

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ACUEDUCTO EN LA VEREDA ESPERANZAS
DEL RIO MAYO DEL MUNICIPIO DE MERCADERES, EN EL DEPARTAMENTO
DEL CAUCA.**



**CORPORACION UNIVERSITARIA
AUTONOMA
DEL CAUCA**

CESAR JHONATAN ALBÁN IBARRA

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN
2019**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ACUEDUCTO EN LA VEREDA ESPERANZAS
DEL RIO MAYO DEL MUNICIPIO DE MERCADERES, EN EL DEPARTAMENTO
DEL CAUCA.**



CESAR JHONATAN ALBÁN IBARRA

**Trabajo modalidad Pasantía para optar el grado de Ingeniero Ambiental y
Sanitario**

**Director:
Ing. HERMES FERNEY ANGEL PALOMINO**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los jurados del trabajo de grado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE ACUEDUCTO EN LA VEREDA ESPERANZAS DEL RIO MAYO DEL MUNICIPIO DE MERCADERES, EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA”** Realizado por: **CESAR JHONATAN ALBÁN IBARRA**. Una vez revisado el informe final y aprobado la sustentación, autorizan para que se realicen los trámites correspondientes para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental y Sanitario.

Director de Tesis

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Popayán, 11 de diciembre de 2019

DEDICATORIA

Dedico este triunfo a mi madre Nidia Amparo Ibarra Ñañez, Quien se convirtió en ese ángel que toda persona necesita, hizo todo lo posible económica y emocionalmente para que en mi proceso no me faltara nada, trabajó muchas noches en vela para brindarme lo necesario y así suplir mis muchas necesidades de estudiante universitario, gracias a ella soy un hombre de bien, lleno de valores y principios, me brindo todo su apoyo e hizo de mi un hombre con responsabilidad capaz de alcanzar este logro. Madre, eres mi orgullo y me considero afortunado y un bendecido de Dios por tenerte como mi madre adorada.

A mi esposa Luz Ángela Urbano Ortiz, desde el inicio de mi carrera me brindo ese aliento para seguir adelante, en los días que piensas que el estudio no es para ti, en esos momentos de debilidad y dificultad siempre estuvo presente, me brindo todo su cariño y comprensión sin esperar nada a cambio, solo buscaba felicidad en mí.

A mi abuela, Tíos, primos, amigos ya que fueron un ejemplo de unión, de ellos aprendí el tener el respeto mutuo, que la unión hace la fuerza, en todo momento se preocuparon por mí y me dieron ese empujoncito para que terminara con este logro.

AGRADECIMIENTOS

Por la culminación del presente trabajo, que me permitirá optar el grado de Ingeniero Ambiental y Sanitario, quiero agradecerle principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme mucha fortaleza para continuar con mis responsabilidades de estudiante y así poder alcanzar uno de los anhelos más deseados por Mí y por mi familia.

Agradecerle a toda mi familia por tener esa unión el cual están en los momentos felices y difíciles brindando ese apoyo que necesitamos diariamente gracias a ellos he alcanzado muchos éxitos en la vida.

Agradecimientos especiales a la ingeniera civil María De Los Ángeles Castaño Ibarra y a mi tío Ruber Emiro Pérez Ruiz, quienes me brindaron su conocimiento para el desarrollo de este proyecto y estuvieron atentos en cada proceso del mismo.

A la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, por la oportunidad que me brindó, para adelantar con éxitos mis estudios Universitarios.

Agradecimientos muy especiales, a los docentes del programa Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca los cuales me guiaron y transmitieron sus conocimientos para hacer de mí, un buen Ingeniero.

Agradecimientos al ingeniero Hermes Ferney Ángel Palomino, porque con la ayuda de él fue posible el desarrollo de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	14
ABSTRAC.....	15
INTRODUCCIÓN	16
1 CAPÍTULO I: PROBLEMA	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2 JUSTIFICACIÓN	18
1.3 OBJETIVOS	21
1.3.1 Objetivo General.....	21
1.3.2 Objetivos Específicos	21
2 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1 ANTECEDENTES	22
2.2 LOCALIZACIÓN	24
2.2.1 Aspecto físico.	26
2.2.2 Aspecto económico.	26
2.2.3 Creación de la vereda Esperanzas de rio Mayo.	27
2.3 BASES TEÓRICAS	28
2.3.1 Sistema de acueducto.	28
2.3.2 Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados.	29
2.4 MARCO NORMATIVO	29
3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	30
3.1 DISEÑO DE LOS COMPONENTES.....	30
3.2 FASE 1.....	30
3.3 FASE 2.....	31
3.3.1 Levantamiento topográfico	31
3.3.2 Periodo de diseño.....	31
3.3.3 Población de diseño.	31
3.3.4 Consumo o dotación neta.....	32
3.3.5 Pérdidas de agua.....	32
3.3.6 Consumo total.....	32
3.3.7 Caudal de diseño.....	33
3.3.8 Bocatoma.	34
3.3.9 Aducción.....	41
3.3.10 Desarenador.....	47
3.3.11 Línea de conducción.....	61
3.3.12 Tanque de almacenamiento.....	68

3.4	FASE 3.....	75
4	CAPITULO IV. RESULTADOS.....	76
4.1	FASE 1.....	76
4.2	FASE 2.....	77
	Caudal de diseño.....	78
4.2.1	Bocatoma.....	79
4.2.2	Aducción.....	84
4.2.3	Desarenador.....	89
4.2.4	Línea de conducción.....	98
4.2.5	Tanque de almacenamiento.....	104
4.3	FASE 3.....	107
5	CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
5.1	CONCLUSIONES.....	109
5.2	RECOMENDACIONES.....	110
	BIBLIOGRAFÍA.....	112
	ANEXOS.....	115

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Componentes de un sistema de acueducto.	29
Tabla 2. Normatividad para el diseño de un acueducto.	29
Tabla 3. Dotación neta máxima por habitantes según la altura sobre el nivel del mar	32
Tabla 4. Factor de mayoración en Colombia K2.	33
Tabla 5. Cotas bocatoma.	41
Tabla 6. Coeficiente de rugosidad de Manning.	43
Tabla 7. Relaciones hidráulicas para conductos circulares.	44
Tabla 8. Cotas aducción.	46
Tabla 9. Cotas desarenador.	61
Tabla 10. Perfil de la conducción.	62
Tabla 11. Selección del codo según la suma o diferencia de pendientes.	63
Tabla 12. Relación de módulos de elasticidad del agua y del material de la tubería	67
Tabla 13. Suministro por gravedad o bombeo continuo las 24 horas.	70
Tabla 14. Constante de la capacidad del tanque de almacenamiento.	72
Tabla 15. Cotas del tanque.	74
Tabla 16. Coordenadas de estructuras.	77
Tabla 8. Cotas aducción.	89
Tabla 17. Accesorios de tubería de desagüe desarenador.	97
Tabla 18. Accesorios en conducción.	101
Tabla 19. Abscisas de válvulas de control.	102
Tabla 20. Presión total en válvulas.	103
Tabla 21. Accesorios en conducción de desagüe del tanque de almacenamiento.	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del municipio de Mercaderes, Cauca.	25
Figura 2. Visita técnica	30
Figura 3. Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes	59
Figura 4. Coeficiente de pérdidas.....	65
Figura 5. Esquema general del nuevo acueducto de la vereda Esperanzas Del Rio Mayo.	108

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Crecimiento geométrico.....	31
Ecuación 2. Porcentaje de pérdida.....	32
Ecuación 3. Consumo total.....	32
Ecuación 4. Caudal medio diario (cmd).....	33
Ecuación 5. Caudal Máximo Diario.	33
Ecuación 6. Caudal máximo horario.....	33
Ecuación 7. Caudal de diseño.....	34
Ecuación 8. Altura de la lámina de agua sobre la presa.	34
Ecuación 9. Corrección para contracciones laterales.....	34
Ecuación 10. Velocidad del río sobre la rejilla.	35
Ecuación 11. Ancho del canal de aducción.....	35
Ecuación 12. Área neta.	36
Ecuación 13. Longitud de la rejilla.....	36
Ecuación 14. Orificios.....	36
Ecuación 15. Nivel del agua, aguas abajo (h_e).....	37
Ecuación 16. Nivel del agua, aguas arriba (h_0).	37
Ecuación 17. Profundidad aguas arriba	37
Ecuación 18. Profundidad aguas abajo.....	37
Ecuación 19. Velocidad de llegada a la cámara de derivación.....	38
Ecuación 20. Ancho de la cámara de derivación.....	38
Ecuación 21. Altura de la lámina de agua.	38
Ecuación 22. Lámina de agua media.	39
Ecuación 23. Altura de muros.	39
Ecuación 24. Caudal captado.....	39
Ecuación 25. Caudal de excesos.	39
Ecuación 26. Altura de lámina de excesos.....	40
Ecuación 27. Velocidad sobre el vertedero de excesos.	40
Ecuación 28. Largo de cámara de excesos.	40

Ecuación 29. Pendiente	42
Ecuación 30. Modelo de Manning.	43
Ecuación 31. Calculo del diámetro.	43
Ecuación 32. Cálculo del caudal a tubo lleno (Q_0).	43
Ecuación 33. Velocidad a tubo lleno (V_0 (m/s)).	44
Ecuación 34. Radio hidráulico a tubo lleno (R_0 (m)).	44
Ecuación 35. Relación de caudales (x (m ³ /s)).	44
Ecuación 36. Velocidad real.	45
Ecuación 37. Altura de la lámina de agua.	45
Ecuación 38. Radio hidráulico de la sección de flujo R.	45
Ecuación 39. Esfuerzo cortante.	45
Ecuación 40. Pérdidas en la aducción.	46
Ecuación 41. Velocidad de sedimentación ley de Stokes (V_s)	48
Ecuación 42. Periodo de retención.	48
Ecuación 43. Volumen útil (m ³).	48
Ecuación 44. Área superficial (A_s)	49
Ecuación 45. Ancho desarenador (B (m)).	49
Ecuación 46. Largo de desarenador.	49
Ecuación 47. Carga hidráulica superficial (q)	49
Ecuación 48. Ley de Stokes.	50
Ecuación 49. Velocidad horizontal.	50
Ecuación 50. Chequeo de velocidad horizontal.	51
Ecuación 51. Velocidad horizontal máxima (V_h Max (m/s)).	51
Ecuación 52. Velocidad de resuspensión.	51
Ecuación 53. Periodo de retención hidráulico.	52
Ecuación 54. Carga hidráulica superficial (q)	52
Ecuación 55. Caudal de operación en el año futuro.	52
Ecuación 56. Periodo de retención hidráulico.	53
Ecuación 57. Carga hidráulica superficial (q)	53
Ecuación 58. Altura de la lámina de agua (H_v (m)).	53

Ecuación 59. Velocidad en vertedero de salida. (V_v (m/s)).....	54
Ecuación 60. Alcance vena vertiente.	54
Ecuación 61. Profundidad pantalla de salida.....	54
Ecuación 62. Distancia a vertedero de salida (L_v (m)).....	54
Ecuación 63. Profundidad de pantalla de entrada.....	54
Ecuación 64. Distancia cámara de quietamiento (L_a (m)).....	54
Ecuación 65. Altura Máxima de zona de lodos (HL Max (m)).....	55
Ecuación 66. pendiente de lodos 1 ($L/3$).	55
Ecuación 67. Pendiente de lodos 2 ($2L/3$).....	55
Ecuación 68. Ecuación 66 pendiente de lodos 3 (B).	55
Ecuación 69. Profundidad.	56
Ecuación 70. Ancho (B).....	56
Ecuación 71. Caudal de excesos.	56
Ecuación 72. Altura de la lámina de agua sobre el vertedero de rebose.	56
Ecuación 73. Velocidad de excesos (V_{exc}).	56
Ecuación 74. Largo de excesos.	56
Ecuación 75. Largo de excesos.	57
Ecuación 76. Pérdidas de energía.	57
Ecuación 77. Pérdidas	57
Ecuación 78. Pérdidas	58
Ecuación 79. Altura disponible en excesos.	58
Ecuación 80. gradiente hidráulico (T).....	58
Ecuación 81. Caudal inicial (Q_i)	59
Ecuación 82. Velocidad en tubería de desagüe.	59
Ecuación 83. Coeficiente de descarga.	60
Ecuación 84. Tiempo de vaciado.	60
Ecuación 85. Longitud real.....	62
Ecuación 86. Pendiente	63
Ecuación 87. Presión estática máxima.....	63
Ecuación 88. Presión de diseño.....	63

Ecuación 89. Diámetro de tubería de conducción.....	64
Ecuación 90. Pérdidas.....	64
Ecuación 91. Sumatoria de pérdidas.....	65
Ecuación 92. Carga hidráulica disponible corregida.....	66
Ecuación 93. Celeridad de la onda.....	67
Ecuación 94. Fase de la tubería.....	67
Ecuación 95. Sobrepresión.....	67
Ecuación 96. Presión estática sobre la válvula.....	67
Ecuación 97. Presión disponible golpe de ariete.....	68
Ecuación 98. Tiempo de cierre de la válvula.....	68
Ecuación 99. Volumen del tanque.....	71
Ecuación 100. Altura del tanque de almacenamiento.....	72
Ecuación 101. Ancho y largo del tanque.....	72
Ecuación 102. Altura de regulación.....	73
Ecuación 103. Gradiente hidráulico.....	73
Ecuación 104. Caudal inicial.....	73
Ecuación 105. Coeficiente de descarga.....	73
Ecuación 106. Tiempo de vaciado.....	74

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño de los componentes de un sistema de abastecimiento de agua para la vereda de Esperanzas de río Mayo del municipio de Mercaderes – Cauca, el cual consta de una serie de infraestructuras como son: bocatoma, aducción, desarenador, línea de conducción y tanque de almacenamiento, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los habitantes de este sector, debido a que en la actualidad, el servicio de agua no es suficiente.

La quebrada “El Pinche” es la fuente de abastecimiento en donde la comunidad residente en la vereda Esperanzas de río Mayo toma el agua para sus quehaceres diarios. En un principio cuando se realizó el acueducto actual la cantidad de agua captada por la bocatoma era suficiente para toda la población; pero con el pasar del tiempo por la falta de concientización de los habitantes, el deterioro de la flora y fauna son visibles ya que alrededor de la bocatoma han optado por realizar talas indiscriminadas y aguas arriba de la captación, han situado mangueras para el riego de los cultivos aledaños a la quebrada, esto hace que el sistema de acueducto sea insuficiente, dejando sin agua a la mayoría de los habitantes de esta comunidad.

ABSTRAC

The present project is aimed at the design of an aqueduct for the path of Esperanzas de Rio Mayo in the municipality of Mercaderes - Cauca, which consists of a sequence of infrastructures such as: intake, adduction, desarenador, line of conduction and tank of storage. In order to improve the quality of life of the inhabitants, because the water service is not enough for the different events that occur in this region.

The "El Pinche" stream is where the resident community in the Esperanzas de Rio Mayo village can get water for their chores. At the beginning when the current aqueduct was carried out, the amount of water collected by the intake was sufficient for the entire population, but over time due to the lack of awareness among the inhabitants, the deterioration of the flora and fauna are visible because around the bocatoma have chosen to carry out indiscriminate logging and upstream of the catchment, they have located hoses for the irrigation of the crops bordering the creek, which render the aqueduct system inoperative, leaving the rest of the inhabitants of the community without water.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se efectuará el diseño parcial de un sistema de acueducto veredal que posibilite solucionar el problema de abastecimiento de agua, con unas condiciones mínimas de salubridad para los habitantes de la vereda Esperanzas de Rio Mayo, del municipio de Mercaderes Cauca. Éste se llevará a cabo por medio del diseño de algunos componentes de un sistema de acueducto, como lo son: bocatoma, aducción, desarenador, línea de conducción y tanque de almacenamiento. El trabajo se desarrollará teniendo en cuenta la facilidad de acceso al terreno donde se proyectará la estructura de captación de agua y su fácil distribución por gravedad hasta la población beneficiaria.

Para la elaboración de este proyecto, se tendrá en cuenta a la comunidad a través de diversas reuniones de concertación, con el fin de que el proyecto se ajuste a sus necesidades, requerimientos y que posea la legitimidad y la legalidad requeridas.

De igual forma se tendrán en cuenta los estudios adelantados por la alcaldía municipal de Mercaderes Cauca, a través de la Secretaria de Planeación y de Obras Públicas Municipales, los cuales reposan en sus archivos. En ella se encuentran los estudios topográficos en planta y perfil de la nueva línea de conducción del proyecto de Sistema de Acueducto de la vereda Esperanzas del Rio Mayo, así como de las coordenadas y la localización de las siguientes estructuras: bocatoma, desarenador y tanque de almacenamiento.

A continuación, en cada capítulo se efectúa el desarrollo del proyecto, iniciando por el planteamiento del problema, planteando la posible solución y los resultados.

CAPÍTULO I: PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El recurso hídrico juega un papel muy importante en nuestra vida personal, laboral y económica, debido a que es la materia prima más importante para la vida del ser humano, por lo tanto, es obligación del Estado brindar un servicio digno y funcional para el aprovisionamiento de agua potable, a través de un sistema de acueducto, el cual debe cumplir con los estándares de calidad necesarios para el bienestar y la salud de la población.

Existe un sin número de ciudades, pueblos y veredas que no cuentan con un acueducto para suplir esta importante necesidad básica, en muchas ocasiones este problema no es por carecer de una fuente hídrica, sino que se debe a políticas erróneas del Estado, para dotar de este importante recurso natural a sus gentes.

La vereda Esperanzas de Rio Mayo perteneciente al municipio de Mercaderes, departamento del Cauca, tiene a su disposición un sistema de acueducto veredal construido en el año 1995; en el año 2011 el inspector de saneamiento ambiental Alfredo Omar Tello, realizo un informe detallado de este acueducto, sus resultados fueron los siguientes: Las diferentes partes de la estructura de la bocatoma están muy deterioradas, además de encontrarse mal diseñadas, aparte de esto, aguas arriba de la bocatoma hay muchas conexiones para riego de cultivos lo que ocasiona que la quebrada “El Pinche” disminuya su caudal, esto ocasiona que la bocatoma cuente con un caudal insuficiente para abastecer a la población. Además, el tiempo de retención del agua en el desarenador es de 4 minutos, debido a que su capacidad actual, tiempo que es muy pequeño e inferior al requerido según la normatividad vigente, para la retención de partículas. El periodo de retención requerido es como mínimo de 20 minutos, lo que permitiría remover partículas de 0,1 mm que lo que exige la normatividad actual para un sedimentador primario. La compuerta de lavado se encuentra sin volante y cuando se colmata se sella totalmente, lo que ocasiona que los sedimentos se deben evacuar manualmente.

La línea de conducción no cuenta con las especificaciones requeridas, ya que en muchos tramos la tubería fue reemplazada por una manguera, además, en varios sectores no cumple con la profundidad a la cual debe estar bajo la superficie o se encuentra a la intemperie, lo que ha generado gran desgaste y rupturas, se suma a estos problemas el hecho de que el terreno por donde pasa la conducción es muy escarpado y peligroso, lo que no permite el fácil acceso al personal de mantenimiento.

La sumatoria de todos estos factores negativos, ocasiona que el actual sistema de acueducto opere irregularmente, haciendo que el servicio de agua sea intermitente y en muchas ocasiones nulo, dejando sin la prestación de este vital servicio a toda la población de esta vereda caucana.

El inspector ambiental, Alfredo Tello (2011), concluye en su informe técnico llamado "CIUDADELA LA ESPERANZAS DEL MAYO" que el acueducto de la Vereda Esperanzas Del Rio Mayo, está en muy mal estado, que cumplió con su vida útil y que se debe diseñar un nuevo sistema acueducto en un lugar aguas arriba, en el cual la quebrada "El Pinche" no tenga conexiones para riego de cultivos, además el terreno debe ser de fácil acceso para su construcción y mantenimiento.

Debido a la falta del agua, la población opta por abastecerse de acuíferos cercanos, lo cual ocasiona que el agua consumida no cuente con los estándares de calidad, ocasionando problemas de salud en la población, sobre todo en los más vulnerables como son los niños y ancianos, que en muchas ocasiones les ha causado la muerte. También ha provocado gran deserción escolar, muchos de los niños han dejado de asistir a escuelas y al colegio debido a que se ocupan en acarrear el agua a sus hogares.

Muchas microempresas han dejado de funcionar por la falta de este recurso, puesto que es la materia prima para la fabricación de sus productos, todo esto ha provocado un deterioro a nivel económico, social y ambiental, dejando en estado de vulnerabilidad a toda la población.

Por tales razones, la pregunta problema formulada es:

¿Cómo mejorar las condiciones de abastecimiento de agua de la vereda Esperanzas del Rio Mayo, del municipio de Mercaderes - Cauca?

1.2 JUSTIFICACIÓN

La comunidad de la vereda Esperanzas del Rio Mayo cuenta con un sistema de acueducto veredal construido hace 24 años, por tanto, ha cumplido con su vida útil, actualmente no cuenta con los requerimientos técnicos que no permiten cumplir con estándares de calidad para abastecer de agua a la población, las principales causas de esta problemática son las siguientes:

- El sistema actual es impactado negativamente ya que el caudal de la quebrada "El Pinche" que abastece directamente a la bocatoma, presenta a lo largo de su cauce innumerables conexiones de mangueras que se utilizan para el riego de cultivos, disminuyendo ostensiblemente su caudal y, por consiguiente, la

captación del líquido en la bocatoma, por lo tanto, se requiere su reubicación, la cual debe reubicarse en algún punto aguas arriba, de tal manera que se evite la conexión de mangueras para el riego de cultivos.

- Debido a la edad actual de la bocatoma y al consecuente deterioro debido a la inclemencia del tiempo, hacen que su vida útil haya caducado y hoy presente graves problemas como: fisuras, erosión y daños físicos.
- El desarenador, al igual que la bocatoma cumplió su vida útil, además presenta fallas de diseño, esto ha generado que el tiempo de retención no cumpla con la eficiencia en la retención de partículas presentes en el agua.
- La línea de conducción al encontrarse construida en terrenos escarpados, posee una topografía con altas pendientes y de muy difícil acceso para su instalación, por tanto, en el diseño anterior se optó por la colocación de anclajes y viaductos en algunos tramos, que en muchas ocasiones sufren daños, roturas y averías, provocadas por deslizamientos de rocas, con la afectación directa del actual sistema y del medio ambiente. Al ser de difícil acceso, los operarios realizan mantenimientos artesanales como cambios de la tubería afectada por mangueras y en muchos casos, es notorio que no se ha realizado ninguna clase de mantenimiento, además, la tubería ya cumplió con su vida útil, lo que se evidencia debido a su actual deterioro.

El objetivo de cualquier proyecto debe ser el de encontrar soluciones eficientes a las diferentes problemáticas que ocurren en la comunidad, para así poder generar soluciones con el fin de mejorar la calidad de vida en la población, utilizando los conocimientos técnicos y científicos en beneficio de ella.

La Dirección General de la UNESCO, Bokova (2010), cataloga el agua “como parte fundamental para la vida en la tierra, para que los grupos humanos y los ecosistemas puedan prosperar” (p.5). En vista de ello, la Alcaldía Municipal De Mercaderes Cauca optó por realizar un nuevo diseño de un Sistema de Acueducto en la vereda Esperanzas del Rio Mayo, de este sistema se beneficiaran actualmente 400 habitantes que en 25 años, según la proyección esta población se incrementará hasta 657 habitantes, dato suministrado y certificado por el secretario de planeación del municipio, el trabajo se desarrolla con base en la problemática presentada y garantiza que la comunidad cuente con una total eficiencia y cobertura del servicio de agua.

El sistema de acueducto propuesto está conformado por los diversos componentes necesarios para su adecuado funcionamiento y que en el presente trabajo se diseñarán algunas de ellas, específicamente: bocatoma, aducción, desarenador, línea de conducción de 3,3 km de línea de conducción y un tanque de almacenamiento.

Para el cálculo, diseño y desarrollo de este proyecto se tendrán en cuenta los criterios exigidos por la resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000, la cual es exigida en Colombia para el diseño y construcción de acueductos y saneamiento básico.

El resultado del diseño de los anteriores componentes es el trabajo que se presenta como proyecto de grado. Estos estudios y diseños están sustentados y se basan estrictamente en diversos estudios técnicos que fueron realizados con anterioridad por la Alcaldía Municipal de Mercaderes, Cauca. Para la corroboración de lo afirmado anteriormente, se anexa la certificación de los documentos y archivos existentes en la Secretaria de Planeación Municipal, a saber:

- Certificación del Jefe de Planeación del levantamiento topográfico efectuado para la realización del diseño del Acueducto de la vereda Esperanzas del Rio Mayo, con las coordenadas para la ubicación de los componentes: Bocatoma, aducción, desarenador, línea de conducción y tanque de almacenamiento.

En la vereda Esperanzas del Rio Mayo sus habitantes se dedican entre otras labores, a la siembra de productos agrícolas como cultivos de pan coger, frutas, verduras y legumbres que permiten sostener la canasta familiar, contando para ello con la tierra apta para el cultivo de diversos sistemas de producción, de igual manera, optan por la cría de aves de corral, cerdos y otras especies menores para el consumo humano, por tanto, al solucionar la necesidad del acueducto en sus hogares, permitirá atender otras necesidades de índole agropecuario. Posibilitando la tenencia del líquido de manera constante en sus fincas como sistemas mínimos de riego, donde racionalizando, implementando y aplicando técnicas de uso y ahorro eficiente del agua, podría generar que los agricultores extiendan su productividad. Esto puede permitir, cosechas a salvo y mediante un sistema de cultivos escalonados, las familias mantendrán el alimento diario y durante todos los meses, de tal manera que sean soporte alimentario y nutricional constante y sostenible.

Al contar con la plena cobertura en el suministro de agua en sus fincas, y la continuidad en la prestación de éste servicio, la población veredal se verá beneficiada, por la implementación y ejecución de este proyecto, mejorando en gran porcentaje su nivel económico-social y ambiental, ya que se ofertará empleo a la población, lo cual garantizará un mejor desarrollo y calidad de vida a la vez que se disminuirán los índices de morbilidad y mortalidad, que están asociados con la calidad del agua y el saneamiento básico, además, los niños acarreadores de agua recuperarán este tiempo, y podrán asistir normalmente a sus clases, por otra parte, los adultos podrán realizar otras actividades para la generación de ingresos.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar un sistema de acueducto en la vereda Esperanzas del Rio Mayo del municipio de Mercaderes, en el departamento del Cauca.

Objetivos Específicos

- Determinar las especificaciones hidráulicas del sistema de conducción y aducción para un sistema de acueducto de la vereda Esperanzas Del Rio Mayo.
- Definir el diseño de las estructuras de captación, desarenador y tanque de almacenamiento.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

El agua es la fuente de vida de una sociedad, garantiza desarrollo económico, social y ambiental. Por lo que es muy importante tenerla disponible en viviendas, industrias, hospitales, colegios y demás por medio de un sistema de abastecimiento, que sea eficiente y sostenible en el tiempo.

Un sistema de abastecimiento es aquel que recoge el agua desde la fuente de captación, que puede ser una naciente u ojo de agua; un pozo o un río y la lleva, a través de tuberías, a cada una de las viviendas o hacia una fuente de uso público. Las fuentes públicas tienen como propósito abastecer a aquellas personas que no tienen agua en su casa (Sanabria, A., 2010, p.5).

Sin embargo, hay muchos municipios que no cuentan con acueductos o sus acueductos se encuentran en muy mal estado, es decir, culminaron su vida útil, por ello, es indispensable que estos municipios incorporen en sus planes de desarrollo, en sus programas y proyectos recursos suficientes, que permitan renovar o realizar por primera vez, el sistema de captación y distribución para llevar el servicio de acueducto a toda la población (UNICEF – Colombia, Procuraduría General de la Nación (s.f.). p.58).

El Departamento del Cauca dispone de una cobertura del 66% en sistemas de servicio de abastecimiento de agua; sólo Popayán cuenta con un sistema de abastecimiento de agua que se puede considerar aceptable cubriendo el 94.8% de su población, otros municipios con altos niveles de cobertura en el servicio de acueducto están ubicados en la región norte como Puerto Tejada con 96.1%, Padilla con 93%, Villa Rica con 80.4%. Algunas cabeceras municipales presentan problemas tanto en continuidad del servicio, como en la calidad del agua suministrada teniendo aun altas coberturas como Patía con 84.6%, Timbío con 88.5% y otros con tasas de cobertura realmente preocupantes como Inzá 14%, Piamonte 7%, Argelia 5%, Guapi 17.2%. (“Análisis de vulnerabilidad e implementación de alertas tempranas para sistemas de abastecimiento de agua en el departamento del Cauca – AQUARISC” SGR – FCT el Cauca).

La cobertura del sistema de acueductos en el Municipio de Mercaderes, es del 41.7%, catalogando en buen estado la infraestructura de las veredas de El Pilón, El Cocal (sin desarenador), Villamaria, Villanueva, La Monja y Guasayaco. El servicio es deficiente por caudal insuficiente en las veredas de Villamaria y Los Planes, El Pilón y Mojarras, las veredas que no cuentan con este sistema de abastecimiento de agua son Ganaplata, El Caney, Matacea, por encontrarse en la franja de la Panamericana y cuyo nivel es superior al nivel del Río Patía. En los

acueductos de San Joaquín y Tablones Bajos hay fallas continuas de funcionamiento, por cuanto la presión del agua rompe la tubería.

En los sistemas de acueducto existentes en el municipio de Mercaderes se ha optado en su mayoría por traer agua de afluentes de Florencia y Nariño, ya que en la región el recurso hídrico es escaso o se encuentra su cauce a un nivel muy inferior, lo que genera gastos elevados por necesidad del bombeo del agua, de las treinta y cinco comunidades que cuentan con acueducto, quince tienen bocatoma en buen estado, dos en regular estado, dos en mal estado y quince no tienen esta estructura por cuanto doce dependen de la bocatoma de Mercaderes, dos del sistema de acueducto de Esmeraldas, una de Mojarras y la de La Playa no cuenta con una bocatoma técnicamente diseñada.

Los desarenadores se construyeron con capacidades que oscilan entre uno y veinte metros cúbicos, son de tipo convencional, con cámaras de sedimentación, en concreto reforzado. De los desarenadores existentes en los acueductos del municipio, dieciséis están en buen estado, uno en mal estado y ocho no cuentan con esta estructura por una situación similar a que se presenta en las bocatomas y tres sistemas no cuentan con este sistema de sedimentación, los acueductos de El Cocal, San Juanito y La Despensa.

En cuanto a su capacidad o volumen, los tanques de almacenamiento oscilan entre 1000 y 25000 litros. De los 35 existentes, 21 se encuentran en buen o regular estado y 14 no cuentan con esta estructura.

El diámetro de las tuberías de las líneas de conducción existentes, oscilan entre 1" y 8" en materiales de PVC, asbesto-cemento y manguera, con longitudes que oscilan entre 1 y 20 km; 23 acueductos tienen línea de conducción en buen estado (PVC y sin fugas), 6 en regular estado (combinación de PVC, asbesto-cemento), ya que presentan pequeñas fugas, 3 se encuentran en mal estado (construidos con manguera las cuales presentan fugas continuas) y 3 que no presentan línea de conducción, como son San Juanito, La Despensa y Los Alpes.

Las líneas de distribución en su mayoría son en PVC de ½", de las cuales 24 están en buen estado en (PVC y sin fugas), 6 en regular estado (PVC con fugas), 1 en mal estado (manguera con fugas) y 4 que no cuentan con este servicio.

El acueducto de la Cabecera Municipal de Mercaderes es el único que cuenta con una planta de tratamiento convencional con un sistema de tratamiento que utiliza hipoclorito de calcio, favoreciendo a las comunidades ubicadas y conectadas aguas abajo de este sistema. Los restantes acueductos no cuentan con ningún tipo de tratamiento, lo cual incrementa las tasas de morbimortalidad. (Plan de Desarrollo de Mercaderes Cauca 2012 – 2015).

El acueducto de la vereda esperanzas del rio mayo fue construido en el año 1995, CORPONARIÑO otorgo en su debida época una concesión de 12 l/s, y que en el año 2009 le rebajaron a 6 l/s. En el año 2011 el inspector ambiental Alfredo Omar Tello realizo un informe técnico de este acueducto en donde describe claramente las falencias que presenta las estructuras, la bocatoma no presenta retenedor de hojas lo que ocasiona que en muy poco tiempo se tape la rejilla, además no hay coladera en la tubería de entrada por lo que pasa material en suspensión, la captación a la salida del cono o dique no posee ningún sistema de disipación de energía por lo que la estructura se socava, el estado y la operación de la captación es defectuosa. El periodo de retención del desarenador es de 4 minutos lo que no permite la retención de arenas por ser un tiempo muy bajo y no cumple con la normatividad vigente de 20 minutos, la tubería de lavado está instalada en 4" PVC, la compuerta de lavado se encuentra sin volante y cuando se colmata el desarenador se sella totalmente, siendo imposible accionarla, además el material sedimentable ocupa una altura superior a un metro y el material sedimentado se retira de modo manual, por lo descrito anteriormente la operación de desarenador es totalmente defectuosa y no permite hacer retención de material particulado que es la función para la cual se diseñó. Las conclusiones del inspector es que por las irregularidades descritas el acueducto puede colapsar en cualquier momento además el sitio por donde pasa la conducción es susceptibles a derrumbes, la quebrada presenta crecientes en épocas de invierno y puede ocasionar destrucción parcial de la bocatoma sumados todos estos problemas la solución es un nuevo acueducto en donde el terreno por donde pase la conducción debe ser más estable y accesible para desarrollar trabajos de construcción y mantenimiento del mismo.(Informe técnico Ciudadela Esperanzas Del Rio Mayo)

El Municipio de Mercaderes debe trazarse la meta de ampliación de cobertura de suministro de agua de buena calidad a través de proyectos que encajen en un plan de agua potable del Departamento y a su vez en programas sobre usos del agua a nivel Nacional, que permitan gestionar los recursos necesarios para garantizar un servicio pleno, eficiente y confiable de este preciado líquido, que permita mejorar el bienestar de la población y elevar la producción y productividad agrícola y de las diferentes actividades económicas y sociales del municipio; (EOT, Esquema de Ordenamiento Territorial, Mercaderes, Cauca)

2.2 LOCALIZACIÓN

La Vereda Esperanzas de rio Mayo está ubicada dentro del corregimiento de San Juanito, municipio de Mercaderes, Departamento del Cauca en Colombia.



