

EVALUACIÓN DE FALLAS CONSTRUCTIVAS Y DE OPERACIÓN DE DOS
TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL
CAUCA UBICADOS EN LOS MUNICIPIOS DE TIMBIO Y EL TAMBO

ING. MARÍA DE LOS ÁNGELES CASTAÑO IBARRA
ING. JUAN DAVID MOLINA HANDAN

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
POSTGRADOS DE INGENIERIA CIVIL
POPAYÁN

2022

EVALUACIÓN DE FALLAS CONSTRUCTIVAS Y DE OPERACIÓN DE DOS
TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL
CAUCA UBICADOS EN LOS MUNICIPIOS DE TIMBIO Y EL TAMBO

ING. MARIA DE LOS ANGELES CASTAÑO IBARRA
ING. JUAN DAVID MOLINA HANDAN

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Magister en
Ingeniería de La Construcción

Director:

ING. Luis Fernando Polanco Flórez

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
POSTGRADOS DE INGENIERIA CIVIL
POPAYÁN

2022

Nota de Aceptación

Director

ING. LUIS FERNANDO POLANCO FLOREZ.

Jurado

Jurado

Fecha de sustentación:

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de este trabajo de grado y por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por permitirnos lograr esta oportunidad de estudiar y llegar a optar el título de Magísteres en Ingeniería de la Construcción
- A nuestra Alma Mater, Universidad del Cauca de Colombia, queremos agradecer por permitirnos cumplir nuestras metas y sueños de crecer en el área de la ingeniería civil.
- A nuestro director de trabajo de grado, de quien recibimos todo el apoyo necesario para realizar este proyecto, Ingeniero Luis Fernando Polanco Flórez, que gracias a sus conocimientos y experiencia colaboró en la construcción de este trabajo de grado para optar al título de Magísteres en Ingeniería de la Construcción.
- A nuestro coordinador de la maestría en Ingeniería de la Construcción, Ingeniero Freddy Arturo Jaramillo Otero, nuestros más sinceros agradecimientos por todo el apoyo proporcionado en el transcurso de la maestría.
- Por último, a todos los que indirectamente colaboraron con su apoyo. Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	9
2. INTRODUCCIÓN	10
3. JUSTIFICACIÓN	11
4. OBJETIVOS	12
4.1 OBJETIVO GENERAL	12
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
5. MARCO TEÓRICO	13
6. ANTECEDENTES	15
7. MARCO METODOLÓGICO	17
7.1. PLAN DE TRABAJO ACTUAL.....	19
8. RESULTADOS.....	25
8.1 VISITA DE CAMPO	25
8.1.1 VISITA DE CAMPO AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO.....	25
8.1.2 VISITA DE CAMPO AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO.....	27
8.2 ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA	29
8.2.1 ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO.....	29
8.2.2 ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO	30
8.3 ENSAYO DE ESTANQUEIDAD.....	32
8.3.1 ENSAYO DE ESTANQUEIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO.....	32
8.3.2 ENSAYO DE ESTANQUEIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO	32
8.4 ANALISIS DE LA CALIDAD DEL CONCRETO	32
8.4.1 ANALISIS DE LA CALIDAD DEL CONCRETO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO Y DEL MUNICIPIO DE TIMBIO	32
8.5 ESTUDIO DE SUELOS	33
8.5.1 ANALISIS DE LA CALIDAD DEL CONCRETO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO	33

8.5.2 ESTUDIO DE SUELOS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO	36
8.6 ESTUDIO DE PATOLOGIAS.....	38
8.6.1 ESTUDIO DE PATOLOGIA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO Y DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO Y DIAGNOSTICO DE LAS PATOLOGIAS ENCONTRADAS EN LOS TANQUES	39
8.7 DIAGNOSTICO GENERAL DE LOS TANQUES	40
8.7.1 DIAGNOSTICO GENERAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO Y DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO	40
8.8 ANALISIS DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	41
8.8.1 ANALISIS DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO Y DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO	41
8.9 CONCLUSIONES DE ERRORES DESDE EL PROCESO CONSTRUCTIVO	41
8.9.1 CONCLUSIONES DESDE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO.....	41
8.9.2 CONCLUSIONES DESDE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO.....	42
8.10 ANALISIS DE ALTERNATIVAS.....	43
8.10.1 ANALISIS DE ALTERNATIVAS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO.....	43
8.10.2 ANALISIS DE ALTERNATIVAS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO	44
8.11 TOPOGRAFIA	45
8.11.1 LEVANTAMIENTO EN CINTA DE LOS TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO Y DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO	45
8.11.2 TOPOGRAFIA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO.....	45
8.12 DISEÑO HIDRAULICO	46
8.12.1 DISEÑO HIDRAULICO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO.....	46
Chequeo de volumen del tanque existente	49

8.12.2 DISEÑO HIDRAULICO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO.	52
Chequeo de volumen del tanque existente	55
8.13 DISEÑO ESTRUCTURAL.....	57
8.13.1 DISEÑO ESTRUCTURAL PRESUPUESTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO	57
8.13.2 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO.	64
8.14 PRESUPUESTO DE INTERVENTORÍA.....	66
8.14.1 PRESUPUESTO DE INTERVENTORIA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO	66
8.14.2 PRESUPUESTO DE INTERVENTORIA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO	66
8.15 PRESUPUESTO OBRA.....	67
8.15.1 PRESUPUESTO DE OBRA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO.....	67
8.15.2 PRESUPUESTO DE OBRA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO	68
8.16 CRONOGRAMA DE OBRA Y PLAN FINANCIERO.....	70
8.16.1 CRONOGRAMA DE OBRA Y PLAN FINANCIERO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO	70
8.16.2 CRONOGRAMA DE OBRA Y PLAN FINANCIERO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO	70
8.17 FORMULACIÓN	71
8.17.1 FORMULACION DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO:.....	71
8.17.2 FORMULACION DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO.....	73
8.18 METODOLOGÍA GENERAL AJUSTADA (MGA).....	75
8.18.1 METODOLOGÍA GENERAL AJUSTADA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO	75
8.18.2 MGA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO	76
8.19 BUENAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS	77
8.20 RECOMENDACIONES PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO	78

8.21 ESPECIFICACIONES TECNICAS.....	78
8.22 PLANOS HIDRAULICOS Y ESTRUCTURALES	81
9. CONCLUSIONES	81
10. RECOMENDACIONES	83
11. BIBLIOGRAFÍA.....	85
12. ANEXOS	87

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Visita de campo al tanque de almacenamiento de agua potable del municipio de El Tambo	25
Ilustración 2. Esquema y registro fotográfico del tanque existente.....	26
Ilustración 3. Visita de campo al tanque de almacenamiento de agua potable del municipio de Timbío	27
Ilustración 4. Esquema del tanque existente observado y registro fotográfico de la visita de campo	28
Ilustración 5. Información de campo 1.....	30
Ilustración 6. Información de campo 2.....	31

1. RESUMEN

Este trabajo se efectuó con el objetivo de realizar la evaluación de fallas constructivas y de operación de dos tanques de almacenamiento de agua potable, evaluando e identificando problemas de planificación y funcionalidad, de construcción y de operación y mantenimiento, ubicados en la cabecera municipal de El Tambo y en la vereda el Descanso del Municipio de Timbío en el Departamento del Cauca, y proponer acciones correctivas.

Después del análisis descriptivo y de patologías se planteó la alternativa de solución más eficiente para la problemática existente de los dos tanques, la cual consiste en la construcción de nuevos tanques de almacenamiento de agua potable, cumpliendo con la normatividad vigente, (NSR-10 y Resolución 330 de 2017).

La alternativa de solución contempló un chequeo hidráulico con las dimensiones actuales de los dos tanques, diseño hidráulico del tanque con sus accesorios, caja de válvulas, tubería de salida, respiraderos, tubería de acceso o alimentación y tubería de lavado; diseño estructural, planos estructurales, memorias de cálculo estructural, despiece de acero, memorias de cantidad de concreto y memorial de responsabilidad; presupuesto de obra que contemple los diferentes ítems; consolidado del presupuesto, cantidades de obra, análisis de la mano de obra, conformación de cuadrillas, análisis de herramienta y equipo, lista de materiales, manual de operación y mantenimiento y por último, las especificaciones técnicas de construcción. Igualmente, se incluyen un documento de formulación y Metodología General Ajustada (MGA) para que los gerentes encargados de los tanques de almacenamiento de agua potable presenten el proyecto a los diferentes entes evaluadores a nivel nacional para obtener la financiación de los mismos.

PALABRAS CLAVE: tanque de almacenamiento, sistema de abastecimiento, agua potable, soluciones estructurales e hidráulicas, NSR-10, Resolución 330 de 20

2. INTRODUCCIÓN

En Colombia dentro de la formulación y ejecución de proyectos de construcción de obra civil, la construcción de tanques de almacenamiento, como elementos fundamentales de las redes de abastecimiento de agua potable son de gran importancia social para mantener adecuadas condiciones de salud de las comunidades en la medida que estas tengan la suficiente calidad y cantidad del líquido para el consumo humano. La Organización Mundial de la Salud establece el agua como un componente esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un abastecimiento satisfactorio (suficiente, seguro y accesible), siendo obligación del Estado brindar el acceso a este beneficio. Lo anterior crea la necesidad de realizar el estudio denominado “EVALUACIÓN DE FALLAS CONSTRUCTIVAS Y DE OPERACIÓN DE DOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA UBICADOS EN LOS MUNICIPIOS DE TIMBIO Y EL TAMBO”, que se desarrollará a lo largo de este documento.

