; y la barranca de arcilla que la limita, alcanza en parte hasta un metro de altura, siendo accesible en casi toda su extensión para embarcaciones ligeras y de muy poco calado, pues la profundidad del agua varía sólo entre los 0.80 m y 1.90m (PICTOR, 2004).

En el borde inferior con dirección este-oeste se encuentran las elevaciones de Altos de Chipión.

En el extremo suroeste de la costa y cerca del lugar denominado Las Toscas, la Mar Chiquita se interna al sur, formando una gran rinconada cuya profundidad en el centro alcanza hasta 2 m. Desde el fondo de esta rinconada o bahía, cuyas márgenes están cubiertas de espesos bosques, hasta la costa norte, la distancia no es menor de 25 km, siendo ésta la mayor dimensión que en el sentido de su latitud presenta la Mar Chiquita.

Las costas occidental y septentrional son muy poco pronunciadas: bajas, cubiertas de fango y arena y sin presentar contornos definidos, son inaccesibles a las embarcaciones. El lecho está compuesto de arena dura y tosca. El agua es fuertemente salada alcanzando niveles que superan el 6 %. La profundidad es variable y ella depende del caudal de agua de los ríos que en ella desembocan. Como ya se expresó, su principal alimentación proviene del río Dulce. En la actualidad la contribución del río Primero es escasa fuera de alguna creciente excepcional; y las aguas de los ríos Segundo y Dulce son derivadas con empeño creciente para su empleo en la irrigación de extensas zonas en la parte superior de su curso y en la llanura. No es, por tanto, aventurado suponer que esa vasta depresión, cubierta hoy por las aguas, llegue a transformarse en una gran salina, semejante en todo a la que por el noroeste limita el territorio de la provincia de Córdoba (PICTOR, 2004).

4.7. Flora y fauna

La provincia de Santa Fe se ubica en una de las regiones más fértiles y dinámicas con una rica diversidad ambiental. Al noroeste se encuentra el Chaco Semiárido, caracterizado por escasas lluvias. En una extensa franja del centro - norte se ubican los Bajos Submeridionales, con amplias alternancias de inundaciones y sequías. La Cuña Boscosa, al noreste, presenta una gran variedad de especies vegetales y animales. Con bosques bajos y pastizales amplios, la zona transicional se encuentra en el centro - sur. Y, el sur, integra la Pampa Húmeda. El límite sureste está definido por el valle del río

Paraná, un conjunto de islas y arroyos dentro del cual se ubica el sitio RAMSAR Jaaukanigás –uno de los humedales con mayor biodiversidad de país–, y el límite sur por el Humedal Laguna Melincué, declarado de importancia internacional, también, por la Convención RAMSAR.

Las condiciones autóctonas de la flora santafesina han sufrido cambios por la acción del avance de los cultivos, a lo que se ha sumado la introducción de árboles exógenos, como: paraíso, álamo, eucalipto, acacia, pino, plátano.

En la región norte y boscosa abundan los quebrachales y otros árboles de maderas duras, que forman montes tupidos.

En la pradera del sur reina el ombú interrumpiendo el interminable mar de pasturas verdes, mientras que, a orillas de los ríos, crecen sauces, ceibales, aromitos, ombúes, laureles, aguaribayes y algarrobos. Entre las hierbas características de la región encontramos yuyo colorado, manzanilla, malva, verbena, alfilerillo, cepa caballo, abrojo, cicuta y cardo.

Los animales autóctonos, naturalmente escasos en número en esta región, fueron siendo raleados por la expansión agroganadera. Entre la casi extinta fauna autóctona se destacan el venado, el zorrino, el ñandú, el peludo, la mulita, el zorro pampeano, la vizcacha, el puma y el gato de los pajonales. Al lado de estas especies, y junto al río Paraná se pueden encontrar serpientes yarará, lagartos, batracios y aves como el carancho (*Caracara plancus*), perdices, chorlos, lechuzas, búhos, colibríes, horneros, benteveos y tordos.

La fauna ictícola que se desarrolla en el río Paraná a la altura de la provincia de Santa Fe está compuesta por más de 200 especies. De ellas se destacan diversas clases de peces como: dorado (*Salminus brasiliensis*), armado, surubí (*Pseudoplatystoma*), patí (*Luciopimelodus pati*), mojarra, sábalo (*Prochilodus lineatus*), manduví (*Ageneiosus valenciennesi*), amarillo, boga (*Leporinus obtusidens*), pacú (*Piractus mesopotamicus*) y moncholo.

4.8. Aspectos Socio-Institucionales

El desarrollo de los proyectos bajo consideración se desarrolla principalmente en el territorio de la provincia de Santa Fe, pero beneficia de forma significativa el noroeste de la provincia de Córdoba y potencialmente el centro de la misma. El censo nacional de 2010 estableció para Santa Fe una población de 3.194.537 habitantes y un crecimiento del 6,5% en relación al censo 2001 (lo que la ubica en el tercer lugar de las provincias argentinas). La provincia de Córdoba obtuvo en el censo provincial del 2015 una población de 3 567 654 habitantes, ubicándola en el segundo lugar a nivel nacional.

El asentamiento poblacional en la provincia de Santa Fe se distribuye de manera desigual en todo el territorio provincial, en 5 regiones y 362 gobiernos locales, siendo Rosario y Santa Fe las ciudades que concentran el 53% del total de población.

incorporación de tecnología en las actividades agrícolas demanda menos mano de obra tradicional, lo que promueve la emigración desde las zonas rurales a las zonas urbanas.

Sin embargo, aunque se advierte un incremento relativo de la población urbana en ciudades grandes e intermedias, persiste un alto contraste entre zonas modernizadas, con un alto nivel de servicios y otras con evidentes carencias. Es el caso de las áreas metropolitanas de Rosario y Santa Fe, las cuales concentran dos tercios de la población provincial. Mientras las densidades medias, en los departamentos Rosario y La Capital, son de 634,1 habitantes/km² y 170,8 habitantes/ km², respectivamente, el promedio en el resto de la provincia es de 11,58 habitantes/km².

El Índice de Desarrollo Humano –que evalúa el progreso promedio en las dimensiones de salud, educación y crecimiento económico- con valores entre 0 y 1–, en la provincia de Santa Fe alcanza el 0,832, ubicándose en la novena posición en el ranking total del país. El porcentaje de población con Necesidades Básicas Insatisfechas es del 14,8% y la proporción de personas bajo la Línea de Pobreza del 14,6%, de las cuales, el 5,51% se encuentran bajo la Línea de Indigencia.

La Provincia de Santa Fe es un gran polo de educación, cuenta con un gran número de universidades, mayormente en la capital santafesina y en Rosario. Las mismas son la Universidad Nacional del Litoral, fundada en 1919, compuesta por 9 facultades, 1 instituto superior, 4 escuelas universitarias, 2 de nivel medio y 1 de nivel inicial y primario y la Universidad Nacional de Rosario. Para la provincia, al año 2010, un 98,2% de su población mayor de 10 años se encontró alfabetizada, lo que representa un crecimiento de 0,7 puntos porcentuales respecto del censo anterior. Los alumnos matriculados en la modalidad de educación común ascendieron en el 2010 a 765.368, con una participación del 51,4% del nivel primario, un 28,1% del nivel secundario, un 14,0% del nivel inicial y un 6,5% del nivel superior no universitario. La distribución de la cantidad de alumnos en los distintos niveles se mantiene constante a lo largo de los años.

La provincia de Córdoba, cuya capital lleva su mismo nombre, se divide en 26 departamentos políticos y 248 municipios que cuentan con autonomía política, económica, financiera e institucional. La tasa media anual de crecimiento de la población es de 8,5 por mil y la densidad demográfica es de 20,0 habitantes por kilómetro cuadrado (2010). La población urbana representa el 88.7% (2001).

El Producto Geográfico Bruto total estimado por la provincia muestra que en el año 2011 el sector primario de la provincia generaba el 9,89 %. El sector secundario aportaba otro 25,54 % y el sector terciario un 64,57%. La superficie neta de las explotaciones según el Censo Nacional Agropecuario 2002 es de 9369 miles de has., de las cuales el 79.37 % lo ocupa la superficie implantada. De este total, el área cubierta con montes o bosques naturales e implantados conforma el 20.8 % y el resto se destina a cultivos agrícolas.

Entre la población mayor de 14 años, la mayoría tiene educación primaria completa o educación secundaria incompleta. Ambos grupos suman a 565.325 y 471.512 cordobeses respectivamente. Le siguen 356.983 con estudios secundarios completos, y 336.805 con la primaria incompleta. 63.983 cordobeses no tienen instrucción, y en el nivel universitario se encuentran 117.148 graduados y 185.098 con estudios incompletos.

Entre las universidades cordobesas se puede mencionar a la Universidad Nacional de Córdoba, la Universidad Nacional de Río Cuarto, la Universidad Nacional de Villa María, la Universidad Tecnológica Nacional (facultades regionales Córdoba, San Francisco, y Villa María), Instituto Universitario Aeronáutico; Universidad Católica de Córdoba, Universidad Blas Pascal, Universidad Empresarial Siglo 21, y la Universidad Provincial de Córdoba.

4.9. Economía Productiva

La economía de la zona beneficiada por las obras analizadas representa un porcentaje de gran incidencia en el contexto nacional. La provincia de Santa Fe representa la segunda economía más importante del país con un 8 % del total de Argentina. A pesar de que la economía está bien diversificada, la agricultura tiene un papel indispensable en los ingresos de divisas y en la rentabilidad de las exportaciones de ITS. La estructura productiva de la provincia se puede agrupar en cinco sistemas productivos: el sistema de agro alimentos y biocombustibles; el sistema metalmecánico, químico y otras manufacturas; el sistema de empresas de base tecnológica; el sistema de turismo, comercio y servicios, y el sistema hídrico, forestal y minero.

El sistema de agro alimentos y biocombustibles comprende la producción y procesamiento de productos primarios, como granos y oleaginosas, algodón, caña de azúcar y ganadería. El veintiún por ciento de las tierras cultivadas de la Argentina están en Santa Fe, cuyos cultivos principales son soja (principal productor nacional), girasol, maíz y trigo. En menor escala fresas, sorgo, caña de azúcar, arroz, miel y sus derivados, la madera y el algodón.

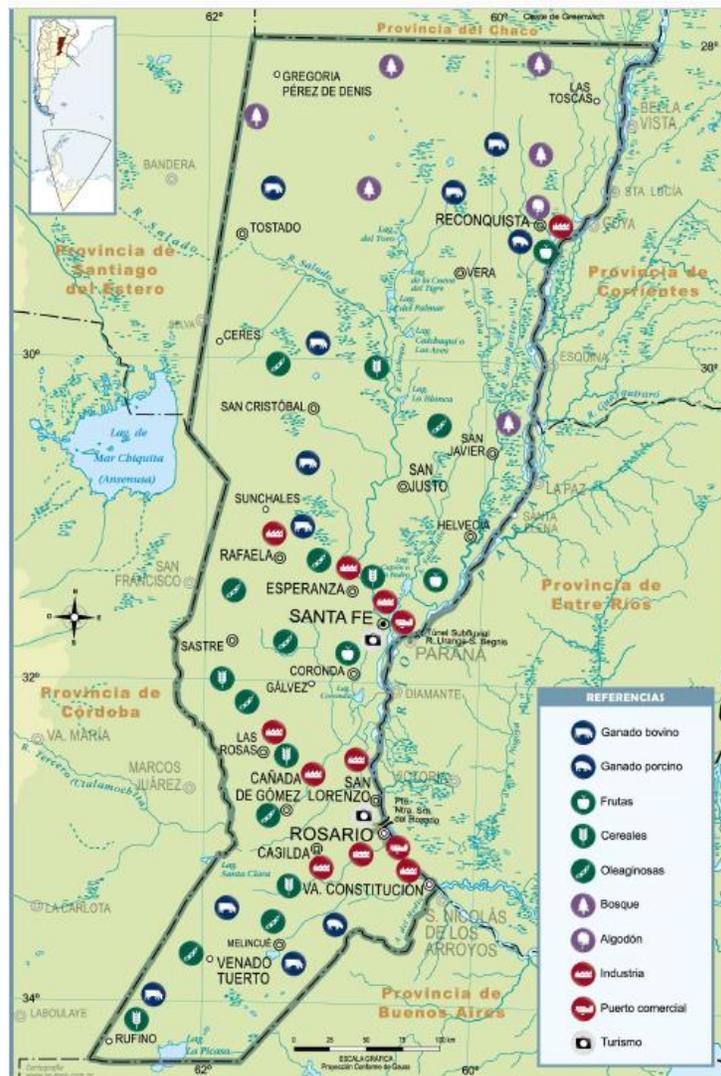
El polo agroindustrial, eminentemente aceitero, que se extiende sobre la costa del río Paraná –desde las localidades de Puerto San Martín hasta Arroyo Seco–, se ha transformado en el más importante a nivel mundial, en cuanto a concentración geográfica, niveles de producción y tecnología. La hierba verde de la provincia es ideal para los 6,5 millones de cabezas de ganado (20 % del stock nacional), que en la práctica no sólo es fuente de carne, sino de 2,6 millones de litros de leche por día (40 % de la producción nacional).

Las manufacturas en Santa Fe representan el 18 % de su economía y también se encuentra entre la parte superior en la Argentina, se destacan la industria aceitera, molinos harineros, producción de lácteos (Principalmente Departamentos "Las Colonias" y "Castellanos"), de carnes, leche en polvo destinados a exportación y producción de miel. Además la siderurgia (Villa Constitución), el sector automotriz (en Alvear), electrodomésticos y vehículos (en Santa Fe), la fabricación de máquinas y herramientas agrícolas (Firmat, San Vicente, Rafaela, Granadero Baigorria) cumplen un papel destacado en la economía de la provincia. El perfil industrial de la provincia se ha acentuado a lo largo de la última década, observándose una menor participación de los productos primarios en favor de productos con contenido industrial. En tal sentido, cabe destacar el rol relevante de la industria automotriz en la economía provincial.

El sector de servicios se encuentra bien desarrollado y muy diversificado (administración, comunicaciones, educación, transporte, logística, ingeniería, diseño textil, etc.). El turismo no es una actividad importante a pesar de la amplia gama de hoteles y restaurantes.

Santa Fe posee uno de los sistemas portuarios más importantes de América Latina para buques de ultramar en la hidro vía Paraná - Paraguay. Los puertos Rosario y San Lorenzo son puntos de partida para la exportación de la producción de Santa Fe y de muchas otras provincias, 65 % de los cereales argentinos y 55 % de las exportaciones del país. Santa Fe genera el 21% del valor total de la producción exportable nacional. Los diez principales destinos de los productos exportados son Brasil, España, China, Países Bajos, Italia, Argelia, Perú, Egipto, Indonesia y Venezuela y concentran alrededor del 53% del total de ventas externas de la provincia. El comprador más importante de las exportaciones santafesinas durante el año 2011 fue Brasil con un 11,1%.

Figura N° 15 Economía productiva – Provincia de Santa Fe.



La producción de bienes y servicios provinciales, medida en el Producto Bruto Geográfico, ascendió a 171.780 millones de pesos en el 2011, presentando un incremento del 8,3% en términos reales con respecto al período anterior. Estos valores posicionan a la provincia como la segunda a nivel nacional, por su aporte a la producción total. Dentro de la estructura productiva, en 2011, los sectores productores de bienes tuvieron un incremento del 10,4% con respecto al período anterior, mientras que los de servicios crecieron a una tasa real del 7,2%. La tasa de crecimiento real promedio de la economía santafesina para el período 1993 – 2011 es del 3,2%.

En términos reales, los sectores que más crecieron durante el año 2011 fueron la pesca, con un 30,3%; el transporte, el almacenamiento y las comunicaciones, con un 19%; la explotación de minas y canteras, con un 17,9%; la industria manufacturera con un 14,3% y la intermediación financiera con el 13,4%.

La energía eléctrica es provista, principalmente, por la Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe, la tercera distribuidora eléctrica del país. Opera y mantiene 2.190 Km de Líneas de Alta Tensión, 29.217 Km de Líneas de Media Tensión y 17.240 Km de Líneas de Baja Tensión.

El gas natural es el principal recurso de la matriz energética global provincial, dado que participa de la misma en un 46 %, a lo que se agrega el 2 % de gas propano-butano envasado o a granel. La distribución de gas natural es desarrollada en parte por la empresa Litoral Gas S. A. Además, existen 17 subdistribuidores locales y regionales que, sumados a los sistemas urbanos de propano por redes, abastecen a más de 1.750.000 ciudadanos.

La provincia cuenta con una infraestructura de 1.855 Km en cañerías de alta presión por donde se distribuye el gas proveniente de las zonas de su producción, en Neuquén, Salta y Bolivia hasta la localidad de San Jerónimo Sud y desde allí, previa etapa de compresión se los conduce por dos ductos hasta la provincia de Buenos Aires y por un tercer gasoducto hasta la localidad de Santo Tomé, suministrándose también desde el mismo ducto a la Provincia de Entre Ríos.

Actualmente, se encuentra en desarrollo el Gasoducto del Nor-Este argentino, a cargo de la Empresa del Estado Nacional (ENARSA). Su avance hacia el NEA posibilitará gasificar el centro-norte de la provincia.

Desde el año 2006, la empresa Aguas Santafesinas S.A tiene a su cargo la prestación del servicio público de agua potable y desagües cloacales, en 15 localidades de nuestra provincia, y es operador provisorio del Acueducto Centro Oeste – sistema mediante el cual brinda el servicio de agua potable a los municipios y/o cooperativas, prestadores del servicio de distribución y abastecimiento de agua potable, en otras 11 localidades–.

En la provincia de Córdoba hay importantes industrias harineras, lácteas, aceiteras, mecánicas y automotrices. La provincia participa de la estructura productiva pampeana que la inserta en el comercio de granos y carnes para el mercado nacional e internacional. Por otro lado, se fue desarrollando un importante sector industrial alrededor de la capital, que concentra la fabricación de material de transporte, fabricación y armado de automotores y de sus componentes, al igual que tractores y motores. Otros centros

industriales importantes son el de San Francisco, Villa María y Río Cuarto, dedicados principalmente a la metalurgia y a la agroindustria.

Dentro de la actividad agrícola se destaca el cultivo de: - Maíz, Trigo, Papas, Soja, Girasol, Maní, Cultivos de olivos y vid. En el rubro ganadero se destaca la producción de: Vacunos, Porcinos, Criaderos de equinos y caprinos, Avicultura (pollos y huevos), Cunicultura y Cría de "nutrias" (coipos).

