

**CONTRATO DE OBRA No PAF-ATF-133-2015
EJECUCIÓN CONDICIONAL EN FASES DEL PROYECTO DE
OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA
EL MUNICIPIO DE COYAIMA – DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**



INFORME FINAL FASE II

CONSORCIO COYAIMA- TOLIMA 2015

Octubre 12 de 2016

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCION	1
2	ALCANCE DEL ESTUDIO	2
3	AREA DE ESTUDIO	3
4	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA EXISTENTE	4
5	PROYECTO PROPUESTO	7
6	ESTUDIOS TÉCNICOS COMPLEMENTARIOS.....	8
6.1	DEMANDA DE AGUA.....	8
6.2	ADUCCIÓN BOCATOMA DESARENADOR.....	9
6.3	DISEÑO HIDRÁULICO SISTEMA DE DESARENACIÓN	14
6.3.1	Diseño zona de decantación	14
6.3.2	Diseño zona de entrada	16
6.3.3	Diseño zona de salida	17
6.3.4	Diseño zona de lodo	17
6.3.5	Revisión de otros parámetros normas RAS.....	18
6.3.6	Cotas en el desarenador	18
6.4	ADUCCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	18
6.5	OPTIMIZACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO	22
6.5.1	Mezcla Rápida.....	22
6.5.2	Floculadores	26
6.5.3	Sedimentación	29
6.5.4	Filtración	35
6.5.5	Tanque de contacto de cloro.....	38
6.5.6	Esquema solución Planta de Potabilización y Tanque de Almacenamiento	38
6.5.7	Revisión hidráulica para la Planta de Tratamiento para un caudal de 27 l/s.....	39
6.5.8	Evaluación Estructural de la Planta de Tratamiento	40
6.6	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	43
6.7	BOMBEO AL TANQUE ELEVADO.....	47
6.8	RED DE DISTRIBUCIÓN	51
6.8.1	Información recopilada.....	52
6.8.2	Modelación hidráulica	53
7	GESTIÓN PREDIAL, AMBIENTAL Y SOCIAL	56
7.1	GESTIÓN PREDIAL.....	56
7.2	INFORME DE GESTION AMBIENTAL.....	67
7.3	GESTIÓN SOCIAL.....	69

8	PRESUPUESTO FASE III	73
---	----------------------------	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN COYAIMA EN DEPARTAMENTO DEL TOLIMA.....	3
FIGURA 2 ESQUEMA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA MUNICIPIO DE COYAIMA	4
FIGURA 3 PERFIL ZONA DE MEZCLA RÁPIDA.....	25
FIGURA 4 PERFIL ZONA DE MEZCLA RÁPIDA Y PRIMERA ZONA DE FLOCULACIÓN.....	28
FIGURA 5 PERFIL ZONA DE SEDIMENTACIÓN.....	34
FIGURA 6 ESQUEMA DE SOLUCIÓN PLANTA Y TANQUE ELEVADO	39
FIGURA 7 ESQUEMA DE RED DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL A LA ZONA DE EXPANSIÓN	52
FIGURA 8 ESQUEMA DE RED DE DISTRIBUCIÓN PROPUESTA A FUTURA ZONA DE EXPANSIÓN	52
FIGURA 9 ESQUEMA DE MODELACIÓN PARA ZONA DE EXPANSIÓN CON TANQUE ELEVADO	53

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 PARÁMETROS DE DEMANDA DE AGUA CONSOCIO PLANES Y DISEÑOS DEL TOLIMA.....	8
TABLA 2 PROYECCIONES DE POBLACIÓN Y DE DEMANDA ACUEDUCTO COYAIMA -TOLIMA.....	9
TABLA 3 CÁLCULO MEZCLA RÁPIDA	26
TABLA 4 CÁLCULO FLOCULACIÓN	29
TABLA 5 CÁLCULO ZONA DE SEDIMENTACIÓN	31
TABLA 6 CÁLCULO CANALETAS DE RECOLECCIÓN DE AGUA SEDIMENTADA	33
TABLA 7 CÁLCULO VERTEDEROS CANALETAS DE RECOLECCIÓN	33
TABLA 8 CÁLCULO SISTEMA DE FILTRACIÓN.....	37
TABLA 9 CÁLCULO TANQUE DE CONTACTO DE CLORO	38
TABLA 10 CHEQUEO PARÁMETROS PARA UN CAUDAL DE 27 L/s.....	40
TABLA 11 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO TANQUES EXISTENTES ACUEDUCTO DE COYAIMA.....	43
TABLA 12 NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA ACUEDUCTO DE COYAIMA	44
TABLA 13 DEMANDA DE AGUA EN LOS NODOS ZONA DE EXPANSIÓN.....	53
TABLA 14 PRESIÓN EN LOS NUDOS CON DEMANDA DE AGUA	54
TABLA 15 RESULTADOS DE MODELACIÓN EN TUBERÍAS	55
TABLA 16 PRESUPUESTO OBRAS DE OPTIMIZACIÓN DEL ACUEDUCTO DE COYAIMA	73
TABLA 17 PRESUPUESTO INICIAL Y COSTO OBRAS FASE III ACUEDUCTO DE COYAIMA.....	74

1 INTRODUCCION

Con el objeto de optimizar el sistema de abastecimiento de agua del Municipio de Coyaima, localizado en el departamento del Tolima, la empresa de acueducto, alcantarillado y aseo del Tolima S.A. E.S.P - EDAT S.A E.S.P., suscribió mediante el contrato 061 de 2010 la ejecución de los estudios y diseños del sistema de acueducto de Coyaima con el Consorcio Planes y diseños del Tolima. Estos estudios y diseños determinaron las obras a realizar para la optimización de la infraestructura, teniendo como horizonte de proyecto el año 2036.

A partir de estos estudios y diseños y las necesidades de la población de Coyaima, se celebró el contrato de obra No PAF-ATF-133-2015 - Optimización del sistema de suministro de agua para el municipio de Coyaima – departamento del Tolima, entre la Fiduciaria Bogotá y el Consorcio Coyaima 2015. Este contrato tiene establecido la ejecución de tres (3) fases. La Fase I, corresponde a la revisión de los estudios y diseños realizados por el Consorcio Planes y diseños del Tolima. La Fase II tiene como objetivo realizar los diseños de los ajustes y/o complementos para adelantar adecuadamente las obras. Finalmente, la Fase III tiene la finalidad de adelantar las obras de acuerdo a los resultados de las fases I y II.

El presente documento corresponde al Informe final de la Fase II, en la cual se realizan los diseños y complementos del proyecto de optimización del acueducto del municipio de Coyaima, el cual se presenta a consideración de la Interventoría del proyecto para su aprobación, antes de pasar la etapa constructiva.

2 ALCANCE DEL ESTUDIO

De acuerdo con lo establecido en los términos de referencia, las actividades a desarrollar para la Fase II por parte del Consortio Coyaima 2015 son las siguientes:

1. Apoyar la gestión del Municipio, en los trámites que correspondan, tales como adquisición de predios y/o legalización de servidumbres.
2. Realizar las actualizaciones, estudios adicionales necesarios, ajustes y/o complementación de los aspectos técnicos, ambientales, financieros, legales y sociales, de conformidad con las soluciones propuestas en la FASE I y definidas en el acta de inicio de la FASE II, a fin de superar y satisfacer las necesidades del proyecto con miras a su ejecución, integralidad y adecuada funcionalidad.
3. Apoyar la gestión del Municipio en los trámites y obtención de las licencias, permisos, pólizas, que el proyecto requiera para su ejecución.
4. El proyecto debe mantener su objeto, alcance e impacto, así como cumplir con la solución planteada en el concepto de viabilidad emitido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
5. Los ajustes técnicos propuestos por el Consortio Coyaima Tolima 2015 sobre el proyecto, deben enmarcarse dentro de los parámetros de la solución tecnológica inicial.
6. Análisis comparativo de los costos de operación entre el alcance inicial y el producto de los ajustes o solución técnica propuesta por Consortio Coyaima Tolima 2015. En ningún caso, el resultado del mismo puede ser superior al viabilizado por el Ministerio.
7. Con las actualizaciones, estudios adicionales necesarios, ajustes, y/o complementaciones a los estudios existentes que resulten del ejercicio de validación expuesto, el Consortio Coyaima Tolima 2015 debe establecer si hay cambios en las cantidades de obra, los ítems y el presupuesto.
8. Tales ajustes deberán contar con las memorias de cálculo, las carteras topográficas, los planos de detalle, el análisis de precios unitarios de actividades no previstas, las especificaciones técnicas y el cálculo de cantidades de obra correspondientes.
9. Las demás necesarias que permitan garantizar las condiciones de ejecutabilidad y funcionalidad del proyecto.

3 AREA DE ESTUDIO

El municipio de Coyaima se encuentra localizado al sur del Departamento del Tolima, limita con los municipios de Chaparral, Ortega, Saldaña, Purificación, Prado, Natagaima y Ataco. En la Figura 1 se presenta la localización del municipio en el departamento del Tolima. El municipio lo atraviesa la vía que desde el municipio de Espinal conduce al municipio de Neiva en el departamento del Huila. El rio Saldaña, principal fuente hídrica de la zona, se encuentra localizado en el costado occidental del casco urbano del municipio

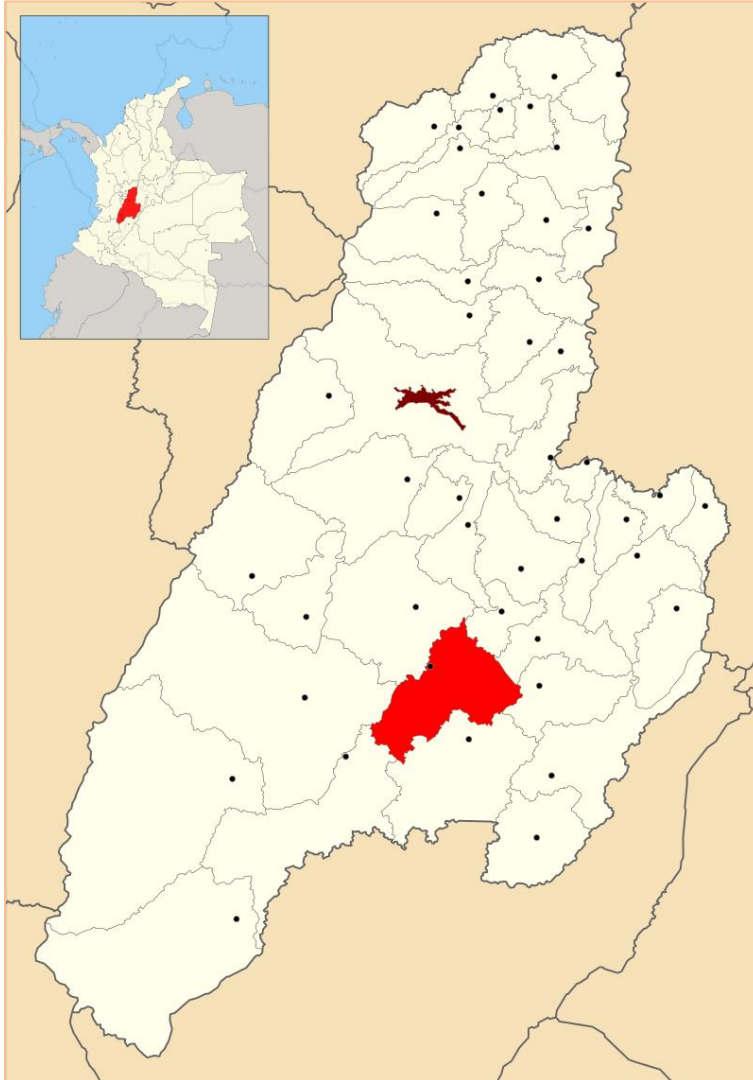


Figura 1. Localización Coyaima en departamento del Tolima

Fuente: Wikipedia

El sistema de abastecimiento de agua se encuentra localizado tanto la zona urbana como en la zona rural del municipio.

4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA EXISTENTE

El sistema de acueducto del municipio de Coyaima presenta dos fuentes de abastecimiento de agua: la quebrada Meche y el río Saldaña, la primera fuente es por gravedad y la segunda es por bombeo, en la Figura 2 se presenta el esquema del sistema de abastecimiento existente. El acueducto requiere de las dos fuentes puesto que, en época seca, la quebrada Meche no tiene la capacidad para abastecer totalmente los usuarios actuales del municipio. La conducción desde la quebrada Meche hasta la planta de potabilización existente tiene una longitud de aproximadamente 15 Km en tubería de 10", 8" y 6". La tubería que sale del sistema de bombeo desde el río Saldaña es de 6" y tiene una longitud de 1.5 Km. En la actualidad el sistema de desarenación se encuentra en el sitio de planta y a éste llega la conducción del río Saldaña. La conducción de la quebrada Meche, llega directamente a la planta de tratamiento de agua.

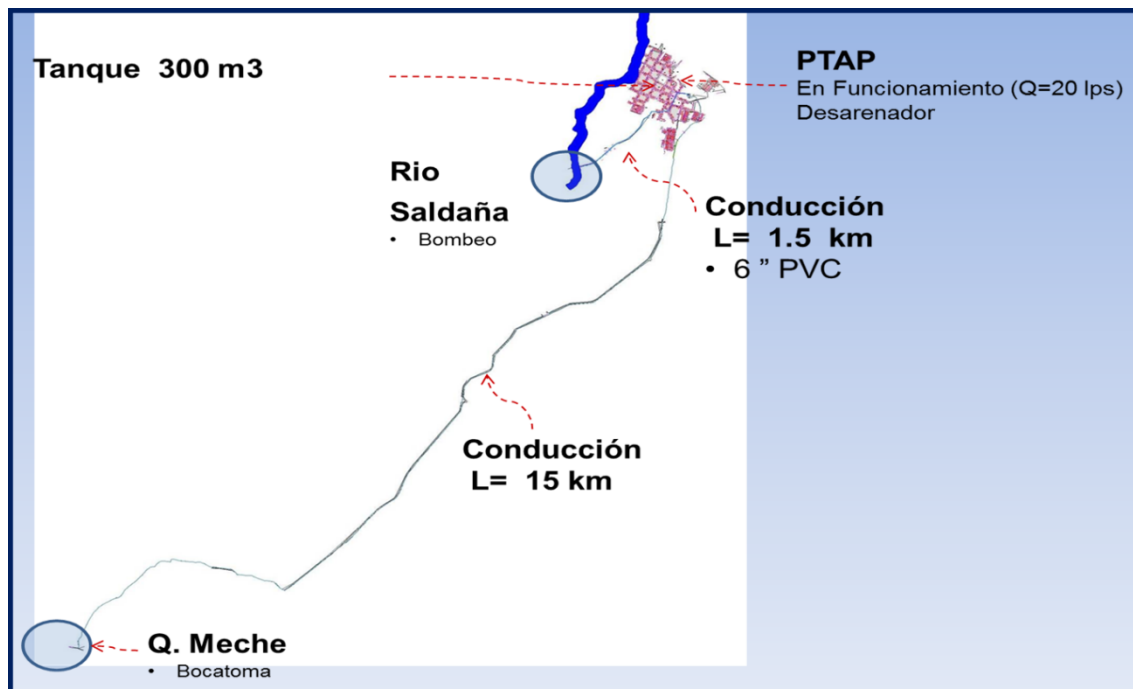


Figura 2 Esquema del sistema de abastecimiento de agua municipio de Coyaima

En la Foto 1 se muestra la localización de las tuberías de entrada y salida del desarenador.



Foto 1 Desarenador existente – ubicación de tuberías de entrada y salida

La planta de potabilización es de tipo convencional, tiene un vertedero triangular en el cual se realiza la mezcla rápida, una floculación hidráulica de flujo horizontal, sedimentación con placas de asbesto – cemento y cuatro (4) filtros rápidos. La planta se encuentra en regular estado, esto se puede corroborar en la Foto 2, Foto 3, Foto 4, Foto 5 y Foto 6.



Foto 2 Vertedero para mezcla rápida



Foto 3 Zona de floculación PTAP

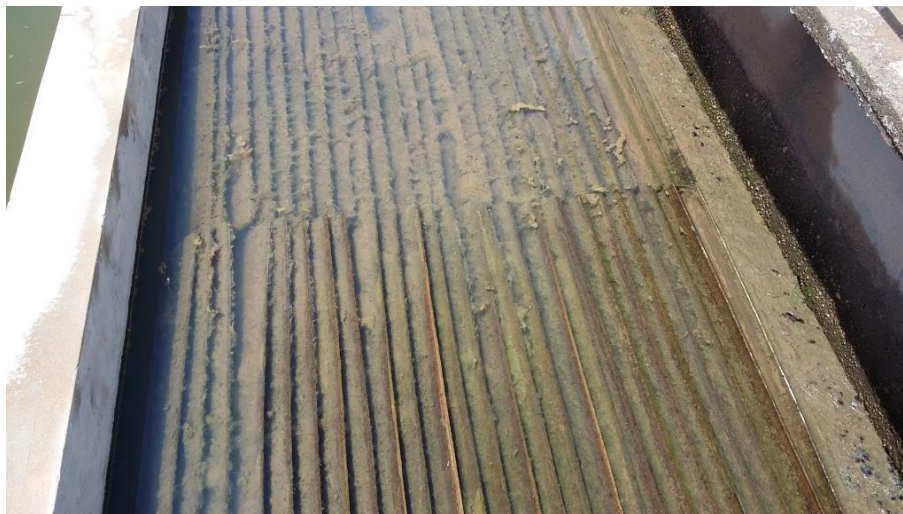


Foto 4 Zona de sedimentación



Foto 5 Zona de filtración



Foto 6 Zona exterior filtración

5 PROYECTO PROPUESTO

Al término de la Fase I del proyecto de optimización del acueducto del municipio de Coyaima, se obtuvieron las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- En la optimización del acueducto de Coyaima es de mucha importancia la inclusión del proyecto que permita mejorar la calidad del agua del acueducto municipal, la cual de acuerdo con los estudios realizados no es potable y existe una Acción popular contra el municipio que obliga a solucionar esta problemática.
- El proyecto debe incluir el mejoramiento de la calidad del agua, por lo cual se considera la optimización de la planta de tratamiento existente como lo más recomendable, permitiendo el mayor aprovechamiento de la infraestructura existente y con el menor costo de inversión.
- Con la implementación de la optimización de la planta de potabilización existente, el proyecto de optimización del acueducto de Coyaima comprendería el desarrollo de las siguientes obras:
 - ✓ Construcción de un desarenador cerca de la quebrada Meche con el objeto de disminuir la carga de sólidos suspendidos que aumentan los niveles de turbiedad en la planta de tratamiento y las cargas de sedimento en las tuberías de aducción del agua cruda.
 - ✓ Instalación de 13 válvulas de purga y de 14 ventosas a lo largo de la línea de aducción.
 - ✓ Construcción de un viaducto con longitud de 20m sobre la quebrada Meche y tubería de 8" de diámetro y se realizarán las adecuaciones al viaducto sobre la quebrada Coya en tubería de 8".
 - ✓ Optimización de la planta de tratamiento existente para un caudal aproximado de 20 L/s.
 - ✓ Construcción de un tanque elevado de 100 m³ en el sitio de la planta de tratamiento existente, para alimentar los sectores hidráulicos del Barrio Benigno Capera.
 - ✓ Construcción de la caseta de bombeo donde se instalarán los equipos de bombeo al tanque elevado.
 - ✓ Instalación de válvulas (VCP) para generar la sectorización hidráulica.
 - ✓ Instalación de válvulas (VC) para generar la sectorización operativa.
 - ✓ Suministro e instalación de 8 macro medidores y de 1150 micro medidores

6 ESTUDIOS TÉCNICOS COMPLEMENTARIOS

Para realizar los ajustes y complementos al proyecto de optimización del acueducto de Coyaima, el Consortio Coyaima Tolima 2015 consideró importante aumentar el período de diseño de las obras de optimización, iniciando en el año 2016 y terminando en el año 2041. Para este nuevo período es importante realizar ajustes en las proyecciones de población y de caudal para lo cual se consideraron los mismos criterios de dotación neta, pérdidas de agua y tasa de crecimiento adoptada en el proyecto inicial, el cual fue viabilizado técnicamente por el Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. Establecida la nueva demanda de agua, para el período de diseño considerado, se procede a realizar los estudios complementarios a las obras que conforman el proyecto de optimización del acueducto municipal.

6.1 DEMANDA DE AGUA

En la Tabla 1 se presenta la información básica de los cálculos realizados por el Consortio Planes y Diseños del Tolima, para estimar los valores de demanda de agua presentados en el informe final de los estudios.

Tabla 1 Parámetros de Demanda de agua Consocio Planes y Diseños del Tolima

Parámetro	Unidad	Valor
Población 2011	habitantes	4971
Período de diseño	años	25
Tasa de crecimiento adoptada	%	1,79
Población final año 2036	habitantes	7.698
Nivel de complejidad		Medio
Dotación neta	L/hab-día	125
% de pérdidas	%	25
Dotación bruta	L/hab-día	166,67
Q medio diario	L/s	14,85
Coeficiente K ₁	adimensional	1,3
Coeficiente K ₂	adimensional	1,6
Q máximo diario	L/s	19,3
Q máximo horario	L/s	30,89

Considerando la misma tasa de crecimiento poblacional de 1,79%, en la Tabla 2 se presentan las proyecciones de población y de demanda de agua para el período 2016 al año 2041.