En el presente proyecto se plantea la propuesta de evaluar e identificar las fallas constructivas, de operación y de mal funcionamiento de dos tanques de almacenamiento de agua en los municipios de Timbío y El Tambo del departamento del Cauca, el primer tanque en estudio está ubicado en el municipio de El Tambo, especialmente en el barrio las Piedras, de la cabecera municipal, el cual está situado dentro del área de la planta de tratamiento de la cabecera municipal, es un infraestructura en concreto reforzado que presentan varias fallas de construcción y fallas de diseño y tiene menos de 14 años de funcionalidad respectivamente, según testimonio de los residentes y del operación. El otro tanque en estudio está localizado en la vereda el Descanso, del municipio de Timbio, este tanque le pertenece a la asociación de acueducto Sachacoco, este tanque es de mampostería confinada, es una construcción de hace 30 años aproximadamente, para el cual se utilizó un sistema estructural que en la actualidad ya no es apropiado para este tipo de construcciones según las normas NSR-10 y la Resolución 330 de 2017, motivo

por el cual la comunidad presenta inconvenientes en el consumo del agua para sus actividades diarias, que están afectando su calidad de vida.

En la cabecera del municipio de El Tambo, inicialmente se contaba con un solo tanque, pero a causa del constante crecimiento de la población y de la demanda de consumo de agua que género, la administración municipal decidió construir un nuevo tanque adosado al existente para almacenar una mayor cantidad de metros cúbicos de agua y así satisfacer los consumos máximos horarios.

Los métodos constructivos y el comportamiento estructural de este nuevo tanque fueron inadecuados y, por ende, éste falló al inicio de su utilización y se optó por cerrarlo definitivamente y continuar con el tanque que estaba en uso, hecho por el cual actualmente los pobladores cuentan con cierto número de horas de servicio durante el día debido a las falencias que este presenta.

Por lo anterior, se presenta una propuesta de evaluación e identificación del mal funcionamiento de los dos tanques de almacenamiento de agua en los municipios antes referenciados para proponer alternativas constructivas, establecer criterios técnicos para cada uno de los tanques de almacenamiento de agua, con el propósito de generar condiciones de salubridad para la población hoy afectada por un inadecuado servicio de agua potable.

3. JUSTIFICACIÓN

- Fortalecer y aplicar los conocimientos aprendidos durante el transcurso de la maestría en “INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN”, de los módulos, *“Construcción de Obras de Saneamiento Básico y Estructuras Hidráulicas”*, *“Efecto Ambiental”*, *“Planeación y Presupuestos de Obras Civiles”*, *“Proyectos de Calidad”*, *“Construcción 1”*, *“Construcción 2”*, *“Construcción 3”*, *“Geotecnia Aplicada a la Construcción”*, *“Cimentaciones”* y *“Metodología de la Investigación”*, los cuales serán aplicados en desarrollo del trabajo.

- Beneficiar a las comunidades de El Tambo y Timbío en la ejecución con la evaluación del estado de falla para dos tanques de almacenamiento de agua
- Permitir la vinculación de estudiantes del programa de Maestría en Ingeniería de la Construcción de la Universidad del Cauca con las comunidades favorecidas, mediante una metodología de trabajo, con el fin de mitigar la problemática que presentan los tanques de almacenamiento de agua por problemas constructivos, de funcionamiento, de potabilidad, etc., en diferentes cabeceras y veredas del territorio nacional que requieran de dicha intervención.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar e Identificar fallas constructivas, de operación y el mal funcionamiento de los dos tanques de almacenamiento de agua en los municipios de El Tambo y Timbío del Departamento del Cauca.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la información recopilada de las visitas de campo realizadas por profesionales a los tanques ubicados en los municipios de Timbío y El Tambo.
- Determinar el estado actual y el tipo de la estructura de los dos tanques de almacenamiento objeto de este trabajo.
- Proponer alternativas constructivas estableciendo criterios técnicos para cada uno de los tanques de almacenamiento de agua.

5. MARCO TEÓRICO

Se utilizará la teoría de los diferentes componentes de un sistema de abastecimiento de agua, como son: fuente, obras de captación, línea de aducción o impulsión, planta de tratamiento, tanque de almacenamiento de agua, línea matriz, red de distribución y acometida domiciliaria.

Se implementarán las siguientes normativas:

❖ **NSR-10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente:**

Es la norma técnica de obligatorio cumplimiento en Colombia que establece requisitos mínimos para el diseño y construcción de estructuras para que sean capaces de resistir las fuerzas que les impone la naturaleza o su uso, e incrementar su resistencia ante los efectos de movimientos sísmicos.

SECCIÓN I, TÍTULO A: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable Y Saneamiento Básico -Revisión 1.

SECCIÓN II, TÍTULOS B, C, G. Conteniendo los Manuales de Prácticas de Ingeniería para:

- Acueductos
- Potabilización
- Aspectos complementarios de construcción de obras civiles.

❖ **NTC: Norma Técnica Colombia**

- ❖ **Resolución 330 de 2017:** Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS- - “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”.

Esta resolución es una norma técnica colombiana encargada de señalar los requisitos que deben cumplir las obras y procedimientos propios del sector de agua potable y saneamiento básico y sus actividades complementarias.

La citada resolución “reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo”.

Ámbito de aplicación. “La presente resolución aplica a los prestadores de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, a las entidades formuladoras de proyectos de inversión en el sector, a los entes de vigilancia y control, a las entidades territoriales y las demás con funciones en el sector de agua potable y saneamiento básico, en el marco de la Ley 142 de 1994. Así como a los diseñadores, constructores, interventores, operadores, entidades o personas contratantes que elaboren o adelanten diseños, ejecución de obras, operen y mantengan obras, instalaciones o sistemas propios del sector de agua y saneamiento básico”.

Decreto 2811 de 1974: Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

Ley 9 de 1979: Por la cual se dictan Medidas Sanitarias. Título 2: suministro de agua.

Ley 99 de 1993: Por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones

Resolución 2115 de 2007: Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos, y frecuencias del sistema de control y vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.

Ley 1450 de 2011 Art. 250: Evaluación y visualización de proyectos de agua y saneamiento

Decreto 475 de 2015: Por el cual se reglamenta el art. 250 de la Ley 1450 de 2011 y se dictan otras disposiciones.

Por otro lado, se consultó el manual de una entidad público del orden Nacional

❖ **PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS EN CONCRETO. (SENA, 2012)**

Es un documento, donde explican los diferentes materiales de construcción y su utilización en estructuras de concreto, como también sus ventajas y desventajas, igualmente enseñan como guardar los diferentes materiales de construcción.

6. ANTECEDENTES

Una de las necesidades básicas del ser humano es el consumo de agua potable, por lo que el suministro de este vital líquido permite que se den asentamientos cerca de los lugares donde se les facilite la obtención de tal recurso. Para la obtención de este recurso el ser humano construye obras para abastecerse y suplir sus necesidades, encontrando así desde la época romana las primeras obras de abastecimiento, como pozos, fuentes, represas y acueductos, siendo uno de sus principales logros la construcción de acueductos por gravedad, donde predominó el sistema estructural de arcos romanos.

Hoy en día, el sistema que se utiliza para el almacenamiento de agua son los tanques de almacenamiento cuyas características dependen de las condiciones particulares de la región donde se utilice. Estas estructuras hidráulicas requieren de un mantenimiento rutinario a lo largo de su vida útil, siendo mínimo en la mayoría de las ocasiones.

En países como el nuestro, la construcción y el mantenimiento de estas estructuras en tiempos pasados, no cumplían con el rigor exigido y como en la mayoría de países en vías de desarrollo, la vida útil de las obras civiles no cumplía con el tiempo de servicio esperado. Debido a esto, los tanques dejaban de prestar el adecuado servicio para el que fueron diseñados provocando que un sector de la población se viera afectado por las deficiencias de estos.

Se hace necesario plantear soluciones a los problemas causados en los tanques de almacenamiento de agua potable debido al paso del tiempo y a la forma en que fueron construidos, asegurando así que los residentes de determinada zona cuenten con el preciado recurso para la satisfacción de sus necesidades básicas.

Por lo anterior, se espera que, en los municipios de Timbío y El Tambo en el Departamento del Cauca, como se indica en este trabajo los tanques de almacenamiento objeto de este estudio, necesitan ser mejorados, para dar solución al problema que se viene presentando en la zona donde los habitantes no reciben suficiente agua.

Antecedentes con respecto a otros estudios realizados.

- ❖ Estudio Patológico y análisis comparativo de la calidad del concreto año 2014 – 2018 al Tanque de Almacenamiento Ubicado en el Cerro Sierra Chiquita, realizado por el estudiante Jaime Andrés Ortega Arango, Facultad Ciencias y Tecnologías, de la Universidad Santo Tomas.

El estudio realizado por el estudiante Jaime Andrés Ortega Arango, muestra que existen fallas constructivas en el tanque de almacenamiento con características similares a los tanques en estudio tales como:

corrosión en el acero de refuerzo de la tapa superior del tanque, debido al poco recubrimiento del concreto.

Además, muestra unas fallas constructivas en la colocación del concreto como: Hormigueos, desprendimiento de concreto, ataque químico biológico y/o microbiológico. (Arango, 2014 – 2018)

- ❖ Diagnóstico, patología e intervención de tanques de almacenamiento de agua potable acueducto interveredal del municipio de Támara Departamento de Casanare, julio de 2017, realizado por el estudiante ING JUAN PABLO BARRERA CARDENAS, Universidad Santa Tomás Vicerrectora General de Universidad Abierta y a Distancia, Facultad de Ciencias y Tecnología, Especialización Patología de la Construcción.

En este estudio existen unas fallas constructivas en el tanque de almacenamiento con características similares a los tanques en estudio tales como:

Hierros de los separadores se encuentran expuestos a la superficie tanto en el interior como en el exterior del tanque y se evidencian muros con acabados no nivelados. También en algunos puntos hay presencia de amarres del acero al exterior lo que refleja que el acero esta superficial y no cumple con el recubrimiento mínimo exigido. (Cardenas, 2017).

- ❖ Estudio patológico tanque de almacenamiento de agua potable, mayo del 2016, realizado por el ingeniero CARLOS ALBERTO PARRA VALENCIA, Municipio de Tadó, Departamento del Chocó, en este estudio existen unas fallas constructivas, parecidas a las del trabajo en estudio, como la calidad del concreto, entre otras fallas constructivas. (Valencia, 2016)

7. MARCO METODOLÓGICO

Se realizó la identificación de los dos sitios a intervenir en dos diferentes lugares del Departamento del Cauca, las cuales están ubicadas en los municipios de Timbío y El Tambo. Se llevó a cabo la socialización del trabajo de grado con las respectivas comunidades en donde se presentó el proyecto, explicando la importancia de cumplir con los objetivos propuestos y los beneficios que esto traerá a la comunidad.

