

PROYECTO

**CONSTRUCCIÓN DE TANQUE DE
ALMACENAMIENTO DE PISO LA LUCILA II Y
OBRAS ACCESORIAS EN EL SISTEMA DE
ACUEDUCTO.**



MUNICIPIO TURBO
ANTIOQUIA
2017

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION	7
2	INFORMACIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO.....	9
2.1	Localización geográfica	9
2.2	Vías de acceso:	10
2.3	División política administrativa	11
2.4	Temperatura	11
2.5	Humedad relativa	11
2.6	Brillo solar	11
2.7	Hidrología	11
2.7.1	Río Turbo	12
2.8	Geología	12
2.9	Litología	12
2.9.1	Rocas Sedimentarias Terciarias de origen marino (T1)	12
2.9.2	Rocas Sedimentarias Terciarias de origen continental (T2)	12
2.9.3	Sedimentos Cuaternarios (Q)	13
2.10	Rasgos estructurales	13
2.11	Hidrogeología	14
2.12	Usos del suelo	15
3	DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO	16
3.1	Fuentes y captaciones	19
3.1.1	Fuente superficial	20
3.1.2	Desarenador	25
3.1.3	Fuentes subterráneas	27
3.2	Planta de Producción de Agua Potable	41
3.3	Sistema de bombeo directo a la red (antes Tancón) y bombeo de la Lucila (solo a tanque elevado)	56
3.1	Sistema de bombeo Casanova	59
3.2	Sistema de distribución	68
3.2.1	Sector 1 La Lucila	68
3.2.2	Sector 2 Bombeo directo	68
3.2.3	Sector 3 tanque Casanova	69
3.2.4	Sectorización	72
3.2.5	Horarios de servicio y esquema operativo:	73
3.2.6	Operación y mantenimiento de redes.	75
3.3	Red de distribución secundaria	76

4	DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	77
4.1	Fuente y captaciones.....	77
4.2	Planta potabilizadora de agua potable	80
4.3	Tanques de almacenamiento.....	81
4.4	Redes de distribución	82
5	JUSTIFICACIÓN	86
6	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS	87
6.1	Sistema de desinfección	87
6.1.1	Alternativa 1: Desinfección con Ozono	87
6.1.2	Alternativa 2: Desinfección con UV	88
6.1.3	Alternativa 3: Desinfección con cloro Gaseoso	88
6.1.4	Alternativa 4: Desinfección Hipoclorito de Sodio Generado In-situ.....	89
6.1.5	Análisis de alternativas	90
6.1.6	Metodología aplicada.....	90
6.1.7	Referencias de sistemas tecnología generación in-situ en Colombia.....	95
6.2	Componente de almacenamiento	101
6.2.1	Alternativa 1. Tanque elevado sector Eccehomo	102
6.2.2	Alternativa 2. Tanque nuevo sector la Lucila	103
6.2.3	Alternativa 3. Variador de Velocidad.....	104
6.2.4	Alternativa 4 Bombeo desde la PTAP hasta el tanque existente La Lucila.....	104
6.2.5	Análisis económicos de las alternativas.....	107
7	PROYECCIÓN DE POBLACIÓN Y DEMANDA	112
7.1	Levantamiento de información	112
7.2	Marco teórico proyección de la población	113
7.2.1	Aritmético	113
7.2.2	Método geométrico	113
7.2.3	Método exponencial o de variación logarítmica	114
7.3	Determinación población flotante.....	114
7.4	Tasa de crecimiento	116
7.5	Proyección de la población	116
7.6	Nivel De Complejidad Del Sistema	117
8	DEMANDAS MÁXIMAS DE AGUA POTABLE	118
8.1	Dotación neta actual	118
8.2	Dotación bruta	119
8.3	Coeficiente de consumo máximo diario (k1)	119
8.4	Coeficiente de consumo máximo horario (k2)	119

8.5	Caudal máximo diario (Q_{MD})	121
8.6	Caudal máximo horario (Q_{MH})	121
9	DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	123
9.1	Estudio topográfico	123
9.1.1	Alcance del trabajo	123
9.1.2	Equipo empleado.....	123
9.1.3	Mojones.....	123
9.2	Estudio Geotecnico.....	124
9.2.1	Investigación de campo	124
9.3	Diseño hidráulico de la alternativa de almacenamiento seleccionada	125
9.4	Diseño electromecánico sistemas de bombeo PTAP- tanque en superficie-tanque elevado, el sistema de rebombeo del nuevo tanque a tanque elevado la Lucila, de la adecuación y optimización del sistema bombeo del Pozo Villa Maria y del Sistema de cloración.....	130
9.4.1	Sistema De Bombeo PPAP Villa María a Tanque Bajo la Lucila II	130
9.4.2	Sistema De Rebombeo Tanque Bajo La Lucila II A Tanque Elevado La Lucila I.....	131
9.4.3	Automatización Pozo Villa María	133
9.4.4	Sistema Auxiliar De Achique.....	133
9.4.5	Sistema De Desinfección.....	134
9.5	Diseño eléctrico sistemas de bombeo PTAP- tanque en superficie-tanque elevado	135
9.6	Diseño estructural losa de soporte y caseta de bombeo	135
10	ESPECIFICACIONES TECNICAS	136
10.1	Normas y Especificaciones Generales de Construcción.....	136
10.2	Normas y Especificaciones particulares.	136

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1 Localización de Turbo en Antioquia	10
Ilustración 2.2 Ruta Medellín - Turbo	11
Ilustración 3.1 Articulación del sistema de acueducto actual del Municipio Turbo	18
Ilustración 3.2 Ubicación de captaciones superficiales Río Turbo	20
Ilustración 3.3 Bombeo de la captación en barcaza en épocas de verano	21
Ilustración 3.4 Bombeo de la captación en barcaza en épocas de invierno	22
Ilustración 3.5 Aducción Captación- Desarenador	22
Ilustración 3.6 Dragas para remoción de arenas en las válvulas de pie para la succión de los equipos de bombeo.	23
Ilustración 3.7 Torre de galería en su interior instalando equipo de bombeo sumergible.	24
Ilustración 3.8 Torre de galería para equipo de bombeo sumergible	24
Ilustración 3.9 Vista en planta de Galería Filtrante	25
Ilustración 3.10 Desarenador existente	25
Ilustración 3.11 Desarenador nuevo capacidad 100 L/s	26
Ilustración 3.12 Lechos de secado del desarenador en la bocatoma del río Turbo.	26
Ilustración 3.13 Conducción Bocatoma- PPAP Villa Maria	27
Ilustración 3.14 Ubicación de los pozos profundos para captación alterna de agua subterránea del municipio de Turbo	28
Ilustración 3.15 Ubicación Pozo Villa Maria	29
Ilustración 3.16 Sistema bombeo y aireación Pozo Villa Maria	30
Ilustración 3.17 Ubicación Pozo Salazar y conducción a planta Villa Maria	31
Ilustración 3.18 Pozo Salazar y Torre de aireación	32
Ilustración 3.19 Ubicación Pozo nueva esperanza y conducción bocatoma planta Villa Maria	35
Ilustración 3.20 Sistema de bombeo Nueva Esperanza	35
Ilustración 3.21 Ubicación Pozo Maná, conducción Pozo Maná-Bocatoma y conducción bocatoma planta Villa Maria	38
Ilustración 3.22 Instalaciones de bombeo pozo Maná, pruebas de bombeo, cercamiento de la instalación. (fotos de 28 de Abril y 29 de Julio de 2016 respectivamente)	39
Ilustración 3.23 Sistema de bombeo Pozo Mana	39
Ilustración 3.24 Cercamiento Pozo Maná	39
Ilustración 3.25 Ubicación Planta de potabilización Villa Maria	42
Ilustración 3.26 Planta de Producción de Agua Potable Villa Maria	43
Ilustración 3.27 Transformador de piso en aceite de 13200/220 trifásico que alimenta todo el proceso de potabilización en la PPAP	43
Ilustración 3.28 Cámara de Entrada Planta	44
Ilustración 3.29 Canaleta Parshall y punto de aplicación de coagulante	45
Ilustración 3.30 Canal entrada a Sedimentadores	45
Ilustración 3.31 Floculadores	46
Ilustración 3.32 Punto de aplicación de ayudante para floculación	46
Ilustración 3.33 Canal de agua floculada	47
Ilustración 3.34 Sedimentadores	47
Ilustración 3.35 Instalación inicial de sistema de dosificación de soda caustica para estabilizar el pH.	48
Ilustración 3.36 Cana de agua sedimentada	49
Ilustración 3.37 Motobombas de dosificación de policloruro y Sulfato de Aluminio	49
Ilustración 3.38 Motorreductores de sistema de floculación	49
Ilustración 3.39 Motobombas de dosificación de policloruro y Sulfato de Aluminio.	50
Ilustración 3.40 Filtros rápidos de flujo ascendente	50
Ilustración 3.41 Canal de agua filtrada	51
Ilustración 3.42 Cilindros de presión sistema de cloración.	52

Ilustración 3.43 Rotámetros remotos para el sistema de pre cloración, cloración y post cloración.....	52
Ilustración 3.44 Motobombas sistema de cloración y tableros de potencia	53
Ilustración 3.45 Accesorios hidráulicos con eyectores, filtros, válvulas, manómetros entre otros accesorios actuales del sistema de cloración al interior de la PPAP Villa María.	53
Ilustración 3.46 Tanque de 3000 m ³ ubicado en la PPAP Villa Maria, abastece el tanque casanova ...	54
Ilustración 3.47 Conexión PPAP con tanque Elevado Casanova	55
Ilustración 3.48 Tanques de 78 m ³ y 1500m ³ ubicados en la PPAP Villa Maria, abastecen tanque La Lucila y bombeo directo el Tancon	55
Ilustración 3.49 Configuración de Conexión PPAP con tanque Elevado La Lucila y bombeo director sector Tancon.....	56
Ilustración 3.50 Instalaciones del sistemas de bombeo Tacón (bombeo directo a la red) y Lucila (Bombeo directo al tanque elevado La Lucila).....	56
Ilustración 3.51 Tableros de potencia para los sistemas de bombeo Tacón (bombeo directo a la red) y Lucila (Bombeo directo al tanque elevado La Lucila)	57
Ilustración 3.52 Impulsión PPAP a tanque elevado Lucila.....	58
Ilustración 3.53 Impulsión de PPAP a bombeo a sector Tancon	59
Ilustración 3.54 Sistema de bombeo a tanque bajo Casanova en PPAP	59
Ilustración 3.55 Impulsión PPAP a tanque Casanova	60
Ilustración 3.56 Tableros de control y potencia del sistema de bombeo a tanque bajo Casanova en PPAP	60
Ilustración 3.57 Tablero seccionador y transformador seco del sistema de bombeo a tanque bajo Casanova en PPAP.	61
Ilustración 3.58 Bombeos de pozo del sistema de distribución tanque Casanova.	61
Ilustración 3.59 Tanque completo (bajo y elevado) Casanova.	62
Ilustración 3.60 Sistema SCADA para sistemas de bombeo de PPAP a tanques elevados	63
Ilustración 3.61 Graficas de comportamiento de caudales, niveles, presiones en función del tiempo ..	63
Ilustración 3.62 Sistema SCADA para seguimiento y control de pozos profundos de Turbo.	64
Ilustración 3.63 Radio de acción tanque elevado la Lucila	68
Ilustración 3.64 Radio de acción de bombeo directo desde PPAP	69
Ilustración 3.65 Radio de acción tanque Casanova	69
Ilustración 3.66 Tanques de almacenamiento del sistema de acueducto.....	71
Ilustración 3.67 Sectorización actual sistema de acueducto del municipio de Turbo	72
Ilustración 4.1 Diseños para el pozo profundo N°5	77
Ilustración 4.2 Diseño de torre de aireación para pozos Nueva esperanza y Mana	78
Ilustración 4.3 Sistema de aireación de proyectada Villa María	79
Ilustración 4.4 Tubería de asbesto cemento fracturada.....	82
Ilustración 4.5 Tubería en PEAD de 2 pulgadas con conexión de 1 pulgada	82
Ilustración 4.6 Tubería de 3 pulgadas de PEAD con conexiones ilegales	83
Ilustración 4.7 Flauta de conexiones ilegales.....	83
Ilustración 4.8 Conexiones ilegales.....	83
Ilustración 4.9 Tubería con 3 metros de profundidad.	83
Ilustración 4.10 Hundimiento del terreno por socavación de fuga	84
Ilustración 4.11 Conexión a tubería de PEAD con tubería en acero sin accesorio y con cimentación inadecuada (basura).....	84
Ilustración 4.12 Barrios a con problemas de redes	85
Ilustración 6.1 Información base para análisis de alternativas de desinfección PTAP Turbo.....	90
Ilustración 6.2 Comparación de costos operativos anuales Cloro gas vs. Generación de cloro in-situ. 94	
Ilustración 6.3 Comparativa de costo operativo de las alternativas (indicador de costo mínimo).....	94
Ilustración 6.4 Proyección de costos y ahorros acumulados con la auto-generación de cloro.....	95

Ilustración 6.5 Uso de cloro gaseoso en formato de cilindros de 68kg ACUEDUCTO CALDAS – GRUPO EPM.....	96
Ilustración 6.6 Sistema de hipo-cloración (generación de hipoclorito de sodio in-situ) ACUEDUCTO CALDAS – GRUPO EPM.....	96
Ilustración 6.7 planta El Tesoro - AGUAS DE MALAMBO GRUPO EPM	97
Ilustración 6.8 Sistema anterior con uso de cloro gaseoso en formato de cilindros de 1 Ton- AGUAS DE MALAMBO GRUPO EPM	97
Ilustración 6.9 Nuevo sistema generador in-situ y almacenamiento de nueva materia prima (SAL)- AGUAS DE MALAMBO GRUPO EPM.....	98
Ilustración 6.10 SISTEMA ANTERIOR con Uso de cloro gaseoso en formato de cilindros de 68kg.- EMPRESAS PÚBLICAS DE LA CEJA E.S.P.	99
Ilustración 6.11 nuevo sistema uso microclor lc-40s, tanque de almacenamiento de cloro producido y sistema de aplicación. EMPRESAS PÚBLICAS DE LA CEJA E.S.P	99
Ilustración 6.12 Nueva Planta de Tratamiento localizada en el Parque Natural Los Salados, Embalse La Fé y tecnología de producción de cloro in-situ - PLANTA VALLE SAN NICOLAS – GRUPO EPM	101
Ilustración 6.13 Sectores proyectados	102
Ilustración 6.14. Esquema N° 1. Alternativa 1. Tanque elevado sector Eccehomo.....	103
Ilustración 6.15. Esquema N° 2. Trazado de esta alternativa 2.	104
Ilustración 7.1 Migración	115
Ilustración 8.1. Curva de demanda del municipio de turbo.....	120
Ilustración 9.1 Ubicación de los sondeos sobre la planta del lote en estudio.	125
Ilustración 9.2 Bomba Carcaza partida con sección de un cuarto de la parte superior.....	132

1 INTRODUCCION

Actualmente el municipio de Turbo no cuenta con servicio de agua las 24 horas al día, hecho que se constituye un vacío muy grande de acuerdo a lo que demanda la Constitución Nacional. Se debe asegurar el suministro del vital líquido a toda la población, en la cantidad y calidad adecuada, de forma que puedan satisfacer todas sus necesidades actuales y futuras. El suministro de agua en estas condiciones es total responsabilidad de AGUAS REGIONALES EPM S.A E.S. P antes AGUAS DE URABA S.A. E.S.P filial del grupo EPM. Para llegar a ese punto de equilibrio, se requiere realizar una serie de inversiones de diferente índole, que implican acciones en la captación principal y en las alternas, en los procesos de potabilización, en las líneas de impulsión y conducción, en los tanques de almacenamiento y en las redes distribución; de forma tal que se pueda garantizar el suministro de agua a cada uno de los sectores del municipio.

Un tanque de almacenamiento tiene como función almacenar agua y compensar las variaciones entre el caudal de entrada y el consumo a lo largo día. Así mismo, debe determinar las zonas de presión en la red de distribución, y fijar los niveles de agua requeridos para mantener los valores establecidos en ella.

El sistema de acueducto en el municipio cuenta con cinco (5) tanques de almacenamiento; tres (3) en la planta de tratamiento y dos (2) para distribución del agua tratada. Los tres tanques en planta de potabilización se encuentran semienterrados y poseen una capacidad de almacenamiento de 3000,1500 y 78 m³.

Los otros dos (2) tanques se utilizan para la distribución del agua tratada a los diferentes sectores del municipio. Existe un tanque en el barrio Casanova, el cual posee una capacidad de almacenamiento de 1650 m³. El Tanque La Lucila, ubicado en el barrio La Lucila en la carrera 29 entre calles 107 y 108 con una capacidad de almacenamiento de 500 m³. Anteriormente se operaba el tanque Tancón o tanque Centro, ubicado en el barrio el Jesús Mora con una capacidad de almacenamiento de 750 m³ y debido a que el Tancón fue sacado de operación por problemas estructurales en el año 2014 luego de un estudio patológico realizado, el sector se abastece impulsando el agua a la red directamente desde la planta, lo cual dificulta las presiones en los extremos de la red.

Para mejorar la operación y distribución de agua potable en el Municipio de Turbo se dividió la zona de servicio en tres grandes sectores, los cuales serían abastecidos desde los tanques La Lucila y Casanova. En el sitio donde se localiza el tanque la Lucila se proyectó la construcción de un tanque de piso de 2000 m³ el cual sumado a la capacidad existente de 500 m³ permitirá abastecer los sectores 2 y 3. El sector 2 que actualmente se abastece desde la planta, bombeando directamente a la red, comprende los subsectores 4 (Julia Orozco y Jesús Mora), subsector 5 (Buenos aires, Manuela Beltrán), subsector 6 (Las Flores y Buenos Aires), Subsector 7 (Santa fe), Subsector 8 (La Playa y Pescadores), Subsector 9 (Buenos aires, Las Flores, Gaitán, El Centro), Hospital y Villa María. El sector 3 actualmente abastecidos por el tanque La Lucila de 500 m³ comprende los subsectores 1 (La Lucila), Subsector 2 (Hoover Quintero, Monterrey II, Manizales), Subsector 3 (Jesús Mora, Julia Orozco, Gonzalo Mejía.

El Tanque Casanova continuará abasteciendo el sector 1 conformado por: Subsector 10 (Obrero), Subsector 11 (Juan XXII Baltazar, Veranillo, El Centro9), Subsector 12 Ciudadela, Monterrey, Veranillo), Subsector 13 (Las Delicias, Ciudadela Bolívar, Brisas del Mar, San Martin), Subsector 14 (Brisas del Mar I y II) y Subsector 15 (El Bosque y Brisas del Mar III).

En este informe se presenta una descripción del sistema de acueducto existente, el estudio de las alternativas contempladas para darle solución al problema de almacenamiento y distribución de agua

para todos los sectores del municipio; así como el diseño de la alternativa seleccionada; diseño que se soportó en las normas técnicas colombianas, RAS 2000 y las normas de diseño de acueducto y alcantarillado de EPM.

Con la ejecución de este proyecto se contempla la construcción del tanque de 2000 m³; así, como el sistema de bombeo para impulsar el agua desde este hasta el tanque existente de 500 m³, localizado en la carrera 29 entre calles 107 y 108, lo cual permitirá mejorar los indicadores actuales en el servicio, de manera que sea técnicamente viable, operable y sostenible para el municipio, la empresa prestadora y la comunidad.

Con el mismo objetivo, de garantizar la cantidad de agua captada, se acometerán acciones sobre el sistema de bombeo del pozo profundo Villa María, localizado al interior de las instalaciones de la PTAP. Es necesario contar con un sensor hidrostático, un transmisor de presión y medidor de caudal, con su respectivo tablero con variador de frecuencia y demás elementos y accesorios electrónicos para el correcto arranque y operación de todo el sistema, igualmente el suministro e instalación de toda la tubería de conducción con sus respectivas válvulas y cheques necesarios para el proceso hidráulico. Para realizar un proceso de cloración confiable y seguro para la desinfección del agua captada, ya sea del río Turbo o de pozos profundos, se modernizará y automatizará el sistema de cloración; de tal forma que este opere de forma autónoma mediante registros y procesamiento de la calidad del agua captada, aplicando las dosificaciones correctas. Igualmente se instalarán balanzas para pesar los cilindros a fin de realizar seguimiento a las cantidades de cloro en su interior, detectores de fugas de cloro para prevenir y determinar las acciones pertinentes.

2 INFORMACIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL PROYECTO

Turbo fue erigido municipio en el año de 1847 y su división político - administrativa la conforman: 23 barrios en el área urbana, 17 corregimientos y aproximadamente 213 veredas.

Con los municipios de Necoclí, Arboletes, San Juan de Urabá, San Pedro de Urabá, Apartadó, Carepa, Chigorodó, Mutatá, Murindó y Vigía del Fuerte conforma el Urabá Antioqueño y al mismo tiempo con los municipios de Apartadó, Carepa y Chigorodó conforman el “Eje Bananero” denominado así por ser el “banano” el principal renglón económico de la región.

La extensión territorial total del Municipio de Turbo es de 3.055 km², de los cuales 11.9 km² corresponden al área urbana. Para el 2005, fecha del último censo, el municipio presentaba una densidad poblacional de 40.2 hab/km² en el área total y en la cabecera de 4.1 hab/m². A pesar de tener un gran porcentaje de población rural la gran extensión de esta zona, equivalente a 3.043 km² da una concentración igual a 24.7 hab/km².

El espacio público y disposición de áreas libres, considerado también como estructurador del suelo urbano, presenta en Turbo déficit cuantitativo y cualitativo que se incrementa aún más si se tienen en cuenta las disposiciones reglamentarias de la ley 388 que establece 15 m² por cada habitante.

El municipio de Turbo presenta significativos problemas de pobreza, en término del nivel de ingreso de sus habitantes y de las necesidades básicas insatisfechas.

Carece de un adecuado sistema de prestación de los servicios públicos, aproximadamente el 70% de la población no está cubierta por los servicios básicos, un gran número de habitantes está localizado en las márgenes de los ríos, quebradas y caños catalogados como zonas de riesgo según decreto 2811 de 1974 y son altas las condiciones de ilegalidad de predios y viviendas que impiden la acción institucional.

La estructura natural, está representada por la presencia de una amplia zona de humedales, entre los que se destaca la Ciénaga de Tumaradó, importantes fuentes hidrográficas conformadas por los ríos: León, Turbo, Guadualito, Río Grande, Mulatos y Currulao. Geoformas tales como el Cerro El Cuchillo y los dos cerros denominados Lomas Aisladas, localizados en el corregimiento del mismo nombre al sur - occidente del municipio.

Asimismo, cuenta con ecosistemas estratégicos - escenarios naturales de gran belleza – como: Bahía Colombia, Bahía Candelaria, las Bocas del río Atrato, Punta Caimán, Punta Coquitos, Punta de Las Vacas; entre otras y algunas pequeñas zonas de manglar y cativales.

2.1 Localización geográfica

El Municipio de Turbo se encuentra ubicado en el extremo noroeste del departamento de Antioquia, en el denominado Urabá Antioqueño, el cual hace parte del Chocó biogeográfico, considerado en el ámbito mundial como una importante reserva ecosistémica.

Los límites municipales de Turbo son: por el norte con Necoclí y Arboletes, por el oriente con los municipios de San Pedro de Urabá, Apartadó, Carepa y Chigorodó, por el sur con el municipio de Mutatá y por el occidente con los municipios de Riosucio - Chocó y Unguía - Chocó. Su territorio enmarca el espejo de agua de Bahía Colombia- accidente costero al sur del Golfo de Urabá.

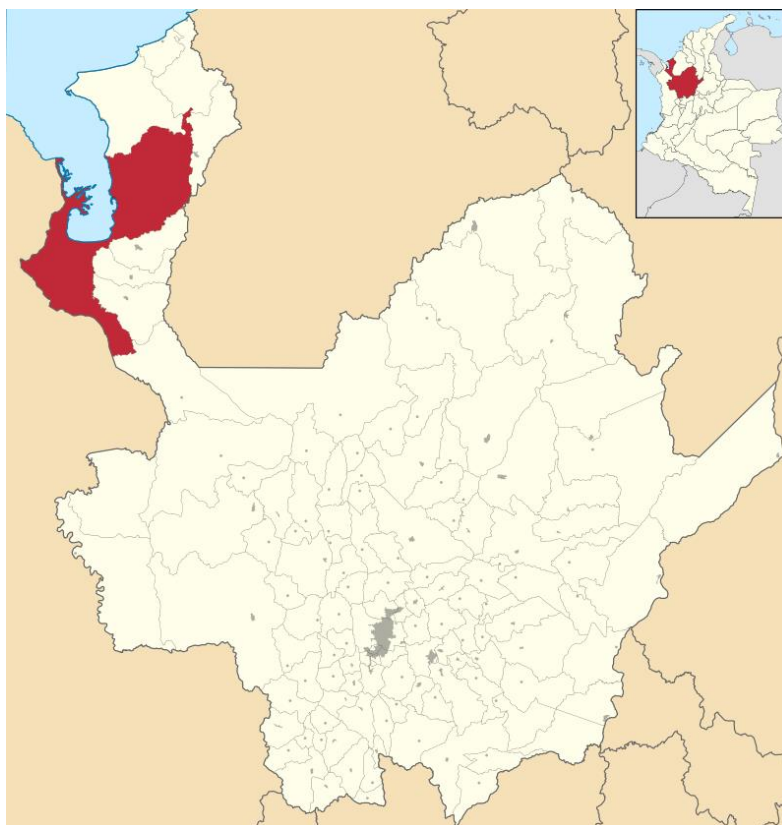


Ilustración 2.1 Localización de Turbo en Antioquia

El casco urbano del municipio de Turbo está localizado en la parte centro-oriental del golfo de Urabá frente a la desembocadura del río Atrato y en el sector de línea litoral conocido como la Espiga de Turbo y Bahía del mismo nombre; se encuentra a 2 m.s.n.m y la temperatura promedio es de 28°C; predomina el uso residencial, representado en la vivienda, la cual es uno de los elementos del espacio urbano de mayor significación e importancia, pues constitucionalmente es considerada como una necesidad humana básica que conjuga elementos antropológicos, culturales, sociales y de identidad con un territorio.

2.2 Vías de acceso:

Por la cercanía al Municipio de Carepa, aproximadamente 50km, se aprovecha el Aeropuerto Antonio Roldán Betancur, por vía terrestre la carretera al mar es la principal vía de acceso al Municipio y la única desde la ciudad capital del departamento, la distancia desde Medellín es de 373 Km, en la actualidad dicha vía está siendo intervenida, lo que conseguirá una reducción significativa en el tiempo de viaje; por vía fluvial se accede a través del puerto El Waffe del golfo de Urabá y el Río Atrato.



Ilustración 2.2 Ruta Medellín - Turbo

2.3 División política administrativa

La Cabecera municipal está conformada por los siguientes barrios: Baltazar, Centro, Hoover Quintero, La Playa, Jesus Mora, La Floresta, Jorge Elicer Gaitan, Buenos Aires, Ciudadela Bolívar, Ciudadela Industrial, Villa del Mar, Manuela Beltrán, El Bosque, Obrero, Juan XXIII, Las Flores, EL Bosque, Santa Fe La Playa, Julia Orozco, La Lucila, Brisas del Mar, San Martín, Monterrey 1 y 2 y Veranillo.

2.4 Temperatura

La distribución de temperaturas, como es característico de la zona ecuatorial presenta una variabilidad estacional muy débil. Además, la proximidad de la masa oceánica modera los cambios intradiarios. La temperatura media diaria fluctúa en un estrecho rango de 26 y 28°C, con máximos en los meses de marzo a junio y mínimos en febrero, agosto y octubre. Las temperaturas máximas históricas han alcanzado el umbral de 40°C, y es frecuente que se supere el valor puntual de 35°C.

2.5 Humedad relativa

La humedad relativa ampliamente gobernada por la presencia de la masa oceánica, permanece básicamente invariable a lo largo del año. Los valores medios mensuales promedios fluctúan entre 83 y 86%.

2.6 Brillo solar

Los estimativos de brillo solar en la zona estiman un total anual aproximado de 1890 horas de sol en un año típico, con valores mensuales de 130 y 170 horas de brillo solar.

2.7 Hidrología

El municipio de Turbo está irrigado principalmente por los ríos Turbo, Guadualito y Currulao, corrientes de gran caudal que atraviesan el territorio en el sentido oriente-occidente pasando por las cabeceras de los corregimientos Currulao, El Tres, El Dos. Además, el León y el Atrato forman las dos grandes cuencas del Municipio.

Otro factor importante de la hidrología son las ciénagas, localizadas en las planicies aluviales, como la ciénaga de Tumaradó, ubicada en la planicie aluvial del río Atrato la cual se encuentra integrada por cuatro ciénagas: Tumaradó, Tumaradocito, Caño Seco y Cascabel, sus espejos de agua alcanzan una superficie de 3.956 ha.

En la cabecera del Municipio se encuentran algunos caños entre los cuales figuran el Puerto Tranca, Puerto Tranquita, Veranillo, Chucunate, Cuneta, El Comercio, Lleras y Wafe, en donde funciona el embarcadero.

2.7.1 Río Turbo

La cuenca del río Turbo se encuentra localizada en su totalidad en la zona norte del municipio; posee una superficie aproximada de 150 km² y una longitud de 42.5 km. La cuenca se encuentra limitada naturalmente por el occidente con el golfo de Urabá; por el oriente con la parte alta de la serranía de Abibe, por el sur con la cuenca del río Gaudalito, y por el norte con la cuenca del río Mulatos. La cuenca cuenta con las siguientes quebradas afluentes: Los Indios, La Playona, Las Mercedes, San Felipe, las Cañas, la Pedregosa, Santa Bárbara y Agua Fría.

La cuenca se caracteriza por tener una zona de llanuras que va desde la desembocadura en el golfo hasta el pie de monte de la serranía de Abibe de forma plana y ondulada, de allí hacia arriba, se encuentran las montañas de la serranía que cubren el mayor porcentaje de área con pendientes fuertes pero cortas, suaves y onduladas de formas convexas y cóncavas, presentando pequeños valles en el trayecto de su cauce.

La estación El Dos mide los caudales del Río, teniéndose caudales promedios de 2.8 m³/s. Los valores mínimos se presentan en el primer trimestre del año y son del orden de 1.35 m³/s, estimado para el período comprendido entre los años 1987 y 1998.

2.8 Geología

Las características geológicas juegan un papel importante en los usos potenciales del territorio, ya que es determinante en los tipos de suelos, las amenazas de tipo natural que puedan presentarse, los recursos minerales y la morfología de la región.

De Oriente a Occidente en el Municipio de Turbo se pueden diferenciar varios tipos de roca de acuerdo a su origen, edad y composición. Es así como en la zona Oriental del Municipio, a la altura de la Serranía y sus estribaciones, se encuentran rocas sedimentarias terciarias con dirección general N-S $\pm 10^\circ$ y buzamientos de los estratos variable. Limitando con esta unidad al Occidente, se encuentran sedimentos cuaternarios principalmente de origen aluvial.

2.9 Litología

En la macrounidad geomorfológica de serranía y piedemonte:

2.9.1 Rocas Sedimentarias Terciarias de origen marino (T1)

Esta unidad aflora al Oriente del Municipio. Su ambiente de depositación es marino. De acuerdo a los lugares cartografiados en la “Evaluación de aguas subterráneas en la región de Urabá” por INGEOMINAS, está compuesta por una secuencia de areniscas, lodolitas y arcillolitas, localmente carbonatadas.

2.9.2 Rocas Sedimentarias Terciarias de origen continental (T2)

Las rocas encontradas son areniscas, conglomerados, limolitas y arcillolitas, depositadas en un ambiente continental de carácter fluvial a transicional, en los que se alternaron regímenes de energía media a alta con periodos de tranquilidad. De acuerdo al proyecto “Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá”, se han agrupado las rocas de edad Plioceno Superior a Holoceno de las Formaciones Corpa, Pajuil y Floresanto en los siguientes conjuntos:

- Areniscas y lodolitas (T2A): Areniscas de color amarillo grisáceo, de grano fino a medio, compuestas por cuarzo, basaltos, chert negro, las cuales se encuentran interestratificadas con capas de lodolitas friables de color gris azulado claro (INGEOMINAS, 1995).
- Areniscas y conglomerados (T2B): Las areniscas tienen las mismas características del conjunto T2A, con la diferencia de que se encuentran interestratificadas con capas de conglomerados conformados por cuarzo y basaltos en una matriz arenosa. Los conglomerados están conformados por fragmentos de cuarzo, chert y roca volcánica (basaltos), en una matriz arenosa de color amarillo grisáceo, de grano medio a grueso (INGEOMINAS, 1995)
- Lodolitas con lentes de conglomerados (T2C): Conformada por capas discontinuas de lodolitas de color gris azulado intercaladas con capas discontinuas de conglomerados. Este conjunto aflora en el flanco más occidental de la Serranía de Abibe, formando las colinas bajas que se encuentran a lo largo de la carretera Juradó-Turbo (INGEOMINAS, 1995).

Estas unidades contienen en algunos sectores (caso de la parte baja del Ríogrande) con abundante materia orgánica y conchas semidestruidas por efectos de transporte.

En las macrounidades geomorfológicas llanura aluvial y complejo costero:

2.9.3 Sedimentos Cuaternarios (Q)

El cuaternario en el Municipio está conformado por depósitos de origen marino, aluvial y/o coluvial que conforman abanicos, terrazas, conos de deyección, aluviones y playas, los cuales están relacionados con la dinámica de los principales ríos y por la gran llanura aluvial de Mutatá-Turbo. Sobre estos depósitos se encuentran asentados la cabecera y gran parte de los cultivos de plátano y banano del Municipio.

En la zona de abanico las pendientes llegan al 10%. Está constituido en profundidad por areniscas y gravillas de limolita. Cerca de la superficie estos materiales se han meteorizado a arcillas. En el río Guadualito los materiales basales consisten en guijarros y gravillas de areniscas bien cementadas y redondeadas, envueltos en una matriz de arena fina (Proyecto Darién, 1978).

La franja paralela a la línea de costa está constituida por arenas, arcillas y materia orgánica en descomposición, la cual forma zonas de turberas como la encontrada en el área de influencia del río Atrato. Los suelos que se desarrollan no son adecuados para el desarrollo de agricultura o ganadería. En particular la cabecera municipal se encuentra localizada sobre las Macrounidades de Abanico (sector Oriental del Municipio) y Complejo costero (sector Occidental), con sedimentos de texturas finas como limos, arcillas y localmente arenas.

2.10 Rasgos estructurales

Los rasgos estructurales están relacionados con las deformaciones que sufren los estratos de roca producto de esfuerzos, movimientos o la forma y ambientes de depositación (marinos, fluviales, lacustres, etc.). La región de Urabá y en general todo el Noroccidente colombiano está sometido al efecto de fallas activas y fuertes deformaciones producto de la influencia de por lo menos tres placas tectónicas y dos bloques: placa Nazca, placa Caribe, placa Suramérica, bloque Panamá y bloque Andino. La diferencia de estos últimos con las placas está determinada por el tamaño y porque las placas tienen por definición su base marcada por una temperatura de 1330 °C. (Estrada, 1998)

El municipio de Turbo está enmarcado regionalmente dentro del Cinturón Sinú, el cual comprende los anticlinorios de Abibe y las Palomas dentro del continente y la plataforma y talud continental fuera de la costa.

Este cinturón está conformado por anticlinales estrechos muy pronunciados, separados por sinclinales amplios y suaves. Hacia el norte estas estructuras están generalmente cortadas por estructuras dómicas de volcanes de lodo dando la impresión que el plegamiento se hubiera formado por este tipo de eventos.

Dentro de esta serie de sinclinales y anticlinales se pueden mencionar el sinclinal Tulapa y el anticlinal Caimán, ubicados al nororiente y norte de la cabecera municipal respectivamente, cuyos ejes tienen dirección general N-S \pm 10°

Otro tipo de rasgo estructural son las fallas. Una de las más sobresalientes ubicada al Oriente del municipio es la Falla de Apartadó, la cual tiene dirección N-S a N30W y buzamientos al oriente entre 30 y 40°. Esta falla conforma el contacto entre las unidades T1 y T2 y se prolonga desde el sur de Apartadó hasta proximidades de la desembocadura al mar del río Caimán Viejo. Dadas las deformaciones encontradas en el área de influencia de la falla, concentración de pequeños movimientos alineados, concentración de diaclasas, lineamientos topográficos y de drenajes, existe la posibilidad de que tenga actividad reciente. La falla San José, al Oriente de esta, hace parte del mismo sistema de fallas (INER, 1994)

Existen otras fallas y lineamientos igualmente con una dirección general N-S, que pueden tener influencia sobre el Municipio, pero sobre las que no se han realizado estudios de neotectónica que demuestren su actividad reciente (últimos 30.000 años). Es el caso de las fallas San Pedro, Murri-Mutatá, El Aguila y Murindó. Esta última relacionada con el sismo ocurrido en octubre de 1992 dentro del Municipio del mismo nombre.

2.11 Hidrogeología

Uno de los recursos de vital importancia dentro del Municipio es el acuífero, sin embargo, su aprovechamiento para consumo humano y agrícola está restringido por la contaminación por óxidos, carbonatos, coliformes y en cercanías de la cabecera municipal debido a que las unidades más superficiales están saturadas con agua salina. De una forma general se puede afirmar que las características sedimentológicas para la reserva de aguas subterráneas son más apropiadas en la parte sur del Municipio (límites con Mutatá, Chigorodó y Carepa), donde los sedimentos tienen texturas gruesas (tamaño grava y arena), las cuales se hacen más finas hacia el Norte y Occidente, con texturas de tamaño arcilla y limos.

En la parte baja de los ríos Currulao y Riogrande existen acumulaciones de agua subterránea a profundidades mayores a 30 metros sobre el Abanico, la explotación de las cuales exige de un manejo adecuado para evitar que su contaminación se incremente por factores antrópicos por el mal manejo de materia orgánica, insecticidas y sellos del pozo.

En el municipio de Turbo existe un acuífero de importancia regional que ocupa un área de 1.714 km² en la región, ubicado en el subsuelo del abanico y de la planicie aluvial de los ríos provenientes de la serranía de Abibe, las planicies de inundación de los ríos Atrato y León, con un espesor entre 5 m y 70 m. La profundidad del nivel freático varía entre 0.5 y 6 m. Constituido por intercalaciones de arcilla color café, arcilla plástica con poco contenido de arena y arenas finas a gruesas que ocasionalmente puede presentar gravas. El agua es dulce a moderadamente dulce, blanda o muy dura, presenta valores altos de color (hasta 100 Unidades), turbiedad (hasta 55 N.T.U) y hierro (hasta 4 p.p.m., la cual es mayor que el máximo permisible para consumo humano que es de 1 ppm, por lo cual requiere de un tratamiento de oxidación).

El acuífero está compuesto por intercalaciones de arcillas color café, arcilla plástica con poco contenido de arena y arenas finas a gruesas. La conductividad hidráulica promedio para la unidad varía entre 3 y 19 m/día.

El caudal de explotación varía entre 0.3 y 47 l/s. Estos acuíferos contienen aguas dulces o débilmente dulces, blandas a muy duras, con altos valores de turbiedad y hierro. El acuífero se entra hasta el piedemonte de la serranía de Abibe siguiendo la dirección aguas arriba de los cauces de los ríos Currulao y Guadualito.

El sistema de flujo de este acuífero está orientado en dirección de la serranía de Abibe hacia el occidente, golfo de Urabá. En este acuífero las isópiezas se encuentran entre 36 y 12 m.s.n.m. disminuyendo de sur a norte. El acuífero presenta una moderada vulnerabilidad a la contaminación.

2.12 Usos del suelo

Los usos del suelo más representativos en la cabecera urbana del Municipio de Turbo son los siguientes:

- Habitacional
- Comercial
- Institucional y de servicios
- Cultural y recreativo

3 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO

El sistema de acueducto fue operado por Conhydra S.A. E.S.P. hasta el 27 de agosto de 2011, fecha en la cual entregó dicho sistema a AGUAS REGIONALES EPM S.A. E.S.P. El sistema de Acueducto del municipio de Turbo, para el año 2016 tenía 9865 usuarios y una cobertura del 75,5 %. En la siguiente tabla se presenta un resumen de los indicadores operativos que presenta el sistema, en el año 2016.

Tabla 3.1 Índice de Calidad Operativa

INDICADORES	Año 2016
Usuarios acueducto	9865
Cobertura acueducto	75,50%
Continuidad	5.28 horas/día
IRCA	0.00%
IANC	66.38%

Fuente: Esta información es tomada de Indicador De Calidad Operativo (ICO) de Aguas Regionales EPM S.A. E.S.P. para la vigencia diciembre 2016.

La calidad del agua se mide con el cumplimiento del IRCA (Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano), que es el grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua y en el municipio se presenta del 0.42% en promedio de Enero a diciembre de 2016 considerando la acta para el consumo humano en el capítulo 02 PERMISOS AMBIENTALES se anexa la certificación de la seccional de salud y protección social de Antioquia. En cuanto a pérdidas se contabiliza con el índice de agua no contabilizada IANC según la fórmula planteada por la resolución 315 de la CRA y presenta un valor de 66.38%, valor que supera notable el mínimo permitido del 25%, cabe resaltar que actualmente se encuentra en ejecución el proyecto OPTIMIZACIÓN Y EXTENSIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIAS, MUNICIPIO TURBO-ANTIOQUIA” con recursos de la nación que tiene como finalidad disminuir las pérdidas y aumentar la continuidad del municipio.

Es importante iniciar y recalcar que actualmente el municipio de Turbo en el departamento de Antioquia no cuenta con servicio de agua las 24 horas al día y solo cuenta con una continuidad promedio de 5.28 horas/días, debido a que sistema de acueducto se encuentra totalmente descompensado por el mal estado de las redes de distribución existentes que generan grandes pérdidas del sistema y la falta de almacenamiento del municipio, lo cual es indispensable asegurar el suministro del vital líquido a la población y que es de total responsabilidad de AGUAS REGIONALES EPM S.A E.S.P antes AGUAS DE URABA S.A. E.S.P filial del grupo EPM, a continuación se realizará el diagnóstico completo de la infraestructura con la que actualmente cuenta el municipio para prestar el servicio de acueducto, iniciando desde la captación, pasando por la potabilización hasta la distribución.