Los productos que más sobresalen dentro de la actividad minera son: Cal, Granito, Sal, Mica, Cuarzo y Onix También existen yacimientos de Arcillas, Fluorita, Manganeso y Uranio.

La actividad industrial es variada destacándose: Industrias artesanales (hilados, quesos y quesillos, aceites, dulces), Industrias tecnológicas (bicicletas, automotores, motocicletas, autopartes, aviones, tractores y maquinaria agrícola, máquinas y herramientas, material ferroviario), Molinos harineros, Producción de lácteos (quesos entre otros), Cervezas - Bebidas gaseosas, Muebles, Cemento, Industrias químicas.

La Provincia de Córdoba posee un importante centro automotriz nacional. Entre las empresas establecidas encontramos a Renault, Fiat, Iveco, Marco Polo y Volkswagen (Córdoba Capital).

5. ANÁLISIS POBLACIONAL

5.1. Períodos de diseño adoptados

Para generar alternativas comparables que permitan estudiar la conveniencia relativa de las mismas, este estudio utiliza en todos los casos el mismo horizonte de planificación el cual podrá ser ajustado al momento de elaborarse el proyecto ejecutivo para la alternativa seleccionada.

Considerando que parte del acueducto Norte-1 se encuentra licitado y que forma parte de las alternativas analizadas por la consultora, se establece el año 2040 como horizonte de planificación.

Basados en estas premisas, se realizaron proyecciones para los horizontes de planificación que se indican a continuación.

Figura N° 16 Horizonte de planificación

<i>Horizonte [Año]</i>
2017
2020
2030
2040

5.2. Proyección Poblacional

A continuación, se presenta un análisis demográfico en base a los datos publicados por el INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) a la fecha de elaboración del presente estudio. En primera instancia se cotejaron los valores de la población proyectada para el año 2010 en el momento en que se formularon los proyectos (2006) con los obtenidos a posteriori en el censo para dicho año. Las principales discrepancias se señalan en las tablas más adelante en el texto.

En esta instancia (análisis de factibilidad y selección de alternativas) con el objeto de que las proyecciones poblacionales sean comparables, se empleó, para todas las localidades el valor de proyección del proyecto original y para las localidades que se incorporaron la metodología de la tasa intercensal que permite su uso en situaciones con el nivel de información disponible. Seguidamente se verificó mediante distintas metodologías, la población obtenida para el horizonte de diseño en las localidades con mayor densidad poblacional.

Para las localidades incluidas en el proyecto original se empleó la proyección de proyecto y las nuevas localidades incorporadas se determinó la población por medio del cálculo de la tasa de crecimiento intercensal proyectada a 30 años respecto del último censo (2010). Se estimó el crecimiento a 30 años teniendo en cuenta los datos de los censos de 1991, 2001 y 2010.

Para cada localidad, se calculó la tasa de crecimiento intercensal y se calculó el promedio entre ellas, de la siguiente manera:

$$i = \left(\frac{Pob_{censo\ actual}}{Pob_{censo\ anterior}} \right)^{1/Años\ entre\ censos} - 1$$

$$i_{prom} = (i_{91-01} + i_{01-10}) / 2$$

Luego se efectuó la estimación de la población para el año 2040 con la siguiente fórmula:

$$Pob_{2040} = Pob_{2010} * (1 + i_{prom})^{30\ años}$$

Los resultados se muestran en la Figura N° 17 y Figura N° 18.

Figura N° 17 Proyección de la población en el año 2040, localidades de Santa Fe

Localidades	Población [hab.]			Tasas de crecimiento			Población Proyectada		
			Proyección 2010						2040
Cañada Rosquín			5316						6914
Carlos Pellegrini			4986						6188
Casas			655						789
Castelar			621						820
Colonia Belgrano			965						1021
Colonia Margarita			248						279
Crispi			216						249
El Trebol			11113						15337
Esmeralda			619						733
Galvez			19496						22996
Garibaldi			148						158
Gessler			863						1015
Landeta			1329						1757
Larrechea			591						858
Las Bandurrias			207						522
Las Petacas			980						1163
Loma Alta			132						169
Lopez			1476						2344
María Juana			4652						5004
Piamonte			3467						3747
San Jorge			18569						26769
San Martin de las Escobas			2269						3002
San Vicente			5572						5841
Sastre			5434						6254
Traill			83						95
Zenon Pereyra			1773						1925
Total Proyecto Original			91780						115949
Nuevas Localidades abastecidas	Censo 1991	Censo 2001	Censo 2010	1º período	2º período	Promedio	2020	2030	2040
Coronda	13916	16969	18115	0,0200	0,0073	0,0137	20747	23762	27215
San eugenio	184	140	241	-0,0270	0,0622	0,0176	287	342	407
Campo Piaggio	145	116	86	-0,0221	-0,0327	-0,0274	65	49	37
Arocena	1680	1932	2410	0,0141	0,0249	0,0195	2923	3544	4298
San Fabian	816	879	927	0,0075	0,0059	0,0067	991	1059	1132
Barrancas	4667	5184	5387	0,0106	0,0043	0,0074	5800	6245	6724
Total Actualizado 2017			118946						155763

Figura N° 18 Proyección de la población en el año 2040, localidades de Córdoba

Localidades	Población			Tasa			Población 2040
	1991	2001	2010	1º período	2º período	Promedio	
San Francisco	55764	58779	61750	0,0053	0,0055	0,0054	72549
Morteros	13254	15129	17124	0,0133	0,0139	0,0136	25672
Brinkman	6652	8237	9890	0,0216	0,0205	0,0211	18484
Freyre	5165	5906	6620	0,0135	0,0128	0,0131	9790
Devoto	5008	5597	6057	0,0112	0,0088	0,0100	8163
Porteña	4181	4624	5337	0,0101	0,0161	0,0131	7884
La Francia	3135	3503	3804	0,0112	0,0092	0,0102	5155
Altos de Chipión	1228	1512	1793	0,0210	0,0191	0,0201	3255
Colonia Marina	822	934	1153	0,0129	0,0237	0,0183	1985
La Paqueta	665	849	964	0,0247	0,0142	0,0195	1719
Colonia Vignaud	616	664	727	0,0075	0,0101	0,0088	946
Seeber	357	539	620	0,0421	0,0157	0,0289	1456
Quebracho Herrado	291	317	388	0,0086	0,0227	0,0157	618
Plaza San Francisco	205	204	284	-0,0005	0,0374	0,0185	492
Colonia Valtelina	126	165	190	0,0273	0,0158	0,0216	360
Estación Luxardo	66	107	105	0,0495	-0,0021	0,0237	212
Plaza Luxardo	58	67	90	0,0145	0,0333	0,0239	183
Colonia 10 de Julio	49	61	73	0,0221	0,0202	0,0212	137
Totales	97.642	107.194	116.969	-	-	-	159.061

Así, la población alcanzada estimada para el año 2040 es de 155763 habitantes en Santa Fe y 159061 habitantes en Córdoba, resultando en un total de 314825 habitantes.

5.3. Métodos de Verificación

Con el fin de validar los valores precedentes y establecer los lineamientos para futuras determinaciones sobre los valores de población a ser considerados en el desarrollo del proyecto ejecutivo se efectúa el siguiente análisis.

A continuación, se explican y muestran distintos métodos de proyección de población, a modo comparativo. Se destacan las poblaciones de algunas localidades importantes dentro de la provincia de Santa Fe (Rafaela, Esperanza, Santo Tomé y Sunchales), con su crecimiento intercensal y sus tasas medias anuales en la Figura N° 19.

Figura N° 19 Población localidades importantes

AÑO	LOCALIDADES											
	Rafaela			Esperanza			Santo Tomé			Sunchales		
	Habitantes	Crecimiento Intercensal [%]	Tasa media anual [%]	Habitantes	Crecimiento Intercensal [%]	Tasa media anual [%]	Habitantes	Crecimiento Intercensal [%]	Tasa media anual [%]	Habitantes	Crecimiento Intercensal [%]	Tasa media anual [%]
1.960	35.653	-	-	16.606	-	-	17.400	-	-	7.880	-	-
1.970	43.695	22,56	2,05	17.636	6,2	0,6	23.572	35,47	3,08	10.393	31,89	2,81
1.980	53.152	21,64	1,98	22.838	29,5	2,62	35.363	50,02	4,14	12.493	20,21	1,86
1.991	68.400	28,69	2,32	30.898	35,29	2,79	44.533	25,93	2,12	16.679	33,51	2,66
2.001	83.563	22,17	2,02	35.885	16,14	1,51	59.072	32,65	2,87	18.757	12,46	1,18
2.010	92.945	11,23	1,19	42.082	17,27	1,79	66.133	11,95	1,26	21.304	13,58	1,42

5.4. Métodos de Proyección de Población

En función de las tasas de crecimiento medio anual calculadas en la Figura N° 19, se calcularon las poblaciones nacionales para los años 2020 y 2030, y para los subsiguientes períodos hasta alcanzar el año 40 de proyecto, se adoptaron diferentes tasas de crecimiento según el método de cálculo utilizado. Siempre se procuró utilizar las tasas de crecimiento más recientes, tal como recomiendan los criterios básicos del ENOHA.

La proyección demográfica se debe basar en la información obtenida de los censos nacionales de población y vivienda, complementada con la información confiable que puede recabarse en otras fuentes.

Debido a que los límites geográficos de las localidades pueden variar entre censos, se debe solicitar al INDEC la información cartográfica y la población por fracción y radio de los distintos relevamientos y constatar que los datos de población de todos los censos correspondan a áreas geográficas iguales. Si se presentaran diferencias, deben efectuarse las correcciones necesarias de modo de hacer compatibles los datos censales anteriores con el área adoptada por el último censo.

Los métodos a utilizar para efectuar la proyección son:

1. Método polinómico;
2. Método de Interés compuesto –última tasa intercensal;
3. Método de Interés compuesto –Promedio de Tasas Intercensales;
4. Método de dos períodos – última tasa intercensal y promedio de los tres últimos períodos;
5. Método de la Curva Logística;
6. Método de la Curva logística (Versión ENOHA);
7. Método de crecimiento aritmético;
8. Método de crecimiento exponencial;
9. Método de la geométrica decreciente (recomendado por ENOHA);
10. Método relación – tendencia (recomendado por ENOHA);
11. Método de los incrementos relativos (recomendado por ENOHA);

El método de curva logística es de aplicación en aquellas localidades que han experimentado un crecimiento acelerado, el cual posteriormente ha sufrido una atenuación observable en la estabilización de las tasas de crecimiento. En general se utiliza en poblaciones consolidadas.

Cabe aclarar, que el nivel de información requerido para cada uno de los métodos de estimación es diferente, el método de las Tasas geométricas decrecientes utiliza sólo los datos censales correspondientes a las localidades, es decir que considera sólo las tasas de crecimiento locales. Los métodos relación – tendencia y Técnica de los incrementos relativos, relacionan la información censal de la nación, con la información censal de la provincia y luego con la información censal de las localidades, por lo que, a diferencia del método de tasas geométricas decrecientes, tienen en cuenta no sólo las condiciones locales, sino la influencia que la variación de la población de áreas mayores tiene en el crecimiento de la población de las localidades.

Se describen a continuación los métodos recomendados por el ENOHA y se adjunta la planilla resumen de los resultados de cada uno de estos métodos.

5.4.1. Método de la Curva Logística

La ecuación de la curva logística para períodos anuales se expresa en la siguiente forma:

$$P_n = \frac{K}{1 + e^{(b-an)}}$$

Donde:

P_n = población del año n

K =constante que representa el valor máximo de P_n , valor de saturación

a = constante que determina la forma de la curva

b = constante que determina la forma de la curva

e = base de los logaritmos neperianos

n = número de los años considerados

El ajuste de una curva logística a una serie numérica se hace por medio de los “puntos elegidos” para lo cual se toman tres puntos de la curva que estén en la línea de la tendencia. De este modo se obtiene un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas que permiten determinar los tres parámetros de la curva. (K , a y b).

Para simplificar la resolución del sistema de ecuaciones se toman tres puntos de las abscisas que se encuentren equidistantes (tiempo) y se ubica el comienzo del tiempo (t) en el primero de ellos, de esta forma se obtienen tres puntos en correspondencia con los tres pares de valores tiempo-población (t , p):

0	P_1
t_2	P_2
$2 t_2$	P_3

Las fórmulas utilizadas para obtener los valores de las constantes son las siguientes:

$$K = \frac{2 P_1 P_2 P_3 - P_2^2 (P_1 + P_3)}{P_1 P_3 - P_2^2}$$

$$a = \frac{\ln \left(\frac{(K-P_2)P_3}{(K-P_3)P_2} \right)}{t}$$

$$b = \ln \left(\frac{K - P_1}{P_1} \right)$$

Con la aplicación de este método se obtienen buenos resultados en poblaciones estabilizadas y consolidadas.

5.4.2. Tasa Geométrica Decreciente

La tasa anual de crecimiento para la proyección de la población se define en base al análisis de las tasas de crecimiento anuales de los dos últimos períodos intercensales. Se determinaron las tasas anuales de variación poblacional para las localidades de los dos últimos períodos censales:

$$i_I = \sqrt[n_1]{\frac{P_2}{P_1}} - 1$$

$$i_{II} = \sqrt[n_2]{\frac{P_3}{P_2}} - 1$$

donde:

i_I = tasa media anual de variación de la población durante el penúltimo período censal

i_{II} = tasa media anual de variación de la población del último período censal

P_1 = Número de habitantes correspondientes al primer Censo en estudio

P_2 = Número de habitantes correspondientes al penúltimo Censo en estudio

P_3 = Número de habitantes correspondientes al último censo

n_1 = número de años del período censal entre el primero y segundo Censo.

n_2 = número de años del período censal entre el segundo y el último Censo.

Se tendrán en cuenta los últimos censos para el cálculo de las expresiones

Para el intervalo comprendido entre el último censo y el año inicial del período de diseño, así como el primer subperíodo de n_1 años, se debe efectuar la proyección con las tasas media anual del último período intercensal utilizando las siguientes expresiones:

$$P_a = P_3(1 + i)^{n_3}$$

$$P_0 = P_a(1 + i)^{n_0}$$

$$P_n = P_0(1 + i)^n$$

Siendo:

P_a : estimaciones de población existente a la fecha de ejecución del proyecto.

P_0 : estimaciones de población al año previsto para la habilitación del sistema.

P_n : estimaciones de población al año "n".

i : tasa media anual de proyección

n_a = número de años transcurridos entre el último censo y la fecha de ejecución del proyecto.

n_0 = número de años transcurridos entre la fecha de ejecución del proyecto y la habilitación del sistema.

n = número de años transcurridos entre la población base y el año inicial de proyección.

Para cada subperíodo se determina la tasa media anual de proyección comparando los valores de las tasas medias históricas i_I e i_{II} . Considerando los datos de los tres últimos censos i_I correspondería a la calculada con los dos primeros valores e i_{II} con los dos últimos. Si i_I resulta menor que i_{II} , la tasa utilizada en la proyección del primer subperíodo debe ser igual al promedio entre ambas, resultando:

$$P_1 = P_0 \left(1 + \left(\frac{i_I + i_{II}}{2} \right) \right)^{n_1}$$

En el caso que i_I resulte mayor que i_{II} , la tasa de proyección debe ser igual al valor de i_{II} , resultando:

$$P_1 = P_0 (1 + i_{II})^{n_1}$$

5.4.3. Método relación - tendencia

El método se basa en el análisis de las relaciones entre la población total del país, la total de la provincia, y las localidades, además de las tendencias de evolución que presentan las mismas:

A partir de la población de la nación para los últimos tres períodos censales y la población para la provincia se establece la relación entre los datos históricos de la provincia y del país:

Se extrae el logaritmo decimal de las relaciones R_1 , R_2 y R_3 y se determinan las siguientes relaciones, para los períodos intercensales históricos:

$$I_1 = \log R_2 - \log R_1 \text{ (para } N_1 = \text{ años del primer período intercensal)}$$

$$I_2 = \log R_3 - \log R_2 \text{ (para } N_2 = \text{ años del segundo período intercensal)}$$

Se determinan luego la relación provincia/país para la estimación de los siguientes años:

$$\log R_4 = \log R_3 + \frac{I_1 C_{10} + I_2 C_{20}}{C_{10} + C_{20}}$$

$$R_4 = \frac{P_0}{P_{T0}}$$

Siendo R_4 la relación entre poblaciones de la provincia y el país para el año inicial del período de diseño ($n=0$)

C_{10} , C_{20} = coeficientes de ponderación calculados según la siguiente tabla:

Figura N° 20 Ecuaciones para la determinación de los Coeficientes C.

Periodos Intercensales (años)	Período desde el último censo hasta el año inicial	Sub periodos de diseño	
	$N_0 = B_0 - A_3$	$N_1 = B_1 - B_0$	$N_2 = B_2 - B_1$
$N_1 = A_2 - A_1$	$\frac{1}{C_0(A_2 - A_1)}$	$\frac{1}{C_1(B_1 - B_0)}$	$\frac{1}{C_2(B_2 - B_1)}$
$N_2 = A_3 - A_2$	$\frac{1}{C_0(A_3 - A_2)}$	$\frac{1}{C_1(B_1 - B_0)}$	$\frac{1}{C_2(B_2 - B_1)}$

A_1, A_2, A_3 = año en que se realizó el antepenúltimo, penúltimo y último censo nacional respectivamente

B_0 = año previsto para la habilitación de la obra

B_1 = año en que finaliza el primer subperíodo de n_1 , B_2 = año final del periodo de diseño

Se determina la relación provincia/país para los dos subperíodos de diseño n_1 y n_2 años, por las siguientes expresiones:

$$\log R_5 = \log R_4 + \frac{I_1 C_{11} + I_2 C_{21}}{C_{11} + C_{21}}$$

$$\log R_6 = \log R_5 + \frac{I_1 C_{12} + I_2 C_{22}}{C_{12} + C_{22}}$$

$$R_5 = \frac{P_{n1}}{P_{Tn1}}$$

$$R_6 = \frac{P_{n2}}{P_{Tn2}}$$

donde R_5 es la relación entre las poblaciones de la provincia y el país para el final del primer subperíodo de diseño, R_6 es la relación entre las poblaciones de la provincia y el país para el final del período de diseño y $C_{11}, C_{21}, C_{12}, C_{22}$ = Coeficientes de ponderación calculados según la tabla anterior.