Además, se solicitó el debido permiso a las Empresas de Servicios Públicos del Tambo y a la asociación de usuarios del acueducto Sachacoco del municipio de Timbío.

Se efectuaron las visitas de campo a los dos tanques de almacenamiento de agua, y se hizo la recopilación de información de cada uno de los sitios que se visitó para evidenciar el estado en el que se encuentran estas dos estructuras.

Se sistematizó en un primer informe lo realizado en la inspección preliminar, y una vez analizada la información, se programó una nueva visita técnica de verificación para obtener un diagnóstico que determinara el estado actual de la estructura de cada tanque.

Se elaboró un documento de patologías, apoyados de especialistas en el área de las estructuras, para analizar el estado actual de los tanques de almacenamiento.

Después del estudio de Patologías, se plantean las alternativas de solución a la problemática encontrada de los dos tanques de almacenamiento de agua, el cual contiene:

- Un análisis detallado de cada una de las estructuras de los tanques
- Levantamiento en cinta y con equipo de precisión, realizado por topógrafos profesionales en el área.
- Registro fotográfico de las visitas realizado por el equipo de profesionales que elaboran el trabajo de tesis.
- Ensayos de suelos realizados por profesionales en ingeniería de la geotecnia y geotecnólogo profesional para la toma de muestras de campo y ensayos de laboratorio.
- Diseño estructural de los tanques de almacenamiento de agua potable, apoyado por ingeniero especialista en estructuras.

- Análisis del funcionamiento hidráulico del tanque, revisado por dos profesionales especialistas en hidráulica, ambiental y sanitaria.
- Documento de posibles soluciones a la problemática encontrada
- Diseño, presupuesto y APU para los dos tanques de almacenamiento de agua potable, con el apoyo de ingenieros ambientales, estructurales e ingenieros civiles
- Documento de buenas prácticas constructivas para tanques de almacenamiento de agua potable, como resultado de este trabajo de grado.
- Documento de Recomendaciones para evitar el deterioro progresivo de los tanques, supervisado por profesionales especializados en hidráulica y construcción de estructuras hidráulicas.

Las alternativas planteadas para los dos tanques de almacenamiento cumplirán con la normatividad vigente en Colombia.

Esta información se suministró a los siguientes interesados:

A los presidentes de las juntas comunales, Empresas de servicios públicos veredales y oficinas de infraestructura municipales para una futura intervención “integral” de los tanques.

7.1. PLAN DE TRABAJO ACTUAL

N°	CAPÍTULOS	ACTIVIDAD	ESFUERZO (SEMANAS)	EVIDENCIA VERIFICABLE
1	Caracterizar la información recopilada de las visitas de campo	Identificar los sitios a intervenir	1	DOCUMENTO EN EL TRABAJO DE GRADO
		Socializar el trabajo de grado en la comunidad a beneficiar	1	ANEXO N° 1: ACTA DE SOCIALIZACIÓN DE LA REUNIÓN.

	realizadas por profesionales	Solicitud de permiso a las Empresas prestadores del servicio veredal	1	ANEXO N° 2: DOCUMENTO DE PERMISO.
		Visitas de campo a los dos sitios identificados.	2	ANEXO 3. DE VISITA DE CAMPO-TAMBO ANEXO 3. DE VISITA DE CAMPO-TIMBIO
		Sistematizar la información obtenida.	1	ANEXO 4. DOC. ANALISIS DE LAS VISITAS DE CAMPO TAMBO Y TIMBIO
2	Determinar el estado actual y el tipo de la estructura de los dos tanques de almacenamiento existentes.	Analizar la información sistematizada	1	DOCUMENTO EN EL TRABAJO DE GRADO.
		Visitas técnicas de verificación	2	ANEXO N° 5 EN MEDIO DIGITAL, REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS VISITAS DE VERIFICACIÓN EN CAMPO.
		Diligenciar la información obtenida	1	DOCUMENTO EN EL TRABAJO DE GRADO.
		Determinar estado actual de la estructura de los 2 tanques de almacenamiento de agua	1	CARPETA DE ANEXO 6. TOPOGRAFIA ANEXO 7. ESTUDIO DE PATOLOGIAS TAMBO ANEXO 7. ESTUDIO DE PATOLOGIAS TIMBIO ANEXO 8. ESTUDIO DE SUELOS DEL TAMBO TANQUE N°1

				<p>ANEXO 8. ESTUDIO DE SUELOS DEL TAMBO TANQUE N°2</p> <p>ANEXO 8. ESTUDIO DE SUELOS DE TIMBIO TANQUE N°1</p> <p>ANEXO 9. ESCLEROMETRIA TANQUES DE ALMACENAMIENTO TIMBIO</p> <p>ANEXO 9 CALIBRACIÓN EQUIPOS CITEC LIMITADA INGENIERÍA Y GEOTÉCNIA 2021</p> <p>ANEXO 9. ESCLEROMETRÍA TANQUES DE ALMACENAMIENTO TAMBO</p>
3	<p>Proponer alternativas constructivas estableciendo criterios técnicos para cada uno de los tanques de almacenamiento de agua</p>	<p>Realizar un documento con alternativas de solución a la problemática encontrada.</p>	6	<p>ANEXO 10. CÁLCULO DE POBLACIÓN, CÁLCULOS DE VOLÚMENES Y CHEQUEO DEL TANQUE TAMBO CAUCA</p> <p>ANEXO 10. CÁLCULO DE POBLACIÓN, CÁLCULOS DE VOLÚMENES Y CHEQUEO DEL TANQUE TIMBIO CAUCA</p>

				<p>ANEXO 10 COMPLEMENTO 1 PROYECCIÓN MUNICIPIOS 2005- 2009</p> <p>ANEXO 10 COMPLEMENTO 2 PROYECCIÓN MUNICIPIOS 2005- 2009</p> <p>ANEXO 10. COMPLEMENTO 3 CENSO 2018</p> <p>ANEXO 11. MEMORIA HIDRÁULICA DE TIMBÍO Y DEL TAMBO</p> <p>ANEXO N°12 PLANOS HIDRÁULICOS DEL TANQUE DEL TAMBO</p> <p>ANEXO N°13 PLANOS HIDRÁULICOS DEL TANQUE DEL TAMBO</p> <p>ANEXO N°14 PLANOS HIDRÁULICOS DEL TANQUE DEL TIMBIO</p> <p>ANEXO N°15 PLANOS HIDRÁULICOS DEL TANQUE DEL TIMBIO</p> <p>ANEXO 16. MEMORIA ESTRUCTURAL TANQUE AGUA POTABLE TAMBO</p> <p>ANEXO 16. MEMORIA ESTRUCTURAL</p>
--	--	--	--	---

				<p>TANQUE AGUA POTABLE TIMBIO</p> <p>ANEXO 17. PRESUPUESTO TAMBO</p> <p>ANEXO 17. PRESUPUESTO TIMBIO</p> <p>ANEXO 18. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE TIMBIO Y EL TAMBO</p> <p>ANEXO 19. CRONOGRAMA DE OBRA Y PLAN FINANCIERO TAMBO</p> <p>ANEXO 19. CRONOGRAMA DE OBRA Y PLAN FINANCIERO TIMBÍO</p> <p>ANEXO 20. FORMULACIÓN - POBLACIÓN DE TAMBO</p> <p>ANEXO 20. FOMULACIÓN - POBLACION DE TIMBIO</p> <p>ANEXO 20. FORMULACIÓN TAMBO</p> <p>ANEXO 20. FORMULACIÓN TIMBIO</p>
--	--	--	--	--

				<p>ANEXO 21. MGA TAMBO</p> <p>ANEXO 21. MGA TIMBIO</p> <p>ANEXO 22. DOCUMENTO DE BUENAS PRACTICAS CONSTRUCTIVAS</p> <p>ANEXO 23. RECOMENDACIONES PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO</p>
		Entrega del documento con alternativas al presidente de la junta o a la alcaldía que corresponda	1	ANEXO N°24: RECIBIDO A SATISFACCIÓN
4	Elaborar trabajo de grado para optar al título de Magister en Ingeniería de La Construcción	Redacción del documento de grado.	3	ANEXO 25 DOCUMENTO DE TRABAJO DE GRADO
		Entrega y sustentación del trabajo de grado.	1	AVAL DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

8. RESULTADOS

8.1 VISITA DE CAMPO

8.1.1 VISITA DE CAMPO AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO



Ilustración 1. Visita de campo al tanque de almacenamiento de agua potable del municipio de El Tambo

En la visita de campo se observa la siguiente descripción de la estructura:

Existe un tanque de almacenamiento de agua potable, localizado en la cabecera municipal del municipio de El Tambo, específicamente en la planta de tratamiento de la cabecera municipal, compuesto de dos estructuras adosadas entre sí.

El tanque adosado presenta unas ciertas patologías y afectaciones que se pueden observar a simple vista. Este tanque fue construido en concreto estructural, semienterrado, construido en forma de C, que se une a un tanque existente, lo que generó una gran grieta en la junta de unión. Dicho tanque presenta fisuras al interior del muro, humedades, y una de las esquinas presenta una dilatación de gran tamaño. En cuanto a la mezcla de concreto se presenta sobre tamaños en los

agregados. La losa de tapa presenta humedad y fisuras a lo largo de la misma. La losa de fondo presenta un gran deterioro en el concreto, observándose el suministro de una baja cuantía de aceros. Las medidas del tanque son: profundidad de 3.10 m, largo de 12 m y ancho de 4 m. El tanque adosado comparte un muro con el tanque existente. Estos dos tanques son los encargados de almacenar el agua potable para la población de la cabecera municipal.

Además, es importantes aclarar según información suministrada por la gerencia de la Empresa de servicios públicos (EMTAMBO), el tanque siempre ha presentado dificultades en su funcionamiento, por lo que de la visita de campo se concluye que el sistema de tanques requiere un estudio de patologías y de alternativas de solución para una óptima operación.