Figura 1. Ubicación del municipio de Mercaderes, Cauca.

El municipio de Mercaderes Cauca conocido como la capital maicera de Colombia, está situado al sur occidente del departamento del Cauca a una altitud de 1167 metros sobre el nivel del mar con una temperatura promedio de 22°C y una extensión territorial de 641,09 kilómetros cuadrados y una superficie de 88200 hectáreas, con una densidad poblacional de 353 habitantes por kilómetro cuadrado.

El municipio, limita al Norte con el municipio de Patía, al Occidente con los municipios de Leiva y El Rosario del departamento de Nariño, al Sur con los municipios de Taminango y La Unión del departamento de Nariño, al Oriente con el municipio de Bolívar y al Sur oriente con el municipio de Florencia Cauca.

El municipio de Mercaderes se divide políticamente en zona urbana y zona rural. La zona urbana está dividida en 21 barrios y la zona rural cuenta con un total de ocho corregimientos: Arboledas, Carbonero, San Juanito, San Joaquín, Esmeraldas, Cajamarca, Mojarras y el Corregimiento Especial, que son unidades territoriales compuestas por 63 veredas los cuales se encuentran aprobados mediante acuerdo del Concejo Municipal y la debida sanción de la Alcaldía Municipal.

El Corregimiento de San Juanito, se localiza al Sur occidente del municipio, y está conformado por las veredas de Pueblo Nuevo, Alto de Mayo, Esperanzas de rio Mayo, La Despensa, Buenos Aires y cabecera Corregimental. Limita al:

NORTE: Con los corregimientos de Mojarras y Carbonero

ORIENTE: Con los Corregimiento de Arboledas y Carbonero

SUR: Con el Departamento de Nariño, (Rio Mayo)

OCCIDENTE: Con el Departamento de Nariño, (Río Patía)

Por el municipio de Mercaderes, recorren los siguientes ríos: Patía, Sambingo, Mayo que delimita al municipio con el departamento de Nariño, San Jorge, Hato Viejo y Patanguejo (Plan de Desarrollo del municipio de mercaderes cauca 2012-2015).

2.2.1 Aspecto físico.

En el aspecto físico la mayor parte de su territorio es montañoso, sin embargo también cuenta con extensas zonas planas. Esta tierra de gran producción maicera, goza de varios pisos térmicos entre ellos el cálido y el medio, los cuales están distribuidos en distintas zonas de los ríos Mayo, Patanguejo, Patía, San Jorge y Sambingo, además algunas corrientes menores.

Dentro del Corregimiento de San Juanito se encuentran las quebradas: Hueco Lindo, La Despensa. Los Arroyos: La Arada ubicada en San Juanito, La Cristalina ubicada en la vereda la Despensa, Alto de Mayo ubicada en la vereda Alto de Mayo, Agua seca ubicada en la vereda Buenos Aires, Pan de Azúcar ubicada en la vereda San Juanito y otros dos arroyos en Pueblo Nuevo (Plan de Desarrollo del municipio de mercaderes cauca 2012-2015).

2.2.2 Aspecto económico.

Las actividades económicas que generan empleo en el municipio de Mercaderes Cauca son:

Agricultura 43%

Ganadería 22%

Comercio 10%

Empleados del Municipio 5%

Desempleados 20% (Secretaria De Agricultura y Medio Ambiente Municipal, 2012).

La base de la economía del municipio está representada en el sector agropecuario, fomentando empleo, convirtiendo la agricultura en una actividad de soporte en lo relacionado a la consecución de recursos económicos, así como también al renglón de la canasta familiar de la población. Los cultivos más sobresalientes son el maíz, café, cacao, caña panelera, yuca, plátano, cítricos, frutales, maní, frijol y otros. Otros renglones económicos importantes son los recursos generados por las explotaciones pecuarias como la ganadería y las especies menores. De igual manera, la minería artesanal permite mantener un intercambio comercial con los otros municipios aledaños del sur del Cauca y norte de Nariño; igualmente al contar con diversidad climática, ha permitido la presencia de muchos visitantes, lo cual viene generando un nuevo renglón económico como lo es el turismo. La economía de este municipio es muy compleja, la diversidad

cultural, el componente geográfico y otros factores facilitadores, hacen de este municipio un espacio habilitado para que la población encuentre espacios que permitan la productividad (Plan de Desarrollo del municipio de mercaderes cauca 2012-2015).

2.2.3 Creación de la vereda Esperanzas de rio Mayo.

La vereda Esperanzas de rio Mayo nació de una reunión en la que participaron el señor Roberto Mora Rosa y la comunidad de El Alto de Mayo, durante la cual el señor Roberto preguntó “porque no vivían al lado de la carretera Panamericana” ya que en Altos de Mayo no había condiciones de salud de ninguna naturaleza, ni carretera, ni agua, se abastecían de una pila y debían transportar el agua hasta las casas, no había energía eléctrica, la escuela estaba atendida por un maestro que asistía de dos a tres días por semana, el paisaje tenía características de desierto dada la alta deforestación, el análisis de necesidades básicas insatisfechas (NBI) era del 95% con condiciones de miseria. La comunidad respondió que el municipio no contaba con recursos económicos, ni tampoco alcaldes que se hicieran cargo de un proyecto para esa comunidad.

Dadas las condiciones económicas del planificador Mora Rosas, manifiesta su interés para comprometerse a asesorar un proyecto que pueda solucionar los problemas existentes.

Por su parte, la comunidad involucrada, localiza a los propietarios de una finca que vendía el zootecnista Hernán Ojeda y el Dr. Rodrigo Yépez; se forma la sociedad de hecho CODEVISA, que compró el predio Caña Brava con una extensión de 320 Ha, de las cuales 40 son planas y se montó la estrategia de formular un proyecto de reubicación de los habitantes de Alto de Mayo, San Juanito y otras localidades, justificando por la inviabilidad técnica y económica para dotar de servicios públicos las localidades habitadas.

El proyecto que en primera etapa contempla un lote de 208 unidades y en su segunda etapa 200 viviendas que fue presentado al municipio de Mercaderes – Cauca, cuya alcaldesa lo apoyó, posteriormente se formula un proyecto integral de reubicación, el cual contenía el proyecto de acueducto, energía eléctrica, vivienda, reforestación, generación de empleo, que fue presentado al Ministerio de Agricultura – Programa Vivir Mejor – para el caso de las viviendas en el que se consiguió \$420 millones para vivienda. Aquí nace la idea del acueducto ya que, por la necesidad se explora la quebrada “El Pinche” y se tiene conocimiento de la existencia de un trazado contratado por el anterior dueño Hernán Ojeda, quien en 1995 les entregó dicho estudio.

Para la energía eléctrica se presentó al fondo DRI y fue aprobado por \$200'000.000 cuyo contrato realizado por la Alcaldía Municipal fue ejecutado por el ingeniero electricista Jairo Castro.

El urbanismo fracasó porque no se terminó ninguna vivienda, los propietarios han realizado las mejoras correspondientes y han habilitado las construcciones, el diseño de las viviendas de interés social corresponde a 5 metros de ancho por 6 metros de largo. (Informe técnico Ciudadela Esperanzas Del Rio Mayo)
Fuente de abastecimiento de agua.

La fuente para el suministro de agua se localiza en la Vereda Rio Grande del municipio de El Rosario, Nariño, constituida por la quebrada “El Pinche”, que tiene un cauce caudaloso y abrupto con velocidades que varían desde 3,5 m/seg y 5 m/seg. . (Informe técnico Ciudadela Esperanzas Del Rio Mayo)

Legalización del uso del agua.

CORPONARIÑO otorgó en su debida época una concesión de agua por 12 l/s. en el año 1988 y fue modificada en el 2009 de acuerdo con la Resolución 00645 de 2009 de CORPONARIÑO. (Informe técnico Ciudadela Esperanzas Del Rio Mayo)
En el año 2016 tuvo otra renovación por parte de CORPONARIÑO permitiendo una concesión de 2,48 litros / segundo de acuerdo a la resolución 00065 de 2016.

2.3 BASES TEÓRICAS

2.3.1 Sistema de acueducto.

Para el diseño de un acueducto es necesario tener en cuenta, la resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000, Título B:

OBJETO. El presente capítulo del Reglamento Técnico tiene por objeto señalar los requisitos, parámetros y procedimientos técnicos mínimos que obligatoriamente deben reunir los diferentes procesos involucrados en la concepción, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de que garanticen su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado (Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017, capítulo A11, p. A43).

El presente Título incluye el cálculo de la demanda de agua, las fuentes de abastecimiento, las captaciones de agua superficial y subterránea, las aducciones y conducciones, las redes de distribución, las estaciones de bombeo de agua cruda y agua tratada, los tanques de almacenamiento y compensación que forman parte de los sistemas de acueducto (Colombia, Min. De Desarrollo Económico, título B, p.7)

En la siguiente tabla se verán reflejados los componentes necesarios de acuerdo a la resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000.

Tabla 1. Componentes de un sistema de acueducto.

Componentes	Capitulo
Aspectos generales de los sistemas de acueducto	B1
Demanda de agua	B2
Fuente de abastecimiento de agua	B3
Captaciones de agua superficial	B4
Captaciones de agua subterránea	B5
Aducciones y conducciones	B6
Redes de distribución	B7
Estaciones de bombeo	B8
Tanques de almacenamiento y compensación	B9

Fuente: RAS 2000, Título B, p. 7

2.3.2 Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados.

Para el diseño de los componentes del acueducto veredal nos ayudamos del libro “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados” de López (2003), el cual orienta, paso a paso la realización de un acueducto

2.4 MARCO NORMATIVO

La normatividad para la elaboración del diseño de un sistema de acueducto veredal se basó en la resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000 y Normas del Gobierno de la Republica de Colombia.

A continuación, la Tabla 2 muestra la normatividad estipulada para el diseño de un acueducto.

Tabla 2. Normatividad para el diseño de un acueducto.

Norma	Titulo	Especificaciones
Resolución 0330 de 2017 la cual modifica la Norma Ras 2000	Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS	Requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias.
Decreto 1469 de 2010 (abril 30)	Licencia urbanística	Autorización previa expedida en cumplimiento de las normas urbanísticas y de edificación adoptadas en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), art 4, 5, 6.
Decreto 849 de 2002 (abril 30)		Requisitos y procedimientos para la expedición de certificación que permita el cambio de la destinación de los recursos.

Fuente: propia del estudio

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 DISEÑO DE LOS COMPONENTES.

El propósito de este trabajo es fijar las acciones relacionadas con el diseño del sistema de acueducto veredal para que garantice la seguridad, la duración, límites y la funcionalidad del mismo, la eficiencia en su operación y todos los demás aspectos concernientes a este proceso de obra hidráulica, aspectos que serán tratados con la norma vigente de la resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000.

Para dar inicio al diseño, se contó con la totalidad los estudios previos, que en el presente trabajo fueron suministrados por la Secretaría de Planeación de la Alcaldía Municipal de Mercaderes, Cauca, los cuales fueron realizados con anterioridad por personal contratado por la Alcaldía Municipal, y cuya responsabilidad en cuanto a la exigencia de la calidad requerida recae en dicha oficina. Se contó con el levantamiento topográfico efectuado para el sistema de Acueducto para la vereda Esperanzas del Rio Mayo, además dicha oficina también suministró las coordenadas certificadas, tal como se aprecia en el anexo 4 para la localización de la bocatoma, aducción, desarenador, línea de conducción y tanque de almacenamiento.

El desarrollo y solución del problema del abastecimiento de agua con condiciones mínimas de salubridad en la vereda Esperanzas del rio Mayo del municipio de Mercaderes - Cauca se verá reflejado en forma específica en tres fases que se relacionan a continuación.

3.2 FASE 1.

Visita técnica:

Se realiza una visita técnica al sitio de ubicación de la bocatoma (Ver Figura 2), en donde se mide el ancho del rio (4 m), y se realiza un estudio visual calificando como un sitio óptimo para dicho propósito.



Figura 2. Visita técnica
Fuente: Elaboración propia.

3.3 FASE 2.

3.3.1 Levantamiento topográfico

La alcaldía municipal de Mercaderes, Cauca suministró el levantamiento topográfico efectuado para tal efecto (anexo 4 y 6), en el cual se especifica la localización de las estructuras del nuevo acueducto veredal. El levantamiento topográfico juega un papel fundamental ya en él se especifican las cotas y longitudes donde se debe localizar cada estructura, esta información es procesada con el fin de obtener una adecuada localización de cada componente.

3.3.2 Periodo de diseño.

El periodo de diseño se determina de acuerdo con la normatividad vigente, en la cual se estipula que todos los componentes de un acueducto se deben diseñar con un periodo de diseño de 25 años (Resolución 0330 de 2017).

3.3.3 Población de diseño.

Es importante la determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse el acueducto. Para hallar la población de diseño se pueden emplear varios métodos dependiendo de la información.

- Comparación gráfica
- Crecimiento lineal
- Crecimiento geométrico
- Crecimiento logarítmico
- Método de Wappus
- Análisis de sensibilidad

Para encontrar la población de diseño se utilizó el método de crecimiento geométrico debido a que el crecimiento de la población es proporcional al tamaño y su tasa de crecimiento, no varía a grandes escalas en un tiempo entre 15 a 25 años.

Ecuación 1. Crecimiento geométrico.

$$p_f = p_{uc} * (1 + r)^{t_f - t_{uc}}$$

Dónde:

Pf = población futura (Hab).

Puc = población del último censo (Hab).

r = tasa de crecimiento anual.

tf = tiempo futuro.

tuc = tiempo del último censo.

3.3.4 Consumo o dotación neta.

El consumo o dotación neta hace referencia a la cantidad de agua utilizada en cada una de las actividades de una comunidad y se clasifica en:

- Doméstico
- Industrial y comercial
- Institucional o público

En la Resolución No. 0330 del 8 de junio del 2017, título 2, capítulo 1, se encuentra la siguiente tabla en donde la dotación neta se encuentra de acuerdo a la altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida.

Tabla 3. Dotación neta máxima por habitantes según la altura sobre el nivel del mar

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DIÁ)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: Resolución 0330 de 2017 (8 de junio), p. 32

3.3.5 Pérdidas de agua.

Diferencia entre el agua producida y el volumen de agua utilizada por cada usuario.

Ecuación 2. Porcentaje de pérdida

$$\% \text{ perdida} = \frac{\text{vol producido} - \text{vol consumido}}{\text{volumen producido}}$$

3.3.6 Consumo total.

Se determina a partir de la siguiente expresión:

Ecuación 3. Consumo total

$$\text{consumo total} \left(\frac{L}{\text{Hab} * \text{día}} \right) = \frac{\text{consumo neto}}{1 - \% p}$$

Dónde:

% p = porcentaje de pérdidas técnicas máximas para diseño

Nota. El porcentaje de pérdidas técnicas máximas en la ecuación anterior engloba el total de pérdidas esperadas en todos los componentes del sistema (como conducciones, aducciones y redes), así como las necesidades de la planta de

tratamiento de agua potable y no debe superar el 25 %. (Resolución 0330 de 2017 p. 33)

3.3.7 Caudal de diseño.

El caudal de diseño refleja el caudal necesario para abastecer a una población es indispensable para poder realizar adecuadamente el diseño del acueducto. Para encontrar el caudal de diseño es necesario hallar los siguientes caudales.

- Caudal medio diario (cmd)

Ecuación 4. Caudal medio diario (cmd).

$$\text{cmd} = \frac{\text{consumo total} \left(\frac{L}{\text{Hab}} * \text{dia} \right) * (\text{población (hab)})}{86400 \text{ seg/dia}}$$

- Caudal Máximo Diario (CMD).

Ecuación 5. Caudal Máximo Diario.

$$\text{CMD} = K_1 * (\text{cmd})$$

K_1 = factor de mayoración.

El factor de mayoración depende con la cantidad de habitantes.

$K_1 = 1,3$ para poblaciones menores o iguales a 12500 Hab.

$K_1 = 1,2$ para poblaciones mayores a 12500 Hab.

- Caudal Máximo Horario (CMH).

Ecuación 6. Caudal máximo horario.

$$\text{CMH} = K_2 * (\text{CMD})$$

K_2 = factor de mayoración

El factor de mayoración K_2 se extrae de la siguiente tabla.

Tabla 4. Factor de mayoración en Colombia K_2 .

Población (habitantes)	Factor de mayoración
≤ 12500	1,6
> 12500	1,5

Fuente: López (2003), p. 60.

3.3.8 Bocatoma.

Se escoge la bocatoma de fondo debido a que es de bajo costo y es la que más se adapta a la quebrada por su baja profundidad para el diseño de sus estructuras, se adoptan los lineamientos y procedimientos del libro “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados” de López (2003). El libro indica que se debe diseñar con el caudal de diseño las obras de captación, debido a que el cálculo de este caudal en la bocatoma es un valor muy pequeño se opta por diseñar con el caudal mínimo del río y a través de una tubería de excesos el caudal excedente al caudal de diseño, se devuelve al río.

La Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO) le otorgó a la vereda Esperanzas del Río Mayo una concesión de aguas de la quebrada El Pinche de 2,48 litros por segundo. (Resolución 00065 del 15 de febrero del 2016)

3.3.8.1 Diseño de la presa

Ecuación 7. Caudal de diseño

$$Q_d = C_{MD} + 0,05 * (c_{md}) + 0,05 * (c_{md})$$

Ecuación 8. Altura de la lámina de agua sobre la presa.

$$H = \left(\frac{Q}{1,84 * L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

En donde:

H = Altura de la lámina de agua (m)

Q = Caudal de diseño (m³/s)

L = Ancho de presa (m)

Si la presa se diseña con contracciones, como en el presente caso, se debe hacer un reajuste de ancho con la siguiente ecuación.

Ecuación 9. Corrección para contracciones laterales

$$L' = L - 0,1 * n * H$$

En donde:

L' = longitud corregida (m).

L = ancho de presa (m).

n = número de contracciones.

H = lámina de agua (m).

Ecuación 10. Velocidad del rio sobre la rejilla.

$$V_r = \frac{Q_{\text{dis}}}{H * L'}$$

En dónde.

V_r = velocidad del rio sobre la rejilla (m/s)

Q_{dis} = caudal de diseño (m³/s)

Para la comprobación del chequeo de la velocidad del rio sobre la rejilla se debe cumplir con la siguiente condición según la Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017.

$$0,3 \text{ m/s} \leq V_r \leq 3 \text{ m/s.}$$

3.3.8.2 Diseño del canal de aducción.

Ecuación 11. Ancho del canal de aducción.

$$B = X_s + 0,10$$

En donde:

B = ancho del canal (m).

X_s = alcance máximo de la vena vertiente (m).

$$X_s = \left(0,36 * V_r^{\frac{2}{3}}\right) + \left(0,60 * H^{\frac{4}{7}}\right)$$
$$X_i = \left(0,18 * V_r^{\frac{4}{7}}\right) + \left(0,74 * V_r^{\frac{2}{3}}\right)$$

En donde:

X_i = alcance mínimo de la vena vertiente (m)

3.3.8.3 Rejilla.

La rejilla se coloca sobre la presa de la bocatoma en el canal de aducción, está compuesta de barrotes metálicos puestos en el sentido del flujo del agua del rio su función es dejar pasar el agua sobre ella y evitar el paso de sedimentos de gran magnitud.

Área neta es el espacio por donde el agua puede pasar a través de la rejilla y se la calcula de la siguiente manera:

Ecuación 12. Área neta.

$$A_n = \frac{Q}{K * V_r}$$

En donde:

A_n = área neta (m^2).

Q = caudal de diseño (m^3/s)

$K = 0,9$ (flujo paralelo a la rejilla norma RAS)

$V_r = 0,20$ m/s (para evitar arrastre de partículas)

Ecuación 13. Longitud de la rejilla.

$$L_r = \frac{a + b}{b * B} * A_n$$

En donde

L_r = longitud de la rejilla (m)

a = diámetro de los barrotes (m)

b = separación de barrotes a barrotes (m) (norma RAS $0,04 \leq b \leq 0,05$)

Dimensiones mínimas de la rejilla, ancho 40 cm y largo 70 cm (Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017).

Si el valor de la rejilla es menor a estos valores se debe utilizar los valores mínimos de rejilla, en caso contrario se deben adoptar los valores calculados.

Ecuación 14. Orificios

$$n = \frac{A_n}{b * B}$$

En donde:

n = cantidad de orificios en rejilla

B = ancho de la rejilla (m)

Si la cantidad de orificios no es un número entero se debe aproximar al entero mayor, de ser así se debe reajustar el área neta y la longitud de la rejilla.

3.3.8.4 Canal de aducción.

Cálculo de los niveles en el canal de aducción.

Al finalizar el canal de aducción se presenta una condición de flujo crítico debido a la discontinuidad en la superficie, por tanto la altura de la lámina de agua en este punto se puede calcular con la siguiente ecuación.

Ecuación 15. Nivel del agua, aguas abajo (h_e).

$$h_e = h_c = \left(\frac{Q^2}{g * B^2} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Dónde:

$h_e = h_c$ = altura critica (m)

g = gravedad 9,81 (m/s²)

Ecuación 16. Nivel del agua, aguas arriba (h_0).

$$h_0 = \left[2h_e^2 + \left(h_e - \frac{i * L_c}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{2}{3} * i * L_c \right)$$

Dónde:

h_0 = nivel de la lámina de agua, aguas arriba (m)

i = pendiente del canal (Norma RAS 2% ≤ i ≤ 8%)

L_c = longitud del canal

$$L_c = L_r + \text{espesor del muro entre la rejilla y la camara de derivación}$$

Dónde:

L_c = longitud del canal (m)

L_r = longitud de rejilla (m)

Espesor del muro = adopción de acuerdo con recomendación estructural.

Ecuación 17. Profundidad aguas arriba

$$H_0 = h_0 + BL$$

Dónde:

H_0 = profundidad aguas arriba (m)

BL = borde libre

Ecuación 18. Profundidad aguas abajo.

$$H_e = H_0 + (i * L_c)$$

H_e = profundidad aguas abajo (m)

3.3.8.5 Diseño de la cámara de derivación.

Se calcula la velocidad con que el agua llega a la cámara de derivación.

Ecuación 19. Velocidad de llegada a la cámara de derivación.

$$v_e = \frac{Q}{B * h_e}$$

V_e = velocidad de llegada a la cámara de derivación (m/s)

Q = caudal de diseño m³/s

B = ancho del canal (m)

h_e = lamina critica (m)

Para que se puedan aplicar las ecuaciones empíricas de alcance mínimo y máximo de la vena vertiente se debe cumplir que:

$$0,3 \text{ m/s} \leq V_e \leq 3 \text{ m/s}$$

De no ser así se debe rediseñar el sistema.

Ecuación 20. Ancho de la cámara de derivación.

$$B_{\text{camara}} = X_s + BL$$

B_{camara} = ancho de la cámara de derivación (m) mínimo 1,20 m norma RAS

BL = Norma Ras exige mínimo 0,30 m

X_s = alcance máximo de la vena vertiente en la cámara de derivación.

$$X_s = \left(0,36 * v_e^{\frac{2}{3}}\right) + \left(0,60 * h_e^{\frac{4}{7}}\right)$$

En donde:

h_e = altura de la lámina de agua a la llegada a la cámara de derivación, coincide con la altura critica (m)

3.3.8.6 Cálculo de la altura de los muros de contención.

Altura de la lámina de agua en la garganta de la bocatoma con el caudal máximo de agua del rio.

Ecuación 21. Altura de la lámina de agua.

$$H_{\text{max}} = \left(\frac{Q_{\text{max}}}{1,84 * L}\right)^{\frac{2}{3}}$$

En donde:

H_{max} = lámina de agua con el caudal máximo (m)

Q_{\max} = caudal máximo del río (m^3/s)
 L = ancho de presa (m)

Altura de la lámina de agua con el caudal medio

Ecuación 22. Lámina de agua media.

$$H_{\text{med}} = \left(\frac{Q_{\text{med}}}{1,84 * L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

En donde:

H_{med} = lámina de agua con el caudal medio (m)

Q_{med} = caudal medio del río (m^3/s)

L = ancho de presa (m)

Altura de los muros laterales.

Ecuación 23. Altura de muros.

$$H_{\text{muros}} = H_{\text{max}} + BL$$

Dónde:

H_{muros} = altura de muros (m)

BL = borde libre (Norma RAS $BL \geq 0,20$)

3.3.8.7 Caudal de excesos.

Por medio de la rejilla ingresa un caudal mayor al que se requiere, según el caudal de diseño por lo que es necesario devolver el caudal restante al río.

El caudal captado se calcula como un orificio sumergido. Para calcular el caudal captado se utiliza la siguiente ecuación.

Ecuación 24. Caudal captado.

$$Q_{\text{captado}} = c_d * A_n * \sqrt{2 * g * H_{\text{med}}}$$

En donde:

C_d = coeficiente de descarga (si es orificio rectangular con rejilla su valor = 0,30)

A_n = área neta de la rejilla m^2

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

H_{med} = altura de la lámina de agua sobre la rejilla con caudal medio del río (m)

Ecuación 25. Caudal de excesos.

$$Q_{\text{exc}} = Q_{\text{captado}} - Q_{\text{diseño}}$$

Dónde:

Q_{exc} = caudal de excesos (m^3/s)

$Q_{diseño}$ = caudal de diseño (m^3/s)

Ecuación 26. Altura de lámina de excesos.

$$H_{exc} = \left(\frac{Q_{exc}}{1,84 * B_{camara}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dónde:

H_{exc} = lámina de agua de excesos (m)

Q_{exc} = caudal de excesos (m^3/s)

B_{camara} = ancho de cámara (m)

Ecuación 27. Velocidad sobre el vertedero de excesos.

$$v_{exc} = \frac{Q_{exc}}{B_{camara} * H_{exc}}$$

Dónde:

V_e = velocidad sobre el vertedero de excesos (m/s)

Para que se puedan aplicar las ecuaciones empíricas de alcance mínimo y máximo de la vena vertiente se debe cumplir que:

$$0,3 \text{ m/s} \leq V_{exc} \leq 3 \text{ m/s}$$

Si la velocidad de excesos no chequea se debe hacer un reajuste en algunas dimensiones.

Ecuación 28. Largo de cámara de excesos.

$$L_{EXC} = x_s + BL$$

En donde:

L_{exc} = largo de excesos (m)

BL = borde libre (m)

X_s = alcance superior de excesos (m)

$$X_s = \left(0,36 * v_{exc}^{\frac{2}{3}} \right) + \left(0,60 * H_{exc}^{\frac{4}{7}} \right)$$

3.3.8.8 Cálculo de las cotas para la bocatoma.

Tabla 5. Cotas bocatoma.

Información de cotas	Ecuación	Unidades
Fondo de rejilla (F_r)	= Cota terreno - (profundidad + Borde libre)	m
Lámina de agua caudal mínimo	= $f_r + H_{\min}E$	m
Lámina de agua caudal medio	= $f_r + H_{\text{medio}}$	m
Lámina de agua caudal máximo	= $f_r + H_{\text{maximo}}$	m
Corona de los muros	= $f_r + H_{\text{muros}}$	m
Canal de aducción		
Fondo aguas arriba (F_{arriba})	= $f_r - H_0$	m
Fondo aguas abajo (F_{abajo})	= $f_r - H_e$	m
Lamina aguas arriba	= $f_{\text{arriba}} + h_0$	m
Lamina aguas abajo	= $f_{\text{abajo}} + h_e$	m
Cámara de derivación ($C_{\text{derivación}}$)	= $f_{\text{abajo}} - BL$	m
Cresta de vertederos de excesos	= $C_{\text{derivacion}} - H_{\text{exc}}$	m
Fondo de cámara	= $C_{\text{excesos}} - \text{adoptado}$	m

Fuente: propia

3.3.9 Aducción.

Entre la bocatoma y el desarenador se diseña una aducción que transporta agua no tratada, generalmente se diseña a flujo libre con el fin de evitar el desgaste interno de la tubería, para el diseño de la aducción se toma como referencia el libro elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, donde se lleva paso a paso las ecuaciones del capítulo 8.

3.3.9.1 Recomendaciones antes del diseño de la aducción

La elección del diámetro debe basarse en un estudio comparativo técnico – económico, mediante las técnicas de optimización que hagan que el costo anual de la obra objeto del diseño sea mínimo. De todas formas, en la selección del diámetro, se deben analizar las presiones de trabajo, las velocidades de flujo, la longitud de la línea de aducción y/o conducción y la estabilidad geotécnica del corredor correspondiente.

Para el diseño de una aducción o conducción se tienen en cuenta los siguientes requisitos:

Se procurará que el trazado de la línea de aducción hasta el desarenador sea lo más corta posible buscando vías o senderos públicos, evitando zonas de deslizamiento e inundaciones.

La velocidad mínima debe ser de 0,5 m/s y la velocidad máxima no deberá sobrepasar los límites de velocidad recomendados para el material del ducto a emplear.

La presión que debe soportar la tubería, incluyendo la onda de sobrepresión que genera el golpe de ariete, en ningún caso deberá exceder la presión de trabajo recomendada por el fabricante ducto.

El diseño debe contemplar los sitios de salida para mediciones piezométricas y de caudal, los cuales pueden ser de uso permanente, o intermitente; deben localizarse al comienzo y al final de las líneas de conducción y/o aducción y en intervalos de máximo 1500 m cuando la longitud de la tubería sea mayor que 2000 m, antes y después de las válvulas y después de cada derivación de la conducción.

El diámetro interno real de la salida debe ser acorde con el diámetro del ducto objeto de medición y debe complementarse con la instalación de una válvula esférica o de globo y su correspondiente tapón roscado.

Se deberá garantizar una presión dinámica mínima de 5 metros en los puntos topográficos más elevados, tomando como referencia la cota clave del ducto. (Resolución 0330 de 2017, p. 40 y 41).

3.3.9.2 Caudal de diseño.

El caudal de diseño corresponde al caudal máximo diario, cuando no se prevea almacenamiento en el sistema, se debe diseñar para el caudal máximo horario, para el caso de la aducción a la planta de purificación o al desarenador, se deben adicionar las pérdidas por ex filtración ocurridas durante el transporte (máximo 5 % del caudal medio diario).

3.3.9.3 Ecuaciones de diseño.

Ecuación 29. Pendiente

$$S = \frac{F_c - C_a}{L_a} * 100$$

En donde

S = pendiente (%)

F_c = altura del fondo de la cámara de derivación (m).

C_a = altura de la cámara de quietamiento donde llega la aducción:

L_a = longitud de la aducción (m)

Ecuación 30. Modelo de Manning.

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

Calculo del caudal.

$$Q = \frac{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right) * \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}{n} = 0,312 \left(\frac{D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}\right)$$

Ecuación 31. Calculo del diámetro.

$$D = 1,548 \left(\frac{n * Q}{S^{1/2}}\right)^{3/8}$$

En donde:

D = diámetro de la tubería (m)

n = coeficiente de rugosidad de Manning (Ver Tabla 6)

Q = caudal de diseño (m³/s)

S = pendiente/100.

Tabla 6. Coeficiente de rugosidad de Manning.

Material	Coeficiente de rugosidad, n
Asbesto cemento	0,010
Concreto liso	0,012
Concreto rugoso	0,014
Ladrillo	0,016
Ladrillo vitrificado	0,014
Metal corrugado	0,022
Hierro fundido	0,015
Plástico	0,009

Fuente: López (2003), p.169

El valor del diámetro se debe aproximar a un diámetro comercial.

Ecuación 32. Cálculo del caudal a tubo lleno (Q_o).

$$Q_o = 0,312 \frac{D^{8/3} S^{1/2}}{n}$$

Q_o= caudal a tubo lleno m³/s

D = diámetro comercial (m)

S = pendiente/100

n = rugosidad de Manning (Ver Tabla 6).

Ecuación 33. Velocidad a tubo lleno (V_o (m/s)).

$$V_o = \frac{4 * Q_o}{\pi * D^2}$$

Ecuación 34. Radio hidráulico a tubo lleno (R_o (m)).

$$R_o = \frac{D}{4}$$

Ecuación 35. Relación de caudales (x (m³/s)).

$$x = \frac{Q_{diseño}}{Q_o}$$

Con el valor de Q/Q_o , se entra a la siguiente tabla y se obtienen las relaciones:

Tabla 7. Relaciones hidráulicas para conductos circulares.