Se obtienen los valores de población de la provincia para el período de diseño:

$$p_0 = R_4 P_{T0}$$

$$p_{n1} = R_5 P_{Tn1}$$

$$p_{n2} = R_6 P_{Tn2}$$

Luego se definen relaciones similares para las poblaciones de las localidades y la provincia, utilizando los mismos coeficientes de ponderación, pues estos dependen de los períodos considerados y no de los valores de población:

$$L_1 = \frac{P_1}{p_1}$$

$$L_2 = \frac{P_2}{p_2}$$

$$L_3 = \frac{P_3}{p_3}$$

$$I'_1 = \log L_2 - \log L_1 \quad (\text{para } N_1)$$

$$I'_2 = \log L_3 - \log L_2 \quad (\text{para } N_2)$$

$$\log L_4 = \log L_3 + \frac{I'_1 C_{10} + I'_2 C_{20}}{C_{10} + C_{20}}$$

$$\log L_5 = \log L_4 + \frac{I'_1 C_{11} + I'_2 C_{21}}{C_{11} + C_{21}}$$

$$\log L_6 = \log L_5 + \frac{I'_1 C_{12} + I'_2 C_{22}}{C_{12} + C_{22}}$$

Se obtienen las relaciones de población localidad/provincia para el período de diseño:

$$L_4 = \frac{P_0}{p_0}$$

$$L_5 = \frac{P_{n1}}{p_{n1}}$$

$$L_6 = \frac{P_{n2}}{p_{n2}}$$

Se obtienen los valores de población para cada una de las localidades para el período de diseño:

$$P_0 = L_4 p_0$$

$$P_{n1} = L_5 p_{n1}$$

$$P_{n2} = L_6 p_{n2}$$

5.4.4. Técnica de los Incrementos Relativos

Este método se fundamenta en la proporción del crecimiento absoluto de un área mayor que corresponde a áreas menores en un determinado período de referencia.

Conocidos los valores de proyección de población para el área mayor para el período en estudio, en este caso los valores nacionales, y la población de cada una de las áreas menores correspondiente a las dos últimas fechas censales, en este caso para la

provincia de Santa Fe y para cada una de las localidades, se estima la población total de cada área menor con la siguiente ecuación:

$$P_{ti} = a_i P_{Ti} + b_i$$

Siendo:

P_{ti} = la población del área menor (i) en el año (t)

P_{Ti} = la población del área mayor (i) en el año (t)

El coeficiente de proporcionalidad del incremento de la población del área menor en relación con el incremento de la población el área mayor es igual a:

$$a_i = \frac{P_{1i} - P_{0i}}{P_{1T} - P_{0T}} = \frac{P_i}{P_T}$$

$$b_i = \frac{P_{1i} + P_{0i} - \frac{P_i}{P_T} (P_{1T} + P_{0T})}{2}$$

5.5. Resultados

Los resultados obtenidos para cada método para el año 2040 se resumen en la Figura N° 21; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, y los resultados de Rafaela para todos los años comprendidos en el análisis se muestran en la Figura N° 22; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

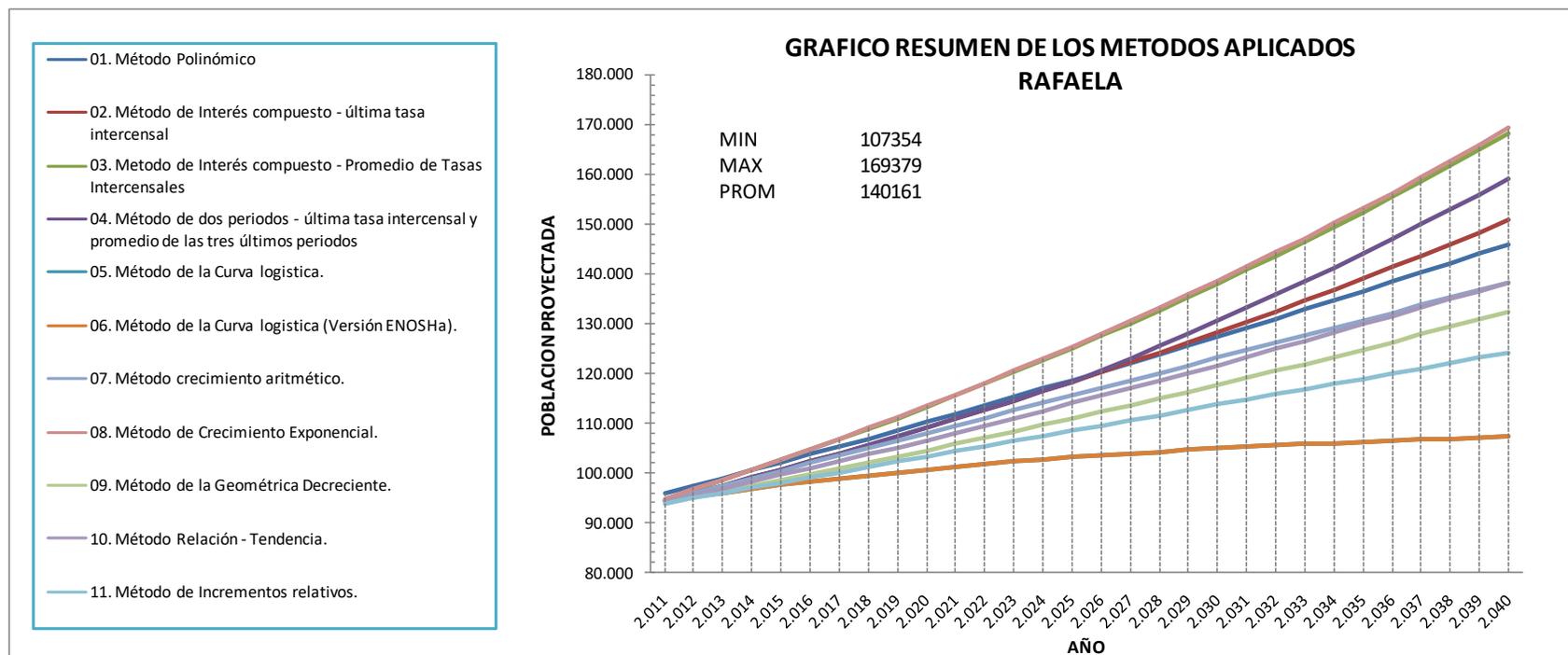
Figura N° 21 Poblaciones de diseño correspondientes al año 2040

AÑO	01. Método Polinómico	02. Método de Interés compuesto - última tasa intercensal	03. Método de Interés compuesto - Promedio de Tasas intercensales	04. Método de dos periodos - última tasa intercensal y promedio de las tres últimos periodos	05. Método de la Curva logística.	06. Método de la Curva logística (Versión ENOSH).	07. Método crecimiento aritmético.	08. Método de Crecimiento Exponencial.	09. Método de la Geométrica Decreciente.	10. Método Relación - Tendencia.	11. Método de Incrementos relativos.
Rafaela	146.016	150.832	168.378	159110	107.354	107.354	138310	169.379	132.515	138.301	124.218
Esperanza	70.775	68.539	72.526	72.042	95.888	No se puede aplicar	62.777	72.887	68.689	65.043	62.739
Santo Tomé	107.032	123.475	154.182	128.262	73.671	73.671	107.857	156.052	96.355	109.616	89670
Sunchales	30.227	31.354	38.146	33.345	41.537	No se puede aplicar	29590	38.364	31.414	29.908	29.794

Se analizaron los valores de las poblaciones para cada localidad y para cada método de cálculo y se compararon con las propuestas en el proyecto de referencia encontrándose diferencias poco significativas que no ameritan mayores estudios en esta etapa de evaluación.

Por ejemplo, para el caso de Rafaela, siendo la población proyectada en el proyecto de 161935 habitantes, la diferencia con el promedio resultante de la aplicación de todos los métodos es de sólo el 13%.

Figura Nº 22 Evolución de la población de Rafaela



6. MODELO DE DEMANDA

6.1. Dotación por habitante

Para calcular el caudal máximo diario o caudal de proyecto, se tuvo en cuenta una dotación media anual de 200 litros por habitante por día recomendada por SNAP (Servicio Nacional de Agua Potable) y ENOHSa (Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento), organismos que históricamente se ocupaban de las obras de provisión de agua potable, hasta que fue transferida a las órbitas provinciales.

A este valor, se lo multiplicó por un coeficiente α_1 , para pasar de caudal medio anual al caudal medio del día de máximo consumo. Los valores especificados por ENOHSa son expuestos en la Figura N° 23, y generalmente se usa:

$$1.3 < \alpha_1 < 1.6$$

Figura N° 23 Coeficiente de caudal α_1

Población Servida	α_1
P < 15000 hab	1.4
P > 15000 hab	1.3

Por lo que se adoptaron estos valores recomendados.

Por tratarse de una obra de conducción regulada por cisternas las que a su vez abastecen centros de distribución con almacenamientos zonales y particulares, no es preciso considerar el factor α_2 que relaciona el caudal con el pico de máximo consumo horario, o que representaría un sobredimensionado de la conducción.

Figura N° 24 Valores de los coeficientes de caudal

Población servida	α_1	α_2	α	β_1	β_2	β
500 h < P _s ≤ 3.000 h	1,40	1,90	2,66	0,60	0,50	0,30
3.000 h < P _s ≤ 15.000 h	1,40	1,70	2,38	0,70	0,50	0,35
15.000 h < P _s	1,30	1,50	1,95	0,70	0,60	0,42

6.2. Caudales de diseño

A continuación, se resumen los caudales de diseño para el horizonte de planificación.

Estos caudales fueron calculados bajos los siguientes supuestos:

- La dotación por usuario se mantiene constante a lo largo del tiempo, este es un criterio conservador, dado que la tendencia mundial es que las dotaciones por habitante bajen con el tiempo debido al uso más eficiente del recurso.

- Se supuso que la zona de prestación en la provincia de Santa Fe se mantendrá constante y deberá su crecimiento solo al incremento poblacional.
- No se considera el consumo de la planta ni el suministro para otros fines más que el consumo humano.
- Para las localidades de Córdoba se afectó el subtotal por un coeficiente de incremento del 25% para tener en cuenta posibles futuras ampliaciones del sistema hacia más localidades

Se obtiene un caudal de 483.6 litros por segundo para Santa Fe y 610.6 litros por segundo para Córdoba, para un total de 1094.2 litros por segundo.

Adicionalmente, se planteó la otra alternativa incluyendo los 1000 litros por segundo, en caso de ampliar la provisión al Gran Córdoba. Los resultados parciales respectivos a Santa Fe se muestran en la Figura N° 25 y los de Córdoba se muestran en la Figura N° 26.

Figura N° 25 Cálculo del Caudal necesario, Santa Fe

Localidad	Poblacion [hab.]		Caudal máximo diario [m ³ /s]
	Proyectada 2010	Proyectada 2040	
Cañada Rosquín	5316	6914	0,0224
Carlos Pellegrini	4986	6188	0,0201
Casas	655	789	0,0026
Castelar	621	820	0,0027
Colonia Belgrano	965	1021	0,0033
Colonia Margarita	248	279	0,0009
Crispi	216	249	0,0009
El Trebol	11113	15337	0,0462
Esmeralda	619	733	0,0024
Galvez	19496	22996	0,0692
Garibaldi	148	158	0,0005
Gessler	863	1015	0,0033
Landeta	1329	1757	0,0057
Larrechea	591	858	0,0028
Las Bandurrias	207	522	0,0017
Las Petacas	980	1163	0,0038
Loma Alta	132	169	0,0005
Lopez	1476	2344	0,0076
Maria Juana	4652	5004	0,0162
Piamonte	3467	3747	0,0121
San Jorge	18569	26769	0,0806
San Martin de las Escobas	2269	3002	0,0097
San Vicente	5572	5841	0,0189
Sastre	5434	6254	0,0203
Traill	83	95	0,0003
Zenon Pereyra	1773	1925	0,0062
Total Proyecto Original	91780	115949	0,3609
	Censo 2010	Proyectada 2040	
Coronda	18115	27215	0,0819
San Eugenio	241	407	0,0013
Campo Piaggio	86	37	0,0001
Arocena	2410	4298	0,0139
San Fabian	927	1132	0,0037
Barrancas	5387	6724	0,0218
Total Actualizado 2017	118946	155763	0,4836

Figura Nº 26 Cálculo del Caudal necesario, Córdoba

Localidades CBA	2010	2040	Qmaxdiario
San Francisco	61750	72549	0,2183
Morteros	17124	25672	0,0773
Brinkman	9890	18484	0,0556
Freyre	6620	9790	0,0317
Devoto	6057	8163	0,0265
Porteña	5337	7884	0,0256
La Francia	3804	5155	0,0167
Altos de Chipión	1793	3255	0,0105
Colonia Marina	1153	1985	0,0064
La Paquita	964	1719	0,0056
Colonia Vignaud	727	946	0,0031
Seeber	620	1456	0,0047
Quebracho Herrado	388	618	0,0020
Plaza San Francisco	284	492	0,0016
Colonia Valtelina	190	360	0,0012
Estación Luxardo	105	212	0,0007
Plaza Luxardo	90	183	0,0006
Colonia 10 de Julio	73	137	0,0004
Suma Cba.	116969	159061	0,4885
25% Suma Cba			0,1221
Subtotal Cba.			0,6106
Total (Cba+ 25% Cba + Sta Fe)		314825	1,0942
Alternativa: 1m ³ /s adicional		Cba	1,6106
(posible adición de Gran Córdoba)		Total	2,0942

7. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN

7.1. Introducción

Un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) es una representación de la topografía de una zona terrestre en una forma adaptada a su utilización mediante un ordenador digital. La unidad básica de información de un MDE es un valor de elevación Z, al que acompañan los valores correspondientes de X e Y, que expresados en un sistema de proyección geográfica permiten una precisa referenciación espacial.

Este MDE posee la precisión acorde en cada sector a la finalidad que debe servir, y se usa entre otros como apoyo en la pre-planificación de actividades de ingeniería. En este caso en particular permite determinar las características topográficas a lo largo de la traza analizada.

El MDE generado también podrá usarse en estudios hidrológicos complementarios, como apoyo en la pre-planificación de las actividades de ingeniería o construcción vinculadas a las obras, en el análisis de cursos secundarios de escurrimiento, definición de los límites de las planicies de inundación, tareas de remediación, etc.

7.2. Información disponible

Para la confección del MDE (o DEM, en inglés) se descargaron de la Nasa, las imágenes del proyecto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), que consiste en un sistema de radar especialmente modificado para adquirir los datos de elevación topográfica estereoscópica. La técnica empleada conjuga software interferométrico con SAR radares con anchos "sintéticos" en sus antenas reflectoras. Para ello hay que tener una idea del área comprendida en la traza para encontrar las imágenes más adecuadas.

Se completó y contrastó el set de información con Google Earth Pro. Se digitalizaron y referenciaron los planos de la traza. Esta información fue integrada al MDE generado. Con la ayuda de las imágenes y las fotografías de la zona se identificaron puntos singulares en los cauces y dentro de la cuenca (dorsales, líneas de vaguada, crestas, barrancas, etc.) priorizando las líneas de escurrimiento y accidentes significativos dentro de la franja de afectación.

7.3. Metodología

Se representó la traza del acueducto troncal propuesto sobre Google Earth Pro en base al proyecto original y a los tramos de empalme necesarios, contemplando su recorrido siguiendo la ruta provincial 64 de este a oeste y luego la RP 20 de sur a norte. Con la ayuda de las imágenes, y la información de proyecto original recibida, se identificaron puntos singulares de la traza troncal (derivaciones a localidades, puentes, barrancas, ríos, etc.).

Cargando las imágenes SRTM y el dibujo de la traza exportada de Google Earth Pro a un software GIS (sistema de información geográfica, el utilizado fue Global Mapper 13) se generó un plano de curvas de nivel (líneas en el mapa que unen todos los puntos que tienen la misma altitud sobre el nivel del mar) georreferenciadas a la sistema de trabajo, lo que se muestra en la Figura N° 27 y Figura N° 28. Se eligió como tipo de sistema de coordenadas a Gauss – Kruger Argentina, optimizado para Zona 4 comprendida entre las longitudes 64.5 Oeste y 61.5 Oeste.

La altimetría generada comprende el rango que va de 5 a 120 msnm aproximadamente.