Tabla 2 Proyecciones de Población y de Demanda Acueducto Coyaima -Tolima

Año	Población	Población flotante	Población total	Q medio (L/s)	Q máximo diario (L/s)	Q máximo horario (L/s)
2016	5.137	257	5.394	10,4	13,5	21,6
2017	5.229	261	5.491	10,6	13,8	22,0
2018	5.323	266	5.589	10,8	14,0	22,4
2019	5.419	271	5.690	11,0	14,3	22,8
2020	5.516	276	5.792	11,2	14,5	23,2
2021	5.615	281	5.896	11,4	14,8	23,7
2022	5.716	286	6.001	11,6	15,0	24,1
2023	5.818	291	6.109	11,8	15,3	24,5
2024	5.923	296	6.219	12,0	15,6	25,0
2025	6.029	301	6.330	12,2	15,9	25,4
2026	6.137	307	6.444	12,4	16,2	25,9
2027	6.247	312	6.560	12,7	16,4	26,3
2028	6.359	318	6.677	12,9	16,7	26,8
2029	6.473	324	6.797	13,1	17,0	27,3
2030	6.590	329	6.919	13,3	17,4	27,8
2031	6.708	335	7.043	13,6	17,7	28,3
2032	6.828	341	7.170	13,8	18,0	28,8
2033	6.951	348	7.298	14,1	18,3	29,3
2034	7.075	354	7.429	14,3	18,6	29,8
2035	7.202	360	7.563	14,6	19,0	30,3
2036	7.332	367	7.698	14,9	19,3	30,9
2037	7.463	373	7.836	15,1	19,7	31,4
2038	7.597	380	7.977	15,4	20,0	32,0
2039	7.733	387	8.120	15,7	20,4	32,6
2040	7.872	394	8.266	15,9	20,7	33,2
2041	8.014	401	8.414	16,2	21,1	33,8

Al ampliar el período de diseño del acueducto al año 2041, el caudal máximo diario se aumenta de 19,3 a 21,1 L/s que significa un incremento del 8,5%. Este incremento se considera que no es elevado y en cambio si es muy importante para el proyecto de optimización del acueducto, el aumento o vigencia del período de diseño.

Considerando el tamaño de la población proyectada al término del período de diseño, el nivel de complejidad del sistema es medio de acuerdo con los criterios establecidos en el Título A.3 “Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico” del RAS.

6.2 ADUCCIÓN BOCATOMA DESARENADOR

La línea de aducción desde la caja de derivación de la captación al lugar donde se construirá el nuevo desarenador tiene una longitud de 31,0 metros y se realiza en tubería de PVC de

10" de diámetro. De acuerdo con la información topográfica y consignada en los planos de las estructuras se tiene:

Cota nivel agua caja de derivación	= 441,71
Cota fondo caja de derivación	= 440,66
Cota corona caja de derivación	= 441,71
Cota nivel agua en el desarenador antiguo	= 439,69
Cota fondo en el desarenador antiguo	= 437,75

En el momento de realizar la investigación topográfica, el nivel del agua en la caja de derivación era alto y el nivel del agua en la caja de derivación se encontraba completamente inundada.

Para el presente diseño, se considerarán los siguientes valores en el desarenador proyectado:

Cota nivel agua en el desarenador nuevo	= 439,80
Cota fondo en el desarenador	= 437,75

Para la revisión hidráulica de la línea de aducción al desarenador, se tendrán en cuenta los siguientes valores:

Carga hidráulica disponible	= 1,0 metro
Longitud	= 31,0 m
Pendiente hidráulica disponible = 1,0/31,0	= 0,032258 m/m
Coefficiente de rugosidad de Manning	= 0.010 para tubería PVC

El coeficiente de rugosidad de Manning se adopta de acuerdo con los valores dados en la Tabla D.6.2 del Título D de las normas RAS 2016

Diámetro de la tubería	= 10"
Diámetro interno de la tubería	= 0,227 m

El proceso de cálculo es iterativo y para la primera iteración se supondrá que toda la carga hidráulica disponible se consumirá en pérdidas por fricción.

Para la revisión hidráulica de la línea de aducción entre la caja de derivación en la estructura de captación y el desarenador, se supone que la tubería opera hidráulicamente como una aducción a flujo libre dada la carga hidráulica tan baja y la longitud reducida de la línea. Para el diseño, se tendrá en cuenta la ecuación de Manning presentada en el numeral 6.5.1 del Título B de las normas RAS, ecuación B.6.4:

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

donde:

- V = Velocidad del flujo (m/s).
- R = Radio hidráulico (m).
- S = Pendiente hidráulica (m/m).
- n = Coeficiente de rugosidad de Manning

La ecuación de Manning también puede escribirse de la siguiente manera:

$$Q = \frac{A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Y reemplazando el área por la expresión $\frac{\pi D^2}{4}$ y radio hidráulico por D/4, se tiene:

$$Q = 0,312 \cdot D^{8/3} \cdot S^{0.5} / n$$

En donde,

- Q: Caudal, en m³/s
- D: Diámetro de la tubería
- S: Pendiente hidráulica, en m/m
- n: coeficiente de rugosidad de Manning

De acuerdo con la pendiente hidráulica disponible y considerando una tubería de 10" de diámetro, la capacidad de la tubería de conducción será:

$$Q = 0,312 \times (0,227)^{8/3} \times 0,032258^{0.5} / 0,010 = 0,10745 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 107,45 \text{ L/s}$$

La velocidad a sección plena será:

$$V = Q / A$$

$$A = 3,1416 \times 0,227^2 / 4 = 0,04047 \text{ m}^2$$

$$V = 0,10745 / 0,04047 = 2,66 \text{ m/s}$$

Para las pérdidas menores se calcularán considerando el numeral 6.5.4.2 del Título B de las normas RAS página 169, en la cual se establece:

$$h_m = \frac{k_m V^2}{2 g}$$

donde:

- k_m = Coeficiente de pérdidas menores (adimensional).
- V = Velocidad media del fluido (m/s).
- g = Aceleración de la gravedad (m/s²).

Los coeficientes de pérdidas menores son tomados de la Tabla B.6.30 del Título B de las normas RAS y se considerará las pérdidas por entrada, por válvula de compuerta abierta y las pérdidas por salida, en estas condiciones se tienen:

Pérdidas por entrada	$= h_m = 0,5 \cdot V^2/2g$
Pérdidas válvula compuerta abierta	$= h_m = 0,2 \cdot V^2/2g$
Pérdidas por creación de velocidad	$= h_m = \underline{1,0} \cdot V^2/2g$
Pérdidas secundarias	$= h_m = 1,7 \cdot V^2/2g$

Para una relación $q/Q = 0,0211/0,10745 = 0,1963$ se tiene:

Velocidad real	$= 1,73 \text{ m/s}$
Profundidad del agua	$= 0,07 \text{ m}$

Pérdidas menores $= 1,7 \times 1,73^2/19,62 = 0,26 \text{ m}$

Para la segunda iteración se tiene:

Carga hidráulica para pérdidas por fricción $= 1,0 - 0,26 = 0,74 \text{ m}$

Pendiente hidráulica disponible $= 0,74 / 31,0 = 0,0238729 \text{ m/m}$

De acuerdo con la pendiente hidráulica disponible y considerando una tubería de 10" de diámetro, la capacidad de la tubería de conducción será:

$$Q = 0,312 \cdot D^{8/3} \cdot S^{0,5} / n$$

$$Q = 0,312 \times (0,227)^{8/3} \times 0,0238729^{0,5} / 0,010 = 0,09244 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 92,44 \text{ L/s}$$

La velocidad a sección plena será:

$$V = Q / A$$

$$V = 0,09244 / 0,04047 = 2,28 \text{ m/s}$$

Para una relación $q/Q = 0,0211/0,09244 = 0,2282$ se tiene:

Velocidad real	$= 1,56 \text{ m/s}$
Profundidad del agua	$= 0,08 \text{ m}$

Pérdidas menores $= 1,7 \times 1,56^2/19,62 = 0,21 \text{ m}$

Para la tercera iteración se tiene:

Carga hidráulica para pérdidas por fricción $= 1,0 - 0,21 = 0,79 \text{ m}$

Pendiente hidráulica disponible $= 0,79 / 31,0 = 0,025477 \text{ m/m}$

De acuerdo con la pendiente hidráulica disponible y considerando una tubería de 10" de diámetro, la capacidad de la tubería de conducción será:

$$Q = 0,312 \cdot D^{8/3} \cdot S^{0.5} / n$$

$$Q = 0,312 \times (0,227)^{8/3} \times 0,025477^{0.5} / 0,010 = 0,09549 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 95,49 \text{ L/s}$$

La velocidad a sección plena será:

$$V = Q / A$$

$$V = 0,09549 / 0,04047 = 2,36 \text{ m/s}$$

$$\text{Para una relación } q/Q = 0,0211/0,09549 = 0,2209 \text{ se tiene:}$$

$$\text{Velocidad real} = 1,59 \text{ m/s}$$

$$\text{Profundidad del agua} = 0,08 \text{ m}$$

$$\text{Pérdidas menores} = 1,7 \times 1,59^2 / 19,62 = 0,22 \text{ m}$$

La línea de aducción tiene capacidad de transportar un caudal de 95,4 L/s con velocidad real de 1,59 m/s, valor muy superior al caudal de diseño de la línea. El valor de la velocidad del flujo, es superior a la velocidad mínima establecida inclusive para evitar la formación de biopelícula en la tubería (1.0 m/s) de acuerdo con el título B.6.3.7 de las normas RAS.

Considerando un nivel de pérdidas menores de 0,22m, las cotas de la tubería serán:

$$\text{Cota nivel agua caja de derivación} = 441,0$$

$$\text{Cota batea tubería salida caja de derivación} = 441 - 0,22 - 0,08 = 440,70$$

$$\text{Cota batea tubería llegada al desarenador} = 440,70 - 0,02521 \times 31 = 439,92$$

$$\text{Cota nivel agua desarenador} = 439,92 + 0,08 = 440,0$$

De acuerdo con el cálculo realizado, la tubería de aducción presenta una capacidad de conducción mayor que el caudal máximo diario correspondiente al año 2041 (21,1 L/s), para esta condición, la velocidad del agua en la tubería será:

$$\text{Caudal de diseño} = 21,1 \text{ L/s}$$

$$\text{Diámetro de la tubería} = 10" \text{ PVC}$$

$$\text{Diámetro interno} = 0,227 \text{ m}$$

$$\text{Área sección transversal de la tubería} = 0,0404 \text{ m}^2$$

$$\text{Velocidad del agua} = 0,0211/0,0404 = 0,52 \text{ m/s}$$

La velocidad del agua en la tubería, es inferior a la velocidad mínima recomendada en la norma 6.4.4.10 del Título B de las normas RAS en el cual se establece un valor de 1 m/s, pero por tratarse de una tubería existente, prima el criterio del aprovechamiento de la tubería. Dado que, desde el punto de vista operacional, la capacidad de la tubería es mayor que el caudal de diseño, la tubería deberá contar con una válvula de compuerta en la

llegada al desarenador, que permita regular el caudal de entrada a la estructura. En el momento del lavado del desarenador, se deberá aprovechar para ser el mantenimiento de la tubería de aducción, el cual consistirá en abrir por completo la válvula de retención y permitir el desagüe de la tubería, aprovechando el desagüe del desarenador. Esta operación puede efectuarse en un período de 10 a 15 minutos.

6.3 DISEÑO HIDRÁULICO SISTEMA DE DESARENACIÓN

De acuerdo con las Normas RAS, se proyecta un desarenador con período de diseño de 25 años y el cual tendrá capacidad para tratar el caudal máximo diario del año 2041 (numeral 4.6.2 del Título B de las normas RAS).

Caudal de diseño año 2041 : 21,10 L/s
Temperatura del agua : 25° C
Viscosidad cinemática (μ) : 0,00897 cm²/seg. La viscosidad cinemática del agua se extrae de la Tabla 1.4 del libro Teoría y práctica de la purificación del agua de Jorge Arboleda Valencia, tercera edición Mc Graw Hill.

6.3.1 Diseño zona de decantación

El título A.11.2.4 de las normas RAS indica que el periodo de retención del agua en el Desarenador no será menor a 20 minutos en cualquier nivel de complejidad.

De acuerdo con lo anterior, se tiene que el volumen necesario para tratar el caudal de diseño del año 2041 y para un periodo de retención de 20 minutos será:

$$Q = V/t$$

$$V = Q \times t$$

$$\text{Volumen} = 0,0211 \text{ m}^3/\text{s} \times 1200 \text{ s} = 25,32 \text{ m}^3$$

Para un volumen de 25,32 m³ y una profundidad útil adoptada de 1,50 m, el área superficial será:

$$A_s = V / H_{\text{útil}} = 25,32 \text{ m}^3 / 1,50 \text{ m} = 16,88 \text{ m}^2$$

Se adopta una relación longitud al ancho de 6 a 1; la cual se encuentra en el rango recomendado por las normas RAS en el título C.6.5.1.1, en el cual se establece que esta relación debe estar entre 1:4 y 1:8.

$$\text{Ancho del desarenador: } B = (16,88 / 6)^{1/2} = 1,68 \text{ m}$$

Se adopta un ancho de 1,7 m

$$L = \frac{A_s}{B} = \frac{16,88}{1,7} = 9,92 \text{ m} \equiv 10 \text{ m}$$

Se establece que el desarenador debe tener un ancho de 1,7 m y una longitud de 10,0 m y una profundidad útil de 1,50 m.

Una vez establecidas las dimensiones del desarenador, procedemos a verificar el diámetro de la partícula que se puede remover con las dimensiones del mismo.

$$V_o = Q / A_s = 0,0211 \text{ m}^3/\text{s} / (1,7 \text{ m} \times 10,0 \text{ m}) = 0,001242 \text{ m/s} = 0,124 \text{ cm/s}$$

Para un número de Hazen de 4 que corresponde a la eficiencia en la estructura del 87,5%.

$$V_s / V_o = \text{número de Hazen}$$

En donde V_s es la velocidad de sedimentación obtenida por el método de Stokes y V_o es la carga superficial o velocidad de sedimentación obtenida por el método de Hazen.

$$V_s = 0,124 \text{ cm/s} \times 4 = 0,50 \text{ cm/s}$$

El diámetro de la partícula que remueve el desarenador se determina de acuerdo a la ecuación de la velocidad de sedimentación formulada por Stokes (numeral 4.6.3 Título B de las normas RAS).

$$V_s = \frac{g (S_s - 1) d^2}{18 \nu}$$

En donde:

V_s : velocidad de sedimentación en cm/s
 g : aceleración de la gravedad en cm/s^2
 S_s : Peso específico de la arena, $2,65 \text{ gr/cm}^3$
 d : diámetro de la partícula de arena, cm
 ν : viscosidad cinemática en Stokes

El diámetro de la partícula que remueve el desarenador será:

$$d = \left(\frac{18 \nu V_s}{g (S_s - 1)} \right)^{1/2}$$

$$d = \left(\frac{18 \times 0,00897 \times 0,50}{981 \times (2,65 - 1)} \right)^{1/2}$$

$$d = 0,007 \text{ cm} = 0,070 \text{ mm}$$

Se establece que el desarenador se encuentra en la capacidad de remover partículas desde 0,07 mm de diámetro.

Considerando el diámetro de la partícula de arena que remueve el desarenador de 0,07 mm, el número de Reynolds será:

$$NRe = \frac{V_s d}{\nu}$$

En donde,

NRe = número de Reynolds
 V_s = velocidad de sedimentación de la partícula de arena
 d = diámetro de la partícula de arena
 ν = viscosidad cinemática del agua

$$NRe = \frac{0,50 \times 0,007}{0,00897} = 0,39 < 1$$

El número de Reynolds para la partícula de arena obtenido es menor de 1, por lo tanto, el flujo es laminar y el uso de la ecuación de Stokes es válida, de acuerdo con el título B.4.6.3 de las normas RAS.

6.3.2 Diseño zona de entrada

Para la zona de entrada se proyecta un canal con orificios en el fondo y en la pared frontal.

Velocidad máxima en los orificios = 0,20 m/s

De acuerdo con este parámetro de diseño, el área necesaria para que el caudal de diseño circule por los orificios de entrada con una velocidad igual a 0,20 m/s, será:

$$Q = V \cdot A$$

$$A = Q / V$$

Donde,

A = Área total de los orificios en m²

Q = Caudal de diseño m³/s

V = Velocidad en m/s

$$A = 0,0211 \text{ m}^3/\text{s} / 0,20 \text{ m/s} = 0,11 \text{ m}^2$$

Considerando orificios de 3 pulgadas de diámetro, tenemos que el número total de orificios en la pantalla de entrada será:

$$\text{Diámetro del orificio} = 3 \times 2,54/100 = 0,076 \text{ m}$$

$$\text{Área de un orificio} = (0,076^2) \times (\pi / 4) = 0,00456 \text{ m}^2$$

El número total de orificios en la pantalla será de:

$$A_T/a_o = 0,11 \text{ m}^2 / 0,00456 \text{ m}^2 = 23 \text{ orificios}$$

Se adopta un número total de 24 orificios, irán en tres filas de 8 orificios por fila.

El área total de los orificios será:

$$A_T = 24 \times 0,00456 \text{ m}^2 = 0,10944 \text{ m}^2$$

$$V = Q/A_T = 0,0211 \text{ m}^3/\text{s} / 0,10944 \text{ m}^2 = 0,19 \text{ m/s}$$

Pérdidas en los orificios de entrada:

$$H = (Q / (C \cdot A))^2 / 19,62 = 0,0211 / (0,7 \times 0,10944))^2 / 19,62 = 0,0012 \text{ m}$$

6.3.3 Diseño zona de salida

En la parte final del desarenador se tendrá un vertedero para la salida del agua el cual tendrá una longitud igual al ancho de la estructura.

Ancho adoptado para el vertedero de salida = 1,7 m

De acuerdo con lo anterior, la carga hidráulica sobre el vertedero de salida será:

$$H = (Q / 1,84 \times L)^{2/3} = (0,0211 / (1,84 \times 1,7))^{2/3} = 0,04 \text{ m}$$

$$\text{Velocidad en el vertedero} = (Q / (B \times H)) = (0,0211 / (1,7 \text{ m} \times 0,04 \text{ m})) = 0,35 \text{ m/s.}$$

El alcance horizontal (X_s) de la vena vertiente será:

$X_s = 0,36 V^{2/3} + 0,60 H^{4/7}$ (ecuación 6.5 del libro Elementos de Diseño para acueductos y alcantarillados de Ricardo Alfredo López Cualla. 2ª edición, Escuela Colombiana de Ingeniería.

En donde:

X_s = Distancia horizontal que describe la napa superior del chorro al caer

V = velocidad del chorro del agua

H = Carga hidráulica o altura del agua al inicio de la caída, en m

$$X_s = 0,36 \times 0,35^{2/3} + 0,60 \times 0,04^{4/7} = 0,27 \text{ m}$$

Finalmente, se adopta un ancho de 0,7 m para el canal de salida del desarenador, y una profundidad de 1,0 m incluyendo borde libre.

Para evitar la entrada de material flotante al canal de salida, se proyecta una pantalla o baffle la cual se construirá 0,70m antes de la pared de salida.

6.3.4 Diseño zona de lodo

De acuerdo con el título B.4.4.6.4 de las normas RAS, la profundidad efectiva para el almacenamiento de arena en el desarenador desde estar comprendida entre 0,75 y 1,50 m. Se adopta una profundidad máxima para almacenamiento de lodos de 0,75 m.

Se proyectan una tolva para el almacenamiento de las partículas sedimentadas. Los lodos drenarán hacia un canal central de 0,50m de ancho con pendiente hacia el orificio de salida, en el cual se instalará una compuerta lateral para la salida del lodo.

6.3.5 Revisión de otros parámetros normas RAS

Revisión del cálculo de la velocidad horizontal máxima. En el Título B de las normas RAS numeral B.4.4.3 se establece que la velocidad horizontal máxima será de 0,25 m/s.

$$V_h = Q / A_t = (0,0211 \text{ m}^3/\text{s} / 1,50 \times 1,7 = 0,008 \text{ m/s}$$

Cálculo de la relación Velocidad horizontal / Velocidad de sedimentación

Las normas RAS, en el título B.4.4.6.3 establecen que la relación entre V_h / V_s debe ser inferior a 20.

$$V_h / V_s = 0,83 \text{ cm/s} / 0,50 \text{ cm/s} = 0,0002$$

La relación de la velocidad horizontal y la velocidad de sedimentación del desarenador cumple con el parámetro establecido por las normas RAS.

$$\text{Carga superficial} = Q / A_s$$

$$\text{Caudal} = 0,0211 \times 86.400 = 1.823 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Carga superficial} = 1.823 / (1,7 \times 10) = 107,24 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$$

6.3.6 Cotas en el desarenador

Cota nivel agua en el desarenador	= 439,80
Cota corona muros	= 440,10
Cota vertedero de salida = 439,80 – 0,04	= 439,76
Cota fondo de la estructura	= 437,75

6.4 ADUCCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

De acuerdo con la información del Consorcio Planes y diseños del Tolima y la información de topografía del Consorcio Coyaima Tolima 2015, se presenta la siguiente información para la línea de aducción:

Cota nivel agua salida del desarenador nuevo	= 439,35
Cota nivel agua llegada a la PTAP	= 386,80
Carga hidráulica disponible = 439,35 – 386,80	= 225,82 m
Longitud	= 15.304 m
Diámetro de la tubería	= 8 pulgadas
Diámetro de la tubería	= 6 pulgadas

La conducción existente tiene una longitud de 15.304 metros, 13.304 m en tubería PVC de 8" y 2.000 m en tubería PVC de 6".