Q/Q_o	Rel,	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	V/V_o	0,000	0,292	0,362	0,400	0,427	0,453	0,473	0,492	0,505	0,520
	d/D	0,000	0,092	0,124	0,148	0,165	0,182	0,196	0,210	0,220	0,232
	R/R_o	0,000	0,239	0,315	0,370	0,410	0,449	0,481	0,510	0,530	0,554
0,1	V/V_o	0,540	0,553	0,570	0,580	0,590	0,600	0,613	0,624	0,634	0,645
	d/D	0,248	0,258	0,270	0,280	0,289	0,298	0,308	0,315	0,323	0,334
	R/R_o	0,586	0,606	0,630	0,650	0,668	0,686	0,704	0,716	0,729	0,748
0,2	V/V_o	0,656	0,664	0,672	0,680	0,687	0,695	0,700	0,706	0,713	0,720
	d/D	0,346	0,353	0,362	0,370	0,379	0,386	0,393	0,400	0,409	0,417
	R/R_o	0,768	0,780	0,795	0,809	0,824	0,836	0,848	0,860	0,874	0,886
0,3	V/V_o	0,729	0,732	0,740	0,750	0,755	0,760	0,768	0,776	0,781	0,787
	d/D	0,424	0,431	0,439	0,447	0,452	0,460	0,468	0,476	0,482	0,488
	R/R_o	0,896	0,907	0,919	0,931	0,938	0,950	0,962	0,974	0,983	0,992
0,4	V/V_o	0,796	0,802	0,806	0,810	0,816	0,822	0,830	0,834	0,840	0,845
	d/D	0,498	0,504	0,510	0,516	0,523	0,530	0,536	0,524	0,550	0,557
	R/R_o	1,007	1,014	1,021	1,028	1,035	1,043	1,050	1,056	1,065	1,073
0,5	V/V_o	0,850	0,855	0,860	0,865	0,870	0,875	0,880	0,885	0,890	0,895
	d/D	0,563	0,570	0,576	0,582	0,588	0,594	0,601	0,608	0,615	0,620
	R/R_o	1,079	1,087	1,094	1,100	1,107	1,113	1,121	1,125	1,129	1,132
0,6	V/V_o	0,900	0,903	0,908	0,913	0,918	0,922	0,927	0,931	0,936	0,941
	d/D	0,626	0,632	0,639	0,645	0,651	0,658	0,666	0,672	0,378	0,686
	R/R_o	0,136	1,139	1,143	1,147	1,151	1,155	1,160	1,163	1,167	1,172
0,7	V/V_o	0,945	0,951	0,955	0,958	0,961	0,965	0,969	0,972	0,975	0,980
	d/D	0,692	0,699	0,705	0,710	0,719	0,724	0,732	0,738	0,743	0,750
	R/R_o	1,175	1,179	1,182	1,184	1,188	1,190	1,193	1,195	1,197	1,200
0,8	V/V_o	0,984	0,987	0,990	0,993	0,997	1,001	1,005	1,007	1,011	1,015
	d/D	0,756	0,763	0,770	0,778	0,785	0,791	0,798	0,804	0,813	0,820
	R/R_o	1,202	1,205	1,208	1,211	1,214	1,216	1,219	1,219	1,215	1,214
	d/D	0,826	0,835	0,843	0,852	0,860	0,868	0,876	0,884	0,892	0,900
1,0	R/R_o	1,212	1,210	1,207	1,204	1,202	1,200	1,197	1,195	1,192	1,190
	V/V_o	1,041	1,042	1,042	1,042						
	d/D	0,914	0,920	0,931	0,942						
	R/R_o	1,172	1,164	1,150	1,136						

Fuente: López (2003), p. 171

Con los valores de V_r/V_0 , d/D , R/R_0 se calcula la velocidad real, altura de la lámina de agua y el radio hidráulico.

Ecuación 36. Velocidad real.

$$V_r = \frac{V}{V_0} * V_0$$

En donde:

V_r = velocidad real (m/s).

(v/v_0) = valor (tabla 7).

V_0 = velocidad a tubo lleno (m/s).

La Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017 estipula que la velocidad real debe ser como mínimo de 0,5 m/s para evitar sedimentos en la aducción.

Ecuación 37. Altura de la lámina de agua.

$$d = \frac{d}{D} * D$$

Donde:

d = altura de la lámina de agua (m).

(d/D) = valor (tabla 7)

D = diámetro a tubo lleno (m)

Ecuación 38. Radio hidráulico de la sección de flujo R .

$$R = \frac{R}{R_0} * R_0$$

Donde:

R = radio hidráulico de la sección de flujo R (m).

R/R_0 = valor (tabla 7)

R_0 = radio hidráulico a tubo lleno (m).

Ecuación 39. Esfuerzo cortante

$$\tau = \gamma RS$$

En donde:

τ = esfuerzo cortante medio N/m^2

γ = peso específico del agua $9,81 \text{ KN/m}^2 = 9810 \text{ N/m}^3$

R = radio hidráulico de la sección de flujo (m)

S = pendiente de tubería/100

La Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017 estipula que el esfuerzo cortante cumpla con esta norma de no ser así se debe rediseñar.

$$\tau \geq 1,2 \text{ N/m}^2$$

3.3.9.4 Corrección de cota de salida de bocatoma (cota del fondo de derivación).

Se debe corregir la cota de salida de la bocatoma debido a que fue asumida.

Ecuación 40. Pérdidas en la aducción.

$$h_1 = (d + 1,5) * \frac{V_r^2}{2 * g}$$

h_1 = diferencia de altura de la lámina de agua y la cota final de la cámara de derivación (m).

V_r = velocidad real (m/s)

g = gravedad 9,81 m/s²

Corrección de cota del fondo de la cámara de derivación.

$$x = \text{cota de la lámina de agua de la cámara de derivación} - h_1$$

Con la nueva altura del fondo de la cámara de la bocatoma es necesario reajustar los cálculos de la aducción utilizando las mismas ecuaciones anteriores.

3.3.9.5 Cálculo de cotas.

Tabla 8. Cotas aducción.

Cotas (metros)	Ecuación
Cota de batea a la salida de la bocatoma	
Cota clave a la salida de la bocatoma	= Cota batea salida de bocatoma + diámetro de aducción en metros
Cota de batea a la llegada del desarenador	Se supone y luego se reajusta
Cota clave a la llegada al desarenador	Cota de batea a la llegada del desarenador + diámetro de aducción en metros
Cota lámina de agua a la llegada al desarenador	Cota batea a la entrada del desarenador + altura de la lámina de agua (d)

Fuente: propia.

3.3.10 Desarenador.

El componente desarenador es el encargado de remover la arena suspendida con el fin de efectuar un tratamiento físico previo al que se debe realizar en la planta de purificación.

Datos necesarios para el diseño del desarenador:

- Periodo de diseño.
- Numero de módulos.
- Caudal medio diario (año futuro)
- Caudal medio diario (año actual)
- Caudal máximo diario (año futuro).
- Perdidas en la planta = $0,05 \cdot \text{cmd futuro}$ (Norma RAS)
- Caudal de diseño del módulo.
- Remoción de partículas de diámetro 0,1 mm (resolución 0330)
- Porcentaje de remoción = 80 %
- Temperatura del agua = 10°
- Viscosidad cinemática = $0,01308 \text{ cm}^2/\text{s}$ (pág. 187 libro elementos de diseño)
- Grado del desarenador (n) = 1
- Relación longitud/ancho = 3/1 A 5/1 Norma
- Profundidad mínima 1,5 m y máxima 4,5 m
- peso específico de las partículas de arena $2,65 \text{ gr}/\text{cm}^3$ (resolución 0330)
- Cota lámina de agua entrada a desarenador
- Cota batea tubería entrada al desarenador.

Exigencias mínimas por la resolución 0330 de 2017

- Velocidad horizontal inferior a 0,25 m/s
- Relación entre la velocidad horizontal y la velocidad de asentamiento vertical será inferior a 20.
- Retención de las partículas muy finas no debe ser menor de 20 minutos.
- Las estructuras deberán contar suficiente almacenamiento de arenas y contar con sistemas hidráulicos con pendientes superiores al 10 % para obtener una eficiente evacuación de los lodos.

Para el diseño del desarenador se utilizan las ecuaciones del capítulo 9 del libro "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados", 2a edición.

Nota: Para el diseño de un módulo se debe utilizar el caudal medio diario del año límite del proyecto, al hacerlo se encontró que las medidas de largo y ancho no cumplían con la resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000. Por lo que se rediseña con una medida de ancho mínimo de 1,2

metros y con el caudal a tubo lleno, el caudal que excede el caudal de diseño se lo regresa al río en caudal de exceso.

3.3.10.1 Cálculo de los parámetros de sedimentación.

Ecuación 41. Velocidad de sedimentación ley de Stokes (V_s)

$$v_s = \frac{g}{18} * \frac{p_s - p}{\mu} * d^2$$

Donde:

V_s = velocidad de sedimentación de la partícula (cm/s).

g = aceleración de la gravedad (981 cm/s)

P_s = peso específico de la partícula arena (2,65 gr/cm³)

P = peso específico del fluido agua (1)

μ = viscosidad cinemática del fluido (cm²/s) (Ver Tabla 9.2, p. 187 "elementos de diseño")

d = tamaño de la partícula

Tiempo de sedimentación

$$t = \frac{H_{util}}{V_s}$$

Dónde:

t = tiempo de sedimentación (seg)

H_{util} = altura útil (m)

Ecuación 42. Periodo de retención

$$\emptyset = t * x$$

Dónde:

\emptyset = periodo de retención (seg)

t = tiempo de sedimentación (seg)

x = número de Hazen remoción de partículas = 4 según el % de remoción

El periodo de retención es el tiempo en el cual se demora una partícula de agua desde que entra a la zona útil hasta que sale, el tiempo de retención de las partículas muy finas debe ser mayor a 20 minutos.

Ecuación 43. Volumen útil (m³).

$$vol_{util} = Q * \emptyset$$

Donde:

Q = caudal medio diario futuro (m³/s)

Ecuación 44. Área superficial (A_s)

$$A_s = \frac{\text{vol}_{\text{util}}}{H_{\text{util}}}$$

Donde:

H_{util} = altura útil del desarenador, asumir (entre 1,5 m y 4,5 m)

De la ecuación 44 del área superficial se la puede igualar de la siguiente manera:

$$A_s = B * L$$

Y con la relación largo y ancho del desarenador reemplazamos:

Relación largo y ancho

$$\frac{L}{B} = \frac{3}{1}$$
$$L = 3B$$

Reemplazamos en ecuación 44.

$$A_s = B * L$$
$$L = 3B$$
$$A_s = B * 3B$$
$$A_s = 3B^2$$

Despejamos B

Ecuación 45. Ancho desarenador (B (m)).

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{3}}$$

Ecuación 46. Largo de desarenador.

$$L = 3B$$

Ecuación 47. Carga hidráulica superficial (q)

$$q = \frac{Q}{A_s}$$

Dónde:

q = carga superficial ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)

Q = caudal medio diario futuro (m^3/s).

La resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000 estipula que la carga hidráulica debe ser mayor a 15 (m³/m²*día) y menor a 80 (m³/m²*día).

La carga hidráulica superficial (q) teóricamente se asimila a la velocidad de sedimentación de la partícula crítica (Vo), que es la partícula más pequeña que teóricamente se puede sedimentar, por tanto (q = Vo)

Cálculo del tamaño de la partícula crítica (do) Ley de Stokes.

Ecuación 48. Ley de Stokes.

$$d_o = \sqrt{\frac{18 * \mu * V_o}{g * (P_s - P)}}$$

Dónde:

d₀ = diámetro de partícula crítica (cm)

g = aceleración de la gravedad (981 cm/s)

P_s = peso específico de la partícula arena (2,65 gr/cm³)

P = peso específico del fluido agua

μ = viscosidad cinemática del fluido (cm²/s)

Vo = q

La partícula crítica es para determinar el diámetro mínimo de partícula que puede remover dicho desarenador. Para saber si el desarenador es óptimo la partícula que se desea remover debe ser mayor a la partícula crítica si no se cumple con este chequeo se debe realizar un reajuste en el desarenador.

d₀ < d (Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017)

Dónde:

d = es el tamaño de partícula que se desea remover.

d₀ = es el tamaño de partícula el cual el desarenador puede remover

Ecuación 49. Velocidad horizontal.

$$V_h = \frac{Q}{B * H_{util}}$$

Dónde:

V_h = velocidad horizontal (m/s)

La Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017 estipula que la velocidad horizontal debe ser menor de 0,25 m/s si no cumple con el chequeo debe ser rediseñado.

$$2000 V_h \leq 0,25 \text{ m/s}$$

Otra forma de chequear la velocidad horizontal es la siguiente:

Ecuación 50. Chequeo de velocidad horizontal.

$$V_{h1} = \frac{V_0 * L}{H_{util}}$$

V_{h1} = velocidad horizontal (cm/s).

V_0 = velocidad de sedimentación = q (m/s)

L = largo del desarenador (m)

Para mirar el chequeo se debe garantizar que el resultado de las dos velocidades horizontales sean iguales $V_h = V_{h1}$ (Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017).

Ecuación 51. Velocidad horizontal máxima (V_h Max (m/s)).

$$V_{h \max} = 20 * v_s$$

Dónde:

v_s = velocidad de sedimentación (m/s)

La velocidad horizontal máxima debe ser menor de la velocidad horizontal.

($V_h \text{ Max} > V_h$), Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017.

Ecuación 52. Velocidad de resuspensión.

$$V_r = \sqrt{\frac{8 * k}{f} * g * (p_s - p) * d}$$

Dónde:

V_r = velocidad de resuspensión (cm/s)

$K = 0,04$ (arenas)

$F = 0,03$ si se trata de sedimentación simple

d = tamaño de partícula original (cm)

p_s = tamaño de la partícula arena (2,65 gr/cm³)

p = tamaño de la partícula agua

g = gravedad específica.

La Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017 estipula que la velocidad de resuspensión debe ser mayor que la velocidad horizontal $V_r > V_h$.

3.3.10.2 Condiciones de operación del módulo.

- Operación inicial en el año actual.

Ecuación 53. Periodo de retención hidráulico.

$$\theta = \frac{\text{vol tanque}}{\text{cmd}}$$

Dónde:

θ = periodo de retención hidráulico (seg)

vol tanque = volumen del tanque (m^3)

cmd = caudal medio diario del año actual (m^3/s)

el tiempo de retención debe ser mayor a 20 minutos para cumplir con la Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017.

Ecuación 54. Carga hidráulica superficial (q)

$$q = \frac{\text{cmd}}{A_s}$$

La carga superficial hidráulica se debe chequear de la siguiente forma según la Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017.

$$15 \frac{m^3}{m^2 \cdot \text{dia}} < q < 80 \frac{m^3}{m^2 \cdot \text{dia}}$$

- Chequeo si un módulo deja de funcionar.

La resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000 exige mínimo 2 módulos por si uno sale de operación queda funcionando el otro y se hace un chequeo de la siguiente forma para ver si un solo módulo cumplirá con dicha remoción de partículas.

Ecuación 55. Caudal de operación en el año futuro.

$$Q_{op} = \text{CMD} + \text{perdidas en la planta}$$

Dónde:

Q_{op} = caudal de operación

CMD = caudal máximo diario del año futuro
Perdidas en la planta = (cmd 2035 * 0,05)

Se debe chequear el periodo hidráulico y la carga hidráulica superficial con las siguientes ecuaciones:

Ecuación 56. Periodo de retención hidráulico.

$$\theta = \frac{\text{vol tanque}}{Q_{\text{operación}}}$$

El tiempo de retención debe ser mayor a 20 minutos para cumplir con la resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000.

Ecuación 57. Carga hidráulica superficial (q)

$$q = \frac{Q_{\text{operación}}}{A_s}$$

La carga superficial hidráulica se debe chequear de la siguiente forma (resolución 0330 de 2017)

$$15 \frac{m^3}{m^2 \cdot \text{día}} < q < 80 \frac{m^3}{m^2 \cdot \text{día}}$$

Nota: En el diseño del acueducto de Esperanzas del río Mayo se busca economía por lo tanto, se diseñó un solo módulo por órdenes del interventor de la Alcaldía de Mercaderes, Cauca, debido a esto se diseña una conducción externa desde la aducción hasta la línea de conducción, esta conducción externa solo se habilita en el caso de que el módulo deje de funcionar. Para nuestro caso es innecesario el chequeo del punto 3.3.9.3.

3.3.10.3 Cálculo de los elementos del desarenador.

- Vertedero de salida

Ecuación 58. Altura de la lámina de agua (Hv (m)).

$$H_v = \left(\frac{Q}{1,84 * B} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dónde:

H = Hv (m)

Q = caudal medio diario (cmd futuro) (m³/s)

B = ancho del desarenador (m).

Ecuación 59. Velocidad en vertedero de salida. (V_v (m/s)).

$$V_v = \frac{Q}{B * H_v}$$

Dónde:

Q = caudal medio diario (cmd futuro) (m^3/s).

Cálculo del alcance horizontal de la vena vertiente.

Ecuación 60. Alcance vena vertiente.

$$X_s = \left(0,36 * v_v^{\frac{2}{3}}\right) + \left(0,60 * H_v^{\frac{4}{7}}\right)$$
$$L_c = X_s + BL$$

Dónde:

BL = borde libre mayor a 0,10 (resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000)

- Pantalla de salida

Ecuación 61. Profundidad pantalla de salida.

$$\text{prof} = \frac{H_{\text{util}}}{2}$$

Ecuación 62. Distancia a vertedero de salida (L_v (m)).

$$L_v = 15 * H_v$$

- Pantalla de entrada

Ecuación 63. Profundidad de pantalla de entrada.

$$\text{prof} = \frac{H_{\text{util}}}{2}$$

Ecuación 64. Distancia cámara de quietamiento (L_a (m)).

$$L_a = \frac{L}{4}$$

- Zona de almacenamiento de lodos.

Para el diseño de la zona de lodos se debe tener una claridad en la relación largo y ancho la norma RAS recomienda una relación de $10/1 = 10$

Ecuación 65. Altura Máxima de zona de lodos (HL Max (m)).

$$HL_{max} = \frac{L}{relacion}$$

Dónde:

L = largo de desarenador.

Teniendo como referencia esta altura se asume la altura Max y la altura mínima de zona de lodos que es necesario para encontrar la pendiente para que el lodo baje por el tubo de desagüe en el momento del lavado.

- Cálculo de las pendientes de la zona de lodos.

Ecuación 66. Pendiente de lodos 1 (L/3).

$$i_1 = \frac{H_{lodos}}{(L/3)} * 100$$

Dónde:

L = largo de desarenador (m)

H_{lodos} = diferencia entre la altura máxima asumida y la altura mínima asumida de lodos.

Ecuación 67. Pendiente de lodos 2 (2L/3).

$$i_2 = \frac{H_{lodos}}{\frac{2}{3} * L} * 100$$

Ecuación 68. Ecuación 66 pendiente de lodos 3 (B).

$$i_3 = \frac{H_{lodos}}{B} * 100$$

Dónde:

B = ancho del desarenador.

La Norma RAS 2000 modificada por la Resolución 0330 de 2017 exige que las pendientes de la zona de lodos, debe ser igual o mayor a 10% con el fin de que los lodos rueden fácilmente al tubo de drenaje.

- Cámara de aquietamiento.

Ecuación 69. Profundidad.

$$prof = \frac{H_{util}}{3}$$

Ecuación 70. Ancho (B).

$$ancho = \frac{B}{3}$$

El largo de esta cámara = $L_{aquietamiento}$ se adopta igual al ancho o se aproxima a un tamaño mayor.

- Rebose de la cámara de aquietamiento.

Caudal de excesos es el agua que sobrepasa al caudal de diseño es importante redirigirlo nuevamente al río para evitar costos adicionales o para no exceder el caudal otorgado por la corporación de cada departamento.

Ecuación 71. Caudal de excesos.

$$Q_{exc} = Q_o - Q_d$$

Dónde:

Q_{exc} = caudal de excesos (m^3/s)

Q_o = caudal a tubo lleno en la aducción (m^3/s)

Q_d = caudal de diseño

Ecuación 72. Altura de la lámina de agua sobre el vertedero de rebose.

$$H_{exc} = \left(\frac{Q_{exc}}{1,84 * L_{aquietamiento}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dónde:

$L_{aquietamineto}$ = largo de la cámara de aquietamiento

Ecuación 73. Velocidad de excesos (V_{exc}).

$$V_{exc} = \frac{Q_{exc}}{L_{aquietamiento} * H_{exc}}$$

Ecuación 74. Largo de excesos.

$$L_{exc} = X_s + \text{borde libre}$$

$$X_s = \left(0,36 * v_{vexc}^{\frac{2}{3}}\right) + \left(0,60 * H_{exc}^{\frac{4}{7}}\right)$$

Dónde:

Borde libre mayor o igual a 0,30 m

También se calcula el largo de excesos de la siguiente forma:

Ecuación 75. Largo de excesos.

$$L_{exc} = \frac{B - a}{2}$$

Dónde:

B = ancho de excesos

a = ancho de la cámara de quietamiento

Se comparan las 2 longitudes y la longitud mayor se escoge.

3.3.10.4 Perfil hidráulico.

- Pérdidas de energía en la entrada de la cámara de quietamiento.

Ecuación 76. Pérdidas de energía.

$$h_1 = K \left[\left(\frac{v_2^2}{2 * g} \right) - \left(\frac{v_1^2}{2 * g} \right) \right]$$

Dónde:

K = 0,1 si hay aumento en velocidad

K = 0,2 si hay disminución en la velocidad

V1 = velocidad real que viene de aducción

$$v_2 = \frac{Q_0}{L_{exc} * (H_{util} / 3)}$$

- Pérdidas a la entrada de la zona de sedimentación.

Ecuación 77. Pérdidas

$$h_1 = K \left[\left(\frac{v_2^2}{2 * g} \right) - \left(\frac{v_1^2}{2 * g} \right) \right]$$

Dónde:

K = 0,1 si hay aumento en velocidad

K = 0,2 si hay disminución en la velocidad

$$v_1 = \frac{Q_0}{L_{exc} * (H_{util} / 3)}$$

V_2 = velocidad horizontal

- Pérdidas por la pantalla inicial y final.

Ecuación 78. Pérdidas

$$Q = cd * A_0 * \sqrt{2 * g * H}$$

Despejamos H

$$H = \frac{Q^2}{cd^2 * A_0^2 * 2 * g}$$

Dónde:

$$A_0 = B * L_{aquietamiento}$$

Prof = ancho de desarenador

Q = caudal de operación

Cd = coeficiente de descarga (0,6 orificio rectangular)

3.3.10.5 Cálculo de los diámetros de las tuberías de lavado y excesos.

- Tubería de excesos

Se debe escoger el diámetro necesario para devolver el caudal de exceso cumpliendo con la normatividad de la resolución 0330 de 2017 el diámetro recomendado es mínimo 6".

Es necesario para la tubería de excesos tener la cota de entrega del desagüe.

Ecuación 79. Altura disponible en excesos.

$$H_{disponible} = cota 1 - cota 2$$

Dónde:

Cota 1 = cota de la lámina de agua del desarenador menos las pérdidas que se encuentre en el desarenador.

Cota 2 = cota de entrega del desagüe o la cota del rio en el sitio que desemboca el caudal de excesos

Ecuación 80. Gradiente hidráulico (T).

$$T = \frac{H_{disp}}{LTE}$$

Dónde:

LTE = sumatoria de pérdidas por los accesorios en la tubería (m).

Se debe tener en cuenta las perdidas por cada accesorio presente en la aducción de desagüe utilizando la siguiente figura:

Tabla 7.7
Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta)

Elemento	mm	13	19	25	32	38	50	63	75	100	125	150	200	250	300	350
	pulg	1/2	3/4	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5	6	8	10	12	14
Codo 90°																
Radio largo		0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7	3,4	4,3	5,5	6,1	7,3
Radio medio		0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,1	2,8	3,7	4,3	5,5	6,7	7,9	9,5
Radio corto		0,5	0,7	0,8	1,1	1,3	1,7	2,0	2,5	3,4	4,5	4,9	6,4	7,9	9,5	10,5
Codo 45°																
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,2	1,5	1,9	2,3	3,0	3,8	4,6	5,3
Curva 90°																
R/D: 1½		0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4
R/D: 1		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,3	1,6	2,1	2,5	3,3	4,1	4,8	5,4
Curva 45°		0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,5	1,8	2,2	2,5
Entrada																
Normal		0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,6	2,0	2,5	3,5	4,5	5,5	6,2
De borda		0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	1,9	2,2	3,2	4,0	5,0	6,0	7,5	9,0	11,0
Válvula																
Compuerta		0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,1	2,4
Globo		4,9	6,7	8,2	11,3	13,4	17,4	21,0	26,0	34,0	45,3	51,0	6,7	85,0	102	120
Ángulo		2,6	3,6	4,6	5,6	6,7	8,5	10,0	13,0	17,0	21,0	26,0	34,0	43,0	51,0	60,0
de pie		3,6	5,6	7,3	10,0	11,6	14,0	17,0	20,0	23,0	31,0	39,0	52,0	65,0	78,0	90,0
Retención																
T. liviano		1,1	1,6	2,1	2,7	3,2	4,2	5,2	6,3	6,4	10,4	12,5	16,0	20,0	24,0	38,0
T. pesado		1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	6,4	8,1	9,7	12,9	16,1	19,3	25,0	32,0	38,0	45,0
Te de paso																
Directo		0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	2,1	2,7	3,4	4,3	5,5	6,1	7,3
Lateral		1,0	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0
Te de salida																
Bilateral		1,0	1,4	1,7	2,3	2,8	3,5	4,3	5,2	6,7	8,4	10,0	13,0	16,0	19,0	22,0
Salida de tubería																
		0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,5	1,9	2,2	3,2	4,0	5,0	6,0	7,5	9,0	11

Figura 3. Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes

Fuente: López (2003), p. 161

Ecuación 81. Caudal inicial (Qi)

$$Q_i = 0,2785 * C * D^{2,63} * T^{0,54}$$

C = coeficiente de rugosidad del material del tubo para PVC (150)

D = diámetro real de la tubería de desagüe

T = gradiente hidráulico.

Ecuación 82. Velocidad en tubería de desagüe.

$$V = \frac{4 * Q_i}{\pi * D_{real}^2}$$

Esta velocidad no debe ser menor que 0,60 m/s ni mayor que 10 m/s (resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000)

- Cálculo del tiempo de vaciado del desarenador.

El tiempo de vaciado se determina a través de la ecuación de descarga de un orificio, el coeficiente de descarga del tanque, teniendo en cuenta la tubería de desagüe.

Ecuación 83. Coeficiente de descarga.

$$C_d = \frac{Q_i}{\frac{\pi * D_{real}^2}{4} * \sqrt{2 * g * H_1}}$$

Dónde:

$H_1 = H_{util} + H_{lodos}$

Ecuación 84. Tiempo de vaciado.

$$t_{vaciado} = \frac{2 * A_s}{C_d * \frac{\pi * D_{real}^2}{4} * \sqrt{2 * g}} * H_{disp}^{1/2}$$

Dónde:

$A_s = \text{área superficial}$

3.3.10.6 Cálculo de las cotas del desarenador

Tabla 9. Cotas desarenador

COTAS (METROS)	FORMULA
Cota batea tubería entrada	Datos de aducción
Cota lámina de agua tubería entrada (C_{lam} entrada)	Datos de aducción
Cota lámina de agua zona útil (C_{lam} zona útil)	C_{lam} entrada – h_1 cámara de aquietamiento
Cota cresta vertedero en $C_{aquietamiento}$	C_{lam} zona útil - H_e
Cota fondo de cámara de aquietamiento (C_{fondo} cámara)	C_{lam} zona útil – ($H_{util}/3$)
Cota corona de muros	C_{lam} zona útil + B_{libre}
Cota inferior pantalla de entrada y salida	C_{lam} zona útil - ($H_{util}/2$)
Cota inferior zona útil desarenador (C_{inf} zona útil)	C_{lam} zona útil - H_{util}
Cota placa entrada y salida (C_{placa} entrada y salida)	C_{inf} zona útil – HL_{min}
Cota placa fondo punto de desagüe (C_{placa} fondo desagüe)	C_{placa} entrada y salida – H_{lodos}
Cota clave tubería lavado	C_{placa} fondo desagüe + D_{real}
Cota cresta vertedero de salida (C_{cresta} vertedero de salida)	C_{lam} zona útil – H_v
Cota lámina de agua cámara salida (C_{lam} de agua cámara de salida)	C_{cresta} vertedero de salida - BL
Cota fondo cámara de salida	C_{lam} de agua cámara de salida – se supone y se reajusta después de conducción

Fuente: Elaboración propia

3.3.11 Línea de conducción.

La línea de conducción es la encargada de trasladar el agua del desarenador hasta la planta potabilizadora, en este caso pasa desde el desarenador hasta el tanque de almacenamiento. Para el diseño de la línea de conducción se lleva el paso a paso del capítulo 10 del libro “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados” del autor Ricardo Alfredo López Cualla, 2a edición.

Datos necesarios para su diseño:

- Periodo de diseño
- Cota lámina de agua a la salida del desarenador
- Cota descarga en el tanque de almacenamiento

- Cota clave más baja de la conducción
- Cota rasantes de la conducción

3.3.11.1 Perfil de conducción.

Abscisa: En el campo topográfico la abscisa se refiere a una distancia en nuestro caso indica las distancias planas de la conducción.

Rasante: Es la altura al nivel del mar del terreno por debajo del cual va a trazarse la conducción.

Antes de iniciar con el diseño del perfil de conducción se debe contar con la abscisa y las cotas rasantes de la conducción, con base a estas se elabora la siguiente tabla.

Tabla 10. Perfil de la conducción

Abscisa	rasante	clave	Longitud(m)	S (%)	Λ o Σ

Fuente: López (2003), p. 237

Dónde:

Cota clave: es la altura al nivel del mar de la tubería de conducción, para calcularla se debe restarle a la cota rasante entre 0,60 m y 1 m, el criterio está en el terreno y el diseñador. La resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000 sugiere que para terrenos donde no hay actividad la tubería se puede enterrar a 0,60 m de la cota rasante y para terrenos donde crucen vías o se ejerza alguna actividad la tubería se debe enterrar a 1 m de la cota rasante.

Longitud real: es la longitud verdadera de la tubería en la cual se debe tener presente las diferencias de alturas entre cada intervalo de abscisa, para calcular esta longitud se hace de la siguiente forma:

Ecuación 85. Longitud real.

$$\text{longitud real} = \sqrt{A^2 + B^2}$$

Dónde:

Longitud real (m)

A = diferencia de longitud entre 2 abscisas (m)

B = diferencia de elevación entre 2 cotas claves (m)

Pendiente (s).

Indica el porcentaje de caída de la tubería de un punto x hasta un punto. Para encontrar la pendiente entre cota clave n1 y cota clave n2 se usa la siguiente ecuación.

Ecuación 86. Pendiente

$$S = \frac{B}{A} * 100$$

Dónde:

S = pendiente (%)

A = diferencia de longitud entre 2 abscisas (m)

B = diferencia de elevación entre 2 cotas claves (m)

-Diferencia o suma de pendientes (Λ o Σ).

La diferencia o suma de pendientes determina los codos que deben colocarse en la tubería de conducción de forma vertical.

Para calcular este valor se hace de la siguiente forma:

Cuando las 2 pendientes tienen el mismo signo se debe realizar una resta.

Cuando las pendientes tienen diferente signo se debe realizar una suma.

El valor encontrado en la operación se lo debe comparar en la siguiente tabla para saber qué codo utilizar en cada curvatura, si el valor encontrado entre sumas de pendientes no es igual o mayor a 14 no se utiliza ningún codo de forma vertical.

Tabla 11. Selección del codo según la suma o diferencia de pendientes.

Suma o diferencia de pendientes	Codo (grados)
14 % - 30 %	11 _{1/4}
31% - 53%	22 _{1/2}
54% - 83%	22 _{1/2} " + 11 _{1/4}
84% - 119%	45
120% - 180%	45 + 11 _{1/4}

Fuente: López (2003), p. 224.

3.3.11.2 Presión de diseño.

Ecuación 87. Presión estática máxima.

$$= \text{cota de la lámina de agua a la salida del desarenador} \\ - \text{cota clave más baja de la conducción.}$$

Ecuación 88. Presión de diseño.

= presión estática máxima * 1,3

3.3.11.3 Diámetro y accesorios de tubería.

Ecuación 89. Diámetro de tubería de conducción.

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

Dónde:

D = diámetro de la tubería de conducción (m)

Q = caudal de diseño (m³/s)

C = coeficiente de rugosidad

I = gradiente hidráulico (m/m)

$$I = \frac{H}{L}$$

Dónde:

L = longitud total de la conducción (m).

H = carga hidráulica disponible (m)

H = cota de la lamina de agua a la salida del desarenador
– cota de la lamina de agua del tanque de almacenamiento

3.3.11.4 Cálculo de las pérdidas de energía.

Para el cálculo de las pérdidas de energía se debe tener en cuenta los accesorios que van sobre la tubería como: codos, tees, uniones y válvulas (ventosa, purga y de control). Teniendo presente la cantidad de accesorios sobre la tubería se procede a encontrar las pérdidas de energía.

Pérdidas por codos.

Ecuación 90. Pérdidas.

$$h_1 = K * \frac{V^2}{2 * g} * \Sigma n * \sqrt{\frac{\theta}{90^\circ}}$$

Dónde:

h₁ = pérdidas (m).

V = velocidad del agua sobre el tubo (m/s).

g = gravedad (m/s²)

n = cantidad de codos

θ = Angulo del codo.

K = coeficiente de pérdida

■ N° de diámetros (L/D) y coeficientes K para diferentes accesorios

Accesorios	L/D	Diámetro nominal (en pulgadas)												
		1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2-3	4	6	8-10	12-16	18-24	
		Valores de K												
Válv.de compuerta(abierta)	8	0.22	0.2	0.18	0.18	0.15	0.15	0.14	0.14	0.12	0.11	0.1	0.1	
Válv.de globo(abierta)	340	9.2	8.5	7.8	7.5	7.1	6.5	6.1	5.8	5.1	4.8	4.4	4.1	
Válv.de retención horizontal(check)	100	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	
Válv.de retención horizontal oscilatoria(check)	50	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.75	0.7	0.65	0.6	
Válv.de pie de disco(de huso)con colador	420	11.3	10.5	9.7	9.3	8.8	8.0	7.6	7.1	6.3	5.9	5.5	5.0	
Válv.de pie de disco con bisagra	75	2	1.9	1.7	1.7	1.7	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	0.9	
Codos estándar	90°	30	0.81	0.75	0.69	0.66	0.63	0.57	0.54	0.51	0.45	0.42	0.39	0.36
	45°	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	90° radio largo	16	0.43	0.4	0.37	0.35	0.34	0.3	0.29	0.27	0.24	0.22	0.21	0.19
	180°	50	1.35	1.25	1.15	1.10	1.05	0.95	0.9	0.85	0.75	0.7	0.65	0.6
Curvas de 90°	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con derivación en la línea principal y lateral cerrada)	20	0.54	0.5	0.46	0.44	0.42	0.38	0.36	0.34	0.3	0.28	0.26	0.24	
T en línea (con circulación por derivación)	60	1.62	1.5	1.38	1.32	1.26	1.14	1.08	1.02	0.9	0.84	0.78	0.72	

Figura 4. Coeficiente de pérdidas

Fuente: Hidráulica en tuberías a presión (2015), p, 31. Adaptación de Cameron Hydraulic Data

Pérdidas del resto de accesorios.

Las pérdidas del resto de accesorios de la conducción se calculan con la misma fórmula de pérdidas de codos solo se reajusta así:

$$h_1 = K * \frac{v^2}{2 * g}$$

Cálculo de las pérdidas totales.