Figura N° 27 Modelo digital de Elevación (MDE) – (Vista en planta) Datos: SRTM

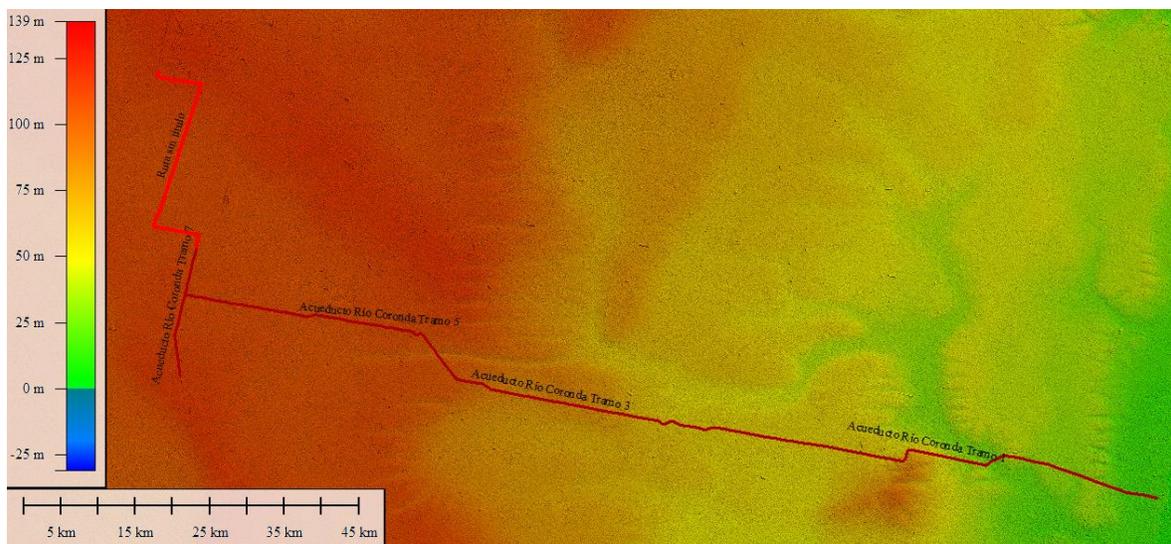
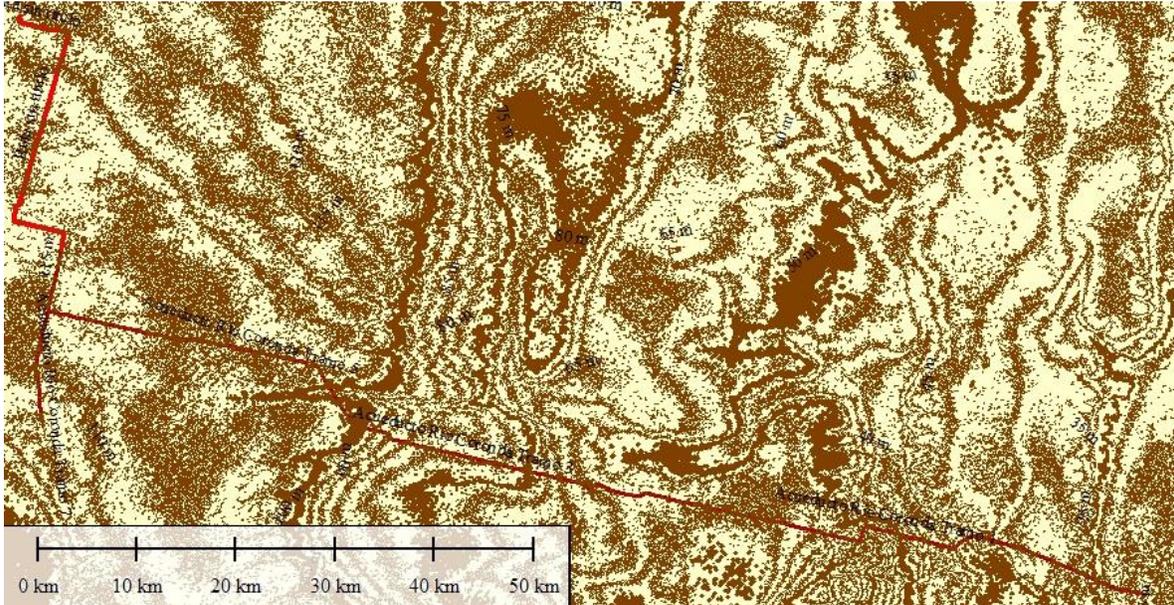


Figura N° 28 Curvas de nivel generadas en Global Mapper



➤ Ver Anexo Plano N2PT – Plano Topográfico.

8. MODELO HIDRÁULICO

8.1. Software

Para la simulación en régimen permanente de cada alternativa se utilizó el programa EPANET2. Es un software de dominio público y código libre, desarrollado por la EPA (Environmental Protection Agency, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) para el análisis de sistemas de distribución de agua potable que realiza simulaciones del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión. Una red puede estar compuesta por tuberías, nudos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses.

EPANET efectúa el seguimiento de la evolución de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo del periodo de simulación discretizados en múltiples intervalos de tiempo. Puede también simular el tiempo de permanencia del agua en la red y su procedencia desde las diversas fuentes de suministro.

Entre las ventajas principales de EPANET se puede destacar que puede calcular las pérdidas de carga en las tuberías mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning. Además, contempla las pérdidas menores en accesorios, admite bombas de velocidad fija o variable y permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal.

Este programa determina el caudal que circula por cada una de las conducciones, la presión en cada uno de los nudos, y otras magnitudes que no fueron incluidas en este análisis, como ser nivel de agua en los tanques, calidad del agua, presencia de componentes químicos, etc.

EPANET puede emplearse para multitud de aplicaciones en el análisis de sistemas de distribución, siendo la herramienta más útil utilizada en este caso la variación de los esquemas de bombeo, incluyendo cantidad y ubicación de las estaciones elevadoras de presión y sus curvas elevación-caudal.

A continuación, se presenta una breve reseña sobre las características de este software y su modelo de resolución.

8.2. Características del modelo hidráulico

8.2.1. Características generales

EPANET posee las siguientes características con relación al modelo hidráulico:

- No existe límite en el tamaño de la red.
- Calcula las pérdidas por fricción en las conducciones mediante las expresiones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, Chezy-Manning.

- Incluye pérdidas menores en elementos tales como codos, acoplamientos, etc.
- Calcula la energía consumida y el costo de bombeo de las estaciones.

8.2.2. Componentes físicos

El programa EPANET modela un sistema de distribución de agua como una serie de líneas conectadas a los nudos. Las líneas representan tuberías, bombas y válvulas de control. Los nudos representan conexiones, tanques y depósitos. A continuación, se describen las características de cada componente físico del modelo. En la Figura N° 29 se muestra una captura de pantalla con estos componentes.

- **Conexiones**

Las conexiones son puntos en la red donde se unen las líneas o por donde entra o sale el agua de la red. La información que se requiere para las conexiones es cota y demanda de agua.

Los resultados que se obtienen de las conexiones a lo largo de toda la simulación son altura piezométrica y presión.

- **Embalses**

Los embalses son nudos que representan una fuente externa de alimentación, de capacidad ilimitada, o bien un sumidero de caudal. Son utilizados para modelar lagos, ríos y conexiones a otros sistemas. Sus principales características son su altura piezométrica y su calidad inicial para el análisis de la calidad del agua, faceta no incluida en el análisis.

El depósito es un punto frontera de la red, su altura y calidad del agua no pueden verse afectadas por lo que ocurra en el resto del sistema. Por lo tanto, no se ordenan características de salida. A pesar de todo, se puede hacer variar su altura con el tiempo si se le asigna un patrón de tiempo.

- **Tuberías**

Las tuberías son líneas que llevan el agua de un punto de la red a otro. EPANET asume que todas las tuberías se encuentran completamente llenas en todo momento y, por consiguiente, que el flujo es a presión. Los parámetros hidráulicos más importantes para las tuberías son nudos de entrada y salida, diámetro, longitud, coeficiente de rugosidad, estado (abierto, cerrado o con una válvula).

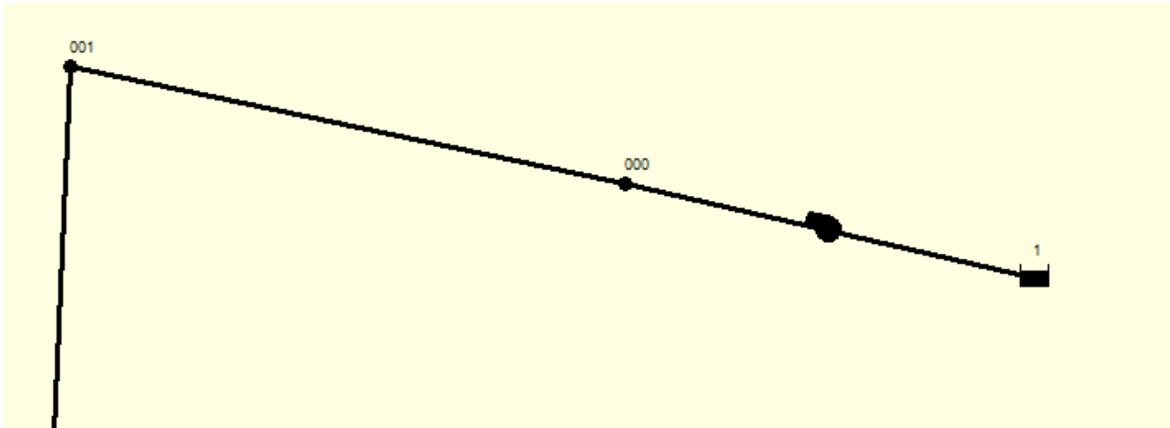
Los principales valores que se pueden obtener son caudal, velocidad y pérdidas.

- **Bombas**

Las bombas son elementos que aportan energía al fluido incrementando su altura piezométrica. Las características más importantes para una bomba son su entrada y salida y su curva característica (relación entre altura y caudal de la bomba).

Los parámetros de salida más importantes son el caudal y la carga.

Figura N° 29 Captura de pantalla de EPANET, componentes físicos



8.2.3. Componentes no físicos

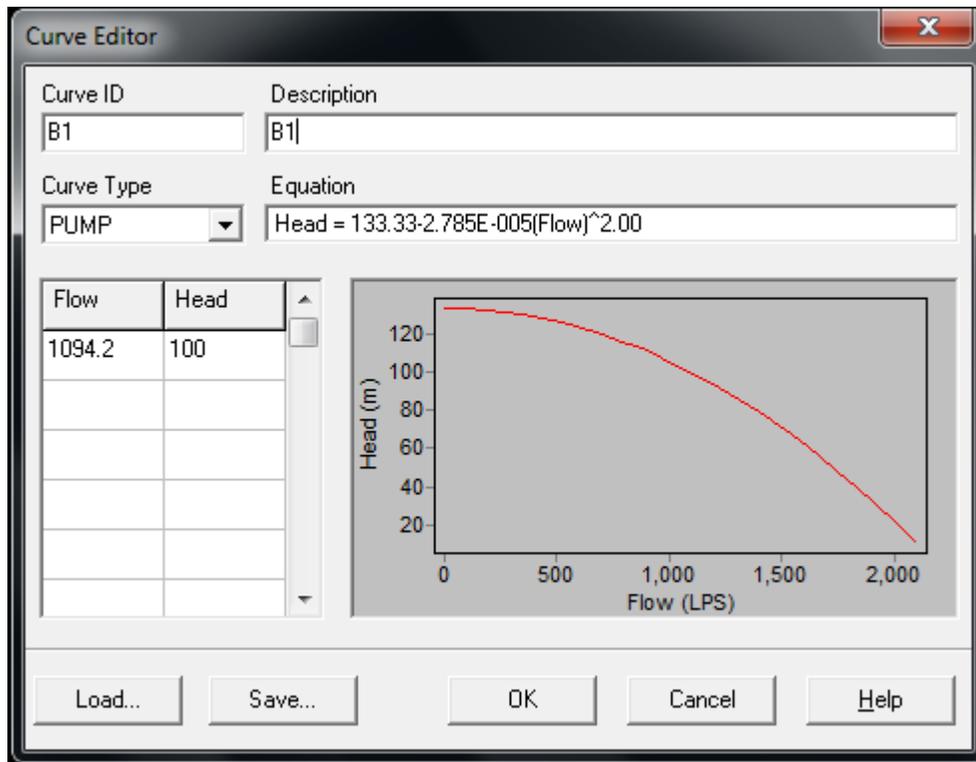
Además de los componentes físicos, EPANET utiliza tres tipos de objetos informativos – curvas, patrones y controles – que describen el comportamiento y los aspectos operacionales de un sistema de distribución, de los cuales sólo se utilizarán las curvas.

- Curvas

Las curvas son objetos que representan la relación existente entre pares de datos por medio de dos magnitudes o cantidades. Dos o más objetos pueden formar parte de la misma curva. Un modelo de EPANET puede utilizar los siguientes tipos de curvas, de las cuales en un primer análisis sólo se tuvo en cuenta la primera:

- Curva de características de una bomba: representa la relación entre la altura y el caudal que puede desarrollar a su velocidad nominal. Esta curva debe disminuir la altura a medida que aumenta el caudal (ver Figura N° 30).
- Curva de rendimiento: determina el rendimiento de la bomba como función del caudal de la bomba. Esta curva se usa únicamente para cálculos energéticos.
- Curva de volumen: determina cómo el volumen de agua en el tanque varía en función del nivel de agua. Se usa cuando es necesario representar exactamente tanques cuya sección transversal varía con la altura.
- Curva de pérdidas: se usa para representar las pérdidas en una válvula de propósito general en función del caudal.

Figura N° 30 Captura de pantalla de EPANET, curva característica de la bomba



7.3. Rugosidad del conducto

Para efectuar el modelo se opta por la ecuación de Hazen-Williams, debido a que ésta se utiliza particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas, o conductos cerrados, es decir, que trabajan a presión.

Su ventaja es asociar su coeficiente a la rugosidad relativa de la tubería que lo conduce, o lo que es lo mismo al material de la misma y el tiempo que este lleva de uso. Es de mayor facilidad de aplicación que la ecuación de Darcy-Weisbach, otra de las ecuaciones ampliamente usadas en hidráulica para calcular la pérdida de carga (o de presión) debido a la fricción a lo largo de una tubería llena con la velocidad media del flujo del fluido.

Se eligió para el modelo usar tuberías de PRFV (plástico reforzado con fibra de vidrio) de acuerdo con los pliegos del acueducto ya construido en el proyecto general. Distintos coeficientes para los diferentes materiales se muestran en la Figura N° 31, optando finalmente por un valor de $C=150$.

Figura N° 31 Coeficientes de rugosidad para tuberías nuevas

Material	C Hazen-Williams (universal)	ϵ Darcy-Weisbach (mm)	n Manning (universal)
Fundición	130 – 140	0,25	0,012 – 0,015
Hormigón o revest. de Hº	120 – 140	0,3 – 3,0	0,012 – 0,017
Hierro Galvanizado	120	0,15	0,015 – 0,017
Plástico	140 – 150	0,0015	0,011 – 0,015
Acero	141 – 150	0,03	0,015 – 0,017
Cerámica	110	0,3	0,013 – 0,015

7.4. Pérdidas en el tramo

Para considerar las pérdidas por accesorios se utilizaron los siguientes parámetros.

Figura N° 32 Cálculo de longitudes equivalentes para los accesorios

Accesorios por Km	K
Angle Valve	5
Ball Valve, Full Port	0.05
Butterfly Valve	0.6
Check Valve, Swing Type	2.3
Elbow 45 Degrees	0.4
Elbow 90 Degrees, Long Radius	0.6
Elbow 90 Degrees, Standard	0.9
Flow Meter, Turbine Type	7
Foot Valve	0.9
Gate Valve	0.2
Globe Valve	10
Pipe Entrance, Inward Projected Pipe	1
Pipe Entrance, Sharp Edge	0.5
Pipe Exit	1
Tee, Standard, Flow Through Branch	1.8
Tee, Standard, Flow Through Run	0.6

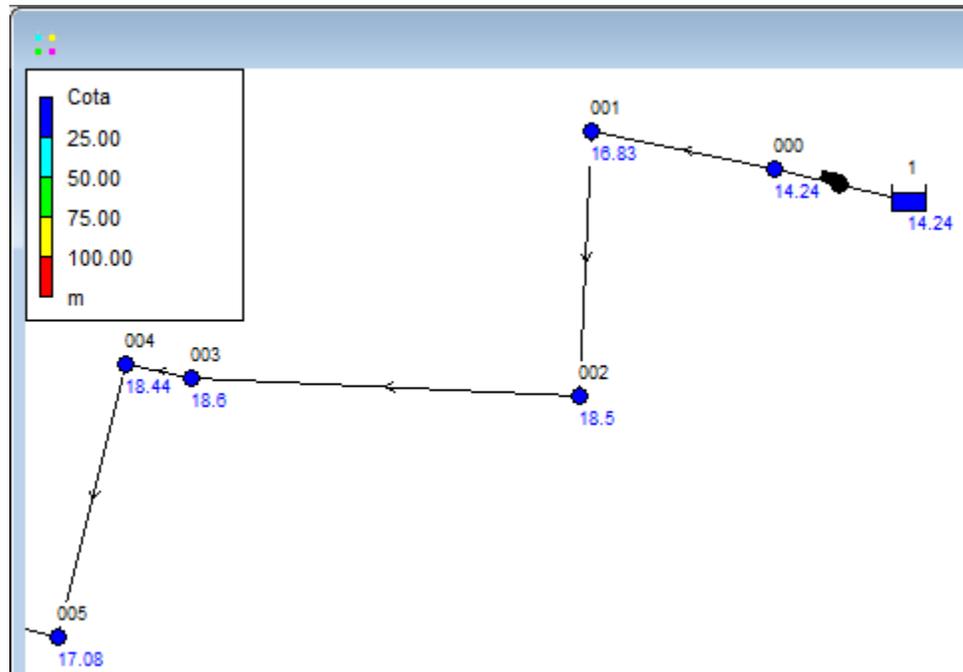
Los cálculos se realizaron por kilómetro. Se consideró que contaba con dos válvulas compuerta y dos accesorios T con flujo a través dando una longitud equivalente de 61 m por kilómetro de conducción (6,1 %), valor menor al 10% que es el usual adoptado por los diseñadores en una primera aproximación. Se empleó una longitud equivalente igual al 8%.

7.5. Carga de datos

En lugar de volver a dibujar la traza se opta por importar desde el archivo generado por Global Mapper, controlando que las longitudes de las cañerías sean las mismas.

Para ingresar la cota de cada nodo, se tuvo en cuenta una tapada mínima de proyecto de 1.5 metros que se resta de la cota obtenida del plano de curvas de nivel. En la Figura N° 33 se muestran las elevaciones de los primeros nodos de la red, incluyendo el embalse que hace las veces de la toma del río, y la estación elevadora en la planta potabilizadora en la interfaz del programa.

Figura N° 33 Modelo del acueducto en EPANET



8. ALTERNATIVAS ANALIZADAS

Se plantearon alternativas que varían en la cantidad de estaciones de bombeo, tipo de estación, caudales y velocidades admisibles.

Entre las principales premisas a atender se considera de importancia remarcar los siguientes aspectos:

- 1) Se modeló la totalidad del sistema vinculando las distintas estaciones de bombeo. Dado que cada estación dispondrá de una cisterna en la que se romperá la carga, cada tramo puede considerarse un sistema independiente sujeto a las restricciones de demanda y presión mínima en el punto de entrega.
- 2) En cada tramo se consideraron los puntos intermedios de extracción o derivación con su respectivo caudal de cálculo.

- 3) Como valor de presión remanente en cada punto de descarga, al fijar las condiciones de contorno del sistema, se consideró un valor mínimo de 10 m.c.a para permitir el llenado de la cisterna y disponer de un remanente para absorber pérdidas no consideradas.
- 4) Los conductos modelados van de 1600 mm a 800 mm de diámetro en PRFV y su clase se determinará en la simulación de régimen impermanente (golpe de ariete).
- 5) Se considera una tapada mínima de proyecto de 1,50m.

En una primera aproximación, se efectuó el diseño para una velocidad máxima admisible de 1.5 m/s, y en un segundo ajuste se disminuyó hasta un valor de 1 m/s.