El sistema de acueducto del municipio se compone por una bocatoma ubicada Km 3 vía Necoclí con dos captaciones en el Río Turbo, las captaciones indicadas son una tipo barcaza y la segunda funciona como galería filtrante donde se succiona el agua del Rio Turbo y se impulsa hasta un tanque desarenador, allí mismo descarga dos fuentes subterráneas, una es el Pozo Nueva Esperanza que encuentra en la misma bocatoma y otra es el Pozo Maná encuentra en el Km 4 vía Necoclí Vereda El Porvenir, luego el agua natural llega por gravedad a través de una conducción hasta la planta, a dicha conducción se conecta el agua proveniente del pozo Salazar, el agua en la planta ingresa a un tanque de quietamiento, en este tanque de quietamiento llega adicionalmente el agua proveniente del pozo Villa Maria que se encuentra ubicado dentro de la mismas planta, el agua cruda en la cámara de entrada se pre clora, posteriormente pasa a la canaleta Parshall donde es coagulada con PAC y Sulfato de Aluminio y luego se distribuye uniformemente en 4 floculadores hidráulicos, esta agua pasa luego a 4 sedimentadores

rectangulares de láminas inclinadas con un tiempo de residencia de aproximadamente 2 horas, el agua clarificada pasa a un canal común donde se distribuye uniformemente a 6 filtros de flujo descendente compuestos por antracita, arena, grava y piedra, el agua filtrada se distribuye en dos canales donde son desinfectados con 2ppm de cloro gaseoso, uno de los canales alimenta al tanque de 78 m³, el otro canal alimenta a los tanques de 1500 m³ y 3000 m³, ambos tanque ubicados dentro de la misma planta, estos tanques alimentan a los tanques elevados La Lucila y casanova y el bombeo directo y Casanova, luego el tanque La Lucila se distribuye al sector 1, el bombeo directo desde la planta abastece el sector 2 y el tanque Casanova abastece el sector 3. A continuación observa que el la articulación del sistema en la ilustración 3.1 y la Tabla 3.2 :

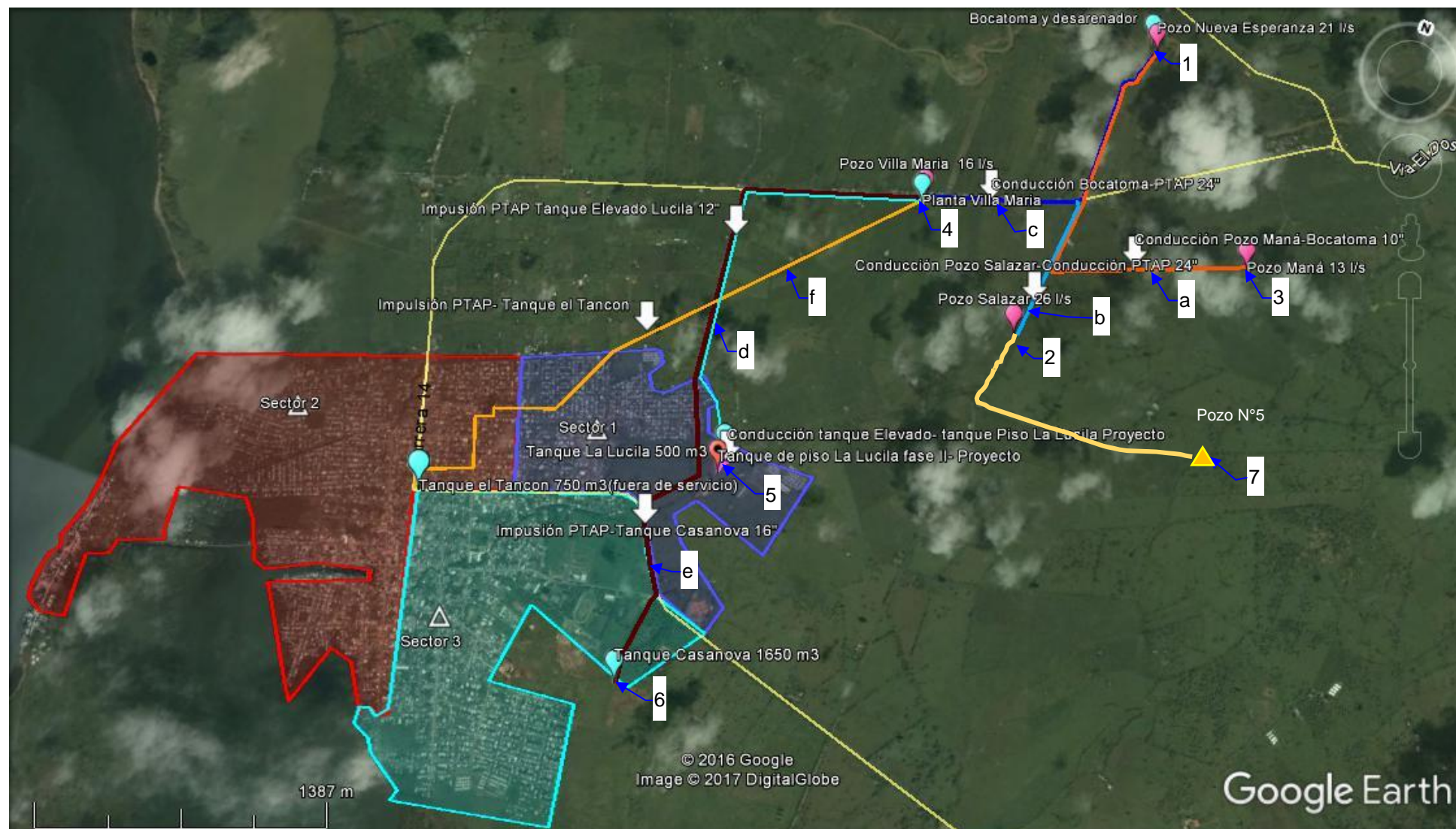


Ilustración 3.1 Articulación del sistema de acueducto actual del Municipio Turbo

Tabla 3.2 Componentes sistema de abastecimiento de agua Municipio de Turbo

ÍTEM	INSTALACIONES	DIRECCIÓN	COORDENADAS	OBSERVACIONES
1	Bocatoma	Km 3 vía Necoclí	8°7'36,1"N – 76°42'12,5"W	Ubicación de captaciones tipo barcaza y Galería Filtrante, Desarenador y pozo automatizado Nueva Esperanza
2	Salazar	Km 3 vía Necoclí, Vereda Palermo	8°6'42,7"N – 76°42'17,2"W	Ubicación del pozo automatizado Salazar y torre de aireación
3	Maná	Km 4 vía Necoclí Vereda El Porvenir	8°7'2"N – 76°42'43,1"W	Ubicación del pozo automatizado Maná
4	PPAP Villa María	Km 2 vía Necoclí	8°6'49"N – 76°43'2,0"W	Ubicación Planta de potabilización villa Maria, Pozo Villa Maria, los sistemas de bombeo Lucila, Tancón (directo a red) y Casanova entre los demás equipos necesarios para la potabilización.
5	La Lucila	Carrera 29 calle 108 sector de la Lucila (a un costado de la universidad de Antioquia)	8°6'3,9"N – 76°42'57,3"W	Tanque elevado (bajo este proyecto se establecerá el alcance las necesidades que se requieren implementar en estas instalaciones y las contiguas)
6	Casanova	Vereda Casanova, vía a comando de la policía Turbo	8°5'30,6"N – 76°43'1,4"W	Tanque bajo y elevado y sistema de bombeo correspondiente
7	Pozo N°5	Finca Gamboa	8°6'31"N – 76°41'44,1"W	Captación de pozo profundo en proyecto
a	Tubería de impulsión de Ø10" polietileno entre pozo Maná y torre de aireación en Bocatoma			
b	Tubería de conducción por gravedad en polietileno de Ø12" desde la torre de aireación de Salazar hasta el empalme a tubería de ítem c			
c	Tubería de conducción por gravedad de Ø24" fibra de vidrio desde bocatoma hasta PPAP			
d	Tubería de impulsión Ø12" en hierro dúctil desde PPAP hasta tanque elevado La Lucila			
e	Tubería de impulsión Ø12" en fibra de vidrio desde PPAP hasta tanque bajo Casanova			
f	Tubería proyectada en polietileno Ø8" desde pozo #5 hasta nueva torre de aireación en pozo Salazar			
g	Tubería de 14" en asbesto cemento, clase 25 desde PPAP hasta sector que era abastecido por el Tanque elevado el Tancon			

3.1 Fuentes y captaciones

Existe (1) una fuente superficial que es el río Turbo y (4) cuatro fuentes subterráneas, Pozo Maná, Pozo Salazar, Pozo Villa Maria y Pozo Nueva esperanza, definidas a continuación según su tipo de fuente:

3.1.1 Fuente superficial

El Municipio de Turbo cuenta actualmente con dos captaciones donde la fuente de abastecimiento es el Río Turbo, las captaciones indicadas son una tipo barcaza y la segunda funciona como galería filtrante. Ver esquema de ubicación a continuación:

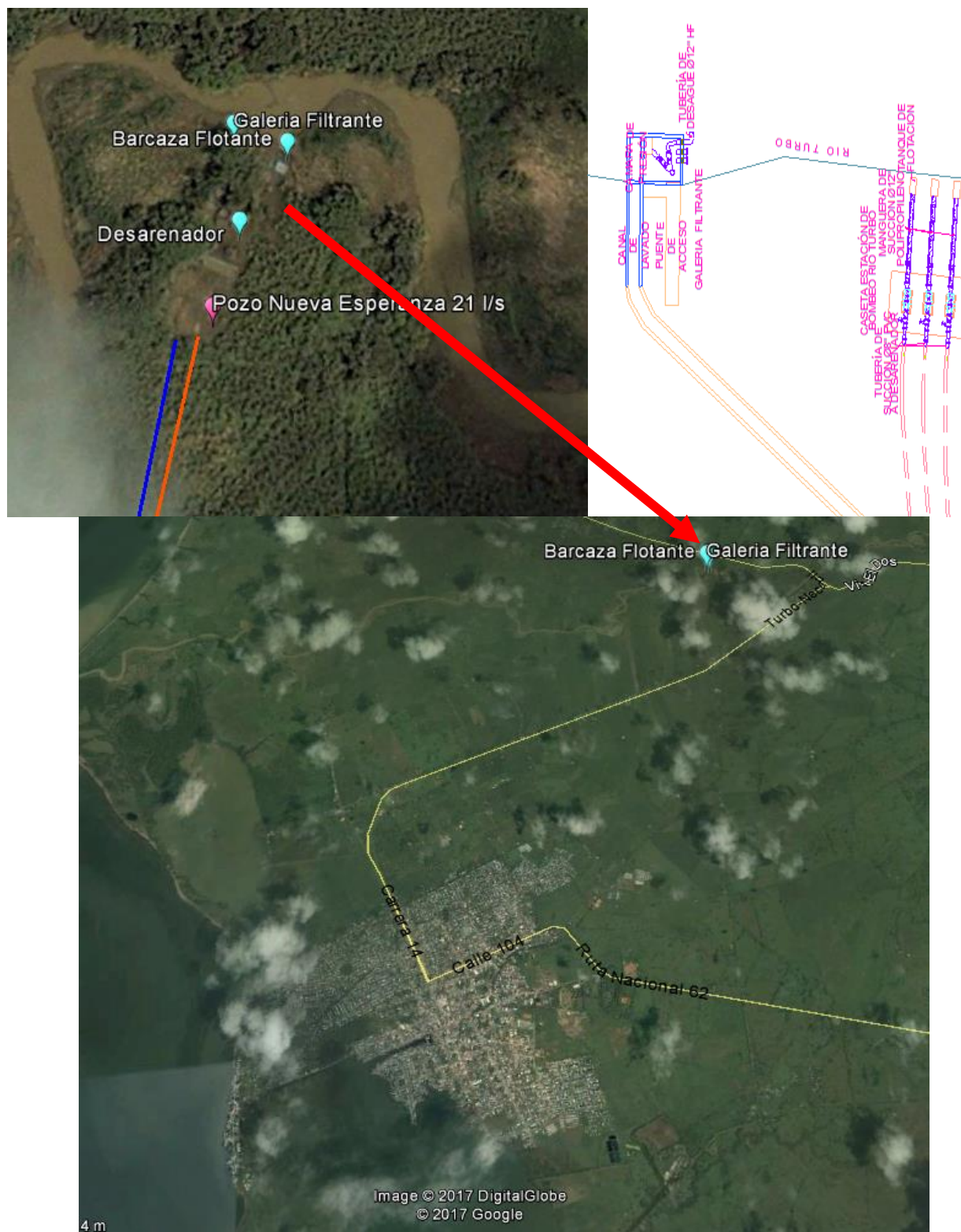


Ilustración 3.2 Ubicación de captaciones superficiales Río Turbo.

En época de lluvias el agua del Río puede llegar con turbiedades entre 500- 11000UNT, conductividades entre 1200-1300 μ S/cm y color de 24000UC ver en el capítulo 02 PERMISOS AMBIENTALES las caracterizaciones realizadas por CORPOURABA en diferente épocas del año 2016, por lo que para su tratamiento es necesario realizar una pre cloración con 1ppm de Cl₂ y la adición de 20ppm de PAC y 56 ppm de Sulfato de Aluminio, todo el tiempo.

En épocas de verano o de alta pluviosidad se trabaja con agua de pozo con altas concentraciones de dureza, alcalinidad (400ppm), conductividad (1000 μ S/cm) y manganeso (1.8ppm).

A continuación, se describe en ambos componentes:

3.1.1.1 Barcaza Flotante

La captación principal del municipio se encuentra sobre el río Turbo , consiste en un sistema compuesto por 3 bombas instaladas en una barcaza, con capacidad de 60 l/s cada una en épocas estables se puede captar solo por medio de los equipos de barcaza hasta 180 l/s, estas motobombas fueran instaladas hace más de 3 años pero la barcaza (estructura metálica flotante) lleva en sitio casi 10 años, durante este tiempo se ha sometido a ciertas reparaciones para evitar el ingreso de agua a su interior. En la Ilustración 3.3 Bombeo de la captación en barcaza en épocas de verano y en la Ilustración 3.4 Bombeo de la captación en barcaza en épocas de invierno. Se identifica los abruptos niveles los cuales sufre el afluente en diversas épocas del año lo cual he hecho necesario implementar métodos alternos de captación al río, los cuales serán identificados en el ítem 3.1.2 Fuentes subterráneas



Ilustración 3.3 Bombeo de la captación en barcaza en épocas de verano

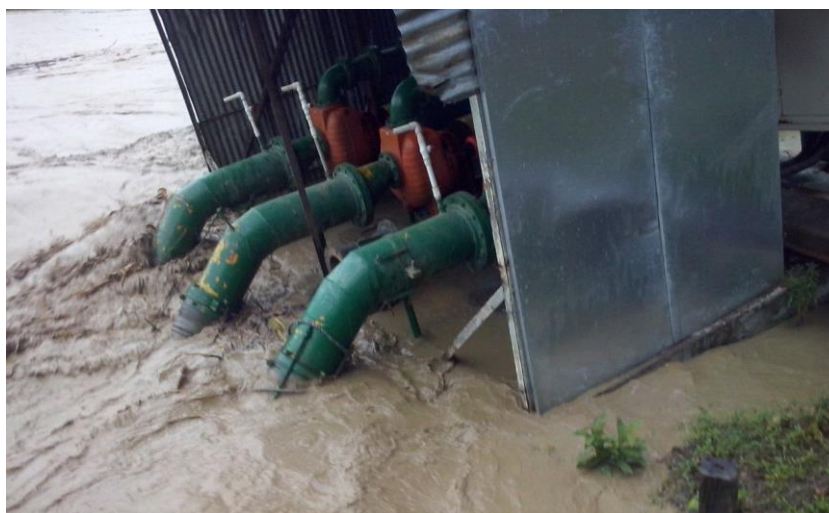


Ilustración 3.4 Bombeo de la captación en barcaza en épocas de invierno.

Se succiona directamente desde el río por medio de unas mangueras flexibles con espiral interno de refuerzo metálico de Ø12" que conectan con la aducción captación- desarenador que consiste en 3 líneas en PE de 8" de diámetro realizando descarga directa sobre el sedimentador ubicado a 120 metros. Ver Ilustración 3.5

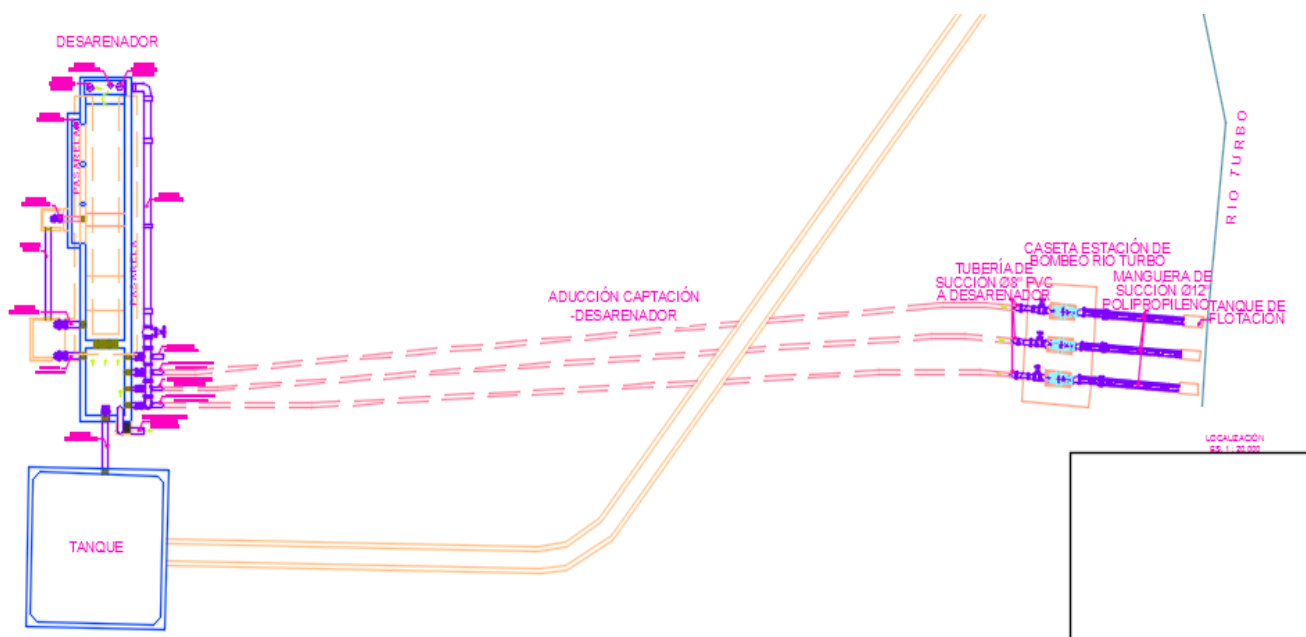


Ilustración 3.5 Aducción Captación- Desarenador

Igualmente, en la bocatoma de Turbo para permitir la succión correcta por parte de los equipos se hace necesario contar con dragas que remuevan parte de las arenas que ingresar donde están ubicadas las válvulas de pie no solo para evitar su taponamiento sino también para evitar que estas se terminen enterrando en el fondo del río por el arrastre de sedimentos. Ver Ilustración 3.6 Dragas para remoción de arenas en las válvulas de pie para la succión de los equipos de bombeo.



Ilustración 3.6 Dragas para remoción de arenas en las válvulas de pie para la succión de los equipos de bombeo.

3.1.1.2 Sistema de bombeo galería

El segundo sistema es una galería filtrante con una bomba sumergible de 155 l/s; Es una infraestructura tipo torre a un lado del río donde se encuentra instalada una motobomba sumergible la cual descarga en una tubería de PVC de Ø12" hasta el sedimentador generándose el mismo proceso que descrito para la descarga de las bombas de barcaza.

En casos de verano o invierno extremos no es posible operar el equipo de bombeo debido a que se aumentan los sedimentos y palizadas que obstruyen la tubería de entrada compuesta por cuatro rejillas ubicadas de forma perpendicular en el lecho del río, en el verano el caudal es insuficiente para succionar desde cada rejilla. Este equipo solo puede ser utilizado cuando existe cierto nivel a favor en el río, por lo anterior, se utiliza cuando el río tiene niveles medios, que favorecen la distribución del caudal en la succión de la bomba.

La succión del equipo se da por medio de 4 tubos de Ø 12" con rejilla que están en el río, esta llega a un múltiple de acero de Ø24" que permite el ingreso de agua hasta el pozo interno de la torre tal como se observa en las siguientes ilustraciones: Ilustración 2.1 Localización de Turbo en Antioquia



Ilustración 3.7 Torre de galería en su interior instalando equipo de bombeo sumergible.



Ilustración 3.8 Torre de galería para equipo de bombeo sumergible.

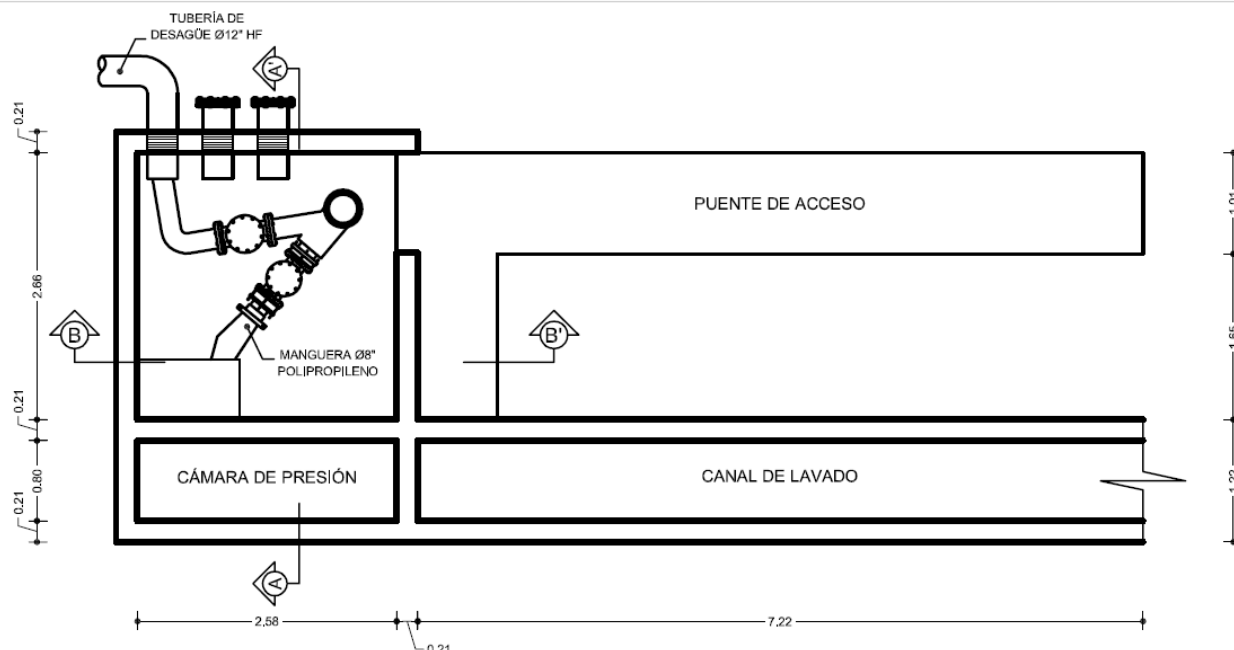


Ilustración 3.9 Vista en planta de Galería Filtrante

Para mantener el interior de la torre libre de sedimentos se requiere realizar dragado usando los mismos equipos utilizados para dragar la Barcaza Flotante, mostrados en la Ilustración 3.6 Dragas para remoción de arenas en las válvulas de pie para la succión de los equipos de bombeo.

3.1.2 Desarenador

Se cuenta con dos estructuras desarenadoras ubicadas en los terrenos de la bocatoma, la primera es un desarenador convencional con una capacidad de 100 l/s, el cual se debe lavar una vez por semana debido a la cantidad de arenas acumuladas.



Ilustración 3.10 Desarenador existente

Y la segunda entró en operación el año de 2016, donde se aumentó la capacidad del existente pasando de 100 l/s a 200 l/s con el fin de mejorar la calidad del agua cruda que ingresa a la planta, al igual que disminuir los periodos de interrupción del servicio por colapso del desarenador el cual se lava todas las semanas debido a la acumulación de sedimentos.



Ilustración 3.11 Desarenador nuevo capacidad 100 L/s

En medio de estas dos infraestructuras se encuentra un lecho de secado que se utiliza entre cada 2 a 3 días o cuando sea necesario para verter todas las arenas sedimentadas en el desarenador para posteriormente verterlas al río por gravedad:



Ilustración 3.12 Lechos de secado del desarenador en la bocatoma del río Turbo.

La tubería en polietileno de Ø8" que atraviesa los lechos de secado pertenece a la motobomba de la captación del pozo Nueva Esperanza el cual está ubicado a 30 metros, esta descarga en la torre

provisional del tanque al interior de la bocatoma, esta torre será cambiada por un nueva de mayor capacidad y condiciones apropiadas similar a la que funciona actualmente para el pozo Salazar, esta será construida con recursos propios.

Luego del proceso de asentamiento de arenas donde posteriormente después de alcanzar cierto nivel del sedimento pasa a un canal que llega a una tubería de Ø24" en GRP que cual conduce el agua por gravedad hasta la cámara de entrada de la PPAP como se muestra en la Ilustración 3.13

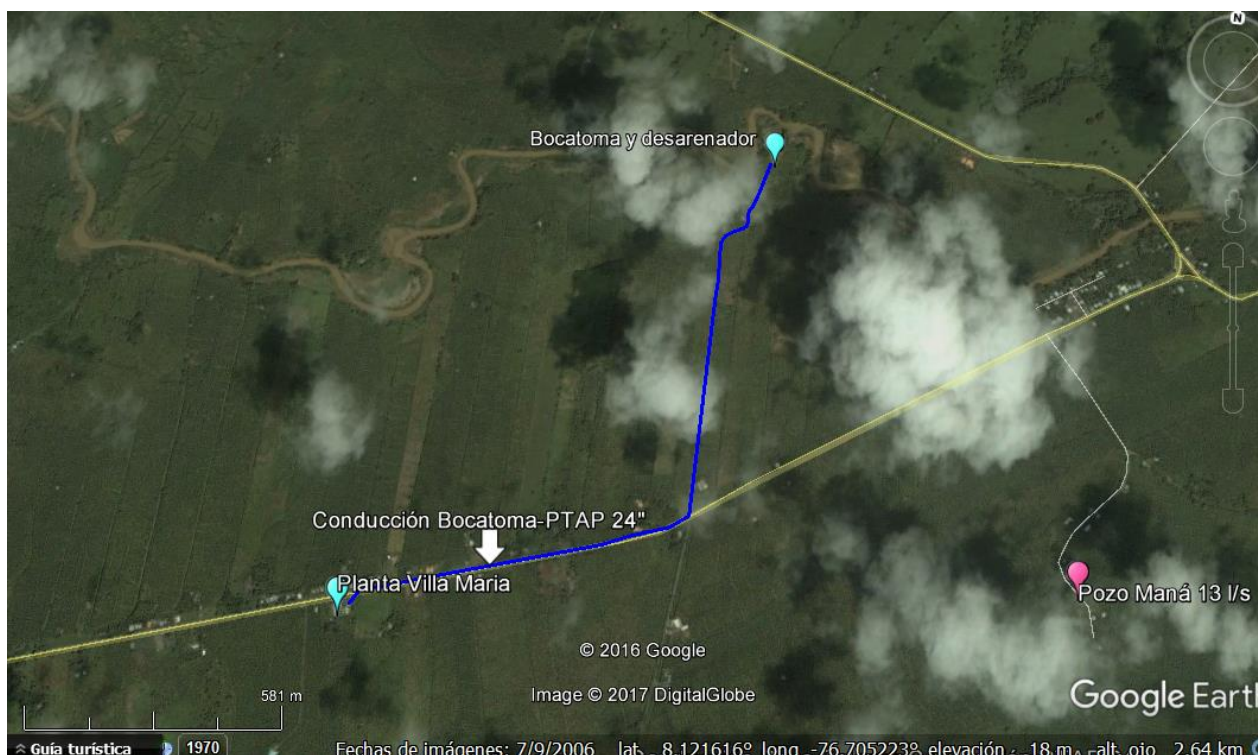


Ilustración 3.13 Conducción Bocatoma- PPAP Villa María

3.1.3 Fuentes subterráneas

Debido a los problemas que se presentan en épocas de verano e invierno en el río Turbo, se opera el sistema de acueducto con 4 fuentes subterráneas alternas al río , desde el año 2015 inició la construcción del primer pozo exploratorio al interior de la PTAP de Villa María, el cual tuvo el acompañamiento de la corporación autónoma regional CORPOURABA quien dio el aval a ese entonces AGUAS DE URABÁ S.A. E.S.P. para su explotación con un caudal concesionado de 16 l/s por 7 días a la semana, luego en el mismo año entró en operación el pozo Salazar con un caudal de 26 l/s, en febrero del 2016 entro en operación el pozo Nueva esperanza con un caudal de 21 l/s y en abril de 2016 entro en funcionamiento el pozo Mana con 13 l/s, en el capítulo 02_PERMISOS_AMBIENTALES se encuentran las concesiones de dichos pozos.

En la siguiente ilustración se encuentra la ubicación espacial de cada pozo respecto a la PPAP Villa María:

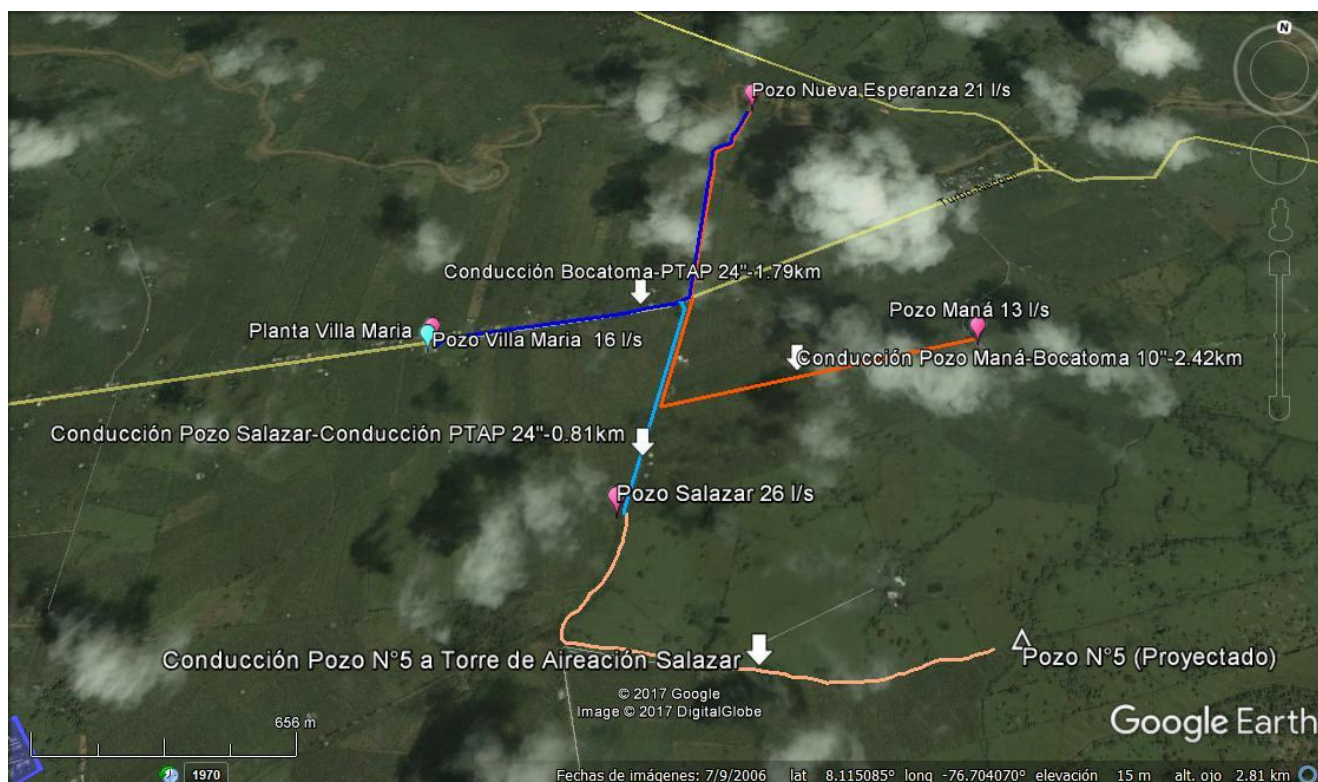


Ilustración 3.14 Ubicación de los pozos profundos para captación alterna de agua subterránea del municipio de Turbo

La corporación CORPOURABA exige que la distancia entre pozos debe ser como mínimo a un radio de 1 km, lo que justifica el porqué de las distancias entre las instalaciones y la complejidad de las tuberías de conducción o impulsión.

A continuación, se realizará una descripción de las características operativas de cada pozo, desde su ubicación hasta su conexión con la planta Villa Maria:

3.1.3.1 Pozo Villa Maria

Se ubicado al interior de la planta Villa Maria 2 Km vía Necoclí, como se muestra en la siguiente ilustración:

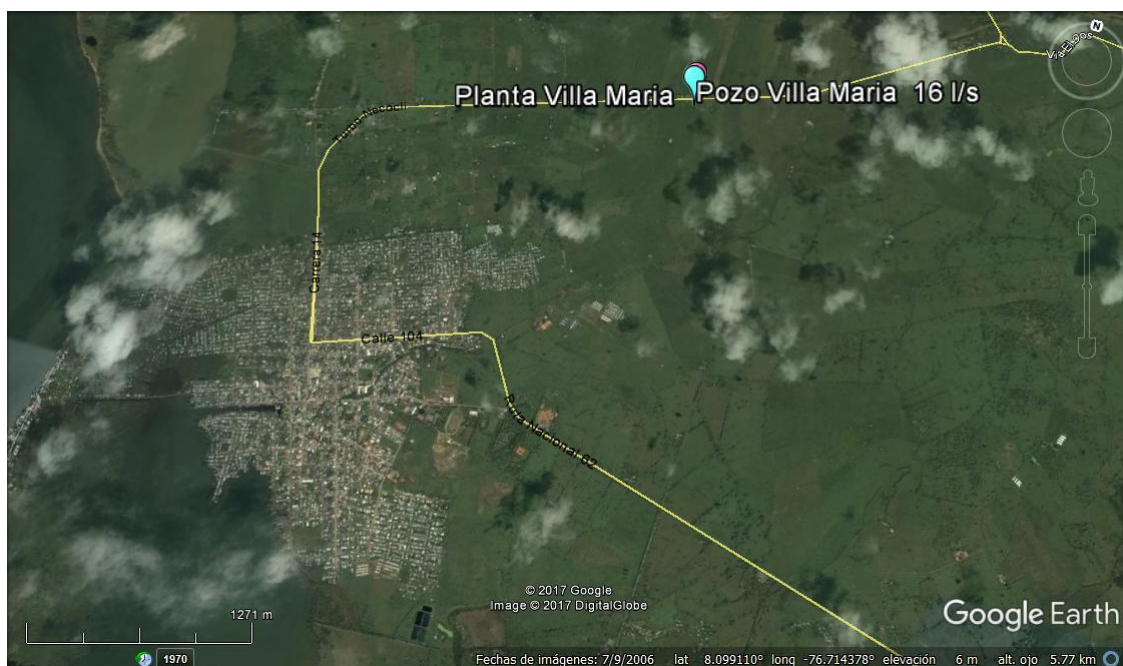


Ilustración 3.15 Ubicación Pozo Villa Maria

Esta concesionado para extraer máximo **16 l/s** por 16 horas al día y se encuentra a una profundidad de 81 metros, este equipo bombea directamente a través de una conducción de 3 pulgadas a una tubería perforada de 4 pulgadas que descarga en dos tanques de 1000L que se encuentran dentro de la planta para su posterior tratamiento, estos tanques con la tubería perforada cumplen la función de aireación del agua captada del pozo, en las siguientes ilustraciones se muestran dichas instalaciones:





Ilustración 3.16 Sistema bombeo y aireación Pozo Villa Maria

Este sistema de captación alterno del municipio de Turbo es el único el cual no se ha optimizado cuenta con los siguientes equipos y elementos:

- Motobomba: Motor sumergible Franklin 13G19 40hp/ 460V/ 61,6A/ 3470rpm/ 60Hz/ fp 0,87/fs1,15, bomba Goulds 7CLC-40 6E 78% descarga en Ø6" con cheque en el extremo.
- Impulsión: 27 tubos de Ø6" acero al carbón SCH 40 de 3 metros cada uno acoplados entre sí con uniones roscadas NPT de 300 lbs.
- Conducción: Parte en tubo PVC de Ø6" hasta el macromedidor y posteriormente hasta la torre de aireación en tubo PVC de Ø3".
- Medición de caudal: Macromedidor mecánico tipo turbina de Ø6" con bridas ANSI clase 150 con uniones universales a los costados.
- Tablero de control y potencia: Para el arranque y parada del sistema de bombeo el operador debe dirigirse hasta la caseta de bombeo, el variador para la operación del equipo se usa el #2 perteneciente al sistema de bombeo al tanque Casanova, un variador de potencia de 75 HP a 440V.

El pozo no posee ningún instrumento de medición de nivel ni presión, válvulas de control o algún cheque adicional al que posee la bomba para evitar que el agua bombeada se regrese al detener el bombeo

3.1.3.2 Pozo Salazar

Se encuentra ubicado al interior de la finca Salazar Km 3 vía Necoclí en la Vereda Palermo y se conecta con la planta Villa Maria a través de una tubería de Ø12" en polietileno que se une con la conducción que viene de la bocatoma de 24" en GRP como se muestra en la siguiente ilustración:



Ilustración 3.17 Ubicación Pozo Salazar y conducción a planta Villa Maria

Tiene un caudal permitido de hasta **26 l/s** a una profundidad de 65 metros y operación máxima de 16 horas al día, el equipo bombea directamente a una torre de aireación que se encuentra a un costado del pozo al interior de las instalaciones, dicha torre tiene la posibilidad de ampliación para dos torres más, a continuación, se muestra las instalaciones del pozo y la torre de aireación:



Ilustración 3.18 Pozo Salazar y Torre de aireación

La torre de aireación permite que el agua del pozo este en contacto con el aire generando la oxidación de los metales que contiene el agua subterránea tales como hierro y manganeso, estos se precipitan y quedan sobre las bandejas que ralentizan la caída del agua permitiendo un mayor tiempo de contacto con el oxígeno de aire.

Su sistema de bombeo se encuentra en perfectas condiciones bajo control y seguimiento desde la PTAP de Villa María, cuenta con una serie de equipos mecánicos, eléctricos y electrónicos de alta calidad que permiten que este sistema sea modelo para los sistemas futuros, fue el primer pozo en ser optimizado y en general cuenta con los siguientes equipos y elementos:

- Motobomba: Motor SUN-STAR/HITACHI KU2108 - 40hp/ 460V/ 29A/ 3450rpm/ 60Hz/ fs 1,15, bomba Goulds 8RJLC - VIS - 3E - Ø130mm/ 79,8%/ NPSHr 5,93m con descarga en Ø5" con cheque en el extremo.

- **Impulsión:** Fue el primer sistema en implementarse manguera de descarga lo cual genera menores pérdidas y facilidades en la extracción e instalación, esta es de Ø5" y una longitud total de 71 metros marca Oroflex, con acoples cónicos en acero inoxidable hacia el cheque de la bomba y el codo de descarga.
- **Conducción:** justo al momento de terminar la manguera de impulsión se encuentra un acople hasta las Ø8" lo cual se tiene un recorrido de 8 metros en acero al carbón SCH 40 y el restante hasta la torre de aireación en tubería Polietilenos PE de Ø200 mm y RDE 17.
- **Medición de caudal:** Posee un macromedidor electromagnético de Ø8" ABB que permite medir no solo la tasa de flujo que capta el equipo sino también totalizar la cantidad de agua bombeada, este posee señal de salida 4 a 20 mA que transite la información hasta un PLC, por medio de los datos trasferidos se puede asegurar el bombeo al presentarse muy bajo caudal, sea por problemas mecánicos de la bomba, daños en la impulsión o conducción o alguna válvula o cheque defectuoso.
- **Sonda de nivel hidrostática:** Es un instrumento sumergible que se ubica hasta la rejilla de succión de la bomba con un cable apto aprueba de agua, el rango de operación de este instrumento es de 0 a 200 m H₂O de marca Wika, longitud del cable de 100 metros y señal de salida de 4 a 20 mA que transite la información hasta un PLC, este elemento permite establecer el comportamiento del nivel de agua del pozo cuando se arranca el bombeo para determinar posible abatimientos de este y posteriormente al detener al bombeo identificar su recuperación, igualmente se establece un nivel mínimo de operación que permite a pagar el equipo en caso de que el nivel del pozo descienda por debajo del permitido para la óptima operación de la motobomba sumergible.
- **Transmisor de presión manométrico:** Se utiliza para determinar la presión manométrica al interior del sistema de conducción, posee una señal de salida de 4 a 20 mA de marca ABB que se conecta a un PLC, su rango de operación es de -1 a 20 bares, este elemento nos permite validar no solo la presión generada por el equipo hasta su punto de descarga si no también establecer unas presiones de seguridad para el apagado del equipo en caso de presentarse muy bajas o altas presiones, la primera por problemas de caudal y la segunda debido a la obstrucción en la salida o alguna válvula cerrada.
- **Válvula ventosa de doble cámara triple efecto:** Esta válvula de Ø1" bridada ANSI clase 150 ubicada en la parte superior del codo de descarga permite expulsar e ingresar grandes cantidades de aire al sistema mientras arranca o para el sistema de bombeo, igualmente mientras opera se encarga de expulsar pequeñas cantidades de aire que quedan al interior de la tubería de impulsión.
- **Unión universal tipo dresser:** La dresser para tubería de acero de Ø8" permite unir el codo de descarga del sistema con el tubo de acero que va hacia la válvula mariposa, este elemento es crucial para cuando se va a realizar mantenimiento al sistema de bombeo ya que con solo realizar su desmonte se puede acceder a la extracción de todo el sistema sin la necesidad de afectar el resto de accesorios y/o instrumentos.
- **Válvula Mariposa:** Este accesorio de Ø8" tipo Wafer, es decir su cuerpo no posee bridas, sino que puede quedar entrampado entre estas que van directamente a los tubos a fin de ahorrar espacio y costos, este elemento permite realizar restricciones de caudal para las pruebas de recepción del mismo a fin de simular la curva de operación de la bomba.
- **Cheque:** Este elemento impide el regreso o retorno de agua ya bombeada a la torre de aireación, es indispensable para el correcto funcionamiento y operación del sistema ya que evita que los impulsores de la bomba giren en sentido contrario, este cheque es de cuerpo

wafer de Ø8" el cual ahorra espacio en su instalación y su funcionamiento es tipo cortina el cual tanto por el agua que empezaría a regresarse como simplemente por gravedad realizaría el sellado del sistema.