Se debe realizar la sumatoria de todas las perdidas anteriores.

Ecuación 91. Sumatoria de pérdidas.

$$h_{1 \text{ total}} = h_{1 \text{ valvulas}} + h_{1 \text{ codos}} \dots$$

Las pérdidas totales son las pérdidas que se generan desde el inicio hasta el final de la conducción por lo que se debe hacer un nuevo cálculo de la carga hidráulica disponible.

Ecuación 92. Carga hidráulica disponible corregida.

$$H = C_{\text{lamina desarenador}} - C_{\text{lamina tanque}} - h_{1\text{total}}$$

Con el valor de la carga hidráulica disponible corregida se debe reajustar el diámetro.

3.3.11.5 Línea piezométrica y comprobación del golpe de ariete.

La línea piezométrica se encuentra con el fin de garantizar que el agua llegue desde el desarenador hasta el tanque de almacenamiento por gravedad, para cumplir con dicho fin la línea piezométrica debe estar por encima del trayecto de la tubería (mínimo 1 metro), para realizar el cálculo de la línea piezométrica se debe tener en cuenta la altura de la lámina de agua del desarenador, las pérdidas de energía del agua y la lámina de agua del tanque de almacenamiento.

$$L_{\text{piezometrica}} = C_{\text{lamina desarenador}} - H - \Sigma h_1$$

Comprobación del golpe de ariete.

Debido a la magnitud e importancia de la conducción es importante tener en cuenta el efecto de este fenómeno en la tubería.

El golpe de ariete es el efecto de choque violento o sobrepresión súbita producido sobre las paredes del conducto forzado, este fenómeno puede ocurrir con el cierre repentino de una válvula y se halla con el fin de determinar si la tubería con un RDE específico, es capaz de soportar la presión o sobrepresión.

Datos necesarios para la comprobación del golpe de ariete:

- ✓ Abscisa de ubicación de las válvulas de corte.
- ✓ Cota claves de las válvulas de corte.
- ✓ Longitud real de la conducción desde el inicio del desarenador hasta la válvula de corte.
- ✓ Diámetro real de tubería
- ✓ Espesor de la pared de la tubería
- ✓ Velocidad del agua sobre las abscisas de las válvulas
- ✓ Valor de la relación de módulos de elasticidad para el material de tubería = K.

Tabla 12. Relación de módulos de elasticidad del agua y del material de la tubería

Material de tubería	K
Acero	0,5
Hierro fundido	1,0
Concreto	5,0
Asbesto – cemento	4,4
Plástico	18,0

Fuente: López (2003), p. 234.

Ecuación 93. Celeridad de la onda

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K * \frac{D}{e}}}$$

Dónde:

C = celeridad de la onda (m/s)

K = valor de relación de módulos de elasticidad.

D = diámetro real interno (m)

e = espesor de la pared (m)

Ecuación 94. Fase de la tubería.

$$T = \frac{2 * L}{C}$$

Dónde:

L = longitud real de tubería hasta la válvula (m)

C = celeridad de la onda (m/s).

T = tiempo de onda en ir y volver (s)

Ecuación 95. Sobrepresión.

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

Dónde:

h_a = sobrepresión (m).

V = velocidad del agua en la conducción (m/s).

g = gravedad específica (m/s²)

Ecuación 96. Presión estática sobre la válvula.

$$= C_{\text{lamina desarenador}} - C_{\text{clave de valvula}}$$

Cálculo de la presión total sobre la válvula.

$$= h_a + \text{presion estatica sobre valvula}$$

Para que el golpe de ariete chequee se debe cumplir la siguiente condición.

Presión total sobre la válvula < presión de trabajo de la tubería.

Si no se cumple esta regla se debe escoger un RDE que soporte más presión o se debe calcular el tiempo de cierre de la válvula de la siguiente manera.

Ecuación 97. Presión disponible golpe de ariete.

$$P_d = \text{presion de trabajo de tuberia} - \text{presion estatica sobre valvula}$$

Ecuación 98. Tiempo de cierre de la válvula.

$$t = \frac{2 * L * V}{g * p_d}$$

Dónde:

t = tiempo de cierre de válvula (s)

L = longitud real de tubería hasta la válvula (m)

V = velocidad del agua en la conducción (m/s)

g = gravedad específica (m/s²)

P_d = presión disponible (m)

3.3.12 Tanque de almacenamiento.

Debido a que el consumo de agua de la población no es constante, si no que varía la hora del día y dado que el suministro es un caudal teóricamente constante, es necesario la construcción de un tanque regulador que amortigüe las demandas horarias, la función básica del tanque regulador es almacenar agua en los periodos en los cuales la demanda es menor que el suministro (López, 2003, p. 259).

3.3.12.1 Requisitos de diseño de los tanques de almacenamiento.

- Los tanques deben funcionar hidráulicamente con esquema de mezcla tipo FIFO (lo primero que entra es lo primero que sale). Si es necesario, se deben

instalar paredes deflectoras u otro tipo de elementos que garanticen la circulación del agua en su interior y eviten zonas muertas.

- Las esquinas de los tanques deben proyectarse achaflanadas.
- Todos los tanques deben contar con sistemas de renovación de aire. El cálculo de borde libre se debe realizar de acuerdo a las condiciones sísmicas del terreno y el oleaje interno que se puede producir en un evento sísmico. En todo caso, como mínimo se debe tener un borde libre de 0,3 m las ventanas o elementos de ventilación deben contar en todo momento con sistemas que impidan la entrada de sustancias contaminantes o vectores.
- La tubería de salida debe ubicarse de tal manera que, para niveles mínimos de operación, no se generen vórtices, ni entrada de aire a la red, ni se permita la resuspensión de sedimentos.
- Todos los tanques de almacenamiento deben contar con una pendiente en el fondo que facilite la evacuación de los lodos y las labores de limpieza.
- El terreno sobre el cual este construido los tanques de almacenamiento debe contar con un sistema de drenaje.
- Todos los tanques deben contar con un sistema de alivio que tenga la capacidad de evacuar excesos, este sistema debe dimensionarse con el fin de evacuar el QMD para el horizonte de diseño
- Cada uno de los módulos en los que este dividido un tanque de almacenamiento debe contar, al menos, con una entrada para facilitar el ingreso de los operarios
- En los tanques que cuenten con un volumen mayor a 10000 m³ se debe disponer de un sistema de válvulas de cierre automático configurable para emergencias mediante operación automática, local y remota.

3.3.12.2 Volumen útil del tanque de almacenamiento.

- El volumen de diseño debe ser la mayor cantidad obtenida entre la capacidad de regulación y la capacidad de almacenamiento.
- La capacidad de almacenamiento debe ser igual a 1/3 del volumen distribuido a la zona que va a ser abastecida en el día de máximo consumo. La capacidad

de regulación se debe estimar a partir de los patrones de consumo de cada zona abastecida, mediante el empleo de métodos gráficos o analíticos.

- El volumen de almacenamiento determinado se debe incrementar para provisión de control de incendios estructurales en los siguientes porcentajes, de acuerdo con el nivel de riesgo establecido en los “planes de gestión de riesgo y estrategia de respuesta” de la localidad respectiva, en el marco de la ley 1523 de 2012. (Resolución 0330 de 2017, p. 52 y 53)

Para el diseño del tanque de almacenamiento es necesario contar con la ayuda del capítulo 12: Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, del autor Ricardo Alfredo López Cualla, y los datos que se deben tener antes del diseño del tanque son:

- Periodo de diseño.
- Población de diseño.
- Caudal máximo diario.
- Cota de descarga en el tanque.
- Cota de la lámina de agua en el tanque.

Para el diseño del tanque de almacenamiento se debe tener claro si el tanque se realizará por gravedad o por bombeo y si es a nivel de terreno o elevado. Estos datos son otorgados por el interventor de la alcaldía municipal de Mercaderes Cauca.

Dado a que el tanque es a nivel de terreno y funciona por gravedad las 24 horas, se tiene en cuenta la siguiente tabla.

Tabla 13. Suministro por gravedad o bombeo continuo las 24 horas

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Hora	C (%)	Σ C(%)	S (%)	Σ s(%)	Λ (S-C)	ΣΛ (S-C)	V (%)
0	1	1,00	1	4,17	4,17	3,17	3,17	11,17
1	2	1,00	2	4,17	8,33	3,17	6,33	14,33
2	3	1,00	3	4,17	12,50	3,17	9,50	17,50
3	4	1,00	4	4,17	16,67	3,17	12,67	20,67
4	5	2,00	6	4,17	20,83	2,17	14,83	22,83
5	6	4,00	10	4,17	25,00	0,17	15,00	23,00
6	7	9,50	19,50	4,17	29,17	-5,33	9,67	17,67
7	8	8,00	27,50	4,17	33,33	-3,83	5,83	13,83
8	9	7,00	34,50	4,17	37,50	-2,83	3,00	11,00

9	10	4,00	38,50	4,17	41,67	0,17	3,17	11,17
10	11	3,00	41,50	4,17	45,83	1,17	4,33	12,33
11	12	5,50	47,00	4,17	50,00	-1,33	3,00	11,00
12	13	9,00	56,00	4,17	54,17	-4,83	-1,83	6,17
13	14	5,00	61,00	4,17	58,33	-0,83	-2,67	5,33
14	15	3,00	64,00	4,17	62,50	1,17	-1,50	6,50
15	16	2,50	66,50	4,17	66,67	1,67	0,17	8,17
16	17	3,00	69,50	4,17	70,83	1,17	1,33	9,33
17	18	3,50	73,00	4,17	75,00	0,67	2,00	10,00
18	19	5,00	78,00	4,17	79,17	-0,83	1,17	9,17
19	20	9,00	87,00	4,17	83,33	-4,83	-3,67	4,33
20	21	8,50	95,50	4,17	87,50	-4,33	-8,00	0
21	22	2,00	97,50	4,17	91,67	2,17	-5,83	2,17
22	23	1,50	99,00	4,17	95,83	2,67	-3,17	4,83
23	24	1,00	100,00	4,17	100,00	3,17	0,00	8,00

Fuente: López (2003), p. 278

Columna 1: intervalos de tiempo

Columna 2: consumo horario

Columna 3: Σ de columna 2. Curva integral del consumo.

Columna 4: $100\%/24 =$ suministro horario continuo.

Columna 5: Σ columna 4 curva integral del suministro.

Columna 6: columna 4 – columna 2 déficit horario.+:acumula,-:descarga.

Columna 7: Σ columna 6 déficit acumulado. Se observan cien puntos de máximo déficit (8%) y máximo sobrante (15%) el volumen del tanque es la suma de los dos valores anteriores (23%)

Columna 8: V_{n-1} columna 6. Volumen horario del agua en el tanque. Suponiendo el volumen igual a cero para el punto de máximo déficit (hora 20 - 21), se obtiene el volumen máximo en el punto de máximo sobrante (hora 5 – 6).

3.3.12.3 Diseño del tanque de almacenamiento

- Cálculo del volumen.

Para encontrar el volumen que debe tener el tanque de almacenamiento se busca el mayor valor de la tabla 13, de la columna 8. Este valor representa el volumen máximo horario.

Ecuación 99. Volumen del tanque.

$$\text{vol} = \% \text{ de aumento} * (Q_{\text{diseño}} * \frac{\text{mayor valor de tabla}}{100})$$

Dónde:

% de aumento = valor que se le debe aumentar al volumen calculado (20% resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000)

Q diseño = caudal máximo diario (m³/día)

Mayor valor tabla = (tabla 13, columna 8).

La resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000 exige hallar un volumen en caso de incendios para poblaciones mayores a 12500 habitantes, debido a que la población de la vereda Esperanzas del Rio Mayo es de 657 habitantes no se debe calcular volumen en caso de incendios.

- Altura del tanque.

Ecuación 100. Altura del tanque de almacenamiento.

$$H = \frac{\text{vol}}{300} + K$$

Dónde:

H = altura de tanque (m).

Vol = volumen del tanque (m³)

K = valor de tabla 14 según el volumen encontrado.

Tabla 14. Constante de la capacidad del tanque de almacenamiento.

Vol (m ³)	K
< 399	2
400 – 699	1,8
700 – 999	1,5
1000 – 1399	1,3
1400 – 1699	1
>1700	0,7

Fuente: López (2003), p. 276.

- Ancho y largo del tanque

El tanque que se va a diseñar es de base cuadrada por lo tanto el valor de largo es el mismo valor del ancho.

Ecuación 101. Ancho y largo del tanque.

$$b = \sqrt{\frac{\text{vol}}{H}}$$

Dónde:

b = ancho o largo de tanque (m).

3.3.12.4 Cotas y niveles del agua en el tanque.

En el funcionamiento normal, el tanque presenta fluctuaciones de niveles desde el máximo, cuando se encuentra lleno hasta el mínimo, debido a la regulación de la demanda, por tanto, el nivel mínimo se obtiene al restarle a la cota máxima la altura correspondiente al volumen de regulación de cada compartimiento.

Ecuación 102. Altura de regulación.

$$H_{\text{regulacion}} = \frac{\text{vol regulacion}}{\text{area}}$$

Dónde:

H regulación (m)

- Pérdidas en la conducción de excesos

Ecuación 103. Gradiente hidráulico.

$$I = \frac{H_1}{L}$$

Dónde:

I = gradiente hidráulico (m/m)

H1 = carga hidráulica disponible (m), (Ver Tabla 15).

L = longitud equivalente por accesorios (Ver Figura 3).

Ecuación 104. Caudal inicial.

$$Q_{\text{inicial}} = 0,2785 * C * D^{2,63} * I^{0,54}$$

Dónde:

Q = m³/s

C = coeficiente de rugosidad Hassen.

D = diámetro real de tubería de excesos del tanque (m)

I = gradiente hidráulico (m/m).

- Tiempo de vaciado.

Ecuación 105. Coeficiente de descarga.

$$Cd = \frac{Q}{A_o * \sqrt{2 * g * H}}$$

Dónde:

Q = caudal inicial (m³/s)

g = gravedad (m/s²)

H = altura del tanque de almacenamiento

A_o = área de orificio

$$A_o = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Dónde:

D = diámetro de tubería de excesos.

Ecuación 106. Tiempo de vaciado.

$$T_{\text{vaciado}} = \frac{2 * (b * b)}{cd * A_o * \sqrt{2 * g}} * H_1^{1/2}$$

Dónde:

T vaciado (segundos).

b = ancho del tanque.

Cd = coeficiente de descarga.

H₁ = carga hidráulica disponible (m), (Ver Tabla 15).

El tiempo de vaciado es el tiempo en segundos que se demora en vaciar el tanque de almacenamiento en caso de que lo vayan a lavar.

3.3.12.5 Cálculo de cotas del tanque de almacenamiento.

Tabla 15. Cotas del tanque

Información	Ecuación	Unidad
Cota agua nivel máximo	cota de descarga en el tanque – borde libre	m
Cota agua nivel mínimo	cota agua nivel maximo – H _{regulacion}	m
Cota fondo del tanque	Cota agua nivel maximo – altura de tanque	m
Tubería de desagüe		
Cota entrega del desagüe	Topografía	m
Carga hidráulica disponible	H ₁ = Cota agua nivel maximo – Cota entrega del desagüe	
Longitud disponible	Topografía	m
Diámetro de tubería	Diseñador	pulg

Fuente: propia

3.4 FASE 3.

En esta fase lo que se busca es una concientización por parte de la población de la vereda Esperanzas del río Mayo.

Las actividades que se realizaron fueron, actas de concertación con la comunidad explicando la importancia de preservar el agua, también campañas dirigidas a la comunidad en compañía del gerente del acueducto de la vereda.

Un tema importante que se les recalcó es que este acueducto tiene un impacto social positivo muy importante en la comunidad, ya que se logrará garantizar que la fuente de abastecimiento proporcione el caudal suficiente demandado por la comunidad veredal.

Además, se explicó la importancia de que este acueducto es exclusivo para el consumo humano, de tal manera que se implementen mecanismos de protección en la fuente de abastecimiento, en las aducciones y conducciones, en las redes de distribución, en los tanques de almacenamiento y compensación, con el fin de que se garantice a futuro, una buena calidad de agua y en cantidades óptimas para que pueda suplir las necesidades básicas de dicha comunidad.

CAPITULO IV. RESULTADOS

El desarrollo del proyecto del diseño del acueducto de la vereda Esperanzas del rio Mayo se lleva a cabo en 3 fases las cuales se explican a continuación.

4.1 FASE 1.

Visita técnica:

Se realizó una visita de campo (Ver Figura 2) a los sitios escogidos por la Alcaldía municipal de Mercaderes, Cauca para la construcción de los componentes y se calificó como aptos para dicho propósito, la evaluación de estos sitios se hizo con la ayuda del libro “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados”, basado en la resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000.

Según la información suministrada por parte de la Alcaldía Municipal de Mercaderes, Cauca, se tiene que (Anexos 2 y 3):

Población estimada = 400 habitantes

Información de la quebrada:

Ancho de la quebrada promedio	4 metros
Velocidad de la quebrada	0,80 m/s
Caudal de la fuente	0,45323 m ³ /s = 453 L/s
Concesión de aguas	2,48 litros/s (Resolución 00065 del 15 de febrero del 2016 Anexo 1)

Fuente: alcaldía municipal de mercaderes cauca

Coordenadas de las estructuras.

La alcaldía municipal de Mercaderes, Cauca suministró el levantamiento topográfico y las coordenadas de ubicación de las estructuras incluyendo el trazado de la línea de conducción del terreno (anexos 4 y 6), donde se ubicaron las estructuras del acueducto veredal, según información suministrada por la Secretaría de Planeación Municipal de Mercaderes, el levantamiento topográfico se llevó a cabo con una estación total marca topcon serie 226 debidamente calibrada, realizado por topógrafos contratados por la Alcaldía Municipal.

Tabla 16. Coordenadas de estructuras.

Estructuras	Coordenadas	
	Norte	este
Ubicación de bocatoma	680504,900	969443,431
Inicio de desarenador	680487,1248	969444,0887
Punto de desagüe desarenador	680485,3188	969429,2153
Tanque de almacenamiento	679327,3281	971858,3722
Punto de desagüe desarenador	680441,4146	969427,5104

Fuente: Alcaldía Municipal de Mercaderes, Cauca

4.2 FASE 2.

Diseño de los componentes del sistema:

Para el diseño de los componentes del acueducto se utilizó el libro “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados” del señor Ricardo Alfredo López Cualla.

Información preliminar.

Población	400 Habitantes
Ancho de la quebrada	4 m
Velocidad de la quebrada	0,80 m/s
Caudal de la quebrada	0,45323 m ³ /s = 453 L/s
Periodo de diseño	25 años para todos los componentes (Resolución 0330 2017)

Fuente: Elaboración propia

Población futura:

Ecuación 1. Crecimiento geométrico.

$$p_f = 400 * (1 + 0,02)^{2043-2018}$$

$$p_f = 657 \text{ hab}$$

Consumo o dotación neta = 140 (lt/hab*día) (Ver Tabla 3). Para determinar la dotación neta se determina por medio de la altura de la vereda Esperanzas de río Mayo que es menor a 1000 msnm.

% de pérdidas = 25% (resolución 0330 de 2017)

Consumo total.

Ecuación 3. Consumo total.

$$\text{consumo total} = \frac{140 \frac{\text{L}}{\text{hab}} * \text{dia}}{1 - 25}$$

$$\text{consumo total} = 186 = 190 \left(\frac{\text{L}}{\text{Hab} * \text{dia}} \right)$$

Caudal de diseño.

- Caudal medio diario.

Ecuación 4. Caudal medio diario (cmd).

$$\text{cmd} = \frac{\text{consumo total} \left(\frac{\text{L}}{\text{Hab}} * \text{dia} \right) * (\text{poblacion (hab)})}{86400 \text{ seg/dia}}$$

$$\text{cmd} = \frac{190 * 657}{86400}$$

$$\text{cmd} = 1,445 \text{ l/seg}$$

- Caudal máximo diario.

Ecuación 5. Caudal máximo diario.

$$\text{CMD} = K1 * (\text{cmd}) \quad \text{CMD} = 1,3 * 1,445 \quad \text{CMD} = 1,878 \text{ l/seg}$$

- Caudal máximo horario.

Ecuación 6. Caudal máximo horario.

$$\text{CMH} = K2 * (\text{CMD}) \quad \text{CMH} = 1,6 * 1,878 \quad \text{CMH} = 3,0048 \text{ l/seg}$$

Caudal de diseño.

Ecuación 7. Caudal de diseño.

$$\begin{aligned} Q_d &= \text{CMD} + 0,05 * (\text{cmd}) + 0,05 * (\text{cmd}) \\ Q_d &= 1,878 + 0,05 * 1,445 + 0,05 * 1,445 \end{aligned}$$

$$Q_d = 2,02 \text{ l/s}$$

4.2.1 Bocatoma.

Información previa a su diseño.

Para el diseño de la bocatoma se realizaron inicialmente cálculos con el caudal de diseño y las dimensiones de la bocatoma no chequeaban por ser un caudal muy pequeño y se optó por utilizar el caudal mínimo del río y devolver el restante de caudal por medio de una tubería de excesos.

- Periodo de diseño = 25 años
- Población de diseño = 657
- Caudal de diseño = 2,02 l/s
- Caudal mínimo de la quebrada = 48,060 l/s
- Ancho de la quebrada = 4 m
- Ancho de presa = 3 m

4.2.1.1 Diseño de la presa.

Ecuación 8. Altura de la lámina de agua.

$$H = \left(\frac{Q}{1,84 * L}\right)^{\frac{2}{3}} \quad H = \left(\frac{0,048}{1,84 * 3}\right)^{\frac{2}{3}} \quad H = 0,042 \text{ m}$$

Ecuación 9. Corrección para contracciones laterales

$$L' = L - 0,1 * n * H \quad L' = 3 - 0,1 * 2 * 0,042 \quad L' = 2,99 \text{ m} = 3 \text{ m}$$

Ecuación 10. Velocidad del río sobre la rejilla.

$$V_r = \frac{Q_{dis}}{H * L'} \quad V_r = \frac{0,048}{0,04 * 3} \quad V_r = 0,4 \text{ m/s}$$

Chequeo resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000

$0,3 \text{ m/s} \leq V_r \leq 3 \text{ m/s}$. CHEQUEA

4.2.1.2 Diseño del canal.

$$X_s = \left(0,36 * V_r^{\frac{2}{3}}\right) + \left(0,60 * H^{\frac{4}{7}}\right) \quad X_s = \left(0,36 * 0,4^{\frac{2}{3}}\right) + \left(0,60 * 0,04^{\frac{4}{7}}\right)$$

$$X_s = 0,29 \text{ m}$$

Ecuación 11. Ancho del canal de aducción.

$$B = Xs + 0,10 \qquad B = 0,29 + 0,11 \qquad B = 0,40 \text{ m}$$

4.2.1.3 Rejilla

Ecuación 12. Área neta.

$$A_n = \frac{Q}{K \cdot V_r} \qquad A_n = \frac{0,048}{0,9 \cdot 0,2} \qquad A_n = 0,27 \text{ m}^2$$

En donde:

K= 0,9 (flujo paralelo a la rejilla norma RAS)

V_r = 0,20 m/s (para evitar arrastre de partículas)

Ecuación 13. Longitud de la rejilla

$$L_r = \frac{a+b}{b \cdot B} * A_n \qquad L_r = \frac{0,0191+0,05}{0,05 \cdot 0,40} * 0,27 \qquad L_r = 0,93 \text{ m}$$

En donde

a = diámetro de los barrotes se escoge varilla de 3/4" = 0,0191 m

b = separación de barrote se escoge 0,05 m

Ancho y largo de rejilla: 0,40 m y largo 0,93 m CHEQUEA

La resolución 0330 de 2017 que modifica el reglamento técnico de la RAS 2000 exige como mínimo 40 cm de ancho y 70 cm de largo

- Numero de orificios presentes en la rejilla

Ecuación 14. Orificios.

$$n = \frac{A_n}{b \cdot B} \qquad n = \frac{0,27}{0,05 \cdot 0,40} \qquad n = 13,5 \text{ orificios} = 14 \text{ orificios}$$

Debido a que el número de orificios se aproximó a un número entero se debe recalcular la rejilla.

- Recalculo del área neta y longitud de rejilla

$$A_n = n * b * B \qquad A_n = 14 * 0,05 * 0,40 \qquad A_n = 0,28 \text{ m}^2$$

Longitud de rejilla:

$$L_r = \frac{a+b}{b*B} * A_n \qquad L_r = \frac{0,0191+0,05}{0,05*0,40} * 0,28 \qquad L_r = 0,97 \text{ m}$$

Dimensión de rejilla
 Ancho = 0,40 m
 Largo = 0,97 m CHEQUEA.

4.2.1.4 Canal de aducción.

✓ **Cálculo de los niveles en el canal de aducción.**

Nivel aguas abajo (h_e)

Ecuación 15. Nivel aguas abajo.

$$h_e = h_c = \left(\frac{Q^2}{g*B^2}\right)^{\frac{1}{3}} \qquad h_e = h_c = \left(\frac{0,048^2}{9,81*0,40^2}\right)^{\frac{1}{3}} \qquad h_e = h_c = 0,11 \text{ m}$$

Ecuación 16. Nivel de la lámina aguas arriba (h_0).

$$h_0 = \left[2h_e^2 + \left(h_e - \frac{i * L_c}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{2}{3} * i * L_c \right)$$

$$h_0 = \left[2 * 0,11^2 + \left(0,11 - \frac{0,03 * 1,27}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{2}{3} * 0,03 * 1,27 \right)$$

$$h_0 = 0,17 \text{ m}$$

Dónde:

$$L_c = L_r + \text{espesor del muro} \qquad L_c = 0,97 + 0,30 \qquad L_c = 1,27 \text{ m}$$

$i = 3\%$ (entre 2% y 8% Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017)

Ecuación 17. Profundidad aguas arriba (H_0)

$$H_0 = h_0 + BL \qquad H_0 = 0,17 + 0,15 \qquad H_0 = 0,32 \text{ m}$$

Ecuación 18 profundidad aguas abajo (H_e).

$$H_e = H_0 + (i * L_c) \qquad H_e = 0,32 + (0,03 * 1,27) \qquad H_e = 0,35 \text{ m}$$

4.2.1.5 Diseño de la cámara de derivación

Ecuación 19. Velocidad a la cámara de derivación.

$$v_e = \frac{Q}{B \cdot h_e} \qquad v_e = \frac{0,048}{0,40 \cdot 0,11} \qquad v_e = 1,06 \text{ m/s}$$

La Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017) exige que esta velocidad debe cumplir lo siguiente:

$$0,3 \text{ m/s} \leq v_e \leq 3 \text{ m/s} \text{ CHEQUEA}$$

- Ancho de cámara de derivación

Ecuación 20. Ancho de la cámara de derivación.

$$B_{\text{camara}} = X_s + BL \qquad B_{\text{camara}} = 0,55 + 0,30 \qquad B_{\text{camara}} = 0,85 \text{ m}$$

BL = Norma Ras exige mínimo 0,30 m

$$X_s = \left(0,36 * 1,06^{\frac{2}{3}}\right) + \left(0,60 * 0,11^{\frac{4}{7}}\right) \qquad X_s = 0,55$$

La Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017) exige mínimo un ancho de cámara de derivación de 1,2 m.

Ancho de cámara de derivación = 0,85 m NO CHEQUEA

Como el ancho de cámara de derivación no cumple se adopta el ancho mínimo de norma.

Ancho de cámara de derivación = 1,2 m CHEQUEA

Largo de cámara de derivación = 1,2 m

La longitud de la cámara no tiene ninguna restricción por lo que la cámara se hace de forma cuadrada.

4.2.1.6 Cálculo de la altura de los muros de contención

- Altura de la lámina de agua en el caudal máximo

Ecuación 21. Lámina de agua.

$$H_{\text{max}} = \left(\frac{Q_{\text{max}}}{1,84 * L}\right)^{\frac{2}{3}} \qquad H_{\text{max}} = \left(\frac{0,453}{1,84 * 3}\right)^{\frac{2}{3}} \qquad H_{\text{max}} = 0,19 \text{ m}$$

- Altura de la lámina de agua con el caudal medio

Ecuación 22. Lámina de agua media.

$$H_{\text{med}} = \left(\frac{Q_{\text{med}}}{1,84 * L}\right)^{\frac{2}{3}} \quad H_{\text{med}} = \left(\frac{0,251}{1,84 * 3}\right)^{\frac{2}{3}} \quad H_{\text{med}} = 0,13 \text{ m}$$

- Altura de los muros laterales.

Ecuación 23. Altura de muros.

$$H_{\text{muros}} = H_{\text{max}} + \text{BL} \quad H_{\text{muros}} = 0,19 + 0,31 \quad H_{\text{muros}} = 0,50 \text{ m}$$

Dónde:

BL = 0,31 m borde libre (Norma RAS BL \geq 0,20)

4.2.1.7 Caudal de excesos

El caudal de excesos se lo debe devolver al río ya que es el caudal que entra de más, referente al caudal de diseño.

Para encontrar el caudal de excesos se debe realizar el siguiente procedimiento.

Ecuación 24. Caudal captado.

$$Q_{\text{captado}} = c_d * A_n * \sqrt{2 * g * H_{\text{med}}} \quad Q_{\text{captado}} = 0,30 * 0,28 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,13}$$
$$Q_{\text{captado}} = 0,13179 \text{ m}^3/\text{s}$$

En donde:

c_d = coeficiente de descarga (si es orificio rectangular con rejilla su valor = 0,30)

Ecuación 25. Caudal de excesos.

$$Q_{\text{exc}} = Q_{\text{captado}} - Q_{\text{diseño}} \quad Q_{\text{exc}} = 0,13179 - 0,00202 \quad Q_{\text{exc}} = 0,12977 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ecuación 26. Altura de lámina de excesos

$$H_{\text{exc}} = \left(\frac{Q_{\text{exc}}}{1,84 * B_{\text{camara}}}\right)^{\frac{2}{3}} \quad H_{\text{exc}} = \left(\frac{0,12977}{1,84 * 0,15}\right)^{\frac{2}{3}} \quad H_{\text{exc}} = 0,15 \text{ m}$$

Ecuación 27. Velocidad de cámara de excesos.

$$v_{\text{exc}} = \frac{Q_{\text{exc}}}{B_{\text{camara}} * H_{\text{exc}}} \quad v_{\text{exc}} = \frac{0,12977}{1,2 * 0,15} \quad v_{\text{exc}} = 0,72 \text{ m/s}$$

La Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017) estipula que esta velocidad debe cumplir lo siguiente:

$$0,3 \text{ m/s} \leq V_{\text{exc}} \leq 3 \text{ m/s CHEQUEA}$$

Ecuación 28. Largo de cámara de excesos

$$L_{\text{EXC}} = x_s + \text{BL} \qquad L_{\text{EXC}} = 0,5 + 0,3 \qquad L_{\text{EXC}} = 0,8 \text{ m}$$

En donde:

BL = 0,3 m borde libre (criterio del diseñador)

Xs = alcance superior de excesos (m)

$$X_s = \left(0,36 * v_{\text{exc}}^{\frac{2}{3}}\right) + \left(0,60 * H_{\text{exc}}^{\frac{4}{7}}\right)$$

$$X_s = \left(0,36 * 0,72^{\frac{2}{3}}\right) + \left(0,60 * 0,15^{\frac{4}{7}}\right) \quad X_s = 0,5 \text{ m}$$

4.2.1.8 Cálculo de las cotas para la bocatoma.

Tabla 5. Cálculo de cotas

Información de cotas	Valor	Unidades
Fondo de rejilla (Fr)	698,37	m
Lámina de agua caudal mínimo	698,41	m
Lámina de agua caudal medio	698,50	m
Lámina de agua caudal máximo	698,56	m
Corona de los muros	698,87	m
Canal de aducción		
Fondo aguas arriba (F _{arriba})	698,05	m
Fondo aguas abajo (F _{abajo})	698,02	m
Lamina aguas arriba	698,22	m
Lamina aguas abajo	698,13	m
Cámara de derivación (C _{derivación})	697,87	m
Cresta de vertederos de excesos	697,72	m
Fondo de cámara	697,54	m

Fuente: propia

los planos respectivos de los componentes que conforman la bocatoma se encuentran en el anexo 8

4.2.2 Aducción.

Datos preliminares:

- Periodo de diseño = 25 años
- Caudal de diseño = 0,00202 m³/s
- Cota del fondo de cámara (supuesta) = 697,47 m

- Cota de terreno del inicio del desarenador = 697,26 m
- Longitud de aducción = 15 m
- Material de aducción = PVC

La aducción es la que se encarga de trasladar el agua no tratada desde la bocatoma hasta el desarenador.

4.2.2.1 Metodología de diseño.

En el diseño de la aducción se debe garantizar que la pendiente de la misma sea positiva o mejor dicho de donde inicia la aducción debe ser más alto que donde termine, esto con el fin de que el agua descienda por gravedad.

Se debe asegurar que la tubería de aducción esté enterrada entre 0,6 m y 1 m de profundidad, por este motivo a la cota de terreno del inicio del desarenador se le disminuye 60 cm.

Cota batea del final de la aducción = 697,26 m – 0,6 m = 696,66 m

Ecuación 29. Pendiente

$$S = \frac{F_c - C_a}{L_a} * 100 \quad S = \frac{697,47 - 696,66}{15} * 100 \quad S = 5,38 \%$$

Se debe calcular el diámetro de la aducción con la siguiente ecuación.

Ecuación 30. Modelo de Manning.

$$D = 1,548 \left(\frac{n * Q}{S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad D = 1,548 * \left(\frac{0,009 * 0,00202}{0,0538^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$D = 0,045 \text{ m} * \frac{1 \text{ pulg}}{0,0254 \text{ m}} = 1,76 \text{ pulg}$$

Dónde:

n = 0,009 coeficiente de rugosidad Manning. (tabla 6).

El valor del diámetro se aproxima a un diámetro comercial.