Otro parámetro que diferencia las alternativas analizadas es el valor del caudal considerándose la provisión hacia el este de Córdoba, lo que suma 1 m3/s adicional al caudal obtenido para las localidades previamente mencionadas.

8.1. Predimensionado

Para efectuar un predimensionamiento del acueducto, en un primer planteo, tomando como velocidad admisible dentro del conducto v (1.5 m/s) y Q el caudal, se obtuvieron diámetros de 1000, 900 y 800 milímetros usando las siguientes ecuaciones.

$$\text{Área} = Q/v$$

$$\text{Diámetro} = 2 * \sqrt{A/\pi}$$

Para la segunda alternativa, con el objetivo de disminuir las pérdidas por fricción, tomando como referencia una velocidad de 1 m/s se obtuvieron diámetros de 1200 y 1100 mm.

La tercera y la cuarta alternativa fueron formuladas, análogas a la segunda y a la primera respectivamente en términos de velocidades, tomando en cuenta el adicional de caudal.

A modo de resumen, las alternativas a modelar se muestran en la Figura N° 34:

Figura N° 34 Resumen de Alternativas

	Velocidad máx. (m/s)	Cantidad de Estaciones de bombeo	Caudal máx. (l/s)	Observaciones
Alternativa 1	1.5	3	1094	
Alternativa 2	1	3	1094	
Alternativa 3	1.5	3	2094	Abastece Gran Córdoba
Alternativa 4	1	3	2094	Abastece Gran Córdoba

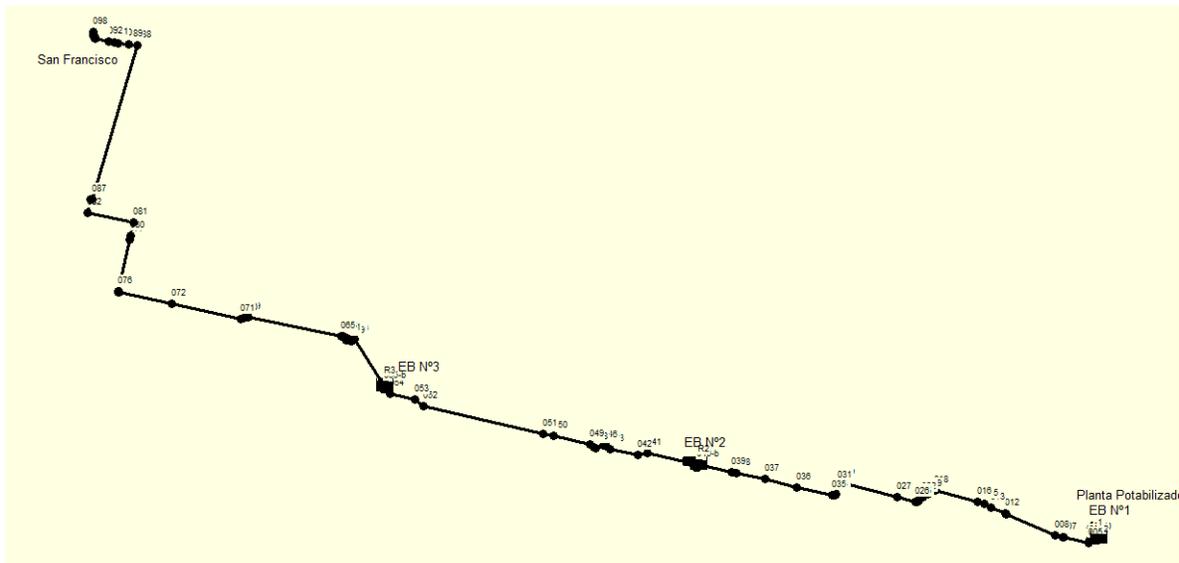
9. CORRIDA DEL MODELO

9.1. Alternativa Nº 1

Ubicando la primera estación de bombeo en la posición estimada de la planta potabilizadora, elevando la presión 100 m.c.a. (metros de columna de agua) se simuló el funcionamiento del sistema bajo régimen permanente. Observando donde la presión caía por debajo de los 10 m.c.a. se colocó la siguiente estación de bombeo y se hizo correr un nuevo análisis, y así sucesivamente. Esa presión mínima garantiza el abastecimiento a la cisterna y cubre al sistema de eventuales pérdidas de carga no consideradas en este análisis.

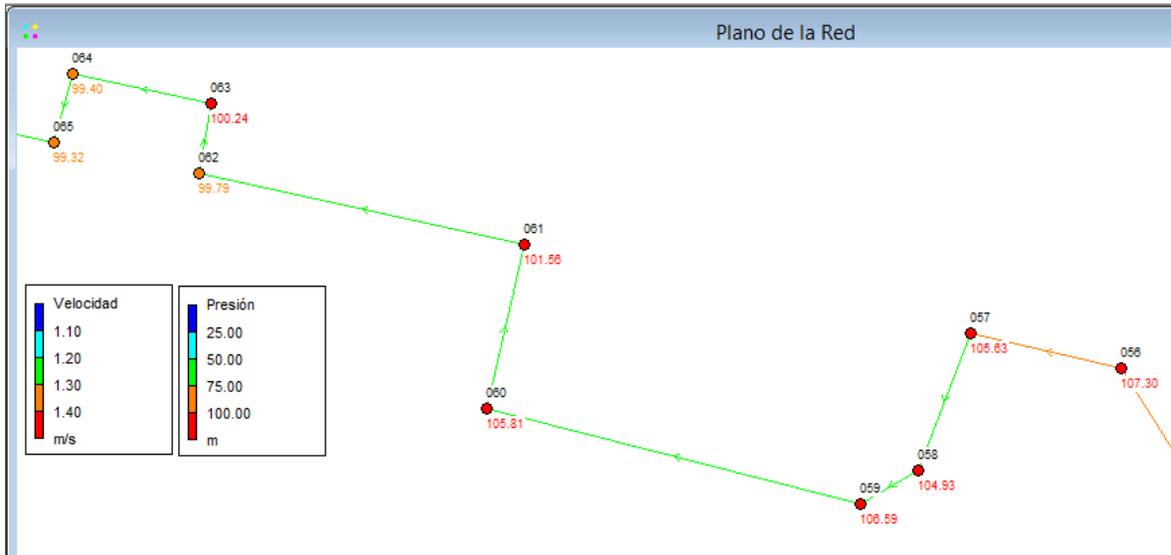
En la Figura Nº 35 se muestra el modelo conceptual del acueducto simulado con los nodos y conductos de vinculación, incluyendo los nodos que representan la toma desde el río, la estación elevadora en la planta potabilizadora y las estaciones de rebombeo.

Figura Nº 35 Modelo del acueducto en EPANET



En la Figura Nº 36 se ilustra la interfaz del programa al graficar las magnitudes.

Figura N° 36 Resultados del modelo



La potencia de cada bomba fue calculada según:

$$Potencia [kW] = \gamma * Q * H / \eta$$

Siendo γ [1000 kg/m³] el peso específico del agua, Q [m³/s] el caudal, H [m] la ganancia de carga o altura dinámica de la bomba, y η rendimiento adimensional, estimado en 0.87. El valor de rendimiento será ajustado en función de los datos garantizados que provea el fabricante de los equipos una vez que hayan sido definidos los mismos.

Para obtener la potencia en caballos de fuerza, la equivalencia es:

$$[HP] = 1.341 [kW]$$

La Figura N° 37 y Figura N° 38 muestran las magnitudes de presión y velocidad para esta alternativa simulada bajo régimen permanente.

La potencia que se obtiene para las estaciones de bombeo de esta propuesta es:

- EB N°1 Planta Potabilizadora =1819 [HP]
- EB N°2 = 1404 [HP]
- EB N°3 = 1538 [HP]

Figura N° 37 Acueducto Norte-2 – Presión – Alternativa N°1

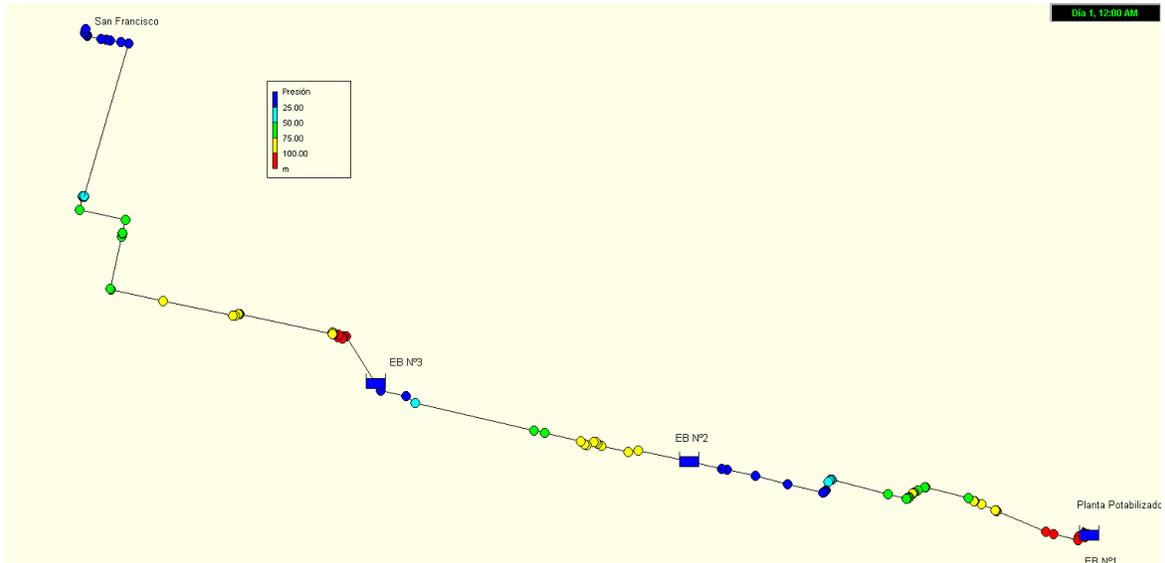
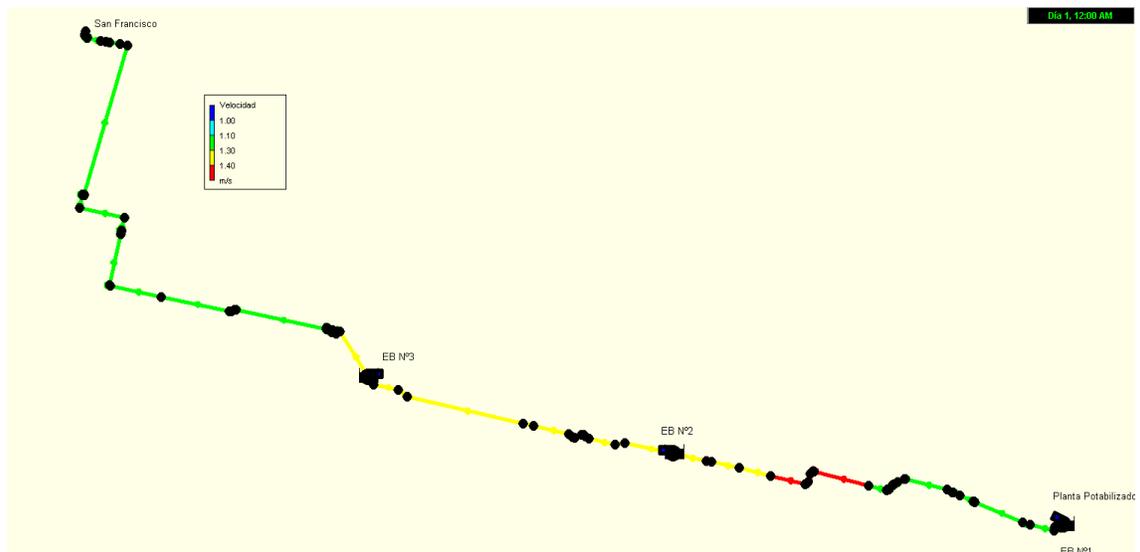
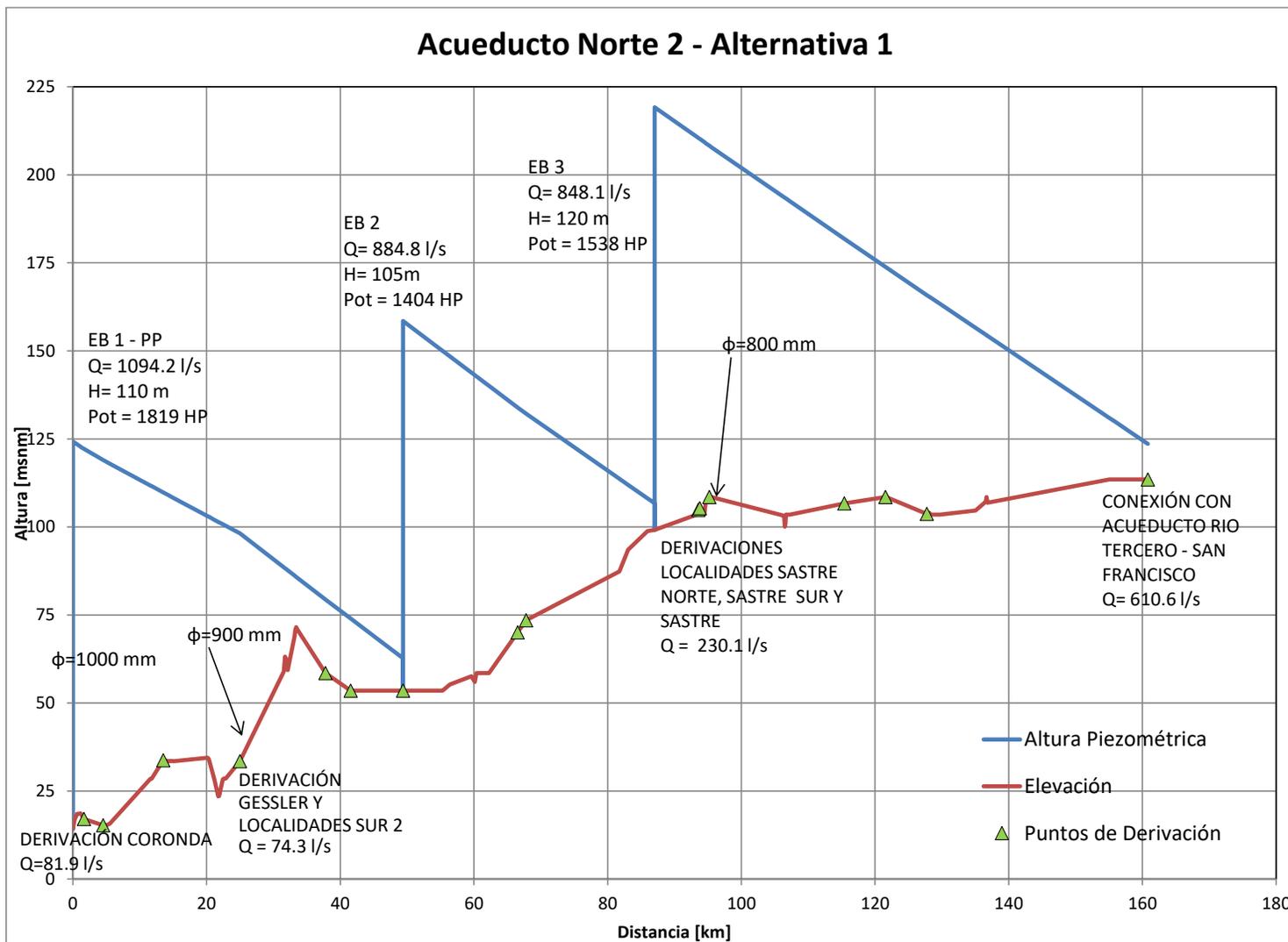


Figura N° 38 Acueducto Norte-2 – Velocidad – Alternativa N°1



Exportando los resultados a Excel se confeccionó el gráfico que se muestra en la Figura N° 39. En el mismo se puede apreciar el perfil longitudinal de esta propuesta junto a la altura piezométrica que se dará para la conducción con este caudal de diseño. Se puede apreciar en el gráfico la ubicación de cada EB, su caudal, altura de bombeo y los puntos de derivación de caudal.

Figura N° 39 Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 1 Régimen permanente



9.2. Propuesta N° 2

Para la segunda propuesta se disminuyó la velocidad admisible a 1m/s. Los diámetros mayores permitieron reducir las pérdidas friccionales en el interior de la tubería y de esta forma se redujo la potencia de las estaciones de bombeo planteadas. Esta propuesta posee un caudal de 1094 l/s. Los diámetros así obtenidos son de 1200 y 1100 mm.

La Figura N° 40 y Figura N° 41 muestran las magnitudes de presión y velocidad para esta alternativa simulada bajo régimen permanente.