- Cajas de paso: que el tablero de control y potencia esta siempre bastante retirado de la ubicación de los bombeos, se monta a un costado del sistema dos cajas de paso en acero inoxidable donde se instalan unas bornas que permiten realizar la conexión o desconexión de todo el cableado de potencia y control de instrumentos para evitar retirar toda la acometida que va enterrada bajo ductos al momento de realizar mantenimientos.
- Transformador de potencia: La instalación posee un transformador de poste de 13200/440V refrigerado por aceite libre de PCB de 45 kVA que alimenta todo el sistema de bombeo.
- Tablero de potencia servicios auxiliares y medida: es un transformador seco de 10 kVA de 440/220-127V el cual se encarga de alimentar todos los sistemas alternos, instrumentación e iluminación al interior de la instalación, igualmente diversos tomas para conectar equipos y herramientas de trabajo. En este mismo también se encuentra la medida el cual es responsabilidad de EPM energía para verificar los consumos y realizar el correspondiente cobro.
- Tablero de control y potencia: Es este se encuentra el variador de frecuencia de 50 HP Yaskawa el cual es el encargado de permitir establecer las rampas de arranque y parada del motor, igualmente su respectiva protección, y señales de control básicas análogas, este transmite toda la información hasta un PLC Sneider (Controlador lógico programable) que se encarga de recibir todas las señales de los instrumentos y mediante una programación lógica se encarga de transmitir hasta una pantalla IHM Sneider (Interface Hombre Maquina) que permite visualizar al operador de forma gráfica estas señales.
- Comunicación: Al interior de la instalación se encuentra una antena de radio enlace punto a punto Cambium Networks hasta la Planta Productora de Agua Potable la transmite toda la información llevada al PLC hasta el sistema SCADA utilizado para los seguimientos de los sistemas de bombeo de todo Urabá.

3.1.3.3 Nueva Esperanza

Pozo ubicado al interior de la Bocatoma del río Turbo 3 Km vía Necoclí, descarga el agua captada sobre una sistema de aireación provisional ubicado al interior de la bocatoma de allí esta se mezcla con la captada en el río Turbo (siempre y cuando estén operando las bombas de barcaza o galería), posteriormente se pasa por el desarenador, donde continua su transporte por gravedad hasta la planta Villa Maria a través de una conducción de tubería de fibra de vidrio de Ø24", dicha conducción realiza el siguiente recorrido:

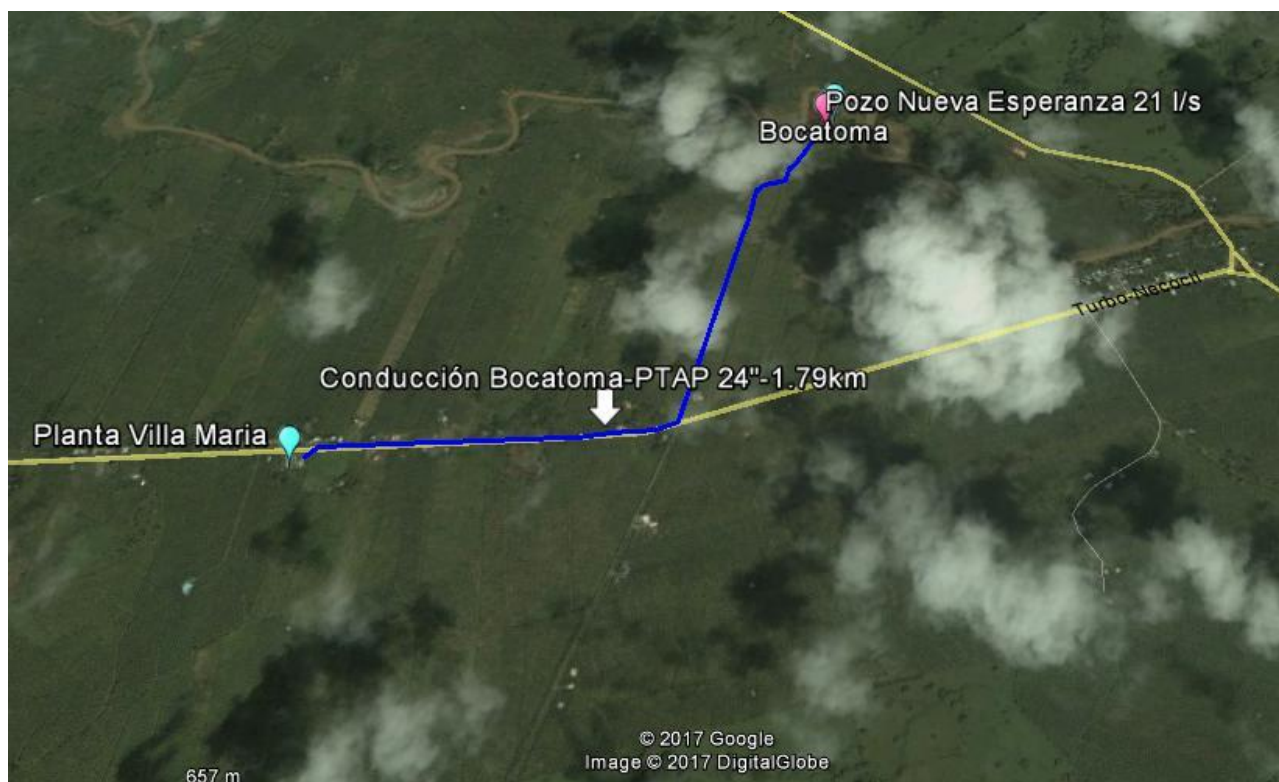


Ilustración 3.19 Ubicación Pozo nueva esperanza y conducción bocatoma planta Villa Maria

El pozo posee un caudal concesionado de hasta **21 l/s** por 16 horas al día y está a una profundidad de 86 metros, el agua bombeada se direcciona a una torre de aireación provisional al interior de la bocatoma para posteriormente ser pasada el desareanador y luego por gravedad se transporta hasta la PTAP. En la siguiente ilustración se muestra las instalaciones del pozo:



Ilustración 3.20 Sistema de bombeo Nueva Esperanza

Este sistema de captación alterno del municipio de Turbo fue el segundo pozo en ser optimizado, cuenta con los siguientes equipos y elementos:

- **Motobomba:** Motor Franklin Electric sumergible 2366173125 40hp/ 460V/ 61,6A/ 3470rpm/ 60Hz/ fp0,86/fs1,15; Bomba Goulds serial 4308410 modelo 7 CLC 4 etapas imp 5.06 pul con descarga en Ø6" con cheque en el extremo.
- **Impulsión:** Manguera de descarga de Ø5" y una longitud total de 86 metros de marca Oroflex, con acoples cónicos en acero inoxidable hacia el cheque de la bomba y el codo de descarga.

- **Conducción:** justo al momento de terminar la manguera de impulsión se encuentra un acople hasta las Ø8" lo cual se tiene un recorrido de 30 metros en acero al carbón SCH 40 y el restante hasta la torre de aireación en tubería Polietilenos PE de Ø200 mm y RDE 17.
- **Medición de caudal:** Posee un macromedidor electromagnético de Ø8" Endress & Hauser que permite medir no solo la tasa de flujo que capta el equipo sino también totalizar la cantidad de agua bombeada y parámetros físicos de la misma como conductividad, este posee señal de salida Modbus que transite la información hasta un PLC, por medio de los datos transferidos se puede asegurar el bombeo al presentarse muy bajo caudal, sea por problemas mecánicos de la bomba, daños en la impulsión o conducción o alguna válvula o cheque defectuoso.
- **Sonda de nivel hidrostática:** Es un instrumento sumergible que se ubica hasta la rejilla de succión de la bomba con un cable apto a prueba de agua, el rango de operación de este instrumento es de 0 a 200 m H₂O de marca Endress & Hauser, longitud del cable de 100 metros y señal de salida de 4 a 20 mA que transite la información hasta un PLC, este elemento permite establecer el comportamiento del nivel de agua del pozo cuando se arranca el bombeo para determinar posibles abatimientos de este y posteriormente al detener el bombeo identificar su recuperación, igualmente se establece un nivel mínimo de operación que permite a pagar el equipo en caso de que el nivel del pozo descienda por debajo del permitido para la óptima operación de la motobomba sumergible.
- **Transmisor de presión manométrico:** Se utiliza para determinar la presión manométrica al interior del sistema de conducción, posee una señal de salida de 4 a 20 mA de marca Endress & Hauser que se conecta a un PLC, su rango de operación es de -1 a 20 bares, este elemento nos permite validar no solo la presión generada por el equipo hasta su punto de descarga sino también establecer unas presiones de seguridad para el apagado del equipo en caso de presentarse muy bajas o altas presiones, la primera por problemas de caudal y la segunda debido a la obstrucción en la salida o alguna válvula cerrada.
- **Válvula ventosa de doble cámara triple efecto:** Esta válvula de Ø1" bridada ANSI clase 150 ubicada en la parte superior del codo de descarga permite expulsar e ingresar grandes cantidades de aire al sistema mientras arranca o para el sistema de bombeo, igualmente mientras opera se encarga de expulsar pequeñas cantidades de aire que quedan al interior de la tubería de impulsión.
- **Unión universal tipo dresser:** La dresser para tubería de acero de Ø8" permite unir el codo de descarga del sistema con el tubo de acero que va hacia la válvula mariposa, este elemento es crucial para cuando se va a realizar mantenimiento al sistema de bombeo ya que con solo realizar su desmonte se puede acceder a la extracción de todo el sistema sin la necesidad de afectar el resto de accesorios y/o instrumentos.
- **Válvula Mariposa:** Este accesorio de Ø8" tipo Wafer, es decir su cuerpo no posee bridas, sino que puede quedar atrapado entre estas que van directamente a los tubos a fin de ahorrar espacio y costos, este elemento permite realizar restricciones de caudal para las pruebas de recepción del mismo a fin de simular la curva de operación de la bomba.
- **Cheque:** Este elemento impide el regreso o retorno de agua ya bombeada a la torre de aireación, es indispensable para el correcto funcionamiento y operación del sistema ya que evita que los impulsores de la bomba giren en sentido contrario, este cheque es de cuerpo wafer de Ø8" el cual ahorra espacio en su instalación y su funcionamiento es tipo cortina el cual tanto por el agua que empezaría a regresarse como simplemente por gravedad realizaría el sellado del sistema.

- Cajas de paso: que el tablero de control y potencia esta siempre bastante retirado de la ubicación de los bombeos, se monta a un costado del sistema dos cajas de paso en acero inoxidable donde se instalar unas borneras que permiten realizar la conexión o desconexión de todo el cableado de potencia y control de instrumentos para evitar retirar toda la acometida que va enterrada bajo ductos al momento de realizar mantenimientos.
- Transformador de potencia: La instalación posee un transformador de poste de 13200/440V refrigerado por aceite libre de PCB de 45 kVA que alimenta todo el sistema de bombeo.
- Tablero de potencia servicios auxiliares: es un transformador seco de 10 kVA de 440/220-127V el cual se encarga de alimentar todos los sistemas alternos, instrumentación e iluminación al interior de la instalación, igualmente diversos tomas para conectar equipos y herramientas de trabajo.
- Tablero de control y potencia: Es este se encuentra el variador de frecuencia de 50 HP Yaskawa el cual es el encargado de permitir establecer las rampas de arranque y parada del motor, igualmente su respectiva protección, y señales de control básicas análogas, este transmite toda la información hasta un PLC Sneider (Controlador lógico programable) que se encarga de recibir todas las señales de los instrumentos y mediante una programación lógica se encarga de transmitir hasta una pantalla IHM Sneider (Interface Hombre Maquina) que permite visualizar al operador de forma gráfica estas señales.
- Comunicación: Al interior de la instalación se encuentra una antena de radio enlace punto a punto Cambium Networks hasta la Planta Productora de Agua Potable la transmite toda la información llevada al PLC hasta el sistema SCADA utilizado para los seguimientos de los sistemas de bombeo de todo Urabá.

3.1.3.4 Pozo maná

Pozo ubicado al interior de la finca Maná 4 Km vía Necoclí en la Vereda El Porvenir, su conducción es una tubería de 10" de PEAD que lo conecta con la Bocatoma, finalmente junto con el pozo Nueva Esperanza descargan el agua captada sobre un sistema de aireación provisional ubicado en la bocatoma de allí esta se mezcla con la captada en el río Turbo (siempre y cuando estén operando la bombas de barcaza o galería) donde continua su transporte por gravedad hasta la PPAP en tubería de fibra de vidrio de Ø24"; el recorrido se muestra a continuación:



Ilustración 3.21 Ubicación Pozo Maná, conducción Pozo Maná-Bocatoma y conducción bocatoma planta Villa Maria

Cuenta con caudal concesionado para **13 l/s** por 16 horas al día, el agua bombeada va directamente a las bandejas de aireación ubicadas en Bocatoma para realizar el mismo proceso que el bombeo de Nueva Esperanza.

Se realizaron prueba de bombeo durante los meses de abril y mayo del año 2016 para establecer la calidad del agua arrojando datos positivos, el sistema se encuentra en proceso de modernización con sistema de comunicación por radio enlace con el fin de transmitir toda la información hasta bocatoma para su posterior seguimiento y control, igualmente se realizó la construcción del cerramiento del pozo.



Ilustración 3.22 Instalaciones de bombeo pozo Maná, pruebas de bombeo, cercamiento de la instalación. (fotos de 28 de Abril y 29 de Julio de 2016 respectivamente)



Ilustración 3.23 Sistema de bombeo Pozo Mana



Ilustración 3.24 Cercamiento Pozo Maná

Este sistema de captación alterno del municipio de Turbo fue el último pozo en ser optimizado, cuenta con los siguientes equipos y elementos:

- **Motobomba:** Motor Franklin 2366173125 40hp/ 460V/ 61,6A/ 3470rpm/ 60Hz/ fp0,86/fs1,15, bomba Goulds 8RJLC - VIS - 3E - Ø130mm/ 79,8%/ NPSHr 5,93m con descarga en Ø6" con cheque en el extremo.
- **Impulsión:** Manguera de descarga de Ø6" y una longitud total de 107 metros marca Oroflex, con acoples cónicos en acero inoxidable hacia el cheque de la bomba y el codo de descarga.
- **Conducción:** justo al momento de terminar la manguera de impulsión se encuentra un acople hasta las Ø6" lo cual se tiene un recorrido de 8 metros en acero al carbón SCH 40 hasta que se acopla por medio de una unión dresser de Ø10" a la tubería de conducción de polietileno PE de Ø250 mm RDE 17 hasta la bocatoma donde está ubicada la torre de aireación.
- **Medición de caudal:** Posee un macromedidor electromagnético de Ø6" Endress & Hauser que permite medir no solo la tasa de flujo que capta el equipo sino también totalizar la cantidad de agua bombeada y parámetros físicos tales como conductividad, este posee señal de salida Modbus que transite la información hasta un PLC, por medio de los datos trasferidos se puede asegurar el bombeo al presentarse muy bajo caudal, sea por problemas mecánicos de la bomba, daños en la impulsión o conducción o alguna válvula o cheque defectuoso.

- **Sonda de nivel hidrostática:** Es un instrumento sumergible que se ubica hasta la rejilla de succión de la bomba con un cable apto a prueba de agua, el rango de operación de este instrumento es de 0 a 200 m H₂O de marca Endress & Hauser, longitud del cable de 120 metros y señal de salida de 4 a 20 mA que transite la información hasta un PLC, este elemento permite establecer el comportamiento del nivel de agua del pozo cuando se arranca el bombeo para determinar posibles abatimientos de este y posteriormente al detener el bombeo identificar su recuperación, igualmente se establece un nivel mínimo de operación que permite a pagar el equipo en caso de que el nivel del pozo descienda por debajo del permitido para la óptima operación de la motobomba sumergible.
- **Transmisor de presión manométrico:** Se utiliza para determinar la presión manométrica al interior del sistema de conducción, posee una señal de salida de 4 a 20 mA de marca Endress & Hauser que se conecta a un PLC, su rango de operación es de -1 a 20 bares, este elemento nos permite validar no solo la presión generada por el equipo hasta su punto de descarga sino también establecer unas presiones de seguridad para el apagado del equipo en caso de presentarse muy bajas o altas presiones, la primera por problemas de caudal y la segunda debido a la obstrucción en la salida o alguna válvula cerrada.
- **Válvula ventosa de doble cámara triple efecto:** Esta válvula de Ø1" bridada ANSI clase 150 ubicada en la parte superior del codo de descarga permite expulsar e ingresar grandes cantidades de aire al sistema mientras arranca o para el sistema de bombeo, igualmente mientras opera se encarga de expulsar pequeñas cantidades de aire que quedan al interior de la tubería de impulsión.
- **Unión universal tipo dresser:** La dresser para tubería de acero de Ø6" permite unir el codo de descarga del sistema con el tubo de acero que va hacia la válvula mariposa, este elemento es crucial para cuando se va a realizar mantenimiento al sistema de bombeo ya que con solo realizar su desmonte se puede acceder a la extracción de todo el sistema sin la necesidad de afectar el resto de accesorios y/o instrumentos.
- **Válvula Mariposa:** Este accesorio de Ø6" tipo Wafer, es decir su cuerpo no posee bridas, sino que puede quedar entrampado entre estas que van directamente a los tubos a fin de ahorrar espacio y costos, este elemento permite realizar restricciones de caudal para las pruebas de recepción del mismo a fin de simular la curva de operación de la bomba.
- **Cheque:** Este elemento impide el regreso o retorno de agua ya bombeada a la torre de aireación, es indispensable para el correcto funcionamiento y operación del sistema ya que evita que los impulsores de la bomba giren en sentido contrario, este cheque es de cuerpo wafer de Ø6" el cual ahorra espacio en su instalación y su funcionamiento es tipo cortina el cual tanto por el agua que empezaría a regresarse como simplemente por gravedad realizaría el sellado del sistema.
- **Cajas de paso:** que el tablero de control y potencia esta siempre bastante retirado de la ubicación de los bombeos, se monta a un costado del sistema dos cajas de paso en acero inoxidable donde se instalan unas borneras que permiten realizar la conexión o desconexión de todo el cableado de potencia y control de instrumentos para evitar retirar toda la acometida que va enterrada bajo ductos al momento de realizar mantenimientos.
- **Transformador de potencia:** La instalación posee un transformador de poste de 13200/440V refrigerado por aceite libre de PCB de 75 kVA que alimenta todo el sistema de bombeo.
- **Tablero de potencia servicios auxiliares y medida:** es un transformador seco de 12 kVA de 440/220-127V el cual se encarga de alimentar todos los sistemas alternos, instrumentación e

iluminación al interior de la instalación, igualmente diversas tomas para conectar equipos y herramientas de trabajo. En este mismo también se encuentra la medida el cual es responsabilidad de EPM energía para verificar los consumos y realizar el correspondiente cobro.

- **Tablero de control y potencia:** Es este se encuentra el variador de frecuencia de 60 HP Yaskawa el cual es el encargado de permitir establecer las rampas de arranque y parada del motor, igualmente su respectiva protección, y señales de control básicas análogas, este transmite toda la información hasta un PLC Sneider (Controlador lógico programable) que se encarga de recibir todas las señales de los instrumentos y mediante una programación lógica se encarga de transmitir hasta una pantalla IHM Sneider (Interface Hombre Maquina) que permite visualizar al operador de forma gráfica estas señales.
- **Comunicación:** Al interior de la instalación se encuentra una antena de radio enlace punto a punto Cambium Networks hasta la Planta Productora de Agua Potable la transmite toda la información llevada al PLC hasta el sistema SCADA utilizado para los seguimientos de los sistemas de bombeo de todo Urabá.

De los cuatro (4) pozos mencionados anteriormente solo tres (3) (Pozos Salazar, Nueva Esperanza y Maná) se encuentran totalmente optimizados y automatizados logrando su control y seguimiento desde la PPAP por el operador usando la plataforma SCADA, esta plataforma permite generar tablas con los registros de caudal, volumen, presiones, niveles, entre otros, todo el control y programación del PLC, el tablero permite establecer una serie de parámetros para asegurar el sistema en caso de que se presenten bajos caudal, bajos niveles de los pozos, cantidades de arranques del equipo, estas señales apagan de inmediato el equipo de bombeo para evitar daños en su motor o cualquier otro elemento del sistema.

3.2 Planta de Producción de Agua Potable

Se encuentra localizada en la vereda Villa María, Kilómetro 4, por la salida vía de Turbo a Necoclí. Ver Ilustración 3.25 Ubicación Planta de potabilización Villa Maria.

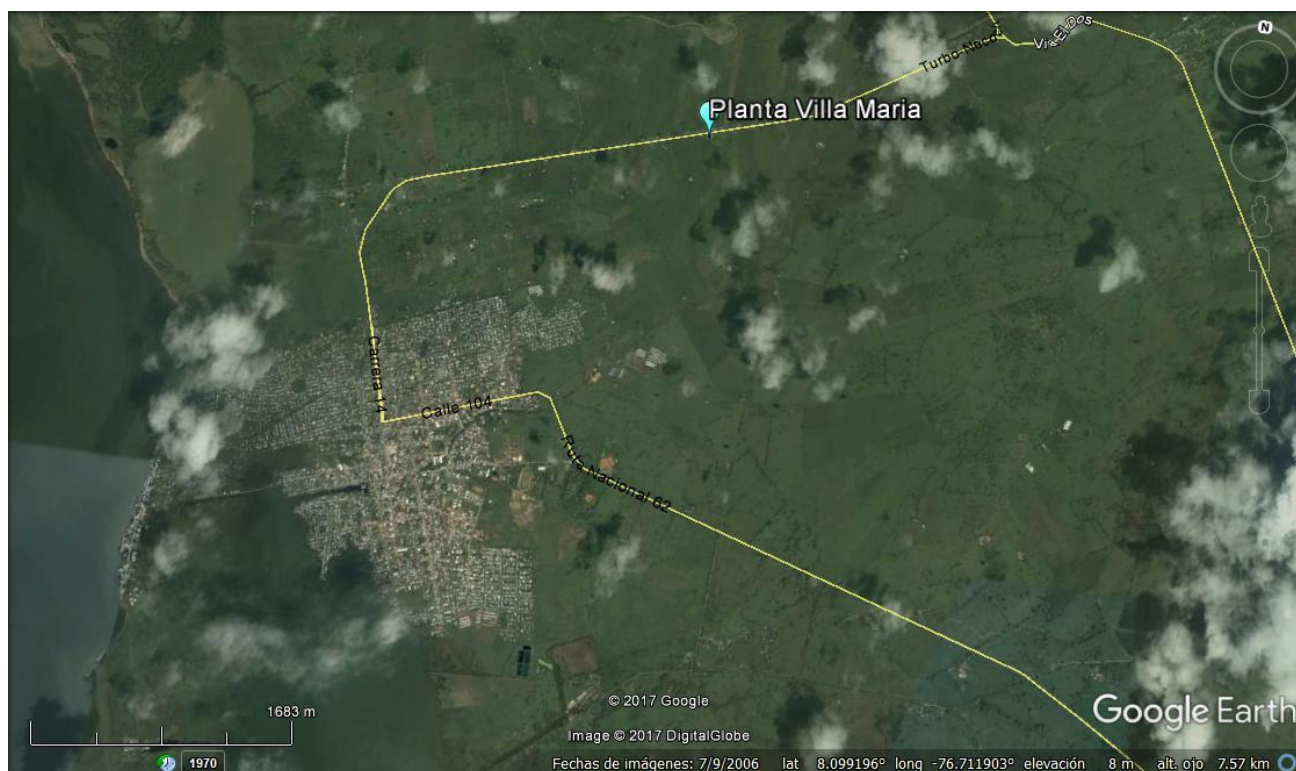


Ilustración 3.25 Ubicación Planta de potabilización Villa Maria

La planta de potabilización tuvo una primera optimización en el año 2009 con recursos del convenio suscrito entre la nación y el municipio de Turbo, esta optimización brindó una capacidad de potabilización a la planta es de 212 l/s, su funcionamiento es de tipo convencional, cuenta con 4 unidades de floculación, 4 sedimentadores, y 6 filtros de alta tasa.

Durante el año 2016 se realizó segunda optimización de la planta de potabilización del Municipio de Turbo donde se destacan las siguientes actividades: cambio de lechos filtrantes, falso fondo y válvulas filtros, floculadores y sedimentadores, optimización del sistema de cloración, dosificación de polímero, corrección de grietas y fugas abundantes, los cuales influyeron directamente en el consumo interno de agua y que finalmente impactó en la producción de agua del sistema, al igual que mejorar los parámetros de calidad del agua.



Ilustración 3.26 Planta de Producción de Agua Potable Villa Maria

La PPAP cuenta con dos tipos de tensiones de voltaje provistas por dos diferentes transformadores que toman las líneas desde la red EPM, para accionar todos los equipos y sistemas anteriormente descritos se usa un transformador de 13200V a 220V el cual es propiedad de EPM, es un sistema de piso por aceite el cual no está en sus mejores condiciones ya que presenta perdidas de eficiencia debido a su vida útil. A continuación se muestra dicho transformador:



Ilustración 3.27 Transformador de piso en aceite de 13200/220 trifásico que alimenta todo el proceso de potabilización en la PPAP

El agua de río Turbo la mayoría de veces presentan parámetros complejos para su desinfección y más aún cuando se requiere la operación de los pozos profundos, por lo que la planta se opera con

un tren de tratamiento en forma secuencial, se realiza los procesos de Pre-cloración, coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección con cloración y postcloración.

El proceso de tratamiento inicia en la cámara de entrada en la planta donde ingresa el agua captada en la bocatoma (sea barcaza o galería) y/o desde los pozos profundos que llegan a la cámara de entrada de Planta, esta cámara cuenta con su propia bomba para lavados.



Ilustración 3.28 Cámara de Entrada Planta

En la cámara de entrada se realiza una precloración aplicando directamente concentraciones de 2 a 2.5 ppm de cloro para remover o eliminar parte de la carga contaminante aportada por la fuente abastecedora cuando la totalidad del caudal tratado proviene del río Turbo, en eventos cuando se utiliza fuentes alternas (Pozos) la precloración se aplica en función de oxidar los metales como hierro y manganeso.

El agua preclorada transcurre a través de un canal hasta la canaleta Parshall.

3.2.1.1 Canaleta Parshall

Se utiliza para la mezcla rápida aprovechando la turbulencia generada en la canaleta, en la garganta se realiza la aplicación del coagulante, se utiliza hidroxiclورو de aluminio para el invierno y sulfato de aluminio para el verano y cuando hay bajas turbiedades.



Ilustración 3.29 Canaleta Parshall y punto de aplicación de coagulante

Luego de la aplicación de los coagulantes antes mencionados, el agua continua su flujo a través de un canal que se conecta con los floculadores, ver siguiente ilustración:



Ilustración 3.30 Canal entrada a Sedimentadores

3.2.1.2 Floculación

Consiste en tres flucoladores hidráulicos con manto de lodos y un floculador mecanico con moto reductor y aspas en acero inoxidable. Tiene una capacidad total de 165.2 m³ y un tiempo de retención aproximado de 12 minutos.



Ilustración 3.31 Floculadores

En este proceso se adiciona un ayudante de floculación que es Polimero Cationico que permita mejorar la formación del floc dándole más peso para su posterior decantación o precipitación en los sedimentadores. Dicho punto se muestra a continuación:



Ilustración 3.32 Punto de aplicación de ayudante para floculación

Los floculadores se conectan con los sedimentadores a través de un canal de agua floculada.



Ilustración 3.33 Canal de agua floculada

3.2.1.3 Sedimentadores

Se cuenta básicamente en un tanque de concreto de forma rectangular, con una pequeña pendiente para facilitar la evacuación de los lodos y provisto al final de unas placas paralelas en asbesto cementos inclinados en un ángulo de 60 ° lo que permite que el agua ascienda lentamente y el floc sedimente.

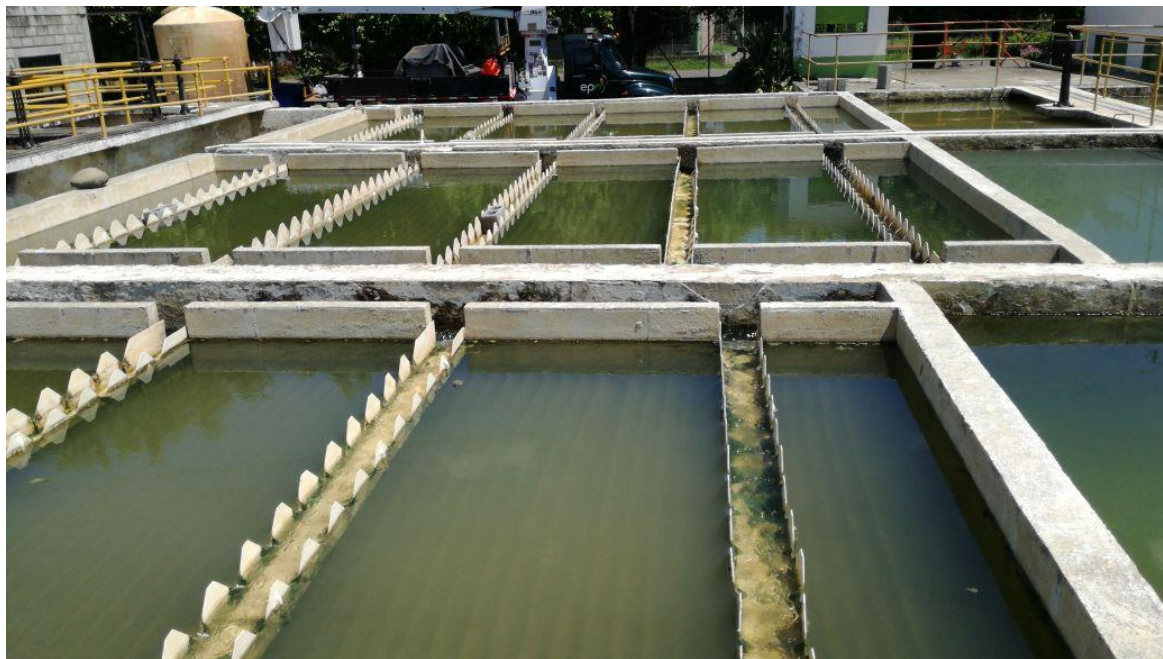


Ilustración 3.34 Sedimentadores

La estructura de sedimentación tiene una altura promedio de 2.4m y un volumen de agua total de 1145.6m³ esta estructura está compuesta por cuatro sedimentadores, cada uno con capacidad de 286.4m³.

3.2.1.4 Acondicionador de pH

Al operar el sistema con los pozos subterráneos durante la época de contingencia, ya sea por sequía o alta turbiedad por fuertes aguaceros, los parámetros de hierro y manganeso alteran la calidad del agua, presentando básicamente alteraciones en el parámetro de color, por lo que se implementó la dosificación de soda caustica como un insumo químico adicional al proceso de potabilización, con la soda se realiza la oxidación del hierro y manganeso en planta para que a la salida no se afecte el color.

La Soda Caustica al 50% se aplica en el agua clarificada por medio de una bomba dosificadora, a continuación se ilustra el punto de almacenamiento y dicha bomba:



Ilustración 3.35 Instalación inicial de sistema de dosificación de soda caustica para estabilizar el pH

La aplicación se realiza mediante una mezcla de agua y soda por tubería de PVC de ½" con dirección al canal que conecta los sedimentadores con los filtros, la descarga se realiza por medio de una flauta que recorre todo el canal de agua sedimentada, como se muestra a continuación:



Ilustración 3.36 Cana de agua sedimentada



Ilustración 3.37 Motobombas de dosificación de policloruro y Sulfato de Aluminio



Ilustración 3.38 Motorreductores de sistema de floculación

La foto de la imagen 3.40 corresponde a dosificador, el cual se localiza a la entrada de la zona de mezcla rápida con una potencia deetc.

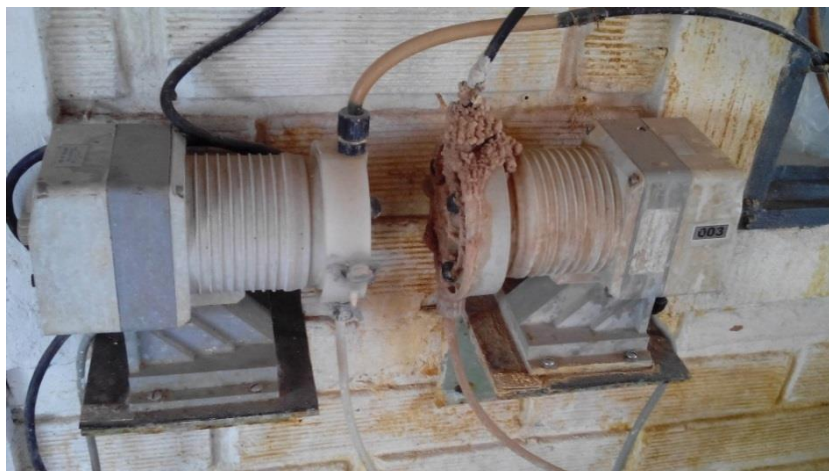


Ilustración 3.39 Motobombas de dosificación de policloruro y Sulfato de Aluminio.

3.2.1.5 Filtros

El sistema de filtración de la planta cuenta con 6 filtros rápidos de flujo descendente con lecho filtrante de piedra, arena, gravilla, antracita. Que permiten obtener a la salida turbiedades por debajo de 1.0 UNT. Estos filtros fueron diseñados para clarificar aguas con alto contenido de turbiedad y sobre todo de color. Los filtros tienen una altura promedio de 3.5m, un volumen de 22.76m³, para un volumen total de los 6 filtros de 136.56 m³.

Cada filtro está constituido por los siguientes elementos:

- Falso fondo
- Lecho de sostén
- Lecho filtrante (piedra, arena, grava, antracita).
- Borde libre (para permitir la expansión del lecho filtrante durante el retro lavado)

Cada filtro tiene dos válvulas ubicadas en el centro de la pasarela de acceso a los filtros para controlar la entrada del agua a través de la canaleta del agua sedimentada, y la otra para evacuar el agua al momento del retro lavado. Adicionalmente los filtros cuentan con una cámara de entrega de agua filtrada a la canaleta final de desinfección.



Ilustración 3.40 Filtros rápidos de flujo ascendente

3.2.1.6 Desinfección

Del falso fondo del filtro el agua pasa un canal de agua filtrada donde se aplica el cloro para la desinfección removiendo en esta unidad las bacterias o microorganismo contenidos en el agua.

La solución clorada se aplica mediante una flauta en tubo de PVC perforada que recorre todo el canal de agua filtrada.

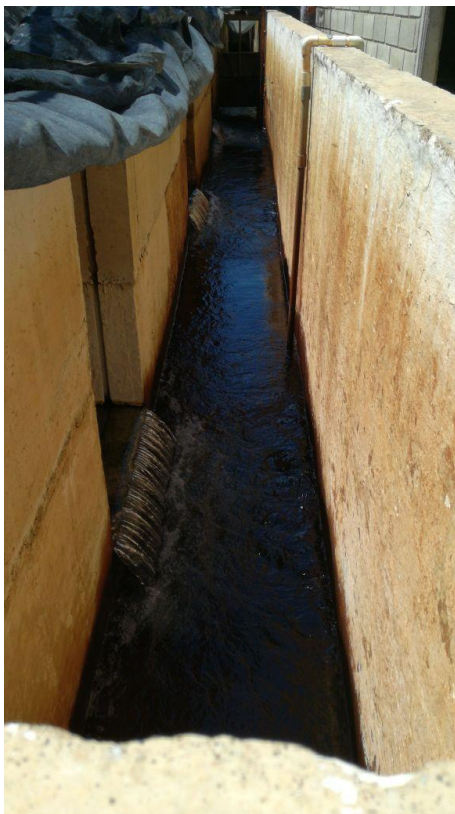


Ilustración 3.41 Canal de agua filtrada

3.2.1.7 Pos cloración

La pos-cloración se realiza en aquellos eventos en el que el agua almacenada en el tanque 3000m³ tenga un cloro residual con una concentración por debajo de 1,5 ppm, debido a que el sistema de conversión un remanente y en ocasiones esta cantidad de agua descende las concentraciones del cloro residual proveniente del sistema de tratamiento. La dosis aplicada esta sujeta a las concentraciones requeridas por el agua almacenada

3.2.1.8 Sistema de desinfección:

En la planta de tratamiento del Municipio de Turbo. La dosificación se realiza con cloradores de dosificación de cloro gaseoso en solución. Esta consiste en adicionar al agua cruda, filtrada y tratada una solución de agua con cloro gaseoso proveniente de un cilindro a presión una (1) tonelada y de 907 Kg.



Ilustración 3.42 Cilindros de presión sistema de cloración.

Las concentraciones aplicadas se determinan mediante una curva de demanda de cloro definidas dentro del manual con una frecuencia semestral.

Se usan equipos reguladores de vacío para extraer el cloro y mediante el uso de rotámetros (ver ilustración acontinuación) se regulan las concentraciones para la desinfección, estos equipos se conectan a un tubería de PVC el cual transita la solución clorada a la cámara de aquitamiento (pre cloración), canaleta de agua filtrada (Desinfección), al tanque de almacenamiento de 3000m³ (pos cloración).



Ilustración 3.43 Rotámetros remotos para el sistema de pre cloración, cloración y post cloración.

Unos de los sistemas más importantes, complejos y peligrosos al interior de cualquier PPAP son los equipos y métodos de desinfección del agua, la PPAP de Villa María utiliza actualmente el cloro gaseoso el cual llega a las instalaciones en cilindros de 1000 kg, se usan equipos reguladores de vacío para extraer el cloro y mediante el uso de rotámetros se regulan las concentraciones para la desinfección, ahora al tratar el agua de río el cual la mayoría de veces presentan parámetros complejos para su desinfección y más aún cuando se requiere la operación de los pozos profundos se necesitan no solo altas concentraciones de cloro sino también realizar las aplicaciones antes,

durante y posteriormente, la precloración se aplica directamente sobre la cámara de entrada con concentraciones de 100 a 150 l/h, la cloración después de clarificada el agua bajo concentraciones de 200 a 250 l/h y por último la postcloración la cual se realiza directamente sobre el tanque 3000 m³ con concentraciones similares a la precloración, esto con el fin de cumplir las exigencias normativas que aplican para Colombia referente al agua potable y el cloro residual en el sistema de redes. Para establecer las desinfecciones se requiere generar en el sistema un gran vacío entre 60 a 90 psi para las graduaciones de las concentraciones, por lo tanto, se tienen implementados unas motobombas de alta presión para lograrlo, estas captan el agua desde el tanque de 1000 m³ a un costado de la caseta y son bombeadas a cada uno de los tres puntos de inyección ya del hipoclorito, a continuación se presenta motobombas del sistema de cloración y tableros de potencia, así como accesorios hidráulicos del sistema de bombeo:



Ilustración 3.44 Motobombas sistema de cloración y tableros de potencia



Ilustración 3.45 Accesorios hidráulicos con eyectores, filtros, válvulas, manómetros entre otros accesorios actuales del sistema de cloración al interior de la PPAP Villa María.

El sistema no cuenta con sistema de detección de fuga de cloro ni torre para extracción y mitigación de cloro gaseoso, igualmente las balanzas para pesar los cilindros para identificar la cantidad de su contenido están dañadas debido a una inundación que afectó la zona dañándose las tarjetas electrónicas siendo irreparables.