1,76 pulg ~ 2 pulg

$$D = 2 \text{ pulg} * \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ pulg}} = 0,0508 \text{ m}$$

Ecuación 32. Cálculo del caudal a tubo lleno (Q_o).

$$Q_o = 0,312 * \frac{D^{8/3} * S^{1/2}}{n} \quad Q_o = 0,312 * \frac{0,0508^{8/3} * 0,0538^{1/2}}{0,009} \quad Q_o = 0,0028 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ecuación 33. Velocidad a tubo lleno (V_o (m/s)).

$$V_o = \frac{4 * Q_o}{\pi * D^2} \quad V_o = \frac{4 * 0,0028}{\pi * 0,0508^2} \quad V_o = 1,4038 \text{ m/s}$$

Ecuación 34. Radio hidráulico a tubo lleno (R_o (m)).

$$R_o = \frac{D}{4} \quad R_o = \frac{0,0508}{4} \quad R_o = 0,0127 \text{ m}$$

Ecuación 35. Relación de caudales (x (m^3/s)).

$$x = \frac{Q_{\text{diseño}}}{Q_o} \quad x = \frac{0,00202}{0,0027} \quad x = 0,71$$

Con el valor de X se va a la tabla 7 y se extrae los siguientes valores:

$$\begin{aligned} V/V_o & 0,951 \\ d/D & 0,699 \\ R/R_o & 1,179 \\ H/D & 0,633 \end{aligned}$$

Con los valores de V_r/V_o , d/D , R/R_o se calcula la velocidad real, altura de la lámina de agua y el radio hidráulico.

Velocidad real

Ecuación 36. Velocidad real.

$$V_r = \frac{V}{V_o} * V_o \quad V_r = 0,951 * 1,4038 \quad V_r = 1,335 \text{ m/s} \quad \text{CHEQUEA}$$

La Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017 exige que la velocidad real debe ser como mínimo de 0,5 m/s para evitar sedimentos en la aducción.

Altura de la lámina de agua

Ecuación 37. Altura de la lámina de agua.

$$d = \frac{d}{D} * D \quad d = 0,699 * 0,0508 \quad d = 0,0355 \text{ m}$$

Radio hidráulico

Ecuación 38. Radio hidráulico de la sección de flujo R.

$$R = \frac{R}{R_0} * R_0 \quad R = 1,179 * 0,0127 \quad R = 0,0150 \text{ m}$$

Ecuación 39. Esfuerzo cortante

$$\tau = \gamma RS \quad \tau = 9810 * 0,0150 * 0,0538 \quad \tau = 7,90 \text{ N/m}^2$$

La Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017 estipula que el esfuerzo cortante cumpla con esta norma de no ser así se debe rediseñar.

$$\tau \geq 1,2 \text{ N/m}^2 \quad 7,90 \geq 1,2 \text{ N/m}^2 \text{ CHEQUEA}$$

Debido a que la cota del fondo de la cámara de derivación fue asumida se debe reajustar nuevamente.

Corrección de cota de salida de bocatoma (cota del fondo de derivación).

Ecuación 40. Pérdidas en la aducción.

$$h = (1,5) * \frac{v_r^2}{2 * g} \quad h = (1,5) * \frac{1,335^2}{2 * 9,81} \quad h = 0,136$$

$$h_1 = d + h \quad h_1 = 0,0355 + 0,136 \quad h_1 = 0,17 \text{ m}$$

El valor de h1 se debe aproximar a un número mayor

$$h_1 = 0,18 \text{ m}$$

Corrección de la cota de fondo de derivación.

$$\text{cota de fondo de derivacion corregida} = 697,87 - 0,18$$

$$\text{cota de fondo de derivacion corregida} = 697,69 \text{ m}$$

Cotas:

$$\text{Cota clave del inicio de la aducción.} = 697,69 + D$$

$$697,69 + 0,0508 = 697,74 \text{ m}$$

$$\text{Cota cresta de vertederos de excesos en la bocatoma} = 697,72 \text{ m}$$

La cota clave del inicio de la aducción es mayor a la cota cresta de vertederos de excesos en bocatoma.

Al dejar estos cálculos de esta manera la aducción ya no cuenta como toma sumergida por lo que es necesario colocar el fondo de cámara de derivación de bocatoma más abajo.

$$\begin{aligned} \text{cota de fondo de derivacion corregida} &= 697,87 - 0,33 \text{ m} \\ \text{cota de fondo de derivacion corregida} &= 697,54 \text{ m} \end{aligned}$$

Con este aumento en la altura de la lámina de agua la aducción va a capturar más caudal que el requerido, este problema se lo soluciona en el desarenador ya que el caudal innecesario se lo devuelve al río.
Se debe recalcular todo el procedimiento de la aducción debido a que se hizo un cambio en la cota de fondo de la cámara de derivación.

Reajuste aducción

Ecuación 29. Pendiente

$$S = \frac{F_c - C_a}{L_a} * 100 \qquad S = \frac{697,54 - 696,66}{15} * 100 \qquad S = 5,84 \%$$

Con la corrección de la pendiente se sigue el paso a paso de la ecuación 28 hasta la ecuación 39.

Datos corregidos.

- ✓ Diámetro = 2 pulgadas
- ✓ Caudal a tubo lleno = 0,0030 m³/s
- ✓ Velocidad a tubo lleno = 1,4625 m/s
- ✓ Radio hidráulico a tubo lleno = 0,0127 m
- ✓ Velocidad real = 1,369 m/s CHEQUEA
- ✓ Altura de la lámina de agua = 0,0344 m
- ✓ Radio hidráulico = 0,0148 m
- ✓ Esfuerzo cortante = 8,48 N/m² CHEQUEA

Ecuación 40. Pérdidas en la aducción.

$$h = (1,5) * \frac{v_r^2}{2 * g} \qquad h = (1,5) * \frac{1,369^2}{2 * 9,81} \qquad h = 0,14$$

$$h_1 = d + h \qquad h_1 = 0,034 + 0,14 \qquad h_1 = 0,174 \text{ m}$$

Las pérdidas en la aducción en la nueva corrección se aproxima demasiado a las hechas inicialmente por lo tanto se deja la anterior que es igual a 18.

$$h_1 = 0,18 \text{ m}$$

4.2.2.2 Cálculo de cotas de aducción.

Tabla 17. Cotas aducción.

Cota de batea a la salida de la bocatoma	697,54 m
Cota clave a la salida de la bocatoma	697,59 m
Cota de batea a la llegada del desarenador	696,66 m
Cota clave a la llegada al desarenador	696,71 m
Cota lámina de agua a la llegada al desarenador	696,69 m

Fuente: Elaboración propia

Los planos respectivos de la aducción se encuentran en el anexo 9

4.2.3 Desarenador

Datos preliminares.

- Periodo de diseño = 25 años
- Numero de módulos = 1 modulo
- Caudal medio diario (año futuro) = 1,445 l/s
- Caudal medio diario (año actual) = 0,880 l/s
- Caudal máximo diario (año futuro) = 1,878 l/s
- Caudal de operación = 0,00192 m³/s
- Perdidas en la planta = 0,0722 l/s
- Caudal de diseño del módulo = 0,0030 m³/s.
- Remoción de partículas de diámetro 0,1 mm (resolución 0330)
- Porcentaje de remoción = 80 %
- Temperatura del agua = 10°
- Viscosidad cinemática = 0,01308 cm²/s
- Grado del desarenador (n 1) = 4
- Relación longitud/ancho = 3/1 (3/1 A 5/1 Norma)
- Peso específico de las partículas de arena 2,65 gr/cm³ (resolución 0330)
- Cota lámina de agua entrada a desarenador = 696,69 m
- Cota batea tubería entrada al desarenador = 696,66 m
- Cota entrega del desagüe de excesos = 693,00 m

4.2.3.1 Cálculo de los parámetros de sedimentación.

Ecuación 41. Velocidad de sedimentación ley de Stokes (Vs).

$$V_s = \frac{g}{18} * \frac{p_s - p}{\mu} * d^2 \quad v_s = \frac{981}{18} * \frac{2,65 - 1,00}{0,01308} * 0,01^2 \quad v_s = 0,6875 \text{ cm/s}$$

Tiempo de sedimentación.

$$t = \frac{H_{\text{util}}}{V_s} \qquad t = \frac{210}{0,6875} \qquad t = 305,45 \text{ s}$$

Dónde:

$H_{\text{util}} = 2,1$ m altura útil (Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017 estipula que la altura debe estar entre 1,5 m y 4,5 m).

Ecuación 42. Periodo de retención.

$$\emptyset = t * x \qquad \emptyset = 305,45 * 4 \qquad \emptyset = 1221,8 \text{ seg} = 20,36 \text{ min CHEQUEA}$$

Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017 $\emptyset > 20$ minutos

Ecuación 43. Volumen útil (m^3).

$$\text{vol}_{\text{util}} = Q * \emptyset \qquad \text{vol}_{\text{util}} = 0,0030 * 1221,8 \qquad \text{vol}_{\text{util}} = 3,6217 \text{ m}^3$$

Ecuación 44. Área superficial (A_s).

$$A_s = \frac{\text{vol}_{\text{util}}}{H_{\text{util}}} \qquad A_s = \frac{3,6217}{2,1} \qquad A_s = 1,725 \text{ m}^2$$

Ecuación 45. Ancho desarenador (B (m)).

$$B = \sqrt{\frac{A_s}{3}} \qquad B = \sqrt{\frac{1,725}{3}} \qquad B = 0,7582 \text{ m}$$

Ecuación 46. Largo de desarenador.

$$L = 3B \qquad L = 3 * 0,7582 \qquad L = 2,275 \text{ m}$$

Ancho del desarenador = 0,75 m

Largo del desarenador = 2,27 m

Las dimensiones del desarenador son muy pequeñas, por lo tanto, se adopta:
ancho del desarenador = 1,2 m.

Largo del desarenador = 3,6 m

$$L = 1,2 * 3 = 3,6 \text{ m}$$

Altura útil del desarenador = 2,1 m

Rediseño del volumen

$$\text{vol} = L * B * H \qquad \text{vol} = 3,6 * 1,2 * 2,1 \qquad \text{vol} = 9,072 \text{ m}^3$$

Rediseño del área superficial

$$A_s = \frac{vol_{util}}{H_{util}} \quad A_s = \frac{9,072}{2,1} \quad A_s = 4,32 \text{ m}^2$$

El periodo de retención sigue siendo el mismo ya que no es afectado por el largo ni ancho del desarenador.

Nota: debido a que el caudal de diseño es muy pequeño se utiliza el caudal a tubo lleno.

Ecuación 47. Carga hidráulica superficial (q)

$$q = \frac{Q}{A_s} \quad q = \frac{0,0030}{4,32} \quad q = 0,0007 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$
$$q = 0,0007 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} * \frac{86400 \text{ s}}{\text{día}} = 60 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{día}} \quad \text{CHEQUEA}$$

La Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017 estipula que la carga hidráulica debe ser mayor a 15 (m³/m²*día) y menor a 80 (m³/m²*día).

La carga hidráulica superficial (q) teóricamente se asimila a la velocidad de sedimentación de la partícula crítica (Vo), que es la partícula más pequeña que teóricamente se puede sedimentar, por tanto (q = Vo)

Cálculo del tamaño de la partícula crítica (d_o) ley de Stokes.

Ecuación 48. Ley de Stokes.

$$d_o = \sqrt{\frac{18 * \mu * V_o}{g * (P_s - P)}} \quad d_o = \sqrt{\frac{18 * 0,01308 * 0,069}{981 * (2,65 - 1,00)}} \quad d_o = 0,0032 \text{ cm}$$

d_o < d (Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017)
0,032 mm < 0,1 mm CHEQUEA

Ecuación 49. Velocidad horizontal.

$$V_h = \frac{Q}{B * H_{util}} \quad V_h = \frac{0,0030}{1,2 * 2,1} \quad V_h = 0,00118 \text{ m/s}$$

Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017.

V_h ≤ 0,25 m/s CHEQUEA

Chequeo

Ecuación 50. Chequeo de velocidad horizontal.

$$V_{h1} = \frac{V_0 * L}{H_{util}} \qquad V_{h1} = \frac{0,0007 * 3,6}{2,1} \qquad V_{h1} = 0,00118 \text{ m/s}$$

$V_h = V_{h1}$ (Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017)
CHEQUEA

Chequeo

Ecuación 51. Velocidad horizontal máxima ($V_h \text{ Max}$ (m/s)).

$$V_{h \text{ max}} = 20 * v_s \qquad V_{h \text{ max}} = 20 * 0,6875 \qquad V_{h \text{ max}} = 13,75 \text{ cm/s}$$

$$V_{h \text{ max}} = 13,75 \frac{\text{cm}}{\text{s}} > V_h = 0,118 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \text{ CHEQUEA}$$

($V_h \text{ Max} > V_h$) Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017.

Chequeo

Ecuación 52. Velocidad de resuspensión.

$$V_r = \sqrt{\frac{8 * k}{f} * g * (p_s - p) * d} \qquad V_r = \sqrt{\frac{8 * 0,04}{0,03} * 981 * (2,65 - 1,00) * 0,01}$$

$$V_r = 13,140 \frac{\text{cm}}{\text{s}} > V_h = 0,118 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \text{ CHEQUEA}$$

Velocidad horizontal $V_r > V_h$ (Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017).

4.2.3.2 Condiciones de operación del módulo Operación inicial en el año actual.

Ecuación 53. Periodo de retención hidráulico.

$$\theta = \frac{\text{vol tanque}}{\text{cmd}} \qquad \theta = \frac{9,072}{0,00088} \qquad \theta = 10313,43 \text{ seg}$$

$$\theta = 170 \text{ minutos CHEQUEA}$$

El tiempo de retención debe ser mayor a 20 minutos para cumplir con la Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017.

Ecuación 54. Carga hidráulica superficial (q)

$$q = \frac{\text{cmd}}{A_s} * 86400 \qquad q = \frac{0,00088}{4,32} * 86400 \qquad q = 17,59259 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

$$15 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}} < q < 80 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 * \text{día}}$$

Chequea con la Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017.

4.2.3.3 Chequeo si un módulo deja de funcionar

Este procedimiento se omite debido a que solo hay un módulo y si deja de funcionar el agua se pasa de la aducción a la conducción sin ningún tipo de tratamiento.

4.2.3.4 Cálculo de los elementos del desarenador.

- Vertedero de salida

Ecuación 58. Altura de la lámina de agua (Hv (m)).

$$H_v = \left(\frac{Q}{1,84 * B} \right)^{\frac{2}{3}} \qquad H_v = \left(\frac{0,0030}{1,84 * 1,2} \right)^{\frac{2}{3}} \qquad H_v = 0,012 \text{ m}$$

Ecuación 59. Velocidad en vertedero de salida. (Vv (m/s)).

$$V_v = \frac{Q}{B * H_v} \qquad V_v = \frac{0,0030}{1,2 * 0,012} \qquad V_v = 0,203 \text{ m/s}$$

Ecuación 60. Largo de vertedero de salida (Lc).

$$X_s = \left(0,36 * v_v^{\frac{2}{3}} \right) + \left(0,60 * H_v^{\frac{4}{7}} \right) \qquad X_s = \left(0,36 * 0,203^{\frac{2}{3}} \right) + \left(0,60 * 0,012^{\frac{4}{7}} \right) \\ X_s = 0,17 \text{ m}$$

$$L_c = X_s + BL \qquad L_c = 0,17 + 0,13 \qquad L_c = 0,30 \text{ m}$$

- Pantalla de salida

Ecuación 61. Profundidad pantalla de salida.

$$\text{prof} = \frac{H_{\text{util}}}{2} \qquad \text{prof} = 2,1/2 \qquad \text{prof} = 1,05 \text{ m}$$

Ecuación 62. Distancia a vertedero de salida (L_v (m)).

$$L_v = 15 * H_v \qquad L_v = 15 * 0,012 \qquad L_v = 0,18 \text{ m}$$

- Pantalla de entrada

Ecuación 63. Profundidad de pantalla de entrada.

$$\text{prof} = \frac{H_{\text{util}}}{2} \qquad \text{prof} = 2,1/2 \qquad \text{prof} = 1,05 \text{ m.}$$

Ecuación 64. Distancia cámara de aquietamiento (L_a (m)).

$$L_a = \frac{L}{4} \qquad L_a = \frac{3,6}{4} \qquad L_a = 0,9 \text{ m}$$

- Zona de almacenamiento de lodos.

Ecuación 65. Altura Máxima de zona de lodos (HL_{Max} (m)).

$$HL_{\text{max}} = \frac{L}{\text{relacion}} \qquad HL_{\text{max}} = \frac{3,6}{10} \qquad HL_{\text{max}} = 0,36 \text{ m}$$

Dónde:

Relación = 10/1

- pendientes de la zona de lodos.

En la parte de abajo del desarenador se debe diseñar unas pendientes para facilitar el rodamiento de lodos a la hora del lavado.

Ecuación 66. Pendiente de lodos 1 ($L/3$).

$$i_1 = \frac{H_{\text{lodos}}}{(L/3)} * 100 \qquad i_1 = \frac{0,24}{1,2} * 100 \qquad i_1 = 20 \%$$

Ecuación 67. Pendiente de lodos 2 ($2L/3$).

$$i_2 = \frac{H_{\text{lodos}}}{\frac{2}{3} * L} * 100 \qquad i_2 = \frac{0,24}{2,4} * 100 \qquad i_2 = 10 \%$$

Ecuación 68. Pendiente de lodos 3 (B).

$$i_3 = \frac{H_{\text{lodos}}}{B} * 100 \qquad i_3 = \frac{0,24}{1,2} * 100 \qquad i_3 = 20 \%$$

Resolución 0330 de 2017 pendientes $\geq 10\%$ CHEQUEA

- Cámara de aquietamiento

Ecuación 69. Profundidad.

$$\text{prof} = \frac{H_{\text{util}}}{3} \qquad \text{prof} = \frac{2,1}{3} \qquad \text{prof} = 0,7 \text{ m}$$

Ecuación 70. Ancho (B).

$$\text{ancho} = \frac{B}{3} \qquad \text{ancho} = \frac{1,2}{3} \qquad \text{ancho} = 0,4 \text{ m}$$

El ancho de la cámara de aquietamiento es muy bajo por lo que se adopta un valor de largo y ancho de 0,8 m para facilitar el mantenimiento.

- Rebose de la cámara de aquietamiento

Ecuación 71. Caudal de excesos.

$$Q_{\text{exc}} = Q_o - Q_d \qquad Q_{\text{exc}} = 0,00296 - 0,00192 \qquad Q_{\text{exc}} = 0,00104 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal de excesos es el caudal que hay que devolver al río.

Ecuación 72. Altura de la lámina de agua sobre el vertedero de rebose.

$$H_{\text{exc}} = \left(\frac{Q_{\text{exc}}}{1,84 * L_{\text{aquietamiento}}} \right)^{\frac{2}{3}} \qquad H_{\text{exc}} = \left(\frac{0,00104}{1,84 * 0,8} \right)^{\frac{2}{3}} \qquad H_{\text{exc}} = 0,008 \text{ m}$$

Ecuación 73. Velocidad de excesos (V_{exc}).

$$V_{\text{exc}} = \frac{Q_{\text{exc}}}{L_{\text{aquietamiento}} * H_{\text{exc}}} \qquad V_{\text{exc}} = \frac{0,00104}{0,8 * 0,008} \qquad V_{\text{exc}} = 0,162 \text{ m/s}$$

Ecuación 75. Largo de excesos.

$$X_s = \left(0,36 * v_{\text{exc}}^{\frac{2}{3}} \right) + \left(0,60 * H_{\text{exc}}^{\frac{4}{7}} \right) \qquad X_s = \left(0,36 * 0,16^{\frac{2}{3}} \right) + \left(0,60 * 0,008^{\frac{4}{7}} \right) \\ X_s = 0,15 \text{ m}$$

$$L_{\text{exc}} = X_s + \text{borde libre} \qquad L_{\text{exc}} = 0,15 + 0,3 \qquad L_{\text{exc}} = 0,45 \text{ m}$$

Borde libre = 0,30 m

El largo de excesos es muy pequeño se adopta un largo de excesos de 0,8 m para facilitar el mantenimiento.

4.2.3.5 Perfil hidráulico.

- Pérdidas en la entrada de la cámara de aquietamiento.

Ecuación 76. Pérdidas.

$$h_1 = K \left[\left(\frac{v_2^2}{2 \cdot g} \right) - \left(\frac{v_1^2}{2 \cdot g} \right) \right] \quad h_1 = 0,2 * \left[\left(\frac{0,0034^2}{2 \cdot 9,81} \right) - \left(\frac{1,462^2}{2 \cdot 9,81} \right) \right] \quad h_1 = 0,02 \text{ m.}$$

- Pérdidas a la entrada de la zona de sedimentación.

Ecuación 77. Pérdidas.

$$h_1 = K \left[\left(\frac{v_2^2}{2 \cdot g} \right) - \left(\frac{v_1^2}{2 \cdot g} \right) \right] \quad h_1 = 0,2 \left[\left(\frac{0,0012^2}{2 \cdot 9,81} \right) - \left(\frac{0,0034^2}{2 \cdot 9,81} \right) \right] \quad h_1 = 0,000 \text{ m}$$

- Pérdidas por la pantalla inicial y final.

Ecuación 78. Pérdidas

$$H = \frac{Q^2}{cd^2 \cdot A_0^2 \cdot 2 \cdot g} \quad H = \frac{0,00192^2}{0,6^2 \cdot 1,08^2 \cdot 2 \cdot 9,81} \quad H = 0,000 \text{ m}$$

Dónde:

$$A_0 = B * L_{\text{aquietamiento}} \quad A_0 = 1,2 * 0,9 \quad A_0 = 1,08 \text{ m}^2$$

4.2.3.6 Cálculo de los diámetros de las tuberías de lavado y excesos

- Tubería de excesos.

Diámetro de tubería = 4 " = 0,114 m

Diámetro real = 108,72 mm = 0,109 m

Coeficiente de rugosidad pvc = 150

RDE = 41

Longitud de tubería del desagüe = 46,9 m

Cota de entrega del desagüe = 693 m

Cota lámina de agua menos pérdidas en desarenador = 696,67 m

Ecuación 79. Altura disponible en excesos.

$$H_{\text{disponible}} = 696,67 - 693 \quad H_{\text{disponible}} = 3,67 \text{ m}$$

Ecuación 80. Gradiente hidráulico (T).

$$T = \frac{H_{disp}}{LTE}$$

$$T = \frac{3,67}{60}$$

$$T = 0,061 \text{ m/m}$$

Tabla 18. Accesorios de tubería de desagüe desarenador.

Accesorios	Valor LTE
Entrada normal	2,5
Válvula de compuerta	1,1
Salida de tubería	5
Codo radio corto	4,9
Longitud de tubería	46,9
Sumatoria LTE	22,9 m

Fuente: Elaboración propia

Ecuación 81. Caudal inicial (Qi)

$$Q_i = 0,2785 * C * D^{2,63} * T^{0,54}$$

$$Q_i = 0,2785 * 150 * 0,109^{2,63} * 0,061^{0,54}$$

$$Q_i = 0,0269 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ecuación 82. Velocidad en tubería de desagüe.

$$V = \frac{4 * Q_i}{\pi * D_{real}^2}$$

$$V = \frac{4 * 0,0269}{\pi * 0,109^2}$$

$$V = 2,898 \text{ m/s}$$

Chequea con la Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017.

$$0,60 \text{ m/s} \leq V \leq 10 \text{ m/s}$$

Cálculo del tiempo de vaciado del desarenador.

Ecuación 83. Coeficiente de descarga.

$$C_d = \frac{Q_i}{\frac{\pi * D_{real}^2}{4} * \sqrt{2 * g * H_1}}$$

$$C_d = \frac{0,0269}{\frac{\pi * 0,109^2}{4} * \sqrt{2 * 9,81 * 2,46}}$$

$$C_d = 0,417$$

Ecuación 84. Tiempo de vaciado.

$$t_{vaciado} = \frac{2 * A_s}{C_d * \frac{\pi * D_{real}^2}{4} * \sqrt{2 * g}} * H_{disp}^{1/2}$$

$$t_{vaciado} = \frac{2 * 4,32}{0,417 * \frac{\pi * 0,109^2}{4} * \sqrt{2 * 9,81}} * 3,67^{1/2}$$

$$t_{vaciado} = 965,455 \text{ seg} = 0,2682 \text{ horas}$$

4.2.3.7 Cálculo de las cotas del desarenador

Tabla 9. Valores de cotas.

COTAS (METROS)	RESULTADO (m)
Cota batea tubería entrada	696,66
Cota lámina de agua tubería entrada	696,69
Cota lámina de agua zona útil	696,67
Cota cresta vertedero en cámara aquietamiento	696,66
Cota fondo de cámara de aquietamiento	695,97
Cota corona de muros	696,97
Cota inferior pantalla de entrada y salida	695,62
Cota inferior zona útil desarenador	694,57
Cota placa entrada y salida	694,45
Cota placa fondo punto de desagüe	694,21
Cota clave tubería lavado	694,32
Cota cresta vertedero de salida	696,66
Cota lámina de agua cámara salida	696,46
Cota batea del fondo cámara de salida	696,06
Cota clave del fondo de cámara de salida	696,11
Cota entrega del desagüe	693

Fuente: Elaboración propia

Los planos respectivos de los componentes que conforman a un desarenador se encuentran presentes en el anexo 10.

4.2.4 Línea de conducción

Datos preliminares.

- Periodo de diseño = 25 años
- Cota lámina de agua a la salida del desarenador = 696,46 m
- Cota fondo cámara de salida = 696,06 m
- Cota clave de descarga en el tanque de almacenamiento = 629,43 m
- Cota clave más baja de la conducción (abscisa 2870) = 616,127 m
- Caudal de diseño = 1,88 l/s = 0,00188 m³/s
- Material PVC C = 150

4.2.4.1 Perfil de conducción.

Tabla 10. Perfil de la conducción.

abscisa	rasante	clave	longitud	pendiente	Λ o Σ
0	696,66	696,110			
			500,18	2,68	
500	683,64	682,688			-0,03
			500,183	2,71	
1000	669,92	669,151			-0,27
			500,222	2,98	
1500	655,17	654,247			0,61
			500,14	2,37	
2000	643,13	642,414			0,78
			500,063	1,59	
2500	635,26	634,454			-1,35
			500,215	2,94	
3000	620,69	619,778			2,82
			281,64	0,12	
3281,64	620,03	619,430			
		suma	3284,839		

Fuente: López (2003), p. 237

Dónde:

Abscisa y rasante = información suministrada por la Alcaldía Municipal de Mercaderes, Cauca.

Cota clave (columna 3) = se resta a la cota rasante la profundidad a donde se quiere enterrar la tubería.

Longitud real (columna 4):

Ecuación 85. Longitud real.

$$\text{longitud real} = \sqrt{A^2 + B^2} = 500,17 = \sqrt{500^2 + 13,42^2} = 500,18 \text{ m}$$

Longitud total de tubería = 3284,839 m

Pendiente (s) (columna 5).

Ecuación 86 pendiente.

$$S = \frac{B}{A} * 100$$

$$S = \frac{13,42}{500} * 100$$

$$S = 2,61 \%$$

Diferencia o suma de pendientes (Δ o Σ) (columna 6).

$$2,68 - 2,71 = -0,03$$

La tabla 10 del perfil de conducción es un pequeño resumen de la tabla real ya que es una tabla muy extensa cabe resaltar que esta tabla es para saber la longitud real de la tubería en cada tramo esta información está en el anexo 7 Y para encontrar los codos verticales que deben ir, se necesita un solo codo de $11\frac{1}{4}^\circ$ de 2 pulgadas en la abscisa 2700.

4.2.4.2 Presiones de diseño.

Ecuación 87. Presión estática máxima.

$$\begin{aligned} &= \text{cota lamina agua salida del desarenador} - \text{cota clave mas baja de conduccion.} \\ \text{presion estatica max} &= 696,46 - 616,13 & \text{presion estatica max} &= 80,33 \text{ m} \end{aligned}$$

Ecuación 88. Presión de diseño (Pd).

$$= \text{presion estatica maxima} * 1,3 \quad = 80,33 * 1,3 \quad \text{Pd} = 104,43 \text{ m}$$

4.2.4.3 Diámetro y accesorios de tubería Carga hidráulica disponible (H)

$$H = 696,46 - 619,43 \quad H = 77,03 \text{ m}$$

Gradiente hidráulico (I)

$$I = \frac{H}{\text{Longitud tubería}} \quad I = \frac{77,03}{3284,84} \quad I = 0,023 \text{ m/m}$$

Ecuación 89. Diámetro de tubería de conducción.

$$D = \left(\frac{Q}{0,2785 * C * I^{0,54}} \right)^{\frac{1}{2,63}} \quad D = \left(\frac{0,00188}{0,2785 * 150 * 0,02345^{0,54}} \right)^{\frac{1}{2,63}}$$

$$D = 0,05 \text{ m} = 1,89 \text{ pulg}$$

El diámetro se aproxima a un diámetro comercial 2 pulg.

Información de tubería:

- Diámetro nominal de tubería = 2 pulg = 60 mm
- Diámetro externo = 60,32 mm
- Espesor de la pared del tubo = 2,31 mm

- Diámetro interno real = 55,70 mm = 0,0557 m
- RDE = 26
- Presión de trabajo = 112,5 mca
- Longitud total de tubería = 3288,936 m

4.2.4.4 Cálculo de las pérdidas de energía.

Tabla 19. Accesorios en conducción

Accesorios	Cantidad	Valor K
codos 45 ° 2 "	1	0,3
codos 22 1/2° 2 "	8	0,3
codos 11 ¼°	29	0,3
válvula de control 2"	5	0,2
válvula de purga 2"	1	0,2
válvula ventosas 2"	2	0,2
uniones	566	

Fuente: propia

Pérdidas por codos

Velocidad

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \qquad v = \frac{4 \cdot 0,00187}{\pi \cdot 0,0557^2} \qquad v = 0,77 \text{ m/s}$$

$$h_1 = K * \frac{V^2}{2 * g} * \Sigma n * \sqrt{\frac{\theta}{90^\circ}}$$

$$h_1 = \left(0,3 * \frac{0,77^2}{2 * 9,81} \right) * \left(\left(1 * \sqrt{\frac{45}{90}} \right) + \left(8 * \sqrt{\frac{22,5}{90}} \right) + \left(29 * \sqrt{\frac{11,25}{90}} \right) \right)$$

$$h_1 = 0,13591 \text{ m}$$

Perdidas por válvulas

$$h_1 = K * n * \frac{v^2}{2 * g} \qquad h_1 = 0,2 * 8 * \frac{0,77^2}{2 * 9,81} \qquad h_1 = 0,048 \text{ m}$$

Dónde:

n = cantidad de válvulas

Cálculo de las pérdidas totales.

Ecuación 91. Sumatoria de pérdidas.

$$h_{1 \text{ total}} = h_{1 \text{ valvulas}} + h_{1 \text{ codos}} = 0,048 + 0,13591 \quad h_{1 \text{ total}} = 0,18 \text{ m}$$

Ecuación 92. Carga hidráulica disponible corregida.

$$H = C_{\text{lamina desarenador}} - C_{\text{lamina tanque}} - h_{1 \text{ total}}$$

$$H = 696,46 - 619,43 - 0,18$$

$$H = 76,85 \text{ m}$$

Corrección del gradiente hidráulico

$$I = \frac{H}{L}$$

$$I = 76,85/3284,84$$

$$I = 0,02 \text{ m/m}$$

Corrección del diámetro.

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

$$D = \left(\frac{0,00188}{0,2785 * 150 * 0,02^{0,54}} \right)^{\frac{1}{2,63}}$$

$$D = 0,05 \text{ m} = 1,89 \text{ pulg} = 2 \text{ pulg comercial CHEQUEA}$$

El diámetro nos sigue dando 2 pulg por lo tanto chequea.

4.2.4.5 Línea piezométrica y golpe de ariete.

Línea piezométrica.

$$L_{\text{piezometrica}} = C_{\text{lamina desarenador}} - H - \Sigma h_1 = 696,46 - 76,85 - 0,18$$
$$L_{\text{piezometrica}} = 619,43 \text{ m}$$

Comprobación del golpe de ariete.

Datos preliminares.

Material de tubería PVC (K) = 18

Tabla 20. Abscisas de válvulas de control.

Válvulas	Abscisa	Clave	Longitud real	Unidades
control 1	0	696,110		m
control 2	800	675,965	800,776	m
control 3	1600	650,514	1601,406	m
control 4	2400	635,382	2401,817	m
control 5	3281,64	619,430	3284,839	m

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de celeridad de la onda.

Ecuación 93 celeridad de la onda

$$C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}} \quad C = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 18 \frac{0,0557}{0,0023}}} \quad C = 450,78 \text{ m/s}$$

Ecuación 94. Fase de la tubería.

$$T = \frac{2 \cdot L}{C} \quad T = \frac{2 \cdot 800,776}{450,78} \quad T = 3,553 \text{ s}$$

Ecuación 95 sobrepresión.

$$h_a = \frac{C \cdot V}{g} \quad h_a = \frac{450,78 \cdot 0,77}{9,81} \quad h_a = 35,42 \text{ m}$$

presión estática sobre la válvula.

Ecuación 96. Presión estática sobre la válvula.

$$= C_{\text{lamina desarenador}} - C_{\text{clave de valvula}} = 696,46 - 675,965 = 20,50 \text{ m}$$

Cálculo de la presión total sobre la válvula.

Ecuación 97. Presión disponible golpe de ariete.

$$= h_a + \text{presion estatica sobre valvula} = 35,42 + 20,50 = 55,92 \text{ m CHEQUEA}$$

Chequea con la Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 de 2017
Presión de trabajo > presión total de válvula.

Tabla 21. Presión total en válvulas.

Cálculos en las válvulas	Válvula 2	Válvula 3	Válvula 4	Válvula 5	112,5 mca
Celeridad de la onda (m/s)	450,78	450,78	450,78	450,78	chequea
Fase de la tubería (s)	3,553	7,105	10,656	14,574	Chequea
Sobrepresión (m)	35,42	35,42	35,42	35,42	chequea
Presión estática (m)	20,50	45,95	61,08	77,03	Chequea
Presión total (m)	55,92	81,37	96,50	112,45	chequea

Fuente: propia

El resultado final del perfil de la línea de conducción se muestra en los anexos 7 y 12

4.2.5 Tanque de almacenamiento.

Información preliminar.