Considerando que las dos tuberías de la línea de aducción funcionan en serie, se reduce el sistema a una tubería de diámetro equivalente según la siguiente ecuación de Hazen Williams (ecuación 10.6 del libro Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados de Ricardo Alfredo López Cualla de la Escuela Colombiana de Ingeniería):

$$Q = 0,2785 C D^{2,63} J^{0,54}$$

En donde:

Q = caudal en m³/s

C = coeficiente de fricción de la tubería. Para PVC = 150

D = Diámetro de la tubería en m

J = Pendiente hidráulica en m/m

La pendiente hidráulica despejada de la ecuación anterior, se puede expresar así:

$$J = \left(\frac{Q}{0,2785 C D^{2,63}} \right)^{1/0,54}$$

Las pérdidas por fricción de las dos tuberías en serie son iguales a las pérdidas por fricción que se producirían en la tubería de diámetro equivalente D_e. La cual a su vez se calcula con el mismo coeficiente de fricción de las dos tuberías en serie con coeficiente de fricción correspondiente a tuberías de PVC. En estas condiciones puede decirse que:

$$J_1 L_1 + J_2 L_2 = J_e L_e$$

En donde;

J₁ = pendiente hidráulica de la tubería 1

L₁ = longitud de la tubería 1

J₂ = pendiente hidráulica de la tubería 2

L₂ = Longitud de la tubería 2

J_e = pendiente hidráulica de la tubería de diámetro equivalente

L_e = longitud de la tubería equivalente = L₁ + L₂

Reemplazando términos en las ecuaciones se obtiene:

$$\left(\frac{L_1}{D_1^{2,63/0,54}} \right) + \left(\frac{L_2}{D_2^{2,63/0,54}} \right) = \left(\frac{L_e}{D_e^{2,63/0,54}} \right)$$

$$\left(\frac{13.304}{(8 \times 0,0254)_1^{2,63/0,54}} \right) + \left(\frac{2.000}{(6 \times 0,0254)_2^{2,63/0,54}} \right) = \left(\frac{15.304}{D_e^{2,63/0,54}} \right)$$

Despejando el diámetro equivalente de la ecuación anterior, se obtiene:

Diámetro equivalente = 0,1896402 m

Para calcular el caudal que puede llevar la tubería de aducción a la planta de tratamiento, se utilizará la ecuación de Darcy Weisbach en combinación con la ecuación de Colebrook – White (numeral 6.5.4 del Título B de las normas RAS)

Para realizar este cálculo del caudal que transporta la tubería, se tendrán en cuenta los siguientes valores adicionales:

Temperatura del agua = 25°C
 Viscosidad cinemática = 0,00897 cm²/s = 8,97E-07 m²/s
 Rugosidad absoluta de la tubería = k_s = 0,00015 mm (Tabla B.6.29 normas RAS)

$$\text{Pérdidas menores} = \sum K_m V^2/2g = 87,5 \frac{V^2}{2g}$$

Las pérdidas menores consideran los siguientes accesorios en la línea de aducción (tabla B.6.30 del Título B de las normas RAS):

Accesorio	Pérdidas como K V ² /2g		
	K	Cantidad	Σ K V ² /2g
codos	0,8	100	80
entrada	0,50	1	0,5
salida	1	1	1
válvulas	0,2	30	6
Pérdidas			87,5

En el proceso de cálculo se utilizarán las siguientes ecuaciones (numeral 6.5.4.1 del Título B de las normas RAS):

$$h_f = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \quad (\text{Darcy - Weisbach})$$

En donde:

h_f : pérdidas por fricción, en m
 f : factor de fricción en la tubería
 L : longitud de la tubería, en m
 D : diámetro de la tubería, en m
 V : velocidad real del agua en la tubería, en m/s

Para el cálculo del factor de fricción “f” se considera la siguiente ecuación de Colebrook-White (numeral 6.5.4.1 del Título B de las normas RAS)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k_s}{d} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

En donde,

K_s : coeficiente de rugosidad de la tubería

Re : número de Reynolds

Combinando la ecuación de Darcy Weisbach con la ecuación de Colebrook-White se obtiene la ecuación para el cálculo de la velocidad real del agua en la tubería, que viene dada por la siguiente expresión:

$$V = \frac{-2 \sqrt{2g d h_f}}{\sqrt{l}} \log \left(\frac{k_s}{3,7 d} + \frac{2,51 v \sqrt{l}}{d \sqrt{2g d h_f}} \right)$$

El proceso de cálculo es iterativo y para la primera iteración se supondrá que toda la carga hidráulica disponible se consumirá en pérdidas por fricción.

Pérdidas por fricción = $h_f = 52,55$ m

$$V = \frac{-2 \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,18964 \times 52,55}}{\sqrt{15,304}} \log \left(\frac{0,0000015}{3,7 \times 0,18964} + \frac{2,51 \times v \sqrt{15,304}}{0,18964 \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,18964 \times 52,55}} \right)$$

$$V = 0,897 \text{ m/s}$$

$$\text{Pérdidas menores} = \sum K_m \frac{V^2}{2g} = 87,5 \frac{V^2}{2g} = 87,5 \times 0,897^2 / 19,62 = 3,59 \text{ m}$$

Para la segunda iteración se tiene:

$$\text{Carga hidráulica para pérdidas por fricción} = 52,55 - 3,59 = 48,958 \text{ m}$$

Y reemplazando en la ecuación de la velocidad real se obtiene:

$$V = 0,863 \text{ m/s}$$

$$\text{Pérdidas menores} = \sum K_m \frac{V^2}{2g} = 87,5 \frac{V^2}{2g} = 87,5 \times 0,863^2 / 19,62 = 3,32 \text{ m}$$

Para la tercera iteración se tiene:

$$\text{Carga hidráulica para pérdidas por fricción} = 52,55 - 3,32 = 49,229 \text{ m}$$

Y reemplazando en la ecuación de la velocidad real se obtiene:

$$V = 0,866 \text{ m/s}$$

$$\text{Pérdidas menores} = \sum K_m \frac{V^2}{2g} = 87,5 \frac{V^2}{2g} = 87,5 \times 0,866^2 / 19,62 = 3,34 \text{ m}$$

Con el valor de la velocidad real obtenido, el caudal que transporta la tubería será:

$$Q = V A = 0,866 \times 3,1416 \times 0,18964^2 / 4 = 0,0244 = 24,44 \text{ L/s}$$

La línea de aducción tiene capacidad de transportar un caudal de 24,44 L/s con velocidad real de 0,86 m/s, valor superior al caudal máximo diario para el año 2041.

6.5 OPTIMIZACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO

Para mejorar las condiciones operativas de la planta de potabilización se propone realizar pequeñas modificaciones a las estructuras existentes. Estas modificaciones pretenden mejorar algunos parámetros como gradientes de mezcla, tiempos de contacto y tasas de sedimentación, filtración y lavado de filtros. A continuación, se presentan los dimensionamientos de las unidades de coagulación o mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración y cloración. El área de los filtros no sufre modificación puesto que, con las dimensiones encontradas, tienen capacidad para la filtración de 21 l/s. Es importante anotar que no se realizaron estudios de calidad de agua de las fuentes y ensayos de tratabilidad, puesto que el consorcio Coyaima Tolima 2015 no consideró necesario la realización de estas actividades por el hecho de ser una planta existente y que la mayor problemática de la planta actual corresponde a un avanzado estado de deterioro de las estructuras. También es importante anotar que no se tenían previstos en los recursos de la fase II, la realización de estudios de calidad y de tratabilidad.

6.5.1 Mezcla Rápida

En vista de que el sistema actual de mezcla rápida no funciona en forma adecuada desde el punto de vista hidráulico (no genera un resalto hidráulico) y no provee una adecuada dispersión de coagulante (ver Foto 7). Por lo anterior se propone al inicio de los floculadores existentes un canal, en el cual se instalará un vertedero triangular de 90° para realizar la mezcla rápida y que servirá igualmente como estructura de aforo. Este canal se conectará mediante un orificio de 250 mm al canal existente previo a la cámara de mezcla existente. Este orificio de paso produce una pérdida de carga de 0.02 m, utilizando la expresión de los orificios con un coeficiente de pérdida de carga de 0.61.

$$H = \left(\frac{0.021}{(0.61 * 0.05067)} \right)^2 \frac{1}{2g}$$



Foto 7 mezcla rápida existente

Como criterio de diseño se propone que la caída de nivel de agua proyectada coincida con la disponibilidad existente de energía entre la cámara de entrada y el inicio del Floculador.

6.5.1.1 Vertedero triangular:

A continuación, se mencionan los principales cálculos de la estructura de mezcla rápida.

a. Altura de agua sobre el vertedero (H):

La altura de agua sobre el vertedero se calculó con la **Ecuación 1**

$$H = \left(\frac{Q}{1.38 \tan \frac{\phi}{2}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Ecuación 1

Dónde:

Q	Caudal, 0.021 m ³ /s
ϕ	ángulo 90°
H	Carga sobre el vertedero 0.19 m

b. Longitud inicio del resalto (L_m)

La lámina vertiente, después de pasar sobre el vertedero, toca el fondo del canal a una distancia L_m del vertedero. Cuando la lámina de agua alcanza el fondo, se divide en una corriente principal que se mueve hacia el frente y en una corriente secundaria que retorna. En este punto se genera la mayor turbulencia (inicio del resalto) y es aquí donde se realiza la aplicación del coagulante. La distancia L_m puede ser calculada por la ecuación de Scimeni:

$$L_m = 4.3 * P * (h_c / P)^{0.9} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

L_m	Distancia aplicación coagulante, 0.27 m
-------	---

P	Cresta del vertedero 0.5 m
h_c	Altura crítica 0.05 m

c. Longitud de la mezcla (L_j):

La longitud de la mezcla (L_j) se calcula mediante la **Ecuación 3**. Para el cálculo del gradiente de velocidad, es necesario conocer la energía consumida en el resalto, la altura de agua antes del resalto (h_1) está relacionada con la altura crítica (h_c) en la Ecuación 4 y las alturas de agua antes (h_1) y después del resalto (h_2) deben satisfacer la Ecuación 6

$$L_j = 6 * (h_2 - h_1)$$

Ecuación 3

$$h_1 = \frac{\sqrt{2} h_c}{\sqrt{1,5 + \frac{P}{h_c}} + 1,06}$$

Ecuación 4

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Ecuación 5

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{2} * (\sqrt{1 + 8 * F^2} - 1)$$

Ecuación 6

De las ecuaciones anteriores:

L_j	Longitud de la mezcla, 0,61 m
h_1	Altura antes de resalto, 0,016 m
h_2	Altura después del resalto, 0,12 m
F	Número de Froude, 5.58

d. Energía hidráulica disipada:

La energía hidráulica disipada (hp) o pérdida de carga generada en la longitud del resalto, se calculó mediante la ecuación de Belanger (Ecuación 7):

$$hp = \frac{(h_2 - h_1)^3}{4 * h_1 * h_2}, \quad \text{la pérdida de carga } hp \text{ es de } 0,141 \text{ m.}$$

Ecuación 7

e. Gradiente de velocidad:

El gradiente de velocidad (G) producido es calculado en función del tiempo de mezcla (T), la pérdida de carga (hp) y la relación entre el peso específico del agua (γ) y coeficiente de viscosidad absoluta (μ), mediante la Ecuación 8 y la Ecuación 9.

$$T = \frac{2 * L_j}{\langle V_1 + V_2 \rangle}$$

Ecuación 8

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{hp}{T}}$$

Ecuación 9

De las ecuaciones anteriores:

T	Tiempo de mezcla, 0.49 s
V_1	Velocidad inicio del resalto, 2.20 m/s
V_2	Velocidad fin del resalto, 0.30 m/s
G	Gradiente de velocidad, 1.674 s ⁻¹
$\sqrt{\frac{\gamma}{\mu}}$	Para Temperatura del agua 20°C, 3114.64

El resumen de cálculo de los parámetros hidráulicos y de mezcla rápida se presenta en la Tabla 3. En la Figura 3 se presenta un corte por el canal que produce la mezcla rápida.

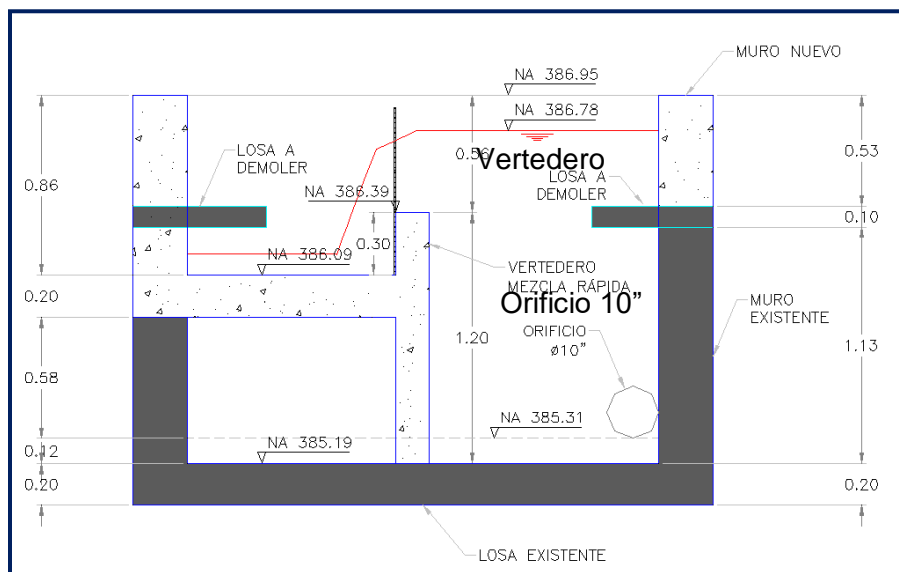


Figura 3 Perfil zona de mezcla rápida

Tabla 3 Cálculo mezcla rápida

Comprobación de las condiciones de mezcla en un vertedero triangular

1	Caudal	Q	m ³ /s	0,021
	ancho canal	B	m	0,600
	ángulo vertedero	θ	°	90
2	Caudal específico	q	m ³ /s/m	0,035
	Carga disponible	H	m	0,19
	Caudal específico	q	m ³ /s/m	0,03500
3	Altura critica	hc	m	0,050
4	Altura de la cresta	P	m	0,5
	Altura de agua en la sección (1)	h1	m	0,0159
5	Velocidad en la sección (1)	v1	m/s	2,20
6	Número de Froude	F1		5,58
7	Altura de agua en la sección (2)	h2	m	0,12
8	Velocidad en la sección (2)	v2	m/s	0,30
9	Longitud del resalto	Lj	m	0,61
10	Distancia del vertedero a la sección (I)	Lm	m	0,27
11	Perdida de carga en el resalto	hp	m	0,141
12	Velocidad media	Vm	m/s	1,25
13	Tiempo de mezcla	T	s	0,49
14	Gradiente de velocidad	G	s ⁻¹	1674

Se obtienen valores adecuados de gradiente entre 1000 y 2000 s⁻¹ y tiempo de mezcla menor a 1 s, de acuerdo a la ficha técnica C.C.2 del RAS 2010

6.5.2 Floculadores

Para los floculadores se proyecta el cambio de los tabiques existentes y reemplazarlos por tabiques plásticos, para las condiciones actuales los tabiques existentes generan velocidades bajas por lo cual ocasionan gradientes de mezcla poco adecuados, además de propiciar sedimentación de flóculos en una zona que no corresponde. El estado de los tabiques no es el mejor y se presentan tabiques derruidos, tal como se presenta en la Foto 8.

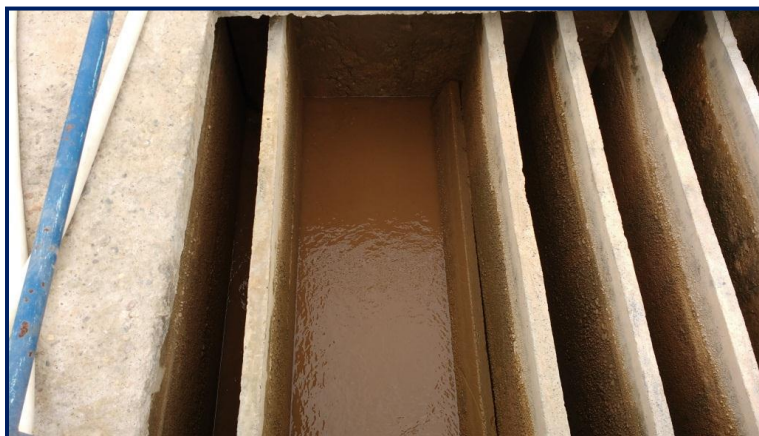


Foto 8 Estado de tabiques floculadores existentes

Se plantea proyectar tres zonas de floculación y dividir cada zona con un muro en concreto. Cada zona se dimensiona con un tiempo de retención de 10 minutos para un total de 30 minutos. De acuerdo con lo anterior se tiene:

Volumen promedio por cada zona, 12.6 m³

T_R Tiempo de retención por zona, 10 min para un total de 30 minutos

Se implementará la floculación hidráulica de flujo horizontal y se adopta una profundidad de 1,0 m.

- La pérdida de carga en los cambios de dirección (h) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$h_2 = K \frac{[V_1^2]}{2g}$$

Ecuación 10

Dónde:

V_1 Velocidad en los canales, m/s
 K constante igual a 3.0

- La velocidad en los pasajes (V_2):

$$V_2 = \frac{2}{3} V_1$$

Ecuación 11

- La pérdida de carga continua en el canal se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$h_1 = \left[\frac{n * V_1}{R_H^{2/3}} \right]^2 * l$$

Ecuación 12

Dónde:

n Numero de Manning para fibra de vidrio, 0.010
 R_H Radio hidráulico del canal
 l Extensión total de canal

- El gradiente de velocidad se comprueba mediante la siguiente expresión:

$$G = \sqrt{\frac{\gamma}{\mu}} * \sqrt{\frac{hp}{T}}$$

Ecuación 13

En la Tabla 4 se presenta el cálculo hidráulico de las tres zonas de floculación denominadas en esta tabla como Z1, Z2 y Z3, cada zona tiene 10 minutos de tiempo de retención. Las zonas definidas presentan gradientes de 56.2, 42.5 y 30.2 s⁻¹.

Se cumple con lo establecido en la ficha técnica C.F.1 del RAS 2010, en la cual se mencionan los siguientes parámetros y criterios:

- Velocidad entre 0.10 y 0.6 m/s
- Tiempo de retención entre 20 y 30 minutos
- Profundidad en el tanque entre 1.0 y 2.0 m
- Gradiente medio entre 20 y 70 s⁻¹

En la Figura 4 se presenta la zona de mezcla rápida y el canal de floculación de la primera zona.

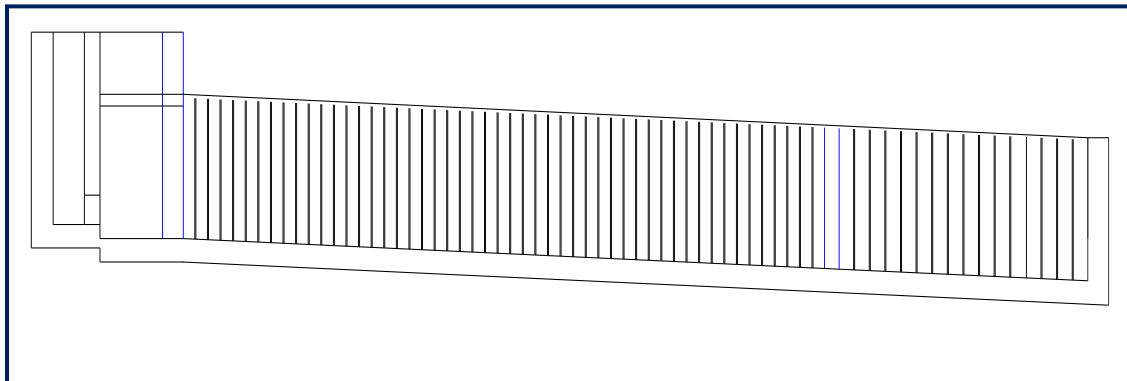


Figura 4 Perfil zona de mezcla rápida y primera zona de floculación

Tabla 4 Cálculo floculación

FLOCULADOR HIDRAULICO DE FLUJO HORIZONTAL					
CAUDAL	Q	m ³ /s	0.021	0.021	0.021
ZONA DE FLOCULACION			Z1	Z2	Z3
Tiempo total de floculación hidráulica	T	min	10	10	10
Volumen total de la unidad	V	m ³	12.60	12.60	12.60
Volumen zona de floculación	V	m ³	12.60	12.60	12.60
Ancho unidad de floculación	B	m	6.070	5.990	5.910
Profundidad del floculador	H	m	1.0	1.0	1.0
Largo unidad de floculación	B	m	2.08	2.10	2.13
Tiempo de retención por zona	T	min	10.00	10.00	10.00
Velocidad zona	v	m/s	0.180	0.150	0.120
Longitud de canales	L	m	108.00	90.00	72.00
Area de paso	A	m ²	0.12	0.14	0.18
Espaciamiento entre pantallas	e	m	0.12	0.14	0.18
Espaciamiento extremo	ex	m	0.18	0.21	0.26
Longitud pantalla	l	m	2.080	2.050	2.000
Ancho tabique	b	m	2.26	2.26	2.26
Número de canales	N		47.9	39.8	31.8
Número de canales	N		48	40	32
Ancho total canales	B	m	5.600	5.600	5.600
Espesor tabiques	e1	m	0.010	0.010	0.010
Numero de tabiques	n		47.000	39.000	31.000
Ancho incluyendo espesor de tabiques	n	m	6.070	5.990	5.910
Carga de velocidad	v ² /2g	m/s	0.002	0.001	0.001
Perdida de carga en cambios de dirección	h	m	0.238	0.138	0.070
Perimetro mojado	p	m	2.117	2.140	2.175
Radio hidraulico del compartimiento entre pantallas	rh	m	0.055	0.065	0.080
Perdida de carga por fricción - unitaria	s	m/m	2.61E-04	1.44E-04	7.01E-05
Perdida de carga por fricción	hf	m	0.0282	0.0130	0.0050
Perdida total	H	m	0.2660	0.1506	0.0755
Potencia	P		44.3	25.1	12.6
Gradiente	G	s-1	57.5	43.3	30.6

6.5.3 Sedimentación

Debido a la posición y forma del sistema de salida, mediante un vertedero frontal, ubicado al final de la unidad de sedimentación, se presenta un inadecuado funcionamiento hidráulico que genera cortos circuitos, además de esta situación se tiene el mal estado en que se encuentran las placas de asbesto-cemento (ver Foto 9). Teniendo en cuenta estas dos condiciones que afectan notoriamente el proceso, se propone eliminar la zona de placas paralelas en asbesto cemento y reemplazarla por módulos plásticos de sedimentación acelerada.