Figura N° 40 Acueducto Norte-2 – Presión – Alternativa N°2

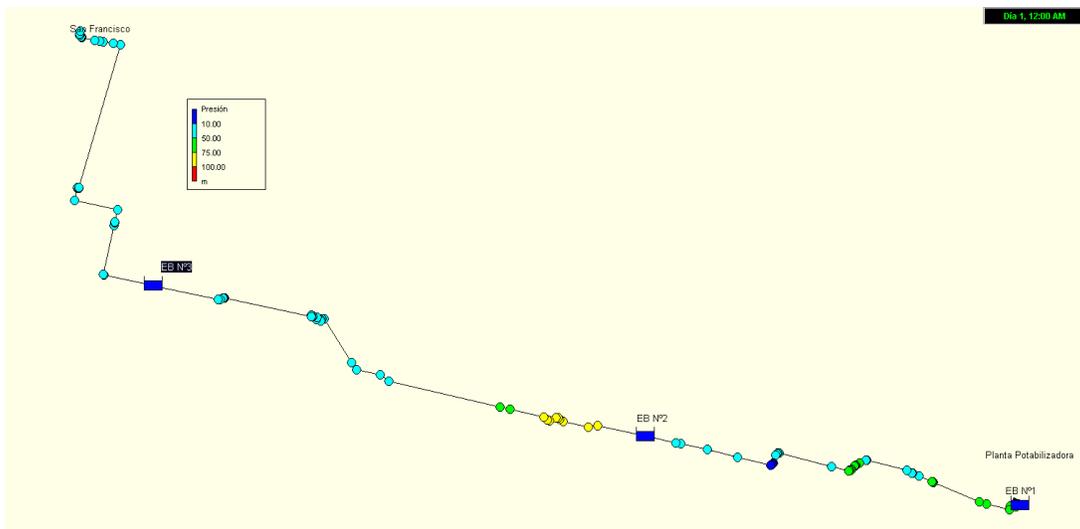
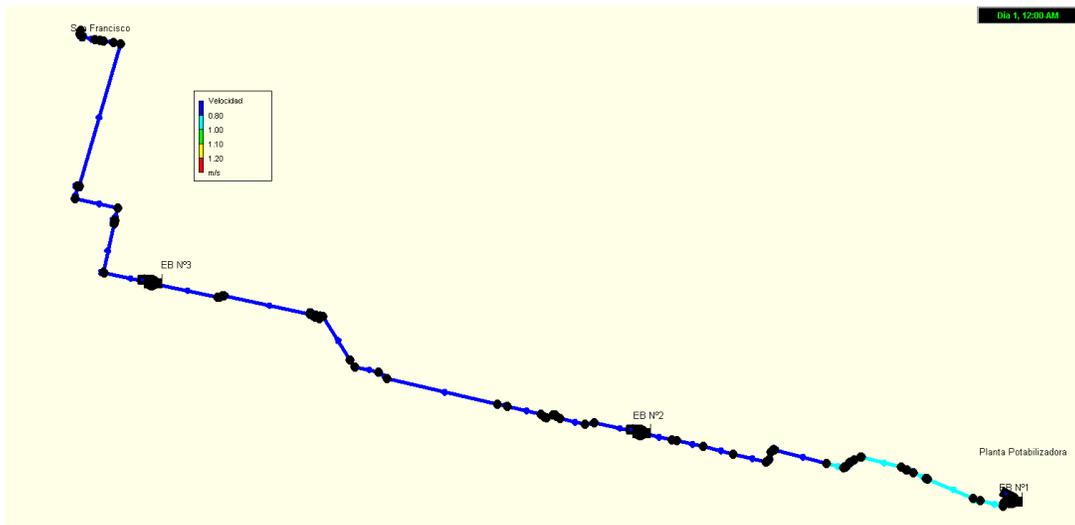


Figura N° 41 Acueducto Norte-2 – Velocidad – Alternativa N°2



La potencia que se obtiene para las estaciones de bombeo de esta propuesta es:

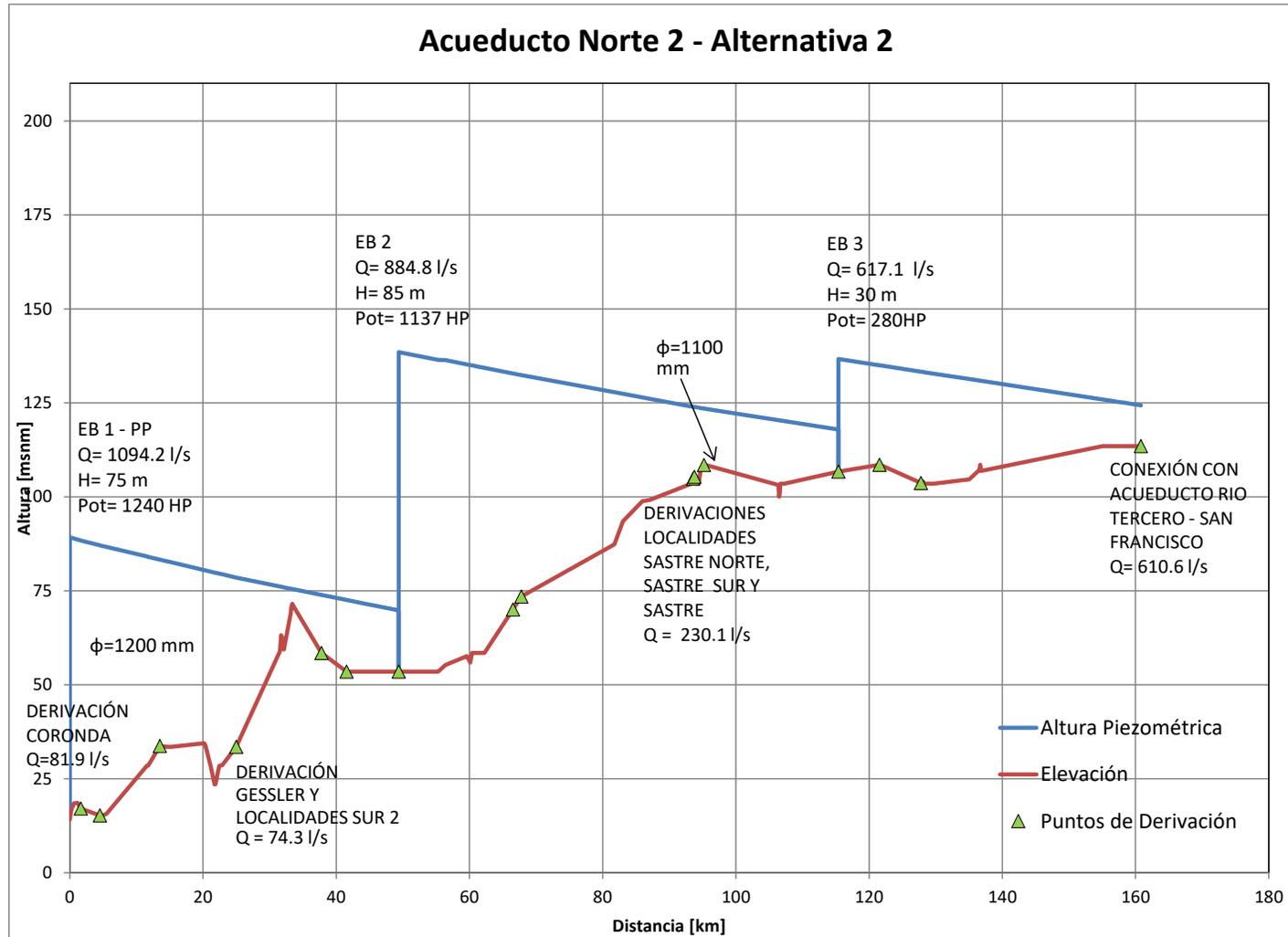
EB N°1 Planta Pot. =1240 [HP]

EB N°2 = 1137 [HP]

EB N°3 = 280 [HP]

En la Figura N° 42 se puede apreciar el perfil longitudinal de esta propuesta junto a la línea piezométrica que se dará para la conducción con este caudal de diseño. Se puede apreciar en el gráfico la ubicación de cada EB, su caudal, altura de bombeo y los puntos de derivación de caudal.

Figura N° 42 Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 2. Régimen permanente



9.3. Propuesta N° 3

Esta propuesta considera el futuro abastecimiento al Gran Córdoba por medio de la adición de 1 m³/s al caudal considerado al final del acueducto. Esta propuesta posee una velocidad admisible de 1.5 m/s y un caudal de 2094 l/s. Los diámetros así obtenidos son de 1400 y 1200 mm.

La Figura N° 43 y Figura N° 44 muestran las magnitudes de presión y velocidad para la simulación bajo régimen permanente.

Figura N° 43 Acueducto Norte-2 – Presión – Alternativa N°3

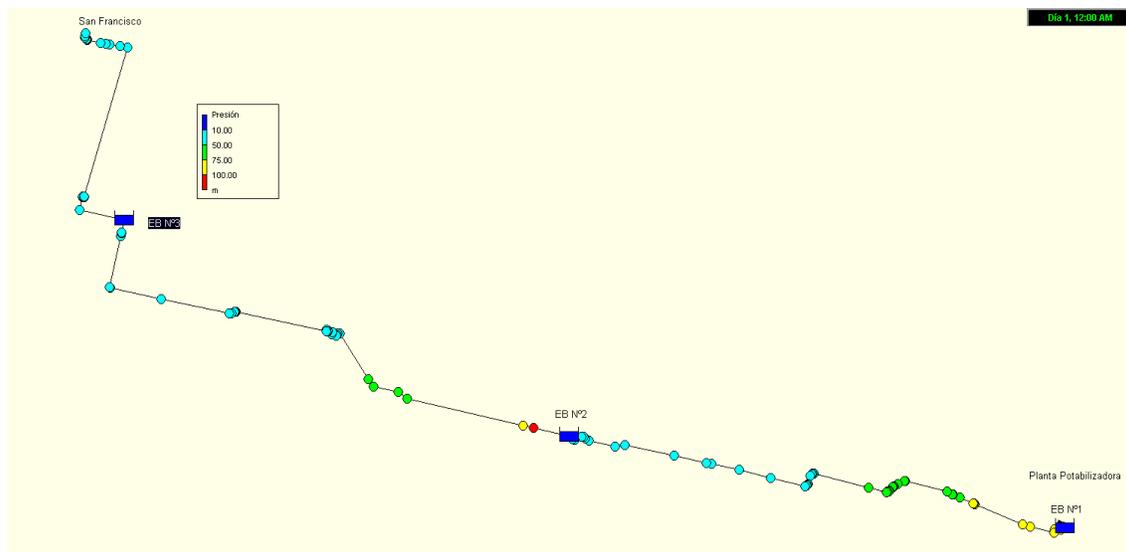
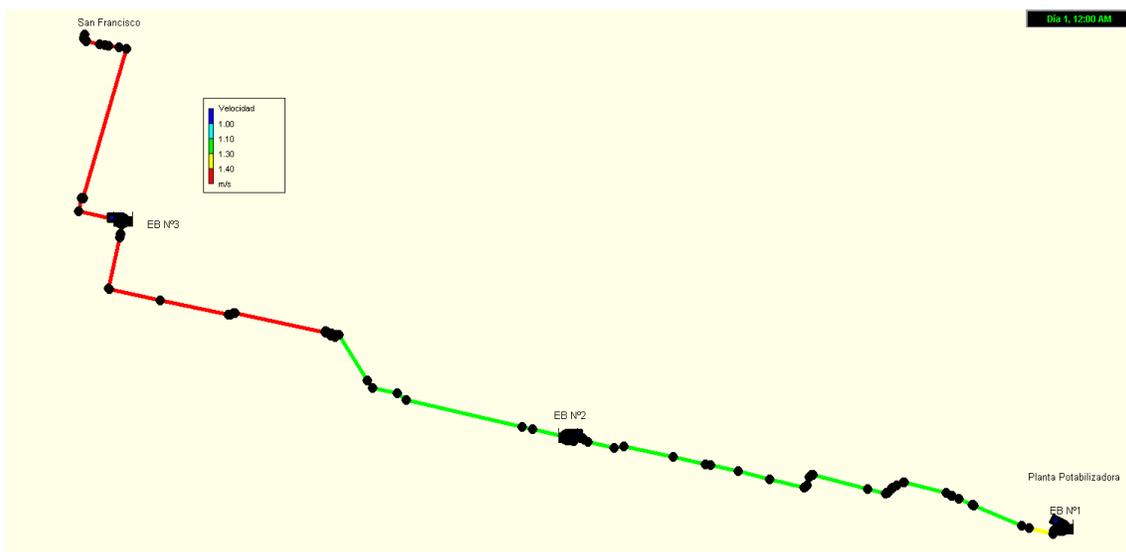


Figura N° 44 Acueducto Norte-2 – Velocidad – Alternativa N°3



La potencia que se obtiene para las estaciones de bombeo de esta propuesta es:

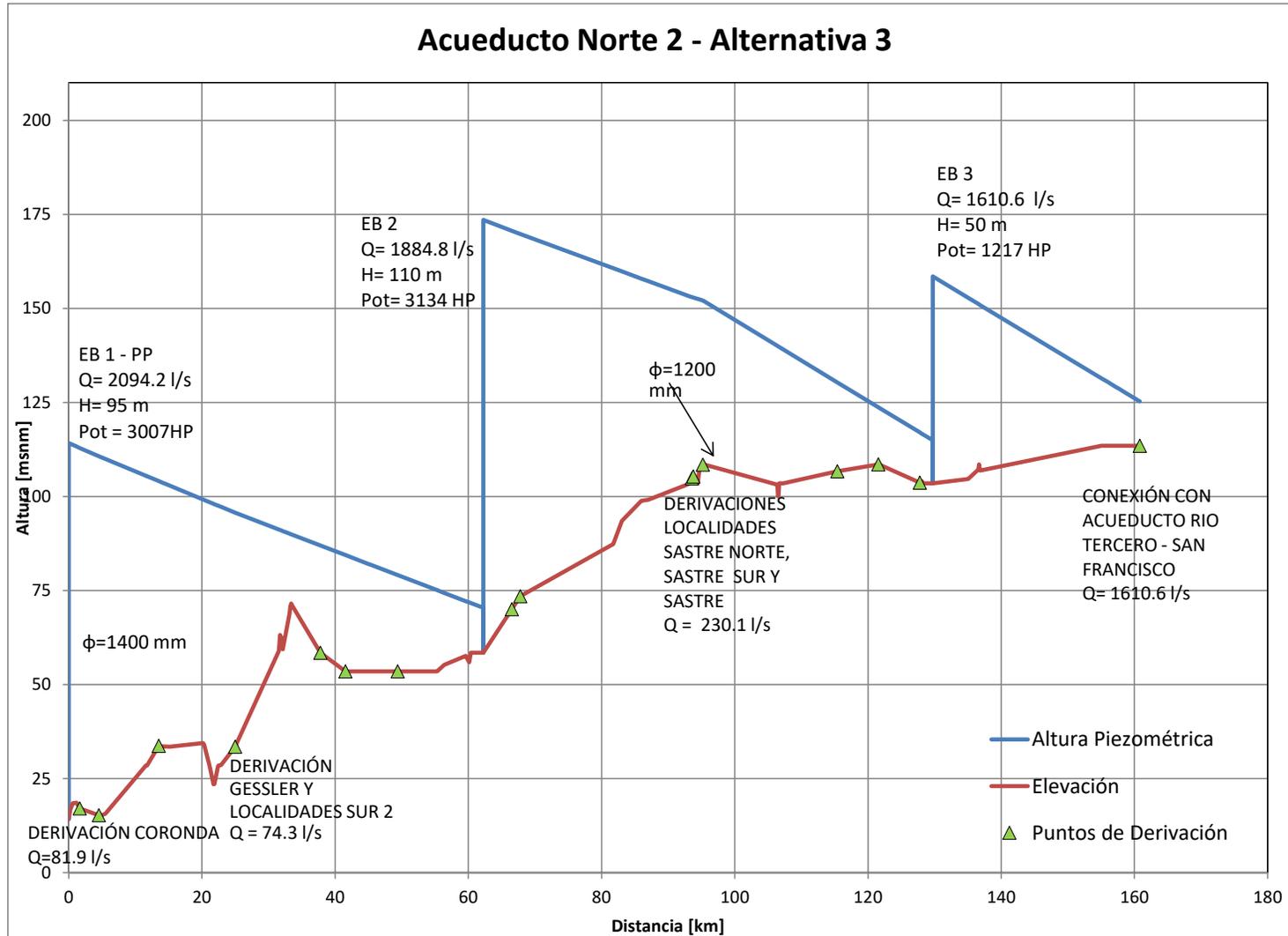
EB N°1 Planta Pot. =1819 [HP]

EB N°2 = 1404 [HP]

EB N°3 = 1538 [HP]

En la Figura N° 45 se puede apreciar el perfil longitudinal de esta propuesta junto a la línea piezométrica que se dará para la conducción. Se puede apreciar en el gráfico la ubicación de cada EB, su caudal, altura de bombeo y los puntos de derivación de caudal.

Figura N° 45 Perfil terreno y piezométrica. Alternativa N° 3 Régimen permanente



9.4. Propuesta N° 4

Para la propuesta n°4 se disminuyó la velocidad admisible a un máximo de 1m/s. Se obtuvieron diámetros de 1600 y 1400 mm. El diseño se efectuó para un caudal que considere el abastecimiento al Gran Córdoba (2094 m³/s) Para el análisis de las estaciones de bombeo se valoró la situación intermedia en que el suministro será de 1094m³/s.

La propuesta 4.1 contempla el caudal total, resultando en una potencia total de 5806 HP mientras que la propuesta 4.2 contempla sólo el caudal inicial, sin la adición final de 1 m³/s, pero trabajando sobre la misma curva del sistema de bombeo, lo que permite no utilizar la tercera estación de bombeo mientras el caudal sea de 1094 m³/s. Se obtiene en esta situación una potencia total de 3076 HP.

Las Figura N° 46 y Figura N° 47 muestran las magnitudes de presión y velocidad para esta alternativa simulada bajo régimen permanente.