- Periodo de diseño = 25 años.
- Población de diseño. = 657 habitantes
- Caudal máximo diario (caudal de diseño). = 0,00188 m³/s = 162,279 m³/día
- Cota de descarga en el tanque = 619,43 m
- Cota de la lámina de agua en el tanque = 619,23 m.
- Longitud de tubería de desagüe = 8,2 m
- Cota de entrega del desagüe = 616 m

El tanque de almacenamiento se diseña a nivel de terreno, funciona por gravedad las 24 horas del día. Teniendo en cuenta esta información utilizamos los valores de la (tabla 13) y sacamos el valor más alto de la columna 8 el cual nos indica que corresponde al mayor valor en % de acumulación que se requiere.

Valor de tabla 13 (V) = 23 % entre la hora 5 – 6

4.2.5.1 Diseño del tanque de almacenamiento Cálculo del volumen.

Ecuación 99. Volumen del tanque.

$$\text{vol} = \% \text{ de aumento} * \left(Q_{\text{diseño}} * \frac{\text{mayor valor de tabla}}{100} \right)$$
$$\text{vol} = 1,2 * \left(162,279 * \frac{23}{100} \right) \quad \text{vol} = 44,789 \text{ m}^3$$

Dónde:

% de aumento = (20% Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017).

La Norma RAS 2000 modificada por la resolución 0330 del 2017 estipula hallar un volumen en caso de incendios para poblaciones mayores a 12500 habitantes, debido a que la población de Esperanzas del río Mayo es de 657 habitantes no se debe calcular volumen en caso de incendios.

Altura del tanque.

Ecuación 100. Altura del tanque de almacenamiento.

$$H = \frac{\text{vol}}{300} + K \qquad H = \frac{44,789}{300} + 2 \qquad H = 2,149 \text{ m}$$

Dónde:

K = 2 valor de tabla 14 según el volumen encontrado.

Ancho y largo del tanque.

El tanque que se va a diseñar es de base cuadrada por lo tanto el valor de largo es el mismo valor del ancho.

Ecuación 101. Ancho y largo del tanque.

$$B = \sqrt{\frac{\text{vol}}{H}} \qquad b = \sqrt{\frac{44,789}{2,149}} \qquad b = 4,56 \text{ m}$$

Ancho del tanque = 4,56 m

Largo del tanque = 4,56 m

4.2.5.2 Cotas y niveles del agua en el tanque.

Ecuación 102. Altura de regulación.

$$H_{\text{regulacion}} = \frac{\text{vol}}{\text{area}} \qquad H_{\text{regulacion}} = \frac{44,789}{4,56*4,56} \qquad H_{\text{regulacion}} = 2,15 \text{ m}$$

Puesto que la altura de regulación da la misma altura del tanque se procede a agregar una altura mayor al tanque.

Altura total del tanque.

$$H_{\text{real}} = H_{\text{regulacion}} + H_{\text{adicional}} \qquad H_{\text{real}} = 2,15 + 0,35 \qquad H_{\text{real}} = 2,50 \text{ m}$$

Tubería del desagüe.

- Cota entrega del desagüe = 616 m
- Cota lámina de agua del tanque = 619,23 m
- Carga hidráulica disponible (H_1) = 3,23 m
- Longitud del desagüe = 8,210 m
- Diámetro de tubería = 4 pulg
- Espesor de pared de tubo = 0,00279 m
- Diámetro interno real = 0,10872 m

➤ Relación diámetro espesor (RDE) = 41

Tabla 22. Accesorios en conducción de desagüe del tanque de almacenamiento.

Accesorios	Valor	Unidad
Entrada normal	2,5	m
Válvula de compuerta	1,1	m
Salida de tubería	5	m
Longitud de tubería	8,210	m
LTE	16,81	m

Fuente: propia

Pérdidas en la conducción de excesos

Ecuación 103. Gradiente hidráulico (I).

$$H1 = \text{Cota agua nivel maximo} - \text{Cota entrega del desagüe}$$

$$H1 = 619,23 - 616 = 3,23 \text{ m}$$

$$I = \frac{H_1}{L} \qquad I = \frac{3,23}{16,81} \qquad I = 0,19 \text{ m/m}$$

Dónde:

Carga hidráulica (H1)

Ecuación 104. Caudal inicial.

$$Q_{\text{inicial}} = 0,2785 * C * D^{2,63} * I^{0,54}$$

$$Q_{\text{inicial}} = 0,2785 * 150 * 0,10872^{2,63} * 0,19^{0,54}$$

$$Q_{\text{inicial}} = 0,050 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dónde:

C = coeficiente de rugosidad Hassen = 150 PVC

Tiempo de vaciado.

Ecuación 105. Coeficiente de descarga.

$$Cd = \frac{Q}{A_0 * \sqrt{2 * g * H}} \qquad Cd = \frac{0,050}{0,009 * \sqrt{2 * 9,81 * 2,50}} \qquad Cd = 0,77 \text{ m}$$

Dónde:

$$A_o = \frac{\pi * D^2}{4} \qquad A_o = \frac{\pi * 0,10872^2}{4} \qquad A_o = 0,009 \text{ m}^2$$

Ecuación 106. Tiempo de vaciado.

$$T_{\text{vaciado}} = \frac{2 * (b * b)}{cd * A_o * \sqrt{2 * g}} * H_1^{1/2}$$

$$T_{\text{vaciado}} = \frac{2 * (4,56 * 4,56)}{0,77 * 0,009 * \sqrt{2 * 9,81}} * 3,80^{1/2}$$

$$T_{\text{vaciado}} = 2365,059 \text{ seg} = 0,65 \text{ horas}$$

El tiempo de vaciado es el tiempo en segundos que se demora en vaciar el tanque de almacenamiento en caso de que lo vayan a lavar.

4.2.5.3 Cálculo de cotas del tanque de almacenamiento.

Tabla 15. Cálculo de cotas.

Información	Valor	Unidad
Cota agua nivel máximo	619,23	m
Cota agua nivel mínimo	617,08	m
Cota fondo del tanque	616,73	m
Cota clave de llegada del desarenador	619,43	m
Cota batea de llegada de conducción	619,38	m
Tubería de desagüe		
Cota entrega del desagüe	616	m
Carga hidráulica disponible	3,23	m

Fuente: Elaboración propia

Los planos respectivos de los componentes que conforman un tanque de almacenamiento se encuentran en el anexo 11

4.3 FASE 3.

Las reuniones de concientización a la comunidad de la vereda Esperanzas del rio Mayo fueron exitosas, la comunidad en general está dispuesta a cuidar el

acueducto con jornadas de limpieza, evitando derroche de agua y se comprometieron en realizar pequeñas reforestaciones al sitio de la bocatoma.

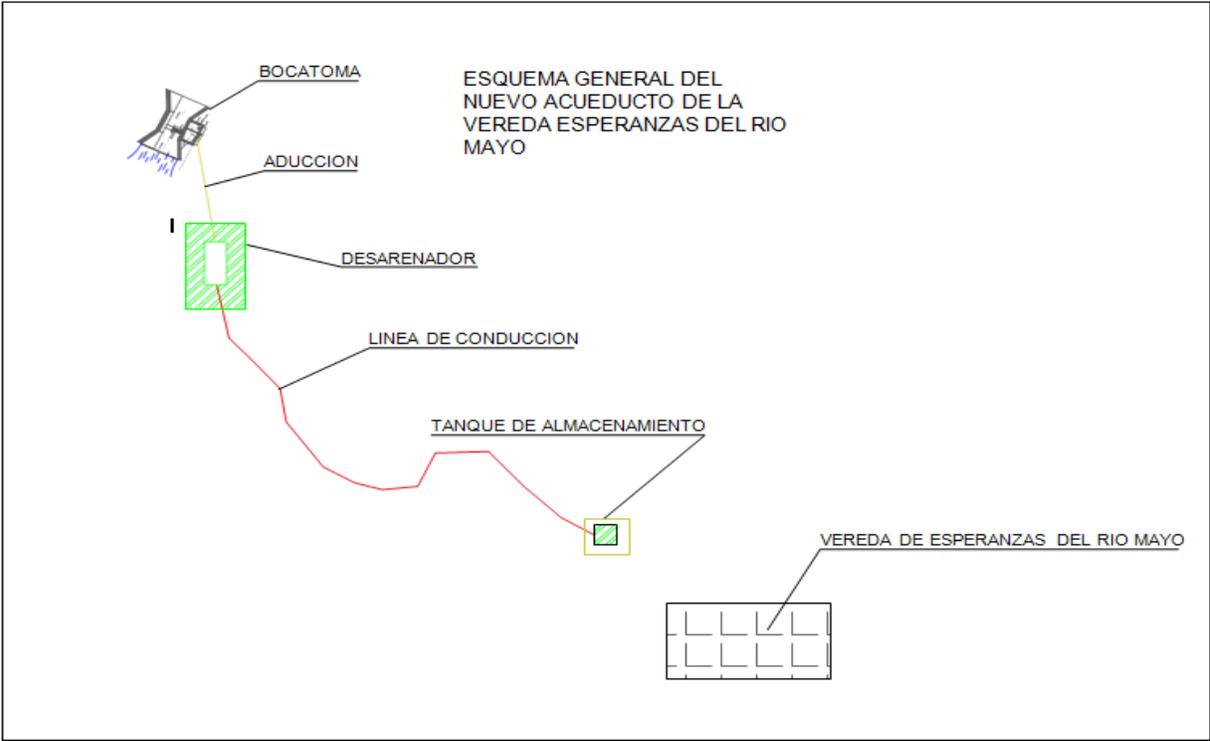


Figura 5. Esquema general del nuevo acueducto de la vereda Esperanzas Del Rio Mayo.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES

- Debido a que la vereda Esperanzas de Mayo posee pocas viviendas, para satisfacer sus necesidades de abastecimiento de agua se necesita un caudal muy pequeño, lo cual ocasiona que los diseños de las estructuras se cumplan con unas dimensiones menores a las mínimas exigidas por la normatividad, de acuerdo con la resolución 0330 del 2017, por tanto, para mejorar dicho diseño se utilizó el caudal mínimo del río y así poder diseñar unas estructuras con unas dimensiones un poco mayores a las requeridas según el número de habitantes, pero cumpliendo con las mínimas exigidas por la norma.
- Durante el desarrollo del presente trabajo se logran complementar los estudios teóricos adquiridos como estudiante de ingeniería ambiental y sanitaria, con la parte práctica, además de la interacción con la comunidad beneficiada.
- De acuerdo a las características topográficas de la vereda, se logra diseñar un sistema que actúa por gravedad para la línea de aducción y la línea de conducción del agua. En relación con uno de los objetivos de este trabajo, el cual es mejorar la calidad de vida de los habitantes de la vereda, se puede decir que se dio un paso muy importante con la finalización de este proyecto, pues en la medida en que se implemente, los habitantes de la vereda podrán contar con un servicio de suministro de agua adecuado.
- Para realizar el diseño de la captación, se obtuvo un caudal mínimo de la fuente de abastecimiento (quebrada “El Pinche”) igual a 48,06 l/s, el cual se considera suficiente para suplir las necesidades de la población beneficiaria del proyecto, es decir, cumple con la demanda necesaria para tal fin.
- Se estableció que para la zona de estudio no hay mucha información confiable debido a diferentes causas, sin embargo, el diseño se realizó teniendo en cuenta los estudios previos realizados con anterioridad por el Municipio y adoptando las normas y recomendaciones establecidas en la Resolución 0330 que modifica el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000), para un proyecto con bajo nivel de complejidad.
- El diseño de un sistema de acueducto así sea de bajo nivel de complejidad, podría ser muy deficiente si no se cuenta con la asesoría y la revisión de un diseñador que posea una gran experticia en el tema, para suplir esta falencia por parte del pasante se contó con la asesoría de diseñadores profesionales tanto de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, como de la Oficina de Planeación Municipal de Mercaderes, y de otros profesionales del ramo,

además de tener en cuenta la normatividad vigente y la consulta permanente de los libros y textos de diseño de sistemas de acueductos.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es recomendable seguir con mucha precisión las especificaciones de diseño y los resultados de las mismas planteadas en este proyecto, por lo contrario, se podrían ocasionar fallas, deficiencias o mal funcionamiento del sistema.
- Las estructuras hidráulicas diseñadas en el presente trabajo (bocatoma, desarenador, tanque de almacenamiento) deberán ser protegidas por un cerramiento que evite el acceso de animales o personal ajeno a esta, para evitar que se produzca contaminación o afectación al buen funcionamiento del sistema.
- El Municipio de Mercaderes debe trazarse la meta de ampliación de cobertura de suministro de agua de buena calidad a través de proyectos que encajen en un plan de agua potable del Departamento y a su vez en programas sobre usos del agua a nivel Nacional, que permitan gestionar los recursos necesarios para garantizar un servicio pleno, eficiente y confiable de este preciado líquido, que permita mejorar el bienestar de la población y elevar la producción y productividad agrícola y de las diferentes actividades económicas y sociales del municipio;
- La inspección y el mantenimiento de las estructuras, la línea de conducción y aducción deben ser periódicos y estar a cargo de personal capacitado para estos menesteres.
- Se sugiere implementar mecanismos de protección en la quebrada, los cuales pueden ser realizados por los mismos usuarios, con el fin de poder evitar una posible contaminación de esta, de esta manera se puede garantizar para un suministro de agua de buena calidad y en la cantidad necesaria y suficiente para cumplir con las necesidades de la comunidad.
- Es muy importante efectuar la socialización a los usuarios acerca de la importancia del buen uso del acueducto, concientizándolos de que este sistema es exclusivo para el consumo humano y no para ser utilizado como distrito de riego, ni para la actividad pecuaria, enfatizando que de no tener esta recomendación presente se podrían ver elevados los picos de consumo y por ende podría colapsar el sistema.

- Para la protección de las tuberías se recomienda una profundidad mínima de 0,60 metros a cota clave desde la superficie del terreno, para evitar daños por la acción de las cargas vivas.
- Para la ubicación de la tubería en la zanja se recomienda un ancho de la excavación de 0,30 metros -como mínimo- mayor al diámetro de la tubería.
- Se recomienda que la tubería se debe apoyar sobre un colchón de arena de 0,10 metros de espesor y cubierta por una capa de material seleccionado.

BIBLIOGRAFÍA

Benavides, D. Castro, M. y Vizcaíno, H. (2006). *Optimización del acueducto por gravedad del municipio de Timaná (Huila)*. (Tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de La Salle. Bogotá.

Bokova, I. (2010). 22 de marzo: Día Mundial del Agua. *Elemental Watson "la" revista*. Año 1. No. 1. Abril.

Cabrera, N. (2015). *Propuesta para el mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua para los habitantes de la vereda "el tablón" del municipio de Chocontá*. (Proyecto de grado para título de tecnólogo en saneamiento ambiental). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Cundinamarca.

Colmenares, M. y Sáenz, L. (2015). *Diseño del sistema de acueducto en la vereda Perdiguiz del municipio de Macanal, Boyacá utilizando modelación matemática*. (Tesis presentada para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá.

Colombia. Ministerio De Desarrollo Económico. (2000). *Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Documentación técnico normativa del sector de agua potable y saneamiento básico. Santafé de Bogotá D.C. Recuperado de: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_a_.pdf

_____. _____. Resolución 1096 de 2000 (Noviembre 07) "*Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS*".

Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (2010). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS - Título B. Sistemas de Acueducto*. Bogotá.

_____. _____. Resolución 0330 de 2017 (8 de junio). "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009".

Comisión Nacional del Agua (2011). *Estadísticas del agua en México. Capítulo 8. Agua en el mundo*. Recuperado de: http://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/sina/capitulo_8.pdf

CORPONARIÑO. Resolución 00065 del 2016 (15 de febrero). "Por la cual se autoriza una concesión de aguas". San Juan de Pasto.

Correa, H. (2006). *Acueductos Comunitarios. Patrimonio público y movimientos sociales*. Bogotá.

Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas (2005). *El agua, fuente de vida 2005-2015*, p. 3. New York – Estados Unidos.

Empresas públicas de Medellín E.S.P. (2009). *Normas de diseño de sistemas de acueducto de EPM*. 1ª. ed. Colombia.

Equipo CIRA (2010, diciembre). *Manual para la referenciación de redes de acueducto y alcantarillado*. Sistema de gestión de calidad. Gerencia Operación Metropolitana Aguas. Medellín.

García, N. y Cuesta, J. (2016). *Plan de acción para la gestión del acueducto comunitario Acuamarg, vereda Margaritas, zona rural localidad de Usme, Bogotá – Colombia*. (Tesis presentada para optar el título de Especialistas en Gerencia de los Recursos Naturales). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá D.C.

Hidráulica en tuberías a presión. Dispositivas. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/HIDRAULICA%202015.pdf>

Informe Técnico “Ciudadela Esperanza del Mayo”, Mercaderes – Cauca. Junio, 2011. Consultor: Alfredo Omar Tello. Información suministrada por Harvy Muñoz, Presidente de la Junta del Acueducto Esperanzas de río Mayo. San Juan de Pasto.

Jaime Roa P.A. (2008). *Diseño acueducto Vereda el Retiro, municipio de Santa María -Boyacá*. Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería Civil. Bogotá D.C.

López C., R.A. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. 2ª ed. Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Méndez, A. (2013). *Diseño hidráulico para monte grande I*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Managua.

Plan de Desarrollo mercaderes cauca 2012-2015 “Sembrando futuro”. Edilson Gómez Balanta – Alcalde Municipal. Acuerdo No. 003 de mayo 30 de 2012. Recuperado de: <http://cdim.esap.edu.co/bancomedios/Documentos%20PDF/mercaderes-pd-2012-2015.pdf>

Presidencia de la República de Colombia. Decreto 1469 de 2010 (Abril 30) “*Por el cual se reglamentan las disposiciones relativas a las licencias urbanísticas; al reconocimiento de edificaciones; a la función pública que desempeñan los*

curadores urbanos y se expiden otras disposiciones". Bogotá D.C. Diario Oficial 47.698 de mayo 3 de 2010.

_____. _____. Decreto 849 de 2002 (Abril 30) "*Por el cual se reglamenta el artículo 78 de la Ley 715 de 2001*". Bogotá. Diario Oficial 44.790 del 4 de mayo de 2002.

Sanabria, A. (2010). *Operación y mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua*. Serie: gestión del agua en cuencas transfronterizas. Recuperado de: https://cmsdata.iucn.org/downloads/3_5_fasciculo_4___operacion_y_mantenimiento.pdf

UNICEF – Colombia, Procuraduría General de la Nación (s.f.). *Capítulo 2. Los programas y proyectos municipales para el sector*. Recuperado de: <https://www.unicef.org/colombia/pdf/Agua4.pdf>

AQUARISC – Cauca, Gobernación Del Cauca. *Análisis de vulnerabilidad e implementación de alertas tempranas para sistemas de abastecimiento de agua en el departamento del Cauca*. Recuperado de: <http://cinara.univalle.edu.co/images/convocatorias/Convocatoria2/Anexos/ANEXO%201>

Alcaldía Municipal De Mercaderes Cauca.(2005). *Esquema de Ordenamiento Territorial Mercaderes Cauca*. Recuperado de: http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/M/mercaderes_-_cauca_-_eot_-_2005/mercaderes_-_cauca_-_eot_-_2005.asp

ANEXOS

anexo 1: resolución 00065 concesión de aguas vereda esperanzas del rio mayo

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Conceder a nombre de LA ASOCIACIÓN ADMINISTRADORA DE ACUEDUCTO ESPERANZAS DEL MAYO, persona jurídica identificada con Nit No. 900831409-9, representada legalmente por el señor SEGUNDO MANUEL HERMOSA DEL CASTILLO, identificado con la C.C. No. 87.470.195 expedida en Buesaco; concesión de aguas de la fuente de uso público denominada "EL PINCHE", localizada en la vereda La Sierra, del Municipio de El Rosario, Departamento de Nariño; un caudal de DOS PUNTO CUARENTA Y OCHO LITROS POR SEGUNDO (2.48 LPS) equivalente al 5,16% del caudal aforado, sobre las coordenadas X:0969524 Y:0680316, a la Altura de 742 m.s.n.m.

ARTICULO SEGUNDO.- El caudal a conceder de DOS PUNTO CUARENTA Y OCHO LITROS POR SEGUNDO (2.48 LPS), de la concesión autorizada debe ser destinado exclusivamente para CONSUMO HUMANO Y DOMESTICO de 124 usuarios de la vereda Esperanzas del Mayo, Municipio de Mercaderes. Esta concesión se otorga limitándola al caudal disponible teniendo en cuenta los demás usos y las reservas que se deben mantener para el caudal ecológico u otras necesidades futuras previstas.

anexo 2: Certificación de población de la Alcaldía Municipal De Mercaderes Cauca.

 **REPUBLICA DE COLOMBIA DEPARTAMENTO DEL CAUCA**
MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA
Tierra de Paz y Cuna de Artistas
ALCALDIA MUNICIPAL - NIT: 891502397-6
SECRETARIA DE PLANEACION Y O. P.

SP-2018 - 1

JEFE DE LA UNIDAD DE PLANEACIÓN DEL MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA, EN USO DE SUS ATRIBUCIONES LEGALES

CERTIFICA QUE:

- La población estimada en la vereda esperanzas de mayo en el año 2018 son de 400 habitantes (información suministrada por el presidente de la asociación del acueducto de la vereda esperanzas de mayo, a través de certificación)

Se firma en las instalaciones de la alcaldía municipal de mercaderes cauca el día 12 de octubre del 2018



ING ANDRES MELO SOLARTE
Secretario De Planeación De Obras Públicas
Municipio de la Mercaderes, Departamento del Cauca.

 **483**
MERCADERES
Años de Historia

Palacio Municipal – Cra. 3ª Calle 4ª, Esquina Cel: 3122947418
www.mercaderes-cauca.gov.co - E mail: alcaldia@mercaderes-cauca.gov.co
Secretaría de Planeación: Cel: 312 294 74 13
E mail: secretariadeplaneacion@mercaderes-cauca.gov.co
CON TRABAJO Y PAZ A FUTURO HAREMOS MÁS

anexo 3: Especificaciones de la quebrada " el pinche ".

	REPUBLICA DE COLOMBIA DEPARTAMENTO DEL CAUCA MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA <i>Tierra de Paz y Cuna de Artistas</i> ALCALDIA MUNICIPAL - NIT: 891502397-6 SECRETARIA DE PLANEACION Y O. P.	SP-2018 - 2
---	---	-------------

JEFE DE LA UNIDAD DE PLANEACIÓN DEL MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA, EN USO DE SUS ATRIBUCIONES LEGALES

CERTIFICA QUE

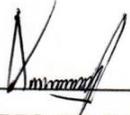
Las especificaciones de la quebrada el pinche son las siguientes:

- Ancho del rio promedio= 4 metros
- Velocidad del rio = 0,80 m/s
- Caudal máximo = 453 l/s
- Caudal medio = 250,530 l/s
- Caudal mínimo = 48,060 l/s

Datos obtenidos del consultor Alfredo Omar Tello

Acorde al caudal registrado en la resolución 00065 del 15 de febrero del 2016, la Corporación Autónoma De Nariño "CORPONARIÑO", otorgo a la Asociación Administradora De El Acueducto Esperanzas De Mayo un caudal de 2.48 litros/segundos por concesión de aguas superficiales de uso público. De la quebrada el pinche.

Se firma en las instalaciones de la alcaldía municipal de mercaderes cauca el día 12 de octubre del 2018.



ING ANDRES MELO SOLARTE

Secretario De Planeación De Obras Públicas

Municipio de la Mercaderes, Departamento del Cauca.

	Palacio Municipal – Cra. 3ª Calle 4ª. Esquina Cel: 3122947418 www.mercaderes-cauca.gov.co - E mail: alcaldia@mercaderes-cauca.gov.co Secretaría de Planeación: Cel: 312 294 74 13 E mail: secretariadeplaneacion@mercaderes-cauca.gov.co CON TRABAJO Y PAZ A FUTURO HAREMOS MÁS
---	--

anexo 4: coordenadas de las estructuras.



REPUBLICA DE COLOMBIA DEPARTAMENTO DEL CAUCA
MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA
Tierra de Paz y Cuna de Artistas
ALCALDIA MUNICIPAL - NIT: 891502397-6
SECRETARIA DE PLANEACION Y O. P.

SP-2018 - 3

JEFE DE LA UNIDAD DE PLANEACIÓN DEL MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA, EN USO DE SUS ATRIBUCIONES LEGALES

CERTIFICA QUE

Se hace entrega de un levantamiento topográfico en medio digital de la vereda esperanzas de mayo para el diseño del acueducto veredal con coordenadas de futuras ubicaciones de las estructuras.

PUNTOS DE CONDUCCION

	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
0	969444.2219	680483.5248	111	970217.3377	679793.8176	222	971039.6067	679332.4204
1	969443.8854	680473.5304	112	970221.1289	679784.5883	223	971049.0377	679329.0953
2	969443.6335	680463.5342	113	970223.9365	679774.9988	224	971058.4750	679325.7884
3	969443.5290	680453.5348	114	970227.5083	679765.6609	225	971067.9335	679322.5423
4	969443.3542	680443.5364	115	970231.2412	679756.3840	226	971077.5914	679319.9637
5	969443.1530	680433.5384	116	970234.9141	679747.0829	227	971087.2539	679317.3877
6	969444.5254	680423.7853	117	970238.8539	679737.8951	228	971096.9164	679314.8116
7	969447.7556	680414.3214	118	970242.9886	679728.7899	229	971106.5887	679312.2731
8	969450.9858	680404.8575	119	970247.1232	679719.6847	230	971116.2689	679309.7642
9	969454.9057	680395.6769	120	970251.4318	679710.6630	231	971125.9276	679307.1759
10	969459.2603	680386.6748	121	970256.0293	679701.7850	232	971135.5573	679304.4796
11	969463.5982	680377.6650	122	970261.0748	679693.1511	233	971145.1651	679301.7069
12	969467.6248	680368.5115	123	970267.4718	679685.4761	234	971154.6824	679298.6392
13	969471.6513	680359.3580	124	970274.3296	679678.2034	235	971164.1788	679295.5060
14	969475.6779	680350.2045	125	970281.3026	679671.0357	236	971173.5692	679292.0775
15	969479.9341	680341.1594	126	970288.1441	679663.7454	237	971182.8653	679288.3929
16	969484.4453	680332.2348	127	970293.9245	679655.7977	238	971192.0892	679284.5303
17	969489.7221	680323.7778	128	970300.9952	679649.2506	239	971201.3131	679280.6678
18	969494.4229	680314.9922	129	970309.1695	679643.4904	240	971210.4602	679276.6279
19	969500.2495	680306.8650	130	970317.1029	679637.4060	241	971219.5882	679272.5436
20	969506.0214	680298.6993	131	970324.9737	679631.2375	242	971228.7161	679268.4594
21	969511.7090	680290.4743	132	970332.8445	679625.0690	243	971237.6522	679263.9905
22	969517.3966	680282.2492	133	970340.6982	679618.8794	244	971246.4066	679259.1573



Palacio Municipal – Cra. 3ª Calle 4ª, Esquina Cel: 3122947418
www.mercaderes-cauca.gov.co - E mail: alcaldia@mercaderes-cauca.gov.co
 Secretaría de Planeación: Cel: 312 294 74 13
 E mail: secretariadeplaneacion@mercaderes-cauca.gov.co
CON TRABAJO Y PAZ A FUTURO HAREMOS MÁS



REPUBLICA DE COLOMBIA DEPARTAMENTO DEL CAUCA
MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA
Tierra de Paz y Cuna de Artistas
ALCALDIA MUNICIPAL - NIT: 891502397-6
SECRETARIA DE PLANEACION Y O. P.

SP-2018 - 4

23	969523.0087	680273.9732	134	970348.3493	679612.4404	245	971255.1564	679254.3157
24	969528.5154	680265.6260	135	970356.0003	679606.0013	246	971263.8964	679249.4564
25	969534.0221	680257.2787	136	970363.6514	679599.5623	247	971272.6364	679244.5972
26	969540.8106	680249.9893	137	970371.3025	679593.1233	248	971281.4975	679239.9650
27	969547.9610	680242.9984	138	970377.8452	679585.5664	249	971290.4013	679235.4128
28	969555.1474	680236.0451	139	970383.7605	679577.5035	250	971299.3971	679231.0531
29	969562.4191	680229.1806	140	970389.4714	679569.3034	251	971308.5680	679227.0693
30	969569.5033	680222.1383	141	970394.7026	679560.7807	252	971318.1670	679224.3765
31	969575.9666	680214.5077	142	970400.3085	679552.5049	253	971328.0978	679223.2023
32	969582.4299	680206.8771	143	970406.0708	679544.3320	254	971338.0275	679222.0190
33	969588.8932	680199.2465	144	970411.8330	679536.1591	255	971347.9068	679221.7475
34	969594.9171	680191.2732	145	970417.8549	679528.1840	256	971357.4994	679224.5018
35	969600.7451	680183.1470	146	970424.2047	679520.4587	257	971366.8292	679228.0265
36	969606.7006	680175.1225	147	970430.5545	679512.7334	258	971375.2806	679233.3720
37	969613.3196	680167.6265	148	970436.9043	679505.0081	259	971383.0064	679239.4535
38	969619.9385	680160.1305	149	970443.7861	679497.7535	260	971388.4722	679247.8276
39	969626.5575	680152.6346	150	970450.6801	679490.5097	261	971393.9380	679256.2017
40	969634.5732	680146.7163	151	970457.5669	679483.2591	262	971399.2588	679264.6554
41	969643.3914	680142.0003	152	970464.4170	679475.9737	263	971403.1108	679273.8413
42	969652.2095	680137.2843	153	970471.2670	679468.6883	264	971404.4220	679283.7550
43	969661.0324	680132.5777	154	970478.0378	679461.3304	265	971405.7332	679293.6686
44	969670.0522	680128.2600	155	970484.6902	679453.8641	266	971406.5238	679303.6126
45	969679.1522	680124.1384	156	970491.1429	679446.2246	267	971406.3712	679313.6114
46	969688.6127	680120.8982	157	970497.5897	679438.5801	268	971406.2186	679323.6102
47	969698.2484	680118.7506	158	970503.2622	679430.3561	269	971406.2826	679333.6011
48	969708.1894	680118.0509	159	970507.6402	679421.3847	270	971407.1681	679343.5618
49	969718.0119	680116.2074	160	970511.4829	679412.1563	271	971408.0536	679353.5226
50	969727.7636	680113.9925	161	970515.1142	679402.8389	272	971408.9391	679363.4833
51	969737.3407	680111.1403	162	970518.7418	679393.5201	273	971409.8245	679373.4440
52	969747.0073	680108.5999	163	970522.3730	679384.2027	274	971410.7100	679383.4047
53	969756.5966	680105.7908	164	970526.0080	679374.8867	275	971411.5955	679393.3654
54	969765.8739	680102.0608	165	970529.5263	679365.5506	276	971412.7981	679403.2562
55	969774.9484	680097.8605	166	970535.5144	679357.5418	277	971416.1836	679412.6657
56	969784.1041	680093.8614	167	970541.6622	679349.6722	278	971419.5691	679422.0752
57	969793.6315	680090.8446	168	970548.7852	679342.6534	279	971422.9546	679431.4847
58	969803.2671	680088.1698	169	970556.0144	679335.7482	280	971426.3401	679440.8942
59	969812.8857	680085.4402	170	970563.9055	679329.6367	281	971429.7257	679450.3036
60	969822.4264	680082.4918	171	970572.7361	679324.9712	282	971434.7933	679458.4077
61	969832.1477	680080.1575	172	970581.7282	679320.5960	283	971443.0677	679464.0232
62	969841.9656	680078.2579	173	970590.8047	679316.4258	284	971451.5466	679468.5602



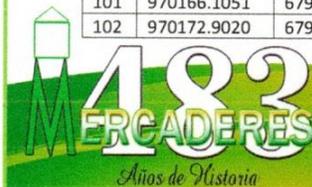
Palacio Municipal – Cra. 3ª Calle 4ª. Esquina Cel: 3122947418
www.mercaderes-cauca.gov.co - E mail: alcaldia@mercaderes-cauca.gov.co
Secretaría de Planeación: Cel: 312 294 74 13
E mail: secretariadeplaneacion@mercaderes-cauca.gov.co
CON TRABAJO Y PAZ A FUTURO HAREMOS MÁS



REPUBLICA DE COLOMBIA DEPARTAMENTO DEL CAUCA
MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA
Tierra de Paz y Cuna de Artistas
ALCALDIA MUNICIPAL - NIT: 891502397-6
SECRETARIA DE PLANEACION Y O. P.