Foto 9 Estado del sistema de sedimentación

Se considera utilizar el ancho total disponible de 6.93 m, realzar el muro que actualmente funciona como vertedero frontal de salida.

Se utilizan las siguientes ecuaciones para el cálculo del área de sedimentación

$$V_o = \frac{(V_s/s) \times \left(\text{sen } \theta + \left(\frac{L_t}{e} \right) \times \cos \theta \right)}{1 + 0.013 \times \left(\frac{V_s}{S} \right) \times \left(\frac{e \times \cos \theta}{v} \right)}$$

Ecuación 14

$$A_t = \frac{Q}{V_o}$$

Ecuación 15

$$A_s = \frac{A_t}{\text{sen } \theta}$$

Ecuación 16

Dónde:

- Q = caudal de diseño
- V_s = velocidad de sedimentación
- V_o = velocidad a través de los módulos
- Ø = ángulo de inclinación
- L_t = Longitud del tubo
- e = aristas del hexágono
- a = ancho del sedimentador
- S = factor de forma
- A_s = área superficial
- A_t = área total

Se adopta una velocidad de sedimentación de 19 m³/m²/día y la instalación de módulos con un ángulo de inclinación de 60°. En la Tabla 5 se muestra el cálculo de la zona de sedimentación para la nueva condición. Se requieren 4.00 metros para la zona de sedimentación, la longitud actual de placas es de 1.83 m, por lo cual es necesario reacondicionar desde el punto de vista estructural la zona de sedimentación, demoliendo la estructura existente para soporte de placas y proyectando una nueva para el soporte de los nuevos módulos. Se proyectan módulos de 0.60 m de longitud.

Tabla 5 Cálculo zona de sedimentación

Caudal por unidad	L/s	21
Caudal por unidad	m ³ /d	1814,4
Temperatura del agua	°	20
Viscosidad cinemática	cm ² /s	0,0101
Velocidad de sedimentación crítica, V _s	m ³ /m ² .día	19
Angulo de inclinación	°	60
Aristas del hexágono	cm	6,0
Longitud del tubo (L _t)	m	0,6
Ancho sedimentador	m	6,93
Factor de forma (S) tubos hexagonales		1,375
Velocidad del agua entre los tubos, V _o	m/d	75,6
Velocidad del agua entre los tubos, V _o	cm/s	0,0875
Número de Reynolds		90,0
Tiempo de retención entre tubos	segundos	685,8
Área útil de sedimentación, A _t	m ²	24,0
Área útil superficial, A _s	m ²	27,72
Longitud útil de sedimentación, L	m ²	4,0

El número de Reynolds en los módulos de sedimentación se calcula a continuación:

$$NRe = \frac{V_o d}{v}$$

En donde,

- NRe = número de Reynolds
- V_o = velocidad del flujo
- d = diámetro de la tubería
- v = viscosidad cinemática del agua

Diámetro de la tubería = 4 Radio hidráulico

Radio hidráulico tubería = Área / Perímetro mojado

$$\text{Área del hexágono} = \frac{\text{Perímetro} \times \text{apotema}}{2}$$

$$\text{La apotema del hexágono} = 6^2 - 3^2 = 5,196 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área del hexágono} = \frac{36 \times 5,196}{2} = 93,53 \text{ cm}^2$$

$$\text{Radio hidráulico} = 93,53/36 = 2,598$$

$$NRe = \frac{V_o \cdot 4R}{\nu}$$

$$NRe = \frac{0,0875 \times 4 \times 2,598}{0,01010} = 90,0 < 250$$

El cálculo del sedimentador indica un valor del número de Reynolds de 90, el cual es menor de 250, valor recomendado en la ficha técnica C.S.3 del título C de las normas RAS. Es importante aclarar, que el número de Reynolds depende de la velocidad del flujo a través de los módulos de sedimentación y al utilizar módulos de 60cm de profundidad, se diseña con una velocidad del flujo inferior en cerca de un 50% del valor usualmente utilizado para placas angostas de sedimentación, en los cuales en las normas RAS se establecen cargas superficiales entre 120 y 185 m³/m².día. Para el sedimentador de Coyaima y considerando una velocidad del flujo entre los módulos de 75,6 m³/m².día, la carga superficial sería de 65,52 m³/m².día, valor muy inferior a las cargas dadas en el RAS para sedimentadores laminares con profundidades de 1,20m.

Para la distribución de flujo debajo de las módulos de sedimentación, se considera adecuado proveer una velocidad muy baja debajo de estos, la cual como se menciona más adelante es de 0.0028 m/s, con esta velocidad y con un sistema de recolección de agua sedimentada como el propuesto mediante canaletas con pequeños vertederos triangulares, se considera que se presenta una óptima distribución de flujo a través de los módulos de sedimentación. Por las razones anteriormente expuestas no se hace necesario instalar dispositivos de distribución de caudal debajo de los módulos.

Para el sistema de recolección se proyectan cuatro (4) canaletas longitudinales metálicas con vertederos triangulares a cada lado, cada canaleta tiene una longitud de 4.0 m, lo cual arroja un valor de 16.0 m, cumpliendo con la recomendación de disponer una longitud de canaletas de 6 a 12 m³/hora/ml. El cálculo de las dimensiones de la canaleta se presenta en la Tabla 6

Para el cálculo de la canaleta se considera una altura Ho al interior, este valor se calcula mediante la siguiente ecuación

$$\begin{aligned} H_o &= 1.73 Y_c \\ \text{Donde } Y_c &= \text{profundidad crítica} \end{aligned}$$

El cálculo de las dimensiones de la canaleta se presenta en la Tabla 6

Tabla 6 Cálculo canaletas de recolección de agua sedimentada

Caudal	l/s	21
No canaletas		4
Caudal canaleta	l/s	5.25
Caudal canaleta	m3/s	0.00525
Ancho	m	0.25
Caudal especifico	m3/s/l	0.021
Profundidad critica	m	0.04
Ho	m	0.06

Para una canaleta de ancho 0.20 m se necesita una altura Ho de 0.06 m al inicio de esta, teniendo en cuenta el borde libre y las alturas para asegurar la descarga libre se proyecta una canaleta de 0.20 m de altura.

Para diseñar la canaleta dentada se consideran vertederos triangulares de 90°, la carga sobre la cresta de estos pequeños vertederos se calcula con la siguiente ecuación

$$H = \left(\frac{Q}{1.38 \tan \frac{\phi}{2}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

En Tabla 7 se presenta el cálculo de la canaleta dentada, constituida por pequeños vertederos triangulares.

Tabla 7 Cálculo vertederos canaletas de recolección

Caudal sedimentador	m3/s	21
Número de canaletas		4
Caudal canaleta	m3/s	5.25
Longitud canaleta	m	4.00
Distancia entre crestas verterdero	m	0.20
Número de vertederos		40.00
Caudal	m3/s	0.00013
angulo vertedero	º	90.00
Carga disponible	m	0.025

La distancia entre canaletas a eje es de 1.73 m, con este valor y adoptando una relación H/d (altura de nivel de agua sobre los módulos y distancia entre canaletas) de 5.0, se encuentra que altura H es de 0.34 m, finalmente se adopta una distancia de 0.50 m. En la Figura 5 se presenta un perfil del sedimentador.

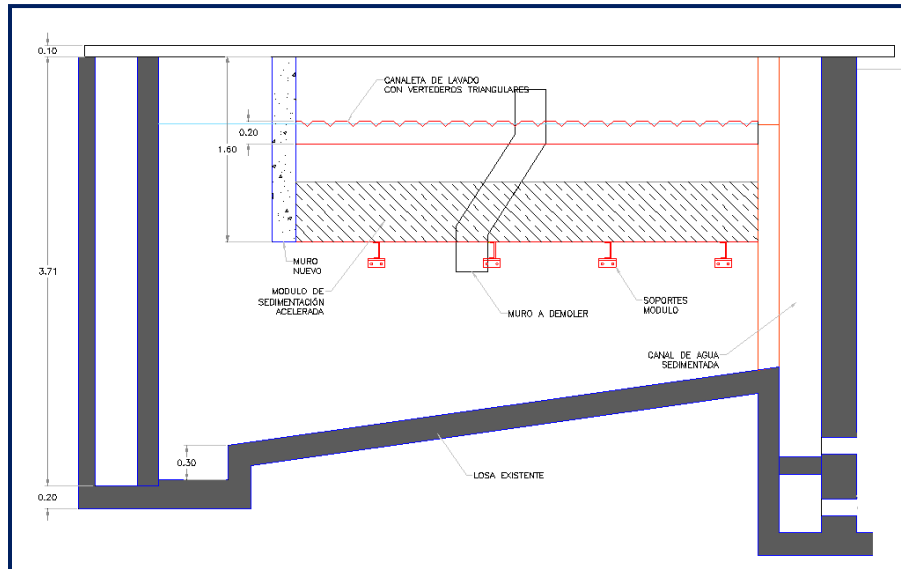


Figura 5 Perfil zona de sedimentación

Se recomienda que debajo de los módulos no se presenten velocidades mayores a 0.015 m/s, de acuerdo a recomendación de fabricante de módulos Brentwood. En este caso para un ancho de 6.93 m y una altura de 1.0 m libre, se tiene una velocidad de 0.0028 m/s, por lo cual se considera adecuado el sistema proyectado debajo de los módulos.

Los lodos que se generen en el sedimentador serán evacuados por el actual sistema de drenaje, el cual consiste en una compuerta que comunica con un canal localizado debajo del canal de agua floculada, tal como se muestra en la Foto 10



Foto 10 Sistema de drenaje de sedimentadores

Los parámetros criterios obtenidos en el cálculo se ajustan a lo establecido en C.S.3 del anexo técnico del RAS 2010, con excepción de la altura dentro de la canaleta que se recomienda que sea mínimo de 0.08 m y en este caso se determinó de 0.06 m. Esta condición se justifica con el hecho de que se hace necesario garantizar una adecuada

recolección de agua sedimentada y por tanto se han proyectado cuatro (4) canaletas en el sedimentador y para poder cumplir la recomendación de una altura de 0.08 m se necesita un ancho de canaleta menor de 0.18 m, el cual se considera no adecuado desde el punto de vista de ensamblaje.

6.5.4 Filtración

Actualmente el sistema de filtración no provee las condiciones adecuadas para el lavado de las unidades, no se tiene un vertedero de control para garantizar el lavado compartido, además de esta condición se tiene que los sistemas de compuertas existentes se encuentran en mala condición. Por lo tanto, para el sistema de filtración se propone básicamente el acondicionamiento de sus componentes, puesto que el área existente provee una capacidad instalada que supera el caudal de diseño, se tiene una tasa promedio de 1.8 l/s/m² para un caudal de 21 l/s.

El funcionamiento del filtro se plantea con tasa declinante y lavado compartido, para esto se considera que el caudal de lavado es 27 l/s, mayor al de entrada a la planta, lo cual implica que se debe operar en el momento de lavado con un caudal mayor al de funcionamiento normal de la planta. Este caudal proyectado garantiza una tasa de lavado de 0.60 m/min o 10 l/s/m², lo cual se considera apropiada para lograr una adecuada expansión. En cuanto al caudal de filtración se ha propuesto que el caudal máximo a filtrar por cada unidad es 9 l/s, considerando el momento de filtración previo al lavado y la operación de tres unidades para lavar la unidad más colmatada.

Para un adecuado funcionamiento de los filtros se requiere reponer los medios filtrantes de arena, antracita y grava, el falso fondo y todas las unidades de control como compuertas.

Debido a la poca profundidad de los filtros existentes se propone para los medios filtrantes un espesor de antracita de 0.50 m de espesor y un espesor de arena de 0.20 m y para el falso fondo se propone un fondo marca Leopold o similar con una altura de 12 pulgadas, puesto que se recomienda para este tipo de falsos fondos una altura de tan solo 0.20 m para la grava considerando que el lavado a implementar es solo con agua.

En vista del mal estado de las compuertas existentes se proyecta el cambio de las todas estas unidades, se consideran compuertas de 0.20 x 0.20 m para el desagüe de la canaleta de lavado y para el ingreso del agua de lavado al filtro y compuertas de 0.15 x 0.15 metros para la entrada de agua sedimentada a los filtros. En el tanque de contacto de cloro se proyecta un vertedero para el control de lavado. En la Tabla 8 se presenta un resumen de los cálculos hidráulicos del sistema de filtración.

Es importante mencionar que no se conoce con precisión la altura total del filtro, debido a que no se cuenta con planos de las unidades existentes en la planta y oficinas de EMPOCOYAIMA y además no se pudo constatar el fondo del filtro en los levantamientos topográficos, por razones de tipo operativo. Para efectos del diseño se ha supuesto una altura del filtro de 4.25m. Este valor debe revisarse durante la construcción y ajustar si es del caso las alturas de los medios filtrantes y la cota del vertedero proyectado en el tanque de contacto de cloro que funcionará como control de lavado.

Niveles sistema de filtración

Cota nivel vertedero de lavado msnm:	383.51
Pérdidas lavado m	0.69
Cota nivel de agua canal a. filtrada msnm	384.20
Pérdidas durante la filtración m	0.23
Nivel de agua mínimo filtro msnm	384.43
Variación tasa declinante m	0.53
Nivel máximo filtros msnm	384.96
Nivel corona filtros msnm	385.57

Tabla 8 Cálculo sistema de filtración

CALCULOS SISTEMA DE FILTRACION				
CAUDAL	Q	l/s	21	DATOS ENTRADA
Ancho filtro	b	m ³ /s	0.021	
Largo filtro	L	m	1.5	
Área por filtro	A _F	m ²	1.80	
Espesor antracita	e ₁	m	2.7	
Espesor arena	e ₂	m	0.50	
Altura falso fondo	e ₅	m	0.20	
Tasa de lavado	V _L	l/s/m ²	0.25	
Caudal de lavado	Q _L	l/s	10	
Número de filtros			27	
Tasa promedio de filtración	V _F	l/s/m ²	4	
Caudal de filtración	Q _F	l/s	1.9	
Caudal máximo de filtración	Q _F	l/s	5.3	
			9	
COMPUERTA FILTRO (ENTRADA)				
Dimensiones compuerta	H	pulg	6	Valor adoptado
	B	pulg	6	
Area compuerta entrada filtro	A	m ²	0.0232	
Compuerta entrada al filtro	h	m	0.019	Calculada con el caudal máximo de filtración
ORIFICIO SALIDA FALSO FONDO				
Altura	h	m	0.20	Valor adoptado
Ancho	b	m	0.20	Valor adoptado
Area	A _F	m ²	0.04	
Perdida filtración	H	m	0.01	
Perdida por lavado			0.06	
COMPUERTA FILTRO (SALIDA) PARA AISLAR EL FILTRO DE LA BATERIA				
Diametro compuerta entrada filtro	h	m	0.20	Valor adoptado
	b	m	0.20	
Area compuerta entrada filtro	A	m ²	0.04	
Perdida filtración	H	m	0.010	
Compuerta salida del filtro	h	m	0.060	Calculada con el caudal de lavado
PERDIDA CARGA DURANTE LA FILTRACIÓN				
Compuerta entrada a filtros			0.02	
Antracita	h ₁	m	0.06	
Arena	h ₂	m	0.10	
Grava			0.02	
Falso fondo	h ₄	m	0.02	
Orificio de salida falso fondo	h ₅	m	0.01	
Compuerta de salida filtros			0.010	
PERDIDA CARGA DURANTE LA FILTRACIÓN	H _F filtración	m	0.23	
PERDIDA CARGA DURANTE EL LAVADO				
Compuerta salida filtro (Diametro 20")	h ₁	m	0.06	
Orificiode salida falso fondo	h ₂	m	0.06	
Falso fondo	h ₃	m	0.22	Grafica de fabricante
Grava			0.05	
Arena	h ₅	m	0.17	
Antracita	h ₆	m	0.11	
PERDIDA CARGA DURANTE EL LAVADO	H _{FLav}	m	0.67	
VARIACION DE NIVEL PARA TASA DECLINANTE				
Tasa promedio de filtración	V _{F prom}	m ³ /m ² /día	168.0	1.9
Tasa máxima de filtración	V _F	m ³ /m ² /día	184.8	2.1
Tasa minima de filtración	Vo	m ³ /m ² /día	151.2	1.75
Carrera filtración	T	Hora	48	
Numero de filtros	N	Unidad	4	
Variación de nivel	H	m	0.53	H= (VF-Vo)*T/(8*N^2)
VERTEDERO DE SALIDA				
Lamina de agua sobre el vertedero durante la filtración	H ₁	m	0.0437	
Lamina de agua sobre el vertedero durante el lavado	H ₂	m	0.00	

6.5.5 Tanque de contacto de cloro

Se proyecta un tanque de contacto de cloro para hacer más eficiente el proceso de desinfección, se plantea un tanque con un tiempo de contacto de 20 minutos. A continuación, se presenta el cuadro de cálculo

Tabla 9 Cálculo tanque de contacto de cloro

Caudal l/s	21
Tiempo de contacto min	20
Volumen m ³	25.2
Altura útil m	1.56
Area m ²	16.15
ancho adoptado m	3.6
largo m	4.49
ancho de compartimiento (m)	0.9
Número de compartimientos	4

La conexión entre el canal de agua filtrada y el tanque de contacto de cloro se realiza mediante una tubería de PVC de 8 pulgadas de longitud 2.0 m. Las pérdidas que se generan se calculan a continuación.

Pérdida unitaria por fricción: 0.00182 m/m
 Perdida por fricción: $0.00182 \times 2 = 0.003$ m

Perdidas por accesorios:
 entrada, salida, tee paso directo, válvula $K = 0.5 + 1.0 + 0.6 + 0.20 = 2.3$
 carga de velocidad: $0.65^2 / 2 \times 9.81 = 0.02$ m
 Pérdida por accesorios $m = 0.02 \times 2.3 = 0.05$ m

Nivel de agua en contacto de cloro $384.20 - 0.05 = 384.15$ msnm
 Carga vertedero de salida: $(0.021 / (1.84 \times 0.9))^{(2/3)} = 0.05$
 Cota cresta vertedero: $384.15 - 0.054 = 384.10$ msnm

6.5.6 Esquema solución Planta de Potabilización y Tanque de Almacenamiento

En la Figura 6 se presenta el esquema planteado para las unidades de coagulación, floculación, sedimentación y tanque de contacto de cloro, así como también la localización del tanque de almacenamiento.