Esquema del tanque existente observado y registro fotográfico de la visita de campo

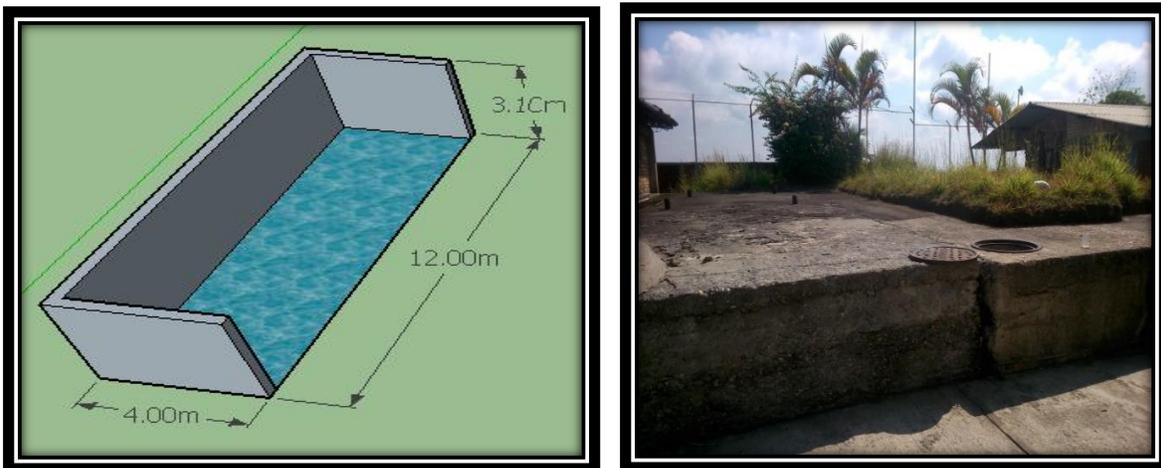


Ilustración 2. Esquema y registro fotográfico del tanque existente

Nota: Ver Anexo 3

8.1.2 VISITA DE CAMPO AL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO



Ilustración 3. Visita de campo al tanque de almacenamiento de agua potable del municipio de Timbío

En la visita de campo se observa la siguiente descripción de la estructura:

Existe un tanque de almacenamiento de agua potable, localizado en la vereda el Descanso, tanque que presenta unas ciertas patologías y afectaciones que se pueden observar a simple vista. El tanque está construido en mampostería estructural y presenta varios accesorios dañados. Se observó hundimiento de tapa de losa y los respiraderos se encuentran en mal estado. Se requiere ajustar los ductos que sobresalen en la parte superior de la losa, de tal forma que trabaje por seguridad como sifón invertido.

Se debe evitar el paso de animales como el ingreso de cuerpos extraños al tanque. También se observa en el tanque fisuras de gran tamaño en sentido vertical. Las medidas del tanque son: profundidad de 2.5 m, largo de 13 m y ancho de 12.80 m.

El tanque es una estructura enterrada, que presenta un gran índice de humedad en sus muros. Se observan 17 columnas con acero de refuerzo longitudinal en barras

de diámetro 1/2". La tapa del tanque es de espesor de 0,12 m y presenta un desnivel para la evacuación de aguas lluvias, por lo que, estas caen directamente al interior del tanque.

Además, es importantes aclarar, según información de la comunidad, que el tanque de almacenamiento fue diseñado y construido por el Comité de Cafeteros hace 30 años y que la operación y mantenimiento del tanque con sus componentes está a cargo de la Empresa de servicios públicos del Municipio de Timbío y delegada a la asociación de Usuarios del Acueducto Sachacoco. El lote donde actualmente se encuentra localizado el tanque fue donado a la comunidad hace más de 30 año por lo que la comunidad posee sana posesión del bien.

De la visita se concluye que el tanque requiere un estudio de patologías y alternativas de operación.

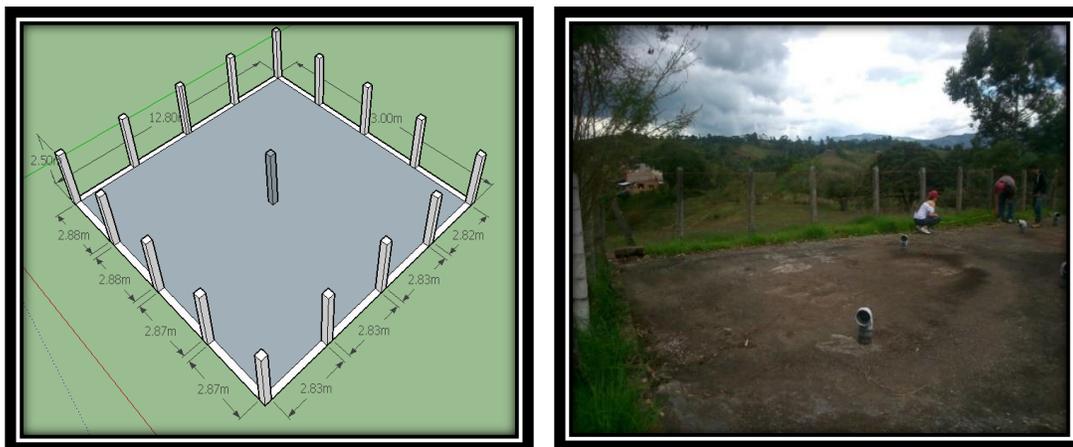


Ilustración 4. Esquema del tanque existente observado y registro fotográfico de la visita de campo.

Nota: Ver Anexo 3

8.2 ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA

8.2.1 ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Se procede a realizar el ensayo de esclerometría a los muros del tanque de almacenamiento con el objetivo de analizar la resistencia del concreto.

Para este ensayo se contrata a la empresa CITEC LIMITADA INGENIERIA Y GEOTECNIA, y se concluye que el tanque de almacenamiento requiere de 18 puntos de estudio y cada punto requiere de 5 disparos, distribuidos uniformemente, de la siguiente manera: 3 puntos para cada muro, 3 puntos para la losa de fondo y 3 puntos para la losa de tapa.

Para realizar este ensayo se limpió la superficie del tanque y se señaló con un marcador donde se debería realizar cada disparo en el punto. La información extraída del ensayo de campo se sistematizó, se adjuntan los resultados y se concluye que la resistencia del concreto actual del tanque de almacenamiento no cumple con la resistencia mínima permitida por la norma NSR-10 la cual hace referencia a una resistencia mínima de 28 Mpa.

El tanque de almacenamiento presenta una resistencia promedio en cada muro de 26.1 Mpa, 23.1 Mpa, 20.3 Mpa y 23.9 Mpa y en la losa de tapa: 24.5 Mpa. El ensayo en la losa de fondo no se presenta valores por cuanto la curva del equipo no dejó percibir el resultado de resistencia.

0 Puntos

1/10 A

CITEC S.A.S.		INSTRUMENTO DE VERIFICACIÓN					CITEC S.A.S.	
BOQUE ESCLEROMETRÍA DEL OCHOVINO ABASTECIDO							CITEC S.A.S.	
NOMBRE DE REFERENCIA		SIV 2412					Página: 1 de 1	
FECHA EJECUCIÓN: 22 - Enero - 2022							Fecha Elaboración: 12-01-2022	
OBRA: Estudio de Patologías Tanque del Timbio								
SECTOR: Planta de Tratamiento								
INTERVENOR: Ing. Fernando Polanco								
CONSTRUCTOR: Ing. María de los Angeles Castaño								
SOLICITÓ: Ing. María de los Angeles								
OOS:								
DETALLE		LECTURA PROYOMETRÍA					ELEMENTO	
TRAMO	A	B	C	D	E	F	H	
SECTOR	FC=					PSI		
1	28	28	28	28	28			Muro A T ₁
2	26	24	24	22	22			Muro B T ₁
3	26	28	26	28	28			
4	22	26	24	26	26			Muro C T ₁
5	22	22	23	23	23			
6	22	22	23	20	22			
7	20	2	18	18	18			Muro d. T ₁
8	20	22	20	22	22			
9	20	22	20	22	18			
10	24	24	24	24	24			Tapa lasa T ₁ → 25×12
11	24	24	24	24	24			
12	24	24	24	24	22			
13	24	24	25	26	26			Muro d. T ₂
14	24	25	26	26	24			
15	24	24	22	23	24			
16	28	30	31	30	32			= 18 → Losa T ₂
17	32	26	30	29	26			
18	26	26	28	28	28			
19								
20								
21								
22								

Muro B T₁ → distancia 1.20 m del nivel de piso

Muro d. T₂ → 1.8 → Losa T₂

Ilustración 5. Información de campo 1

Nota: Ver Anexo 9

8.2.2 ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO

Se procede a realizar el ensayo de esclerometría a las columnetas que hacen parte de los muros del tanque de almacenamiento con el objetivo de analizar la resistencia del concreto.

Para este ensayo se contrata a la empresa CITEC LIMITADA INGENIERIA Y GEOTECNIA, y se concluye que el tanque de almacenamiento requiere de 18 puntos de estudio y cada punto requiere de 5 disparos, distribuidos uniformemente,

de la siguiente manera: 3 puntos para cada eje, en las columnetas, 3 puntos para la losa de fondo y 3 puntos para la losa de tapa.

El tanque de almacenamiento presenta una resistencia promedio en cada columneta de 17.3 Mpa, 14.5 Mpa, 16.2 Mpa y 16.8 Mpa, en la losa de tapa: 27.9 Mpa y en la losa de fondo 12.8 Mpa.

Para realizar este ensayo se limpió la superficie del tanque y se señaló con un marcador donde se debería realizar cada disparo en el punto. La información extraída del ensayo de campo se sistematizó, se adjuntan los resultados y se concluye que la resistencia del concreto actual del tanque de almacenamiento no cumple con la resistencia mínima permitida por la norma NSR-10 la cual hace referencia a una resistencia mínima de 28 Mpa.