SP-2018 - 5

63	969851.7835	680076.3583	174	970600.5850	679314.5744	285	971461.3023	679466.3632
64	969861.6014	680074.4588	175	970610.5107	679313.3577	286	971470.9919	679463.8914
65	969871.3416	680072.2312	176	970620.4787	679312.6195	287	971480.6810	679461.4171
66	969880.9675	680069.5217	177	970630.4640	679312.0766	288	971490.1296	679458.1934
67	969890.5935	680066.8122	178	970640.4291	679312.3454	289	971498.4433	679452.8481
68	969900.2047	680064.0617	179	970650.3428	679313.6296	290	971506.1722	679446.5026
69	969909.3230	680059.9614	180	970660.2211	679315.1855	291	971513.9010	679440.1570
70	969918.2197	680055.3953	181	970669.9888	679317.3111	292	971521.6298	679433.8115
71	969926.9977	680050.6100	182	970679.7322	679319.5617	293	971529.3586	679427.4660
72	969935.6921	680045.6699	183	970689.0232	679323.1759	294	971537.0874	679421.1205
73	969944.5784	680041.0838	184	970698.1794	679327.1964	295	971545.3373	679415.5356
74	969953.4008	680036.3860	185	970707.1340	679331.6456	296	971554.0456	679410.6197
75	969961.7421	680030.8739	186	970716.0770	679336.1201	297	971562.7539	679405.7038
76	969969.7247	680024.8781	187	970724.6590	679341.1623	298	971571.4621	679400.7879
77	969977.2041	680018.2404	188	970732.5623	679347.2889	299	971580.1704	679395.8720
78	969984.5732	680011.4821	189	970740.3786	679353.5263	300	971588.9180	679391.0268
79	969991.8571	680004.6304	190	970748.1949	679359.7637	301	971597.6879	679386.2217
80	969999.3825	679998.0769	191	970755.9913	679366.0260	302	971606.3402	679381.2219
81	970008.5030	679994.1041	192	970763.7916	679372.2834	303	971615.0810	679376.4008
82	970018.2111	679991.7057	193	970771.6100	679378.5182	304	971624.0406	679371.9594
83	970026.7727	679987.1540	194	970779.7230	679384.3441	305	971632.9076	679367.3422
84	970033.8704	679980.1096	195	970788.2848	679389.3472	306	971641.6375	679362.4648
85	970040.5250	679972.6606	196	970797.4448	679393.3591	307	971650.2491	679357.3854
86	970046.8973	679964.9539	197	970806.8666	679396.6924	308	971658.7777	679352.1640
87	970052.3626	679956.6170	198	970816.3469	679399.8741	309	971667.3369	679346.9930
88	970057.3493	679947.9520	199	970825.8606	679402.9442	310	971675.8961	679341.8219
89	970064.8533	679941.4692	200	970835.5318	679405.4875	311	971685.3595	679338.6315
90	970073.5407	679936.5258	201	970845.4579	679406.0328	312	971694.8735	679335.5517
91	970082.4838	679932.0513	202	970855.4578	679405.9990	313	971704.3874	679332.4719
92	970091.4269	679927.5768	203	970865.4363	679405.6964	314	971713.9013	679329.3920
93	970100.3700	679923.1024	204	970875.2129	679403.6953	315	971723.4451	679326.4196
94	970109.1425	679918.3216	205	970884.7910	679400.8213	316	971733.1837	679324.1481
95	970117.6548	679913.0738	206	970894.3678	679397.9430	317	971743.0646	679322.8866
96	970126.1612	679907.8164	207	970903.9260	679395.0036	318	971753.0517	679322.3783
97	970134.5919	679902.4383	208	970913.4843	679392.0642	319	971763.0388	679321.8700
98	970143.0226	679897.0602	209	970923.0425	679389.1248	320	971773.0376	679321.8779
99	970151.4435	679891.6693	210	970932.6008	679386.1854	321	971783.0375	679321.9311
100	970158.9098	679885.0169	211	970942.0292	679382.8574	322	971793.0373	679321.9842
101	970166.1051	679878.0882	212	970951.4355	679379.4630	323	971803.0143	679322.5760
102	970172.9020	679870.7531	213	970960.3692	679375.0104	324	971812.9827	679323.3706



Palacio Municipal - Cra. 3ª Calle 4ª Esquina Cel: 3122947418
www.mercaderes-cauca.gov.co - E mail: alcaldia@mercaderes-cauca.gov.co
Secretaría de Planeación: Cel: 312 294 74 13
E mail: secretariadeplaneacion@mercaderes-cauca.gov.co
CON TRABAJO Y PAZ A FUTURO HAREMOS MÁS



103	970179.6988	679863.4181	214	970969.1749	679370.2712	325	971822.9511	679324.1652
104	970186.0692	679855.7284	215	970977.9335	679365.4468	326	971832.9127	679325.0392
105	970192.0412	679847.7075	216	970986.6302	679360.5106	327	971842.8726	679325.9346
106	970198.0131	679839.6865	217	970995.3302	679355.5801	328	971852.8324	679326.8300
107	970203.4559	679831.2980	218	971004.0712	679350.7226	329	971858.3722	679327.3281
108	970206.7491	679821.8840	219	971012.8121	679345.8650			
109	970210.2080	679812.5036	220	971021.5976	679341.0909			
110	970213.7729	679803.1606	221	971030.5031	679336.5425			

estructuras	coordenadas	
	norte	este
Ubicación de bocatoma	680504.900	969443.431
Inicio de desarenador	680487.1248	969444.0887
Punto de desagüe desarenador	680485.3188	969429.2153
Tanque de almacenamiento	679327.3281	971858.3722
Punto de desagüe desarenador	680441,4146	969427,5104

Se firma en las instalaciones de la alcaldía municipal de mercaderes cauca el día 12 de octubre del 2018.

ING ANDRES MELO SOLARTE
Secretario De Planeación De Obras Públicas
Municipio de la Mercaderes, Departamento del Cauca.



anexo 5: módulos desarenador

	<p>REPUBLICA DE COLOMBIA DEPARTAMENTO DEL CAUCA MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA Tierra de Paz y Cuna de Artistas ALCALDIA MUNICIPAL - NIT: 891502397-6 SECRETARIA DE PLANEACION Y O. P.</p>	<p>SP-2018 - 1</p>
---	---	--------------------

**JEFE DE LA UNIDAD DE PLANEACIÓN DEL MUNICIPIO DE MERCADERES CAUCA,
EN USO DE SUS ATRIBUCIONES LEGALES**

CERTIFICA QUE:

A llevar a cabo los diseños del acueducto esperanzas del rio mayo se busca economía. Con base a esto se le autoriza al pasante **Cesar Jhonatan Albán Ibarra** el diseño de un solo modulo en el desarenador.

La ubicación del tanque de almacenamiento queda retirada de una fuente hidrica para enviar el caudal de excesos por lo que se le autoriza al pasante que lleve el agua de desagüe a una distancia cercana (máximo 15 metros)

Se firma en las instalaciones de la alcaldía municipal de mercaderes cauca el día 12 de noviembre del 2018



ING ANDRES MELO SOLARTE

Secretario De Planeación De Obras Públicas

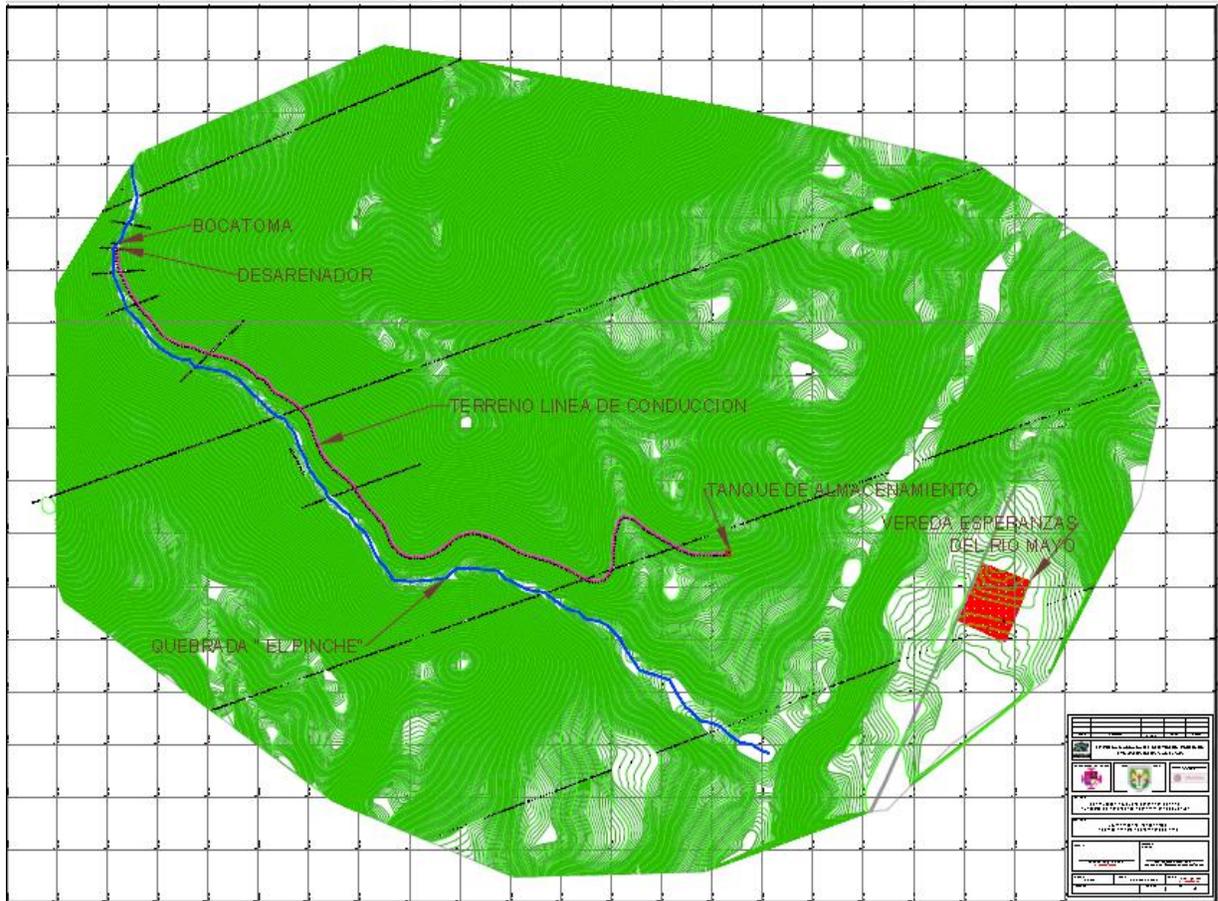
Municipio de la Mercaderes, Departamento del Cauca.



483
MERCADERES
Años de Historia

Palacio Municipal – Cra. 3ª Calle 4ª. Esquina Cel: 3122947418
www.mercaderes-cauca.gov.co - E mail: alcaldia@mercaderes-cauca.gov.co
Secretaria de Planeación: Cel: 312 294 74 13
E mail: secretariadeplaneacion@mercaderes-cauca.gov.co
CON TRABAJO Y PAZ A FUTURO HAREMOS MÁS

Anexo 6: Levantamiento topográfico vereda esperanzas de mayo.



anexo 7: valores de la línea de conducción.

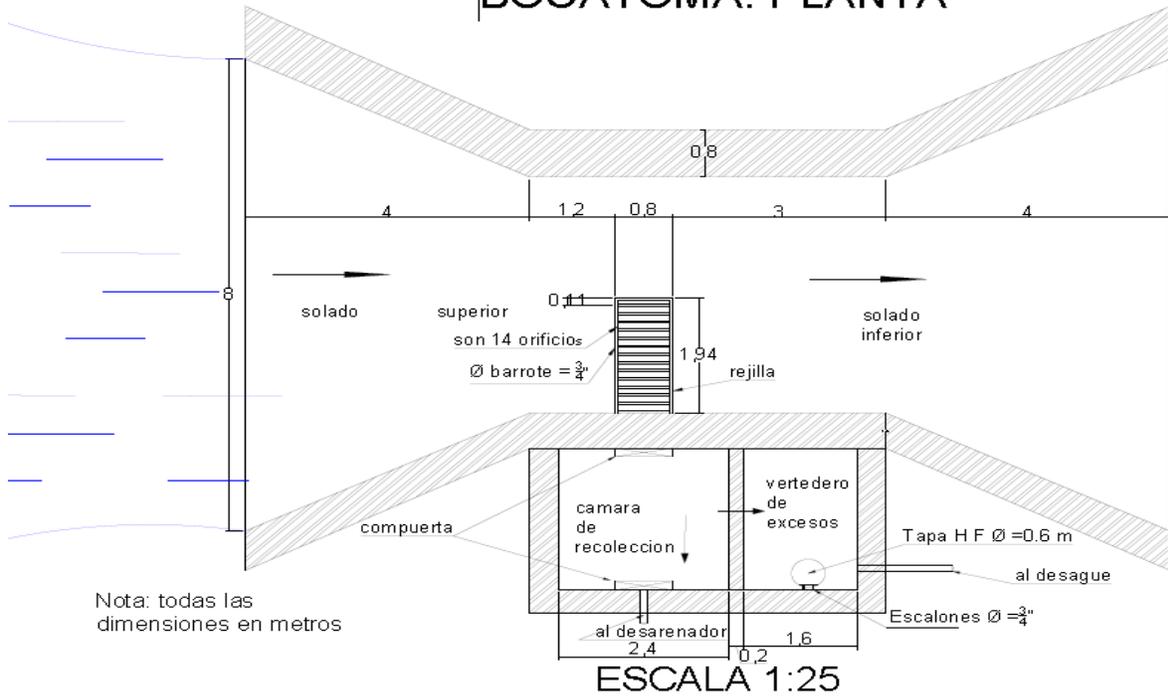
Abscisa	Rasante	Clave	Longitud	Abscisa	Rasante	Clave	Longitud
0	696,66	696,110	0,00	1650	650,13	649,533	10,00
10	695,7	695,0	10,06	1660	650,1	649,502	10,00
20	694,77	694,45	10,02	1670	650,39	649,471	10,00
30	693,85	693,90	10,02	1680	650,23	649,439	10,00
40	692,96	692,136	10,15	1690	650,06	649,408	10,00
50	692,07	691,296	10,04	1700	650,13	649,223	10,00
60	691,26	690,456	10,04	1710	649,82	649,37	10,00
70	690,93	689,987	10,01	1720	649,61	648,852	10,01
80	690,38	689,519	10,01	1730	649,28	648,677	10,00
90	689,79	689,52	10,00	1740	649,17	648,507	10,00
100	689,31	688,584	10,04	1750	649,17	648,338	10,00
110	689,3	688,542	10,00	1760	649,11	648,208	10,00
120	689,24	688,502	10,00	1770	649,12	648,79	10,02
130	689,18	688,462	10,00	1780	648,89	647,950	10,04
140	689,12	688,423	10,00	1790	648,63	647,820	10,00
150	689,12	688,383	10,00	1800	648,16	647,446	10,01
160	689,18	688,343	10,00	1810	648,15	647,225	10,00
170	689,23	688,304	10,00	1820	648	647,15	10,00
180	689,12	688,264	10,00	1830	647,6	646,804	10,01
190	689,19	688,224	10,00	1840	647,3	646,635	10,00
200	688,85	687,916	10,01	1850	647,18	646,467	10,00
210	688,46	687,607	10,01	1860	647,09	646,299	10,00
220	688,08	687,299	10,01	1870	646,87	646,29	10,00
230	687,87	686,990	10,01	1880	646,55	645,750	10,02
240	687,48	686,682	10,01	1890	646,3	645,472	10,00
250	687,11	686,373	10,01	1900	646,05	645,194	10,00
260	687,66	686,837	10,01	1910	645,83	644,916	10,00
270	687,43	686,408	10,01	1920	645,6	644,638	10,00
280	686,87	685,971	10,01	1930	645,34	644,360	10,00
290	686,38	685,533	10,01	1940	645,02	644,82	10,01
300	685,75	684,765	10,03	1950	644,45	643,668	10,07
310	684,77	683,995	10,03	1960	644,34	643,477	10,00
320	684,85	684,48	10,01	1970	644,04	643,291	10,00
330	684,96	684,101	10,01	1980	643,8	642,989	10,01
340	684,82	683,988	10,00	1990	643,68	642,684	10,01
350	684,57	683,873	10,00	2000	643,13	642,414	10,00
360	684,39	683,759	10,00	2010	643,07	642,264	10,00
370	684,47	683,645	10,00	2020	642,94	642,115	10,00
380	684,6	683,685	10,00	2030	642,92	641,907	10,00
390	684,18	683,522	10,00	2040	642,25	641,465	10,01
400	684,6	683,698	10,00	2050	641,78	641,24	10,00
410	684,5	683,762	10,00	2060	641,62	640,831	10,01
420	684,69	683,824	10,00	2070	641,42	640,639	10,00
430	684,37	683,733	10,00	2080	641,21	640,444	10,00
440	684,35	683,635	10,00	2090	641,01	640,383	10,00
450	684,21	683,537	10,00	2100	641,13	640,320	10,00
460	684,35	683,439	10,00	2110	641,21	640,73	10,01
470	684,04	683,27	10,00	2120	641,02	640,274	10,01
480	683,3	682,608	10,02	2130	640,6	639,870	10,01
490	683,69	682,773	10,00	2140	640,65	639,763	10,00
500	683,64	682,688	10,00	2150	640,61	639,662	10,00
510	683,29	682,601	10,00	2160	640,47	639,561	10,00
520	683,09	682,113	10,01	2170	640,33	639,460	10,00
530	682,31	681,623	10,01	2180	640,27	639,359	10,00
540	682,3	681,449	10,00	2190	640,2	639,258	10,00
550	682,07	681,277	10,00	2200	640,01	639,157	10,00
560	682,07	681,106	10,00	2210	639,86	639,96	10,03
570	681,76	680,935	10,00	2220	639,76	639,37	10,02
580	681,15	680,478	10,01	2230	639,82	638,979	10,01
590	680,75	680,1	10,01	2240	639,73	638,921	10,00
600	680,69	679,904	10,00	2250	639,69	638,813	10,00

610	680,59	679,811	10,00	2260	639,23	638,507	10,01
620	680,17	679,449	10,01	2270	639,11	638,339	10,00
630	679,74	679,85	10,01	2280	638,99	638,188	10,00
640	679,46	678,721	10,06	2290	638,91	638,36	10,00
650	679,18	678,358	10,01	2300	638,87	637,885	10,01
660	678,41	677,689	10,02	2310	638,73	637,734	10,00
670	678,39	677,604	10,00	2320	638,45	637,583	10,00
680	678,32	677,527	10,00	2330	637,93	637,184	10,01
690	678,42	677,450	10,00	2340	637,48	636,778	10,01
700	678,24	677,373	10,00	2350	637,31	636,372	10,01
710	678,18	677,296	10,00	2360	636,8	635,966	10,01
720	677,88	677,219	10,00	2370	636,65	635,862	10,00
730	677,45	676,745	10,01	2380	636,48	635,764	10,00
740	677,39	676,429	10,01	2390	636,47	635,667	10,00
750	676,85	676,118	10,01	2400	636,21	635,382	10,00
760	676,78	676,85	10,03	2410	635,9	635,92	10,01
770	676,84	676,57	10,00	2420	635,59	634,860	10,06
780	676,81	676,28	10,00	2430	635,74	634,906	10,00
790	676,71	676,0	10,00	2440	635,85	634,952	10,00
800	676,83	675,965	10,00	2450	635,96	634,997	10,00
810	675,85	675,149	10,03	2460	636,04	635,43	10,01
820	675,58	674,891	10,00	2470	635,9	635,89	10,01
830	675,35	674,670	10,00	2480	635,64	634,856	10,05
840	675,26	674,448	10,00	2490	635,38	634,616	10,00
850	674,85	673,934	10,01	2500	635,26	634,454	10,00
860	674,17	673,414	10,01	2510	635,06	634,292	10,00
870	673,93	673,350	10,00	2520	634,92	634,130	10,00
880	674,04	673,291	10,00	2530	634,74	633,968	10,00
890	674,13	673,231	10,00	2540	634,54	633,730	10,00
900	673,43	672,814	10,01	2550	634,14	633,417	10,01
910	673,09	672,386	10,01	2560	634,01	633,272	10,00
920	672,75	671,958	10,01	2570	633,86	633,136	10,00
930	672,41	671,530	10,01	2580	633,72	633,0	10,00
940	672,06	671,104	10,01	2590	633,56	632,829	10,00
950	671,92	670,956	10,00	2600	633,47	632,656	10,00
960	671,77	670,808	10,00	2610	633,31	632,483	10,00
970	671,52	670,659	10,00	2620	632,97	632,309	10,00
980	671,27	670,411	10,00	2630	632,93	632,136	10,00
990	670,25	669,511	10,04	2640	632,83	631,867	10,00
1000	669,92	669,151	10,01	2650	632,55	631,578	10,00
1010	669,67	668,791	10,01	2660	632,25	631,289	10,00
1020	669,11	668,431	10,01	2670	631,96	630,829	10,01
1030	669,08	668,135	10,00	2680	631,14	629,935	10,04
1040	668,62	667,842	10,00	2690	629,95	628,682	10,08
1050	668,31	667,665	10,00	2700	628,27	627,91	10,03
1060	668,64	667,718	10,00	2710	626,6	625,484	10,29
1070	668,4	667,548	10,00	2720	625	623,878	10,13
1080	668,19	667,373	10,00	2730	623,42	622,272	10,13
1090	668,03	667,199	10,00	2740	621,84	620,760	10,11
1100	667,96	667,24	10,00	2750	620,88	620,154	10,02
1110	667,76	666,816	10,01	2760	621,03	619,757	10,01
1120	666,96	666,255	10,02	2770	619,74	618,448	10,09
1130	667,18	666,269	10,00	2780	617,98	616,888	10,12
1140	666,86	665,859	10,01	2790	617,04	616,191	10,02
1150	666,3	665,449	10,01	2800	616,93	616,172	10,00
1160	665,69	664,949	10,01	2810	616,93	616,159	10,00
1170	665,3	664,448	10,01	2820	616,85	616,147	10,00
1180	664,86	663,948	10,01	2830	616,79	616,135	10,00
1190	664,34	663,447	10,01	2840	616,89	616,174	10,00
1200	663,37	662,581	10,04	2850	617,06	616,215	10,00
1210	662,86	662,171	10,01	2860	617,22	616,256	10,00
1220	662,57	661,769	10,01	2870	616,93	616,127	10,00
1230	662,49	661,614	10,00	2880	616,75	616,235	10,00
1240	662,37	661,456	10,00	2890	617,52	616,788	10,02

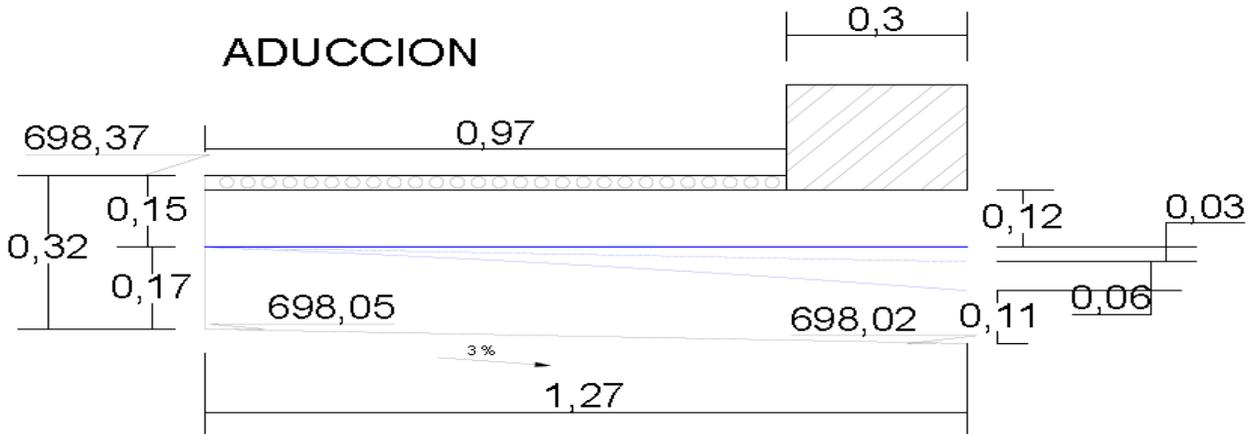
1250	662,13	661,299	10,00	2900	617,86	617,341	10,02
1260	661,93	661,142	10,00	2910	618,4	617,608	10,00
1270	661,69	660,952	10,00	2920	618,31	617,691	10,00
1280	661,53	660,760	10,00	2930	618,66	618,167	10,01
1290	661,27	660,568	10,00	2940	619,49	618,632	10,01
1300	661,13	660,376	10,00	2950	619,42	618,815	10,00
1310	660,93	660,184	10,00	2960	619,94	619,616	10,03
1320	660,72	659,866	10,01	2970	621,23	620,319	10,03
1330	660,5	659,529	10,01	2980	621,38	620,430	10,00
1340	660,11	659,191	10,01	2990	621,01	620,108	10,01
1350	659,71	658,854	10,01	3000	620,69	619,778	10,01
1360	659,31	658,618	10,00	3010	620,4	619,820	10,00
1370	659,18	658,395	10,00	3020	620,81	619,874	10,00
1380	658,92	658,172	10,00	3030	620,7	619,852	10,00
1390	658,71	657,860	10,01	3040	620,62	619,830	10,00
1400	658,4	657,540	10,01	3050	620,66	619,809	10,00
1410	657,74	657,36	10,00	3060	620,6	619,787	10,00
1420	657,37	656,527	10,04	3070	620,61	619,765	10,00
1430	657,13	656,385	10,00	3080	620,55	619,743	10,00
1440	656,89	656,257	10,00	3090	620,51	619,721	10,00
1450	657,03	656,72	10,01	3100	620,4	619,699	10,00
1460	656,78	655,867	10,04	3110	620,4	619,677	10,00
1470	656,52	655,662	10,00	3120	620,43	619,656	10,00
1480	656,4	655,458	10,00	3130	620,47	619,634	10,00
1490	656,02	655,4	10,00	3140	620,51	619,612	10,00
1500	655,17	654,247	10,07	3150	620,48	619,590	10,00
1510	654,31	653,480	10,03	3160	620,36	619,557	10,00
1520	653,92	653,157	10,01	3170	620,44	619,517	10,00
1530	653,55	652,846	10,01	3180	620,38	619,477	10,00
1540	653,34	652,534	10,01	3190	620,27	619,437	10,00
1550	653	652,178	10,01	3200	620,26	619,396	10,00
1560	652,57	651,820	10,01	3210	620,27	619,356	10,00
1570	652,45	651,620	10,00	3220	620,22	619,316	10,00
1580	652,26	651,366	10,00	3230	620,14	619,276	10,00
1590	651,52	650,699	10,02	3240	620,01	619,271	10,00
1600	651,26	650,514	10,00	3250	619,9	619,267	10,00
1610	651,11	650,333	10,00	3260	619,99	619,318	10,00
1620	650,96	650,153	10,00	3270	620,09	619,370	10,00
1630	650,81	649,972	10,00	3280	620,06	619,421	10,00
1640	650,66	649,791	10,00	3281,6	620,03	619,430	1,64
							Σ=3284,84

Anexo 8: componentes de bocatoma.

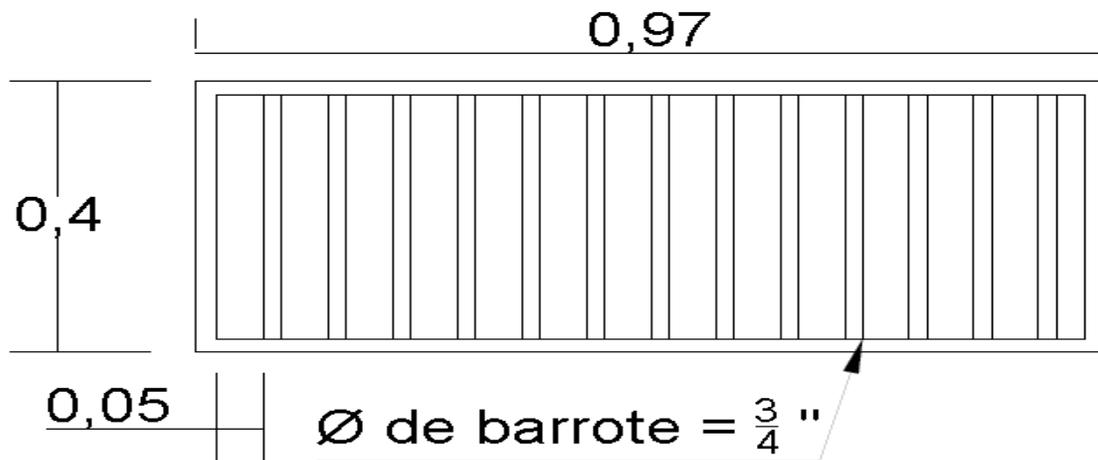
BOCATOMA: PLANTA



PERFIL DE CANAL DE ADUCCION

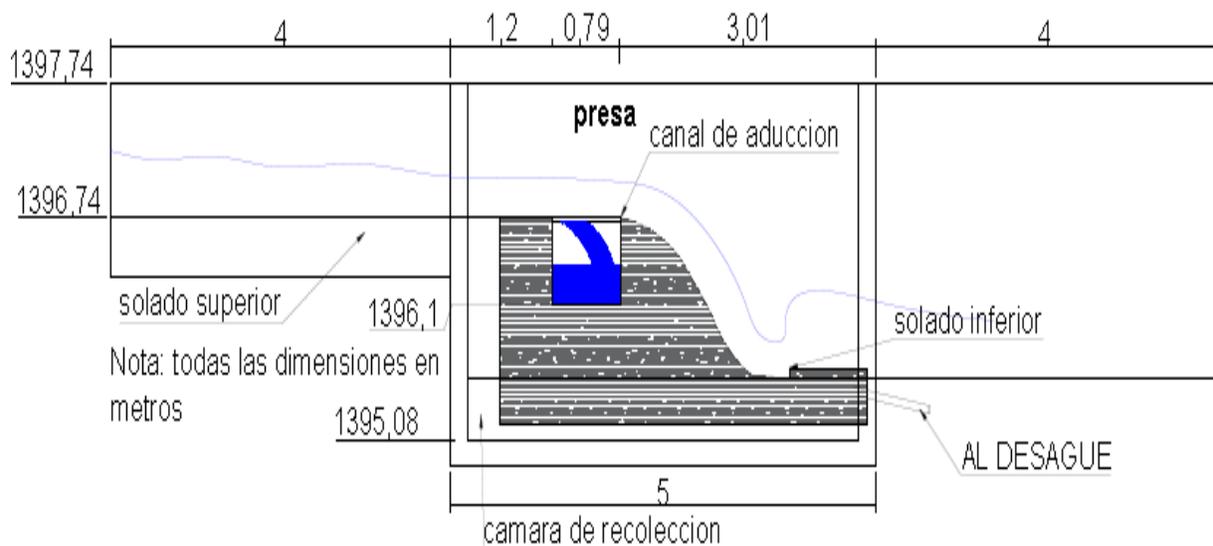


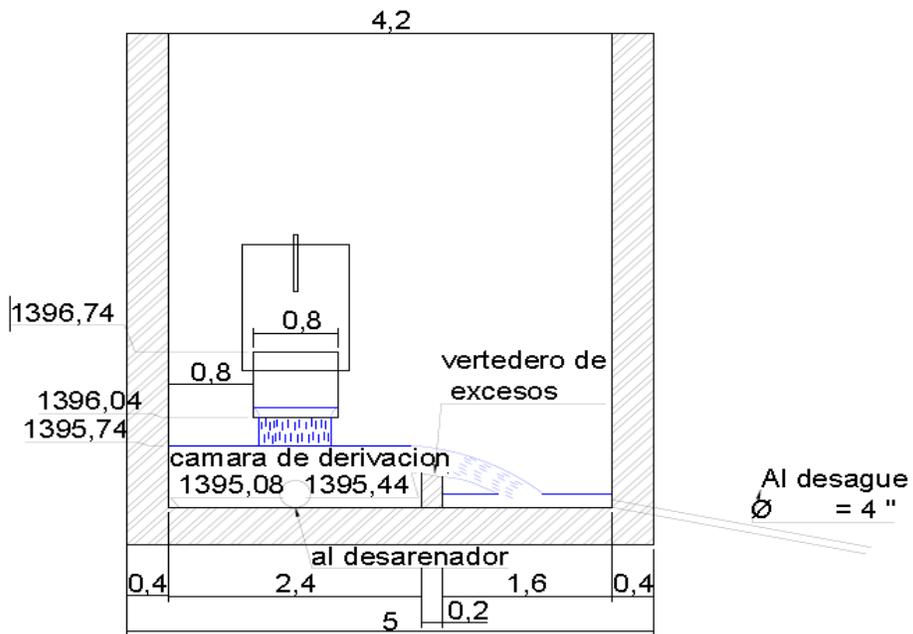
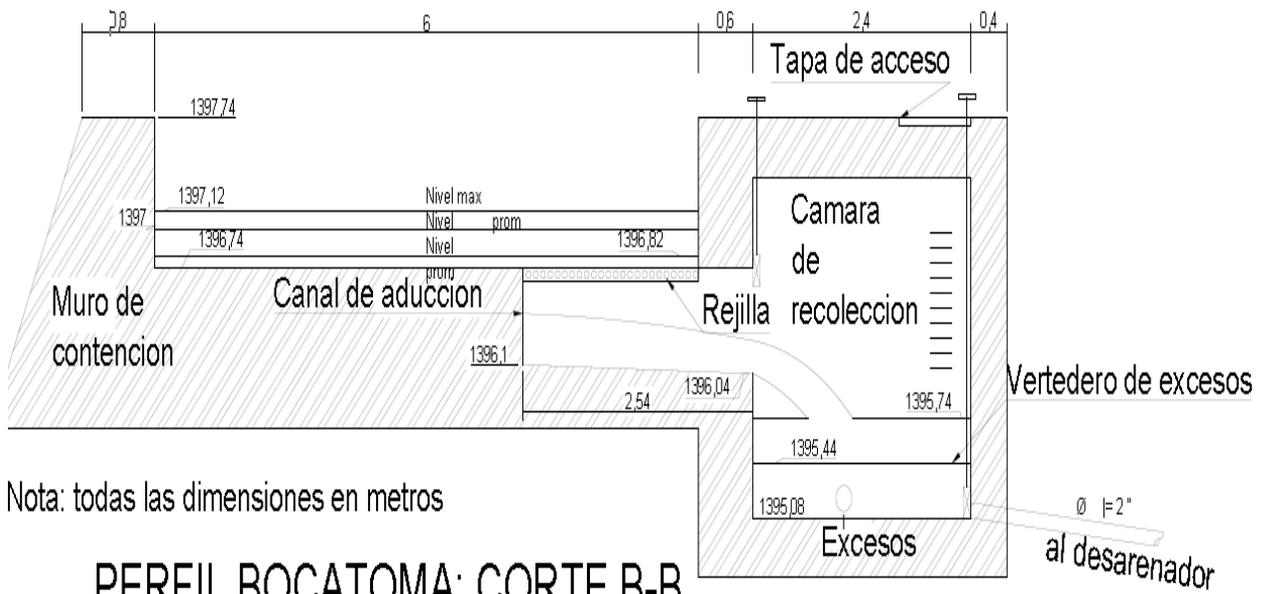
REJILLA



Nota: todas las dimensiones en metros

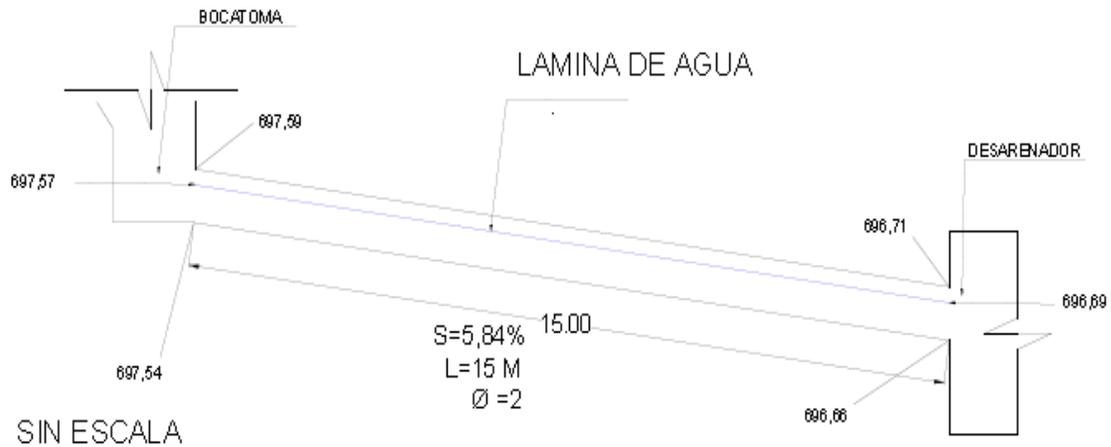
BOCATOMA DE FONDO: CORTE A-A



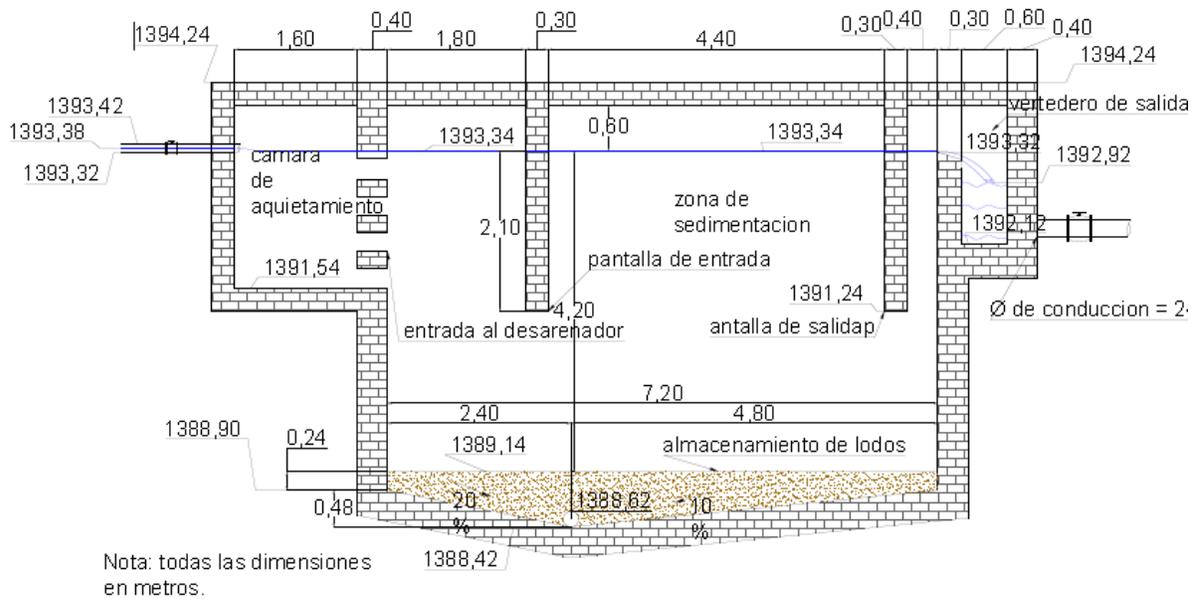


anexo 9. Perfil de aducción.