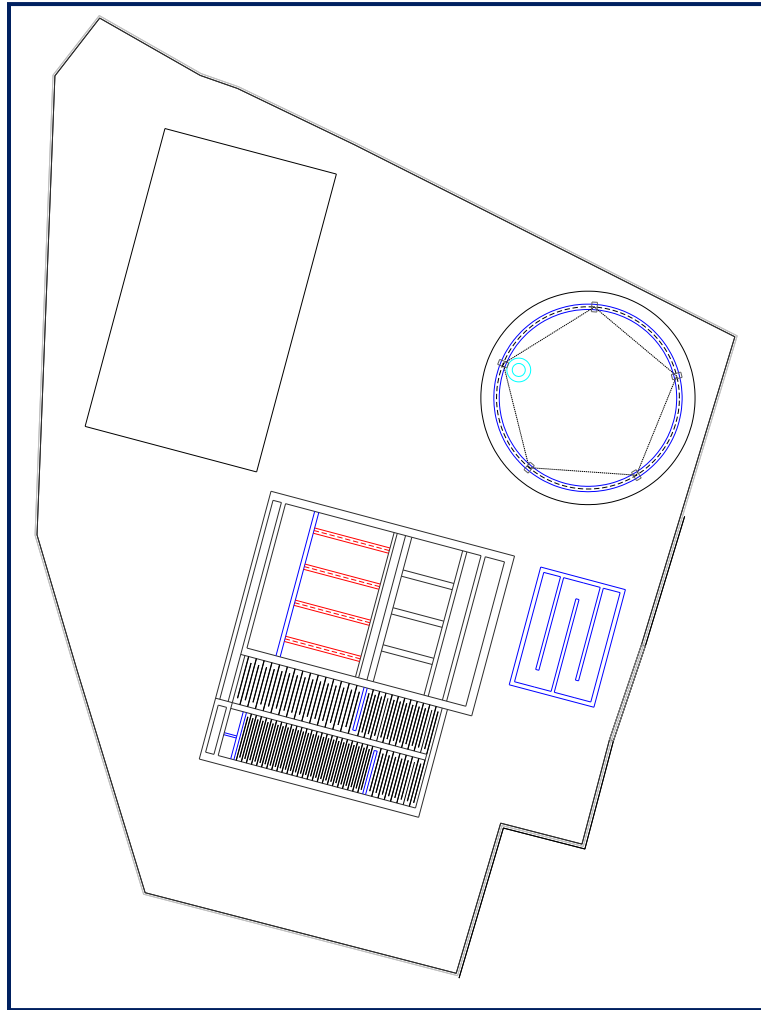


Figura 6 Esquema de solución planta y tanque elevado

6.5.7 Revisión hidráulica para la Planta de Tratamiento para un caudal de 27 l/s

Para analizar el comportamiento de la planta cuando se sobrecargue a un caudal de 27 l/s, se chequearon los parámetros de las unidades de mezcla rápida, floculación y sedimentación para este caudal, con las dimensiones y características diseñadas para la planta de 21 l/s. En la Tabla 10 se presentan los valores determinados. Respecto al perfil hidráulico se observa que se tiene un incremento muy pequeño de 0.002 m en la altura del nivel de agua en el sedimentador, por efecto de la carga sobre los vertederos triangulares de la canaleta de recolección. Como la canaleta sirve de sección de control, este nivel se transmite a la salida de los floculadores. Realizando un análisis de alturas, tiempos de retención y pérdidas de carga en las tres zonas de floculación se tiene que al inicio de la primera zona de floculación el nivel de agua se incrementa con respecto a la condición de diseño en 0.08 m., este valor se determina de acuerdo al aumento de la altura de agua en el Floculador que es la diferencia de pérdidas de carga para las dos condiciones (0.54 y 0.46 m). Esto significa que la altura de nivel de agua posterior al resalto de la mezcla rápida aumenta de 0.12 a 0.20 m. y la carga hidráulica disponible entre aguas arriba del vertedero y aguas abajo del resalto disminuye de 0.67 a 0.61 m. De acuerdo a estos cálculos se

considera que el resalto hidráulico no va a quedar sumergido y el perfil hidráulico general no va a tener variaciones que afecten el funcionamiento hidráulico de las unidades. En cuanto a los parámetros de los procesos de floculación y sedimentación, se pueden determinar que no sufren cambios drásticos y se cumple con las recomendaciones en cuanto a tiempos de retención, gradientes y cargas superficiales, entre otros.

Tabla 10 Chequeo parámetros para un caudal de 27 l/s

Parametro	Unidad	Caudal (l/s)	
		21	27
Mezcla rápida			
Carga sobre el vertedero	m	0.19	0.21
altura seccion 2	m	0.12	0.2
Altura hidráulica disponible	m	0.67	0.61
Floculación			
Altura	m	1	1.08
Tiempo retencion total	min	30	25.2
Velocidad Zona 1	m/s	0.18	0.19
Velocidad Zona 2	m/s	0.15	0.17
Velocidad Zona 3	m/s	0.12	0.13
Pérdida de carga Z1	m	0.25	0.29
Pérdida de carga Z2	m	0.14	0.17
Pérdida de carga Z3	m	0.07	0.08
Pérdida de carga total	m	0.46	0.54
Gradiente Z1	1/s	56.2	65.7
Gradiente Z2	1/s	42.5	51.1
Gradiente Z3	1/s	30.2	35.3
Sedimentacion			
Velocidad de sedimentación	m/día	19	24.6
Carga superficial	m/dia	65.4	84.2
Número de reynolds		52	67
Velocidad entre placas	cm/s	0.09	0.11
Carga vertederos canaleta	m	0.025	0.027
Altura dentro canaleta	m	0.06	0.07

6.5.8 Evaluación Estructural de la Planta de Tratamiento

De acuerdo a los alcances técnicos del proyecto se presenta el informe del diagnóstico estructural de la planta de tratamiento de agua potable existente, para lo cual se adelantó visita técnica el día 05 de agosto pasado; adicionalmente, para desarrollar el diagnóstico, se obtuvo información técnica relacionada con los planos en autocad de la planta, fotos y videos de la planta un día fuera de servicio y con acceso al interior de la misma.

Los parámetros a tener en cuenta para el diagnóstico estructural, son los consignados en la Ley 400 de 1997 y sus decretos reglamentarios, en este caso el NSR 10, específicamente la sección C.20, “Tanques y compartimientos estancos”. Debe tenerse en cuenta que el alcance de este diagnóstico técnico está basado en el análisis de la información existente más lo observado en la visita técnica.

6.5.8.1 PARAMETROS NORMATIVOS DE REVISION

1. IMPERMEABILIDAD: Para este parámetro se hace necesaria la extracción de varias muestras del concreto que hace parte de la estructura y determinar en laboratorio los siguientes aspectos: Relación Agua Cemento, Aire incorporado. Con respecto a la superficie del concreto no cuenta con la característica lisa de acabado que se espera para este tipo de estructura, por lo cual se debe escarificar casi toda la estructura y re hacer el acabado con mortero de alta adherencia que permita dejar una superficie lisa, acabada con llana y/o formaleta lisa. No se pudo determinar la distribución del refuerzo existente, pero se tiene que una adecuada distribución y separación de refuerzo, minimiza la fisuración superficial; para lo cual se podrían colocar mallas de refuerzo superficiales ancladas a la estructura existente y recubrimiento en mortero de alta adherencia. Finalmente se pudo observar la existencia de algunas fisuras superficiales y descascamiento, que pueden tener origen en la retracción de fraguado, para lo cual la solución sería la aplicación de un recubrimiento superficial con mortero de alta adherencia y la disposición de juntas adecuadas.
2. DURABILIDAD: Tal como en el caso anterior, Para este parámetro se hace necesaria la extracción de varias muestras del concreto que hace parte de la estructura y determinar en laboratorio los siguientes aspectos: Relación Agua Cemento, Aire incorporado; estos parámetros deben compararse con las tolerancias máximas permitidas del NSR 10. Así mismo se debe revisar las condiciones de exposición a sulfatos y las concentraciones máximas de ion cloruro soluble al agua, para efectos de proteger el acero a la corrosión; igual que en el punto anterior, se recomienda la aplicación de un recubrimiento superficial con mortero de alta adherencia y resistencia a los sulfatos y capacidad de proteger de la corrosión el acero existente y nuevo.
3. CARGAS: Para este parámetro se tiene definido la presión de los líquidos, empujes del suelo y cargas generadas por operación incluyendo equipos.
4. RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO: Se tienen evidencias de recubrimientos del refuerzo inferiores a lo establecido en la NSR10, con exposición de acero, con procesos de oxidación; por lo cual, se recomienda lo mismo que para mejorar los parámetros de impermeabilidad y durabilidad, la aplicación de un recubrimiento superficial con mortero de alta adherencia.
5. ESPESOR MÍNIMO DE MUROS Y LOSAS: se debe verificar el espesor de los muros y losas de la planta de tratamiento (PTAP), en especial los muros con desarrollos verticales superiores a 3.50 metros para lo cual se debe tener acceso a

estos espacios sin contenido de agua. Para este parámetro la solución es la misma que en consideraciones anteriores.

6. REFUERZO DE RETRACCION Y TEMPERATURA: Por no tener acceso a los planos originales de la planta, se desconoce la cuantía de refuerzo y por lo cual se desconoce el cumplimiento de este parámetro.
7. JUNTAS: Se desconoce la disposición y/o existencia de juntas, determinando entre otras: juntas de expansión, barreras contra el paso del agua, rellenos, juntas de contracción, juntas de construcción, llaves de cortante.
8. ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA: En primera instancia se tiene que la planta no presenta indicios o muestras de daños graves de tipo estructural, así como tampoco hay evidencias de comportamientos anómalos de la misma, tales como agrietamientos o asentamientos diferenciales de gran envergadura; así mismo se ve que el sitio de implantación y sus alrededores no presenta indicios de inestabilidad por condiciones de terreno y/o localización topográfica.

6.5.8.2 CONCLUSIONES

En general para la estructura existente de la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), se evidencia condiciones estables de operación, con manifestaciones de fisuras, daños superficiales, exposición de refuerzo con procesos de oxidación; por lo cual se recomienda proceder a intervenir la planta, para lo cual el primer paso es diseñar una solución integral para atender los requerimientos de la normatividad vigente establecida en la NSR10.

Para atender los requerimientos de impermeabilidad, durabilidad, recubrimiento del refuerzo, espesor mínimo de muros y losas, refuerzo de retracción y temperatura, se recomienda diseñar un recubrimiento de los muros, losas y fondos de la estructura existente con mallas electro soldadas y morteros de alta adherencia, en espesores tales que cumplan con los parámetros de diseño. Desarrollando acabados lisos y disposición de juntas adecuadas, que hoy no se tienen. se considera que, para atender los requerimientos de impermeabilidad, durabilidad, recubrimiento del refuerzo, espesor mínimo de muros y losas, refuerzo de retracción y temperatura, se recomienda diseñar un recubrimiento de los muros, losas y fondos de la estructura existente con mallas electro soldadas y morteros de alta adherencia, en espesores tales que cumplan con los parámetros de diseño del NSR10. Desarrollando acabados lisos y disposición de juntas adecuadas, que hoy no se tienen.

Se debe modelar la estructura existente con los parámetros de carga de trabajo identificados. Los resultados del análisis deben compararse con los parámetros vigentes en la NSR10; y se debe proceder al diseño de los elementos estructurales nuevos, tal como el recubrimiento recomendado, con los respectivos detalles de anclaje a la estructura existente, alistamiento de las superficies, especificaciones de los morteros a aplicar, espesores de los mismos, detalles del refuerzo adicional a colocar, diseño de las juntas necesarias a disponer.

6.6 TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El proyecto inicial formulado, solo presentaba como necesidad en el componente almacenamiento de agua, la construcción de un tanque para suplir la necesidad del Barrio Benigno Capera, es decir, de los sectores altos de la localidad. Para este sector, se consideraba una demanda máxima diaria de 4,42 L/s que sumada a la demanda máxima diaria de los otros sectores del municipio de 14,88 L/s se integraba la demanda total para el año 2036 de 19,3 L/s.

Considerando la demanda de agua para el año 2041 y los mismos criterios de distribución del proyecto inicial, se tendrá una demanda máxima diaria para el Barrio Benigno Capera de 4,83 L/s y para el resto de la ciudad de 16,27 L/s para una demanda máxima diaria total de 21,1 L/s.

El volumen de los sectores elevados de Coyaima, considerando un caudal máximo diario de 4,83 L/s, de acuerdo con las Normas RAS, sería de 140 m³.

Caudal máximo diario sectores altos = 4,83 L/s

$$\text{Demanda máxima diaria} = 4,83 \text{ L/s} \times \frac{86.400 \text{ segundos}}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}} = 417,5 \text{ m}^3$$

La capacidad de regulación del tanque de almacenamiento para los sectores altos del acueducto de Coyaima se calcula como 1/3 de la demanda máxima diaria. Es importante anotar que no se cuenta con información de los factores de variación horaria del caudal.

$$\text{Volumen de regulación del tanque sectores altos} = 417,5 \text{ m}^3/\text{día} \times 0,333 = 139,15 \text{ m}^3$$

Se adopta un volumen de regulación de 140 m³

Capacidad de los tanques de almacenamiento existentes:

Tabla 11 Capacidad de almacenamiento tanques existentes acueducto de Coyaima

TANQUE	Volumen (m ³)	UNIDADES
Tanque 1	140	
Tanque 2	142	
OFERTA	282,3	m3
Almacenamiento	33,3%	

Como puede observarse, la capacidad de los dos tanques existentes es de 282,3 m³. Con esta capacidad del componente, el comportamiento del componente a lo largo del período de diseño y considerando la demanda total del acueducto, será:

Tabla 12 Necesidades de almacenamiento de agua acueducto de Coyaima

NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POR REGULACIÓN			
Año	D máxima (m³/día)	Almacenamiento requerido (m³)	Déficit (m³)
2016	1.171,4	390,4	108,1
2021	1.280,3	426,7	144,4
2026	1.399,4	466,4	184,1
2031	1.529,6	509,8	227,5
2036	1.671,8	557,2	274,9
2041	1.827,3	609,0	326,7

El sistema presentaría un déficit de 108 m³ para atender la demanda del año 2016 y de 326,7 m³ para atender la demanda de agua del año 2041.

En el cálculo del déficit de almacenamiento requerido presentado en la Tabla 12 no se tuvo en cuenta la demanda contra incendio, porque tradicionalmente para el nivel de complejidad medio y en el caso de sistemas existentes, no se considera esta demanda como tradicionalmente ha sido aceptado por el Mecanismo de Ventanilla Única del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. Este mismo criterio técnico fue discutido con los Ingenieros Fernando Ibañez y Andrés Garzón en reunión celebrada el pasado 18 de octubre en las oficinas del Ministerio, con la presencia del Ingeniero Enrique Barreto de FINDETER, aceptándose el presente análisis hidráulico.

Si consideramos la construcción de un tanque elevado de 140 m³ con el cual se satisface la demanda de los sectores altos de la red de distribución, el sistema total presentaría la siguiente situación:

TANQUE	Volumen (m³)	UNIDADES
Tanque 1	140	
Tanque 2	142	
T elevado	140,0	
OFERTA	422,3	m3
Almacenamiento	33,3%	

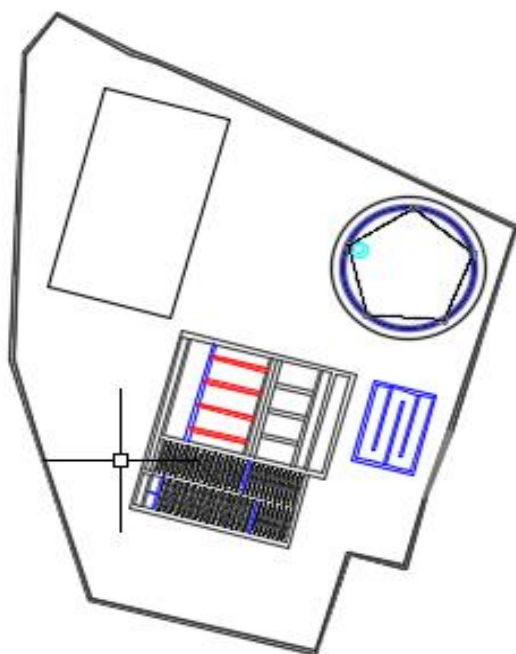
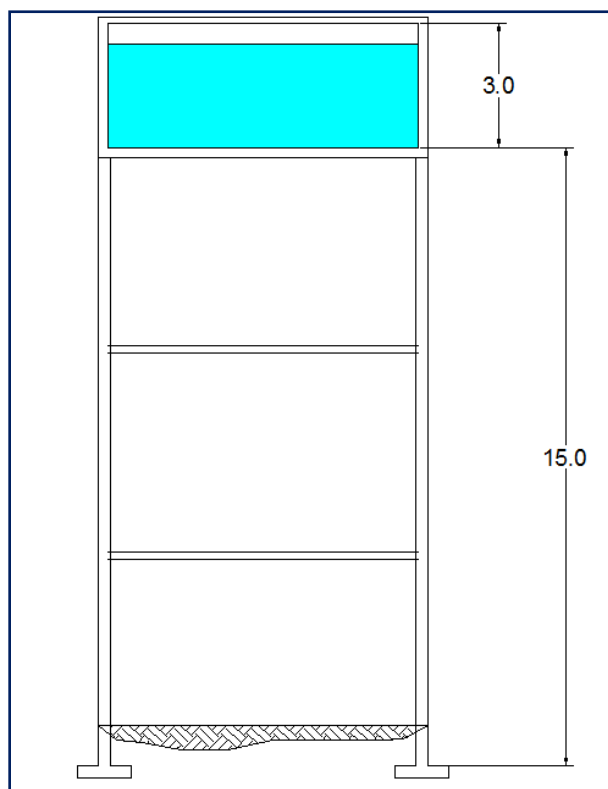
NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POR REGULACIÓN			
Año	D máxima (m³/día)	Almacenamiento requerido (m³)	Déficit (m³)
2016	1.171,4	390,4	-31,9
2021	1.280,3	426,7	4,4
2026	1.399,4	466,4	44,1
2031	1.529,6	509,8	87,5
2036	1.671,8	557,2	134,9
2041	1.827,3	609,0	186,7

Con la construcción del tanque elevado con capacidad de 140 m³, el sistema de almacenamiento tendrá capacidad para abastecer la demanda hasta el año 2021 aproximadamente y se tendrá un déficit de 186,7 m³ para satisfacer la demanda hasta el año 2041. Se recomienda, por lo tanto que en una segunda etapa, cerca del año 2021, se construya un nuevo tanque superficial de 200 m³ de capacidad.

Se proyecta por lo tanto un tanque elevado de 140 m³ de capacidad, el cual tendrá una estructura con una altura a la base del tanque de 14.0 m, de acuerdo a los resultados de la modelación hidráulica de la red a la zona de expansión. Esta altura garantiza una presión mínima de 15.0 m, en toda la zona de expansión del municipio.

El tanque elevado propuesto, será de un solo compartimiento, aspecto técnico que también fue considerado y aceptado en la reunión celebrada en el Viceministerio de Aguas y Saneamiento el pasado 18 de octubre.

Se trata de una estructura en concreto reforzado ubicado a una altura de 14 metros del suelo a la placa de base del tanque con una lámina de agua de 2,70m y un borde libre de 0,30m. El tanque será de 8,20 m de diámetro interno con muros de 0,25 m de espesor y una placa de fondo de 0,30 m de espesor.



TIEMPO DE VACIADO DEL TANQUE:

Para el vaciado del tanque elevado se proyecta una tubería de desagüe de 4" de diámetro. El tiempo de vaciado se calcula de acuerdo con el numeral 9.4.14 del título B de las normas RAS:

$$T = \frac{2 A \sqrt{h}}{m a \sqrt{2 g}}$$

En donde,

- T = Tiempo de vaciado (s)
- A = Área superficial del tanque (m²)
- h = Cabeza sobre el desagüe (m)
- a = Área del desagüe (m²)
- g = Aceleración de la gravedad (m/s²)
- m = Coeficiente que debe estar entre 0,5 y 0,60

Para un diámetro del tanque de 8,20m, una altura del agua en el tanque de 2,70m y un diámetro del desagüe de 4" se tiene:

$$\text{Área superficial del tanque} = 3,1416 \times 8,20^2/4 = 52,81 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del desagüe} = 3,1416 \times 0,1016^2/4 = 0,0081 \text{ m}^2$$

$$T = \frac{2 \times 52,81 \sqrt{2,70}}{0,55 \times 0,0081 \sqrt{2 \times 9,81}} = 8.787 \text{ segundos} = 2,44 \text{ horas}$$

El tiempo de vaciado se encuentra dentro de los valores recomendados en el numeral 9.4.14 del título B de las normas RAS.