Después de realizado el proceso de potabilización del agua al interior de la PPAP, el agua tratada se almacena en tres tanques semienterrados ubicados dentro de la misma planta, el primer tanque es de 3000 m³ dividido en dos compartimientos de 1500 m³ interconectados entre sí:



Ilustración 3.46 Tanque de 3000 m³ ubicado en la PPAP Villa Maria, abastece el tanque casanova

De este tanque se alimenta por medio de un bombeo directo al tanque bajo Casanova de 950m³, de este tanque se bombea al tanque elevado de 750m³, a continuación se muestra la configuración descrita:

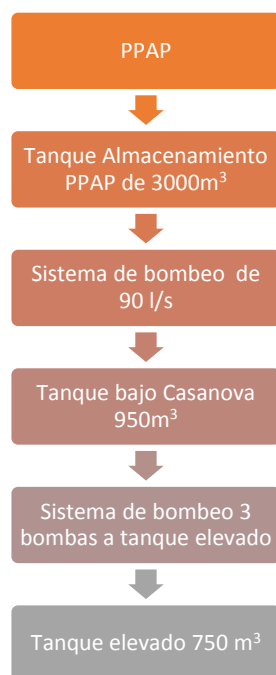


Ilustración 3.47 Conexión PPAP con tanque Elevado Casanova

El segundo y el tercer tanque cuentan con una capacidad de almacenamiento de 1500 m³ y 78m³, ambos alimentan el bombeo al tanque elevado La Lucila y el bombeo directo del sector el Tancón por medio de dos impulsiones independientes, a continuación se visualizan ambos tanques:



Ilustración 3.48 Tanques de 78 m³ y 1500m³ ubicados en la PPAP Villa Maria, abastecen tanque La Lucila y bombeo directo el Tancon

La planta se conecta con el tanque de 1500 m³, este tanque se conecta con el tanque de 78m³, De este tanque se alimenta por medio de un bombeo directo al tanque elevado La Lucila de 500m³ y por medio de otro bombeo se alimenta un sector del sistema de acueducto denominado el Tancon, a continuación se muestra la configuración descrita:

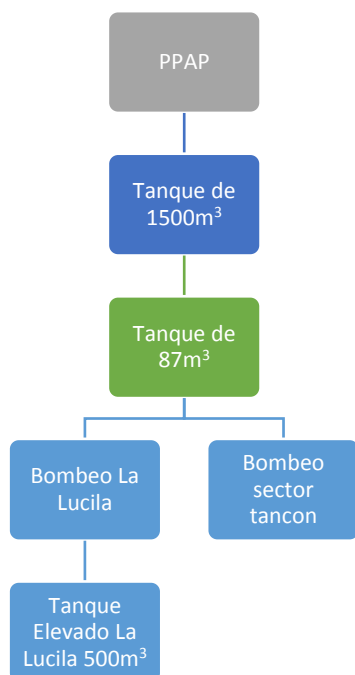


Ilustración 3.49 Configuración de Conexión PPAP con tanque Elevado La Lucila y bombeo director sector Tancon

3.3 Sistema de bombeo directo a la red (antes Tancón) y bombeo de la Lucila (solo a tanque elevado)

Este sistema consta de dos (2) equipos de bombeo que succionan del tanque de 78 m³ que se encuentra interconectado con el de 1500m³, cada equipo de bombeo está compuesto por dos (2) bombas centrífugas puras con impulsores cerrados de succión final y motor eléctrico no aptos para trabajar a la intemperie, de superficie con acople entre ambos mediante un elemento flexible para la absorción de vibraciones y ciertas desalineaciones. En la siguiente ilustración se muestra las instalaciones de dichas bombas:

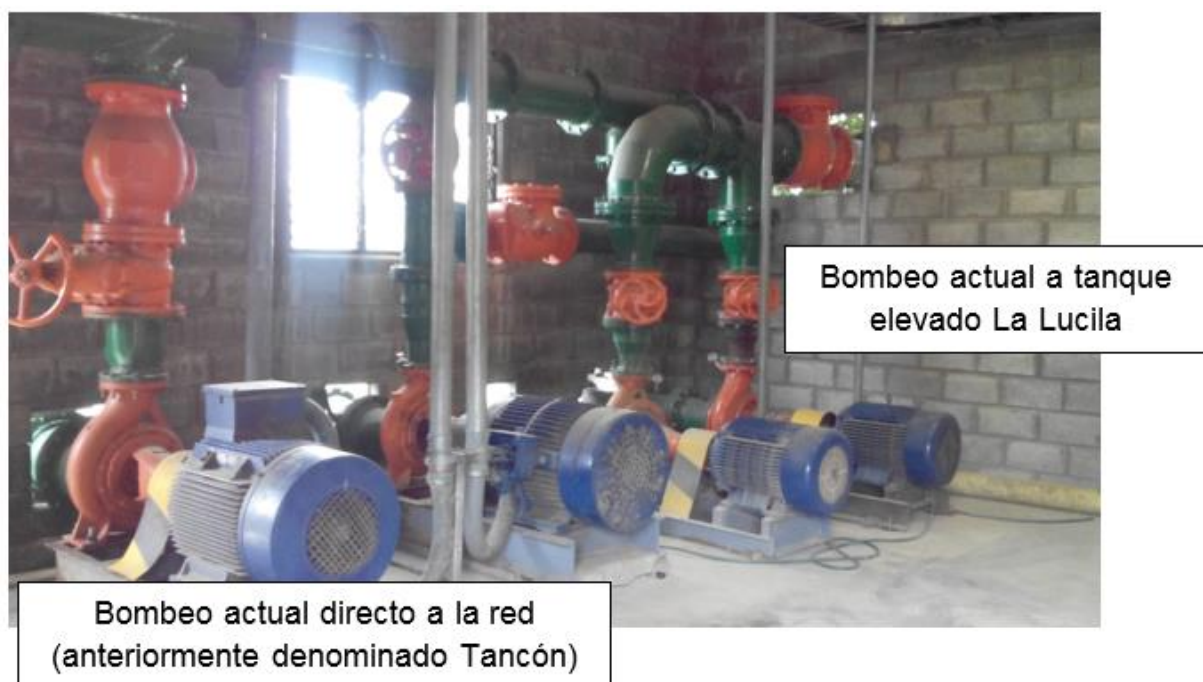


Ilustración 3.50 Instalaciones del sistemas de bombeo Tacón (bombeo directo a la red) y Lucila (Bombeo directo al tanque elevado La Lucila).

El sistema de bombeo del tancon opera con una bomba permanente y una de respaldo, realiza un bombeo de 10:00 a 13:00 y de 14: 00 a 21:00 horas, un caudal promedio de 100 l/s y una potencia de 120 hp y el sistema de bombeo la Lucila opera con una bomba permanente y una de respaldo, realiza un bombeo de 4:00 a 10:00 y de 13: 00 a 14:00 horas, un caudal promedio de 96 l/s y una potencia de 55 Hp.

En el sistema de bombeo al sector del Tancon se ha visto a la necesidad de bombear directamente a la red en periodos de entre 3 a 8 horas al día generando grandes ineficiencias al sistema debido a las grandes pérdidas en la conducción, factores energéticos y daños en las redes.

Debido a que el arranque de estos equipos es considerablemente grande se realiza por medio de un arrancador suave, que genera una rampa al motor para proteger los componentes mecánicos y evitar grandes pulsos de corriente que con seguridad pueden y dañaran líneas o acometidas de alimentación tanto del tablero al motor como externas.

Los sistemas de bombeo y sus respectivos tableros de potencia no poseen sistemas de control, es decir no reciben datos ni señales de caudal ni de niveles de los tanques de succión o de descarga, por lo tanto, el personal que opera la PPAP debe arrancar los equipos de manera manual en intervalos de tiempo tanto para impedir el derrame de agua en los tanques elevados (solo para el sistema de la Lucila).

El arranque para los motores de la Lucila se realiza por medio de un arranque estrella delta el cual es totalmente obsoleto debido a su dependencia solo de elementos eléctricos que igual provocan un paso bastante grande a través del motor que al final es bastante dañino para su bobina reduciendo su vida útil, a continuación se muestra los tableros de potencia de dicho arranque.



Ilustración 3.51 Tableros de potencia para los sistemas de bombeo Tacón (bombeo directo a la red) y Lucila (Bombeo directo al tanque elevado La Lucila)

Los sistemas de bombeo no cuentan con instrumentación para medición de temperaturas, vibraciones, caudal, presión entre otras. Cabe destacar que actualmente se iniciarán trabajos a la salida del tanque La Lucila de automatización donde se instalarán macro medidores, transmisores de presión y válvulas mariposa con accionamiento eléctrico remoto con el fin de que el operador de la PPAP pueda regular o cerrar por completo el suministro de agua a la población cual fuese la situación.

Los bombeos cuentan con impulsiones independientes, el bombeo la Lucila cuenta con una red de impulsión que va hasta el sector la sede nueva de la Universidad de Antioquia donde está ubicado

el tanque elevado La Lucila por medio de una tubería de 12" en hierro ductil, tiene una longitud aproximada de 2.4 km y cuenta con muy buen estado, se bombea un caudal promedio de 96 l/s con un tiempo de bombeo de 8 horas y tiene una capacidad máxima de un caudal 160 l/s, en la siguiente ilustración se muestra el recorrido de la impulsión desde la planta hasta el tanque Elevado Lucila:

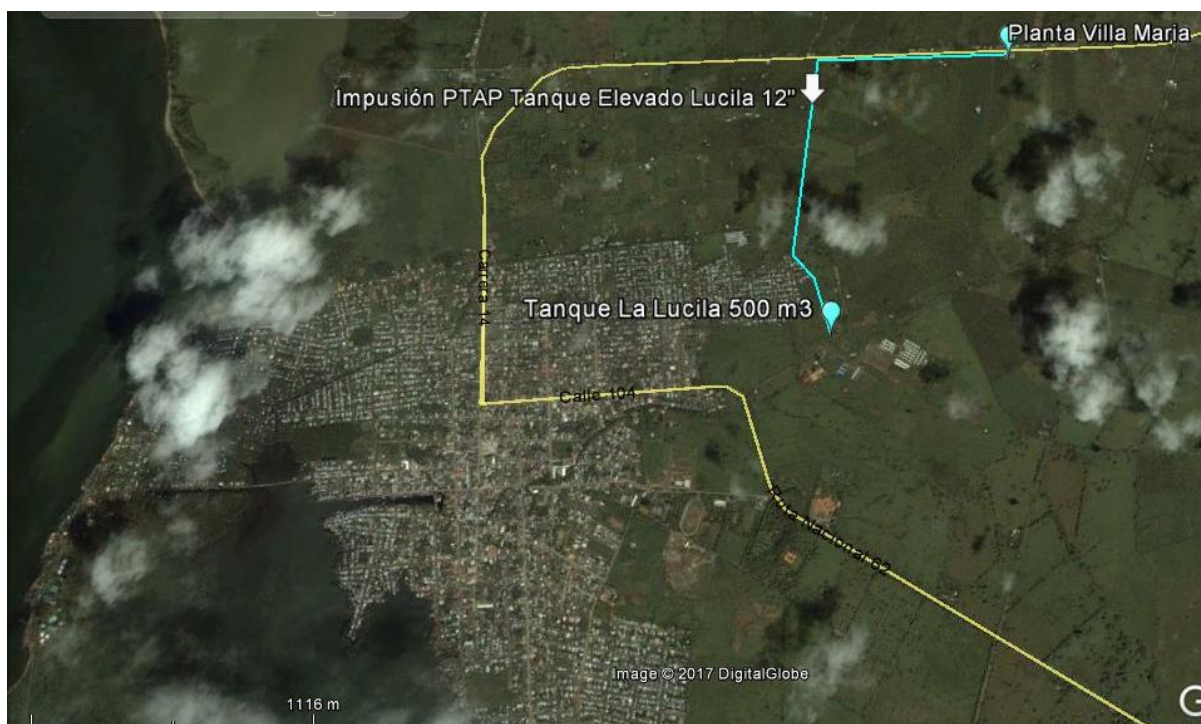


Ilustración 3.52 Impulsión PPAP a tanque elevado Lucila

El bombeo a sector del tancon cuenta con un red de impulsión que va hasta el sector centro donde está anteriormente funcionaba el tanque el tancon por medio de una tubería de 14" en asbesto cemento clase 25, tiene una longitud aproximada de 3.32km; por la impulsión se bombea un caudal promedio de 100 l/s con un tiempo de bombeo de 11 horas y tiene una capacidad máxima de un caudal 160 l/s, la impulsión se encuentra en mal estado con gran cantidad de conexiones no autorizadas así como tiene algunos tramos que pasan por predios privados, en la siguiente ilustración se muestra el recorrido de la impulsión desde la planta hasta el sector Centro:

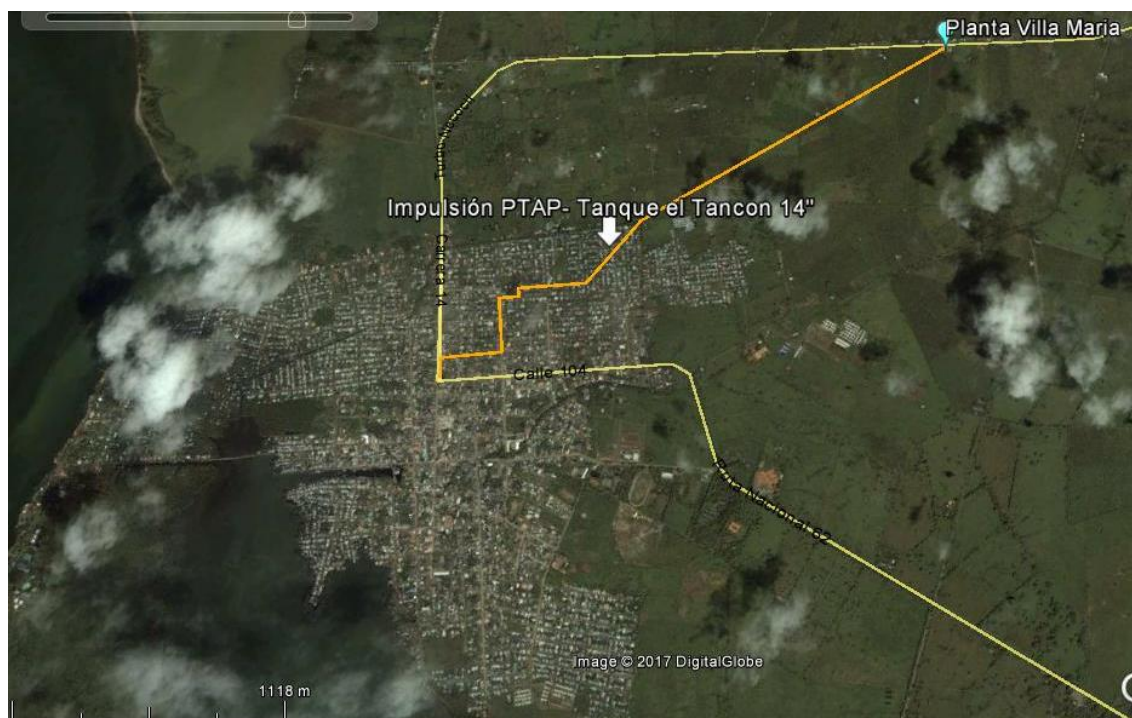


Ilustración 3.53 Impulsión de PPAP a bombeo a sector Tancon

3.1 Sistema de bombeo Casanova

El sistema de bombeo denominado Casanova consta de 3 grupos de bombeo sumergibles a una profundidad de 8 metros ubicados en la PPAP Villa María succionando de un tanque de succión de 3000 m³, que se puede independizar en dos al cerrar válvulas que los comunican. A continuación, se muestra las instalaciones del sistema de bombeo al interior de la planta:

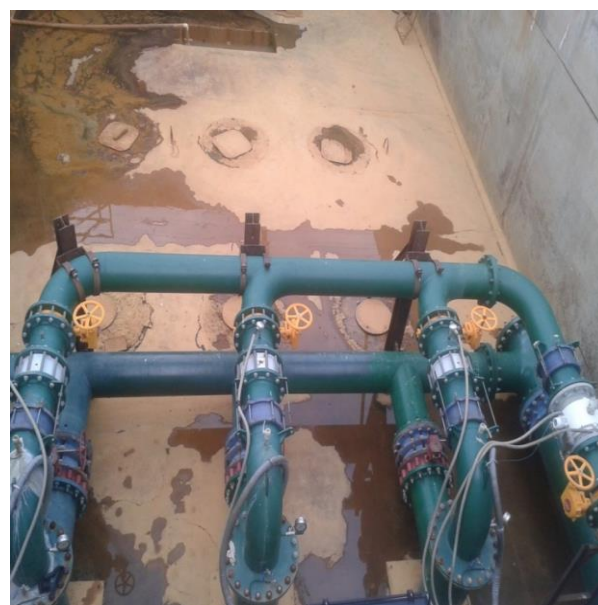


Ilustración 3.54 Sistema de bombeo a tanque bajo Casanova en PPAP

La red de impulsión va hasta el sector de la alcaldía donde está ubicado el tanque casanova por medio de una tubería de 16" en GRP que tiene una longitud aproximada de 4000m, por impulsión tiene se bombea un caudal promedio de 95 l/s con un tiempo de bombeo de 24 horas y tiene una

capacidad máxima de un caudal 155 l/s, en la siguiente ilustración se muestra el recorrido de la impulsión desde la planta hasta el tanque Casanova:



Ilustración 3.55 Impulsión PPAP a tanque Casanova

El agua bombeada llega hasta un tanque bajo de 950 m³ y luego se bombea al tanque Elevado, Allí mismo en la instalación del tanque se encuentran instalados 3 grupos más de bombas de pozo ubicadas a una profundidad igual de 8 metros los cuales succionan agua del tanque bajo de 950 m³ y la impulsan hasta el tanque elevado de 750 m³, En las siguientes ilustraciones se presenta el sistema de bombeo dentro del tanque casanova:



Ilustración 3.56 Tableros de control y potencia del sistema de bombeo a tanque bajo Casanova en PPAP



Ilustración 3.57 Tablero seccionador y transformador seco del sistema de bombeo a tanque bajo Casanova en PPAP.



Ilustración 3.58 Bombes de pozo del sistema de distribución tanque Casanova.



Ilustración 3.59 Tanque completo (bajo y elevado) Casanova.

Esta metodología se utiliza con el fin de permitir una reserva de agua en la instalación y no depender directamente del tanque ubicado en la PPAP, cabe resaltar que todos los equipos tienen la misma capacidad de 90 l/s en la teoría cuando fueron instalados nuevos.

Este sistema está completamente automatizado, AGUAS REGIONALES EPM S.A. E.S.P utiliza la plataforma SCADA el cual usa la casa matriz y otras filiales de EPM, este software permite gestionar todos los datos y señales que transmiten los instrumentos instalados en los bombes tales como el medidor de caudal electromagnético, transmisores de presión, de temperatura del agua (Termostato), del motor (PT 100), sensores de nivel hidrostáticos en todos los tanques y switches de nivel, analizadores de redes para medición de voltaje, corriente, factores de potencia, frecuencia entre otros, mediante este sistema se puede realizar una gran cantidad de gráficas para identificar el comportamiento del sistema y tomar las medidas necesarias para regular el servicio, problemas eléctricos en las estaciones, bajo caudal de los equipos por problemas en la descarga o cierre de válvulas de forma involuntaria, apagado de equipos según una filosofía de control a partir de los niveles de los tanques, entre muchas más. Ver las siguientes ilustraciones:

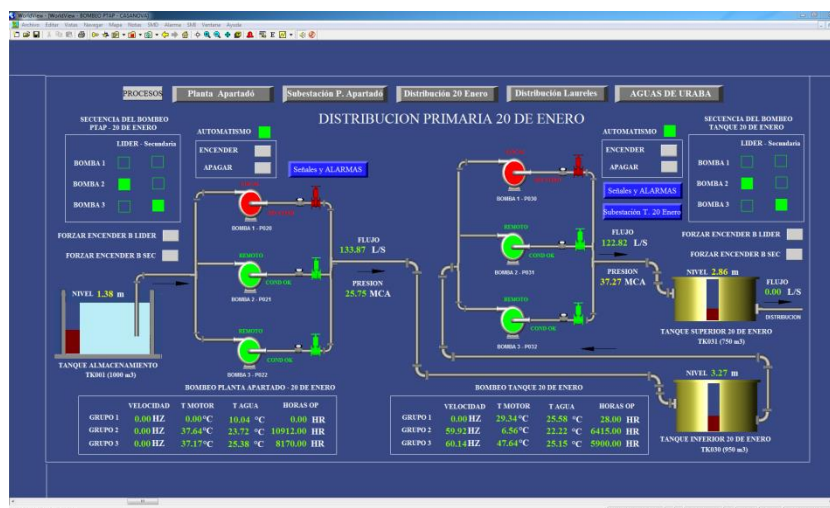


Ilustración 3.60 Sistema SCADA para sistemas de bombeo de PPAP a tanques elevados

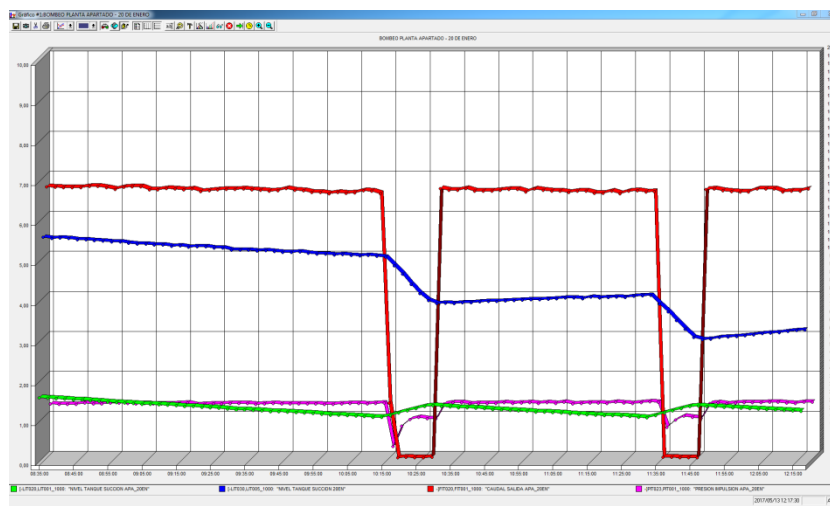


Ilustración 3.61 Graficas de comportamiento de caudales, niveles, presiones en función del tiempo

Esta metodología también se ha estado aplicando a los pozos de Nueva Esperanza, Maná y Salazar, donde se pueden hacer control y hacer seguimiento desde el laboratorio de la PPAP sin necesidad que el operador deje su puesto de trabajo. Ver las siguientes ilustraciones donde se muestra algunos parámetros de los pozos:

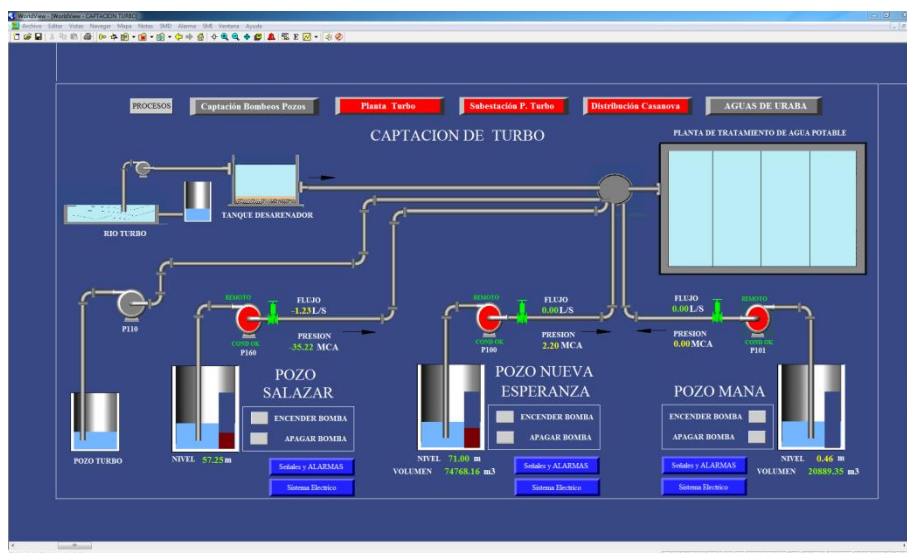


Ilustración 3.62 Sistema SCADA para seguimiento y control de pozos profundos de Turbo.

Para dar más claridad sobre la gran cantidad de elementos en la Tabla 3.3 se observa todos los equipos electromecánicos vinculados al proceso de captación, potabilización y distribución del municipio de Turbo identificando sus características y capacidades nominales, igualmente en la Tabla 3.5 se indica los equipos eléctricos de control y potencia para los mismo.

Tabla 3.3 Características y especificaciones de los sistemas electromecánicos actuales para los procesos de captación, potabilización y distribución del municipio de Turbo.

PROCESO	EQUIPO X CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	POTENCIA X (CAUDAL @ CABEZA)	UBICACIÓN
Captación principal	Bombeo Barcaza x 3 equipos	Equipos centrífugos de superficie con impulsores inatascable sobre el río Turbo los cuales descargan sobre el desarenador y posterior transporte por gravedad hasta PPAP	50 hp / 60 l/s @ 20 m	Bocatoma
	Galería x 1 equipo	Equipo sumergible con impulsor inatascable sobre el río Turbo, descarga sobre el desarenador y posterior transporte por gravedad hasta PPAP	75 hp / 90 l/s @ 20 m	Bocatoma
Captación alterna	Pozo Villa María x 1 equipo	Equipo sumergible de pozo ubicado a 90 metros de profundidad, descarga sobre torre aireación en PPAP y salida a gravedad hasta cámara de entrada	40 hp / 16 l/s @ 100 m	PPAP
	Pozo Salazar x 1 equipo	Equipo sumergible de pozo ubicado a 70 metros de profundidad, descarga sobre torre de aireación en la misma instalación y por gravedad llega hasta la cámara de entrada en la PPAP	40 hp / 26 l/s @ 85 m	Salazar
	Pozo Nueva Esperanza x 1 equipo	Equipo sumergible de pozo ubicado a 86 metros de profundidad, descarga en la torre de aireación ubicada en la bocatoma para luego llegar por gravedad a la PPAP	40 hp / 21 l/s @ 95 m	Bocatoma
	Pozo Maná x 1 equipo	Equipo sumergible de pozo ubicado a 107 metros de profundidad, descarga en la torre de aireación ubicada en la bocatoma para luego llegar por gravedad a la PPAP	50 hp / 13 l/s @ 120 m	Maná

PROCESO	EQUIPO X CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	POTENCIA X (CAUDAL @ CABEZA)	UBICACIÓN
Potabilización	Cloración x 2 equipos	Motobombas centrifugas de alta presión tipo superficie para generar presión de vacío del sistema de cloración, estos succionan desde el tanque 1000 m3 de Tancón y Lucila descargando la concentración de hipoclorito antes, durante y después del proceso.	2 hp / 1.5 l/s @ 80 m	PPAP
	Tanque 3000 m3 x 1 equipo	Motobombas centrifuga de superficie monofásica para trasiego de agua desde tanques 3000 m3 hasta tanque de 55 galones para Soda caustica	1 hp 0.2 l/s @ 30 m	PPAP
	Trasiego Policloruro x 1 equipo	Motobomba especial plástica centrifuga resistente a productos abrasivos para trasiego policloruro de tanque de 100 m3 exterior hasta laboratorio	2 hp 0.5 l/s @ 15 m	PPAP
	Dosificación Policloruro x 2 equipos	Motobombas resistente a productos abrasivos tipo diafragma para dosificación de policloruro directamente hacia la canaleta Parshall	0.33 hp 0.01 l/s @ 50 m (poseen sistema de regulación)	PPAP
	Dosificación de soda caustica x 1 equipo	Motobombas resistente a productos abrasivos tipo diafragma para dosificación de soda caustica directamente hacia la canaleta Parshall (solo opera cuando entran en funcionamiento los pozos con agua subterránea)	0.33 hp 0.01 l/s @ 50 m (poseen sistema de regulación)	PPAP
	Sistema de agitación de coagulante x 1 equipo	Sistema el cual cuenta con un Motorreductor, tanques de 500 y 250 litros, bomba de dosificación, se encarga de la mezcla de coagulante para ser vertido a la canaleta Parshall, opera cuando existen turbiedades considerables	Motorreductor de 0.5 hp velocidad salida de 90 rpm; Dosificadora 0.33 hp 0.01 l/s @ 50 m (poseen sistema de regulación)	PPAP
	Muestras cámara entrada x 1 equipo	Motobomba ubicada sobre cámara de entrada para bombeo de agua hacia el laboratorio para toma de muestras	3 hp 1.5 l/s @ 15 m	PPAP
	Achique lavado de PPAP x 1 equipo	Motobomba utilizada para lavado de PPAP y achique de tanques entre otros	5 hp 5 l/s @ 12 m	PPAP
Distribución	Directo red (antes Tancón) x 2 equipos	Motobombas centrifugas de superficie que succionan de tanque 1000 m3 e inyectan el agua directamente a la red (este método viene desde la salida de operación del tanque elevado el Tancón)	125 hp 60 l/s @ 60 m	PPAP
	La Lucila x 2 equipos	Motobombas centrifugas de superficie que succionan de tanque de 1000 m3 y descargan directamente sobre el tanque elevado La Lucila	75 hp 36 l/s @ 60 m	PPAP

PROCESO	EQUIPO X CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	POTENCIA X (CAUDAL @ CABEZA)	UBICACIÓN
	Casanova PPAP x 3 equipos	Motobombas sumergibles de pozo a 8 metros de profundidad de impulsor mixto las cuales succionan del tanque correspondiente de 1500 m3 y descargan en tanque bajo de 950 m3	60 hp 90 l/s @ 30 m	PPAP
	Casanova tanque x 3 equipos	Motobombas sumergibles de pozo a 8 metros de profundidad de impulsor mixto las cuales succionan del tanque correspondiente de 950 m3 y descargan en tanque elevado de 350 m3	75 hp 90 l/s @ 37 m	Casanova

Cabe resaltar con existen otros bombeos o equipos electromecánicos que no están referenciados en la Tabla 3.4 y los cuales corresponden a las instalaciones en las Estaciones de Bombeo de Aguas Residuales EBAR de Jesús Mora y Ciudadela.

Las potencias, caudales y cabezas de elevación de los equipos detallados en la Tabla 3.4 corresponden a placas y/o punto de operación, las eficiencias actuales son más bajas y no reflejan la realidad actual.

Tabla 3.4 Características y especificaciones de los sistemas eléctricos de control y potencia actuales para los procesos de captación, potabilización y distribución del municipio de turbo.

PROCESO	TABLEROS X CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	UBICACIÓN/ ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA
Captación principal	Barcaza x 1 Tablero	Tablero de potencia con sistema de arranque estrella delta, el sistema de bombeo no está automatizado y no se posee ningún control sobre el mismo	Bocatoma/ Transformador 13200/220 V en aceite de 150 kVA (Propiedad Aguas)
	Galería x 1 Tablero	Este equipo cuenta con un tablero al cual se le instaló un variador de frecuencia para su arranque y protección, este sistema no se encuentra automatizado	Bocatoma/ Transformador 13200/460V en aceite de 45 kVA (Propiedad Aguas)
Captación alterna	Pozo Villa María x 1 Tablero (Grupo #2 Casanova)	Actualmente se utiliza en tablero de potencia de una las motobombas del grupo #2 de Casanova al no poseer un tablero equipo, es el único pozo que no está automatizado	PPAP/ Transformador 13200/460 V seco al interior de la caseta de bombeo de 300 kVA (Propiedad Aguas)
	Pozo Salazar x 2 Tableros	Fue el primer pozo en automatizarse, cuenta con un tablero de potencia con variador de frecuencia y otro de control de datos y transmisión de información hasta la PPAP donde se da marcha y parada mediante SCADA	Salazar/ Transformador 13200/460V en aceite de 45 kVA (Propiedad Aguas)
	Pozo Nueva Esperanza x 2 Tableros	Fue el segundo pozo en automatizarse, cuenta con un tablero de potencia con variador de frecuencia y otro de control de datos y transmisión de información hasta la PPAP donde se da marcha y parada mediante SCADA	Bocatoma/ Transformador 13200/460V en aceite de 45 kVA (Propiedad Aguas)
	Pozo Maná x 2 Tableros	Fue el tercer pozo en automatizarse, cuenta con un tablero de potencia con variador de frecuencia	Maná Transformador 13200/460V en aceite

PROCESO	TABLEROS X CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	UBICACIÓN/ ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA
		y otro de control de datos y transmisión de información hasta la PPAP donde se da marcha y parada mediante SCADA	de 75 kVA (Propiedad Aguas)
Potabilización	Cloración x 1 Tablero	Ambas motobombas poseen 1 solo tablero para arranque directo por medio de pulsadores	PPAP Transformador 13200/220 V en aceite de 225 kVA (Propiedad EPM energía)
	Tanque 3000 m3 x 1 arrancador	Posee un arrancador sencillo con guarda motor sencillo al interior del laboratorio, sus protecciones están en la caseta de bombeo	
	Trasiego Policloruro	Estos equipos comparten el mismo tablero de arranque sencillo con sus protecciones básicas, este tablero esta al interior del laboratorio	
	Dosificación Policloruro		
	Dosificación de soda caustica		
	Sistema de agitación de coagulante		
	Muestras cámara entrada x 1 arrancador	Posee un arrancador sencillo con guarda motor sencillo al interior del laboratorio, sus protecciones están en la caseta de bombeo (
Achique lavado de PPAP	Este equipo no posee un tablero como tal ya que se conecta a una red disponible cuando se va a realizar algún lavado de tanque o de toda la PPAP		
Distribución	Directo red (antes Tancón) x 1 Tablero	Estos equipos poseen un tablero con dos arrancadores suaves incorporados que realizan la rampa de arranque ya que son equipos extremadamente grandes, igualmente poseen sus protecciones básicas, estos equipos no poseen ningún sistema de automatización y aseguramiento o apagado por niveles	
	La Lucila x 2 tableros	Estos equipos cuentan con un tablero con arranque con estrella delta y protecciones básicas, no poseen ningún sistema de automatización y aseguramiento o apagado por niveles	
	Casanova PPAP x 7 Tableros	Al interior de la caseta de tableros de control y potencia para el bombeo de Casanova en la PPAP están los equipos para el automatizado de este sistema, está compuesto por un tablero de medida, uno para los seccionadores, uno donde está ubicado en transformador seco de 300 kVA, 3 tableros con los variadores de frecuencia y el ultimo donde está el PLC y todo el sistema de comunicación, el cual conecta al SCADA	PPAP/ Transformador 13200/460 V seco al interior de la caseta de bombeo de 300 kVA (Propiedad Aguas)
	Casanova tanque x 3 equipos	Al interior de la caseta de tableros de control y potencia para el bombeo de Casanova en el propio tanque están los mismos equipos instalados de la PPAP los cuales constan de un tablero de medida, uno para los seccionadores, uno donde está ubicado en transformador seco de 300 kVA, 3	Casanova/ Transformador 13200/460 V seco al interior de la caseta de bombeo de 300 kVA (Propiedad Aguas)

PROCESO	TABLEROS X CANTIDAD	CARACTERÍSTICAS	UBICACIÓN/ ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA
		tableros con los variadores de frecuencia y el ultimo donde está el PLC y todo el sistema de comunicación, el cual conecta al SCADA teniendo unos bombeo totalmente automatizados	

3.2 Sistema de distribución

La distribución del municipio se realiza con tres sectores que configurados de la siguiente manera:

3.2.1 Sector 1 La Lucila

El sector 1 es atendido por el Tanque La Lucila, ubicado en el barrio La Lucila con una capacidad de almacenamiento de 500 m³, cuyo radio de acción es el siguiente:

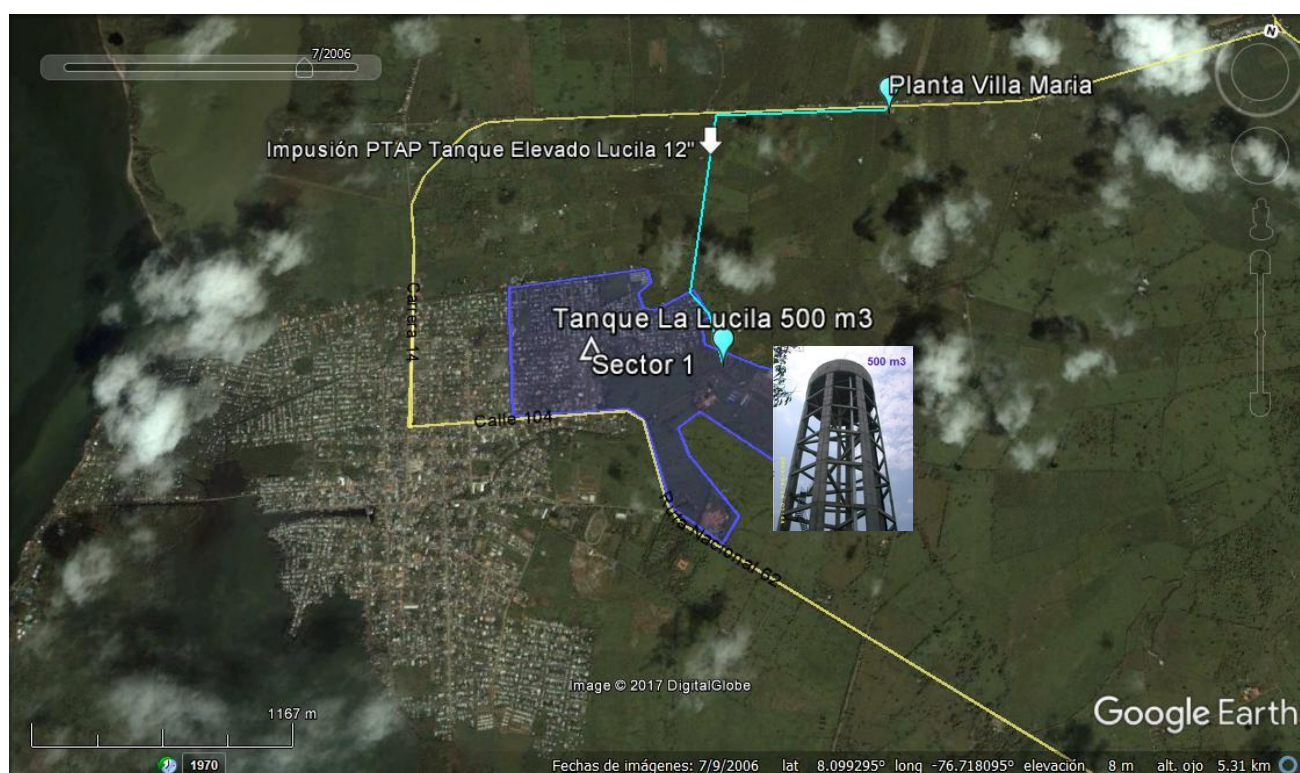


Ilustración 3.63 Radio de acción tanque elevado la Lucila

3.2.2 Sector 2 Bombeo directo

Anteriormente funcionaba el Tanque Tancón o tanque centro, ubicado en el barrio el centro con una capacidad de almacenamiento de 750 m³ pero fue sacado de operación en el año 2014 por problemas de tipo estructural y actualmente el sector que se surtía del tanque se alimenta con bombeo directo desde la planta de tratamiento Villa María a través de la impulsión en PVC RDE 21 de 350mm que conectaba la planta con el tanque El Tancón. El radio de acción del bombeo directo es el siguiente:

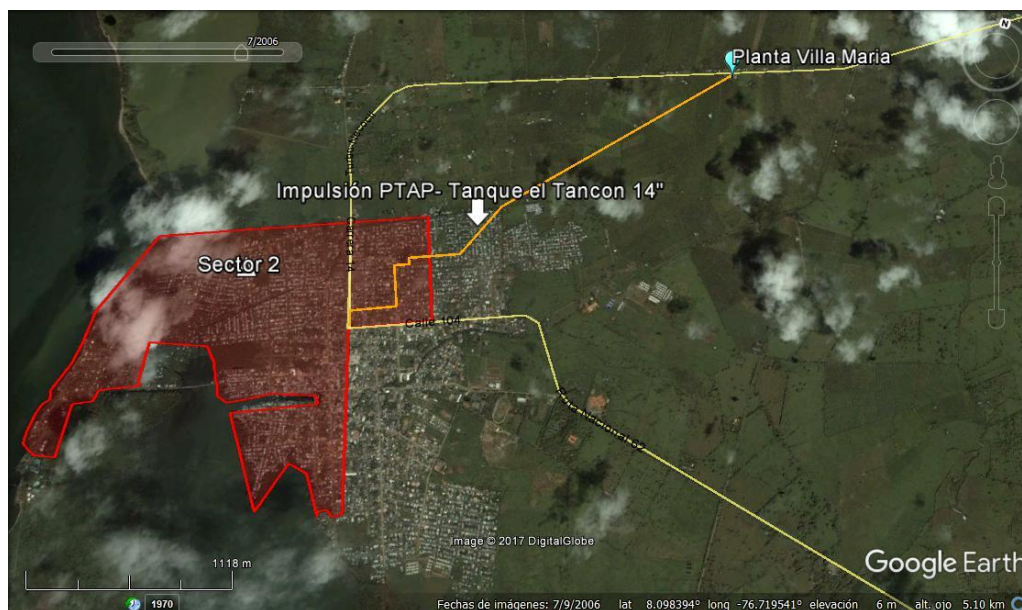


Ilustración 3.64 Radio de acción de bombeo directo desde PPAP

3.2.3 Sector 3 tanque Casanova

El sector 3 es atendido por el Casanova, ubicado en el barrio Casanova con una capacidad de almacenamiento de 1650 m^3 . cuyo radio de acción es el siguiente:



Ilustración 3.65 Radio de acción tanque Casanova

A continuación, se muestra la configuración completa del municipio con los tres sectores mencionados anteriormente:

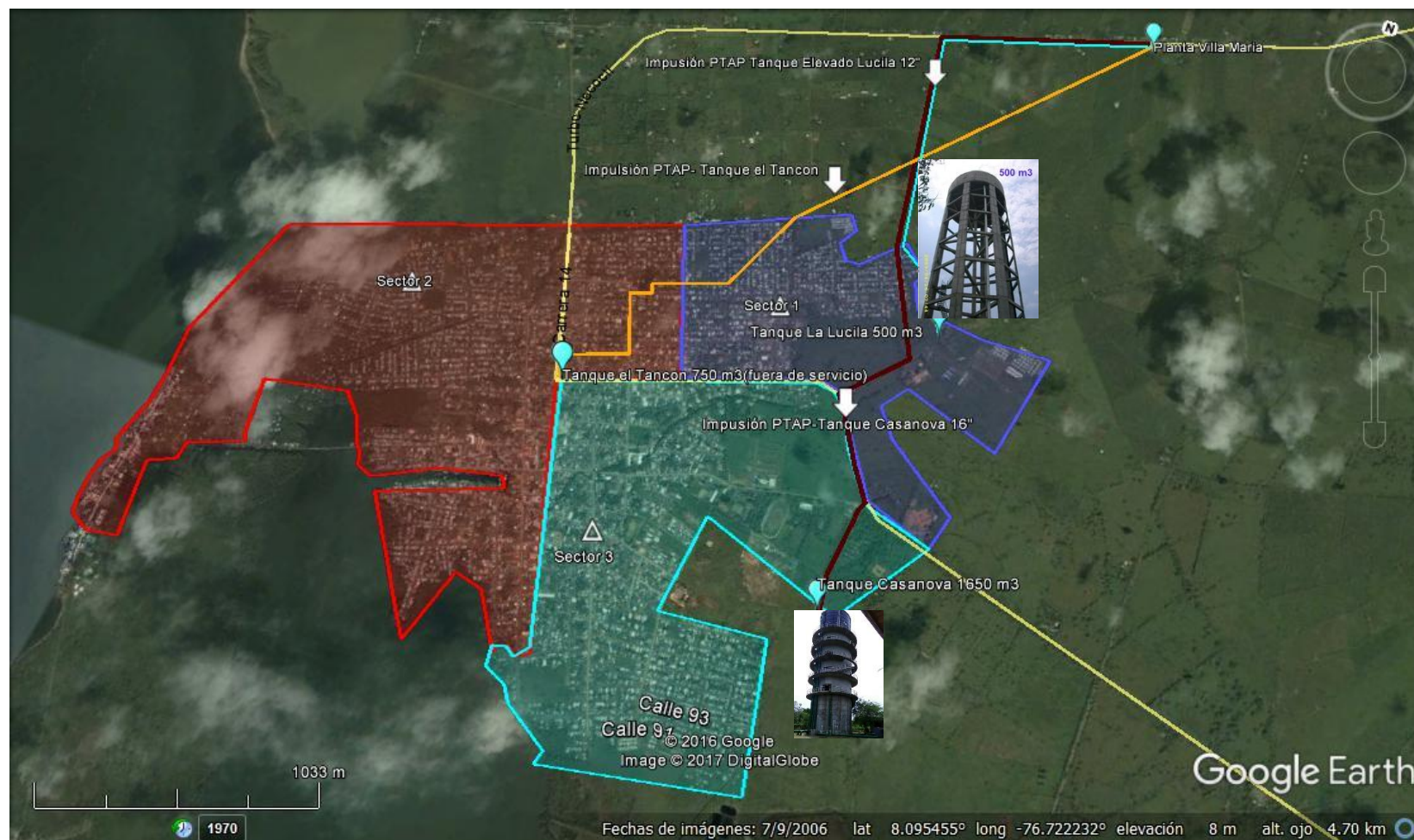


Ilustración 3.66 Tanques de almacenamiento del sistema de acueducto

3.2.4 Sectorización

En el año 2013 se ejecutaron e implementaron acciones en el sistema para mejorar las condiciones del servicio en todo el Municipio. Esta estrategia se soportó en la sectorización de la red, la instalación de válvulas, hidrantes, purgas, corrección de fugas, recorridos para detención de fugas mediante geofonías, detención de fraudes, pruebas de estanqueidad, apiques, entre otras.