REGISTRO DE VERIFICACIÓN MÉTODO POLIQUÍMICO DEL CONCRETO ENDURECIDO										Código:	OT. VERIFIC.	
NORMAS DE REFERENCIA:										Fecha:	1 de 1	
FECHA DE EJECUCIÓN: 22 - Enero - 2022										Fecha Emisión:	12 de 2019	
OBRA: Estadio de Patologías Tanque de Timbio - U. de Cauca												
SECTOR: Venado el Zancan - Chunchucaco												
DISEÑADOR: Luis Fernando Palanco												
CONSTRUCTOR: Ing. Maria de la Angeles Cantano												
SOLICITADO: Ing. Maria de la Angeles Cantano										UDS:		
LECTURA ESCLEROMETRO										ELEMENTO		
ESTRUC.	A	B	C	D	E	F	G					
	f _{co} =							PSI				
1	18	16	16	16	18			HA				
2	20	20	18	18	18			HB				
3	14	14	14	14	14			HC				
4	14	14	14	14	14							
5	14	16	16	16	16							
6	16	16	16	16	14							
7	16	18	18	16	16							
8	17	16	16	16	16							
9	16	16	16	16	16							
10	16	18	16	16	16							
11	18	18	18	18	18							
12	14	12	12	14	12							
13	16	15	15	14	12							
14	12	12	10	12	10							
15	28	28	27	28	28							
16	30	30	28	28	28							
17	28	26	28	28	26							

Nota: Ver Anexo 9

8.3 ENSAYO DE ESTANQUEIDAD

8.3.1 ENSAYO DE ESTANQUEIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Para analizar y asegurar la ausencia de fugas en el tanque de almacenamiento se realiza el ensayo de estanqueidad. Desafortunadamente no fue posible llenar el tanque en su totalidad ni realizar el ensayo, porque las grietas que el tanque presenta en la losa de cimentación son de gran tamaño por lo que el agua era expulsada a pie de ladera, lo que podría generar una inestabilidad en el talud, razón por la cual no fue posible continuar con el ensayo. Este procedimiento ayudó a concluir que el tanque presenta un alto grado de agrietamiento en todo su interior.

8.3.2 ENSAYO DE ESTANQUEIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO

Este ensayo no fue posible realizarse, porque el encargado del mantenimiento y de la operación del tanque de almacenamiento siempre que se programaba manifestaba que se debía reprogramar por que la comunidad dependía un 100% de la continuidad del afluente.

8.4 ANALISIS DE LA CALIDAD DEL CONCRETO

8.4.1 ANALISIS DE LA CALIDAD DEL CONCRETO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO Y DEL MUNICIPIO DE TIMBIO

Para evaluar este punto, se procedió de dos maneras: uno visual y otro mediante el uso del esclerómetro.

Visualmente se logró apreciar la precaria calidad del concreto, el cual presenta sobre tamaños en los agregados. El agregado grueso es totalmente redondeado, superficialmente ha tomado un color negro claro indicando la mala calidad del concreto. Hay pérdida del material cementante, lo que ha facilitado el crecimiento de musgos y por ende continúa el deterioro del tanque.

Por otro lado, se realizaron pruebas de esclerometría, resultados que se presentan en el respectivo anexo, pero se concluyó que el concreto presenta resistencias muy bajas no acorde con este tipo de proyectos.

Se tuvo especial cuidado de buscar los puntos donde se encontraban las columnetas dado que el repello hacía un poco difícil la ubicación para el ensayo respectivo de esclerometría.

Nota: Ver Anexo 7

8.5 ESTUDIO DE SUELOS

Es de aclarar que para el presente trabajo de grado no fue considerado un estudio de estabilidad de talud y laderas por no estar dentro del alcance del presente trabajo, sin embargo, para presentar a un ente evaluador es necesario incluirlo, esto permite analizar con mayor profundidad los efectos de movimiento o el plano de falla y problemas de inestabilidad de terreno.

8.5.1 ANALISIS DE LA CALIDAD DEL CONCRETO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Se adjunta estudio de suelos de la zona, se realizan dos estudios de suelos, uno en la parte delantera y el otro en la parte trasera de la planta de tratamiento. Los estudios de suelos están compuestos de 3 perforaciones ubicadas en puntos estratégicos.

ESTUDIO DE SUELOS PARA EVALUACION DE FALLAS CONSTRUCTIVAS Y DE OPERACIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA, TANQUE No. 1 MUNICIPIO DEL TAMBO, Elaborado por el ING. JOSÉ ALBERTO MUÑOZ GALLEGU M.P. 19202 – 62727 CAUCA y el Geotecnólogo: JAVIER ALEXANDER PEREZ IBARRA M.P. 19516-057039 CAUCA, acompañados y supervisando por los estudiantes María De Los Ángeles Castaño y Juan David Molina.

En el sitio donde se proyectó la evaluación del tanque, no se aprecian fenómenos que permitan suponer alto riesgo tales como reptaciones, fisuras en el terreno o planos de falla o movimientos en masa.

En la cimentación prevista, se debe remover todo el material orgánico y el material remoldeado encontrado en los sondeos realizados debido al alto potencial de cambio volumétrico que experimenta este tipo de materiales.

Estudio de suelos N° 1

Los tipos de suelo encontrados en las perforaciones no son susceptibles de licuarse bajo la acción de los sismos característicos de la zona.

La máxima presión de contacto recomendada para el diseño estructural correspondiente al suelo analizado es de 14.19 Tnf/m^2 , valor que está afectado por un factor de seguridad de 3.00 que debe ser utilizado por el ingeniero calculista para el dimensionamiento de los elementos de cimentación.

Inmediatamente terminada la excavación, deberá protegerse el subsuelo con el fin de evitar el remoldeo del suelo por el efecto de aguas de escorrentía.

Si durante el diseño o construcción se encuentran condiciones del subsuelo o circunstancias no previstas en este informe, se recomienda consultar para estudiar las modificaciones o adiciones que sean necesarias efectuar.

Es imperativo evitar el cambio de humedad en este tipo de suelos debido a que se pueden presentar deformaciones en la base de las fundaciones.

De acuerdo al análisis de capacidad portante para las cimentaciones con las geometrías propuestas, la presión admisible para el suelo analizado es de 14.19 Tnf/m² y la presión aplicada es 4.28 Tnf/m². De esta manera se deduce que la cimentación que se proyecte en el diseño estructural e hidráulico, concentre sus cargas de tal forma que la presión transmitida sea menor que la presión de expansión máxima ($P_{ex} = 3.06 \text{ Tnf/m}^2$).

Se concluye entonces que el suelo cohesivo por debajo de la cimentación no se expande si no que se consolida de manera unidimensional.

Nota: para mayores detalles geotécnicos revisar los resultados en el Anexo 8

Estudio de suelos N° 2

La máxima presión de contacto recomendada para el diseño estructural correspondiente al suelo analizado es de 14.68 Tnf/m², valor que está afectado por un factor de seguridad de 3.00 que deberá ser utilizado por el ingeniero calculista al diseñar la estructura de cimentación.

Inmediatamente terminada la excavación, deberá protegerse el subsuelo con el fin de evitar el remoldeo del suelo por el efecto de aguas de escorrentía.

Las conclusiones y recomendaciones del presente informe están basadas en los resultados de las perforaciones y en las características estructurales del proyecto. Si durante el diseño o construcción se encuentran condiciones del sub-suelo o circunstancias no previstas en este informe, se recomienda consultar para estudiar las modificaciones o adiciones que sean necesarias efectuar.

De acuerdo a la clasificación del suelo, se hace énfasis en que es recomendable realizar obras de canalización y estructuras hidráulicas de conducción tales como canales o filtros con descoles a zonas distantes del sitio de la construcción prevista. Es imperativo evitar el cambio de humedad en este tipo de suelos debido a que se pueden presentar deformaciones en la base de las fundaciones.

De acuerdo al análisis de capacidad portante para las cimentaciones con las geometrías propuestas, la presión admisible para el suelo analizado es de 14.68 Tnf/m² y la carga aplicada es 1.84 Tnf/m². De esta manera se deduce que cualquier cimentación que se proyecte en el diseño estructural e hidráulico, concentre sus cargas de tal forma que la presión transmitida sea menor que la presión de expansión máxima ($P_{ex} = 2.72 \text{ Tnf/m}^2$)

Se concluye entonces que el suelo cohesivo por debajo de la cimentación se expande en la medida que se presenten variaciones en la humedad del terreno. Dado que el tanque está cimentado a una profundidad de 4.00 m, se considera que el contenido de humedad no varía y por tanto la capacidad de expansión del suelo no es significativa.

Nota: Ver Anexo 8

8.5.2 ESTUDIO DE SUELOS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO

Se realiza un estudio de suelos de la zona, compuesto de 3 perforaciones ubicadas en puntos estratégicos un en la parte delantera, el otro en la parte trasera y el otro adyacente al área de ubicación del tanque, cumpliendo con el requerimiento de la norma NSR-10.

ESTUDIO DE SUELOS PARA EVALUACION DE FALLAS CONSTRUCTIVAS Y DE OPERACIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA, TANQUE No. 1 MUNICIPIO DEL TAMBO, Elaborado por el ING. JOSÉ ALBERTO MUÑOZ GALLEGU M.P. 19202 – 62727 CAUCA y el Geotecnólogo: JAVIER ALEXANDER

PEREZ IBARRA M.P. 19516-057039 CAUCA, acompañados y supervisando por los estudiantes María De Los Ángeles Castaño y Juan David Molina.

El estudio de suelos contempla la investigación del subsuelo, análisis y recomendaciones de ingeniería para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, elaborado en fecha septiembre de 2021.

En el sitio donde se proyectó la evaluación del tanque, no se aprecian fenómenos que permitan suponer alto riesgo tales como reptaciones, fisuras en el terreno o planos de falla o movimientos en masa.

En la cimentación prevista, se debe remover todo el material orgánico y el material remoldeado encontrado en los sondeos realizados debido al alto potencial de cambio volumétrico que experimenta este tipo de materiales.

Los tipos de suelo encontrados en las perforaciones no son susceptibles de licuarse bajo la acción de los sismos característicos de la zona.