6.7 BOMBEO AL TANQUE ELEVADO

El sistema de bombeo al tanque elevado se realizará desde el tanque de contacto de contacto de cloro en su parte final.

$$\text{Altura del agua en el taque de contacto de cloro} = 383,41$$

$$\text{Altura agua en el tanque elevado} = 400,0$$

$$\text{Altura estática de bombeo} = 400 - 383,41 = 16,59 \text{ m}$$

Caudal de diseño:

El tanque de almacenamiento de agua, debe estar en capacidad de compensar las variaciones horarias del caudal. En la situación más desfavorable que se pueda presentar que sería aquella en la cual el tanque de almacenamiento se encontrase vacío y se presentara la demanda máxima horaria, el caudal sería:

Caudal máximo horario sectores altos de Coyaima = $K_2 \times Q_{\text{máximo diario}}$ (Título B.2.8.2.3 del RAS). El factor K_2 entre 1,3 y 1,7. Adoptando un valor de 1,5 se tiene:

$$\text{Caudal máximo horario} = 1,5 \times 4,83 = 7,25 \text{ L/s}$$

Se adopta un caudal de bombeo de 8 L/s. En estas condiciones y considerando un caudal medio diario de 3,71 L/s se tendría un tiempo de bombeo diario de 11,1 horas.

$$\text{Caudal de diseño para el bombeo} = 8 \text{ L/s}$$

Para seleccionar las tuberías de succión e impulsión se tendrá en cuenta la velocidad del agua en las tuberías:

Diámetro (")	Diámetro (m)	Área	Velocidad
2	0,051	0,00202683	3,95
2,5	0,064	0,00316693	2,53
3	0,076	0,00456038	1,75
4	0,102	0,00810734	0,99
6	0,152	0,01824151	0,44

Considerando las recomendaciones dadas en el nuevo título B de las normas RAS para el diseño de estaciones de bombeo en el capítulo 8 y en los numerales 8.4.8.2 y 8.4.8.3, se establece un diámetro de 4" para la tubería de succión y de 3" para la tubería de impulsión.

$$\text{Velocidad del agua en la tubería de succión de 4"} = 0,99 \text{ m/s}$$

$$\text{Velocidad del agua en la tubería de impulsión de 3"} = 1,75 \text{ m/s}$$

Pérdidas en la succión:

<u>Accesorio</u>	<u>Pérdida en longitud equivalente</u>
Válvula de pie con coladera	23,0 m
Codo radio corto de 4"	3,4 m
Entrada de borda	3,2 m
Reducción 6D	0,61 m
Tubería recta	<u>4,0 m</u>
Subtotal	34,21 m
Coeficiente C	100

$$J = \left(\frac{Q}{0,2785 C D^{2,63}} \right)^{1/0,54}$$

$$J = \left(\frac{0,008}{0,2785 \times 100 \times 0,102^{2,63}} \right)^{1/0,54} = 0,0189682 \text{ m/m}$$

$$\text{Pérdidas en la tubería de succión} = 0,0189682 \times 34,21 = 0,65 \text{ m}$$

$$\text{Pérdidas por creación de velocidad} = 0,99^2/19,62 = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Pérdidas en la succión} = 0,65 + 0,05 = 0,70 \text{ m}$$

Pérdidas en la impulsión:

<u>Accesorio</u>	<u>Pérdida en longitud equivalente</u>
Válvula de retención horizontal	6,30 m
Ampliación 12D	0,91 m
Válvula de compuerta abierta	0,50 m
Codos de 3" x 90° (4 unidades)	10,0 m
Tubería recta	<u>30,0 m</u>
Subtotal	47,71 m
Coeficiente C	100

$$J = \left(\frac{0,008}{0,2785 \times 100 \times 0,076^{2,63}} \right)^{1/0,54} = 0,077005983 \text{ m/m}$$

$$\text{Pérdidas en la tubería de impulsión} = 0,077005983 \times 47,71 = 3,67 \text{ m}$$

$$\text{Pérdidas por aumento de velocidad} = 1,75^2/19,62 - 0,99^2/19,62 = 0,14 \text{ m}$$

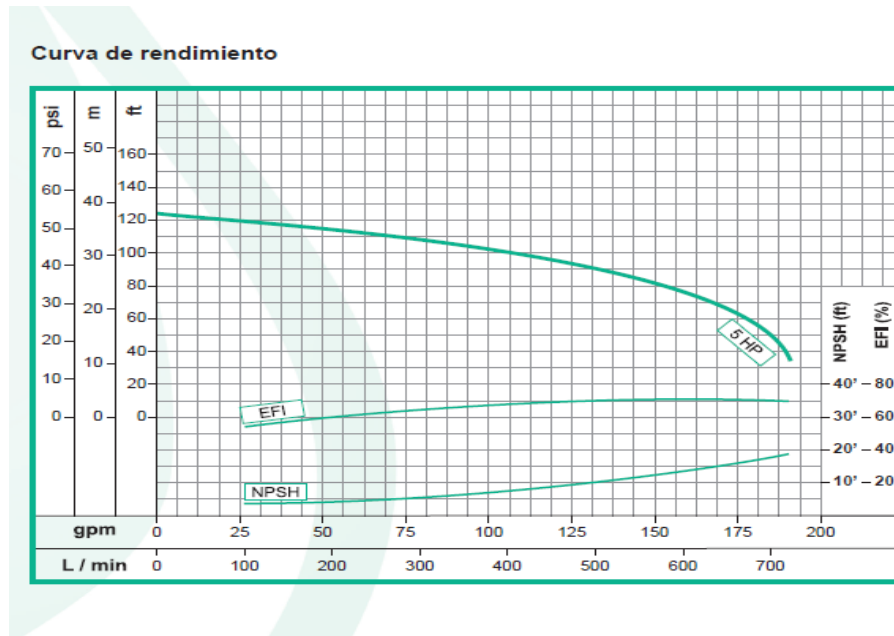
$$\text{Pérdidas en la impulsión} = 3,67 + 0,14 = 3,81 \text{ m}$$

$$\text{Altura dinámica total} = 16,59 + 0,70 + 3,81 = 21,01 \text{ m}$$

$$\text{Potencia del motor} = \frac{Q H_d}{75 \text{ eficiencia}}$$

$$\text{Potencia del motor} = \frac{8 \times 21,01}{75 \times 0,64} = 3,5 \text{ HP} \approx 5,0 \text{ HP}$$

Se recomienda una bomba de 8 L/s que equivale a 127 GPM con altura dinámica de 23m y motor de 5 HP, similar a la bomba Barnes AE 250 con la siguiente curva de rendimiento:



NPSH:

La altura neta de succión positiva disponible, de acuerdo con el numeral 8.5.3.2 del título B de las normas RAS viene dado por la siguiente expresión:

$$NPSH_{disponible} = \frac{P_{atm}}{\rho g} + H_{es} - h_f - \frac{P_v}{\rho g}$$

En donde:

P_{atm} = Presión atmosférica (Pa) = 100.000 pascales

H_{es} = Altura estática de succión (incluyendo su signo) (m) = 1,5 m

h_f = Pérdidas por fricción (m) = 0,70 m

P_v = Presión de vapor (Pa) = 3.170 pascales

ρ = Densidad del agua (kg/m^3) = 997,53 Kg/m^3

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2) = 9,81 m/s^2

$$NPSH_{disponible} = \frac{100.000}{997,53 \times 9,81} + (-1,5) - 0,70 - \frac{3.170}{997,53 \times 9,81} = 7,69 \text{ m}$$

GOLPE DE ARIETE:

El numeral 8.5.7 del título B de las normas RAS establecen que en las estaciones de bombeo debe tenerse en cuenta el efecto del golpe de ariete causado por interrupciones de energía eléctrica lo que origina una interrupción del flujo de agua. A continuación, procedemos a revisar la sobrepresión originada por el golpe de ariete:

El valor de la celeridad o velocidad de propagación de la onda puede calcularse mediante la fórmula de Allievi (López Cualla, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, página 233):

$$C = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}}$$

En donde,

- C = celeridad de la onda (m/s)
- D = diámetro de la tubería de impulsión = 3" = 0,0762 m
- K = relación entre el módulo de elasticidad del agua y el del material de la tubería, para acero = 0,5
- e = espesor de la pared de la tubería = 0,0054m

$$C = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + 0,5 \frac{0,0762}{0,0054}}} = 1.331,5 \text{ m/s}$$

La sobrepresión sobre la tubería será:

$$h_a = \frac{C V}{g}$$

Para una velocidad de 1,75 m/s en la tubería de impulsión, la sobrepresión será:

$$h_a = \frac{1.331,5 \times 1,75}{9,81} = 237 \text{ m}$$

La tubería de impulsión es de acero de 3" calibre 40 la cual viene especificada para presiones de trabajo de 2070 psi, por lo que se concluye que la tubería puede absorber las sobrepresiones debidas al golpe de ariete.

6.8 RED DE DISTRIBUCIÓN

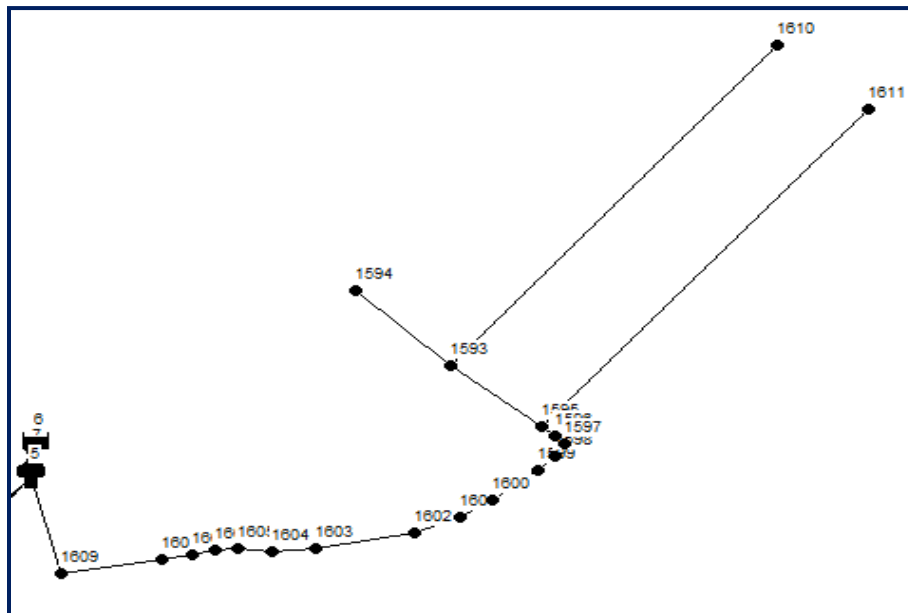
El municipio de Coyaima, requiere para el suministro de agua a la zona de expansión, la construcción de un tanque elevado en la zona de la planta de potabilización para garantizar las condiciones de servicio adecuadas en esta zona.

En este informe, se presenta la modelación hidráulica mediante el programa EPANET desde el tanque proyectado de almacenamiento hasta la zona futura de expansión. Esta modelación define la altura a la cual se debe localizar el fondo del tanque.

6.8.1 Información recopilada

Para definir el esquema de redes de la zona de expansión se adoptó la información de las modelaciones realizadas por el consorcio Planes y diseños del Tolima, quien adelantó los estudios de optimización del acueducto de Coyaima en el año 2011.

En la Figura 7 se presenta el esquema de modelación de la condición actual de redes, en la que una parte de la zona de expansión se ve abastecida desde el sistema de tanques enterrados, con los cuales cuenta el acueducto. La conexión entre la planta o tanques y las zonas más próximas es en tubería de PVC de 3”.



La información de cotas, longitudes de tramos, diámetros, etc., se adoptó de los modelos hidráulicos realizados por el consorcio Planes y diseños del Tolima para la fase de diagnóstico y para la fase de diseño.

6.8.2 Modelación hidráulica

Para efectos de modelación hidráulica se utiliza el programa EPANET y se parte de los datos de las modelaciones realizadas por el consorcio Planes y diseños del Tolima. El esquema planteado para la modelación en la zona de expansión a partir del nuevo tanque elevado en la zona de la planta, se muestra en la Figura 9

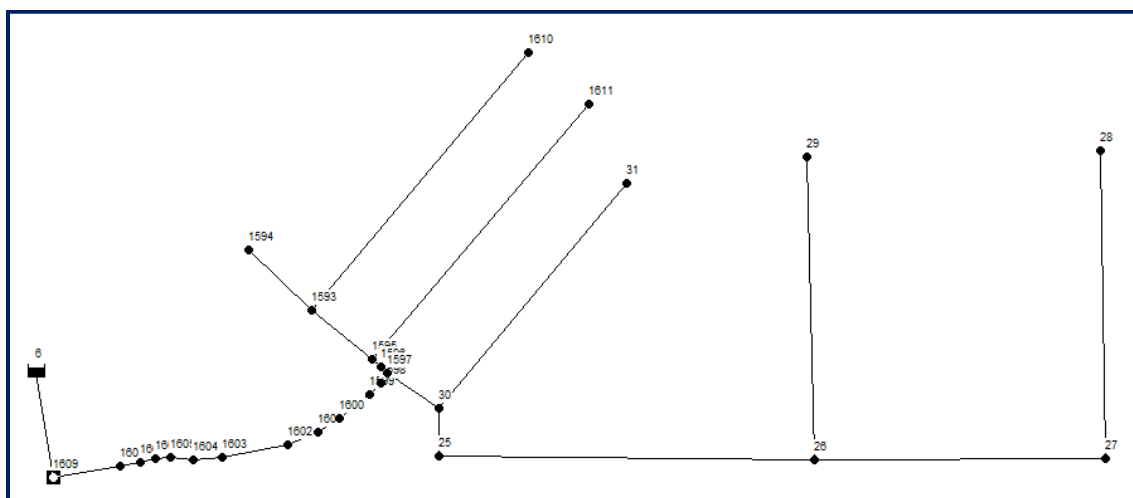


Figura 9 Esquema de modelación para zona de expansión con tanque elevado

Teniendo en cuenta que el municipio de Coyaima tiene un nivel de complejidad medio, se considera como dato de diseño, utilizar una presión mínima de 10.0 m.c.a.

La demanda de agua para la zona de expansión se determinó en el estudio del consorcio Planes y diseños del Tolima, con un caudal máximo diario de 4.4 l/s y un caudal máximo horario de 7.08 l/s. Para efectos de modelación este caudal se distribuyó en los nodos de la red en la zona de expansión de la misma manera que lo consideró el consorcio Planes y diseños del Tolima.

En la Tabla 13 se presenta la demanda asociada al caudal máximo horario para los nodos que se determinaron tienen demanda de agua. Se observa que los nodos 28 y 29 son los que tienen mayor demanda y están asignados al final de su respectivo tramo y en la parte final de la red propuesta.

Tabla 13 Demanda de agua en los nodos zona de expansión

Nodo	Demanda (l/s)
1594	0.33

Nodo	Demanda (l/s)
1.593	0.25
1595	0.3
1610	0.31
1611	0.26
30	0.72
29	2.35
28	1.86
31	0.7

6.8.2.1 Resultados de la modelación

Se pretende como criterio para la ubicación de la cota de fondo del tanque, que esta garantice una presión mínima de 15.0 m en la zona de expansión, este criterio se basa en poder abastecer con presiones mínimas de 10.0 metros, zonas que eventualmente puedan tener cotas de terreno por encima de las consideradas en esta modelación. De acuerdo a lo anterior se determina con el modelo que la cota de fondo del tanque elevado debe estar en 396.46 m.s.n.m. Con esta cota la altura del fondo del tanque al terreno es de 13.43 m, teniendo en cuenta la cota de terreno determinada en el levantamiento topográfico. Con esta cota se garantiza una presión mínima de 15.0 m en la zona de expansión o zonas consideradas con consumo en la modelación.

Tabla 14 Presión en los nudos con demanda de agua

ID Nudo	Cota m	Demanda LPS	Altura m	Presión m
Conexión 1594	375.1819	0.33	393.01	17.83
Conexión 1593	375.2709	0.25	393.02	17.75
Conexión 1595	376.8743	0.30	393.04	16.16
Conexión 1610	370.3747	0.31	393.01	22.63
Conexión 1611	372.8449	0.26	393.03	20.18
Conexión 30	377.60	0.72	392.60	15.00
Conexión 29	375.72	2.35	390.99	15.27
Conexión 28	375.72	1.86	390.91	15.19
Conexión 31	375.72	0.70	392.31	16.59

Tabla 15 Resultados de modelación en tuberías

Tubería	Longitud	Diámetro	Caudal	Velocidad	Pérd. Unit.
	m	mm	LPS	m/s	m/km
Tubería 1621	31	82.04	7.08	1.34	19.73
Tubería 1620	10	82.04	7.08	1.34	19.73
Tubería 1619	7	82.04	7.08	1.34	19.73
Tubería 1618	7	82.04	7.08	1.34	19.74
Tubería 1617	10	82.04	7.08	1.34	19.73
Tubería 1616	14	82.04	7.08	1.34	19.73
Tubería 1606	41	82.04	0.33	0.06	0.09
Tubería 1615	31	82.04	7.08	1.34	19.73
Tubería 1622	157	82.04	-0.31	0.06	0.08
Tubería 1607	36	82.04	0.89	0.17	0.5
Tubería 1614	15	82.04	7.08	1.34	19.74
Tubería 1613	12	82.04	7.08	1.34	19.73
Tubería 1612	18	82.04	7.08	1.34	19.73
Tubería 1608	5	82.04	1.45	0.27	1.18
Tubería 1611	7	82.04	7.08	1.34	19.73
Tubería 1609	4	82.04	1.45	0.27	1.18
Tubería 1610	5	82.04	7.08	1.34	19.74
Tubería 1623	157	82.04	0.26	0.05	0.06
Tubería 3	10	105.52	7.08	0.81	5.9
Tubería T1	34	82.04	5.63	1.07	13.08
Tubería T2	74	82.04	4.21	0.8	7.78
Tubería T3	251	105.52	4.21	0.48	2.33
Tubería T4	382	105.52	1.86	0.21	0.55
Tubería T5	176	82.04	1.86	0.35	1.83
Tubería T6	163	82.04	2.35	0.44	2.76
Tubería T7	139	55.7	0.7	0.29	2.08

7 GESTIÓN PREDIAL, AMBIENTAL Y SOCIAL

7.1 GESTIÓN PREDIAL

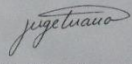
De acuerdo con los términos del contrato No. PAF-ATF-133-2015, para la sección de Gestión Predial, para el mejoramiento del sistema de acueducto, se tienen en cuenta los componentes de desarenador, viaductos y accesorios, válvulas ventosas y purgas, los cuales, aunque cuentan actualmente cuentan con sus permisos de servidumbre de paso e instalación por parte de sus propietarios, el Consortio Coyaima-Tolima 2015, ha actualizado los permisos de servidumbre para estos elementos contemplados desde la concepción del diseño Inicial.

Para el Componente de tanque elevado para el almacenamiento de agua, luego del replanteo dentro del predio de la PTAP, se cuenta con la propiedad y/o sana posesión por parte del Municipio de Coyaima.

Para el desarrollo de la Gestión, el Consortio Coyaima inició su gestión con los siguientes trámites:

- Se realizó visita de reconocimiento al sitio de las obras, el pasado 9 de junio de 2016, junto con funcionarios de la Administración Municipal y los Fontaneros encargados de la operación del sistema y que realizan recorridos constantes por la red; de allí se identificaron los puntos específicos que requieren intervención, logrando ubicarlos de manera preliminar en sitio para ser concatenados en el plano.
- Se presentó la solicitud de fecha 22 de julio de 2016, ante el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC-Seccional Tolima, con el fin de obtener la información necesaria que garantice la propiedad y pertenencia de los predios donde se van a intervenir los componentes, especialmente las obras del desarenador, viaductos y accesorios (válvulas de purga y ventosas), que requieren del permiso de servidumbre por parte de los usuarios.
- Se adelantaron gestiones mediante comunicaciones dirigidas a la Alcaldía de Coyaima y la Empresa de Servicios Públicos Empucoy E.S.P. de fecha 26 de julio de 2016, con el fin de obtener la información referente a los permisos de servidumbre logrados para la Viabilidad del proyecto preliminar ante el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio MVCT.

Consorcio Coyaima -Tolima 2015 - Informe Final Fase II - Optimización del sistema de suministro de agua del Municipio de Coyaima – Departamento del Tolima

CONSORCIO COYAIMA-TOLIMA 2015	
Ibagué, 22 de julio de 2016.	INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI 27-07-2016 17:54 7722616E8986-01 - F1 - A-9 OBJETO: PERSONA NATURAL TRIANA SOTO JORGE DIRECCION: DIRECCION TERRITORIAL, TOLIMANORIA BONILLA MAURICIO ASUNTO: SOLICITUD DE PRECIO Y SERVIDUMBRES POR RENA C-008 ANEXO: 01
Señores: INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI IGAC Calle 13 No. 3ª-22 Ibagué Tolima	
Asunto: Consulta de Predios y Servidumbres por Ficha Catastral, en el trazado de la Línea de Construcción para el Sistema de Acueducto Municipal. Referencia: Proyecto "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA EL MUNICIPIO DE COYAIMA, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA" Ejecución Condicional En Fases.	
De acuerdo a compromisos adquiridos por el Consorcio Coyaima Tolima 2015, en el marco del Contrato No. PAF-ATF-133-2015, celebrado entre nuestro Consorcio y Findeter, se requiere contar para la Fase II, con todas las fichas catastrales de los Componentes a intervenir para el Sistema de Acueducto Municipal, los cuales tendrán Construcción y Mejoramiento de Obras en el desarrollo del Proyecto de la Referencia.	
Por lo anterior, es de suma importancia contar con la ubicación exacta y propiedad de los siguientes componentes, mediante las fichas catastrales que permitan identificar sus respectivas coordenadas:	
Captación Bocanoma: N 901708.993 E 896999.740 Cota 440,999 msnm	
Tanque Desarenador: N 901894.639 E 896744.300 Cota 440,745	
Sistema de Paso Elevado 1: Inicio N 902871.561 E 896780.989	
Final N 902866.962 E 896783.508	
Cota 419,00 Distancia entre apoyos 35,00 mts	
Sistema de Paso Elevado 2: Inicio N 905118.586 E 896999.515	
Final N 905139.212 E 870038.107	
Cota 372,138 Distancia entre apoyos 44,64 mts	
Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP: N 911791.882 E 876174.651 Cota 386,188	
Tanque de Almacenamiento Projectado: N 911781.773 E 876174.651 Cota 384,070	
Quedamos atentos de la información, de la manera más exacta posible, con el fin de lograr la confrontación con la Alcaldía de Coyaima y Empucuy ESP, entidades beneficiarias y competentes de la Operación, Uso y mantenimiento de la Infraestructura.	
Cordialmente,	
	
Ing. JORGE TRIANA SOTO Representante Legal CONSORCIO COYAIMA TOLIMA 2015	
Anexo: CD con Plano Topográfico levantamiento Componentes Acueducto M.pel Coyaima	