A continuación, se ilustran los tres sectores y los 15 subsectores en los que se encuentra dividido temporalmente el municipio de Turbo para la prestación del servicio de acueducto.

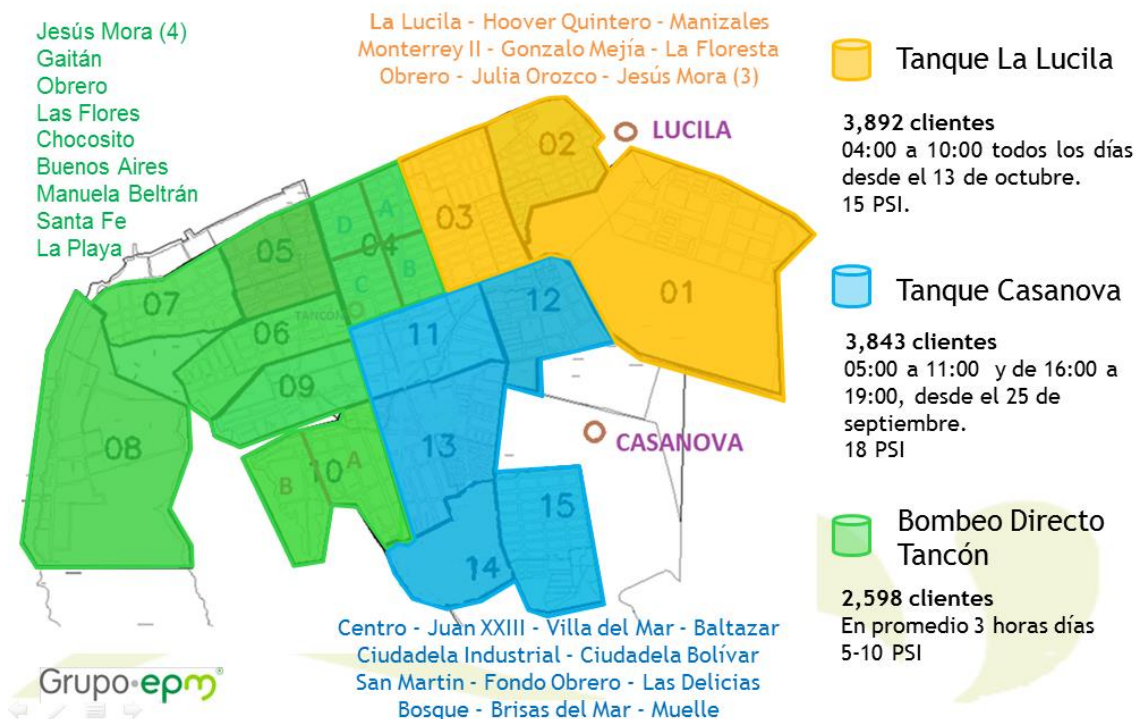


Ilustración 3.67 Sectorización actual sistema de acueducto del municipio de Turbo

Sector 1 atendido tanque La Lucila

El sector atendido por el tanque la Lucila se alimenta a través de una tubería de diámetro 300mm PVC que sale en la cra 27 con cll 103, al frente de la Universidad de Antioquia empalma a una red de 160mm PEAD que abastece hacia la derecha el sector 1 y hacia la izquierda el sector 2 y 3. Sale por la cll 103 con cra 27 hasta la cll 104 donde inyecta a una tubería de 160mm PEAD hacia la izquierda de la vía, salida a Apartadó y a la derecha inyecta a una tubería de 250mm PEAD.

La tubería de diámetro 300mm GRP sale del tanque la Lucila por la calle 103 y entra por la carrera 27 hasta la calle 112 luego baja hasta la carrera 22 y sigue a la calle 114 y baja hasta la carrera 15 se mete por la calle 115 hasta la carrera 14 donde empalma a una tubería de 110mm PEAD para abastecer el sector 4 al frente del rematadero sabores y al frente del asadero el Santo Ecce Homo donde inyecta a una tubería de 160mm PVC para abastecer los sectores 5,6 y 7 y continua hasta la cra 1 con cll 100 con un diámetro de 200mm PEAD.

El sector 2 atendido por el bombeo directo a través red- Tancon

El sector atendido por el bombeo directo tancon se realiza a través de una tubería que llega de la planta de tratamiento al Antiguo tanque (Tancón) que se usa como bombeo directo es de diámetro 350mm en asbesto cemento abastece a los sectores 4,5,6,7 y 9. La tubería del sector 4 sale del Tancón con diámetro de 200mm PVC, el sector 5,6 y 7 tiene una salida del Tancón con un diámetro de 200mm PVC y el sector 9 tiene una salida del Tancón con un diámetro de 300mm PVC. Y una paralela de 90mm PVC que antes abastecía al hospital Francisco Luis Valderrama que se encuentra taponada en la calle 104 con carrera 22. De esta forma se distribuye a todas las redes secundarias, este bombeo directo funciona de manera provisional hasta que se construya el tanque Lucila 2 y se termine el proyecto de optimización de redes distribución secundaria que está en ejecución.

El sector 3 atendido por el tanque Casanova.

El sector atendido por el tanque casanova se alimenta a través de una tubería de diámetro 400mm GRP sale por la calle 99F hasta la cra 19 donde reduce a 200mm PVC a la derecha sobre la carrera 19 abastece con un diámetro de 200mm PVC a los sectores 11 y 12, a la izquierda sobre la carrera 19 abastece con un diámetro de 200mm PVC a los sectores 13,14,15 y 10.

3.2.5 Horarios de servicio y esquema operativo:

En la siguiente tabla se describe los horarios de servicio y el esquema operativo definido por la sectorización actual:

Tabla 3.5 Horarios de servicio y esquema operativo actual

Tanque/bombeo	Subsector a abastecer	Horario de servicio desde el tanque	Total horas	Consignas de operación
LUCILA	1,2, 3 /Barrios (Lucila, Hoover, Quintero, Manizales, Monterrey II, Gonzalo Mejía, La Floresta, Julia Orozco)	Todos los días 04:00 a 06:30 07:30 a 10:00	5	Desde las 02:00 horas se comienza el bombeo desde la planta con la bomba N° 1 Ó 2 " dependiendo el caudal que tengan del Rio" de La Lucila (enviando aprox. la bomba #1 60 l/s para llenar el tanque elevado aproximadamente en 2 horas, y con la bomba # 2 enviando aprox. 90 l/s) para llenar el tanque elevado aproximadamente en 1,5 horas . Se abre el consumo del tanque elevado a las 04:00 horas y simultáneamente se bombea desde la planta con la bomba N° 1 Ó 2 , aproximadamente 60 o 90 l/s. Se cierra el consumo a las 06:30 horas y se continúa el bombeo desde la planta para recuperar el tanque elevado. A las 07:30 horas se abre nuevamente el consumo del tanque elevado y se continúa con el bombeo desde la planta. hasta las 10:00 horas aproximadamente, se para el bombeo hacia este tanque La Lucila y se cierra el consumo (hasta que el tanque elevado queda abatido).
	5, 6 y 7	16:00 a 17:00	Llenado de tanque La Lucila	
	5,6 y 7 /Barrios (Las Flores, Chocoso, Buenos Aires, Manuela Beltrán, Barrios Santa Fe La Playa)	Todos los días 17:00 a 19:00 20:00 a 22:00	4	Desde las 16 :00 horas se comienza el bombeo desde la planta con la bomba de La Lucila N° 1 ó 2 " dependiendo el caudal que tengan del Rio enviando aprox. la bomba #1 60 l/s y con la bomba # 2 aprox. 90 l/s para llenar el tanque elevado aproximadamente en 1 horas, Se abre el consumo del tanque elevado a las 17:00 hasta las 19:00 horas, a esta hora se recupera el tanque la bomba de La Lucila N° 1 ó 2 "dependiendo el caudal" hasta las 20:00 horas, luego se abre nuevamente el consumo del tanque elevado y se continúa con el bombeo desde la planta hasta las 22:00 horas aproximadamente, se para el bombeo hacia este tanque La Lucila y se cierra el consumo (hasta que el tanque elevado queda abatido).
BOMBEO DIRECTO TANCÓN	9, 10 /Barrios (Gaitán y Obrero)	Todos los días 10:00 a 13:00	3	Desde las 10:00 horas, se abre el consumo con el bombeo directo desde la planta con la bomba N° 1 del tancon " regulada a cuatro vueltas" enviando aprox. 80 l/s. hasta las 13:00 horas
	4 /Barrios (Jesús Mora)	13:00 a 14:00	Llenado de tanque La Lucila	Desde las 13:00 horas se comienza el bombeo desde la planta con la bomba N° 1 o 2 de La Lucila " dependiendo el caudal que tengan del Rio" enviando aprox. la bomba #1 60 l/s y con la bomba # 2 aprox. 90 l/s para llenar el tanque elevado aproximadamente en 1 horas, para complementar el servicio para el sector 4, Se abre el consumo del tanque elevado a las 14:00 hasta las 16:00 horas
	Servicio por el bombeo directo y red 12" Lucila- Santo Ecce Homo	Todos los días 14:00 a 16:00	2	Desde las 14:00 horas, se abre el consumo con el bombeo directo desde la planta con la bomba N° 1 del tancon " regulada a cuatro vueltas" enviando aprox. 80 l/s. hasta las 16:00 horas
CASANOVA	11, 12, 13, 14, 15 /Barrios (Centro, Juan XXIII, Villa del Mar, Ciudadela Industrial, Baltazar, Ciudadela Bolívar, San Martín, Fondo Obrero, Las Delicias, Bosque, Brisas del Mar y Muelle)	05:00 a 11:00 16:00 a 19:00	9	Desde las 22:00 a horas se comienza el bombeo desde el tanque de 3000 m ³ ubicado en la planta, con las bombas N° 1y 2 de casanova, desde allí se envían aprox 180 l/s para llenar el tanque elevado y bajo de Casanova en su máximo nivel aprox en 2 horas . A las 05:00 horas se abre el consumo del tanque elevado y en la medida en que comienza a bajar el nivel del tanque superior, el tanque inferior activa el bombeo automático. Simultáneamente, dependiendo de la necesidad de caudal, se bombea desde la planta con la bomba N° 1 o 2 , aprox 90 l/s al tanque bajo . A las 11:00 horas se supende el bombeo desde la planta y se cierra el consumo. A las 14:00 horas se inicia nuevamente el bombeo desde la planta para llenar el tanque bajo de Casanova con la bomba N° 1 o 2 enviando aprox. 90 l/s. a las 16:00 horas se abre el consumo del tanque elevado A las 18:00 horas se para el bombeo hacia este tanque y se cierra el consumo a las 19:00 horas (o hasta que el tanque queda abatido)

3.2.6 Operación y mantenimiento de redes.

Con la instalación de descargas se busca realizar mantenimientos en las redes existentes a fines de eliminar sedimentos las biopelículas que se acumulan en el interior de la red de distribución, así como eliminar aire y permitir la presurización de la red, además de mejorar la calidad del agua distribuida.

Durante el año 2013 y 2014 se instalaron las siguientes descargas e hidrantes las cuales se operan como mínimo una vez por semana, para el año 2015 se disminuyó la frecuencia haciendo las purgas cada 15 días; las descargas o purgas están ubicadas en cada uno de los tres sectores hidráulicos del Municipio de Turbo:

Tabla 3.6 Descarga y purgas del sector La Lucila

N°	Actividad	Dirección	Diámetro	Fecha
1	Instalación de Descarga	Crr 24 con calle 116	3"	03/04/2013
2	Instalación de Descarga	Crr 21 con calle 115	3"	12/04/2013
3	Instalación de Descarga	Crr 18 con calle 115	3"	16/05/2013
4	Instalación de Descarga	Crr 16 con calle 115	3"	12/06/2013
5	Instalación de Descarga	Crr 22 con calle 105	3"	04/07/2013
6	Instalación de Descarga	Crr 28 con calle 112	2"	14/07/2013
7	Instalación de Hidrante	Crr 24 con calle 110	3"	03/09/2013
8	Instalación de Hidrante	Crr 30 con calle 107	3"	12/09/2013
9	Instalación de Hidrante	Crr 24 con calle 116	3"	20/10/2013

Tabla 3.7 Descarga y purgas del sector Casanova

N°	Actividad	Dirección	Diámetro	Fecha
1	Instalación de Descarga	Crr 23 con calle 97 ^a	3"	03/10/2013
2	Instalación de Descarga	Crr 23 con calle 95	3"	03/10/2013
3	Instalación de Descarga	Crr 23 con calle 92	3"	04/2/2014
4	Instalación de Descarga	Crr 20 con calle 101	3"	13/11/2013
5	Instalación de Hidrante	Crr 115 con calle 89	3"	13/11/2013
6	Instalación de Descarga	Crr 100 con calle 19	3"	05/3/2014

Tabla 3.8 Descarga y purgas del sector del Tancon

N°	Actividad	Dirección	Diámetro	Fecha
1	Instalación de Descarga	Crr 108 con calle 107	3"	18/06/2013
2	Instalación de Descarga	Crr 107 con calle 107	3"	21/08/2013
3	Instalación de Descarga	Crr 108 ^a con calle 10	3"	23/10/2013
4	Instalación de Hidrante	Crr 12 ^a con calle 98 ^a	3"	31/3/2013
5	Instalación de Descarga	Crr 96 ^a con calle 10	2"	27/3/2014

También con la implementación de la sectorización se han realizado las siguientes intervenciones en las válvulas:

Tabla 3.9 Levantamiento de válvulas en proceso de sectorización

Nodo	Cantidad
Válvulas encontradas	52
Válvulas instaladas	188
Válvulas remplazadas	28
Válvulas por instalar	34
	302

3.3 Red de distribución secundaria

El municipio cuenta actualmente con 92,3 km de red de diferentes materiales. En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de acuerdo al tipo de material y diámetro:

Tabla 3.10 Cantidad de tubería de acuerdo al material

Diámetro	Longitud (mm)						
	AC	GRP	HD	HF	PEAD	PVC	TOTAL
37.5						608.69	608.69
50					80.92	6787.88	6868.80
60					1005.03		1005.03
75	1542.46					18788.38	20330.84
90					23649.53		23649
100	223.90					9448.12	9672
110					5929.21		5929
150					2320.03	4824.60	7144
160					2263.69		2263
200			2315.35	53.83	1031.31	6872.26	10272
250				22.58	479.04		501
300				4.90		703.62	708
350	3304.71						3304
400		727.39					727
600		6.69					7
Total General	5071.07	734.35	2315.35	81.30	36758.74	48033.54	92994

1. Longitud total de redes de distribución secundaria: 83115 m
2. Número total de válvulas de distribución secundaria: 98 unidades
3. Número total de tuberías de distribución secundaria: 1269 unidades
4. Número total de hidrantes: 4 unidades
5. Diámetro mínimo existente en tuberías de la red de distribución secundaria: 37.5 mm
6. Diámetro máximo existente en tuberías de la red de distribución secundaria: 300 mm
7. Población actual: 63852 habitantes
8. Caudal medio diario: 199.29 l/s
9. Material tuberías de distribución secundaria: Polivinilo de Cloruro (PVC), y Polietileno de Alta Densidad (PEAD) principalmente, Asbesto Cemento (AC) y Hierro Fundido (HF).

4 DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Durante las actividades de diagnóstico se pudo observar que las principales problemáticas asociadas al sistema de acueducto en el municipio de Turbo se encuentran asociados a:

4.1 Fuente y captaciones

Debido a los problemas que sufre el río Turbo a causa de intensos veranos e inviernos en los que el río presenta a presentado disminución de caudal de hasta 30 l/s y su vez con un caudal promedio de 80 l/s, y con un demanda actual para el municipio de 235 l/s se vio la necesidad de contar con captaciones alternas, en un análisis realizado por el estudio realizado por la Universidad Nacional – Postgrado de Recursos Hidráulicos: “Estudio de uso combinado de fuentes de agua superficial y subterránea para el suministro de agua potable en el municipio de Turbo, Antioquia” (2008-2009) se llegó a la necesidad de implementar pozos profundos para la captación de aguas subterránea teniendo como experiencia de pozos ya operaban en las zonas operados por diversas fincas en la zona y donde no se veían afectados por el intenso verano, así en el año 2015 inició la construcción del primer pozo exploratorio al interior de la PTAP de Villa María el cual tuvo el acompañamiento de la corporación autónoma regional CORPOURABA quien dio el aval a ese entonces AGUAS DE URABÁ S.A. E.S.P. para su explotación logrando un caudal concesionado de 16 l/s por 7 días a la semana, siendo así se logró la gestión de construcción de 3 pozos más, entrando en operación el pozo Salazar en el 2015 con un caudal de 26 l/s, en Febrero de 2016 entro en operación el pozo Nueva esperanza con un caudal de 21 l/s y en Abril de 2016 entro en funcionamiento el pozo Mana con 13 l/s.

De igual forma basados en el estudio de la Universidad Nacional que planteó como alternativa de compensación del caudal del río en épocas de verano e invierno dada su vulnerabilidad, la utilización de fuente alterna de abastecimiento con pozos subterráneos como medida del corto plazo, en donde se requiere en número de pozos un caudal cercano a los 120 L/s, con los 4 pozos construidos por Aguas Regionales EPM S.A E.S.P se tiene un caudal de 76 L/s, es por tanto que con dos pozos más se estima llegar al caudal requerido, por lo cual se proyecta construir los pozos N°5 y 6.

Para los pozos N°5 y 6 el agua captada iría directamente hasta la torre de aireación que se construirá al interior de las instalaciones de pozo y de la torre Salazar para de allí proceder por gravedad usando la misma tubería de Ø12” hasta la PPAP. El primer que se construirán será el pozo N°5, se encuentra en la gestión del predio y de la servidumbre y en formulación para radicar posteriormente ante el MVCT, este pozo será construido al interior de la finca Gamboa, se espera la extracción de hasta 30 l/s en un tiempo máximo de operación de hasta 16 horas al día y a una profundidad preliminar de 80 metros.

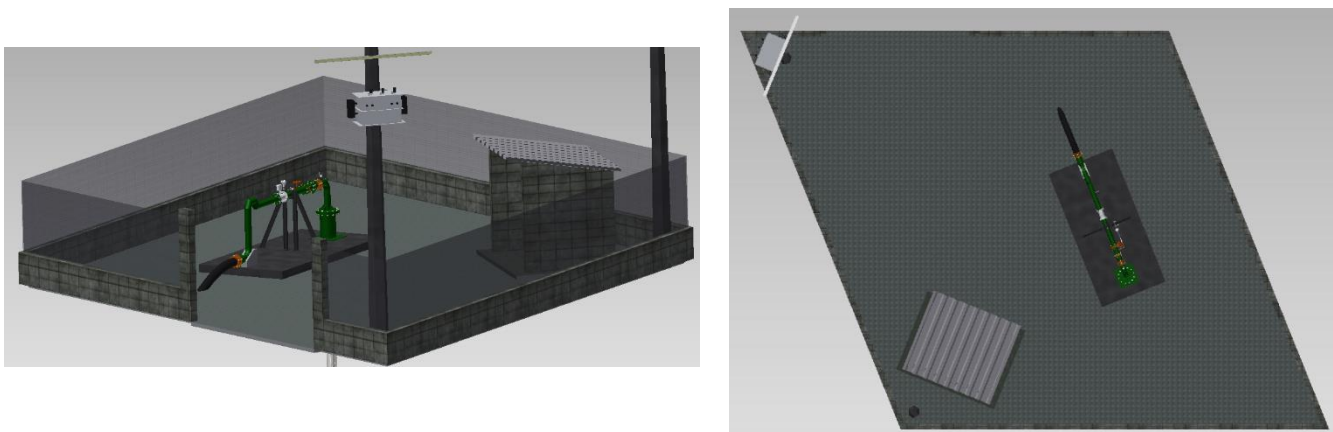


Ilustración 4.1 Diseños para el pozo profundo N°5

Se identificó que los pozos Nueva Esperanza, Maná y Villa Maria no cuenta con un sistema de aireación, lo que afecta la calidad del agua que ingresa a la planta y hace que el tratamiento del agua cruda sea mucho más complejo y requiera la adición extra de insumos y como tal afectando los costos de tratamiento y la calidad del agua que se produce en la planta, por lo que la empresa Aguas Regionales tiene planteado las siguientes acciones de mejora para el sistema de aireación de los pozos:

Aguas Regionales se encuentra en proceso de contratación para realizar la construcción de un torre de aireación que se ubicará en la bocatoma y servirá para airear el agua proveniente de los pozos nueva esperanza y Maná, con recursos propios, adicionalmente mediante el contrato 064-2016 se está modernizando el bombeo Maná con el fin de establecer una operación con control y seguimiento sobre el sistema bajo una configuración similar a la establecida en Pozo Salazar, a continuación se muestra el diseño propuesto:

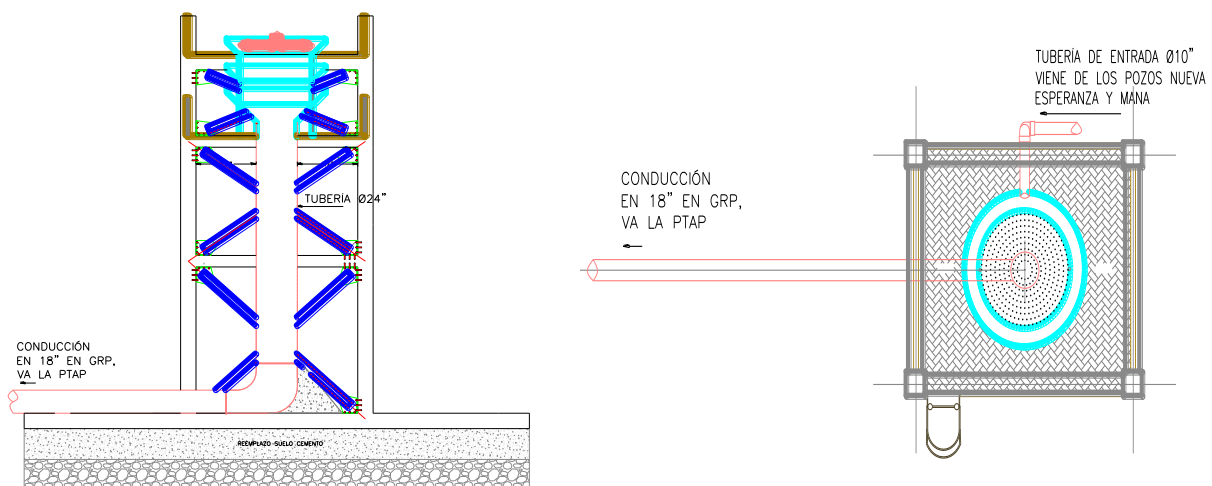


Ilustración 4.2 Diseño de torre de aireación para pozos Nueva esperanza y Mana

Para el caso del pozo Villa Maria la empresa realizará a finales del 2017 con recursos propios la construcción de un sistema de bandejas de aireación, actualmente se cuenta con el diseño de dicho sistema, este sistema se instalará en la misma estructura que se encuentra los tanques con la tubería perforada actualmente. Como se muestra a continuación:

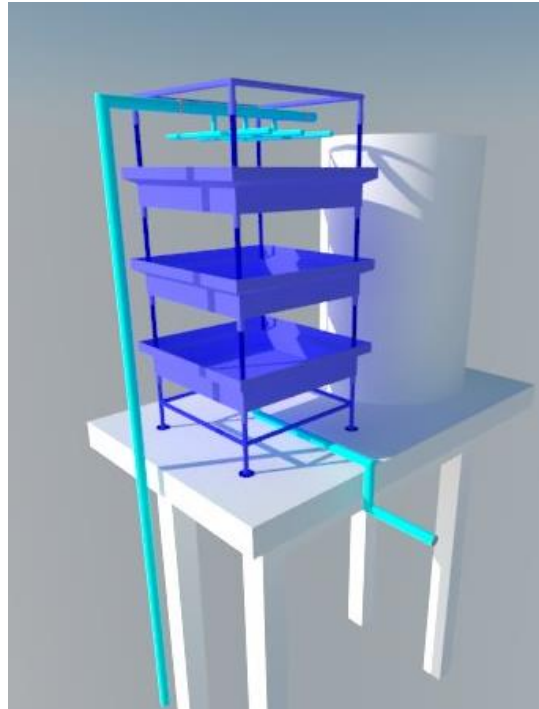


Ilustración 4.3 Sistema de aireación de proyectada Villa María

En cuanto a la operación de los pozos, se encontró que el pozo Villa Maria a diferencia de los demás los cuales están totalmente optimizados y automatizados opera de manera artesanal sin ningún control a excepción de un macromedidor mecánico de turbina el cual requiere mantenimiento mensual debido a la gran cantidad de lodos y metales que extrae la motobomba, este medidor de caudal fue una exigencia por parte de la corporación CORPOURABA para control de la concesión dada sobre esta fuente.

La no operación de forma optimizada exige que el operador se desplace cada vez que se requiere utilizar la captación alterna, igualmente cada hora debe ir al pozo para verificar el nivel del mismo mediante el uso de una sonda artesanal la cual posee un cable dúplex de 100 metros donde en un extremo las dos puntas están expuestas intercaladas para que no hagan contacto, en el otro extremo está conectado un multímetro en modo medición de ohmios, apenas el extremo se ingrese a través de la tubería PVC del pozo para aireación y haga contacto con el agua esta marcará resistencia u ohmios. De esta forma el operador debe corroborar que el equipo este sumergido, de caso contrario al estar la motobomba operando en seco se puede aterrizar el motor por alta temperatura debido a la falta de refrigeración, daño en componentes mecánicos y por ende pérdida total del equipo.

La motobomba no cuenta con tablero de potencia propio para su arranque, para esto se utiliza un tablero que corresponde al grupo #2 del sistema de bombeo de Casanova afectando por ende el equipo de respaldo de esta estación, lo cual, en caso de generarse un problema con la alguna motobomba del grupo #1 o #3, la recuperación del sistema puede demorarse más tiempo al requerirse más trabajo al necesitar el paso de los cableados de potencia que lo alimenta.

Contar con este sistema de captación es indispensable en temporada de intenso invierno o verano, un caso puntual de fallas de la captación se dio en enero de 2017 cuando la motobomba quedó totalmente seca probablemente al taponamiento de las rejillas inferiores presentándose recalentamiento en el motor eléctrico sumergible y el cable de potencia de salida aterrizando el equipo, si el bombeo estuviera optimizado tal como lo están los otros, los parámetros de alarma hubiesen asegurado el equipo debido a bajo nivel del pozo.

Tener el sistema con la instrumentación adecuada y necesaria generaría mayor control por parte de la PPAP y el operador para identificar el caudal captado, ya que el medidor actual al ser por turbina se atasca constante debido al sedimento producto de los metales que ingresan por las rejillas y colmatan todo el contorno de las hélices y las paredes afectando no solo la medida de caudal instantánea sino el totalizado que es reportado a la corporación mensualmente.

El sistema de impulsión desde la descarga de la motobomba hasta el codo de dirección se utiliza tubería de 6" en acero al carbón de 3 metros de longitud cada uno donde el equipo está ubicado a 81 metros, por lo tanto, está compuesto por 27 tubos lo cual cada vez que se requiere realizar mantenimiento las maniobras son más complejas necesitando mayor cantidad de horas y desgaste por parte de personal electromecánico.

Las motobombas de pozo profundo aún no se les conoce su límite de vida útil, aunque a este equipo se requirió un cambio de motor a inicios del 2016 debido a fallas del motor eléctrico sumergible por causas desconocidas debido a la gran cantidad de variables que pudieron haber visto involucradas, el motor nuevo tuvo un costo de 16 millones de pesos y un costo aún mayor en las afectaciones al sistema durante el verano cuando más se necesitaba. El motor eléctrico con mayor vida útil en operación bajo la responsabilidad de AGUAS REGIONALES EPM S.A. E.S.P es el que está funcionando actualmente el pozo Salazar con un tiempo de 3 años, este dato incluyendo los otros pozos en operación en otras instalaciones por fuera de Turbo también bajo nuestra responsabilidad.

El sistema de descarga no cuenta con accesorios como cheques y válvulas, la primera para impedir el regreso del agua desde la zona de descarga hasta el sistema, y la válvula como medio para determinar con ayuda de instrumentos de medición como un transmisor de presión manométrico, nivel y caudal verificar la eficiencia de la motobomba, estos datos son básicos para determinar cuándo intervenir el equipo cuando el consumo energético es mayor al hidráulico producido.

4.2 Planta potabilizadora de agua potable

Las instalaciones de la planta de tratamiento cuentan con una infraestructura adecuada para el tratamiento de agua cruda, su capacidad máxima de tratamiento es de 212 l/s lo que garantiza que tendrá capacidad para tratar el agua un periodo de 30 años según la proyección planeada para el municipio que es de 211 l/s, su infraestructura ha tenido intervenciones por parte del operador que ha garantizado su buen funcionamiento, pero dentro de dicha planta se realiza un proceso muy importante de Pre Cloración, Cloración y Pos Cloración que no cuenta con las instalaciones adecuadas.

El sistema de desinfección por cloro gaseoso que actualmente está implementado en la PPAP es totalmente rudimentario, un peligro tanto para el operador como para toda persona y ser viviente en un radio de un kilómetro a la redonda, difícil de identificar su contenido interno, el almacenamiento debe ser riguroso.

El método de descenso de los cilindros de 1000 kg desde el vehículo transportista representa un riesgo bastante alto considerando el sistema de izaje actual en la PPAP el cual no es estático y es susceptible a caerse y presentarse una gran fuga. Al momento de realizar los cambios de cilindros estos son ubicados sobre unos carros para desplazarlos hasta el punto de conexión al múltiple de acero donde se ubica el regulador de vacío de cloro, el movimiento debe hacerlo el operador de PPAP con ayuda de al menos dos personas más complicando la maniobra y en donde se tienen registros de personal incapacitado a causa de sobre esfuerzos o golpeados por el mismo cilindro tal como pasó la primera semana de mayo de 2017.

El sistema no cuenta con balanzas para medición de la masa del cloro almacenado al interior de cada cilindro con el fin determinar los tiempos de respuesta apenas el operador se percate

de la baja cantidad del químico y evitar que no ocurra la desinfección el cual es crucial para el proceso de potabilización.

La dosificación de desinfección se realiza manual a través de muestras de cloro residual al final del proceso donde el operador debe constantemente realizarlas para regular la cantidad de cloro inyectada al agua captada. Al ser agua cruda captada desde el río Turbo o desde los pozos, la cantidad de dosificación es bastante alta llegando en casos hasta las 400 lb/día se requiere realizar demasiadas maniobras peligrosas tanto de cambio de cilindro como de rectificación de dosificaciones constantemente.

La infraestructura civil donde está ubicado el sistema de desinfección no es el adecuado ya que todos los cilindros con su regulador y accesorios deben estar confinados al interior de una caseta para que en caso de fugas se pueda contener y mitigar, ahora, en caso de presentarse alguna fuga donde todo sistema por cloro gaseoso es vulnerable a estos peligros, la PPAP no cuenta con ni con los sistemas de alerta ni con el medio de mitigación los cuales consisten en un sistema de detección de cloro el cual activa todo un equipo complejo de extracción de aire desde el cuarto donde se ubica el sistema de cloro hacia una torre donde una motobomba succiona y esparce al interior soda caustica para mitigar los daños de este peligroso químico.

Sistema de desinfección no cuenta con medición en línea de cloro residual, esto obliga a el operador estar retroalimentado las dosificaciones a partir de las modificaciones que sufra el agua y estar manipulando cada uno de los cuatro rotámetros de regulación de cantidad de cloro (uno para precloración, 2 para cloración directa a los tanques de salida y 1 de post cloración), estos elementos al ser mecánicos y de operación manual son susceptibles a descalibrarse y afectar las medidas a casusa de daños internos, problemas de presión o mala manipulación por parte del operador.

4.3 Tanques de almacenamiento

La capacidad de almacenamiento para distribución del municipio entre el tanque la Lucila (500m³) y el Tanque casanova (750m³ + 900m³) suma en total 2150m³, actualmente el municipio cuenta con una cobertura del 68,9 %, 9966 usuarios y pérdidas del 67% por lo requerirían un caudal máxima horario 352.18 l/s y asegurando un tercio del almacenamiento del caudal máximo diario se requeriría en total un almacenamiento de 5554.66 m³ para asegurar una prestación del servicio 24 horas, lo que genera un déficit del 3405m³ lo que se ha visto reflejado en la descompensación total del sistema de acueducto, en el que se esta presentando el servicio con 5.28 horas en promedio, igualmente es bien sabido que en una vez entre en funcionamiento el proyecto optimización y extensión de redes que se encuentra ejecutando la nación actualmente en donde se proyecta inicialmente reducir las pérdidas a un 33% y aumentar las cobertura en un 97% por lo requerirían un caudal máxima horario 352.18 l/s el almacenamiento requerido sería de 3621 m³ con lo que seguirá presentando un déficit en el almacenamiento de 1472 m³ para dichas condiciones, los parámetros mencionado se me presentan a continuación:

Tabla 4.1 Demanda de almacenamiento para Distribución del Municipio Turbo

COBERTURA ACUEDUCTO (%)	USUARIOS	DOTACIÓN NETA (m3/ci-mes)	PÉRDIDAS (%)	DOTACIÓN BRUTA (m3/ci-mes)	DEMANDA MEDIA qmd = (l/s)	FACTOR DE CONS MÁX. DIARIO (K ₁)	DEMANDA MÁXIMA QMD = (l/s)	FACTOR DE CONS MÁX. HORARIO (K ₂)	CAUDAL MÁX. HORARIO QMH = (l/s)	ALMACENAMIENTO(m3)	ALMACENAMIENTO ACTUAL (m3)	DEFICIT ALMACENAMIENTO (m3)
69.0%	9,966	12.00	68.90%	38.59	148.36	1.30	192.87	1.83	352.18	5554.66	2150	3405
97.0%	14,000	12.00	33.00%	17.91	96.73	1.30	125.8	1.83	229.62	3621.60	2150	1472

Esta falta de almacenamiento del municipio se generó principalmente por la ya mencionada salida de operación del tanque el Tancon debido al estudio patológico que concluyó que debía salir de

operación por problemas estructurales y antes el agua que se suministraba al sector del Centro provenía directamente de este tanque donde garantizaba el servicio a gran parte de la comunidad con las presiones adecuadas.

4.4 Redes de distribución

En el municipio de Turbo se presentan problemas en el sistema de acueducto por el mal estado, falta y poca capacidad de las redes de acueducto en los barrios Gonzalo Mejía (Subsector 3), Jesús Mora (Subsector 4), Julia Orozco (Subsector 3 y 4), (Manuela Beltrán (Subsector 5), Buenos Aires (Subsector 6), Gaitán (Subsector 9), Centro (Subsector 9, 10, 11 y 13), Obrero (Subsector 10), Delicias (Subsector 13), San Martín (Subsector 13) y Brisas del Mar (Subsector 14) los cuales presentan las siguientes problemáticas:

- Tuberías y accesorios con materiales obsoletos que ocasionan problemas hidráulicos que continuamente lleva a obstrucciones, fugas y contaminación que traen consigo afectación en la prestación efectiva del servicio y efectos negativos sobre la salud de la comunidad.
- Tuberías con diámetros insuficientes para las demandas requeridas, que afectan la presión del sistema y en algunos no alcanza para suplir la demanda de la comunidad.



Ilustración 4.4 Tubería de asbesto cemento fracturada



Ilustración 4.5 Tubería en PEAD de 2 pulgadas con conexión de 1 pulgada

- Conexiones de acometidas ilegales y acometidas y/o reparaciones realizadas por el anterior operador mediante procedimientos no técnicos, utilizando materiales y accesorios no adecuados que ha generado la pérdida de la hermeticidad del sistema y consigo fugas y contaminación del agua potable.

- Tubería con profundidades entre 1.6 y 3 metros que afectan la adecuada operación del sistema de acueducto y causa que las fugas en las redes se vuelvan imperceptibles.
- Manipulación de las redes por personas fraudulentas que generan fugas en las redes y consigo la Inestabilidad y hundimiento de terrenos.



Ilustración 4.6 Tubería de 3 pulgadas de PEAD con conexiones ilegales



Ilustración 4.7 Flauta de conexiones ilegales



Ilustración 4.8 Conexiones ilegales



Ilustración 4.9 Tubería con 3 metros de profundidad.



Ilustración 4.10 Hundimiento del terreno por socavación de fuga



Ilustración 4.11 Conexión a tubería de PEAD con tubería en acero sin accesorio y con cimentación inadecuada (basura).

Otras de los problemas identificadas son:

- Los sistemas de acueducto se construyeron sin el cumplimiento de las especificaciones técnicas de diseño y construcción establecidas por la normatividad Colombiana, en especial el RAS -2000.
- Existencia de tramos de la red del sistema de acueducto que se encuentran en los andenes privados e incluso por debajo de inmuebles localizados sobre dichos predios, lo cual representa una amenaza para la operatividad del sistema dada las dificultades para realizar las labores de operación, mantenimiento y reparación de posibles daños en estos sectores de la red.

En la ilustración 5.9 se presenta un esquema con los barrios mencionados



Ilustración 4.12 Barrios a con problemas de redes

Como acción de mejora para la problemática mencionada la empresa Aguas Regionales en compañía de la administración municipal formuló y presentó el proyecto OPTIMIZACIÓN Y EXTENSIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIAS, MUNICIPIO TURBO ante el MVCT en el año 2016, obteniendo recursos de la nación para la ejecución del proyecto, el cual inició su obras en el mes de Julio del año 2017 y tiene como fecha de finalización del obra en Marzo de 2018.

5 JUSTIFICACIÓN

De las problemáticas mencionadas en el sistema de acueducto y que no cuentan con un plan de mejora se encuentra la falta de almacenamiento que posee el municipio y a que pesar de que realizará la optimización y extensión de las redes de acueducto del municipio y se disminuirá notablemente las pérdidas del sistema de acueducto y como tal la demanda del municipio no se logrará suplir la demanda de almacenamiento de agua del municipio con un déficit proyectado de 1472 m³ para la condiciones proyectadas del municipio en el año 2018.

La principal problemática es la antes mencionada, a la cual se suma que el sistema de captación se encontró que el pozo Villa Maria a diferencia de los demás los cuales están totalmente optimizados y automatizados opera de manera artesanal sin ningún control a excepción de un macromedidor mecánico de turbina el cual requiere mantenimiento mensual debido a la gran cantidad de lodos y metales que extrae la motobomba y en la planta de tratamiento el sistema de desinfección por cloro gaseoso que actualmente está implementado en la PPAP es totalmente rudimentario, un peligro tanto para el operador como para toda persona y ser viviente en un radio de un kilómetro a la redonda, difícil de identificar su contenido interno, el almacenamiento debe ser riguroso.

Por lo tanto, se plantea como alternativa brindar al municipio la capacidad del almacenamiento requerida, el sistema de desinfección necesario y adecuado y el equipamiento del Pozo Villa Maria de manera que se permita garantizar la prestación del servicio 24 horas de acueducto en el casco urbano del municipio de Turbo.

Dicho proyecto permitirá la óptima prestación del servicio de acueducto, aumentando la continuidad en 84 puntos, pasando de 15% al 99% finalmente beneficiará un total de 14803 familias.

6 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

La formulación de alternativas para el sistema de acueducto urbano del municipio de Turbo tiene como objetivo principal plantear diferentes soluciones a la problemática encontrada en el componente de almacenamiento, el pozo Villa María y sistema de desinfección en la PTAP villa María.

6.1 Sistema de desinfección

La formulación de alternativas para el sistema de desinfección de la planta Villa María, tiene como objeto principal plantear diferentes soluciones a la problemática encontrada en el componente de riesgo y altos costos de operación.

El sistema de desinfección de la planta de potabilización Villa María del Municipio de Turbo se realiza mediante Cloro Gaseoso, actualmente trata un caudal de 190 l/s en promedio diario y un ciclo de operación de 24 horas.