La máxima presión de contacto recomendada para el diseño estructural correspondiente al suelo analizado es de 16.76 Tnf/m^2 , valor que está afectado por un factor de seguridad de 3.00 y por lo tanto el ingeniero calculista deberá utilizarlo al dimensionar los elementos de cimentación.

Inmediatamente terminada la excavación, deberá protegerse el subsuelo con el fin de evitar el remoldeo del suelo por el efecto de aguas de escorrentía.

Las conclusiones y recomendaciones del presente informe están basadas en los resultados de las perforaciones y en las características estructurales del proyecto. Si durante el diseño o construcción se encuentran condiciones del subsuelo o circunstancias no previstas en este informe, se recomienda consultar para estudiar las modificaciones o adiciones que sean necesarias efectuar.

De acuerdo a la clasificación del suelo, se hace énfasis en que es recomendable realizar obras canalización y estructuras hidráulicas de conducción tales como canales o filtros con descoles a zonas distantes del sitio de la construcción prevista. Es imperativo evitar el cambio de humedad en este tipo de suelos debido a que se pueden presentar deformaciones en la base de las fundaciones.

El suelo principalmente está constituido por limos de alta plasticidad. Su capacidad portante admisible es de 16.26 Tnf/m² y la carga aplicada es de solo 3.24 Tnf/m² lo cual permite que la losa de cimentación no se deforme en forma excesiva y, por ende, el tanque no incremente daños estructurales existentes.

Nota: Ver Anexo 8

8.6 ESTUDIO DE PATOLOGIAS

Para el estudio patológico de los dos tanques de almacenamiento de agua potable, se usa una dirección metodológica basada en visitas de campo y de inspección preliminar, para identificar los daños que se presenten los tanques de almacenamiento y sus posibles causas de esta manera se pueden entregar un diagnóstico preliminar de las afectaciones.

En las visitas de campo se hace una inspección visual detallada de las estructuras, se realiza un registro fotográfico de cada compartimiento y todas las construcciones adyacentes al área de estudio.

Se procedió a realizar un levanta en cinta a cargo de los estudiantes María De Los Ángeles Castaño y Juan David Molina y después realizar un levantamiento topográfico y geométrico en general.

Con la información de campo y el ensayo de esclerometría se procede a realizar un diagnóstico de la estructura del tanque.

8.6.1 ESTUDIO DE PATOLOGIA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO Y DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO Y DIAGNOSTICO DE LAS PATOLOGIAS ENCONTRADAS EN LOS TANQUES

1.-Grietas que permiten la salida del agua por el muro:

Esta patología es crítica, ya que indudablemente la función más necesaria en un tanque es el almacenamiento del agua.

2.-Grietas y deflexiones excesivas en la tapa del tanque.

Las grietas en la tapa y las deflexiones que presenta hacen posible el empozamiento del agua y posteriormente esta pasa a contaminar el agua potable destinada para la comunidad y además produce oxidación del refuerzo.

3.-Plantas en la tapa del tanque.

Este procedimiento sin las protecciones adecuadas para el concreto hace que este pierda cementación y se deteriore llevando esto a la corrosión del acero y posteriormente a fallas más graves.

4.-Concreto de mala calidad.

El concreto encontrado es un concreto poroso y de baja resistencia, que permite que el agua penetre hasta la zona donde está el acero de refuerzo y acelere su corrosión. Estructuralmente, un concreto de baja resistencia no garantiza la resistencia a flexión ni durabilidad en este tipo de obras.

Resistencia del Concreto:

Resistencia actual: 15 Mpa (150kg/cm²)

Resistencia requerida: 28 Mpa (280kg/cm²)

5.-Acero no adecuado, tanto en calidad como en cantidad.

El acero utilizado es un refuerzo liso, no corrugado y de baja resistencia, que solo cuenta con una malla en diámetro de 3/8" en el centro del muro con separaciones de 30 cm x 30 cm, refuerzo insuficiente para las dimensiones del tanque.

Se presenta una comparación de valores de resistencias actuales y resistencias requeridas por la norma NSR-10 para el diseño y chequeo de tanques de concreto reforzado:

Resistencia del Acero:

Resistencia actual: 350 Mpa (3500 kg/cm²)

Resistencia requerida: 420 Mpa (4200 kg/cm²)

Nota: Ver Anexo 7

8.7 DIAGNOSTICO GENERAL DE LOS TANQUES

8.7.1 DIAGNOSTICO GENERAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO Y DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Como diagnostico general se concluye que los tanques fueron construidos con grandes deficiencias constructivas y de diseño, cumplieron su función por varios años, han finalizado su vida útil y en el momento actual no presentan condiciones adecuadas para un posible reforzamiento estructural.

Nota: Ver Anexo 7

8.8 ANALISIS DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

8.8.1 ANALISIS DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO Y DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Como parte del resultado del estudio de patológicos, estudio geotécnico y estado actual que se encuentran los tanques se puede establecer que el tanque presenta un alto grado de vulnerabilidad estructural, lo cual lo hace inviable para continuar su operación y servicios.

Nota: Ver Anexo 7

8.9 CONCLUSIONES DE ERRORES DESDE EL PROCESO CONSTRUCTIVO

8.9.1 CONCLUSIONES DESDE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO.

La afectación más grave fue la causada en el muro lateral del tanque, la cual se produjo principalmente por dos razones, a saber:

- a) En primer lugar desde su construcción se dejaron muy escasos recubrimientos del acero inferior, afectando la durabilidad de la estructura.
- b) El deficiente proceso de impermeabilización del concreto genera filtraciones de aguas lluvias al interior del tanque, produciendo una subsistencia de bacterias como

moho, además la generación de vapores del agua tratada, que reacciona con el cloro y aluminatos aumenta la tasa de humedad en la cara inferior.

c) Inapropiado diseño estructural y diferente proceso constructivo en el adosamiento de muros fundidos en “C” con el muro del tanque existente.

Nota: Ver Anexo 7

8.9.2 CONCLUSIONES DESDE EL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO

Se concluye que el tanque desde su construcción empezó a mostrar tempranas patologías, y que una vez puesto en operación con el almacenamiento de agua, corre el riesgo de que en cualquier momento colapse alguna de sus paredes. No obstante, construidos estos tanques de forma artesanal han prestado un servicio a la comunidad para mejorar su condición de vida.

A continuación, enunciamos algunos errores desde su construcción:

a) En primer lugar desde su construcción se dejaron muy escasos recubrimientos del acero inferior.

b) Al igual que en el tanque del Municipio de El Tambo, los cambios de temperatura que se generan al interior del tanque que facilita la generación de vapores del agua tratada, y que al reaccionar con el cloro adicionado, aluminatos y demás sustancias que se requieren para su tratamiento, aumenta la rata de humedecimiento en la cara inferior.

c) Error en la utilización de materiales como el ladrillo, el cual es altamente permeable y por lo tanto permite la salida del líquido.

Nota: Ver Anexo 7

8.10 ANALISIS DE ALTERNATIVAS

Con las visitas de campo y los ensayos realizados de esclerometría, de estanqueidad y de suelos, sumados al análisis de la calidad del concreto, al estudio de patologías, al diagnóstico general de los tanques, al estudio de vulnerabilidad estructural y a errores constructivos, se presentan tres opciones de intervención para los tanques de almacenamiento de agua potable y se propone una alternativa de solución que más se ajuste a los requerimientos técnicos, sociales y ambientales, buscando eficiencia, economía y funcionalidad.

8.10.1 ANALISIS DE ALTERNATIVAS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Las siguientes son las soluciones propuestas en la planta de tratamiento de agua potable de la cabecera municipal de El Tambo Cauca:

1. Construcción de tanques de almacenamiento de agua potable, semienterrados en concreto de resistencia de 28 Mpa
2. Construcción de tanques de almacenamiento de agua potable, elevados en concreto de resistencia de 28 Mpa, con sistema de bombeo
3. Mejoramiento y adecuación de tanques de almacenamiento de agua potable, semienterrados en concreto de resistencia de 28 Mpa

La alternativa de solución a la problemática en estudio escogida por el equipo de trabajo de grado es la alternativa número 1 que corresponde a la “Construcción de tanques de almacenamiento de agua potable, semienterrados en concreto de

resistencia de 28 Mpa”, debido a que, en la evaluación realizada, la alternativa seleccionada es la más adecuada con relaciona a la rentabilidad, costo -eficiencia y costo -mínimo.

Nota: Ver Anexo 20

8.10.2 ANALISIS DE ALTERNATIVAS DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO

Se enumeran las siguientes alternativas de solución del tanque en la vereda El Descanso, municipio de Timbío Cauca:

1. Construcción de un tanque enterrado de almacenamiento de agua potable, en concreto de resistencia de 28 Mpa.
2. Mejoramiento del tanque enterrado de almacenamiento de agua potable existente, en concreto de resistencia de 28 Mpa.
3. Construcción de un tanque superficial de almacenamiento de agua potable, en fibra de vidrio.

La alternativa de solución a la problemática en estudio seleccionada por el equipo de trabajo de grado corresponde a la alternativa número 1: “Construcción de un tanque de almacenamiento de agua potable, enterrado en concreto de 28 Mpa. debido a que, en la evaluación realizada, la alternativa seleccionada es la más adecuada con relaciona a la rentabilidad, costo -eficiencia, costo -mínimo y mantenimiento.

Nota: Ver Anexo 20

8.11 TOPOGRAFIA

8.11.1 LEVANTAMIENTO EN CINTA DE LOS TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO Y DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Se utilizó una técnica topográfica para medir el área de los tanques de almacenamiento, la cual consiste en la utilización de una cinta métrica y una brújula, para medir los lados y ángulos del terreno donde se localizan los tanques de almacenamiento en estudio. Este método ayudó a analizar el volumen existente de los tanques en estudio.

Nota: Ver Anexo 6

8.11.2 TOPOGRAFIA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Se realizó un levantamiento topográfico, en el área de la planta de tratamiento de agua potable de El Tambo, tanto planimétrico como altimétrico y se delimitó el tanque existente, el tanque adosado y en funcionamiento, la planta de tratamiento, los andenes, el cerco, los caminos, las cajas de válvulas, los postes, muros de contención, la bodega, la oficina del operario y las cunetas de salida.