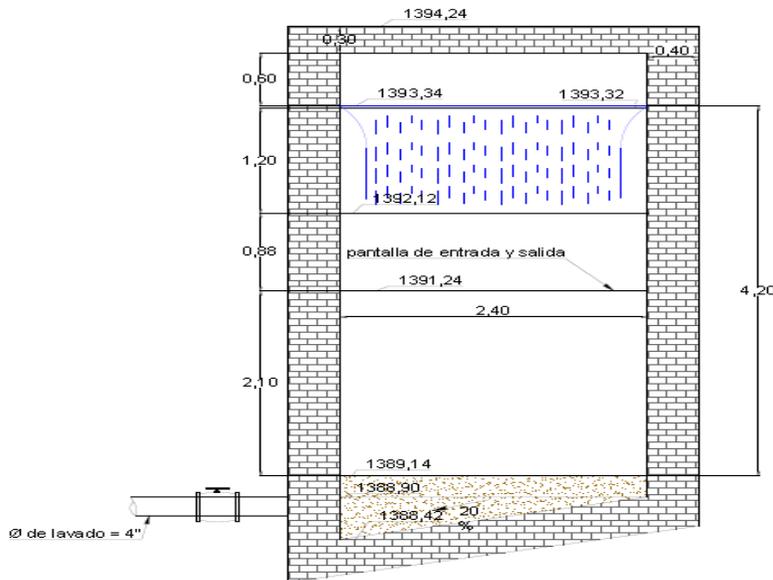
PERFIL DE ADUCCION BOCATOMA - DESARENADOR



anexo 10. Componentes del desarenador

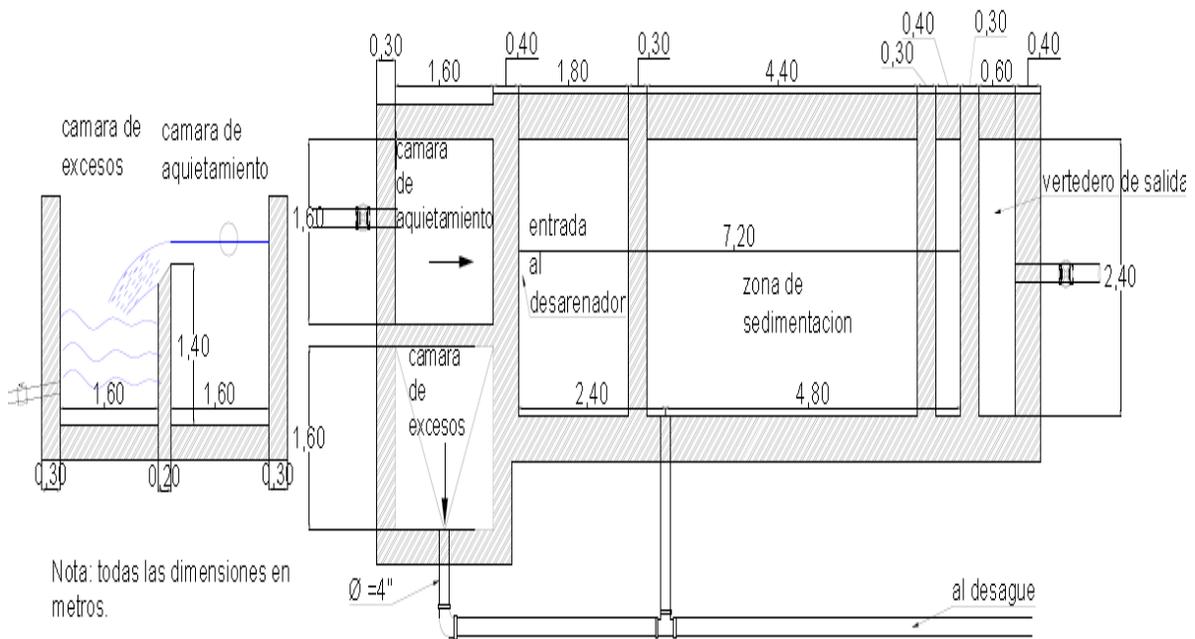


DESARENADOR: CORTE LONGITUDINAL A-A.



DESARENADOR. CORTE TRANSVERSAL: B - B
ESCALA 1:25

Nota: todas las dimensiones en metros.

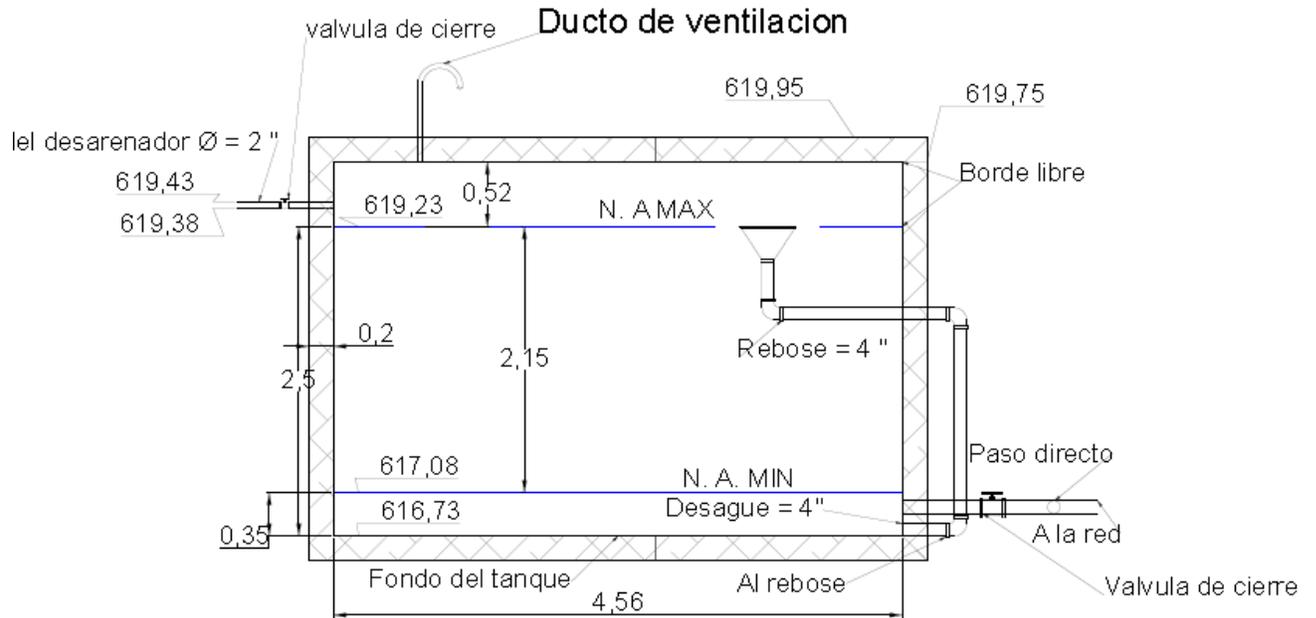


Nota: todas las dimensiones en metros.

DESARENADOR EN PLANTA
ESCALA 1:25

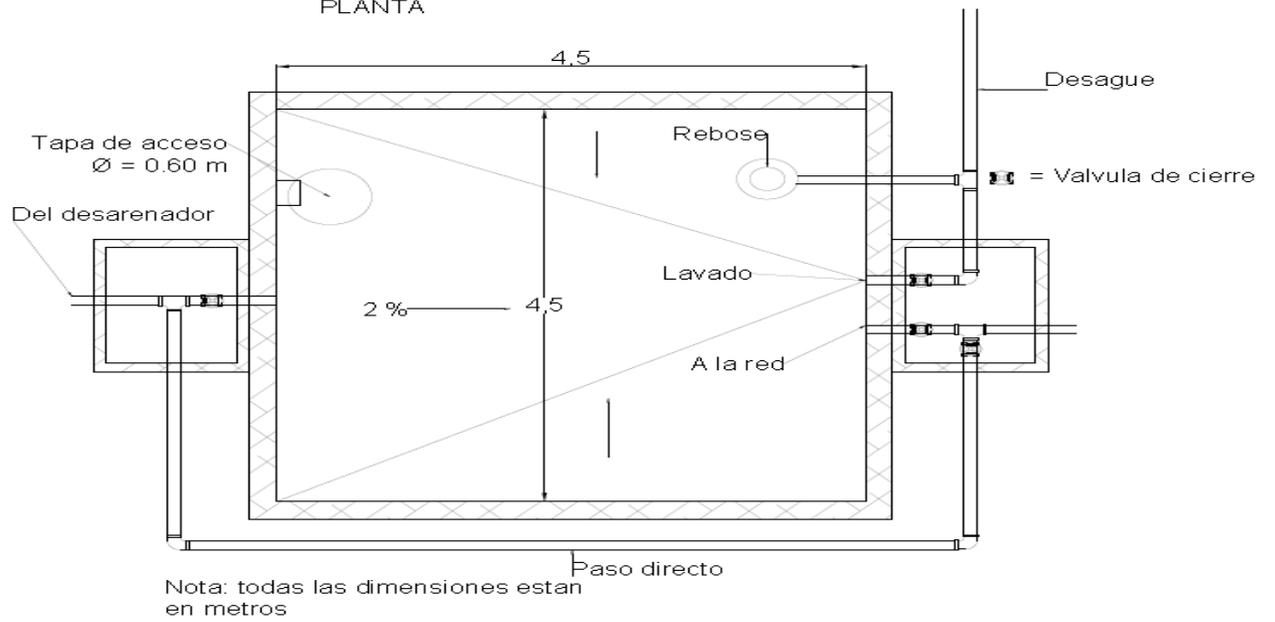
anexo 11. Tanque de almacenamiento.

PERFIL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

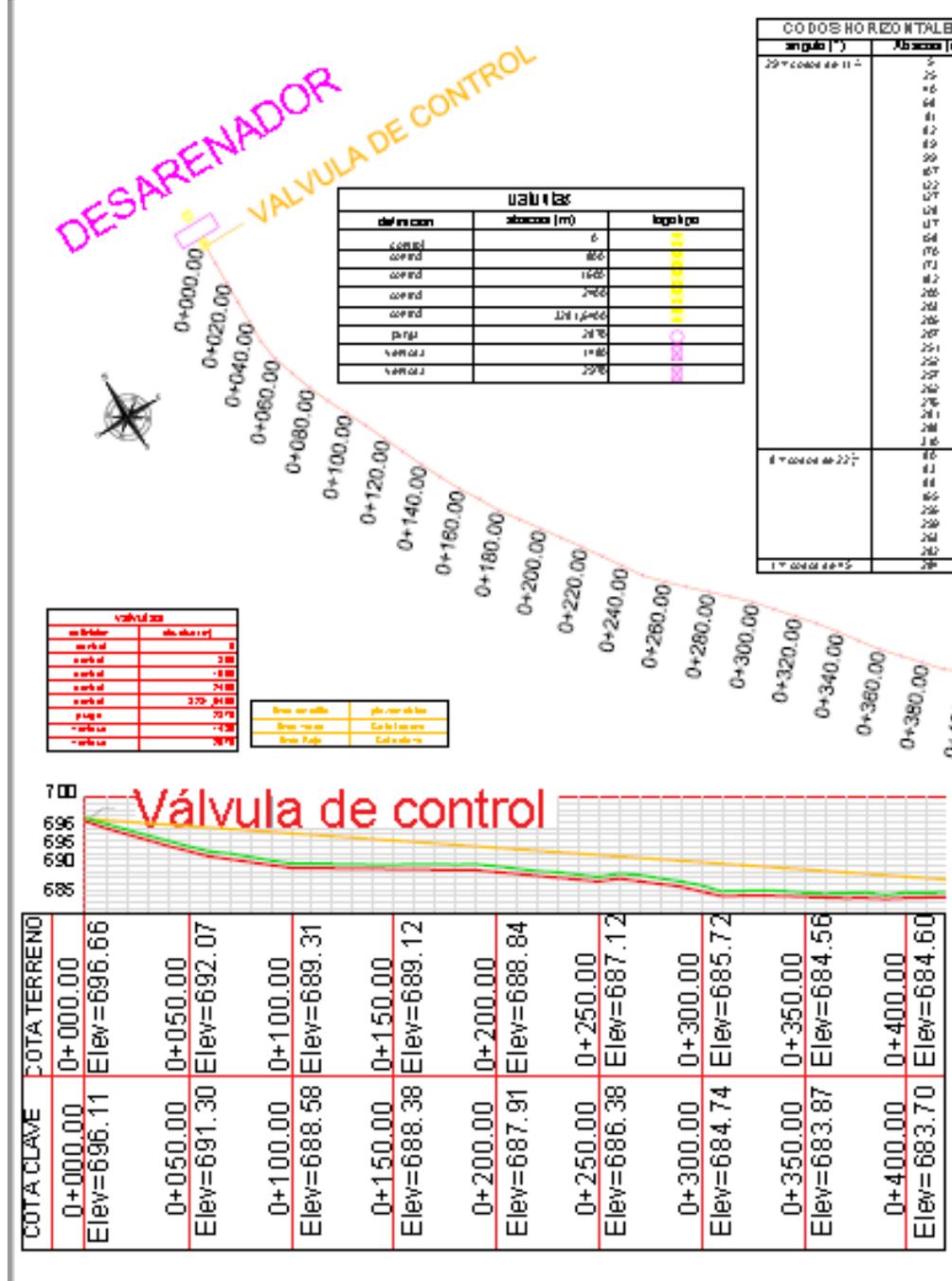


Nota: todas las dimensiones estan en metros

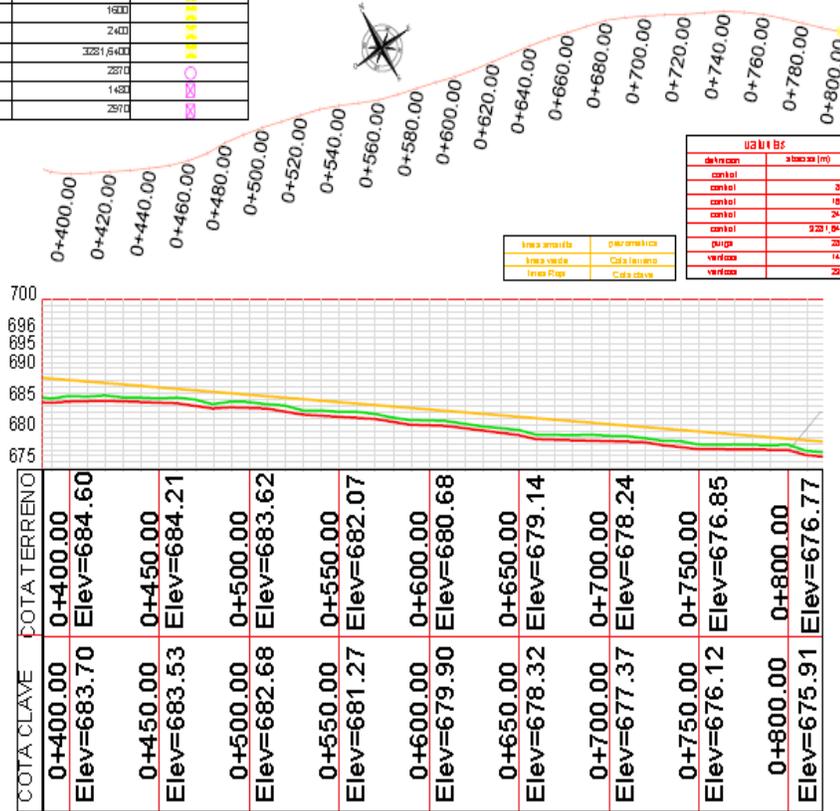
TANQUE DE ALMACENAMIENTO. VISTA:
PLANTA



Anexo 12. Planta y perfil de la línea de conducción.



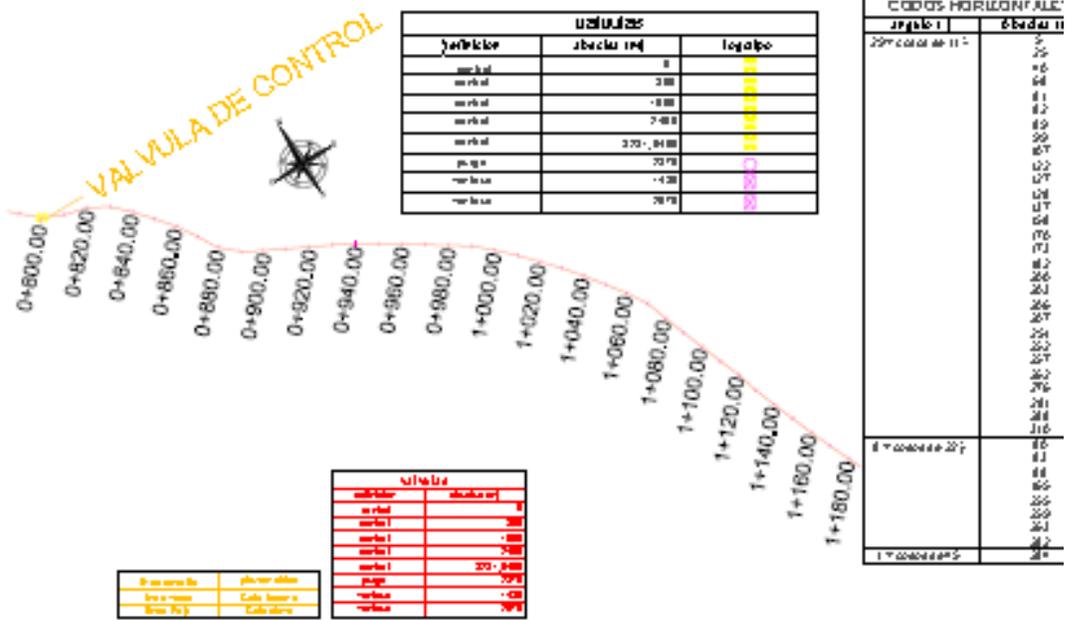
valvulas		
definicion	absisa (m)	logotipo
control	0	
control	800	
control	1600	
control	2400	
control	3201,6400	
puja	2570	
verticea	1432	
verticea	2570	

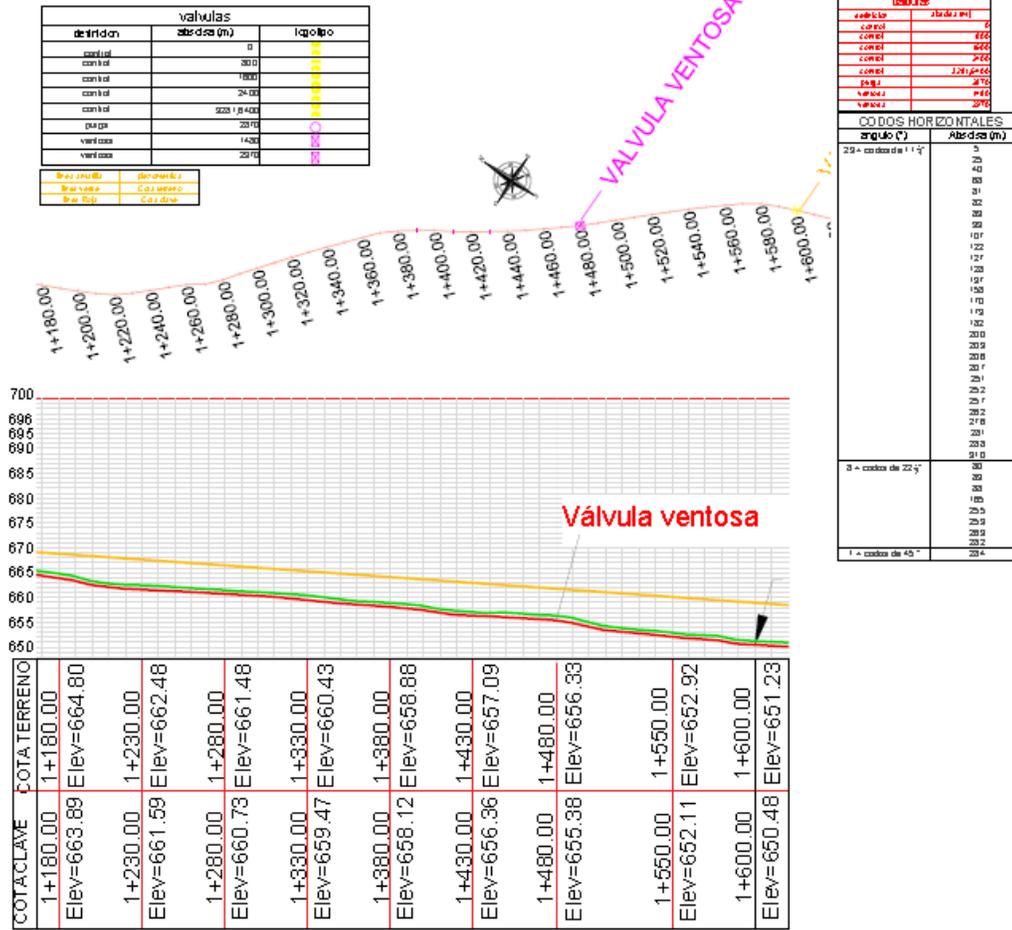


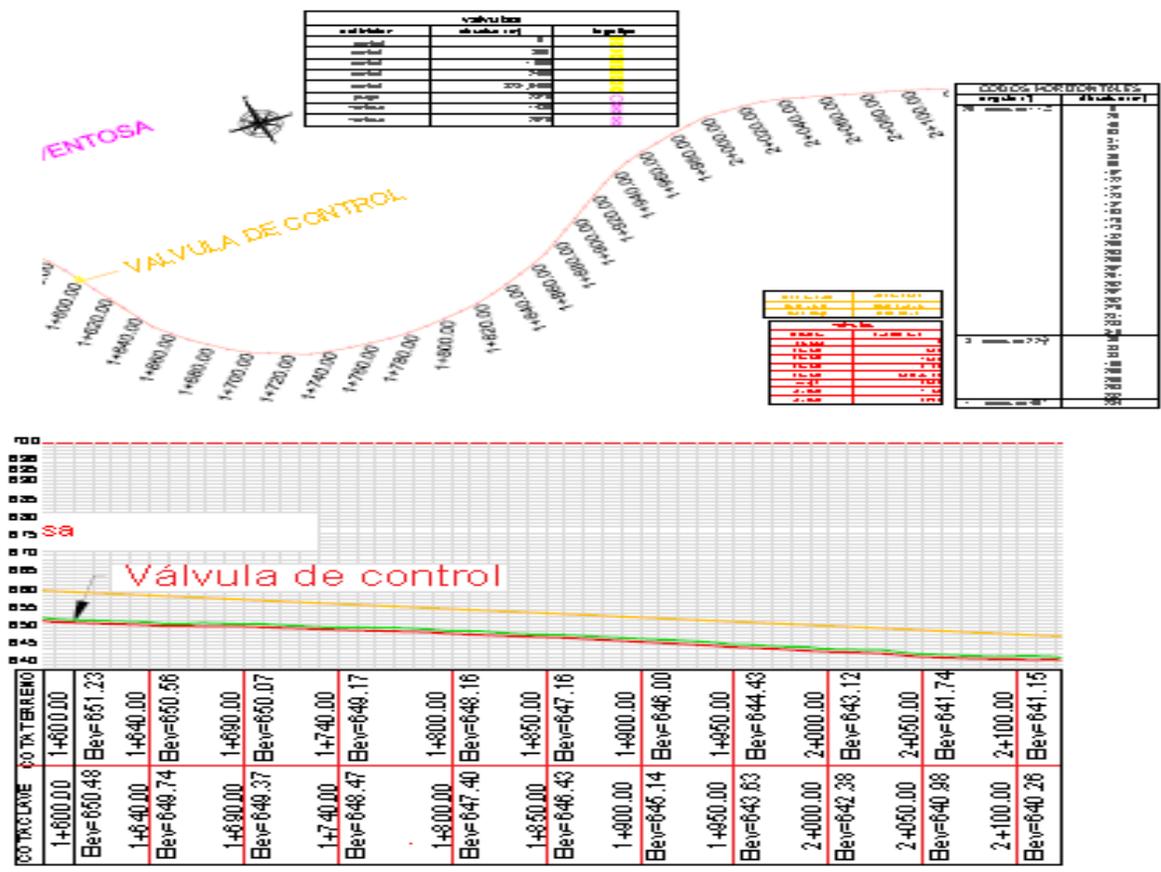
USU DE	
definicion	absisa (m)
control	0
control	800
control	1600
control	2400
control	3201,6400
puja	2570
verticea	1432
verticea	2570

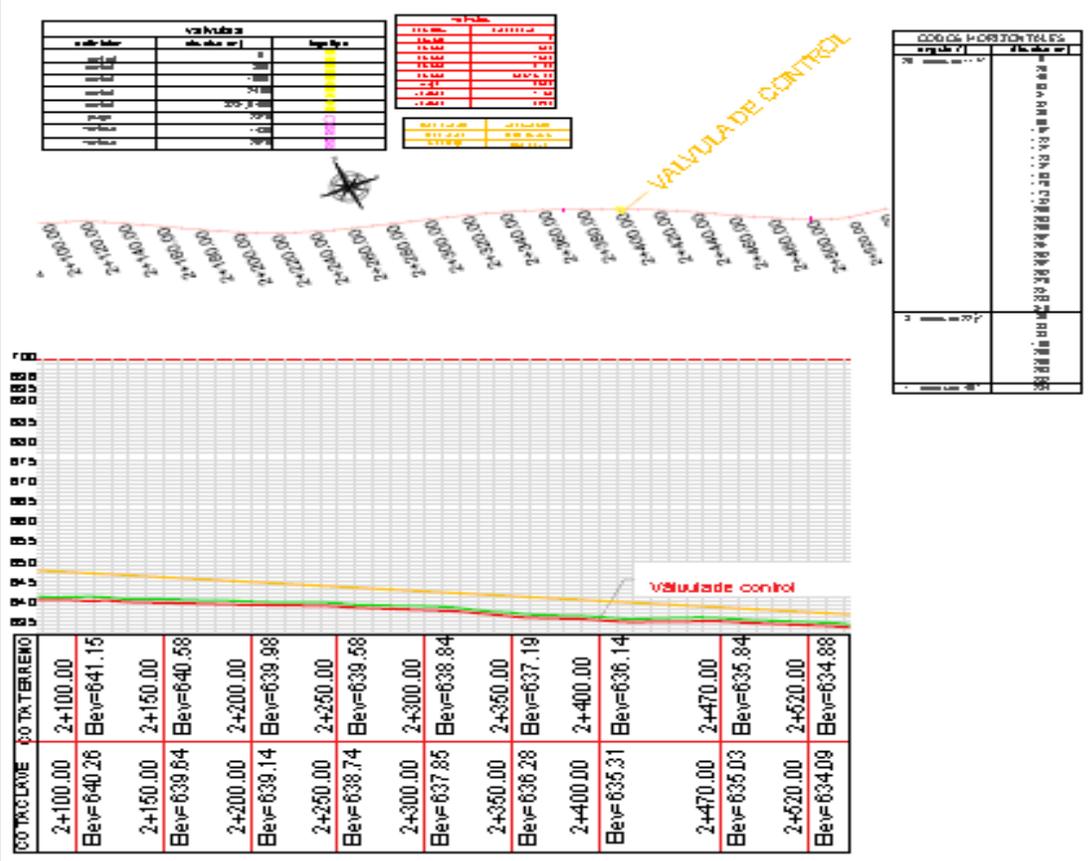
línea amarilla	paramétrica
línea verde	Cota lateral
línea roja	Cota clave

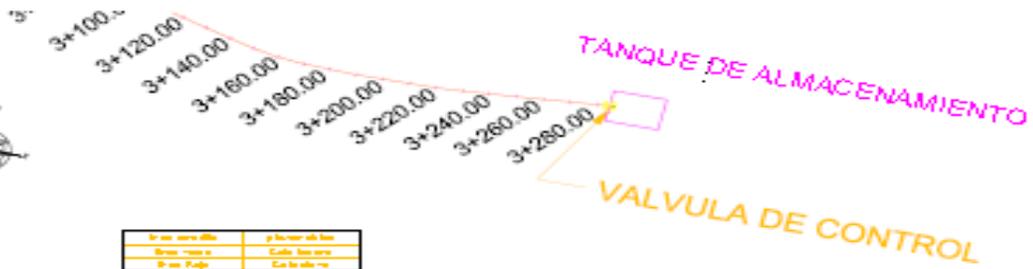
CODOS HORIZONTALES	
angulo (°)	absisa (m)
25 = codos de 11°	5
	16
	26
	36
	46
	56
	66
	76
	86
	96
	106
	116
	126
	136
	146
	156
	166
	176
	186
	196
	206
	216
	226
	236
	246
	256
	266
	276
	286
	296
	306
3 = codos de 22°	310
	320
	330
	340
	350
	360
1 = codos de 45°	364





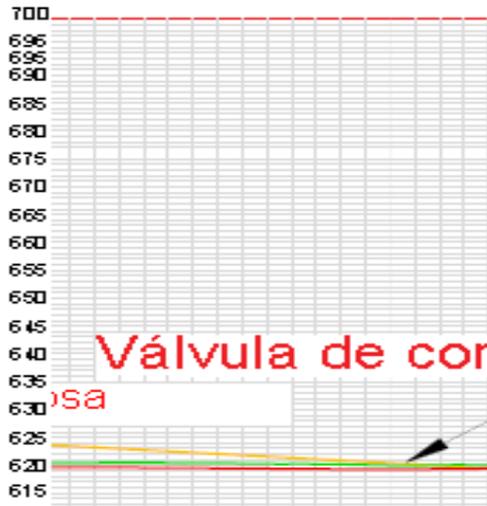






El nivel de la	El nivel de la
El nivel de la	El nivel de la
El nivel de la	El nivel de la

COTAS HORizontALES	
Angulo (°)	Abscisa (m)
20° 00' 00" 00"	100
	120
	140
	160
	180
	200
	220
	240
	260
	280
	300
	320
	340
	360
	380
	400
	420
	440
	460
	480
	500
	520
	540
	560
	580
	600
	620
	640
	660
	680
	700



Valvulas	
Abscisa (m)	Elevación (m)
300	620.45
320	620.42
340	619.97
360	619.43
380	620.03

Cotas Clave		
Abscisa (m)	Elevación (m)	Log. Clave
3+120.00	Elev=619.65	
3+170.00	Elev=619.50	
3+240.00	Elev=619.27	
3+281.64	Elev=619.43	
3+281.64	Elev=620.03	

COTA CLAVE	COTA TERRENO
3+120.00	3+120.00 Elev=620.45
3+170.00	3+170.00 Elev=620.42
3+240.00	3+240.00 Elev=619.97
3+281.64	3+281.64 Elev=619.43
3+281.64	3+281.64 Elev=620.03