El proceso de desinfección debe cumplir con las condiciones de inactivación de microorganismos a los niveles requeridos enunciados en la **Resolución 2115 de 2007**, tales como:

a. Para aguas subterráneas provenientes de pozos profundos, la desinfección deberá operarse para que sea capaz de inactivar el 99% (LOG 2) de virus o bacterias patógenos. Para aguas crudas superficiales, la desinfección deberá operarse para que sea capaz de inactivar el 99.99% (LOG 4) de virus y de quistes de parásitos (Giardia y Cryptosporidium). El control de la desinfección debe hacerse con base en los valores mínimos de "C" determinados en las tablas del numeral C.8.5.1 donde se da la dosis mínima de cloro activo como Cl₂ para un determinado tiempo de contacto de este desinfectante medido hasta el primer usuario a la hora pico de consumo.

Así mismo se cumplir con la reglamentación de vigilancia y control, derivadas del **Decreto 1575 de 2007**.

Según lo anterior se realizó la búsqueda de diferentes métodos para realizar la desinfección:

Algunas alternativas de desinfección como Ozono y UV se encuentran disponibles en el mercado, sus principales aplicaciones se encuentran en las diferentes industrias como bebidas y alimentos, industria hospitalaria e industria hotelera, a baja escala en tratamiento de agua municipal.

A continuación, se presentan las principales características de estos métodos de desinfección:

6.1.1 Alternativa 1: Desinfección con Ozono

El mecanismo de desinfección del ozono (O₃), un gas alótropo del oxígeno, es su alto poder oxidante lo que lo convierte en un eficiente destructor de bacterias y la evidencia de su efectividad para atacar virus, quistes y hongos. Debido a su baja capacidad residual germicida, se recomienda que después de la ozonización se haga una desinfección secundaria inmediata con cloro, lo cual permitirá una elevada reducción en la formación de THM.

Se recomienda el uso del ozono (O₃) en los siguientes casos:

- Para mejorar la calidad organoléptica (color, ausencia de olor y sabor, etc.).
- Por su acción bactericida, virulicida y parasitocida.

No puede emplearse el ozono en aguas que contienen hierro o amoníaco.

La planta debe contar con un suministro de energía durante las 24 horas del día.

- Debe contarse con personal técnico altamente calificado para el manejo de los equipos.

El ozono, además de presentar un alto costo energético, puede reaccionar con algunos componentes en la atmósfera, causando potenciales problemas con válvulas y componentes del sistema de almacenamiento.

Tabla 6.1. Ventajas y potenciales desventajas de desinfección con Ozono

OZONO	
Ventajas	Potenciales Desventajas
Olor y Sabor	Alto costo de capital
Posible reducción de SPDs conocidos	Alto costo de operación y mantenimiento
Rápido tiempo de contacto	Complejidad de operación y mantenimiento
Alta desinfección	Nuevos SPDs regulados (bromatos)
	No provee un residual a la red

6.1.2 Alternativa 2: Desinfección con UV

La desinfección por radiación ultravioleta se ha venido utilizando ampliamente en los sistemas de abastecimiento de agua de pequeños establecimientos como hospitales, industrias de alimentos, bebidas y hoteles. Recientemente se ha incrementado su uso como desinfectante de pequeños y medianos sistemas de potabilización que tratan caudales hasta 300.000 m³/día. No genera subproductos de la desinfección, pero no otorgan ningún residual desinfectante al agua tratada. Se recomienda la radiación ultravioleta cuando el contenido de materia orgánica y la turbiedad del agua son muy bajos. Debido a que el proceso de desinfección por rayos ultravioleta no proporciona concentración residual debe emplearse un desinfectante secundario que genere este efecto residual con el fin de proteger el agua en el sistema de distribución. La efectividad de los equipos UV está dada principalmente en sistemas de aguas relativamente limpias como biorreactores de membrana y no presentan suficiente eficiencia en aguas sucias dado que se limita su nivel de transmitancia, mucho menos en aguas con alto contenido de dureza.

Tabla 6.2. Ventajas y potenciales desventajas de desinfección por UV

UV	
Ventajas	Potenciales Desventajas
Alto rango de desinfección	La red de distribución aún requiere residual de Cloro
Ocupa poco espacio	No se han validado tiempos de contacto
	Alto costo eléctrico
	Alto costo reemplazo de lámparas

6.1.3 Alternativa 3: Desinfección con cloro Gaseoso

El cloro gaseoso representa riesgos y costos asociados. Por años el uso de cloro a nivel municipal se ha llevado a cabo empleando cilindros de cloro gaseoso, representando riesgos a la salud de los operadores. Deben tomarse las precauciones necesarias para evitar el contacto personal. Asegurar siempre una ventilación adecuada en las áreas de manejo. Mantener alejado de materiales incompatibles, del calor, chispas, llamas y otras fuentes de ignición.

Es un Gas tóxico y corrosivo. Letal tras inhalación de vapores concentrados. El personal a cargo debe estar estrictamente capacitado para la manipulación del químico y la respuesta ante situaciones de emergencia tales como fugas o accidentes. Las autoridades locales y el personal primer

respondiente deben estar entrenado en los planes de emergencia y conocer las buenas prácticas de manejo del químico, para lo cual, la planta debe contar con equipos de emergencia tales como: kit de emergencias, máscaras anti-gases, trajes de auto contenido, entre otros.

En el caso de manejar cloro gaseoso se debe contar con un sistema cerrado y con estrictas medidas de seguridad ya que una fuga de un cilindro de solo 40 lb de cloro sería fatal para quienes lo inhalen en unos 200 metros a la redonda. **Fuente: Centro de información de Sustancias Químicas, Emergencias y Medio Ambiente – CISTEMA ARL Sura**

Tabla 6.3. Ventajas y potenciales desventajas de desinfección con Cloro Gaseoso

CLORO GASEOSO	
Ventajas	Desventajas
Economía relativa	Riesgo de Transporte
Tradición	Seguridad de los Operadores
Provee residual medible	Aumento de Costos
	Seguridad pública
	Necesidad de Scrubber
	Formación de SPDs regulados

6.1.4 Alternativa 4: Desinfección Hipoclorito de Sodio Generado In-situ

La generación de hipoclorito de sodio es lograda empleando electrolisis de salmuera diluida. Esta tecnología produce una solución de hipoclorito de sodio al 0,8% lista para ser aplicada al proceso con una bomba dosificadora; esta alternativa no es sujeta a descomposición comparada con el hipoclorito de sodio al 12,5%. La producción de cloro in-situ en forma de hipoclorito de sodio emplea únicamente sal, energía y agua. La sal es un compuesto que se puede almacenar en grandes cantidades para ser convertida bajo demanda en hipoclorito de sodio, no representa riesgos al contacto humano y es de fácil manipulación.

El equipo para producir hipoclorito representa un mayor costo de capital que los sistemas de hipoclorito de calcio y de sodio, llegando a ser superior o equiparable a la instalación de un sistema de cloro gaseoso que cumpla con los estándares internacionales de seguridad que emplean torres neutralizadoras de gases. Sin embargo, los costos operativos son significativamente inferiores a todas las alternativas anteriores, lo cual ofrece un menor costo en su vida útil.

La generación en sitio resulta más económica en la operación frente al cloro gas y el hipoclorito a granel dados los costos directos de insumos que conlleva producir la misma cantidad (sal y energía) de cloro equivalente; así mismo la reducción de costos asociados con la seguridad como equipos neutralizadores de gases, máscaras, filtros, trajes de auto-contenido, kits de emergencia y pólizas de vida del personal involucrado.

Al ser una solución clorada, garantiza la efectividad en la inactivación de microorganismos en la desinfección a su vez que provee el residual requerido en el agua producida en planta, acorde a los requerimientos especificados en la Resolución 2115 de 2007.

Seguridad, facilidad en la operación y ahorros en costos operativos son razones fundamentales que permiten evaluar y determinar la conveniencia de producir cloro bajo demanda. La solución de hipoclorito de sodio generado en sitio, ha sido empleada por más de tres décadas en el mundo y casi una década en Colombia, empresas como E.P.M en numerosas instalaciones, Acueducto de Bogotá, Aguas de Cartagena, Empresas Públicas de la Ceja, Aguas de Malambo, entre otras, han adoptado esta tecnología en sus plantas y han demostrado la efectividad en su implementación.

Tabla 6.4. Ventajas y potenciales desventajas de desinfección con Hipoclorito de Sodio Generado In-situ

CLORO GASEOSO IN-SITU	
Ventajas	Desventajas
Economía relativa	Riesgo de Transporte
Tradición	Seguridad de los Operadores
Provee residual medible	Aumento de Costos
	Seguridad pública
	Necesidad de Scrubber
	Formación de SPDs regulados

6.1.5 Análisis de alternativas

Debido a que la alternativa 1: Desinfección con ozono y la alternativa 2: Desinfección con UV no proporcionan el efecto residual que permite proteger el agua en el sistema de distribución, el proceso de desinfección con este método no cumple con las condiciones de inactivación de microorganismos a los niveles requeridos enunciados en la Resolución 2115 de 2007, Por lo anterior se descartan como alternativas para la desinfección.

En el caso de las alternativas 3 y 4 al ser soluciones cloradas, garantizan el efecto residual acorde a los requerimientos especificados en la resolución 2115 de 2007.

Se continua con un análisis económico entre la Alternativa 3 Desinfección con cloro Gaseoso y la alternativa 4 Desinfección Hipoclorito de Sodio Generado In-situ, en donde se valorará los costos de instalación del sistema para el caso de la alternativa 4 y los costos de optimización del sistema para el caso de la alternativa 3, pues actualmente la PTAP de Turbo realiza el tratamiento con este sistema, luego se continuará haciendo un análisis de operatividad de ambas alternativas.

6.1.5.1 Costo de Optimización e implantación de alternativas

6.1.5.2 Costos operativos

Proyección económica y reducción de costos operativos.

Información de la Planta		Costo de Insumos	
Caudal total (l/s)	140	Gas Cloro (Lb)	\$ 2.651
Dosis máxima(ppm)	9	Hipoclorito 12% (Gal)	N/A
Ciclo	100%	Sal (lb)	\$ 200
Dem. Diaria de Cloro (lb)	246	kWh	\$ 380
Dem. Anual de Cloro (lb)	88.452		
Insumos Microclor (por lb de Cloro eq.)		Indicadores	
Sal (lb)	3	IPC (2016)	5,5%
Energía (kWh)	2	Tasa de Dcto.	8%

Ilustración 6.1 Información base para análisis de alternativas de desinfección PTAP Turbo

6.1.6 Metodología aplicada

Indicadores de Costo Eficiencia:

En el enfoque costo-eficiencia, el objetivo de la evaluación es identificar aquella alternativa de solución que presente el mínimo costo, para los mismos beneficios. Por ello, para poder aplicar este

enfoque es fundamental poder configurar alternativas que entreguen beneficios comparables, de tal forma de poder evaluar cuál de ellas es más conveniente desde el punto de vista técnico-económico.

• **Valor presente neto de costos:**

El análisis inicia comparando el Valor Presente Neto de los costos de operación de las alternativas obteniendo un Indicador de Costo Mínimo: Este tipo de indicadores se estudian para alternativas que producen similares beneficios, pero diferentes niveles de costos. (DNP, 2012)

Se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$VAC = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

donde:

I_0 : inversión inicial
 C_t : costos incurridos durante el periodo t
n : horizonte de evaluación
r : tasa social de descuento

Cifras en Millones de pesos, incluye: costo de insumos, mantenimiento y seguridad.

Tabla 6.5. Proyección de costos operativos de las alternativas Años 1 a 5

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Volumen de agua tratada (l/s)	140,0	141,6	143,2	144,8	146,4
Demanda Anual de Cloro (lb)	86.184	87.156	88.139	89.133	90.139
MicrOclor					
Mantenimiento Anual	\$ 6.000.000	\$ 6.330.000	\$ 6.678.150	\$ 7.045.448	\$ 7.432.948
Mano de Obra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Equipos y repuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 15.000.000	\$ 15.825.000
Costo Total O & M	\$ 6.000.000	\$ 6.330.000	\$ 6.678.150	\$ 22.045.448	\$ 23.257.948
Insumos MicrOclor					
Sal (lb)	258.552	261.468	264.418	267.400	270.417
Costo Sal (lb)	\$ 200	\$ 211	\$ 223	\$ 235	\$ 248
Costo Energía (kWh)	\$ 380	\$ 401	\$ 423	\$ 446	\$ 471
Costo Total de Sal	\$ 51.710.400	\$ 55.169.846	\$ 58.860.731	\$ 62.798.538	\$ 66.999.785
Costo Total de energía	\$ 65.499.840	\$ 69.881.805	\$ 74.556.926	\$ 79.544.814	\$ 84.866.394
Total Costo de Insumos	\$ 117.210.240	\$ 125.051.652	\$ 133.417.657	\$ 142.343.352	\$ 151.866.179
COSTO TOTAL (Año)	\$ 123.210.240	\$ 131.381.652	\$ 140.095.807	\$ 164.388.800	\$ 175.124.127
COSTO TOTAL ACUM.	\$ 123.210.240	\$ 254.591.892	\$ 394.687.699	\$ 559.076.500	\$ 734.200.627
Cloro Gaseoso					
Mantenimiento Anual	\$ 20.000.000	\$ 21.100.000	\$ 22.260.500	\$ 23.484.828	\$ 24.776.493
Mano de Obra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Equipos y repuestos	\$ 25.000.000	\$ 26.375.000	\$ 27.825.625	\$ 29.356.034	\$ 30.970.616
Equipos de Seguridad	\$ 22.000.000	\$ 23.210.000	\$ 24.486.550	\$ 25.833.310	\$ 27.254.142
Entrenamientos HAZMAT	\$ 8.000.000	\$ 8.440.000	\$ 8.904.200	\$ 9.393.931	\$ 9.910.597
Costo Total O & M	\$ 37.500.000	\$ 39.562.500	\$ 41.738.438	\$ 44.034.052	\$ 46.455.924
Insumos Cloro Gaseoso					
Cloro (lb)	86.184	87.156	88.139	89.133	90.139
Costo Cloro (lb)	\$ 2.651	\$ 2.797	\$ 2.951	\$ 3.113	\$ 3.285
Total Costo Insumos	\$ 228.501.363	\$ 243.788.195	\$ 260.097.723	\$ 277.498.365	\$ 296.063.117
COSTO TOTAL (Año)	\$ 266.001.363	\$ 283.350.695	\$ 301.836.161	\$ 321.532.417	\$ 342.519.041
COSTO TOTAL ACUM.	\$ 266.001.363	\$ 549.352.058	\$ 851.188.219	\$ 1.172.720.636	\$ 1.515.239.677
Ahorro Anual Proy.					
Ahorro Anual Proy.	\$ 142.791.123	\$ 151.969.044	\$ 161.740.353	\$ 157.143.616	\$ 167.394.914
Ahorro Acum. Proy.	\$ 142.791.123	\$ 294.760.166	\$ 456.500.520	\$ 613.644.136	\$ 781.039.050

Tabla 6.6 Proyección de costos operativos de las alternativas Años 6 a 10

	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
Volumen de agua tratada (l/s)	148,1	149,7	151,4	153,1	154,9
Demanda Anual de Cloro (lb)	91.156	92.184	93.224	94.275	95.339
MicrOclor					
Mantenimiento Anual	\$ 7.841.760	\$ 8.273.057	\$ 8.728.075	\$ 9.208.119	\$ 9.714.566
Mano de Obra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Equipos y repuestos	\$ 16.695.375	\$ 17.613.621	\$ 18.582.370	\$ 19.604.400	\$ 20.682.642
Costo Total O & M	\$ 24.537.135	\$ 25.886.677	\$ 27.310.445	\$ 28.812.519	\$ 30.397.208
Insumos MicrOclor					
Sal (lb)	273.467	276.552	279.671	282.826	286.016
Costo Sal (lb)	\$ 261	\$ 276	\$ 291	\$ 307	\$ 324
Costo Energía (kWh)	\$ 497	\$ 524	\$ 553	\$ 583	\$ 615
Costo Total de Sal	\$ 71.482.097	\$ 76.264.278	\$ 81.366.389	\$ 86.809.833	\$ 92.617.446
Costo Total de energía	\$ 90.543.990	\$ 96.601.419	\$ 103.064.093	\$ 109.959.122	\$ 117.315.431
Total Costo de Insumos	\$ 162.026.087	\$ 172.865.698	\$ 184.430.482	\$ 196.768.955	\$ 209.932.877
COSTO TOTAL (Año)	\$ 186.563.223	\$ 198.752.375	\$ 211.740.927	\$ 225.581.474	\$ 240.330.084
COSTO TOTAL ACUM.	\$ 920.763.850	\$ 1.119.516.225	\$ 1.331.257.151	\$ 1.556.838.625	\$ 1.797.168.709
Cloro Gaseoso					
Mantenimiento Anual	\$ 26.139.200	\$ 27.576.856	\$ 29.093.583	\$ 30.693.730	\$ 32.381.885
Mano de Obra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Equipos y repuestos	\$ 32.674.000	\$ 34.471.070	\$ 36.366.979	\$ 38.367.163	\$ 40.477.357
Equipos de Seguridad	\$ 28.753.120	\$ 30.334.542	\$ 32.002.942	\$ 33.763.103	\$ 35.620.074
Entrenamientos HAZMAT	\$ 10.455.680	\$ 11.030.742	\$ 11.637.433	\$ 12.277.492	\$ 12.952.754
Costo Total O & M	\$ 49.011.000	\$ 51.706.605	\$ 54.550.469	\$ 57.550.744	\$ 60.716.035
Insumos Cloro Gaseoso					
Cloro (lb)	91.156	92.184	93.224	94.275	95.339
Costo Cloro (lb)	\$ 3.465	\$ 3.656	\$ 3.857	\$ 4.069	\$ 4.293
Total Costo Insumos	\$ 315.869.858	\$ 337.001.677	\$ 359.547.224	\$ 383.601.077	\$ 409.264.143
COSTO TOTAL (Año)	\$ 364.880.858	\$ 388.708.283	\$ 414.097.693	\$ 441.151.822	\$ 469.980.178
COSTO TOTAL ACUM.	\$ 1.880.120.534	\$ 2.268.828.817	\$ 2.682.926.510	\$ 3.124.078.332	\$ 3.594.058.510
Ahorro Anual Proy.	\$ 178.317.635	\$ 189.955.908	\$ 202.356.766	\$ 215.570.348	\$ 229.650.094
Ahorro Acum. Proy.	\$ 959.356.685	\$ 1.149.312.592	\$ 1.351.669.359	\$ 1.567.239.707	\$ 1.796.889.800

Tabla 6.7. Proyección de costos operativos de las alternativas Años 11 a 15

	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15
Volumen de agua tratada (l/s)	156,6	158,4	160,2	162,0	163,8
Demanda Anual de Cloro (lb)	96.414	97.502	98.602	99.714	100.839
MicrOclor					
Mantenimiento Anual	\$ 10.248.867	\$ 10.812.554	\$ 11.407.245	\$ 12.034.643	\$ 12.696.549
Mano de Obra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Equipos y repuestos	\$ 21.820.187	\$ 23.020.298	\$ 24.286.414	\$ 25.622.167	\$ 27.031.386
Costo Total O & M	\$ 32.069.054	\$ 33.832.852	\$ 35.693.659	\$ 37.656.810	\$ 39.727.935
Insumos MicrOclor					
Sal (lb)	289.242	292.505	295.805	299.141	302.516
Costo Sal (lb)	\$ 342	\$ 360	\$ 380	\$ 401	\$ 423
Costo Energía (kWh)	\$ 649	\$ 685	\$ 722	\$ 762	\$ 804
Costo Total de Sal	\$ 98.813.590	\$ 105.424.258	\$ 112.477.183	\$ 120.001.952	\$ 128.030.131
Costo Total de energía	\$ 125.163.880	\$ 133.537.394	\$ 142.471.099	\$ 152.002.473	\$ 162.171.499
Total Costo de Insumos	\$ 223.977.470	\$ 238.961.652	\$ 254.948.283	\$ 272.004.425	\$ 290.201.629
COSTO TOTAL (Año)	\$ 256.046.524	\$ 272.794.505	\$ 290.641.942	\$ 309.661.235	\$ 329.929.564
COSTO TOTAL ACUM.	\$ 2.053.215.234	\$ 2.326.009.738	\$ 2.616.651.680	\$ 2.926.312.915	\$ 3.256.242.479
Cloro Gaseoso					
Mantenimiento Anual	\$ 34.162.889	\$ 36.041.848	\$ 38.024.150	\$ 40.115.478	\$ 42.321.829
Mano de Obra	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Equipos y repuestos	\$ 42.703.611	\$ 45.052.310	\$ 47.530.187	\$ 50.144.347	\$ 52.902.287
Equipos de Seguridad	\$ 37.579.178	\$ 39.646.033	\$ 41.826.565	\$ 44.127.026	\$ 46.554.012
Entrenamientos HAZMAT	\$ 13.665.156	\$ 14.416.739	\$ 15.209.660	\$ 16.046.191	\$ 16.928.732
Costo Total O & M	\$ 64.055.417	\$ 67.578.465	\$ 71.295.281	\$ 75.216.521	\$ 79.353.430
Insumos Cloro Gaseoso					
Cloro (lb)	96.414	97.502	98.602	99.714	100.839
Costo Cloro (lb)	\$ 4.529	\$ 4.778	\$ 5.041	\$ 5.318	\$ 5.610
Total Costo Insumos	\$ 436.644.078	\$ 465.855.741	\$ 497.021.677	\$ 530.272.626	\$ 565.748.077
COSTO TOTAL (Año)	\$ 500.699.495	\$ 533.434.206	\$ 568.316.957	\$ 605.489.147	\$ 645.101.506
COSTO TOTAL ACUM.	\$ 4.094.758.005	\$ 4.628.192.211	\$ 5.196.509.169	\$ 5.801.998.316	\$ 6.447.099.822
Ahorro Anual Proy.	\$ 244.652.971	\$ 260.639.702	\$ 277.675.016	\$ 295.827.912	\$ 315.171.942
Ahorro Acum. Proy.	\$ 2.041.542.771	\$ 2.302.182.473	\$ 2.579.857.489	\$ 2.875.685.401	\$ 3.190.857.343

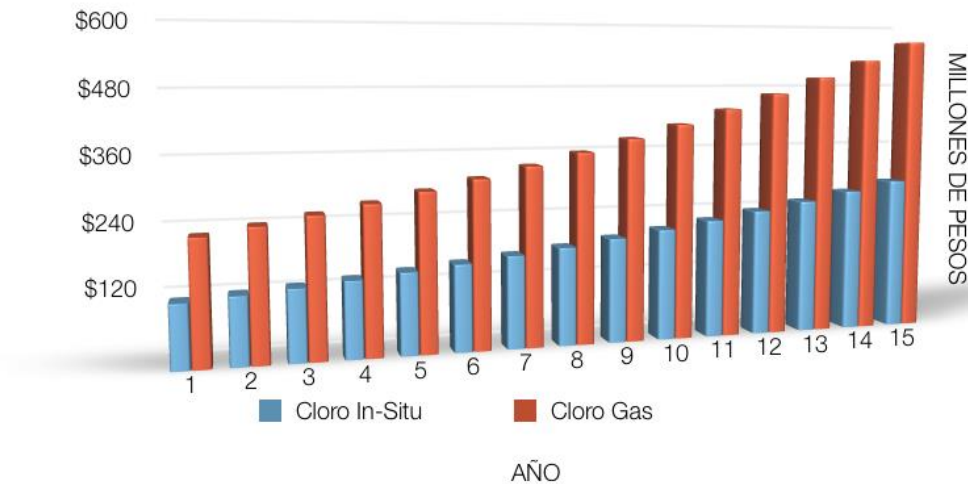


Ilustración 6.2 Comparación de costos operativos anuales Cloro gas vs. Generación de cloro in-situ

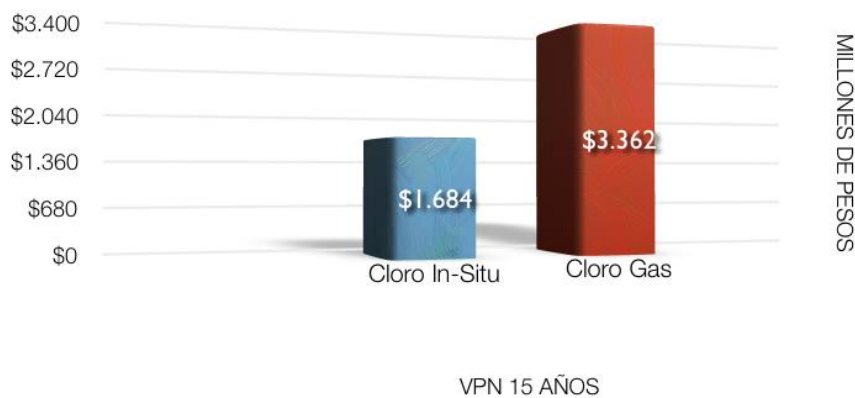


Ilustración 6.3 Comparativa de costo operativo de las alternativas (indicador de costo mínimo).

Cloro In-Situ representa a la PTAP Turbo más de \$1.500 Millones de pesos de ahorros en la desinfección a dinero de hoy (VPN)

Tabla 6.8 Ahorro en costo de insumo químico para las PTAP

Tecnología	Costo unitario \$/kg	Costo Cloro \$/M3	Ahorro %
Cloro In-Situ	\$ 2.720	\$ 25,55	49%
Cloro Gaseoso	\$ 5.303	\$ 49,82	

Valores en COP (IVA incluido)

El cloro In-Situ presenta un ahorro de 49% del costo en insumo químico respecto al insumo químico del cloro gaseoso.

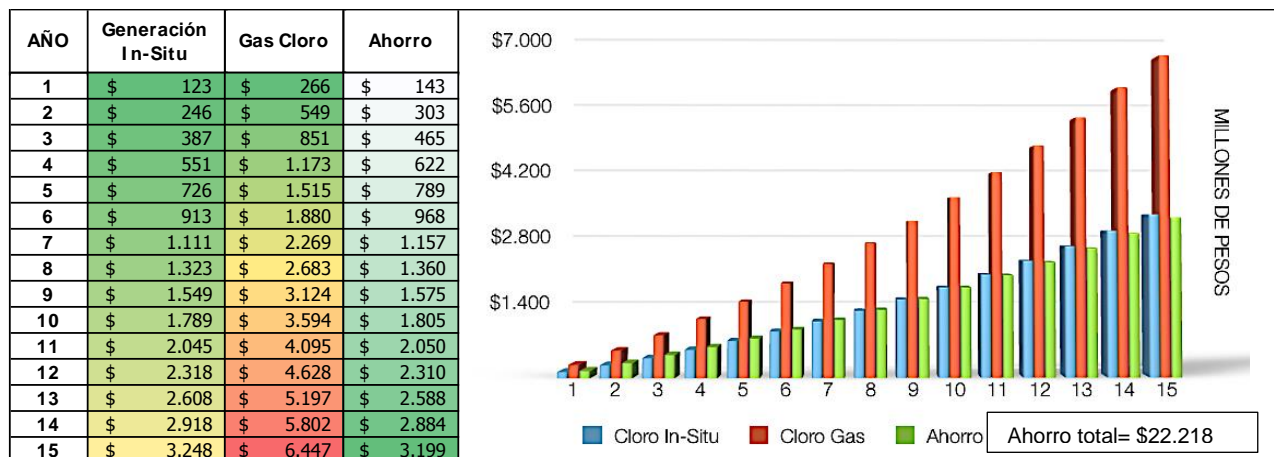


Ilustración 6.4 Proyección de costos y ahorros acumulados con la auto-generación de cloro

Por lo anterior se justifica la conveniencia de implementar el sistema de Generación de Cloro In-Situ en la PTAP Turbo, con el objeto principal de mitigar el Riesgo Tecnológico, y así mismo para brindar ahorros operativos y mejorar la compatibilidad ambiental de la planta. Se adjuntan a continuación, referencias de sistemas instalados en Colombia.

6.1.7 Referencias de sistemas tecnología generación in-situ en Colombia

Referencia: ACUEDUCTO CALDAS – GRUPO EPM
Producción: 160 Lt/Seg
Lugar: Caldas, Antioquia
Sistema: MicrOclor MC-60
Capacidad: 60 Lb Cloro/día
Fecha: AÑO 2010

En el año 2010 y tras una evaluación exhaustiva de las alternativas de desinfección existentes, la PTAP Caldas localizada en el municipio de Caldas, Antioquia, operada por Empresas Públicas de Medellín eliminó 100% el uso del cloro gaseoso, dados los antecedentes de micro-fugas que se presentaban usualmente durante la manipulación de los cilindros de cloro gaseoso que resultaban en afectación a la salud humana, sumado a la dificultad del control de un residual estable de cloro libre en la red de distribución. La tecnología seleccionada y adoptada a nivel corporativo para todas las plantas operadas directamente por EPM y por sus filiales, es la generación in-situ de hipoclorito de sodio, la cual únicamente emplea agua, sal y electricidad, siendo su principal beneficio la mitigación del riesgo asociado a la manipulación del gas, al mismo tiempo que garantiza el cumplimiento de la normatividad en términos del control del cloro residual en la red de distribución comprendido entre 0,3 y 2,0 mg/L (Res.2115 de 2007) según la normatividad colombiana aplicable. Así mismo la tecnología demostró ahorros significativos en la operación ya que el insumo generado in-situ resulta hasta un 35% más económico que el comprado a granel.



Ilustración 6.5 Uso de cloro gaseoso en formato de cilindros de 68kg ACUEDUCTO CALDAS – GRUPO EPM



Ilustración 6.6 Sistema de hipo-cloración (generación de hipoclorito de sodio in-situ) ACUEDUCTO CALDAS – GRUPO EPM.

Referencia: AGUAS DE MALAMBO GRUPO EPM
Producción: 450 Lt/Seg
Lugar: Malambo, Atlántico
Sistema: MicrOclor MC-300
Capacidad: 300 Lb Cloro/día
Fecha: Año 2014

La planta El Tesoro contaba con una capacidad previa de 200 Lt/Seg, para aumentar la disponibilidad del servicio a sus cerca de 180.000 usuarios, se llevó a cabo un proceso ampliación a 450 Lt/Seg en el cuál se aprovechó para optimizar el proceso de desinfección con el objetivo de eliminar el uso de cloro gaseoso y reducir los costos operativos de forma significativa.



Ilustración 6.7 planta El Tesoro - AGUAS DE MALAMBO GRUPO EPM



Ilustración 6.8 Sistema anterior con uso de cloro gaseoso en formato de cilindros de 1 Ton- AGUAS DE MALAMBO GRUPO EPM



Ilustración 6.9 Nuevo sistema generador in-situ y almacenamiento de nueva materia prima (SAL)- AGUAS DE MALAMBO GRUPO EPM

Referencia: EMPRESAS PÚBLICAS DE LA CEJA E.S.P
Producción: 110 Lt/Seg
Lugar: La Ceja, Antioquia
Sistema: MicrOclor LC-40S
Capacidad: 40 Lb Cloro/día
Fecha: Año 2015

La gerencia general estudió las diferentes alternativas para mitigar el riesgo que representa el uso del cloro gaseoso dado el creciente aumento en la población vecina que incluye obras civiles de urbanizaciones de vivienda y edificios alrededor de las instalaciones del acueducto. Se consideró instalar un sistema de contención de fugas, pero su alto costo de implementación frente a la nueva alternativa motivó a decidir por generar el cloro en sitio. Desde su implementación se ha podido reducir el consumo de cloro en un 30% gracias a la facilidad de uso y precisión del nuevo sistema.



Ilustración 6.10 SISTEMA ANTERIOR con Uso de cloro gaseoso en formato de cilindros de 68kg.- EMPRESAS PÚBLICAS DE LA CEJA E.S.P.



Ilustración 6.11 nuevo sistema uso microclor lc-40s, tanque de almacenamiento de cloro producido y sistema de aplicación. EMPRESAS PÚBLICAS DE LA CEJA E.S.P

Referencia: PLANTA VALLE SAN NICOLAS – GRUPO EPM
Producción: 200 Lt/Seg
Lugar: El Retiro, Antioquia
Sistema: MicrOclor MC-200
Capacidad: 200 Lb Cloro /día
Fecha: Año 2016

Nueva Planta de Tratamiento localizada en el Parque Natural Los Salados, Embalse La Fé, un total de 1.100 usuarios que residen o tienen sus negocios en el alto de Las Palmas, en jurisdicción de Envigado y El Retiro, se benefician con la inauguración de la planta de potabilización de agua situada en el parque Los Salados, con una capacidad de producción de 200 litros por segundo. Para esta moderna planta de tratamiento de agua potable, la tecnología de producción de cloro in-situ MicrOclor fue seleccionada e implementada gracias a su alta confiabilidad y eficiencia, sumada a la seguridad en la operación y con el fin de proteger a la comunidad vecina, que incluye un colegio de primaria en el mismo lote de la planta, el cloro gas no fue opción.





Ilustración 6.12 Nueva Planta de Tratamiento localizada en el Parque Natural Los Salados, Embalse La Fé y tecnología de producción de cloro in-situ - PLANTA VALLE SAN NICOLAS – GRUPO EPM

6.2 Componente de almacenamiento

Para mejorar la operación y distribución de agua potable en el Municipio de Turbo se dividió la zona de servicio en tres grandes sectores, los cuales serían abastecidos desde los tanques La Lucila y Casanova.

El sector 1 que comprende los subsectores 1 (La Lucila), Subsector 2 (Hoover Quintero, Monterrey II, Manizales), Subsector 3 (Jesús Mora, Julia Orozco, Gonzalo Mejía, Subsector 4 (Julia Orozco y Jesús Mora) seguirá siendo abastecido por el Tanque La Lucila.

El sector 2 que actualmente se abastece desde la planta, bombeando directamente a la red y que comprende los subsectores 5 (Buenos aires, Manuela Beltrán), subsector 6 (Las Flores y Buenos Aires), Subsector 7 (Santa fe), Subsector 8 (La Playa y Pescadores), Subsector 9 (Buenos aires, Las Flores, Gaitán, El Centro), Hospital y Villa María se abastecerá del Tanque La Lucila.

El sector 3 que comprende los subsectores: Subsector 10 (Obrero), Subsector 11 (Juan XXII Baltazar, Veranillo, El Centro), Subsector 12 Ciudadela, Monterrey, Veranillo), Subsector 13 (Las Delicias, Ciudadela Bolívar, Brisas del Mar, San Martín), Subsector 14 (Brisas del Mar I y II) y Subsector 15 (El Bosque y Brisas del Mar III) seguirá siendo abastecido por el tanque Casanova

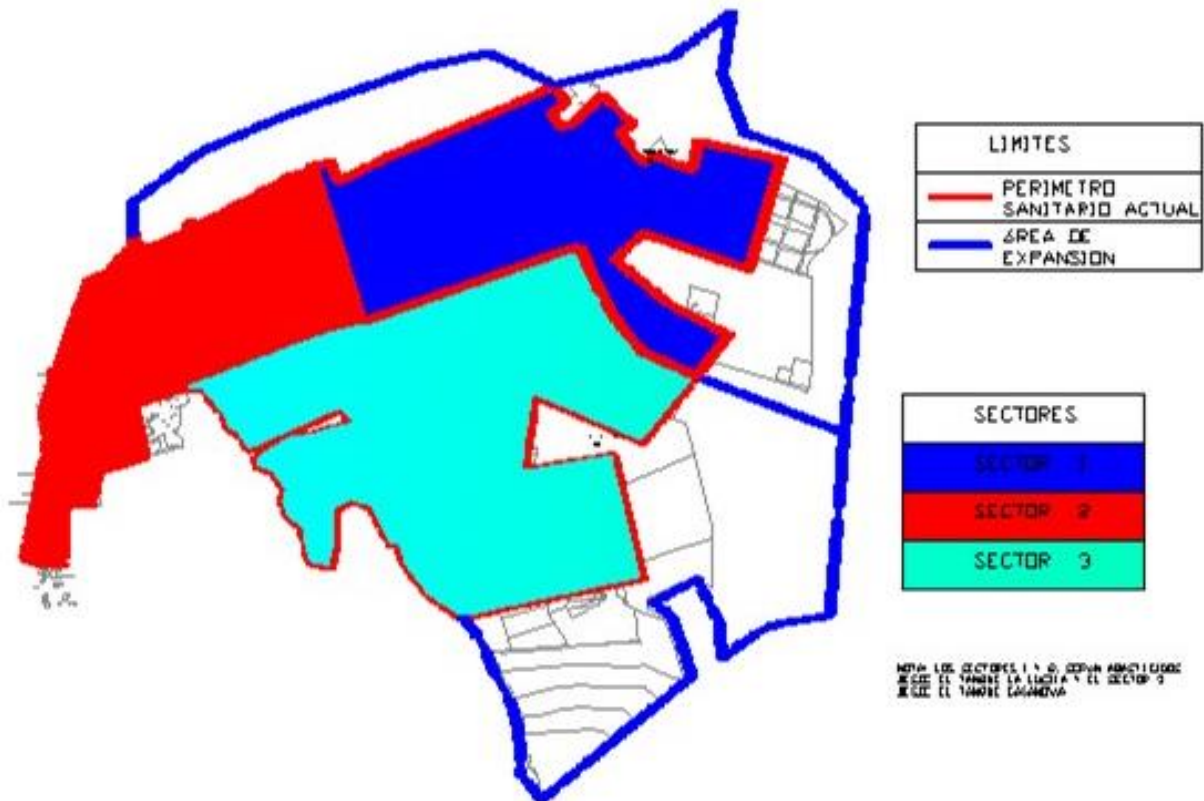


Ilustración 6.13 Sectores proyectados

Se presenta a continuación un completo análisis de la formulación y evaluación de las alternativas más viables para hacer factible el proyecto de almacenamiento de agua potable para el acueducto urbano del municipio de Turbo, sectores 1 y 2 del Tanque La Lucila:

Es importante precisar que para la evaluación técnica y económica de todas las alternativas planteadas se parte de la información existente; así como del proyecto presentado al Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio- MVCT el cual se denomina *Optimización y Extensión de Redes de Distribución Secundaria de Acueducto*

6.2.1 Alternativa 1. Tanque elevado sector Eccehomo

Consiste en proyectar un tanque de almacenamiento elevado en el sector Eccehomo, al cual llegaría el agua directamente de la PTAP a través de una línea de impulsión de 12" de diámetro y desde allí se distribuiría por gravedad al sector 2.

La gran desventaja de esta alternativa, sería que se requiere un nuevo sistema de bombeo; así como una nueva línea de impulsión con un diámetro de 12" y una longitud aproximada de 2877.13 metros; de los cuales 1053.11 irían por vía pública sin pavimentar y el resto, 1824 .02 metros quedarían en terrenos privados y el municipio tendría que gestionar su adquisición. Ver Esquema 1. Además, el municipio tendría que gestionar la compra de la faja de terreno donde se construiría el tanque de almacenamiento (500 m³) que es de aproximadamente 4900 m², convirtiéndose este aspecto en otro escollo grande a superar. En la Ilustración 6.14 se muestra la configuración de la alternativa.

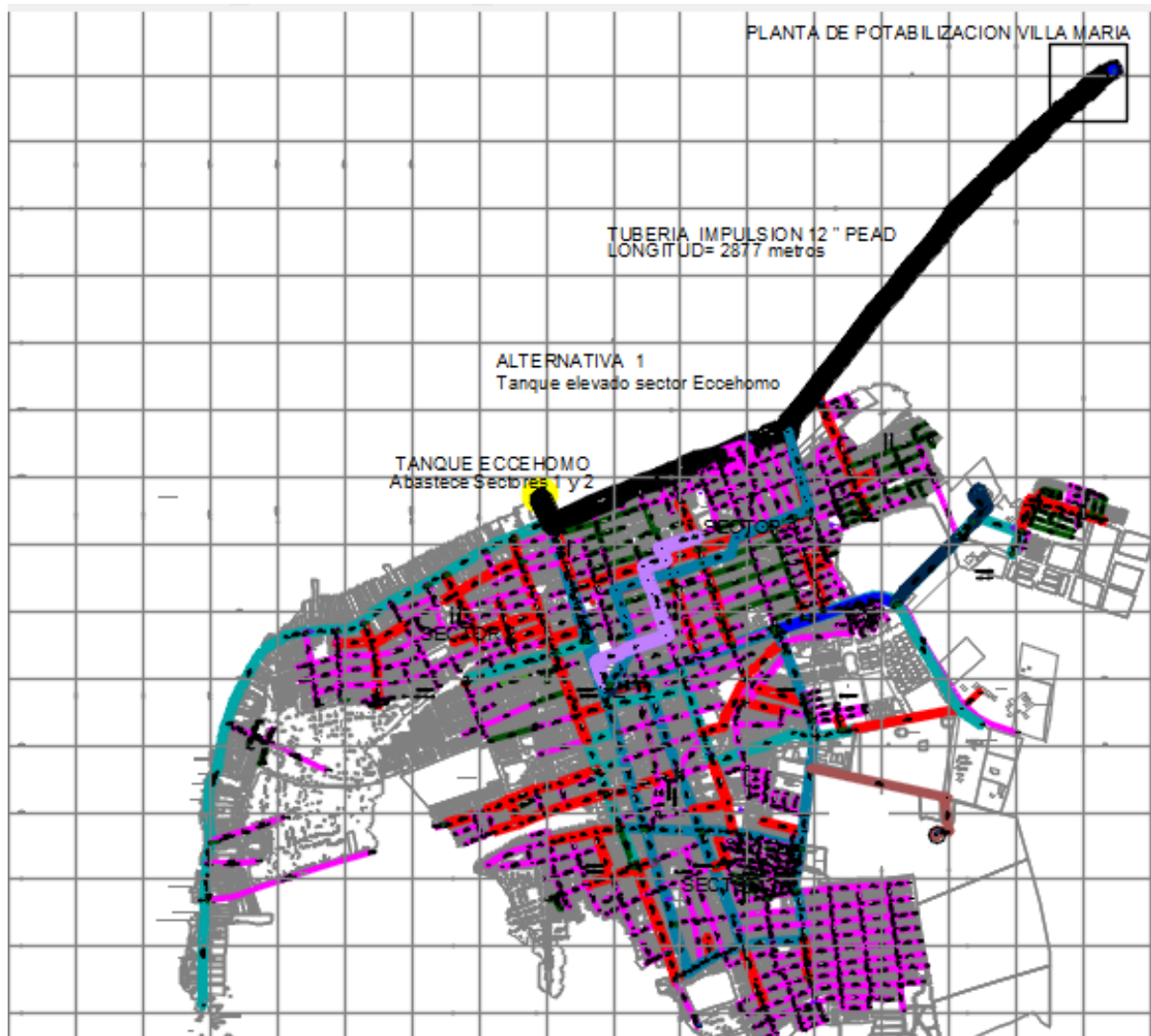


Ilustración 6.14. Esquema N° 1. Alternativa 1. Tanque elevado sector Eccehomo

6.2.2 Alternativa 2. Tanque nuevo sector la Lucila

Esta alternativa propone la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento de 2000m³, localizado a 170m de distancia del tanque elevado existente en el sector, en un lote de propiedad del municipio, el cual fue cedido para la ubicación de dicha estructura. El terreno posee una cota de 4.4 m.s.n.m; donde se proyectaría una losa en superficie y sobre esta iría el tanque de almacenamiento de 2000 m³ y la caseta de bombeo de 80 l/s (Ver esquema N° 2). Para esta alternativa no es necesario la construcción de una nueva impulsión, ya que se tiene contemplado el llenado del mismo con la impulsión ya existente.