Figura N° 46 Acueducto Norte-2 – Presión – Alternativa N°4

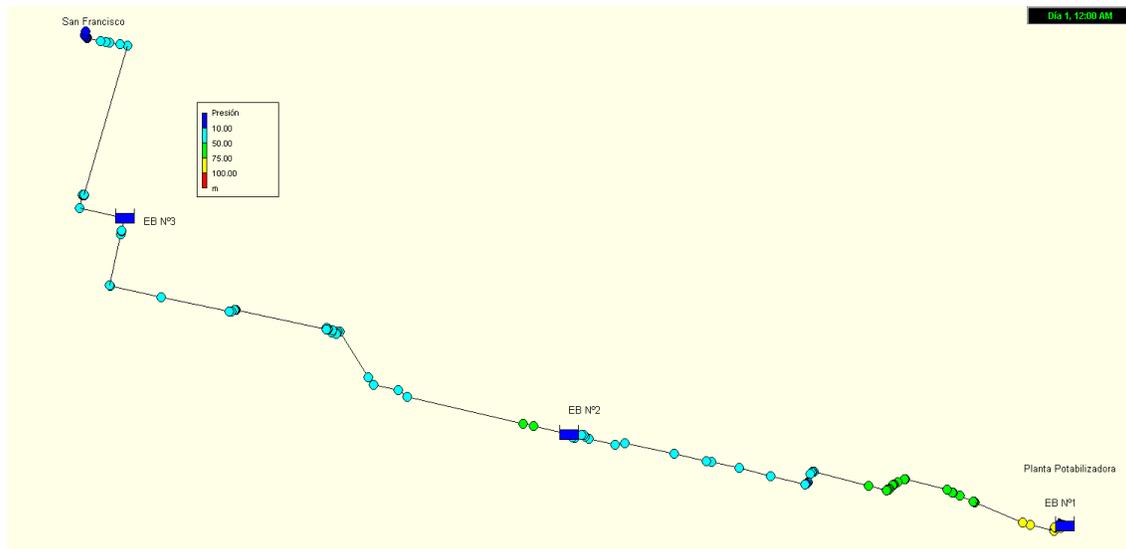
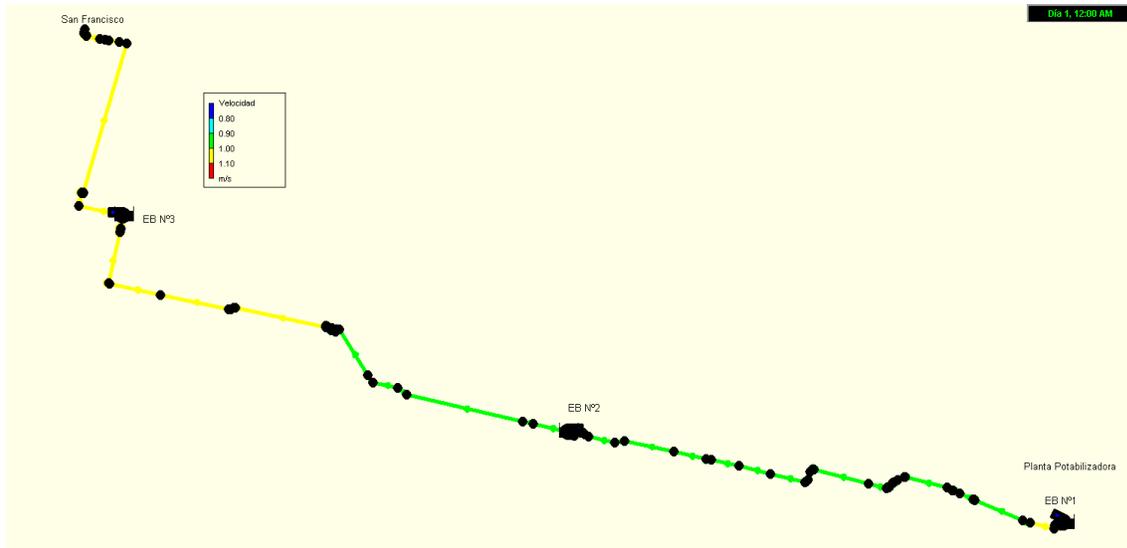


Figura N° 47 Acueducto Norte-2 – Velocidad – Alternativa N°4



La potencia que se obtiene para las estaciones de bombeo de esta propuesta es:

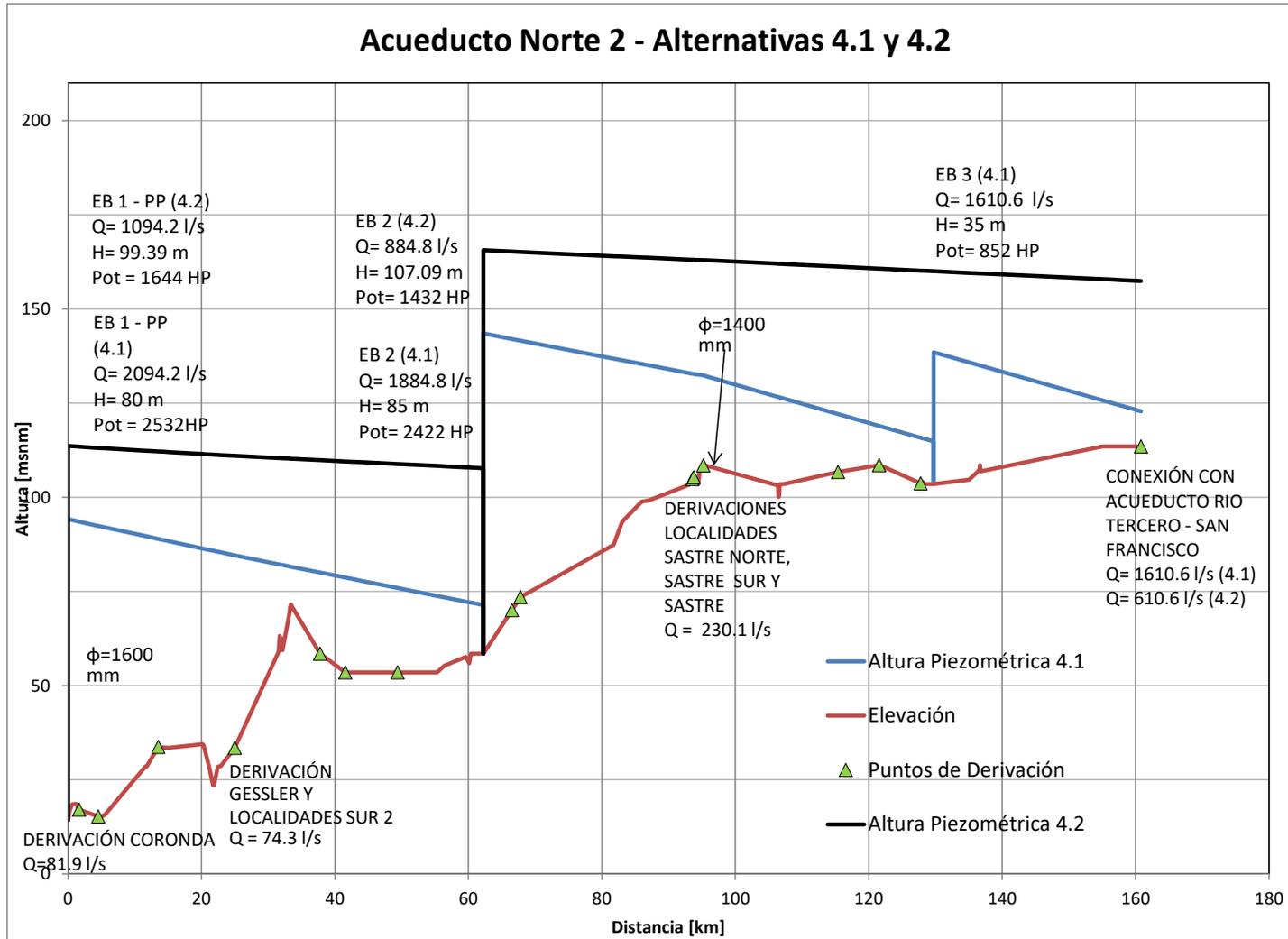
EB N°1 Planta Pot. =2532 [HP]

EB N°2 = 2422 [HP]

EB N°3 = 852 [HP]

En la Figura N° 48 se puede apreciar el perfil longitudinal de esta propuesta junto a la línea piezométrica que se dará para la conducción. Se puede apreciar en el gráfico la ubicación de cada EB, su caudal, altura de bombeo y los puntos de derivación de caudal.

Figura N° 48 Perfil terreno y piezométrica. Alt. N° 4.1 y 4.2 Régimen permanente



9.5. Comparación de Alternativas

Como se observa en la Figura N° 49, a modo de resumen se puede distinguir la diferencia entre las potencias totales necesarias. Siendo H la presión en m.c.a. (metros columna de agua), Q el caudal (m³/s), P la potencia en caballos de fuerza [HP] y EB las estaciones de bombeo o estaciones elevadoras de presión.

Figura N° 49 Comparación de las distintas propuestas

	Variable	EB Planta Potabilizadora	EB N°2	EB N°3
Alternativa 1	H (mca)	110	105	120
	Q (m ³ /s)	1,094	885	848
	P (HP)	1,819	1,404	1538
Alternativa 2	H (mca)	75	85	30
	Q (m ³ /s)	1,094	885	617
	P (HP)	1,240	1,137	280
Alternativa 3	H (mca)	100	115	55
	Q (m ³ /s)	2,094	1,885	1,611
	P (HP)	3,165	3,276	1,339
Alternativa 4	H (mca)	80	85	35
	Q (m ³ /s)	2,094	1,885	1,611
	P (HP)	2,532	2,422	852

Es marcada la disminución de la potencia cuando para un mismo caudal, se aumentan los diámetros. Esto plantea la discusión entre aumentar los costos de construcción (cañerías de mayor diámetro) o aumentar los costos de operación (bombas con mayores potencias).

Las propuestas 3 y 4 son las que permiten una futura ampliación de la provisión. La 4.2 representaría una primera etapa, con el caudal respectivo al proyecto inicial y el respectivo a las localidades de Córdoba. Al ampliar la provisión en 1000 litros por segundo para la última alternativa, se hace necesaria la construcción de la tercera Estación de Bombeo, para llegar al estado final del proyecto, lo que está representado en la propuesta 4.1.

10. PERFIL LONGITUDINAL

10.1. Consideraciones

Para el trazado más detallado del perfil longitudinal, se tuvo en cuenta, además de la tapada mínima de 1.5m indicada en el pliego particular de especificaciones técnicas, una tapada máxima de 3 metros por consideraciones de carácter técnico-económico. Entre esos niveles se desarrolla la traza del acueducto, debiendo tener en cuenta distintas recomendaciones para evitar problemas en su funcionamiento, siendo el más importante el atrapamiento de aire.

Para asegurar una correcta liberación e ingreso de aire durante el proceso de llenado y vaciado del mismo se dispondrá de válvulas de aire en quiebres generados expresamente a lo largo del desarrollo del mismo. Estos elementos permitirán también el ingreso de aire ante la ocurrencia de transientes que ocasionen ondas de presión negativas dentro del conducto.

El vaciado y limpieza del acueducto se efectuará por medio de válvulas de desagüe ubicadas en los puntos bajos intermedios.

A continuación, se exponen los principales criterios de diferentes autores considerados en la definición de las pendientes longitudinales del acueducto para generar el esquema de colocación.

Seguidamente se exponen las principales características de los elementos complementarios: válvulas de aire y desagüe junto a sus respectivas cámaras.

10.2. Pendientes recomendadas de Instalación de las Cañerías

El atrapamiento de aire es un importante problema técnico en la conducción de agua potable. Es común que durante el llenado y la operación normal de la línea de conducción se produzca el atrapamiento de aire en forma de bolsas.

Cuando el sistema está operando con gasto constante el aire atrapado disminuye su capacidad de conducción, debido a que se reduce localmente su sección hidráulica, lo que genera pérdidas de carga.

Por otra parte, cuando el acueducto opera en estado transitorio, especialmente durante el llenado del sistema, el aire atrapado puede ser causa de grandes sobre presiones que ponen en alto riesgo su seguridad. Si se conoce cuál es la ubicación de las bolsas de aire y el volumen que ocupan dentro de la tubería, ambos efectos pueden ser estimados y controlados con cierta aproximación; desafortunadamente, aún no se cuenta con métodos confiables de cálculo.

Para atender esta problemática, se han confeccionado diversas normas que tratan de acotar los efectos indeseables del aire atrapado en las cañerías, estableciendo al efecto pendientes mínimas de instalación de las tuberías.

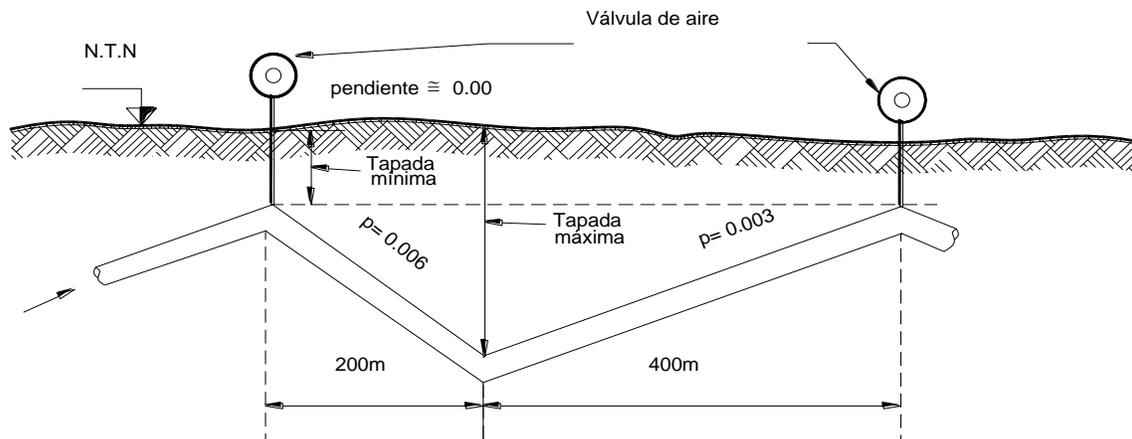
En tal sentido se resume a continuación, lo especificado por diversas instituciones rectoras en la materia.

Referencia N°1: ENOHSa.

Las pendientes mínimas recomendadas son las siguientes: Cuando el aire circula en el sentido del escurrimiento del agua: 3 ‰ (tres por mil); cuando el aire circula en el sentido contrario al escurrimiento del agua: 6 ‰ (seis por mil). Esto se observa en la Figura N° 50. En este último caso no debe ser menor que la pendiente de la línea piezométrica de ese tramo.

Cuando se considere necesario uniformar pendientes a costa de mayor excavación, a efectos de evitar un gran número de válvulas de aire y cámaras de limpieza, deberá realizarse una comparación económica de ambas variantes.

Figura N° 50 Pendientes recomendadas (ENOHSa)

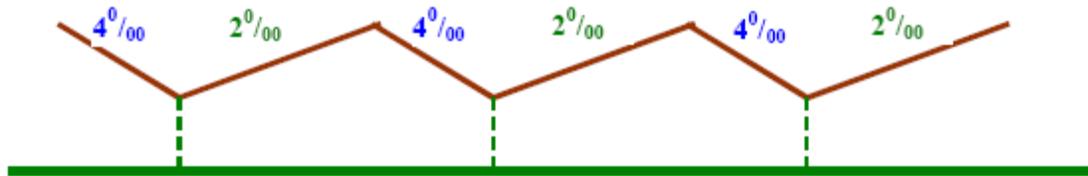


Referencia N°2: Universidad Tecnológica Nacional, Ingeniería Industrial, Córdoba

Para evitar bolsas de aire en posiciones desconocidas, con lo que no sería fácil su extracción, conviene dar a la tubería un perfil con tramos de distintas pendientes, ascendentes y descendentes, aunque el terreno sea poco irregular, de manera que estas bolsas de aire se desplacen a los puntos elevados y se facilite su extracción.

Los valores mínimos recomendados son de un 2 a 3 ‰ para las pendientes ascendentes y de un 4 a 6 ‰ para las descendentes, como se muestra en la Figura N° 51.

Figura N° 51 Pendientes recomendadas (UTN)



Referencia N°3: Universidad de Buenos Aires (UBA) Facultad de Ingeniería

Para evitar problemas de mal funcionamiento o incluso de colapso en las conducciones a presión, es necesario provocar y controlar el ingreso y salida del aire del interior de las mismas.

El nombrado control significa proyectar las conducciones de forma tal que posibiliten el desplazamiento del aire hacia los puntos altos, tratando de esta forma, de minimizar el desplazamiento errático de los bolsones que se forman con el mismo. Los criterios normativos más actualizados aconsejan generar pendientes mínimas de los trazados de manera de conseguir el efecto deseado y siguiendo las recomendaciones que siguen:

Tramos ascendentes ----- 1 a 3 por mil
 Tramos descendentes ----- 3 a 5 por mil

Referencia N°4: Universidad de Sevilla, España

Para evitar bolsas de aire en posiciones desconocidas, con lo que no sería fácil su extracción, conviene dar a la tubería un perfil con tramos de distintas pendientes, ascendentes y descendentes, aunque el terreno sea poco irregular, de manera que estas bolsas de aire se desplacen a los puntos elevados y se facilite su extracción. Los valores mínimos recomendados son de un 2-3 ‰ para pendientes ascendentes y de un 4 - 6 ‰ para las descendentes.

Resumen:

Las referencias se remiten a definir recomendaciones coincidentes en valores de 2 ‰ para tramos ascendentes y del 4 ‰ para tramos descendentes, con situaciones extremas del 3 ‰ para tramos ascendentes y del 6 ‰ para tramos descendentes recomendado por ENOHSa en lo que hace a valores mayores.

En el extremo opuesto del espectro, en lo que hace a valores menores, tenemos a la UBA Facultad de Ingeniería con cifras de 1 ‰ a 3 ‰ para tramos ascendentes y del 3 al 5 ‰ para tramos descendentes.

8.3. Pendientes adoptadas

Para adoptar alguno de estos valores, se consideraron las características topográficas y edafológicas indicadas en el ítem de caracterización del medio físico y la experiencia de obras precedentes con similares características. Complementariamente se consideraron los parámetros definidos en el Anteproyecto y Documentación Técnica Final del proyecto anterior, mencionados en el Pliego de Especificaciones Técnicas.

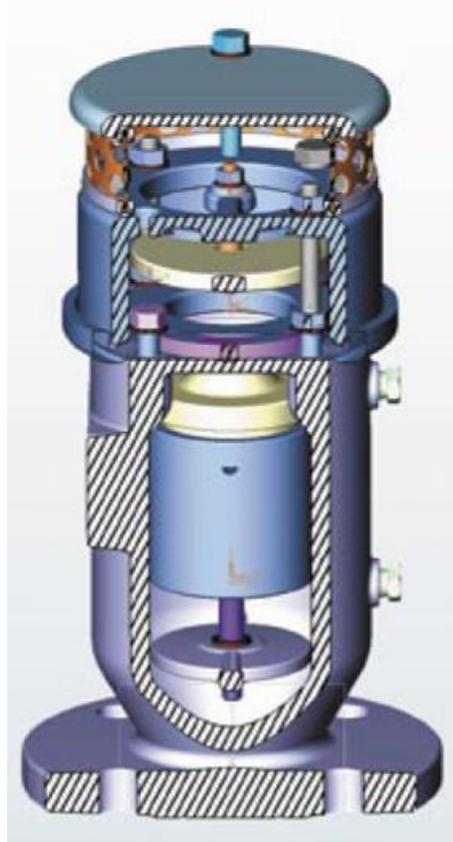
- Distancia mínima entre válvulas (aire y/o desagüe) = 900 m (600m longitud tramo ascendente, 300m longitud tramo descendente)
- Desarrollo de la tubería respetando pendientes descendentes del 4 y ascendentes del 2 respecto a un plano horizontal de referencia.