CONSORCIO COYAIMA-TOLIMA 2015	
Ibagué, 26 de julio de 2016.	ALCALDIA DE COYAIMA SECRETARIA 23 DE JUL RECIBIDO NOT Y PAGO AL DESPACHO SECRETARIA
Señores: ALCALDIA DE COYAIMA Attn: OSWALDO MAURICIO ALAPE A. Alcalde Municipal Coyaima Tolima	
Asunto: Solicit. Información Legalización de Predios y Servidumbres con sus respectivos Certificados de Tradición por el trazado de la Línea de Construcción y Componentes para el Sistema de Acueducto Municipal. Referencia: Proyecto "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA EL MUNICIPIO DE COYAIMA, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA" Ejecución Condicional En Fases.	
Cordial saludo.	
De acuerdo a compromisos adquiridos por el Consorcio Coyaima Tolima 2015, en el marco del Contrato No. PAF-ATF-133-2015, celebrado entre nuestro Consorcio y Findeter, se requiere contar para la Fase II, con todos los certificados de tradición y permisos de servidumbre de los Componentes a intervenir y accesorios a incorporar dentro del Sistema de Acueducto Municipal, los cuales tendrán Construcción y Mejoramiento de Obras en el desarrollo del Proyecto de la Referencia.	
Por lo anterior, es de suma importancia contar con los documentos idóneos que garanticen la propiedad y permisos de servidumbre para los siguientes componentes, que permitan relacionarlos con sus respectivas coordenadas:	
Captación Bocanoma: N 901708.993 E 896999.740 Cota 440,999 msnm	
Tanque Desarenador: N 901894.639 E 896744.300 Cota 440,745	
Sistema de Paso Elevado 1: Inicio N 902871.561 E 896780.989	
Final N 902866.962	
Cota 419,00	
Carrera 7ª No. 69-53 Teléfono: 210 14 44 e-Mail: igac@institutoagustincodazzi.com.co info@institutoagustincodazzi.com Bogotá, D.C.	
CONSORCIO COYAIMA-TOLIMA 2015	
Ibagué, 26 de julio de 2016.	RECIBIDO 200718 Hoy 14:14:56 p) Tolima
Señores: EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE COYAIMA EMPUCUY E.S.P. ANADRIANA GOMEZ Coyaima Tolima	
Asunto: Solicit. Información Legalización de Predios y Servidumbres con sus respectivos Certificados de Tradición por el trazado de la Línea de Construcción y Componentes para el Sistema de Acueducto Municipal. Referencia: Proyecto "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA EL MUNICIPIO DE COYAIMA, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA" Ejecución Condicional En Fases.	
Cordial saludo.	
De acuerdo a compromisos adquiridos por el Consorcio Coyaima Tolima 2015, en el marco del Contrato No. PAF-ATF-133-2015, celebrado entre nuestro Consorcio y Findeter, se requiere contar para la Fase II, con todos los certificados de tradición y permisos de servidumbre de los Componentes a intervenir y accesorios a incorporar dentro del Sistema de Acueducto Municipal, los cuales tendrán Construcción y Mejoramiento de Obras en el desarrollo del Proyecto de la Referencia.	
Por lo anterior, es de suma importancia contar con los documentos idóneos que garanticen la propiedad y permisos de servidumbre para los siguientes componentes, que permitan relacionarlos con sus respectivas coordenadas:	
Captación Bocanoma: N 901708.993 E 896999.740 Cota 440,999 msnm	
Tanque Desarenador: N 901894.639 E 896744.300 Cota 440,745	
Sistema de Paso Elevado 1: Inicio N 902871.561 E 896780.989	
Final N 902866.962 E 896783.508 Cota 419,00	
Carrera 7ª No. 69-53 Teléfono: 210 14 44 e-Mail: igac@institutoagustincodazzi.com.co info@institutoagustincodazzi.com Bogotá, D.C.	

De lo anterior se obtiene la información básica por donde el sistema vincula un total de veintiún (21) predios en un total aproximado de trece (13) kilómetros, el valor restante del trazado se ha identificado como vías de uso público sin afectación de servidumbres.

EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS DE COYAIMA
EMPUCOY E.S.P.
NIT: 809.010.316 - 1.

FECHA: _____

NUMERO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	NOMBRE DEL PREDIO	VEREDA
1	Aldeamar Flores	Finca San Roque 2.9 KM	M. San Cayetano
2	Jorge Iván Tique	Finca Carbon 3 KM	M. San Cayetano
3	Alcides Tique	Finca Chundie 2.5 KM	M. San Cayetano
4	Marta Suarez de Hincapié	2.5 KM	M. San Cayetano
5	Luis Guzmán	160 ML	Meche
6	Rafael Capina	7 KM	Meche
7	Diana Vidal	60 ML	V. Buenavista
8	Bernardo Botache	7.5 KM	Meche
9	Leticia Santofimio	100 ML	Meche
10	Jose Julian Soto	60 ML	Buenavista
11	Isaac Duvario	20 ML	Buenavista
12	Maria Arias	50 ML	Buenavista
13	Eustasio Arias	40 ML	Buenavista
14	Julia Hincapié	40 ML	Buenavista
15	Leonardo Hincapié	280 ML	Buenavista

El Agua Es Vida, El Aseo Es Salud, Cuidemos La Nuestra!
Calle 3 Plaza De Mercado Telefax: 2378175
Email: Empucos@coyaima-tolima.gov.co

EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS DE COYAIMA
EMPUCOY E.S.P.
NIT: 809.010.316 - 1.

FECHA: _____

NUMERO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	NOMBRE DEL PREDIO	VEREDA
16	Diego Morales	700 ML	Buenavista
17	Enzo Hincapié	50 ML	Diagonal Blanca Espinal
18	Pilar Hincapié	200 ML	Punto B. Espinal
19	Rene Hincapié	90 ML	Punto B. Espinal
20	Enzo Hincapié	40 ML	Diagonal B. Espinal
21	Luis Guzmán	80 ML	13.1 km

El Agua Es Vida, El Aseo Es Salud, Cuidemos La Nuestra!
Calle 3 Plaza De Mercado Telefax: 2378175
Email: Empucos@coyaima-tolima.gov.co

Consecuentemente con la necesidad, se adelantaron visitas de campo por parte del Consorcio Coyaima –Tolima 2015, junto con el operario de la red de conducción y componentes aguas arriba de la Planta de Tratamiento, encargado del mantenimiento del sistema por parte de Empucoy ESP, desde hace más de 10 años, permitiéndonos ubicar los puntos específicos con coordenadas GPS, para cada componente.

Teniendo en cuenta, la ubicación para cada intervención de los componentes específicos, para el desarenador, viaductos y cajas con sus accesorios, se identifica que la intervención vincula únicamente un pequeño porcentaje de las afectaciones a predios o propietarios que cuentan con una extensión considerable de tierra por lo que del listado general se generó la siguiente relación:

ITEM	DESCRIPCION	UBICACION	ALTURA	PROPIETARIO-PREDIO	OBSERVACIONES
1	BOCATOMA ACTUAL	E 00868304 N 00902026	459 MT	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE-SAN CAYETANO	NO SE VA A INTERVENIR
2	DESARENADOR PROYECTADO	E 00868347 N 00902019	452 MT	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE-SAN CAYETANO	SE REQUIERE REPOSICION EN EL MISMO SITIO

3	VENTOSA 1	E 00868329 N 00902561	430 MT	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE-SAN CAYETANO	SE REQUIERE REPOSICION Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
4	VALVULA DE PURGA 1	E 00868325 N 00902559	433 MT	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE-SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
5	VENTOSA 2	E 00868421 N 00902953	437 MT	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE-SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
6	VENTOSA RUDIMENTARIA	E 00868405 N 00903172	426 MT	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE-SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
7	INICIO VIADUCTO 1	E 00868397 N 00903183	422 MT	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE-SAN CAYETANO	SE REQUIERE DE LA INSTALACION DE MACHON EN CONCRETO Y TORRE PARA CONFORMAR ESTRUCTURA
8	FINAL VIADUCTO 1	E 00868377 N 00903219	424 MT	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE DE LA INSTALACION DE MACHON EN CONCRETO Y TORRE PARA CONFORMAR ESTRUCTURA
9	VENTOSA 4	E 00868376 N 00903250	425 MT	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
10	VENTOSA 5	E 00868462 N 00903535	422 MT	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
11	VENTOSA 6	E 00868487 N 00903611	425 MT	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
12	VALVULA DE PURGA 2	E 00868561 N 00903819	400 MT	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
13	VENTOSA 7	E 00868537 N 00903845	430 MT	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
14	VALVULA DE PURGA 3	E 00868470 N 00904246	424 MT	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
15	VENTOSA 8	E 00868407 N 00904383	438 MT	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
16	VENTOSA 9	E 00868399 N 00904493	437 MT	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA

17	VENTOSA 10	E 00868572 N 00904774	441 MT	MERCEDES TIQUE- FINCA CHANDUE-M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
18	VENTOSA 11	E 00869530 N 00905260	408 MT	LUIS GUARNIZO- M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
19	INICIO VIADUCTO 2	E 00869630 N 00905439	394 MT	LUIS GUARNIZO- M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE DE LA INSTALACION DE MACHON EN CONCRETO Y TORRE PARA CONFORMAR ESTRUCTURA
20	FINAL VIADUCTO 2	E 00869666 N 00905461	392 MT	LUIS GUARNIZO- M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE DE LA INSTALACION DE MACHON EN CONCRETO Y TORRE PARA CONFORMAR ESTRUCTURA
21	VENTOSA 12	E 00869721 N 00905585	394 MT	LUIS GUARNIZO- M. SAN CAYETANO	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
22	VENTOSA 13	E 00869897 N 00906022	397 MT	DIVA VIDAL- VEREDA MECHE	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
23	VENTOSA 14	E 00870394 N 00906484	395 MT	DIVA VIDAL- VEREDA MECHE	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
24	VENTOSA 15	E 00871269 N 00906546	399 MT	LASTENIA SANTOFIMIO-VEREDA MECHE	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
25	VALVULA DE PURGA 4	E 00871490 N 00906460	398 MT	LASTENIA SANTOFIMIO-VEREDA MECHE	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
26	VENTOSA 16	E 00871667 N 00906403	423 MT	LASTENIA SANTOFIMIO-VEREDA MECHE	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
27	VENTOSA 17	E 00872574 N 00907069	409 MT	DIEGO MORALES- VEREDA BUENA VISTA	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
28	VALVULA DE PURGA 5	E 00873057 N 00907743	404 MT	POR VIA PÚBLICA COYAIMA-ATACO. VEREDA BUENA VISTA	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
29	VENTOSA 18	E 00873164 N 00907895	410 MT	POR VIA PÚBLICA COYAIMA-ATACO. VEREDA BUENA VISTA	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
30	VENTOSA 19	E 00873581 N 00908712	411 MT	POR VIA PÚBLICA COYAIMA-ATACO. VEREDA BUENA VISTA	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
31	VENTOSA 20	E 00874037 N 00909266	404 MT	POR VIA PÚBLICA COYAIMA-ATACO. VEREDA BUENA VISTA	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA

32	VENTOSA 21	E 00874710 N 00909659	394 MT	POR VIA PUBLICA COYAIMA-ATACO. VEREDA BUENA VISTA	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
33	VALVULA DE PURGA 6 Y CAMBIO DIAMETRO 8-6 PULG EN LA RED	E 00875478 N 00910336	392 MT	POR VIA PUBLICA COYAIMA-ATACO. VEREDA BUENA VISTA	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
34	VALVULA DE PURGA 7	E 00875642 N 00911389	363 MT	POR VIA PUBLICA COYAIMA-ATACO. VEREDA BUENA VISTA	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
35	VENTOSA 22	E 00875685 N 00911575	376 MT	POR VIA PUBLICA COYAIMA-ATACO. VEREDA BUENA VISTA	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
36	VENTOSA 23	E 00875846 N 00912087	393 MT	POR VIA PUBLICA COYAIMA-ATACO. VEREDA BUENA VISTA	SE REQUIERE INSTALACION ACCESORIO Y CONSTRUCCION CAJA CON TAPA
37	PTAP ENTRADA	E 00875792 N 00912090	396 MT	PREDIO PROPIEDAD Y SANA POSESION ALCALDIA DE COYAIMA	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA Y CONSTRUCCION NUEVO TANQUE ELEVADO

De la anterior relación, se viene adelantando la consecución de permisos de servidumbre ante los propietarios de predios donde se encuentran ubicados los componentes o accesorios, con el fin de actualizar la información suministrada inicialmente por el municipio a la EDAT, que fue la entidad que priorizó y viabilizó el proyecto inicial junto con la Administración Municipal de Coyaima, para su respectiva viabilización ante el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio MVCT, en el marco del Plan Departamental de Aguas.

Seguidamente en el año 2014, se generó el Convenio Tripartita donde FINDETER asumió el ajuste y ejecución del mencionado proyecto por fases. La información obtenida se ha concatenado con la información suministrada por el IGAC, mediante los planos y/o fichas catastrales que aplican para el municipio según coordenadas adquiridas:

RELACION DE FICHAS CATASTRALES SEGÚN COORDENADAS ACCESORIOS Y COMPONENTES INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI - IGAC				
ITEM	DESCRIPCION	UBICACION	FICHA CATASTRAL IGAC	PROPIETARIO-PREDIO
1	BOCATOMA ACTUAL	E 00868304 N 00902026	73217000400010159000	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE- V. MECHE SAN CAYETANO
2	DESARENADOR PROYECTADO	E 00868347 N 00902019	73217000400010159000	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE- V. MECHE SAN CAYETANO

RELACION DE FICHAS CATASTRALES SEGÚN COORDENADAS ACCESORIOS Y COMPONENTES INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI - IGAC				
3	VENTOSA 1	E 00868329 N 00902561	73217000400010160000	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE- V. MECHE SAN CAYETANO
4	VALVULA DE PURGA 1	E 00868325 N 00902559	73217000400010160000	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE- V. MECHE SAN CAYETANO
5	VENTOSA 2	E 00868421 N 00902953	73217000400010160000	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE- V. MECHE SAN CAYETANO
6	VENTOSA RUDIMENTARIA	E 00868405 N 00903172	73217000400010160000	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE- V. MECHE SAN CAYETANO
7	INICIO VIADUCTO 1	E 00868397 N 00903183	73217000400010160000	ALDEMAR FLORES-FINCA SAN ROQUE- V. MECHE SAN CAYETANO
8	FINAL VIADUCTO 1	E 00868377 N 00903219	73217000400010160000	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-V. MECHE SAN CAYETANO
9	VENTOSA 4	E 00868376 N 00903250	73217000400010160000	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-V. MECHE SAN CAYETANO
10	VENTOSA 5	E 00868462 N 00903535	73217000400010160000	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-V. MECHE SAN CAYETANO
11	VENTOSA 6	E 00868487 N 00903611	73217000400010160000	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-V. MECHE SAN CAYETANO

RELACION DE FICHAS CATASTRALES SEGÚN COORDENADAS ACCESORIOS Y COMPONENTES INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI - IGAC				
12	VALVULA DE PURGA 2	E 00868561 N 00903819	73217000400010163000	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-V. MECHE SAN CAYETANO
13	VENTOSA 7	E 00868537 N 00903845	73217000400010163000	JORGE IVAN TIQUE-FINCA CARBON-V. MECHE SAN CAYETANO
14	VALVULA DE PURGA 3	E 00868470 N 00904246	73217000400010165000	MERCEDES TIQUE CEBALLOS- FINCA CHANDUE-V. SAN CAYETANO
15	VENTOSA 8	E 00868407N 00904383	73217000400010165000	MERCEDES TIQUE CEBALLOS- FINCA CHANDUE-V. MECHE SAN CAYETANO
16	VENTOSA 9	E 00868399 N 00904493	73217000400010200000	MERCEDES TIQUE CEBALLOS- FINCA CHANDUE-V. MECHE SAN CAYETANO
17	VENTOSA 10	E 00868572 N 00904774	73217000400010194000	MERCEDES TIQUE CEBALLOS- FINCA CHANDUE-V. MECHE SAN CAYETANO
18	VENTOSA 11	E 00869530 N 00905260	73217000400010120000	LUIS GUARNIZO- V. MECHE SAN CAYETANO
19	INICIO VIADUCTO 2	E 00869630 N 00905439	73217000400010111000	LUIS GUARNIZO- V. MECHE SAN CAYETANO
20	FINAL VIADUCTO 2	E 00869666 N 00905461	73217000400010111000	RAFAEL OSPINA- V. MECHE SAN CAYETANO

RELACION DE FICHAS CATASTRALES SEGÚN COORDENADAS ACCESORIOS Y COMPONENTES INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI - IGAC				
21	VENTOSA 12	E 00869721 N 00905585	73217000400010110000	RAFAEL OSPINA- V. MECHE SAN CAYETANO
22	VENTOSA 13	E 00869897 N 00906022	73217000400010104000	DIVA VIDAL- VEREDA MECHE
23	VENTOSA 14	E 00870394 N 00906484	73217000400010104000	DIVA VIDAL- VEREDA MECHE
24	VENTOSA 15	E 00871269 N 00906546	73217000400010068000	LASTENIA SANTOFIMIO- VEREDA MECHE-VIA PUBLICA TRIANGULO DEL TOLIMA
25	VALVULA DE PURGA 4	E 00871490 N 00906460	73217000400030085000	LASTENIA SANTOFIMIO- VEREDA MECHE-VIA PUBLICA TRIANGULO DEL TOLIMA
26	VENTOSA 16	E 00871667 N 00906403	73217000400030083000	LASTENIA SANTOFIMIO- VEREDA MECHE
27	VENTOSA 17	E 00872574 N 00907069	73217000400030040000	DIEGO MORALES-VEREDA BUENA VISTA
28	VALVULA DE PURGA 5	E 00873057 N 00907743	73217000400030236000	POR VIA PUBLICA COYAIMA- ATACO. VEREDA BUENA VISTA
29	VENTOSA 18	E 00873164 N 00907895	73217000400030223000	POR VIA PUBLICA COYAIMA- ATACO. VEREDA BUENA VISTA

RELACION DE FICHAS CATASTRALES SEGÚN COORDENADAS ACCESORIOS Y COMPONENTES INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI - IGAC				
30	VENTOSA 19	E 00873581 N 00908712	73217000400030214000	POR VIA PUBLICA COYAIMA- ATACO. VEREDA BUENA VISTA
31	VENTOSA 20	E 00874037N 00909266	73217000400030215000	POR VIA PUBLICA COYAIMA- ATACO. VEREDA BUENA VISTA
32	VENTOSA 21	E 00874710 N 00909659	73217000400030008000	POR VIA PUBLICA COYAIMA- ATACO. VEREDA BUENA VISTA
33	VALVULA DE PURGA 6 Y CAMBIO DIAMETRO 8-6 PULG EN LA RED	E 00875478 N 00910336	73217000400030008000	POR VIA PUBLICA COYAIMA- ATACO. VEREDA BUENA VISTA
34	VALVULA DE PURGA 7	E 00875642 N 00911389	73217000400030109000	POR VIA PUBLICA COYAIMA- ATACO. CASCO URBANO
35	VENTOSA 22	E 00875685 N 00911575	73217010000490004000	POR VIA PUBLICA COYAIMA- ATACO. CASCO URBANO
36	VENTOSA 23	E 00875846 N 00912087	73217010000090012000	POR VIA PUBLICA COYAIMA- CASCO URBANO
37	PTAP ENTRADA	E 00875792 N 00912090	73217010000090012000	PREDIO PROPIEDAD Y SANA POSECION ALCALDIA DE COYAIMA

El Consorcio Coyaima-Tolima 2015, viene adelantando el acompañamiento necesario, tanto a la Alcaldía como al Operador (Empucoy E.S.P.), para culminar el proceso de legalización de firmas mediante el siguiente formato:

ALCALDIA DE COYAIMA 2016-2019

**PROYECTO: EJECUCIÓN CONDICIONAL EN FASES DEL PROYECTO "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA EL MUNICIPIO DE COYAIMA – DEPARTAMENTO DEL TOLIMA
CONSORCIO COYAIMA TOLIMA 2015- CONTRATO FINDETER PAF-ATF-133-2015**

PERMISO DE SERVIDUMBRE

Yo, _____, identificado con cédula de ciudadanía No. _____ de _____, propietario del predio _____ con Matricula inmobiliaria No. _____ ubicado en (vereda/casco urbano) _____; por medio del presente documento de forma libre y espontánea otorgo permiso sin contraprestación alguna, para que se realice la construcción de las estructuras hidráulicas, como _____, _____, _____, _____, que cuenta con las Coordenadas _____ y que cuenta con unidad / longitud / área de _____ (un/ml/m2) para garantizar el desarrollo del proyecto mencionado en el Sistema de Acueducto del Municipio de Coyaima.

Igualmente, para tal fin manifiesto que:

- Renuncio a cualquier reclamación judicial o extrajudicial por daños o perjuicios o por el derecho de servidumbre de acueducto, que se cause con la construcción de la citada obra, dado que los mismos se entienden compensados con el beneficio que recibiré con la construcción del proyecto, ya que soy un beneficiario del mismo, o con los beneficios recibidos por la comunidad de mi vereda o centro urbano, se beneficia y valoriza mi sector.
- El predio se encuentra sin limitaciones de gravámenes de dominio, por lo que aplica el permiso de servidumbre que estoy otorgando.
- Soy consciente y acepto que los daños y perjuicios que el ejecutor cause y que no sean normales dentro de la ejecución del proyecto el ejecutor deberá resarcirlo para efectos de expedir de mi parte, la correspondiente certificación de recibo a satisfacción de la obra.
- El presente permiso incluye además de la construcción de los componentes mencionados, el ingreso de material, equipos, herramientas y personal necesarios para garantizar la terminación y funcionalidad de los mismos.