Este levantamiento topográfico se realizó con equipo de precisión “estación total”, cumpliendo con la resolución 330 del 2017, que regula el uso de tales equipos de medición.

Este levantamiento topográfico permitió medir el espacio disponible para el dimensionamiento del nuevo diseño de los tanques de almacenamiento de agua potable del estudio del trabajo de grado.

El levantamiento topográfico se realizó solo al tanque de almacenamiento de El Tambo por la complejidad de la ubicación de los tanques nuevos, por la variedad de accesorios que debe contener el nuevo diseño.

8.12 DISEÑO HIDRAULICO

8.12.1 DISEÑO HIDRAULICO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Con la alternativa de solución a la problemática presentada es fundamental realizar el diseño hidráulico, como un componente fundamental en la alternativa de solución. Para lograr este diseño fue primordial hacer un cálculo de población, y conocer la demanda que se requiere.

En primer lugar, se busca en la base de datos del DANE, censo nacional de población y vivienda CNPV 2018, las proyecciones de población municipales por área 2005 y 2009 (cabecera municipal), como información de la secretaria de planeación municipal del Tambo.

Con la información de población se realizó unos cálculos de proyección de población con los métodos ARITMETICO, GEOMETRICO Y EXPONENCIAL y una proyección GEOMETRICA CON r PROMEDIO DE LA POBLACION URBANA, tabulando unas tablas de cada uno de los métodos de proyección de población para un periodo de 25 años. Finalmente se hace un análisis de sensibilidad, en la comparación de proyecciones de población y se concluye que el método geométrico es el más adecuado para el tipo de crecimiento de la población de la cabecera municipal de Tambo.

Años	periodos	población proyectada	viviendas proyectadas	Año proyecto	Año formula
2019	0	7193	1741	0	0
2020	1	7313	1770	0	0
2021	2	7434	1799	0	0
2022	3	7558	1829	0	0
2023	4	7684	1860	1	1
2024	5	7811	1891	2	2
2025	6	7941	1922	3	3
2026	7	8073	1954	4	4
2027	8	8208	1987	5	5
2028	9	8344	2020	6	6
2029	10	8483	2053	7	7
2030	11	8624	2087	8	8
2031	12	8768	2122	9	9
2032	13	8913	2157	10	10
2033	14	9062	2193	11	11
2034	15	9212	2230	12	12
2035	16	9366	2267	13	13
2036	17	9521	2305	14	14
2037	18	9680	2343	15	15
2038	19	9841	2382	16	16
2039	20	10004	2421	17	17
2040	21	10171	2462	18	18
2041	22	10340	2503	19	19
2042	23	10512	2544	20	20
2043	24	10687	2587	21	21
2044	25	10865	2630	22	22
2045	26	11045	2673	23	23
2046	27	11229	2718	24	24
2047	28	11416	2763	25	25

Como la población proyectada a 25 años corresponde a 11416 habitantes, la capacidad económica de los usuarios es baja. (Resolución 330 de 2017).

Se procede a realizar una investigación de edificaciones especiales en la cabecera municipal de El Tambo, caracterizadas de la siguiente manera:

Colegios zona urbana: CENTRO EDUCATIVOS POR CICLOS PARA ADULTOS EL TAMBO CEDCAT, IND. CASCO URBANO, INSTITUCION EDUCATIVA POLITECNICO FRANCISCO DE PAULA SANTANDER, INSTITUCION EDUCATIVA SAN CARLOS, INSTITUCION EDUCATIVA LIBORIO MEJIA.

Instituciones sociales: IGLESIA JESÚS NAZARENO, EL TAMBO CAUCA.

Comercio: GALERÍA PRINCIPAL EL TAMBO

Instituciones oficiales: NOTARIA DEL TAMBO, ALCALDIA MUNICIPAL, E.S.E HOSPITAL DE EL TAMBO, ESTACIÓN DE POLICÍA EL TAMBO, OFICINAS EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO EMTAMBO E.S.P.

Lo anterior tiene como objetivo analizar y obtener:

- Cantidad de población futura
- Caudal Neto
- Caudal Bruto
- Caudal Máximo Diario (QMD)
- Caudal Máximo Horario (QMH)

Del análisis se obtiene un Caudal Neto de 0.92 L/s.

Se procede hacer cálculo de caudales y se obtuvieron los siguientes resultados:

Capacidad Económica	Datos y Cálculos	Unidades
Altitud Promedio de la población servida	1750	msnm
Periodo de Diseño	25	años
Dotación Neta	130	l/hab*día
año	2047	
Población futura	11416	hab
Promedios habitantes / vivienda	4,13	hab/viv
Caudales Especiales	0,92	L/s
Cálculo de caudal domestico	17,18	L/s
Caudales Especiales	0,92	L/s
Suma total de caudales	18,1	L/s
Pérdidas técnicas 25%	25%	

Caudal más pérdidas-Dotación bruta	24,13	L/s
Factor de mayoración QMD	1,3	inferior a 12500
Factor de mayoración QMH	1,6	330 de 2017
Qmd	24,13	L/s
QMD	31,37	L/s
QMH	50,19	L/s

Con la información se calculó el volumen requerido para la población de la cabecera de El Tambo. La capacidad de almacenamiento debe ser igual a un tercio (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.

Volumen Útil del Tanque		
QMD	31,370	L/s
Volumen requerido diario	2710,4	m ³
Volumen Útil ($V_u=1/3QMD$)	903,5	m ³
Volumen Requerido		
Número de módulos	1	und
Volumen almacenado por módulo	903,5	m ³
Volumen adicional contra incendios según artículo 81, Parágrafo. Prevención contra incendios. Riesgo alto 25 %	226,0	m ³
volumen requerido tanque	1129,5	m ³

El número de módulos para el tanque a diseñar es de una (1) unidad y el volumen de agua almacenado será de 903.5 m³. El volumen adicional contra incendios es de 25%, según el artículo 81 de la Resolución 330 de 2017. Por lo tanto, el volumen requerido del tanque es de **1129.5 m³**.

Chequeo de volumen del tanque existente

Con el volumen requerido para la población de la cabecera de El Tambo, se procede hacer un chequeo al volumen de los tanques existentes en la planta de tratamiento de agua potable con el objetivo de analizar si es posible utilizar el mismo dimensionamiento del tanque en estudio.

TANQUE EXISTENTE N°1 FUNCIONAL		
Largo:	7,2	m
Ancho:	11,2	m
h- Alto útil:	2,75	m
Volumen:	221,76	m ³

Fuente: Propia

TANQUE EXISTENTE N°2 ESTUDIO		
Largo:	11,4	m
Ancho:	3,6	m
h- Alto útil:	3	m
Volumen:	123.12	m ³

Fuente: Propia

Volumen de tanques		
Volumen Útil tanques	344.88	m ³

Volumen requerido útil Total		
Volumen Útil faltante	784.62	m ³

La suma, de los dos volúmenes de los tanques existentes en la planta de tratamiento es de 344.88 m³, por lo que se concluye que estos tanques no tienen la capacidad de almacenamiento necesaria para el volumen calculado útil requerido el cual es de: 1.129.5 m³. Se presenta una diferencia de volumen de: 784.62 m³ que se requieren de más.

Por el área disponible del tanque existente, no se puede diseñar un solo tanque de capacidad de 1.129,5 m³, por lo que se propone diseñar dos tanques nuevos de

almacenamiento independientes que trabajen continuos para poder garantizar el volumen necesario para la comunidad, así con las siguientes dimensiones:

Diseño del tanque N°: 1 medidas internas		
Largo:	18	m
Ancho:	8	m
h- Alto útil:	4	m
Volumen:	576	m ³
Diseño del tanque N°: 2 medidas internas		
Largo:	18	m
Ancho:	8	m
h- Alto útil:	4	m
Volumen:	576	m ³

Chequeo de Volúmenes:

El volumen de los dos tanques de almacenamiento es de 1.152 m³ que cumple con el caudal requerido, además se presenta un excedente de 22.5 m³ que garantiza el abastecimiento a la población. A continuación, se presentan las dimensiones del tanque diseñado para el barrio Piedra de bolívar del municipio del Tambo Cauca.

Tanque N°1 y tanque 2		
Ancho útil:	8,0	m
Espesor de un muro=	0,45	m
N° muros =	2	und
Suma del espesor de dos muros=	0,9	m
ancho total con muros:	8,9	m
Largo útil:	18	m
Espesor de un muro =	0,45	m
N° muros=	3	und
Suma del espesor de tres muros=	1,35	m
Compartimientos internos=	2	und
Largo total con muros=	19,35	m
h-Alto útil =	4	m
h borde libre	0,3	m
h sedimentos	0,2	m
Espesor de la losa de fondo=	0,45	m
Espesor de la losa de tapa=	0,12	m

solado de limpieza:	0,07	m
Alto total sin tapa	5,02	m
Alto total con tapa	5,14	m

Fuente: Propia

profundidad adicional		
Borde libre definido	0,3	m
Nivel mínimo en el fondo	0,2	m
Pendiente del fondo	2	%

Fuente: Propia

Tubería de lavado del tanque propuesto N°2		
Diámetro de tubería de lavado	0,1524	m
Coeficiente m asumido	0,6	
Área de orificio tubería Ao	0,018	m ²
Profundidad del tanque Ht	4,20	m
Tiempo de vaciado tanque Tv	0,12	h

Nota: Ver Anexos 10, 11 y 12

8.12.2 DISEÑO HIDRAULICO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO.

Con la alternativa de solución a la problemática presentada es fundamental realizar el diseño hidráulico, como un componente fundamental en la alternativa de solución. Para lograr este diseño fue primordial hacer un cálculo de población, y conocer la demanda que se requiere.

Primero se busca en la base de datos del DANE, censo nacional de población y vivienda CNPV 2018, proyecciones de población municipales por área 2005 y 2009 (cabecera municipal), en especial la vereda el Descanso.