8.4. Válvulas de aire

A los efectos de garantizar un adecuado comportamiento del sistema frente a condiciones de vaciado y llenado, como así también frente a efectos transitorios producidos por el fallo de los sistemas de bombeo, se colocarán en el acueducto una serie de válvulas de aire de triple efecto, cumpliendo, básicamente, las siguientes funciones:

- Función 1: Permite la salida de volúmenes de aire atrapados que se encuentran a baja presión en el proceso de llenado de la tubería y antes que ésta alcance su presión de trabajo.
- Función 2: En el caso de un vaciado del conducto o una eventual depresión del sistema debido a un proceso transitorio, permite la incorporación de una masa importante de aire al sistema.
- Función 3: En caso de que, durante el funcionamiento normal del sistema, con la conducción en carga, existan atrapados volúmenes pequeños de aire, las válvulas permiten su salida a través de una tobera superior.

Figura N° 52 Válvula de aire con sistema anti-ariete

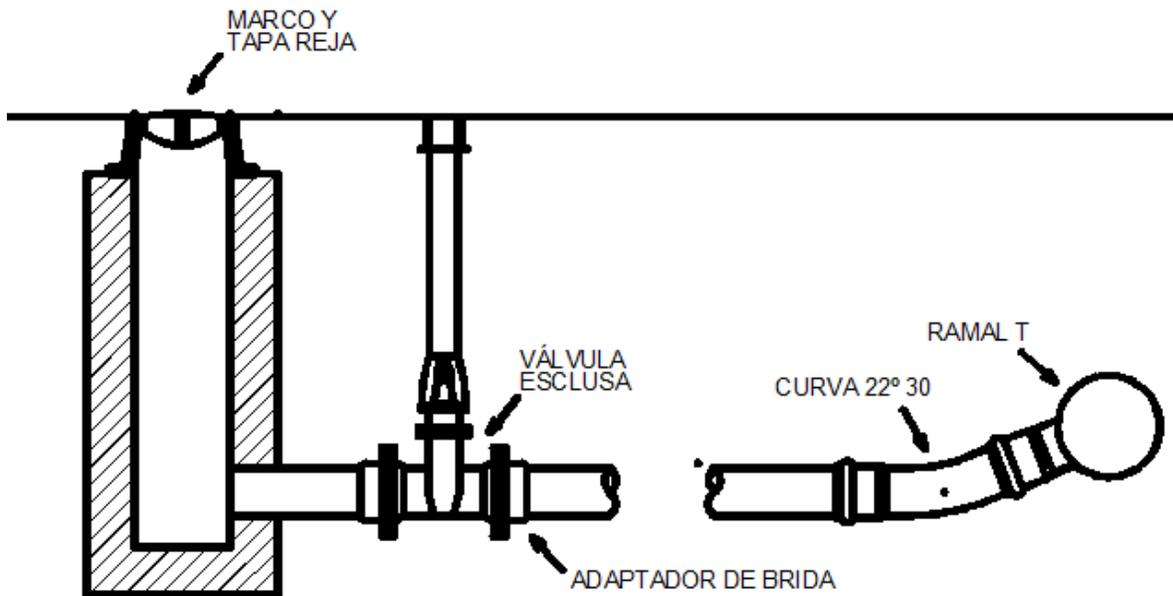


En el acueducto se colocarán válvulas de aire de acuerdo con la disposición representada en los planos correspondientes. Las mismas deberán ser mantenidas a lo largo de la vida útil de la obra para garantizar su correcto funcionamiento.

8.5. Cámaras de limpieza o descarga

Tienen por finalidad poder arrastrar hacia el exterior los elementos sólidos sedimentados en las cañerías o el vaciado para efectuar una reparación. Se deben colocar en puntos bajos y consisten en derivaciones de la tubería provistas de una válvula de cierre y los elementos para alejar el líquido contenido en la red. Los puntos bajos deben seleccionarse en forma tal que las cámaras de limpieza respectivas puedan drenar y limpiar toda la red.

Figura N° 53 Cámara de limpieza o de descarga

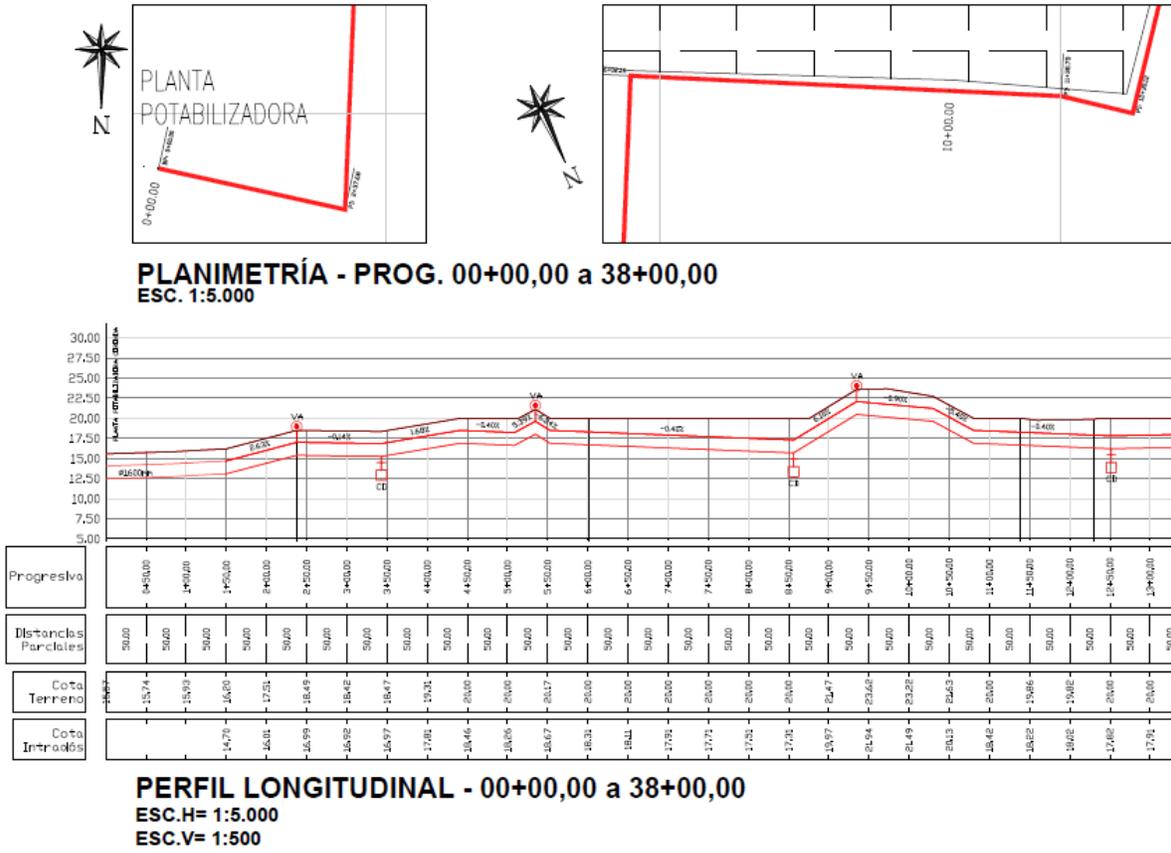


10.3. Planos

Para la confección de los planos Planialtimétricos, se optó por una escala 1:5000, de forma de representar en el lado más largo de una hoja A1 alrededor de 3,8 kilómetros. De esta forma, representando dos tramos de 3,8 km por cada plano se obtuvieron 22 (veintidós) planos.

Para esta representación, se incluye en la parte inferior el perfil longitudinal y en la parte superior la planimetría del tramo (rotada para hacer coincidir aproximadamente el sentido de circulación de ambos). Para hacer notorias las pendientes, se exageró la escala vertical 10 veces. El perfil va acompañado de una tabla que muestra la ubicación de las cámaras de aire y de limpieza con su progresiva, cota de intradós y cota del terreno natural. En la Figura N° 54 se muestra un fragmento de un plano planialtimétrico.

Figura N° 54 Ejemplo de Plano Planialtimétrico



- Ver Anexo desde Plano Planialtimétrico N201 (km 0-7,6) hasta el Plano Planialtimétrico N222 (km 159-161).

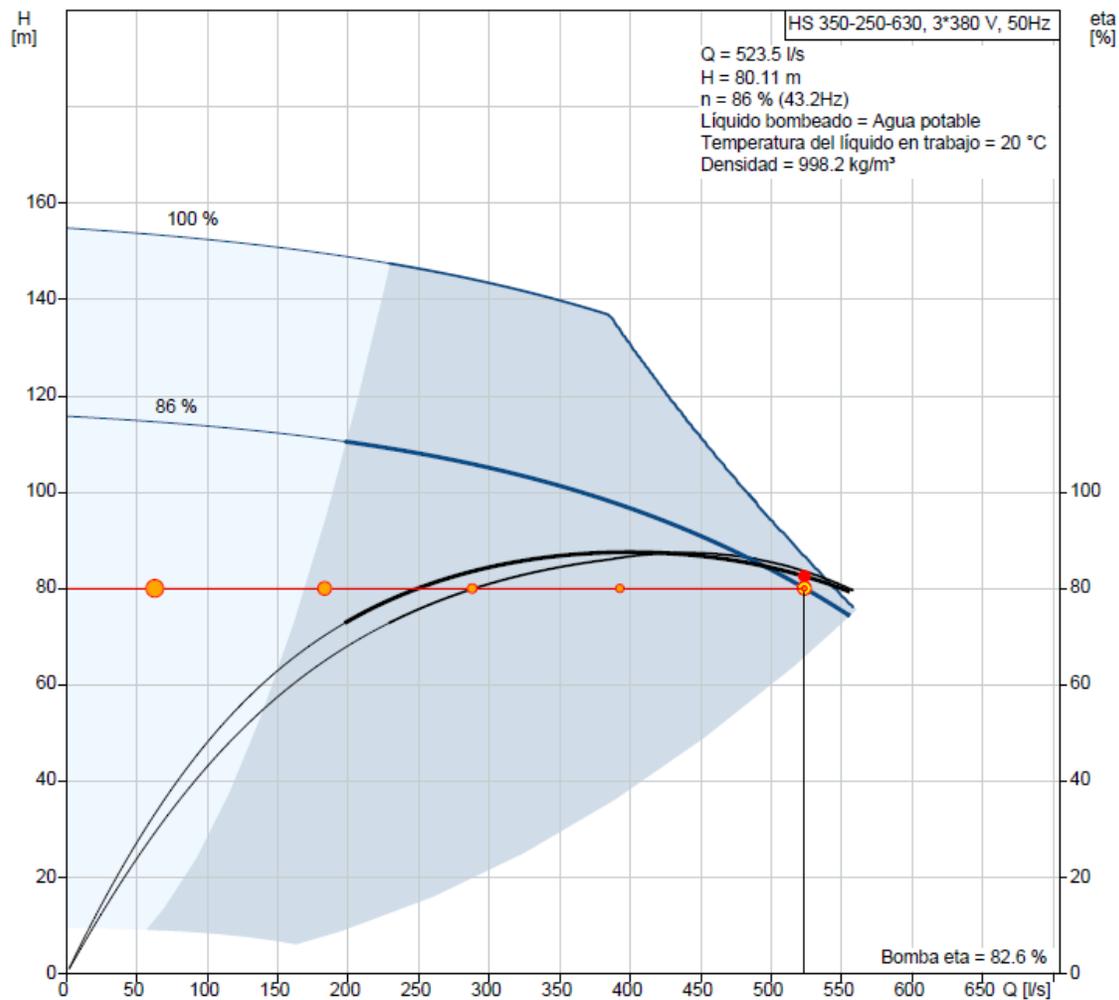
11. ESTACIONES DE BOMBEO

11.1. Consideraciones

Para el diseño preliminar de las estaciones de bombeo, se opta por un esquema 4+1, que consta de 4 bombas para el funcionamiento en régimen permanente y una suplente en caso de reparación.

En esta etapa se eligieron las distintas bombas del catálogo de la empresa Grundfos directamente desde su página web (<http://ar.grundfos.com/>) en la sección “Selección de Producto” ingresando el caudal y la altura requeridos, entre otras especificaciones técnicas. De los datos obtenidos se destacan la curva de la bomba (Figura N° 55), diámetros nominales, de aspiración y de impulsión.

Figura N° 55 Curva característica de la bomba



Para el diseño de las estaciones de bombeo, las mismas serán del tipo “abierta” con tanque cisterna de 25 metros de ancho, 50 metros de largo y 4 metros de alto, resultando en una capacidad de 5000 m³ y una permanencia aproximada de 40 minutos. El tanque cuenta con pendiente de 0.2% hacia el conducto de salida, donde también se encuentra una cámara de limpieza y un conducto de purga ubicados en escalón, rebajado 2 metros.

Los caños dentro de la estación serán de acero de diámetro 1400mm por lo que a la entrada y salida de la estación se tienen accesorios de cambio de material y de reducción de diámetro.

Se incluye una cámara de medición de caudal. Para la instalación de elementos de medición de flujo se debe tomar siempre en cuenta la conexión de cualquier accesorio de tubería que esté antes o después del elemento, como son codos, válvulas, reguladores de presión. Esto se debe a que los instrumentos producen perturbaciones en el flujo y por lo tanto la diferencia de presión producida no será uniforme en toda la sección de la tubería. Se deben colocar entonces estos elementos en tramos rectos de la tubería, preferiblemente horizontal y ubicada a una distancia de por lo menos 3 veces el diámetro después del último accesorio y antes del siguiente.

Se colocarán los transformadores y tableros necesarios para la operación y maniobra de la estación de rebombeo.

- Ver Anexo desde Bomba Grundfos 1 hasta Bomba Grundfos 3 y Planos N2E1 hasta N2E3.

12. CONCLUSIONES

12.1. Conclusiones y recomendaciones

Mediante el trabajo realizado se ha logrado plantear un bosquejo bastante completo para la realización de un proyecto tan ambicioso como éste, que plantea la solución para la provisión de agua potable para el este y noreste provincial, ni más ni menos que uno de los recursos esenciales para la vida.

Como fue desarrollado anteriormente, se recomienda la elección de la alternativa 4, debido a que permite una futura ampliación con el solo hecho de la construcción de una tercera estación de bombeo, sin necesidad de reemplazar los caños por unos de mayores diámetros.

Para las etapas posteriores, como puede ser de Proyecto Ejecutivo, es necesario contar con mayores precisiones, por lo que deberá hacerse una verificación del sistema bajo régimen impermanente, ya que sólo se ha analizado el sistema en condiciones estacionarias donde las magnitudes hidráulicas (caudales y presiones) permanecen constantes en el tiempo, al ser también invariables las condiciones de operación y funcionamiento. Una instalación hidráulica es un sistema dinámico y rara vez se halla en estado estacionario, ya que las condiciones de funcionamiento que determinan las variables hidráulicas varían en el tiempo con una mayor o menor rapidez. Debido a esto, el análisis o los diseños adecuados de una instalación pasan por conocer la respuesta temporal de las variables hidráulicas de la instalación con el fin de evitar situaciones indeseables como presiones excesivamente altas o bajas, movimientos y vibraciones de las tuberías, velocidades excesivamente bajas, etc. El comportamiento dinámico o transitorio puede ser producido por diferentes causas, siendo el más perjudicial el efecto “golpe de ariete” ocasionado por cierre rápido de válvulas. Esto permitirá definir la ubicación de válvulas de alivio rápido y elegir adecuadamente la rigidez nominal de los caños y la presión nominal para optimizar el diseño.

Además, en la etapa de proyecto se debería prever un sistema de tele supervisión y control en tiempo real, que permita obtener datos del acueducto y manejarlo teniendo como parámetros valores de: tiempo, caudal, presión, niveles de cisterna, y fallos eventuales entre otros; permitiendo el gobierno mediante alguno de ellos o la combinación de los mismos.

12.2. Consideraciones personales

Finalmente, desde el punto de vista personal, se han cumplido y superado todos los objetivos propuestos antes de iniciar la práctica, integrando, incrementando y adquiriendo nuevos conocimientos. La metodología recomendada por la empresa permitió estar inmerso en el proyecto desde el inicio, participando en todo su desarrollo.

Otro aspecto para destacar es el aprendizaje continuo que se ha podido lograr al tomar contacto y observar los pasos y tareas que involucran al profesional proyectista, pudiendo conocer de primera mano la dinámica del trabajo en equipo e interdisciplinario en una consultora de ingeniería de primer nivel como lo es CEAS.

Además, se ha notado una permanente retroalimentación con el objetivo de satisfacer los requerimientos propios del proyecto encargado por el Gobierno de la Provincia de Córdoba.

Finalmente, se reconocen los nuevos conocimientos adquiridos durante el ejercicio de la práctica en materia de trabajo sobre de memorias de cálculo, herramientas de modelación hidráulica y conceptos implementados durante el desarrollo y obtención de los resultados finales.

13. BIBLIOGRAFÍA

Bhave, P.R. 1991. Analysis of Flow in Water Distribution Networks. Technomic Publishing. Lancaster, PA.

Dunlop, E.J. 1991. WADI User's Manual. Local Government Computer Services Board, Dublin, Ireland.

Fox R. y Mc Donald A. (1995) "Introducción a la Mecánica de los Fluidos". McGraw-Hill.

George, A. y Liu, J. W-H. 1981. "Computer Solution of Large Sparse Positive Definite Systems". Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.

Hamam, Y.M, y Brameller, A. 1971. "Hybrid method for the solution of piping networks", Proc. IEE, Vol. 113, No. 11, pp. 1607-1612.

Notter, R.H. y Sleicher, C.A. 1971. "The eddy diffusivity in the turbulent boundary layer near a wall", Chem. Eng. Sci., Vol. 26, pp. 161-171.

Rossman, L.A. y Boulos, P.F. (1996). "Numerical methods for modeling water quality in distribution systems: A comparison", J. Water Resour. Plng. And Mgmt, Vol. 122, No. 2, 137-146.

Streeter V. y Wylie E. B. (1994). "Mecánica de los Fluidos". Ed. McGraw-Hill.

U.S. Environmental Protection Agency (2000): "EPANET 2 User's Manual". EPA/600/R-00/057 September 2000. National Risk Management Research Laboratory. Cincinnati, OH45268, USA.

White F. (1993). "Mecánica de Fluidos". Ed. McGraw-Hill.

Página web del gobierno de Santa Fe , sección Agua Potable – Acueductos: [https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/120719/\(subtema\)/93824](https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/view/full/120719/(subtema)/93824)

Página web del INTA: <https://inta.gob.ar/>

Página web de Grundfos, fabricante de bombas: <http://ar.grundfos.com/>