El llenado del nuevo tanque La Lucila se hará a través de un nuevo sistema de bombeo y la adición de 170 m de impulsión en HF de 12" que saldrán desde el tanque existente hacia el nuevo tanque, para luego abastecer por gravedad los sectores 1 y 2.

Dado que se utilizarán los sistemas existentes, se disminuyen drásticamente los costos de inversión, ya que las obras nuevas son menores. Dicha situación reduce los impactos ambientales que podrían ser generados por la construcción de una nueva línea de impulsión.

Adicionalmente se encuentra la facilidad para la consecución del lote donde se construiría el tanque y la nueva estación de bombeo, puesto que es de propiedad del municipio y este accedió a entregarlo para la ejecución del proyecto.

Su mayor desventaja está asociada al cruce de la calle 108, ya que es una vía pavimentada y de mucho tráfico vehicular. En el esquema 2 se presenta el trazado de esta alternativa.

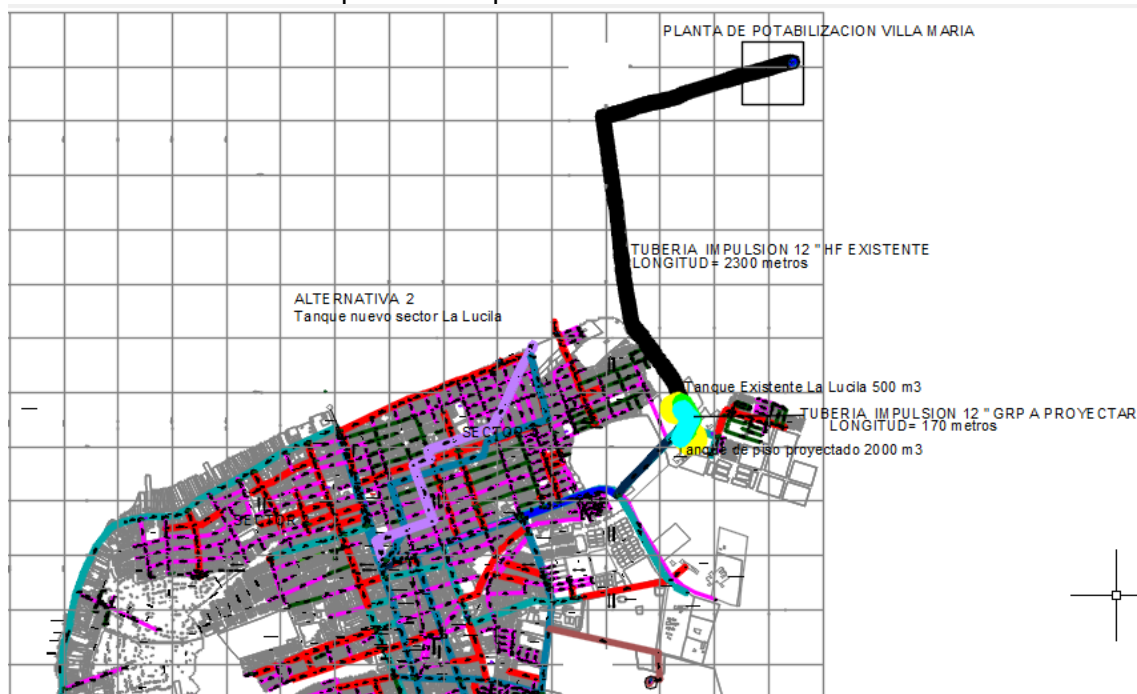


Ilustración 6.15. Esquema N° 2. Trazado de esta alternativa 2.

6.2.3 Alternativa 3. Variador de Velocidad

Esta alternativa consiste en bombear desde la PTAP directamente a la red utilizando la línea de impulsión que conducía el agua hasta el tanque el Tancón e instalar un variador de velocidad el cual hará más eficiente la utilización de los equipos de bombeo e impulsión de agua, controlando el caudal, tiempo de bombeo y consumo energético.

Con esta alternativa se utilizaría los 3284 m de tubería existente de 14" en asbesto cemento, aunque es importante mencionar que dicha tubería tiene cierto grado de deterioro y su trazado se encuentra en algunos tramos por debajo de las viviendas. Podría ser necesaria la reposición de toda la tubería y replantear el trazado de algunos tramos para poder garantizar la efectividad del sistema y realizar control de las fugas y conexiones mal realizadas, lo cual afectaría económicamente el sistema por los costos de consumo energético del bombeo. Además se requiere un sistema de bombeo nuevo.

6.2.4 Alternativa 4 Bombeo desde la PTAP hasta el tanque existente La Lucila

Esta alternativa propone bombear directamente desde la PPAP hasta el tanque elevado la Lucila aprovechando la infraestructura existente, específicamente lo referente a la servidumbre generada por la línea de impulsión que actualmente se tiene. Para ello se requiere aumentar el diámetro de los 2300m de tubería de 12" en HF a 18 y rediseñar el sistema de bombeo existente con el fin de satisfacer la demanda de los sectores 1 y 2.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de las características principales de del diseño de las impulsiones y conducciones requeridas para cada alternativa.



Calle 97ª Número 104 - 13 Barrio Humedal
Apartadó - Antioquia
Teléfono: 8286657
buzoncorporativo@aguasdeuraba.com
www.aguasdeuraba.com



Carrera 11 Número 22ª - 63
San Jerónimo - Antioquia
Teléfono: 858 02 96
buzoncorporativo@aguasdeoccidente.com
www.aguasdeoccidente.com

Tabla 6.9 Resumen de los Elementos Hidráulicos de las Alternativas

ALTERNATIVA	IMPULSIÓN		SISTEMA DE BOMBEO		ESTRUCTURAS	
	Ø (pulgadas)	LONGITUD (m)	EXISTENTE	NUEVO	EXISTENTE	NUEVAS
ALT. 1	12	2877.13		Se requiere un nuevo sistema de bombeo desde la PTAP y línea de impulsión		Tanque almacenamiento de 500 m3
ALT. 2	12	170	Se aprovecha la línea de impulsión existente (2300 m)	Se requiere un nuevo sistema de bombeo tanque nuevo a tanque existente.	Se aprovecha Tanque almacenamiento de 500 m³ existente	Tanque almacenamiento de 2000 m3
ALT. 3	14	3284	Se aprovecha el sistema de bombeo existente	Instalación del variador de velocidad		Reposición de los 3284 m de la tubería de impulsión
ALT. 4	18	2300			Se aprovecha Tanque almacenamiento de 500 m³ existente	Cambio de los 2300 m de tubería de impulsión de 12" a 18"

A continuación, se presenta la matriz de evaluación y selección de la alternativa más viable desde los puntos de vista técnico, económico, Ambiental y de servidumbres. La alternativa seleccionada será la que más puntaje obtenga en la evaluación. En la matriz siguiente se evalúan las alternativas de acuerdo con los siguientes aspectos:

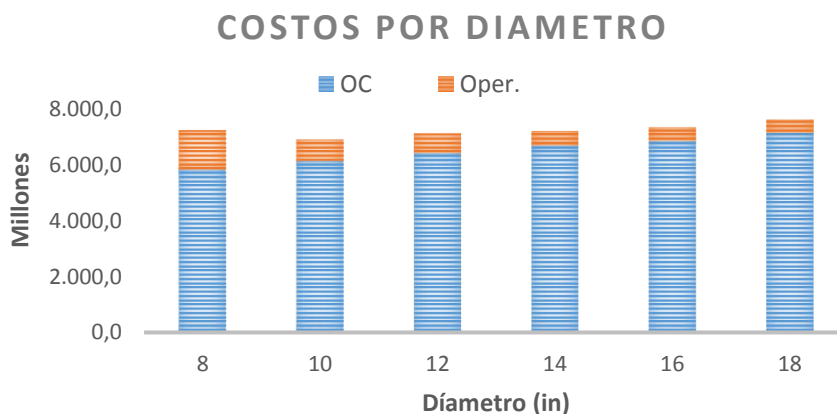
1. Técnico: Complejidad operativa, área de terrenos y facilidad de mantenimiento.
2. Económico: Costos constructivos, costos operativos y de mantenimiento (personal), costos consumo de energía y área requerida.
3. Ambiental y social: Impacto ambiental durante la construcción y operación, vulnerabilidad del sistema, aprovechamiento de infraestructura existente, nuevas servidumbres y, de hecho.

6.2.5 Análisis económicos de las alternativas

Alternativa 1. Tanque elevado sector Eccehomo: teniendo en cuenta los requerimientos antes mencionados en la descripción de las alternativas se realiza un análisis de costos de inversión y operación según un análisis de diámetro económico, se tuvo en cuenta costos del terreno, del tanque elevado, servidumbres, lote y construcción de la impulsión. se presenta la Tabla 6.10 con Gráfica 1. Para entrar en detalle del análisis económico ver ANEXO 09_ANEXO_PROY_POBLACION_CAUDALES / ANALISIS ECONOMICOS DE ALTERNATIVAS

Tabla 6.10. Análisis económico alternativa 1.

DIAM	OC	Oper.	Oper. + OC
8	5,847.9	1,400.26	7,248.15
10	6,148.7	764.69	6,913.40
12	6,439.5	683.60	7,123.11
14	6,699.8	510.95	7,210.71
16	6,865.7	482.19	7,347.87
18	7,147.9	468.54	7,616.42



Gráfica 1. Análisis económico alternativa 1

Alternativa 2. Tanque nuevo sector la Lucila: en esta alternativa se tiene en cuenta los costos del sistema de bombeo del tanque de 2000m3 al tanque elevado, el costo de instalación del tanque de 2000m3 + los costos de energía por operación. La red existente funcionaria en las mismas condiciones actuales, se presenta la ANEXO 09_ANEXO_PROY_POBLACION_CAUDALES / ANALISIS ECONOMICOS DE ALTERNATIVAS.

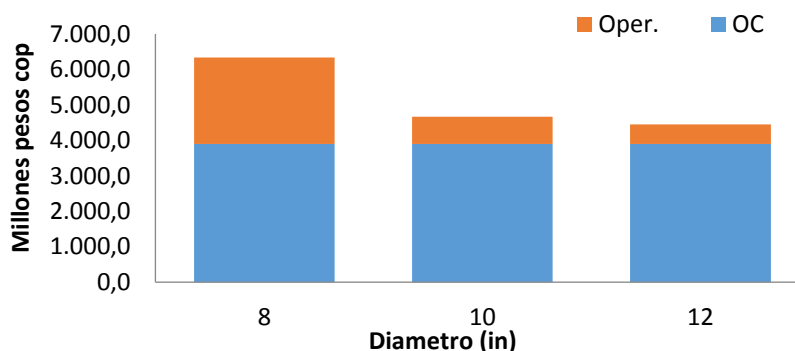
Tabla 6.11. Análisis económico alternativa 2ANEXO 09_ANEXO_PROY_POBLACION_CAUDALES / ANALISIS ECONOMICOS DE ALTERNATIVAS.

Tabla 6.11 con Gráfica 2 a modo de resumen de esta alternativa. Para entrar en detalle del análisis económico ver ANEXO 09_ANEXO_PROY_POBLACION_CAUDALES / ANALISIS ECONOMICOS DE ALTERNATIVAS.

Tabla 6.11. Análisis económico alternativa 2

DIÁM	OC	Oper.	Oper. + OC
8	3,900.0	2,438.84	6,338.84
10	3,900.0	763.63	4,663.63
12	3,900.0	549.87	4,449.87

COSTOS POR DIÁMETRO

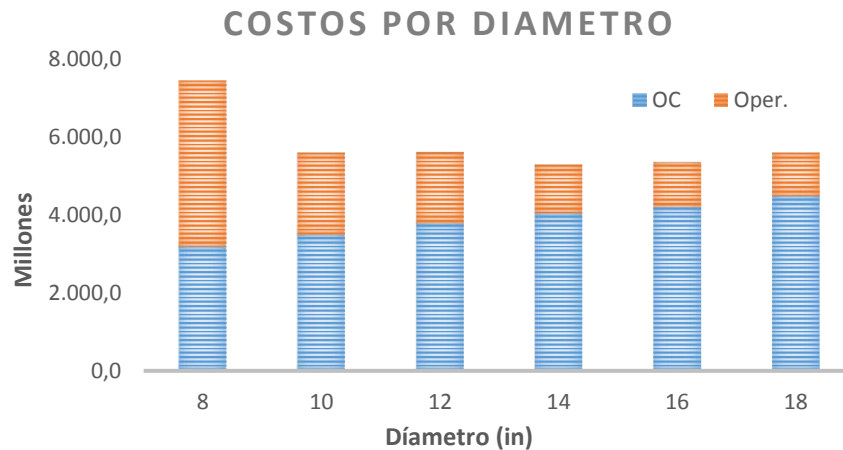


Gráfica 2. Análisis económico alternativa 2

Alternativa 3. Sistema de bombeo desde la PTAP a tanque elevado existente con variador de velocidad: En esta alternativa se necesita la construcción de una red de 14" con un variador velocidad el cual operaría las 24 horas del día. se presenta la Tabla 6.12 con Gráfica 3 a modo de resumen de esta alternativa. Para entrar en detalle del análisis económico ver ANEXO 09_ANEXO_PROY_POBLACION_CAUDALES / ANALISIS ECONOMICOS DE ALTERNATIVAS

Tabla 6.12. Análisis económico alternativa 3

DIÁM	OC	Oper.	Oper. + OC
8	3,197.9	4,259.06	7,456.95
10	3,498.7	2,106.17	5,604.88
12	3,789.5	1,830.85	5,620.36
14	4,049.8	1,250.19	5,299.94
16	4,215.7	1,153.56	5,369.23
18	4,497.9	1,107.76	5,605.63

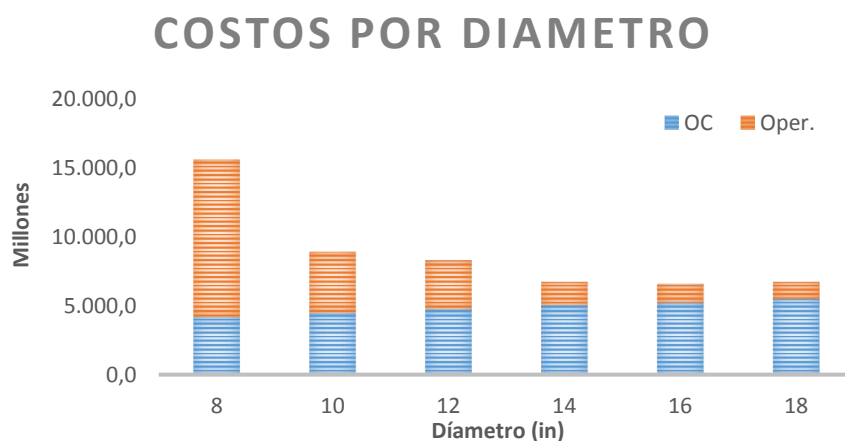


Gráfica 3. Análisis económico alternativa 3

Alternativa 4. Sistema de bombeo desde la PTAP a tanque elevado existente: En esta alternativa se necesita la construcción de una red de 18" con un sistema de bombeo operando 13 horas al día, en esta alternativa se tienen en cuenta los costos del sistema de bombeo, las servidumbres y la construcción de la red. Se presenta la Tabla 6.13 con Gráfica 4 a modo de resumen de esta alternativa. Para entrar en detalle del análisis económico ver ANEXO 09_ANEXO_PROY_POBLACION_CAUDALES / ANALISIS ECONOMICOS DE ALTERNATIVAS

Tabla 6.13. Análisis económico alternativa 4

DIÁM	OC	Oper.	Oper. + OC
8	4,197.9	11,417.14	15,615.03
10	4,498.7	4,422.72	8,921.42
12	4,789.5	3,520.11	8,309.61
14	5,049.8	1,680.42	6,730.17
16	5,215.7	1,375.40	6,591.08
18	5,497.9	1,231.76	6,729.63



Gráfica 4. Análisis económico alternativa 4

Tabla 6.14 Matriz de evaluación de las Alternativas de Trazado

Parámetros de evaluación	Variables a evaluar	Puntaje máximo	Alternativa 1 Tanque elevado sector Eccehomo	Alternativa 2 Tanque nuevo sector la Lucila	Alternativa 3 Variador de Velocidad	Alternativa 4 Bombeo desde la PTAP hasta el tanque existente La Lucila
			Puntaje asignado	Puntaje asignado	Puntaje asignado	Puntaje asignado
Técnicos	Complejidad operativa	5	3	4	3	2
	Área de terrenos	10	2	3	3	3
	Facilidad de mantenimiento	5	1	4	2	2
Económicos	Costos constructivos	10	3	9	2	10
	Costos operativos y de mantenimiento	10	2	10	9	3
	Área requerida	10	3	7	8	8
	Costo consumo de energía	10	2	9	8	0
Ambientales y sociales	Impactos durante la construcción	5	0	3	1	2
	Impactos durante la operación	5	0	3	4	3
	Vulnerabilidad del sistema	5	4	5	3	3
	Aprovechamiento de infraestructura existente	10	0	10	5	5
	Servidumbre de hecho	10	3	10	5	10
	Nuevas servidumbres	5	0	5	5	5
Puntaje total		100	23	82	58	56

De acuerdo con la valoración cualitativa de las alternativas, se selecciona la número 2, que consiste construir un tanque nuevo de 2000 m³. Se aprovecharía la tubería de impulsión existente (2300 m) que sale de la PTAP en dirección al tanque elevado existente de la Lucila, pero no descargaría a este, sino al nuevo de 2000 m³ localizado a 170 metros de este, en un lote de propiedad del municipio. Desde este tanque, a través de un nuevo sistema de bombeo, se impulsaría el agua hasta el tanque de la Lucila, una altura de 35 m y de allí se abastecería por gravedad los dos sectores 1 y 2.

7 PROYECCIÓN DE POBLACIÓN Y DEMANDA

7.1 Levantamiento de información

La determinación del número de habitantes y su distribución espacial es un parámetro fundamental para estimar el caudal de diseño de los diferentes componentes del sistema a diseñar. El crecimiento de la población es función de factores sociales, culturales y económicos y está ligado a futuros desarrollos turísticos, industriales y comerciales.

La forma lógica de cálculo de la población futura se realiza considerando los datos de los censos realizados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, DANE, los cuales fueron efectuados en julio 15 de 1964, octubre 24 de 1973, octubre 15 de 1985, octubre 24 de 1993, en 2005 y 2016.

En la tabla siguiente se muestra la información intercensal brindada por el DANE.

Tabla 7.1. Población Censos 1964 - 2016

POBLACIÓN CABECERA TURBO		
AÑO	POBLACIÓN	FUENTE
1964	7553	Anuario Estadístico de Antioquia, Censos del Dane
1973	13320	
1985	27775	
1993	36233	
2005	47259	
2016	65307	

Basados en la dinámica poblacional de la región y el municipio se establecieron las siguientes tasas de crecimiento.

Tabla 7.2. Tasas de crecimiento definidas para el municipio de Turbo según DANE

TASA DE CRECIMIENTO			
AÑOS COMPARADOS	PROYECCIÓN GEOMÉTRICA r (%)	PROYECCIÓN EXPONENCIAL (k)	PROYECCIÓN WAPPAUS i (%)
1964-1973	6,506492406	0,063035759	6,139776532
1973-1985	6,315312538	0,061239139	5,862432575
1985-1993	3,378750402	0,033229246	3,303493313
1993-2005	2,238629572	0,022139401	2,201009278
1964-2005	4,57395602	0,044724348	3,533675197
2005-2016	2,984170036	0,029405101	2,91513827
Promedio tasa de Crecimiento Municipio de Turbo	4,332885162	0,042295499	3,992587528
Tasas de Crecimiento Asumidas Zona de Urabá	3,7	0,037	3,7

Se manejarán las siguientes tasas, las cuales varían cada 10 años en el período de diseño; esto se presenta por el actual crecimiento poblacional, pero se pretende que a 30 años este comportamiento será estable y se obtendrá una tasa del 2%.

Tabla 7.3. Tasas de crecimiento definidas para la zona de Urabá

Tasas de Crecimiento Asumidas para la Zona de Urabá	
AÑO	TASA
2013-2023	3,7
2023-2033	3
2033-2045	2

7.2 Marco teórico proyección de la población

La tasa de crecimiento y las proyecciones de la población se calcularon por los métodos establecidos por el RAS 2000. Las ecuaciones a considerar son:

7.2.1 Aritmético

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \times (T_f - T_{uc})$$

Dónde:

Pf = Población futura

Puc = Población último censo

Pci = Población censo inicial

Tuc = año último censo

Tci = año censo inicial

Tf = año futuro

7.2.2 Método geométrico

Supone una población con velocidad de crecimiento variable, pero aceleración constante y presenta una forma próxima al crecimiento vegetativo (curva de interés compuesto). Es aplicable a poblaciones que muestran una importante actividad económica que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión, las cuales pueden ser fácilmente dotadas de servicios públicos. Las formulas empleadas son las siguientes:

$$P_2 = P_1 * (1 + r)^n$$

$$r = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{1/m} - 1$$

Donde:

P₂ = Población en el último año del periodo de diseño.

P₁ = Población en el año t₁ (Último censo).

P₀ = Población en el año t₀ (penúltimo censo).

n = t₂ - t₁.

m = t₁ - t₀.

t₂ = Último año del periodo de diseño

t₁ = Año del censo P₁ (Último censo).

t_0 = Año del censo P_0 (penúltimo censo).

r = Tasa de crecimiento geométrico.

7.2.3 Método exponencial o de variación logarítmica

Para su aplicación se requieren datos de por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Su aplicación se recomienda para poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión. Las ecuaciones empleadas son las siguientes:

$$P_3 = P_2 * e^{k(t_2-t_1)}$$

$$k = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1}$$

Donde:

P_3 = Población en el último año del periodo de diseño.

P_2 = Población en el año t_2 (Último censo).

P_1 = Población en el año t_1 (penúltimo censo).

P_0 = Población en el año t_0 (antepenúltimo censo).

t_3 = Último año del periodo de diseño (30 de junio del año en cuestión).

t_2 = Año del censo P_2 (Último censo).

t_1 = Año del censo P_1 (penúltimo censo).

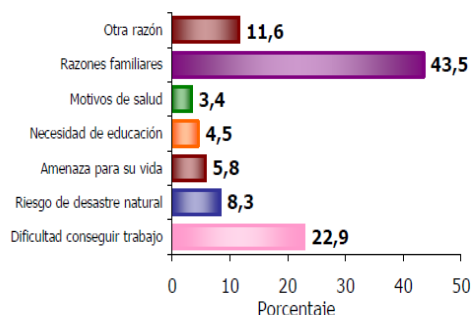
t_0 = Año del censo P_0 (antepenúltimo censo).

n = Periodo comprendido entre el último censo considerado (t_2) y el último año del periodo de diseño (t_3).

7.3 Determinación población flotante

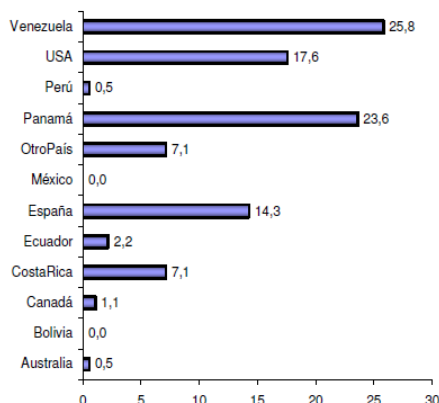
El censo del DANE 2010, presenta situaciones migratorias que decidieron tenerse en cuenta, toda vez que se evidencia en el día a día la ocurrencia del mismo, los cuales son desplazamientos por motivos de trabajo y estudio, población que usualmente retorna los fines de semana, en temporada de vacaciones o fiestas decembrinas.

Causa cambio de residencia durante los últimos cinco años



Del total de hogares censados el 0,5% tiene experiencia emigratoria internacional.

Personas viviendo en el exterior



La población de Turbo que cambió de residencia en los últimos cinco años, lo hizo por:

22,9% Dificultad para conseguir trabajo.
43,5% lo hizo por Razones familiares.
11,6% por Otra razón.
5,8% por Amenaza para su vida.

Ilustración 7.1 Migración

A continuación, se aprecia la población flotante para el año 2016 y la proyectada al final del periodo de diseño, año 2046.

Tabla 7.4. Proyección de la población flotante

AÑO	Método aritmético	Método geométrico	Método exponencial	Método WAPPAUS
Tasa	0,037			
2016	6530,7	6530,7	6530,7	6530,7
2017	6748,39	6772,3359	6776,861811	6776,89042
2018	6966,08	7022,91233	7032,302205	7032,53988
2019	7183,77	7282,76008	7297,370918	7298,20418
2020	7401,46	7552,22221	7572,430872	7574,48359
2021	7619,15	7831,65443	7857,858667	7862,02727
2022	7836,84	8121,42564	8154,045097	8161,53847
2023	8054,53	8421,91839	8461,395689	8473,78018
2024	8272,22	8733,52937	8780,331253	8799,58169
2025	8489,91	9056,66996	9111,288462	9139,84589
2026	8707,6	9391,76675	9454,720448	9495,55767
Tasa	0,03			
2027	8925,29	9673,51975	9742,659553	9784,76247
2028	9142,98	9963,72534	10039,36771	10082,9118
2029	9360,67	10262,6371	10345,11197	10390,427
2030	9578,36	10570,5162	10660,16754	10707,7565
2031	9796,05	10887,6317	10984,81797	11035,3778
2032	10013,74	11214,2607	11319,35548	11373,7998
2033	10231,43	11550,6885	11664,08118	11723,5656

AÑO	Método aritmético	Método geométrico	Método exponencial	Método WAPPAUS
2034	10449,12	11897,2091	12019,30534	12085,2552
2035	10666,81	12254,1254	12385,34768	12459,489
2036	10884,5	12621,7492	12762,53767	12846,931
Tasa	0,02			
2037	11102,19	12874,1841	13020,35803	13106,4649
2038	11319,88	13131,6678	13283,38671	13371,2955
2039	11537,57	13394,3012	13551,72892	13641,5865
2040	11755,26	13662,1872	13825,49201	13917,5085
2041	11972,95	13935,431	14104,78547	14199,2395
2042	12190,64	14214,1396	14389,72104	14486,9647
2043	12408,33	14498,4224	14680,41269	14780,8776
2044	12626,02	14788,3908	14976,9767	15081,1798
2045	12843,71	15084,1586	15279,5317	15388,0821
2046	13061,4	15385,8418	15588,19871	15701,8045

Ver anexo 09_ANEXO_PROY_POBLACION_CAUDALES

7.4 Tasa de crecimiento

De los valores allí extraídos, el promedio de los porcentajes revelan una razón de migración promedio del 16,77%, con el ánimo de ser prudentes en la selección del porcentaje asignado para la población flotante, y en consecuencia velar por la no sobre dimensión pero al mismo tiempo la no sub dimensión de la infraestructura a diseñar, ya que no toda la población retorna de manera sincrónica, o toda la población migratoria corresponde al área urbana, y a que el censo del DANE no especifica valores para migraciones a otros municipios del país, se optó por trabajar únicamente con un valor del 10%, porcentaje que permite al diseñador tener un parte de tranquilidad en la calidad del entregable en cuanto a la garantía de cumplimiento de un horizonte de diseño a una población de saturación.

7.5 Proyección de la población

Una vez las regiones se ven favorecidas por la inversión en industria, comercio e institución, reducción de los índices de violencia, aumento en la calidad de vida por acceso a servicios públicos domiciliarios de calidad, el crecimiento de la población se puede representar a través de una función exponencial; pero cuando el auge ha pasado, hay equilibrio entre la demanda y la oferta, las oportunidades de emprendimiento versus empleabilidad, se empiezan a identificar comportamientos vegetativos, los cuales tienden a presentar tasas promedios de ciudades desarrolladas que oscilan alrededor del 2%, situación que se visiona ocurra en el municipio de Turbo y razón por la cual se estableció una tasa de crecimiento de la población promedio a lo largo del horizonte de **1.28%**.

Para el cálculo del número de viviendas se tuvo en cuenta un índice ocupacional de 4,40 hab/viv, información suministrada por el censo realizado por el DANE el 13 de septiembre de 2010.

Tabla 7.5 Proyección de la población

Año	PROYECCIÓN GEOMÉTRICA	PROYECCIÓN ARITMÉTICO	PROYECCIÓN EXPONENCIAL	PROYECCIÓN WAPPAUS	PROYECCIÓN PROMEDIO	PROYECCIÓN VIVIENDAS
Tasa	3,70%					
2016	71838	71838	71838	71838	71838	16327
2017	74496	73166	74545	74546	74188	16931
2018	77252	74494	77355	77358	76615	17557
2019	80110	75823	80271	80280	79121	18207
2020	83074	77151	83297	83319	81710	18881
2021	86148	78479	86436	86482	84387	19579
2022	89336	79808	89694	89777	87154	20304
2023	92641	81136	93075	93212	90016	21055
2024	96069	82464	96584	96795	92978	21834
2025	99623	83793	100224	100538	96045	22642
2026	103309	85121	104002	104451	99221	23479
Tasa	3,00%					
2027	106409	86449	107169	107632	101915	24184
2028	109601	87778	110433	110912	104681	24909
2029	112889	89106	113796	114295	107522	25657
2030	116276	90435	117262	117785	110439	26426
2031	119764	91763	120833	121389	113437	27219
2032	123357	93091	124513	125112	116518	28036
2033	127058	94420	128305	128959	119685	28877
2034	130869	95748	132212	132938	122942	29743
2035	134795	97076	136239	137054	126291	30635
2036	138839	98405	140388	141316	129737	31554
Tasa	2,00%					
2037	141616	99733	143224	144171	132186	32185
2038	144448	101061	146117	147084	134678	32829
2039	147337	102390	149069	150057	137213	33486
2040	150284	103718	152080	153093	139794	34155
2041	153290	105046	155153	156192	142420	34839
2042	156356	106375	158287	159357	145093	35535
2043	159483	107703	161485	162590	147815	36246
2044	162672	109031	164747	165893	150586	36971
2045	165926	110360	168075	169269	153407	37710
2046	169244	111688	171470	172720	156281	38465

Ver anexo 09_ANEXO_PROY_POBLACION_CAUDALES

7.6 Nivel De Complejidad Del Sistema

De acuerdo con la metodología RAS/2000, el nivel de complejidad está en función de la población proyectada y de la capacidad económica de los usuarios y a su vez, la población proyectada depende del nivel de complejidad; para lo cual se proyectó la población a 30 años como lo sugiere la resolución 2320 de 2009 y se evaluó la capacidad económica para luego definir el nivel de complejidad.

Para determinar el nivel de complejidad se tiene como referencia la Tabla A.3.1 del RAS/2000.

Tabla 7.6 Asignación del nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Población de la zona ⁽¹⁾ (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios ⁽²⁾
Bajo	< 2.500	Baja
Medio	2.501 a 12.500	Baja
Medio Alto	12.501 a 60.000	Media
Alto	> 60.000	Alta

Fuente: RAS/2000 Tabla A.3.1.

Notas: (1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.

(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP.

La cabecera municipal de Turbo se ubica en un nivel de **complejidad Alto**, según la población calculada en la Tabla 7.5, donde el rango se ubica en > 60.000 habitantes.

Con respecto a la capacidad económica, se considera que los sectores de diseño corresponden a un Nivel Medio, por lo que no cuenta con zona industrial ni comercial, pero a futuro, establece zonas de expansión con uso que posibilitará el crecimiento económico.

Continuando con lo establecido por el RAS/2000, se compara el crecimiento poblacional y la capacidad económica, y se determina nivel de **complejidad Alto**.

8 DEMANDAS MÁXIMAS DE AGUA POTABLE

8.1 Dotación neta actual

Para la determinación de este dato se utilizará la dotación máxima sugerida en el reglamento técnico del sector de agua potable, en la que se asigna una dotación máxima de **18 m3/sus*mes** según su nivel de complejidad alto.

A continuación se presenta la tabla donde se establecen las dotaciones reglamentarias

Tabla 8.1. Dotación por suscriptor según el nivel de complejidad del sistema

Nivel de complejidad del sistema	Dotación por suscriptor (m3/sus*mes) Clima templado y frío	Dotación por suscriptor (m3/sus*mes) Clima cálido
Bajo	10,8	12
Medio	13,8	15
Medio alto	15	16,2
Alto	16,8	18

Entiéndase por poblaciones con “Clima Frío o Templado” aquellas ubicadas a una altura superior a 1000 msnm y por poblaciones con “Clima Cálido” aquellas ubicadas a una altura inferior o igual a 1000 msnm.

8.2 Dotación bruta

Las redes de acueducto del municipio de Turbo cuentan con tuberías en mal estado donde se presentan regularmente perdidas por fugas. Adicionalmente no se posee un sistema dotado de macro medición y micro medición que permita establecer con exactitud las pérdidas.

Sin embargo, el índice de calidad operativa tiene establecido que para 2016 se generaron perdidas en la red del 66,71%, las cuales reducirán gradualmente con la optimización del sistema de acueducto, logrando pérdidas del 25% a partir del año 2020 (ver Tabla 8.3), cumpliendo así con el porcentaje máximo permitido por el RAS 2000.

Para el año 2016:

Donde

Población: 111265 hab

Pérdidas: 66,71%

Densidad poblacional: 4,4 hab/sus

$$\text{Dotación bruta} = \frac{\text{Dotación neta}}{1 - \%p} = \frac{18 \frac{m^3}{sus * mes}}{1 - 66,71\%} = 54,07 \frac{m^3}{sus * mes}$$

$$\text{Demanda media (Qmd)} = 54,07 \frac{m^3}{cl * mes} * \frac{1000l}{1m^3} * \frac{1 mes}{30 d} * \frac{1 d}{86400 s} * 11265 cl = 235,0 \frac{l}{s}$$

Proyección a 2046:

Donde

Población: 25384 hab

Pérdidas: 25,0%

$$\text{Dotación bruta} = \frac{\text{Dotación neta}}{1 - \%p} = \frac{12,43 \frac{m^3}{sus * mes}}{1 - 25,0\%} = 16,58 \frac{m^3}{sus * mes}$$

$$\text{Demanda media (Qmd)} = 16,58 \frac{m^3}{cl * mes} * \frac{1000l}{1m^3} * \frac{1 mes}{30 d} * \frac{1 d}{86400 s} * 25384 cl = 162,33 \frac{l}{s}$$

Nótese que a medida que transcurre el tiempo a pesar de que la población asentada en la cabecera municipal aumenta, los valores de dotación por vivienda tienden a disminuir.

8.3 Coeficiente de consumo máximo diario (k1)

Este coeficiente se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un período mínimo de un año. Como en el Municipio de Turbo no se tiene dicha información, se asume un valor de 1.30, establecido en el RAS 2000.

8.4 Coeficiente de consumo máximo horario (k2)

Coeficiente de consumo máximo horario (k2) puede calcularse para el caso de ampliaciones o extensiones de sistemas de acueducto, como la relación entre el caudal máximo horario, QMH, y el caudal máximo diario, QMD, registrados durante un período mínimo de un año, sin incluir los días en que ocurran fallas relevantes en el servicio.

A continuación se muestra la curva de demanda del municipio de turbo suponiendo una continuidad del servicio del 100%.

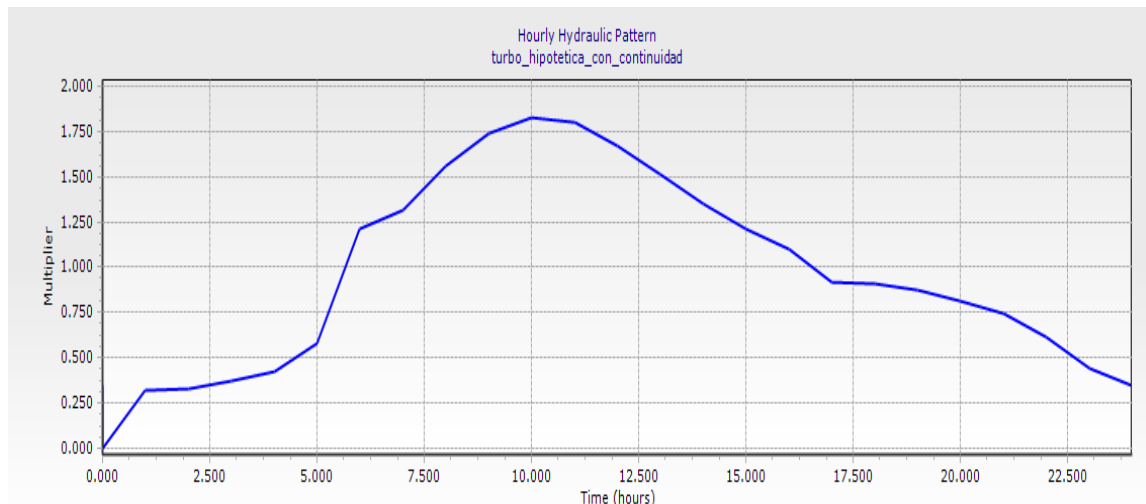


Ilustración 8.1. Curva de demanda del municipio de turbo

Tabla 8.2. Resultados curva de demanda

Horas	Coeficiente
1.000	0.325
2.000	0.333
3.000	0.370
4.000	0.427
5.000	0.581
6.000	1.209
7.000	1.313
8.000	1.558
9.000	1.738
0.000	0.000
10.000	1.826
11.000	1.804
12.000	1.669
13.000	1.513
14.000	1.353
15.000	1.211
16.000	1.103
17.000	0.918
18.000	0.909
19.000	0.879
20.000	0.813

Horas	Coefficiente
21.000	0.746
22.000	0.617
23.000	0.438
24.000	0.348

El coeficiente de consumo máximo horario (k2) se estableció de acuerdo al mayor valor arrojado por la curva de demanda, donde el valor obtenido fue **1,83**.

8.5 Caudal máximo diario (Q_{MD})

El caudal medio diario, Q_{md}, es el caudal calculado para la población proyectada al periodo de diseño, según la dotación bruta obtenida anteriormente y se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

Para el año 2016:

$$Q_{MD} = \text{Demanda media} * \text{Factor de consumo} = Q_{md} * k1$$

$$Q_{MD} = 235,00 \frac{l}{s} * 1,30 = 305,49 \frac{l}{s}$$

Proyectado a 2046:

$$Q_{MD} = 162,33 \frac{l}{s} * 1,30 = 211,03 \frac{l}{s}$$

8.6 Caudal máximo horario (Q_{MH})

Corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, k2 según la siguiente ecuación:

Para el año 2016:

$$Q_{MH} = Q_{MD} * K2$$

$$Q_{MH} = 305,49 \frac{l}{s} * 1,83 = 557,82 \frac{l}{s}$$

Proyectado a 2046:

$$Q_{MH} = 211,03 \frac{l}{s} * 1,83 = 385,34 \frac{l}{s}$$

En la tabla siguiente se muestran los resultados de la proyección de demandas.