La presente certificación se expide en día (____), del mes de (____) del año (____)

Atentamente;

Nombre: _____

C.C. No. _____ de _____

Firma _____

Igualmente se adelantó el inventario de estructuras y componentes existentes, el cual nos permite avalar el estado y justificación de cambio, reposición, optimización o mejoramiento, según el caso que aplique para cada uno de ellos.

7.2 INFORME DE GESTION AMBIENTAL

De acuerdo con lo requerido en los términos de referencia y luego de revisada la normatividad ambiental relacionada con el proyecto, teniendo en cuenta el alcance y proyecciones para cada componente, aplica el permiso o licencia para ocupación de cauce en la fuente hídrica estando los componentes de desarenador y viaductos, dentro del área de afectación de la Quebrada Meche.

Para los permisos tales como compensación forestal, concesión de aguas, aprovechamiento forestal no aplican para el presente proyecto, por cuanto no se realizará intervención de optimización en la captación o bocatoma, que requiera ampliación de caudal, no se realizara tala de árboles con aprovechamiento del material explotado y no se realizaran intervenciones en sitios de reserva forestal ni explotación hídrica.

Por lo anterior, el Consorcio Coyaima-Tolima 2015, dando cumplimiento con este capítulo de licencias y permisos ambientales, adelantó e inició el trámite ante el Ente Ambiental Competente CORTOLIMA, mediante solicitud de requerimientos mediante oficio de fecha 1º de agosto de 2016 (Rad No. 12331), donde se obtuvo además del diligenciamiento de la información, los siguientes requisitos contemplados en el Formato FAA-008 PERMISO DE OCUPACION DE CAUCES, PLAYAS Y LECHOS, con base en el Decreto Ley 2811 Art 102 al 105 1974. Decreto 1541 Art 183 al 204 1978. Ley 99 1993. Resolución 1280 de julio de 2010:

CONSORCIO COYAIMA-TOLIMA 2015

Itagüé, 1 de Agosto de 2016

Señores:
CORPORACION REGIONAL AUTONOMA DEL TOLIMA
CORTOLIMA
Calle 13 No. 3ª-22
Itagüé Tolima

Asunto: Consulta de requisitos y formularios para obtener permiso de Ocupación de Cauce en la Ubicación de Estructuras en la Quebrada para el Sistema de Acueducto Municipal.

Referencia: Proyecto "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA EL MUNICIPIO DE COYAIMA, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA" -Ejecución Condicional En Fases

De acuerdo a compromisos adquiridos por el Consorcio Coyaima Tolima 2015, en el marco del Contrato No. PAJ-ATF-133-2015, celebrado entre nuestro Consorcio y Findeter, se requiere contar para la Fase II, con todos los permisos de rigor para los Componentes a intervenir para el Sistema de Acueducto Municipal, los cuales tendrán Construcción y Mejoramiento de Obras en el desarrollo del Proyecto de la Referencia.

Por lo anterior, es de suma importancia que la Administración Municipal adelante los permisos necesarios ante el Ente Ambiental competente, para basados en la ocupación del cauce de la Quebrada Meche, para las siguientes estructuras identificar sus respectivas coordenadas:

Tanque Desarenador:
N 901694.539
E 868744.309
Cota 440.745
Estructura Existente pendiente de Mejorar o Reparar

Sistema de Paso Elevado 1:
Inicio
N 902871.581
E 868780.989

Final
N 902866.982
E 868783.508

Cota 419.00
Distancia entre apoyos 35.00 mts
Estructura nueva basada comentada en roca

Sistema de Paso Elevado 2:
Inicio
N 905118.588

CONSORCIO COYAIMA-TOLIMA 2015

E 869998.515

Final
N 905139.212
E 870038.107

Cota 372.138
Distancia entre apoyos 44.64 mts
Estructura Existente pendiente de mejorar

Por lo anterior, además de los requisitos suministrados por funcionarios de la entidad y plasmados en el formulario FAA 008 OCUPACION DE CAUCES, PLAYAS Y LECHOS, es necesario saber demás requisitos y trámites que la Alcaldía de Coyaima debe adelantar con el acompañamiento y gestión que nuestro Consorcio puede otorgar en el marco de la FASE II de ejecución.

Quedamos atentos de la información, de la manera más exacta posible, con el fin de lograr la confrontación con la Alcaldía de Coyaima y Empucuy ESP, entidades beneficiarias y competentes de la Operación, Uso y mantenimiento de la Infraestructura.

Cordialmente,

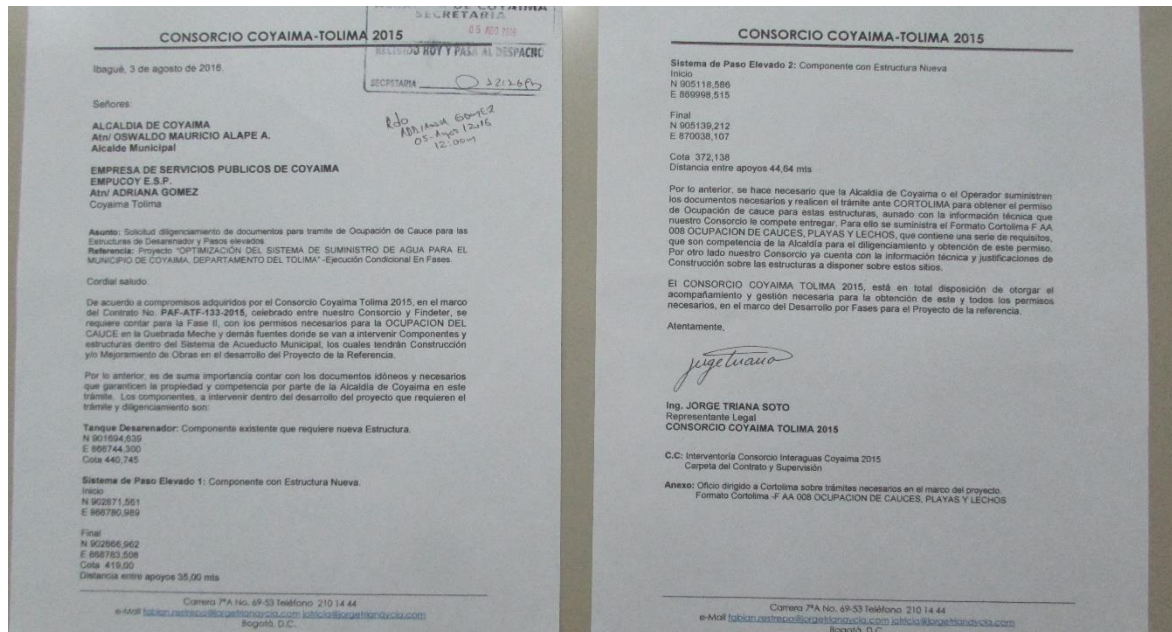
Jorge Triana Soto

Ing. JORGE TRIANA SOTO
Representante Legal
CONSORCIO COYAIMA TOLIMA 2015

DOCUMENTACIÓN QUE DEBE ANEXAR A LA SOLICITUD

1. Documentos que acrediten la personería jurídica del solicitante
Sociedades: Certificado de existencia y representación legal.
Juntas de Acción Comunal: Certificado de existencia y representación legal. Personería Jurídica y/o Certificación e Inscripción de Dignatarios (expedida por la Gobernación)
2. Poder debidamente otorgado cuando se actúe por medio de apoderado.
Propietario del inmueble: Certificado de libertad y tradición (fecha de expedición no superior a 3 meses).
Tenedor: Copia del documento que lo acredite como tal (contrato de arrendamiento, comodato, etc.) o autorización del propietario o poseedor.
Poseedor: Manifestación escrita y firmada de tal calidad
3. Certificado de existencia y representación legal para el caso de persona jurídica, el cual debe haber sido expedido dentro de los tres (3) meses anteriores a la fecha de presentación de la solicitud.
4. Autorización del propietario o poseedor cuando se actúe como mero tenedor o por contrato de arrendamiento.
5. Certificado de tradición expedido máximo con tres (3) meses de antelación.
6. Plano de localización de la fuente hídrica en el área de influencia en escala 1:25 a 1:50.
7. Proyecto de obra acorde al trámite descriptivo de la página web.
8. Planos y memoria de cálculo de la obra o actividad a ejecutar.

Con lo anterior, el Consorcio Coyaima Tolima 2015, solicitó a la Administración Municipal de Coyaima suministrar la información necesaria de su competencia y el diligenciamiento del Formato de aplicación de Cortolima, por lo que se dejó evidencia del requerimiento mediante oficio de fecha 3 de agosto de 2016:



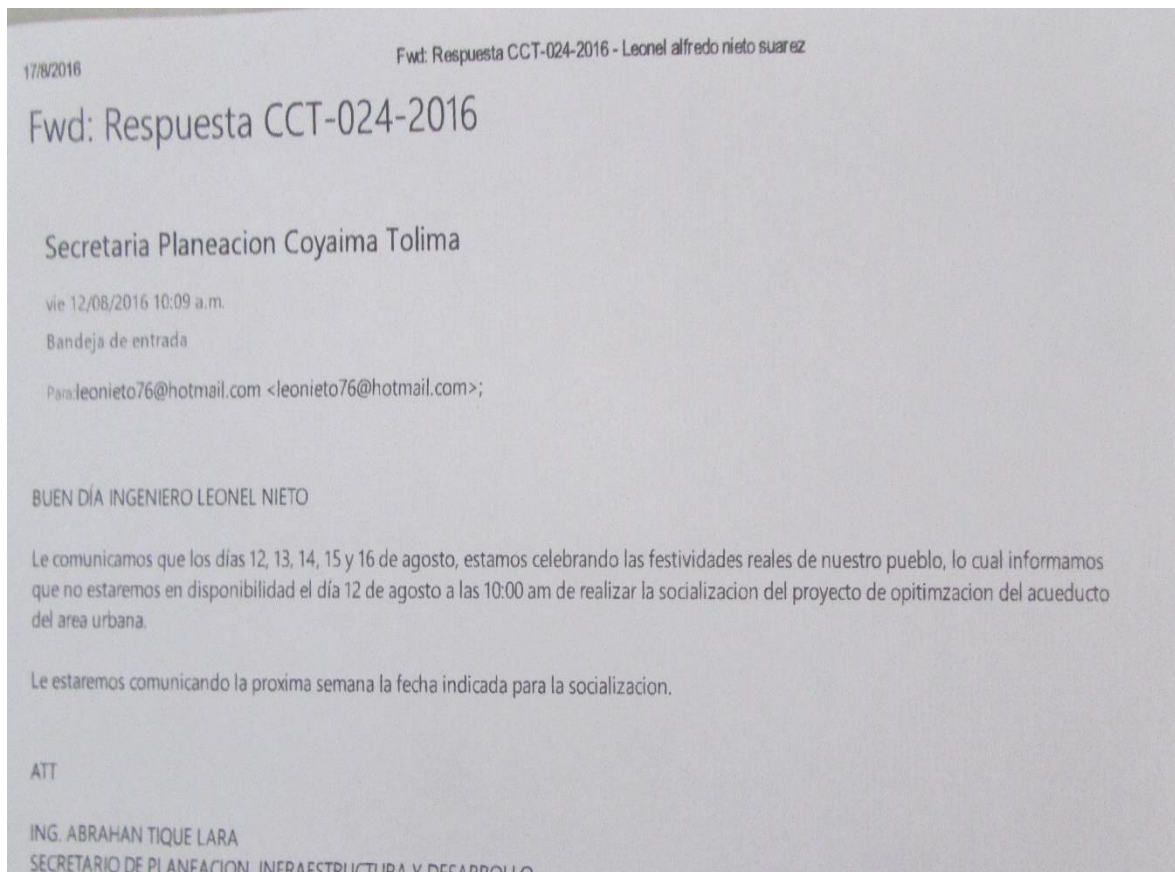
Finalmente el pasado 12 de Septiembre de 2016, se remite oficio a la Empresa de Servicios Públicos de Coyaima Empucoy y a la Administración Municipal, los soportes técnicos (Cálculos y Diseños Hidráulicos, memorias de Calculo, Presupuesto, Planos y demás documentos) que dan sustento a la solicitud para Permiso de Ocupación de Cauce (Quebrada Meche) para la estructura del Desarenador nuevo ante el Ente Ambiental CORTOLIMA, dejando pendiente el suministro de la documentación competente por parte de la Alcaldía de Coyaima, como entidad solicitante, para lograr la radicación definitiva del

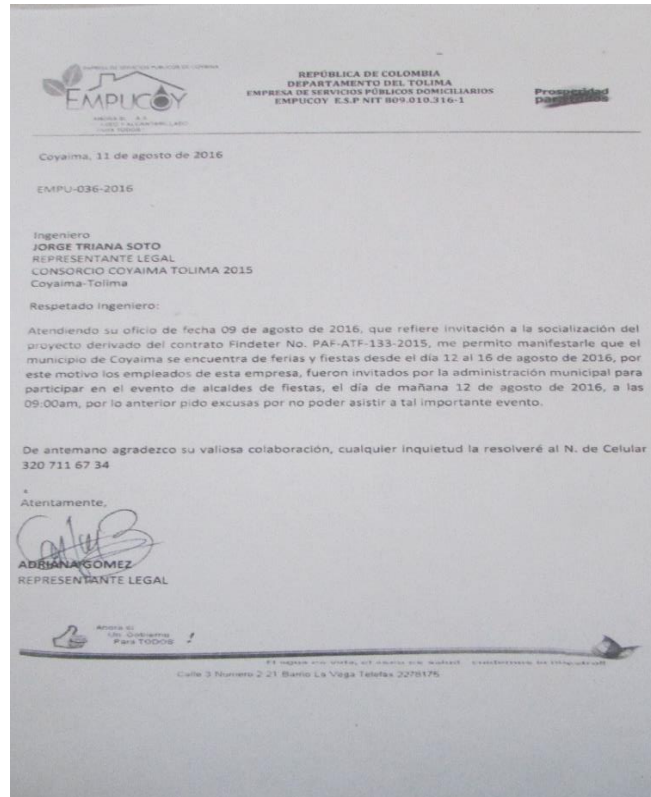
Permiso de Ocupación respectivo y así conocer un valor concreto de pago por el uso y paso de la fuente hídrica, quedando a cargo de la Entidad Municipal, el pago de las Expensas y Certificados Ambientales para iniciar las obras de rigor en este punto específico. El Consortio Coyaima Tolima 2015, sigue realizando el acompañamiento necesario para la obtención de estos permisos, estando dentro del tiempo posterior otorgado por Findeter en los Términos de Referencia.

7.3 GESTIÓN SOCIAL

De acuerdo a lo contemplado en los TDR de Findeter y pretendiendo dar claridad a los diferentes actores vinculados en el Municipio de Coyaima, se convoca a la presentación y socialización del proyecto, en la Casa de la Cultura del Municipio, mediante correos electrónicos de fecha 9 de agosto de 2016; adicionalmente se allegan comunicaciones a las entidades de Control Interno, Concejo Municipal, Personería, Secretaria de Planeación, Secretaria de Gobierno y Empucoy con el fin de obtener aprobación por cada uno de ellos y así cumplir con este requisito.

Mediante Oficio y correo electrónico por parte de la Gerente de Empucoy E.S.P y la Secretaria de Planeación Municipal., se recibe comunicado del impedimento de asistencia por parte de las diferentes dependencias y empresas del Sector Municipal, por encontrarse en temporada de fiestas, programadas entre el 12 y 16 de agosto de 2016, constituyéndose un caso de fuerza mayor para el Consortio Coyaima-Tolima 2015, al requerir el aplazamiento de dicha socialización.





Lo anterior genero la necesidad de realizar nueva convocatoria de socialización del proyecto, la cual se programó para el día 9 de septiembre de 2016, invitando a todos los actores competentes vinculados y a la comunidad en general.

Se realizó perifoneo los días anteriores en el centro urbano del municipio, así como la entrega de volantes durante los 3 días anteriores a la fecha de socialización, con el fin de obtener mayor porcentaje de asistencia por parte de la comunidad beneficiada con el proyecto, lo que motivara el Diagnostico, Estructuración y Ejecución del Plan de Gestión Social, alterno a la ejecución de la obra física del Proyecto.

Igualmente, la Empresa de Servicios Públicos EMPUCOY E.S.P, realizó perifoneo durante los días anteriores a la socialización, pretendiendo otorgar mayor cobertura al evento. De este se genera grabación por parte del Contratista de Perifoneo y certificación por parte de Empucoy E.S.P.



Foto 11 Invitación a la reunión de socialización



Foto 12 Perifoneo y divulgación de la reunión de socialización

La socialización del proyecto se realizó el día viernes 9 de septiembre en las Instalaciones del Aula Múltiple de la Institución Educativa JUAN XXIII, contando con la asistencia de la Administración Municipal, el Concejo Municipal, Empucoy y habitantes o residentes del Municipio, igualmente beneficiarios del Proyecto. Igualmente se cuenta con la asistencia de la Interventoría del Proyecto (Consortio Interaguas).

A la reunión asistió el señor Alcalde de la localidad Dr Oswaldo Mauricio Alape Arias, el Secretario de Planeación infraestructura y desarrollo Dr. Abraham Tique Lara, la Gerente de la Empresa de servicios Públicos Dra. Adriana Gómez, el representante legal de la Interventoría Dr. Luis Fernando Triana, el representante legal del Consortio Coyaima Tolima 2015 Ingeniero Jorge Triana, el Director del proyecto Ingeniero Jorge Restrepo, profesionales de la Alcaldía Municipal, de la Interventoría y del Consortio Coyaima Tolima 2015, Concejales del Municipio y comunidad en general.

En la socialización del Informe de la Fase II, se realizó a los participantes una presentación del proyecto en la cual se hizo énfasis en la problemática actual del acueducto y la propuesta de optimización del acueducto municipal.

El señor Alcalde del Municipio explico a los asistentes las diferentes gestiones que había realizado ante los organismos nacionales como FINDETER y el MVCT con el fin de lograr que se aprobaran las modificaciones al proyecto y manifestó estar de acuerdo con el proyecto presentado.



Foto 13 Reunión de socialización del proyecto

El Jefe de Planeación manifestó su preocupación debido a nuevas demandas de agua hacia sectores de expansión que no se encuentran previstos en el proyecto presentado. El Consorcio Coyaima Tolima 2015 le recomendó hacer la solicitud a FINDETER y a la Interventoría, para que se estas nuevas demandas sean tenidas en cuenta y poder evaluar el impacto económico en el presupuesto del proyecto.

El Director de la Interventoría explicó a los asistentes, la importancia del proyecto y como con los ajustes realizados, se da solución al problema del agua potable de la localidad.



Foto 14 Socialización del Proyecto

8 PRESUPUESTO FASE III

En la Tabla 16 se presenta el presupuesto de las obras de optimización del acueducto de Coyaima y que integran los ajustes realizado al proyecto y en la Tabla 17 se presenta un comparativo entre el costo de las obras según presupuesto inicial y el nuevo valor de las obras del proyecto de optimización del acueducto.

Tabla 16 Presupuesto obras de Optimización del acueducto de Coyaima

ITEM	DESCRIPCION	PRESUPUESTO
		VR. TOTAL
1	DESARENADOR	\$ 97.321.073,60
2	CONDUCCION	\$ 231.483.745,00
3	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	\$ 243.624.546,80
4	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE	\$ 422.775.882,00
5	SISTEMA DE DISTRIBUCION	\$ 445.805.768,00
6	CASETA CELADOR Y OTRAS OBRAS COMPLEMENTARIAS	
	VALOR TOTAL DE LOS COSTOS DIRECTOS	\$ 1.441.011.015,40
	ADMINISTRACION	\$ 331.432.534,00
	IMPREVISTOS	\$ 14.410.110,00
	UTILIDAD	\$ 57.640.441,00
	IVA SOBRE LA UTILIDAD	\$ 9.222.471,00
	TOTAL COSTOS INDIRECTOS	\$ 412.705.556,00
	TOTAL	\$ 1.853.716.571,40

Tabla 17 Presupuesto inicial y costo obras Fase III acueducto de Coyaima



CONSORCIO COYAIMA TOLIMA
CONTRATO DE OBRA No PAF-ATF-133-2015



**EJECUCIÓN CONDICIONAL EN FASES DEL PROYECTO DE OPTIMIZACION
DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA PARA EL MUNICIPIO DE
COYAIMA – DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CONTRACTUAL		PRESUPUESTO FASE III	
			CANTIDAD	VR. PARCIAL	CANTIDAD	VR. TOTAL
1	DESARENADOR			46.920.500		97.321.073,60
2	CONDUCCION			191.364.993		231.483.745,00
3	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE			176.592.771		243.624.546,80
4	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE			65.131.530		422.775.882,00
5	SISTEMA DE DISTRIBUCION			915.396.821		445.805.768,00
6	CASETA CELADOR Y OTRAS OBRAS COMPLEMENTARIAS			32.453.060		
	VALOR TOTAL DE LOS COSTOS DIRECTOS			1.427.859.675		1.441.011.015,40
	ADMINISTRACION	%	23,0%	328.407.725		331.432.534,00
	IMPREVISTOS	%	1,0%	14.278.597		14.410.110,00
	UTILIDAD	%	4,0%	57.114.387		57.640.441,00
	IVA SOBRE LA UTILIDAD	%	16,0%	9.138.302		9.222.471,00
	TOTAL COSTOS INDIRECTOS			408.939.011		412.705.556,00
	TOTAL			1.836.798.686		1.853.716.571,40