Tabla 8.3 Proyección de Población y Demandas Máximas de Agua Potable

AÑO	POBLACIÓN PERMANENTE TOTAL (hab)	POBLACIÓN FLOTANTE (hab)	POBLACIÓN (hab)	COBERTURA ACUEDUCTO (%)	USUARIOS	DOTACIÓN NETA (m3/cl-mes)	PÉRDIDAS (%)	DOTACIÓN BRUTA (m3/cl-mes)	DEMANDA MEDIA qmd = (l/s)	FACTOR DE CONS MÁX. DIARIO (K ₁)	DEMANDA MÁXIMA QMD = (l/s)	FACTOR DE CONS MÁX. HORARIO (K ₂)	CAUDAL MÁX. HORARIO QMH = (l/s)
2.016	65.307	6.531	71.838	69,0%	11.265	18,00	66,71%	54,07	235,00	1,30	305,49	1,83	557,82
2.017	66.418	6.748	73.166	70,0%	11.640	17,58	66,10%	51,84	232,83	1,30	302,7	1,83	552,69
2.018	67.528	6.966	74.494	89,7%	15.187	17,37	35,00%	26,72	156,54	1,30	203,50	1,83	371,59
2.019	68.639	7.184	75.823	100,0%	17.232	17,16	30,00%	24,52	162,99	1,30	211,88	1,83	386,89
2.020	69.750	7.401	77.151	100,0%	17.534	16,96	25,00%	22,61	152,95	1,30	198,83	1,83	363,06
2.021	70.860	7.619	78.479	100,0%	17.836	16,76	25,00%	22,34	153,73	1,30	199,85	1,83	364,93
2.022	71.971	7.837	79.808	100,0%	18.138	16,56	25,00%	22,08	154,48	1,30	200,82	1,83	366,70
2.023	73.082	8.055	81.136	100,0%	18.440	16,36	25,00%	21,81	155,19	1,30	201,74	1,83	368,38
2.024	74.192	8.272	82.464	100,0%	18.742	16,17	25,00%	21,56	155,85	1,30	202,61	1,83	369,97
2.025	75.303	8.490	83.793	100,0%	19.044	15,97	25,00%	21,30	156,49	1,30	203,44	1,83	371,48
2.026	76.414	8.708	85.121	100,0%	19.346	15,78	25,00%	21,05	157,08	1,30	204,20	1,83	372,87
2.027	77.524	8.925	86.449	100,0%	19.648	15,60	25,00%	20,80	157,64	1,30	204,93	1,83	374,20
2.028	78.635	9.143	87.778	100,0%	19.950	15,41	25,00%	20,55	158,16	1,30	205,61	1,83	375,44
2.029	79.746	9.361	89.106	100,0%	20.251	15,23	25,00%	20,31	158,65	1,30	206,25	1,83	376,61
2.030	80.856	9.578	90.435	100,0%	20.553	15,05	25,00%	20,07	159,11	1,30	206,84	1,83	377,69
2.031	81.967	9.796	91.763	100,0%	20.855	14,87	25,00%	19,83	159,53	1,30	207,39	1,83	378,69
2.032	83.077	10.014	93.091	100,0%	21.157	14,69	25,00%	19,59	159,92	1,30	207,90	1,83	379,63
2.033	84.188	10.231	94.420	100,0%	21.459	14,52	25,00%	19,36	160,28	1,30	208,36	1,83	380,47
2.034	85.299	10.449	95.748	100,0%	21.761	14,35	25,00%	19,13	160,60	1,30	208,78	1,83	381,23
2.035	86.409	10.667	97.076	100,0%	22.063	14,18	25,00%	18,90	160,89	1,30	209,16	1,83	381,93
2.036	87.520	10.885	98.405	100,0%	22.365	14,01	25,00%	18,68	161,16	1,30	209,51	1,83	382,57
2.037	88.631	11.102	99.733	100,0%	22.667	13,84	25,00%	18,46	161,40	1,30	209,82	1,83	383,13
2.038	89.741	11.320	101.061	100,0%	22.968	13,68	25,00%	18,24	161,61	1,30	210,10	1,83	383,64
2.039	90.852	11.538	102.390	100,0%	23.270	13,52	25,00%	18,02	161,79	1,30	210,32	1,83	384,04
2.040	91.963	11.755	103.718	100,0%	23.572	13,36	25,00%	17,81	161,95	1,30	210,53	1,83	384,43
2.041	93.073	11.973	105.046	100,0%	23.874	13,20	25,00%	17,60	162,07	1,30	210,69	1,83	384,72
2.042	94.184	12.191	106.375	100,0%	24.176	13,04	25,00%	17,39	162,17	1,30	210,83	1,83	384,98
2.043	95.295	12.408	107.703	100,0%	24.478	12,89	25,00%	17,18	162,25	1,30	210,93	1,83	385,16
2.044	96.405	12.626	109.031	100,0%	24.780	12,73	25,00%	16,98	162,31	1,30	211,00	1,83	385,29
2.045	97.516	12.844	110.360	100,0%	25.082	12,58	25,00%	16,78	162,33	1,30	211,03	1,83	385,34
2.046	98.627	13.061	111.688	100,0%	25.384	12,43	25,00%	16,58	162,33	1,30	211,03	1,83	385,34

Ver anexo 09_ANEXO_PROY_POBLACION_CAUDALES

9 DISEÑO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

9.1 Estudio topográfico

A continuación, se presentan los aspectos más sobresalientes del estudio topográfico, Anexo 10_ANEXO_ESTUDIO_TOPOGRAFICO

9.1.1 Alcance del trabajo

El alcance del trabajo consistió básicamente en la descripción detallada del área de influencia donde se planea diseñar y construir. En lote manzana donde se encuentra la casa de la cultura del municipio de TURBO, teniendo en cuenta descargas existentes, paramentos construcciones de vivienda cercanas, postes de energía, vías, canales, puentes, entre otros, mediante el instrumento de medida electro-óptico utilizado en topografía ESTACIÓN TOTAL (Topcon GTS-3005) y así mismo apoyándonos con tecnología GPS para efectuar el desplazamiento de coordenadas origen occidente y de esta forma plasmar información real y certificada en un plano que permita visualizar de forma clara la condición del terreno natural mediante una planta topográfica, perfil longitudinal y transversal del terreno.

9.1.2 Equipo empleado

Para la realización del estudio topográfico se emplearon los siguientes equipos:

1. Estación Total: Para este proyecto se utilizó la estación total de marca TOPCON GTS-235 W de número de serie 274655 (con precisión angular interna de 05"): de propiedad del Señor CELIO ENRIQUE ALVAREZ Calibrada el día 14 de MARZO del año 2017. Este equipo permite medir en el terreno ángulos y distancias desde las estaciones a los diferentes puntos radiados midiendo distancias hasta 3.000m, para obtener luego las coordenadas y cotas de estos y poder elaborar el plano. (Se anexa certificado de Calibración)
2. GPS: GPS Garmin map 62s de precisión a $\pm 3.00m$ en coordenadas.
3. Equipo fotográfico: Estos equipos permiten llevar un registro de imágenes del sector y durante las actividades en campo.
4. Herramienta menor.
- 5 Fluxómetro: medición de detalles y altura instrumental del aparato.
6. Prisma con sus respectivos bastones, para la medición de los puntos registrados en campo.
- 7 Estacas, puntillas, maseta, machete: Para la materialización de los deltas utilizados

9.1.3 Mojones

Se construyeron dos mojones en el Municipio de Turbo, amarrados a la red geodésica de Urabá, fueron identificados con una placa de bronce que contiene el año, el número del punto y las iniciales del municipio.

Tabla 9.1. Ubicación de los Mojones en Placa de Acero Georeferenciados

MUNICIPIO	ID_MOJÓN	DIRECCIÓN
Turbo	TUR_01 2010	Carrera 16 Calle 99 Estación de Bombeo Ciudadela Bolívar
	TUR_02 2010	Carrera 21 Calle 107 Iglesia El Divino Niño

Adicionalmente, se materializaron ocho mojones de referencia, con el fin de permitir el replanteo.

Tabla 9.2. Ubicación Mojones de Referencia Materializados

MUNICIPIO	ID	UBICACIÓN
TURBO	TUR-03_LAG1	Laguna Yarumal
	TUR-04_LAG1	Laguna Yarumal
	TUR-05_LAGY	Laguna La Yuquita
	TUR-06_LAGY	Laguna La Yuquita
	TUR-03	Calle 107 Carrera 22
	TUR-04	Calle 107 Carrera 21
	TUR-05	Calle 102 Carrera 17
	TUR-06	Calle 101 Carrera 17
	TUR-07	Calle 115 Carrera 22
	TUR-08	Calle 115 Carrera 22
	TUR-09	Carrera 19 Calle 98
	TUR-10	Carrera 19 Calle 97 A
	TUR-03_LAG1	Laguna Yarumal

9.2 Estudio Geotecnico

A continuación se presentan las conclusiones del estudio geotécnico realizado en el Municipio de Turbo, 11_ANEXO_ESTUDIO_GEOTECNICO.

9.2.1 Investigación de campo

Para la correcta caracterización de los materiales que conforman el área de estudio se realizó tres (3) perforación con taladro mecánico por los sistemas de percusión y lavado para el avance en suelo hasta una profundidad de 10,45 metros, de la cual se obtuvieron muestras para la ejecución de ensayos de laboratorio, con el fin de determinar las propiedades índices, junto con la realización del ensayo de Penetración Estándar por cada metro de avance de la perforación.

En total se realizaron 29,35 metros lineales de perforación, para la ejecución de ensayos de propiedades índice y la caracterización del material en profundidad. Todas las muestras recuperadas durante la ejecución de los sondeos en la etapa de exploración de campo, fueron debidamente empacadas y referenciadas para posteriormente ser trasladadas al laboratorio de suelos de TECNISUELOS S.A.S., en Medellín, donde se sometieron a los ensayos correspondientes.

Los testigos de las muestras tomadas permanecerán en el laboratorio de TECNISUELOS S.A.S. durante un mes a partir de la fecha de entrega del informe; si durante este tiempo no se recibe ninguna instrucción sobre el uso que a las muestras deba dárseles, TECNISUELOS dispondrá de ellas de la manera que considere más conveniente.

En la Tabla 8.3 se relacionan los sondeos ejecutados, con la profundidad de exploración y el nivel freático a la profundidad que este se encontró

Tabla 9.3 Relación del programa de exploración ejecutado.

SONDEO	Profundidad [m]	Nivel Freático [m]	Coordenada X	Coordenada Y
P-1	9,45	0.30 m	709.123	1.388.509
P-2	10,45	0.35 m	709.123	1.388.502
P-3	9,45	0.30 m	709.117	1.388.500

En la Ilustración 9.1 se presenta la ubicación de las perforaciones realizadas en la zona de estudio.

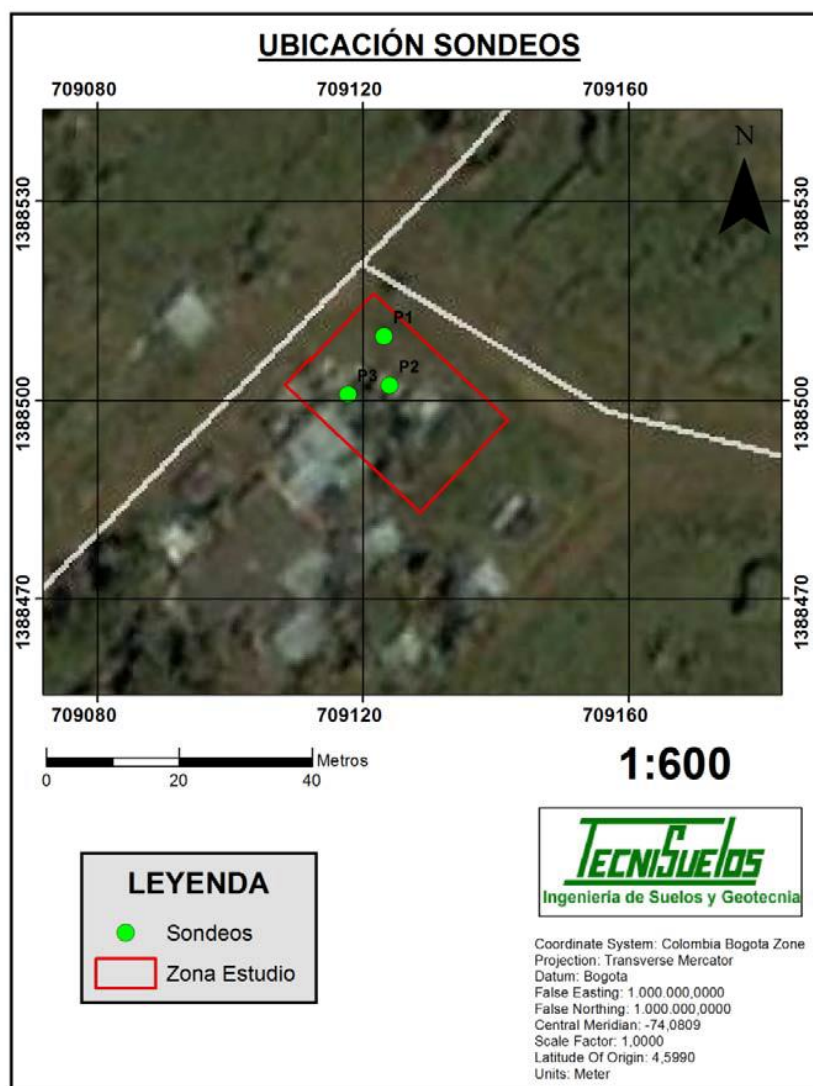


Ilustración 9.1 Ubicación de los sondeos sobre la planta del lote en estudio.

9.3 Diseño hidráulico de la alternativa de almacenamiento seleccionada

El proyecto optimización de redes del municipio de Turbo, Se presentó el modelo hidráulico de las redes de distribución del cual se parte para la realización del diseño hidráulico del sistema planteado. Según las proyecciones realizadas y consignadas en el modelo hidráulico los Caudales máximos horarios desde cada uno de los tanques son los siguientes:

- **Total**

QMD (L/s) Año 2016 = 305.49

QMD (L/s) Año 2018 = 210.92

QMD (L/s) Año 2046 = 210.92

- **Cassanova**

QMD (L/s) Año 2016 = 181.11

QMD (L/s) Año 2018 = 125.04

QMD (L/s) Año 2046 = 125.04

- **La Lucila**

QMD (L/s) Año 2016 = 124.38

QMD (L/s) Año 2018 = 85.88

QMD (L/s) Año 2046 = 85.88

Según los datos anteriores los sectores 1 y 2 tendrán una demanda proyectada de QMD=124.41l/s, se presenta una reducción del año 2016 al año 2018 debido a la construcción del proyecto redes de optimización del municipio de Turbo, que se espera esté en funcionamiento para los primeros meses del año 2018. Con el caudal proyectado al año 2046 se hace el balance hidráulico y se define la capacidad de almacenamiento requerido y el caudal de bombeo desde dicho tanque al tanque existente elevado la Lucila con capacidad de 529m³. En la Tabla 9.4 se muestra el proceso de balance de masas con el almacenamiento actual, lo cual arroja los caudales de bombeo mínimos necesarios para abastecer los sectores 1 y 2

Tabla 9.4. Balance de masas tanque elevado

HORA (A)	C (B)	%C (C)	□%C (D)	S (E)	□%S (F)	□ (S-C) (G)	□□% (S-C) (H)	V % (I)	Almacenamiento Tanque Elevado
0 - 1	0.33	1.35%	1.35%		0.00%	-1.35%	-1.35%	1.38%	102.64
1 - 2	0.33	1.39%	2.74%		0.00%	-1.39%	-2.74%	0.00%	0.000
2 - 3	0.37	1.54%	4.28%	4.17%	4.17%	2.63%	-0.12%	2.63%	194.77
3 - 4	0.43	1.78%	6.06%		4.17%	-1.78%	-1.90%	0.85%	62.76
4 - 5	0.58	2.42%	8.48%	5.56%	9.72%	3.13%	1.24%	3.98%	295.35
5 - 6	1.21	5.04%	13.52%	5.56%	15.28%	0.52%	1.76%	4.50%	333.79
6 - 7	1.31	5.47%	18.99%	3.89%	19.17%	-1.58%	0.17%	2.92%	216.41
7 - 8	1.56	6.49%	25.48%	8.33%	27.50%	1.84%	2.02%	4.76%	353.06
8 - 9	1.74	7.24%	32.73%	5.56%	33.06%	-1.69%	0.33%	3.07%	227.95
9 - 10	1.83	7.61%	40.33%	9.72%	42.78%	2.11%	2.44%	5.19%	384.80
10 - 11	1.80	7.52%	47.85%	8.33%	51.11%	0.82%	3.26%	6.00%	445.39
11 - 12	1.67	6.95%	54.80%	8.06%	59.17%	1.10%	4.36%	7.10%	527.12
12 - 13	1.51	6.30%	61.11%		59.17%	-6.30%	-1.94%	0.80%	59.36
13 - 14	1.35	5.64%	66.75%	8.61%	67.78%	2.97%	1.03%	3.77%	279.99
14 - 15	1.21	5.05%	71.79%	5.56%	73.33%	0.51%	1.54%	4.28%	317.81
15 - 16	1.10	4.60%	76.39%	5.56%	78.89%	0.96%	2.50%	5.24%	389.02

HORA	C	%C	□%C	S	□%S	□ (S-C)	□□% (S-C)	V %	Almacenamiento
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	Tanque Elevado
16 - 17	0.92	3.83%	80.21%		78.89%	-3.83%	-1.32%	1.42%	105.22
17 - 18	0.91	3.79%	84.00%	5.56%	84.44%	1.77%	0.44%	3.19%	236.40
18 - 19	0.88	3.66%	87.66%	5.56%	90.00%	1.89%	2.34%	5.08%	376.86
19 - 20	0.81	3.39%	91.05%		90.00%	-3.39%	-1.05%	1.69%	125.52
20 - 21	0.75	3.11%	94.16%	5.56%	95.56%	2.45%	1.40%	4.14%	307.10
21 - 22	0.62	2.57%	96.73%	4.44%	100.00%	1.87%	3.27%	6.01%	446.12
22 - 23	0.44	1.83%	98.55%		100.00%	-1.83%	1.45%	4.19%	310.70
23 - 24	0.35	1.45%	100.00%		100.00%	-1.45%	0.00%	2.74%	203.12

Vmax	Vmin	V%
4.36%	-2.74%	7.10%

- COLUMNA (A): Tiempo en horas
COLUMNA (B): Factor de consumo horario K2
COLUMNA (C): Porcentaje del consumo horario
COLUMNA (D): Sumatoria de la columna C. Curva integral de consumo
COLUMNA (E): Porcentaje de horas de bombeo.
COLUMNA (F): Sumatoria de la columna E. Curva integral de suministro
COLUMNA (G): Columna (E) - Columna (C) : Déficit horario: + Acumula: - Descarga
COLUMNA (H): Sumatoria de la columna G. Déficit acumulado

Se observan los puntos de máximo déficit (-2.74%) y máximo sobrante (4.36%). El volumen del tanque es la suma de los valores anteriores (7,1%)

COLUMNA (I): $V_{n-1} + \text{Columna Gn. Volumen horario de agua en el tanque}$

Suponiendo el volumen igual a cero en el punto de máximo déficit (hora 1 - 2), se obtiene volumen máximo en el punto de máximo sobrante (hora 11- 12)

Tabla 9.5. Volumen del tanque elevado La Lucila

Caudal:		85.88 l/s
(A) Volumen por consumo doméstico		7419.80 m ³ /día
	% de consumo medio diario:	7.10%
	Volumen de consumo calculado:	527.12 m³
(B) Volumen existente tanque la Lucila		
	Diámetro del tanque:	12.3

	Altura útil (H):	4.46
	Volumen Útil:	529.95 m³
(C) Volumen total de almacenamiento extra		2.8 m³

El tanque de succión se calcula con respecto al balance de masas del tanque existentes y los caudales de bombeo al tanque elevado arrojados en el balance anterior. Se sigue el mismo procedimiento de cálculo para el dimensionamiento del tanque de piso el cual arroja un volumen de 2000m³ ver Tabla 9.6.

Tabla 9.6. Balance de masa tanque de piso

HORA	%C	□%C	S	□%S	□ (S-C)	□□% (S-C)	V %	Vol
(A)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	(I)	
0 - 1	0.00%	0.00%	4.17%	4.17%	4.17%	4.17%	16.39%	1381.66
1 - 2	0.00%	0.00%	4.17%	8.33%	4.17%	8.33%	20.56%	1690.82
2 - 3	4.17%	4.17%	4.17%	12.50%	0.00%	8.33%	20.56%	1690.82
3 - 4	0.00%	4.17%	4.17%	16.67%	4.17%	12.50%	24.72%	1999.98
4 - 5	5.56%	9.72%	4.17%	20.83%	-1.39%	11.11%	23.33%	1896.93
5 - 6	5.56%	15.28%	4.17%	25.00%	-1.39%	9.72%	21.94%	1793.88
6 - 7	3.89%	19.17%	4.17%	29.17%	0.28%	10.00%	22.22%	1814.49
7 - 8	8.33%	27.50%	4.17%	33.33%	-4.17%	5.83%	18.06%	1505.33
8 - 9	5.56%	33.06%	4.17%	37.50%	-1.39%	4.44%	16.67%	1402.28
9 - 10	9.72%	42.78%	4.17%	41.67%	-5.56%	-1.11%	11.11%	990.06
10 - 11	8.33%	51.11%	4.17%	45.83%	-4.17%	-5.28%	6.94%	680.91
11 - 12	8.06%	59.17%	4.17%	50.00%	-3.89%	-9.17%	3.06%	392.36
12 - 13	0.00%	59.17%	4.17%	54.17%	4.17%	-5.00%	7.22%	701.52
13 - 14	8.61%	67.78%	4.17%	58.33%	-4.44%	-9.44%	2.78%	371.75
14 - 15	5.56%	73.33%	4.17%	62.50%	-1.39%	-10.83%	1.39%	268.69
15 - 16	5.56%	78.89%	4.17%	66.67%	-1.39%	-12.22%	0.00%	165.64
16 - 17	0.00%	78.89%	4.17%	70.83%	4.17%	-8.06%	4.17%	474.80
17 - 18	5.56%	84.44%	4.17%	75.00%	-1.39%	-9.44%	2.78%	371.75
18 - 19	5.56%	90.00%	4.17%	79.17%	-1.39%	-10.83%	1.39%	268.69
19 - 20	0.00%	90.00%	4.17%	83.33%	4.17%	-6.67%	5.56%	577.85
20 - 21	5.56%	95.56%	4.17%	87.50%	-1.39%	-8.06%	4.17%	474.80
21 - 22	4.44%	100.00%	4.17%	91.67%	-0.28%	-8.33%	3.89%	454.19
22 - 23	0.00%	100.00%	4.17%	95.83%	4.17%	-4.17%	8.06%	763.35
23 - 24	0.00%	100.00%	4.17%	100.00%	4.17%	0.00%	12.22%	1072.51

Vmax	Vmin	V%
12.50%	-12.22%	24.72%

COLUMNA (A): Tiempo en horas

COLUMNA (B): Factor de consumo horario K2

COLUMNA (C): Porcentaje del consumo horario

COLUMNA (D): Sumatoria de la columna C. Curva integral de consumo

COLUMNA (E): Porcentaje de horas de bombeo. 100 / # de horas de bombeo

COLUMNA (F): Sumatoria de la columna E. Curva integral de suministro

COLUMNA (G): Columna (E) - Columna (C) : Déficit horario: + Acumula: - Descarga

COLUMNA (H): Sumatoria de la columna G. Déficit acumulado

Se observan los puntos de máximo déficit (-12.22%) y máximo sobrante (12.50%). El volumen del tanque es la suma de los valores anteriores (24.72%)

COLUMNA (I): $V_{n-1} + \text{Columna Gn}$. Volumen horario de agua en el tanque

Suponiendo el volumen igual a cero en el punto de máximo déficit (hora 3 - 4), se obtiene volumen máximo en el punto de máximo sobrante (hora 15 - 16)

Tabla 9.7. Volumen tanque de succión

Caudal:		85.88 l/s
(A) Volumen por consumo doméstico		7419.80 m ³ /día
	% de consumo medio diario:	24.72%
	Volumen de consumo:	1834.34 m ³
(B) Factor de seguridad 9.04% de los dos anteriores		165.64 m ³
(C) Volumen total de almacenamiento		2000.0 m³

Teniendo en cuenta los resultados arrojados anteriormente se realiza un balance entre los componentes bombeo PPAP - tanque de piso de 2000m³ – tanque la Lucila, con el que se verifican los caudales de bombeo y volúmenes de tanques teniendo en cuenta los caudales de consumos QMD arrojados por el modelo y la curva de consumo para el municipio de Turbo. Ver Tabla 9.8.

Tabla 9.8. Balance de masa tanques elevados y de succión

Tabla del Balance de masa tanque elevados y de succión						
		(L/s)	(m³/h)	QBOMBEO A ELEVADO		
Caudal medio diario (L/s)		66.06	237.81	NHB T Succ=		
Caudal máximo diario (L/s)		85.88	309.16	NHB T Elev=		
Volumen tanque Elevado(m³)		530.0		%horas T succ		
Volumen Requerido Succión (m³)		2000		%horas T elev		
Horas sin bombeo al Tanque de piso de 2000m3 desde la PTAP		14.00		Horas de bombeo al Tanque Elevado existente desde el tanque de piso 2000m3		8.00
HORAS	FACTOR DE DEMANDA (Curva)	CONSUMO (m³/h)	SUMINISTRO BOMBEO PTAP-TANQUE DE SUCCIÓN (m³/h)	VOLÚMEN EN EL TANQUE DE SUCCION LA LUCILA	BOMBEO TANQUE SUCCIÓN A TANQUE ELEVADO (m³/h)	VOLÚMEN EN EL TANQUE ELEVADO DE 500m3
1	0.33	100.48	0.0	2000.0	0.00	105.48
2	0.33	102.95	0.0	2000.0	0.00	2.83

3	0.37	114.39	0.0	1690.8	309.17	197.60
4	0.43	132.01	0.0	1690.8	0.00	65.59
5	0.58	179.62	0.0	1278.6	412.23	298.18
6	1.21	373.77	0.0	866.4	412.23	336.62
7	1.31	405.93	306.0	883.8	288.56	219.25
8	1.56	481.67	306.0	571.5	618.34	355.89
9	1.74	537.32	306.0	465.2	412.23	230.79
10	1.83	564.52	540.0	283.8	721.40	387.63
11	1.80	557.72	540.0	205.5	618.34	448.23
12	1.67	515.99	540.0	147.7	597.73	529.95
13	1.51	467.76	540.0	687.7	0.00	62.19
14	1.35	418.29	540.0	588.8	638.95	282.83
15	1.21	374.39	306.0	482.6	412.23	320.65
16	1.10	341.00	306.0	376.3	412.23	391.86
17	0.92	283.81	306.0	682.3	0.00	108.05
18	0.91	281.03	306.0	576.1	412.23	239.24
19	0.88	271.75	306.0	469.9	412.23	379.70
20	0.81	251.35	306.0	775.9	0.00	128.35
21	0.75	230.63	0.0	363.7	412.23	309.93
22	0.62	190.75	0.0	33.9	329.78	448.95
23	0.44	135.41	0.0	33.9	0.00	313.54
24	0.35	107.59	0.0	33.9	0.00	205.95

Teniendo en cuenta el balance de masa realizado para el tanque de piso (propuesto) La Lucila propuesto la Tabla 9.6 el cual se valida en la Tabla 9.8 en donde se realiza el balance de masa entre el bombeo desde la planta hasta el tanque piso (propuesto) la Lucila, y el bombeo del tanque piso (propuesto) hasta el tanque elevado (existente) La Lucila donde se tiene en cuenta los consumos en las 24 horas del día. Se concluye que para prestar el servicio de agua potable a los sectores 1 y 2 se requiere la construcción del tanque de piso (2000m³) la Lucila y las obras complementarias como estaciones de bombeos.

9.4 Diseño electromecánico sistemas de bombeo PTAP- tanque en superficie-tanque elevado, el sistema de rebombeo del nuevo tanque a tanque elevado la Lucila, de la adecuación y optimización del sistema bombeo del Pozo Villa Maria y del Sistema de cloración.

Se presenta en el documento anexo 05_DISEÑO_ELECTROMECANICO, todos los parámetros y criterios técnicos tenidos en cuenta para el diseño de los sistemas de bombeo de la PTAP Villa María a nuevo tanque La Lucila II, el sistema de rebombeo del nuevo tanque a tanque elevado la Lucila, la adecuación y optimización del sistema de bombeo para el pozo profundo Villa María y el sistema de cloración.

La selección de los tipos de bombas, accesorios, instrumentos y otros sistemas para el proyecto de bombeo y rebombeo de la Lucila entre la PPAP a tanque bajo y de este al elevado respectivamente, se seleccionaron no solo bajo unos cálculos mecánicos, hidráulicos y físicos según la ubicación sino también bajo la condiciones de tipo de agua a impulsar, entorno, ambiente de la zona, condiciones físicas actuales en las instalaciones, temas de calidad, eficiencia, desempeño, entre otros, todo bajo el aval y apoyo técnico por parte de personal competente de casa matriz EPM, estas selecciones se describen a continuación:

9.4.1 Sistema De Bombeo PPAP Villa María a Tanque Bajo la Lucila II

Este sistema de bombeo el cual va ser instalado al interior de la PPAP de Villa Maria, para la selección del tipo de bombas a seleccionar se tuvo en cuenta las condiciones físicas del terreno y de

las obras física actuales para aprovecharlas al máximo y generar un ahorro durante su ejecución, actualmente el pozo de bombeo donde se encuentra instalado y operando el sistema de bombeo de Casanova el cual se ha descrito anteriormente, los equipos a implementar serán bajo características similares aprovechando los tres (3) pozos de bombeo individuales al interior de la instalación, por lo tanto los equipos serán del tipo pozo profundo a una profundidad tal a la indicada por los fabricantes a fin de establecer el correcto NPSHr en las curvas del impulsor según el caudal a bombear.

Los diámetros de las tuberías accesorios se replicarán tal y como está el actual, no solo para facilitar el conocimiento ya adquirido durante los múltiples trabajos realizados en las demás estaciones, sino también bajo la consideración y restricción de espacio disponible.

La instrumentación de medición de caudal será ubicada por fuera del pozo de bombeo evitando realizar daños a los muros de contención impidiendo que cualquier alud del terreno se deslice ocasionando daños mayores.

La selección de los accesorios será bajo las mismas características avaladas por normas para el manejo de agua potable, bajo las condiciones de presiones de trabajo y factores de seguridad.

Los tableros de control y potencia serán ubicados al interior de la actual caseta de bombeo por lo tanto, estos mismos, serán bajo dimensiones lo más similares posibles para mantener el esquema estandarizado en estos sitios.

9.4.2 Sistema De Rebombeo Tanque Bajo La Lucila II A Tanque Elevado La Lucila I

Para la instalación de equipos en esta nueva zona donde será ubicado no solo el tanque bajo de almacenamiento sino las motobombas para la impulsión de agua desde este al tanque elevado actual bajo la denominación de La Lucila I, se tuvieron las siguientes consideraciones:

VENTAJAS:

Eficiencia: Bajo los nuevos estándares implementados por las organizaciones eléctricas donde los parámetros de eficiencias actualmente se encuentran bajo el estándar IE3 el cual para los motores eléctricos ronda eficiencias entre 95 a 98%, y solo esta normalizado para equipos de superficie, por lo tanto, una muy buena opción es la implementación de este tipo de motores que, aunque más costosos que los IE1 e IE2 con eficiencia entre 80 a 85 y 85 a 90% energéticamente y al mediano plazo generarán un mayor impacto a la tasa de consumo. Bajo las anteriores condiciones y bajo una competencia en determinar las bombas más eficientes, la selección se va hacia las bombas tipo carcasa partida o Split case de doble succión, impulsores cerrados, apoyo de rodamientos de ultra alta eficiencia, sellos con refrigeración forzada y eficiencias entre el 90 a 92%, muy por encima de cualquier equipo sumergible de pozo. En el esquema de Bomba Carcasa partida con sección de un cuarto de la parte superior que se muestra a continuación se puede identificar estos elementos:

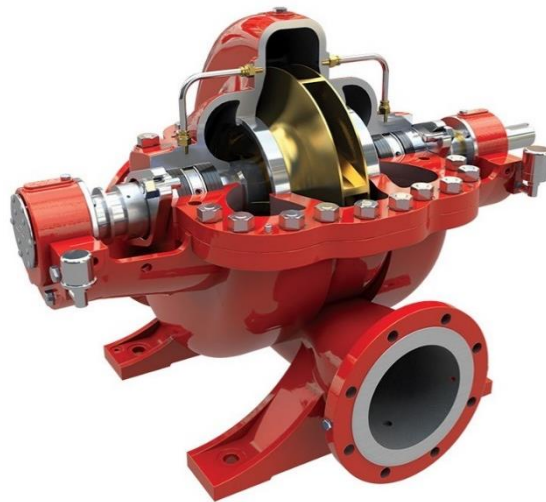


Ilustración 9.2 Bomba Carcasa partida con sección de un cuarto de la parte superior

Mantenimiento: Actualmente para realizar trabajos de intervención de cualquiera de las motobombas solo se puede realizar según correctivos cuando se identifique fallas en el motor que se posiblemente aterrizado, bajo caudal y/o baja presión, daños en el impulsor, entre otros, para estas maniobras se requiere una gran cantidad de recursos tales como una grúa adecuada para la extracción del equipo, personal durante mas dos jornadas para la evaluación del equipo, para estos tipos de equipos de bombeo y de motores con mayores rendimientos permite realizar una inspección directa de estos sin utilizar grandes cantidades de recursos al revisar componentes internos del motor y la bomba sin necesidad de desacoplar ambos equipos ni afectar la alineación, para estas maniobras la estación de bombeo la cual contaría con una obra física de protección de la intemperie contará con un puente grúa a fin permitir el desplazamiento de equipos desde su punto de ubicación hasta su posible salida de la estación o para el desmonte de la carcasa superior.

Acceso: El usar equipos de superficie, estos deberán ser ubicados al interior de una caseta de bombeos, lo cual permite al personal de operaciones o mantenimiento intervenir los equipos con total seguridad considerando que la zona de Turbo en verano la temperatura ambiente puede superar los 40 grados Celsius y en invierno la gran cantidad de precipitaciones hace imposible laborar en tales condiciones. Por lo tanto, esta caseta no solo servirá para ubicar los tableros de control y potencia, bombeos, planta eléctrica sino también facilitar intervenciones del personal.

Seguridad: Para realizar trabajos en las bombas de pozo el uso de las grúas y los elementos elevados generan un riesgo supremamente elevado y más cuando las condiciones climáticas que se presentan en esta zona, ahora ejecutar trabajos con las normas de seguridad más apropiadas al interior de la estación de bombeo la labor se realizará sin inconvenientes que llegue a afectar al personal.

Vida útil: Cabe resaltar que los motores eléctricos sumergibles no han terminado de desarrollarse y falta aún mucho más tiempo para tener equipos de este tipo totalmente confiables y seguros empezando desde los sellos mecánicos y bujes o rodamientos tolerables a estas condiciones, actualmente en la zona existen más de 50 equipos de este tipo donde la vida útil para estos equipos oscila entre 1 a 4 años.

Aplicación de nuevas tecnologías: Las tecnologías a través del tiempo se han estado desarrollando, innovando e implementando bajo las necesidades de permitir tener un control y seguimiento estricto del comportamiento de diferentes variables y parámetros que se requiere tener en los equipos de bombeos para determinar durante qué momento las eficiencias del motor o de la bomba disminuyan generando consumos y alteraciones en los costos energéticos los cuales, al ser Urabá una zona con una topografía plana, la gran cantidad de bombeos operando durante medio día, el impacto de los

consumos energéticos es determinante para mantener una tasa por metro cúbico lo más bajo posible para no afectar a la comunidad.

El uso de accesorios tales que, aunque poseen mayores dimensiones pueden generar mayores efectos positivos para el sistema que varios elementos, es decir, el uso de una válvula de triple efecto la cual trabaja como válvula de regulación, de restricción y como cheque donde las pérdidas son menores al evitar el uso de más accesorios e impactando tanto en la inversión de adquirir más equipos y en el trauma de realizar mantenimientos a mas equipos.

Al interior de la caseta se ubicarán en un cuarto aislado todos los tableros de control y potencia para evitar en caso de alguna fuga de agua, generar un corto que afecte no solo los equipos sino también la integridad del personal.

A partir de la capacidad del tanque bajo el cual es bastante elevado respecto al elevado, cuatro veces más, la instalación contará con una planta eléctrica para arrancar y mantener la operación de todo el sitio, incluyendo la del tanque elevado permitiendo no solo que las motobombas trabajen sino también el sistema de comunicación manteniendo así la filosofía de operación.

Los instrumentos de medición al igual que el anterior bombeo en la planta contará con todas las características técnicas especificadas e implementadas en todos los sistemas operados en la zona a fin de mantener los mismos medios de comunicación de estos, sea de 4 a 20 mA y Modbus para posteriormente realizar el enlace al sistema SCADA, estos instrumentos tales como el de medición de caudal tipo electromagnético, transmisores de presión, PT100 para medición de temperatura de devanados en las bobinas de los motores y las respectivas para el agua, analizadores de redes, horómetros integrados a los variadores de frecuencia, PLC y muchos más los cuales en temas de calidad y confianza en la medida indicada por estos.

DESVENTAJA

Las desventajas a describir a continuación parten del cambio de equipos a implementar en la estación de rebombeo tales como:

Una mayor inversión en la obra civil y una caseta de bombeo insonorizada para evitar ciertas molestias a la comunidad del perímetro, aunque se resalta, que al ser equipos de muy alta eficiencia los ruidos generados son muy bajos.

El proceso de aprendizaje de nuevo equipos y tecnologías los cuales se eliminarían por medio de capacitaciones dadas por el contratista o el fabricante y las cuales se exigirán durante el proceso de instalación de los sistemas de bombeo.

9.4.3 Automatización Pozo Villa María

La implementación de nuevas tecnologías a este sistema de captación de gran importancia para el sistema en general de Turbo es muy importante, la selección del equipo de bombeo, manguera y acoples de impulsión, accesorios de empalme entre tuberías, válvulas, cheques, instrumentos de medición de caudal, de nivel de pozo y de presión se realiza por medio de la experiencia obtenida en el desarrollo de los pozos que actualmente están operando en la misma zona tales como el pozo Salazar, Nueva Esperanza y Maná en orden de puesta en funcionamiento, durante este informe se indica el porqué de la necesidad de implementar esta serie de elementos a fin de mantener no solo la integridad de los equipos electromecánicos, sino también del propio pozo.

9.4.4 Sistema Auxiliar De Achique

La selección de la motobomba sumergible para el achique del agua que ingresa al interior del pozo es de las mismas características a la que actualmente opera en la instalación, esto debido a la gran confiabilidad que se ha tenido en estos equipos los cuales se han reparado en tan solo dos (2) ocasiones donde la bobina se quemó por su operación en seco por problemas en el flotador o interruptor de nivel, mas no por temas de calidad de la misma, estos equipos se instalan en una cámara al interior del pozo donde por medio de los desniveles llegan a este las aguas de nivel freático que se vierten al interior por medio de tuberías liberadoras de la presión o simplemente por las aguas lluvias.

Los materiales de este equipo siguen siendo determinantes para mantener la vida útil debido a los contenidos de hierro que se generan del agua filtrada por el nivel freático.

9.4.5 Sistema De Desinfección

Este sistema es indispensable para garantizar el proceso de desinfección del agua cruda donde debido a la calidad de esta, sea por desde el río o de pozos profundos donde se requieren grandes cantidades de solución clorado para potabilizarla bajo las normas y resoluciones vigentes, actualmente el método utilizado como fuente del hipoclorito es mediante el uso de cloro gaseoso almacenado en cilindros de una tonelada donde por medio de un regulador de vacío conectado a cuatro rotámetros accionados cada uno por eyectores se gradúan las dosificaciones de cloro para mantener el cloro residual controlado en los tangos estimados, para la generación del vacío para la extracción del cloro se usan bombas de alta presión con agua ya potabilizada.

Como es conocido, el cloro gaseoso es un arma mortal para la integridad de cualquier vida, una fuga por un cilindro de una tonelada puede afectar la integridad de cualquier persona, animal o vida vegetal a un radio de 1 a 2 kilómetros a la redonda, por lo tanto, sacar de funcionamiento cuanto antes este sistema es eliminar un riesgo latente que en caso de cualquier fuga no solo puede afectar a los operadores al interior de la PPAP sino también a la comunidad cercana.

El método de desinfección alternativo fue evaluado con anterioridad destacando como la mejor opción el sistema de generación de cloro in-situ ya que permite la generación al final del proceso del cloro residual, este sistema solo requiere de tres (3) materias primas, sal, agua y energía el cual por medio de una electrolisis se genera el hipoclorito por medio de unas celdas bajo unas concentraciones que pueden ser graduadas.

En caso de presentarse un daño una fuga en el tanque de almacenamiento, el problema será el control de sal o hipoclorito lo cual es una ventaja y una eliminación por completo del riesgo actual.

Estos sistemas se han estado implementando en diversas instalaciones no solo del grupo EPM sino en varias otras instalaciones con alta demanda de dosificaciones de cloro o donde este químico representa un alto riesgo.

La calidad, eficiencia, representación de este tipo de método de desinfección del agua en el país es de alto compromiso y totalmente certificado por diversas normas y/o exigencias internacionales, implementar este proceso para la dosificación del cloro permitirá tener todo un proceso de potabilización totalmente confiable con una autónoma propia de generación de cloro, ya que es claro que en todo proceso, es más económico la producción de cualquier componente a su compra como elemento terminado, igualmente durante todo este informe y en la memoria de cálculo del sistema se sustenta la rentabilidad donde en muy pocos años la inversión se libra, las características técnica a solicitar se realiza mediante el acompañamiento de expertos en la materia y recomendaciones del personal de EPM.

Nota importante: Todos y absolutamente todos los elementos, equipos y sistemas a implementar para el proyecto se especificaron bajo los parámetros de calidad y eficiencia bajo los estándares exigidos por cada matriz EPM, referente no solo a desempeño sino también a temas de garantía y apoyo postventa.

9.5 Diseño eléctrico sistemas de bombeo PTAP- tanque en superficie-tanque elevado

Se presenta en el documento anexo 06_DISEÑO_ELECTRICO las memorias de cálculo y diseño eléctrico para la fabricación, suministro, instalación y puesta en funcionamiento de todo el sistema de bombeo a tanque bajo y rebombeo a tanque elevado denominado la Lucila con todos sus accesorios de interconexión, alimentación eléctrica y sistemas alternos.

9.6 Diseño estructural losa de soporte y caseta de bombeo

El nuevo tanque La Lucila, cuya capacidad es de 2000 m³ en vidrio fusionado al acero se proyecta a nivel de superficie y para su soporte se proyecta una losa, cuyo diseño se fundamenta en las normas; concreto NSR-10 A, formados en frio, la AISI S100-2007 (LRFD) y para los aceros laminados y armados, la ANSI/AISC 360-10 (LRFD). En el Anexo 07_DISEÑO_ESTRUCTURAL se presentan respectivamente las memorias de cálculo de la losa, la caseta de bombeo y en el anexo 11_ANEXO_ESTUDIO_GEOTECNICO el estudio de suelo del sitio donde se emplazaría la losa de soporte y la caseta.

10 ESPECIFICACIONES TECNICAS

Las especificaciones técnicas para la ejecución del proyecto, se dividieron en dos capítulos:

10.1 Normas y Especificaciones Generales de Construcción

En este capítulo se citan las normas y especificaciones que corresponden los ítems del presupuesto relacionados con obras civiles, las cuales deberán ejecutarse y ensayarse como se establece en las especificaciones citadas para cada actividad.

10.2 Normas y Especificaciones particulares.

En este capítulo se citan las normas y especificaciones técnicas que corresponden los ítems del presupuesto relacionados con el componente electromecánico y eléctrico del sistema de bombeo, rebombeo, a los componentes del sistema de cloración y del tanque, los cuales deberán ejecutarse y ensayarse como se establece en las especificaciones citadas para cada actividad.