Con la información de población se realizó unos cálculos de proyección de población con los métodos ARITMETICO, GEOMETRICO Y EXPONENCIAL y una proyección GEOMETRICA CON r PROMEDIO DE LA POBLACION, tabulando unas tablas de

cada uno de los métodos de proyección de población para un periodo de 25 años y por último se hace un análisis de sensibilidad, en la comparación de proyecciones de población se concluye que el método geométrico es el más adecuado, para el tipo de crecimiento de la población de la vereda el Descanso.

Años	periodos	población proyectada	viviendas proyectadas	Año proyecto
0	0	0	606	0
2020	0	2424	606	0
2021	1	2444	611	0
2022	2	2464	616	0
2023	3	2485	621	1
2024	4	2506	626	2
2025	5	2526	632	3
2026	6	2548	637	4
2027	7	2569	642	5
2028	8	2590	648	6
2029	9	2612	653	7
2030	10	2633	658	8
2031	11	2655	664	9
2032	12	2677	669	10
2033	13	2700	675	11
2034	14	2722	681	12
2035	15	2745	686	13
2036	16	2767	692	14
2037	17	2791	698	15
2038	18	2814	703	16
2039	19	2837	709	17
2040	20	2861	715	18
2041	21	2885	721	19
2042	22	2909	727	20
2043	23	2933	733	21
2044	24	2957	739	22
2045	25	2982	745	23
2046	26	3006	752	24
2047	27	3031	758	25

Como la población proyectada a 25 años corresponde a 3031 habitantes, con una capacidad económica de los usuarios baja, (Resolución 330 de 2017).

Se procede a realizar una investigación de edificaciones especiales en la vereda el Descanso del municipio de Timbio, caracterizadas de la siguiente manera:

- Colegios zona urbana: CENTRO EDUCATIVO EL DESCANSO.
- Instituciones sociales: CAPILLA.
- Instituciones oficiales: Centro de Salud el Descanso.

Lo anterior tiene como objetivo analizar y obtener:

- La cantidad de población futura.
- Caudal Neto.
- Caudal Bruto.
- Caudal Máximo Diario (QMD).
- Caudal Máximo Horario (QMH).

Se obtiene un Caudal Neto de 0.04 L/s.

Se procede hacer cálculo de caudales y se obtuvieron los siguientes resultados:

Capacidad Económica	Datos y Cálculos	Unidades
Altitud Promedio de la población servida	1750	msnm
Periodo de Diseño	25	años
Dotación Neta	130	l/hab*día
año	2047	
Población futura	3031	hab
Promedios habitantes / vivienda	4,00	Hab/Viv
Caudales Especiales	0,04	L/s
Cálculo de caudal domestico	4,56	L/s
Caudales Especiales	0,04	L/s
Suma total de caudales	4,6	L/s
Pérdidas técnicas 25%	25%	
Caudal más perdidas	6,13	L/s

Factor de mayoración QMD	1,3	inferior a 12500
Factor de mayoración QMH	1,6	330 de 2017

Qmd	6,13	L/s
QMD	7,97	L/s
QMH	12,75	L/s

Con la información se calculó el volumen requerido para la población de la vereda el Descanso, y se determinó que la capacidad de almacenamiento debe ser igual a un tercio (1/3) del volumen distribuido a la zona que va abastecer en el día de máximo consumo.

Volumen Útil del Tanque		
QMD	7,970	L/s
Volumen requerido diario	688,6	m ³
Volumen Útil ($V_u=1/3QMD$)	229,5	m ³
Dimensionamiento del tanque		
Número de módulos	1	und
Volumen almacenado por módulo	229,5	m ³
Volumen adicional contra incendios según artículo 81, Parágrafo. Prevención contra incendios. Riesgo alto 25 %	0,0	m ³
volumen requerido tanque	229,5	m ³

El número de módulos para el tanque a diseñar es de una (1) unidad, y el volumen de agua almacenado será de 229.5 m³. El volumen adicional contra incendios se asume como 0%, por ser una zona rural, según el artículo 81 de la Resolución 330 de 2017. Por lo tanto, el volumen requerido del tanque es de **229.5 m³**.

Chequeo de volumen del tanque existente

Con el volumen requerido para la población de la vereda el Descanso, se procede hacer un chequeo al volumen de los tanques existentes que reparte a la vereda el Descanso con el objetivo de analizar si es posible utilizar el mismo dimensionamiento del tanque en estudio.

TANQUE EXISTENTE N°1 EN ESTUDIO		
Largo:	12,4	m
Ancho:	12,2	m
h- Altura útil:	2,2	m
Volumen:	332,8	m ³

Fuente: Propia

El tanque ubicado en la vereda El Descanso de Timbío, cumple con el volumen requerido por el proyecto a un horizonte de 25 años. Con un volumen sobrante de 103.3 m³, se procedió a diseñar el tanque de almacenamiento.

Dimensiones del tanque diseñado

DISEÑO DEL TANQUE N°1 MEDIDAS INTERNAS		
Largo útil:	10	m
Ancho útil:	5	m
h- Altura útil:	2,3	m
Compartimientos:	2	
Volumen:	230	m ³

DISEÑO DEL TANQUE N°1 MEDIDAS EXTERNAS		
Largo útil:	5	m
Espesor de muros 1:	0,3	m
N° de muros a lo largo:	3	und
N° de comportamientos:	2	und
Largo total:	10,90	m
Ancho útil:	10	m
Espesor de muros:	0,3	m
N° de muros	2	und
Largo total	10,6	m
h- Altura útil:	2,3	m
h-borde libre	0,3	m
h-sedimentos	0,2	m
compartimientos	2	und
espesor de losa de fondo	0,3	m

espesor de losa de tapa	0,2	m
h-total sin losa de tapa	3,1	m
h-total con losa de tapa	3,3	m

Borde libre definido	0,3	m
Nivel mínimo en el fondo	0,2	m
Pendiente del fondo	2%	%

Tubería de lavado del tanque en estudio N°1		
Diámetro de tubería de lavado	0,1524	m
Coeficiente m asumido	0,6	
Área de orificio tubería Ao	0,018	m ²
Profundidad del tanque Ht	2,60	m
Tiempo de vaciado tanque Tv	0,02	h

Nota: Ver Anexos 10, 11 y 14

8.13 DISEÑO ESTRUCTURAL

8.13.1 DISEÑO ESTRUCTURAL PRESUPUESTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

En el municipio de El Tambo se tiene proyectado la construcción de dos tanques de almacenamiento con dos compartimientos cada uno. Las dimensiones de los tanques son 8.90 m × 19.34 m con una altura promedio de 4.50 m. El espesor de los muros es 0.45 m.

Cada tanque tiene proyectado dos muros laterales, dos frontales y un muro divisorio, Cada tanque está diseñado con los siguientes elementos:

- 6 vigas de 0.20 m × 0.30 m
- 16 vigas de 0.20m × 0.30 m
- 1 viga de 0.35 m × 0.40 m
- 2 vigas de 0.35 m × 0.40 m
- 2 columnas 0.35 m × 0.35 m

La losa de cimentación tiene un espesor de 0.45 m y la losa de cubierta tiene un espesor de 0.12 m.

A continuación, se detallan las diferentes formas de despieces de los tanques de almacenamiento para vigas, columnas, losas de fondo y de cubierta y cajas de control y cajas de válvulas.

DESPIECE TANQUES DE TAMBO

CANTIDAD DE TANQUES: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	6	5/8"	1.56	864	10368	16174.08
Forma No.02	4	5/8"	1.56	388	3104	4842.24
Forma No.03	6	5/8"	1.56	238	2856	4455.36
Forma No.04	1.7	5/8"	1.56	564	1917.6	2991.456
Forma No.05	5	5/8"	1.56	866	8660	13509.6
Forma No.06	4.2	5/8"	1.56	120	1008	1572.48
Forma No.07	3.3	3/8"	0.56	106	699.6	391.776
Forma No.08	2.5	3/8"	0.56	50	250	140
Forma No.09	6	3/8"	0.56	256	3072	1720.32

DESPIECE DE HIERROS VIGA 0.35 m × 0.40 m

CANTIDAD DE TANQUES: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	6	5/8"	1.56	28	336	524.16
Forma No.02	6	5/8"	1.56	26	312	486.72
Forma No.03	3.6	5/8"	1.56	12	86.4	134.784
Forma No.04	3.8	5/8"	1.56	12	91.2	142.272
Forma No.05	3.8	5/8"	1.56	6	45.6	71.136

DESPIECE DE HIERROS VIGA ESTRIBOS

CANTIDAD DE TANQUES: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	1.17	1/4"	0.25	293	685.62	171.41

DESPIECE DE HIERROS VIGUETA 0.20×0.30

CANTIDAD DE TANQUES: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	6	1/2"	1	88	1056	1056
Forma No.02	6	1/2"	1	48	576	576
Forma No.03	4.4	1/2"	1	24	211.2	211.2
Forma No.04	3.96	1/2"	1	64	506.88	506.88

DESPIECE DE HIERROS VIGUETA ESTRIBOS

CANTIDAD DE TANQUES: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	0.75	1/4"	0.25	1088	1632	408

DESPIECE DE HIERROS COLUMNA 35×35

CANTIDAD DE TANQUES: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	5	5/8"	1.56	8	80	124.8

DESPIECE DE HIERROS COLUMNA ESTRIBOS

CANTIDAD DE TANQUES: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	0.55	1/4"	0.25	268	294.8	73.7

ACERO LONGITUDINAL LOSA CAJAS 1-2-3

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 3

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
-------------	-------	--------------	--------------	----------	----------------	------------

Forma No.01	2	1/2"	1	10	60	60
-------------	---	------	---	----	----	----

ACERO TRANSVERSAL LOSA CAJAS 1-2-3

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 3

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	2	1/2"	1	10	60	60

ACERO LONGITUDINAL MUROS LATERALES CAJAS 1-2-3

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 6

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	4	1/2"	1	11	264	264

ACERO LONGITUDINAL MUROS FRONTALES CAJAS 1-2-3

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 6

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	4	1/2"	1	11	264	264

ACERO TRANSVERSAL MUROS LATERALES Y FRONTALES CAJAS 1-2-3

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 3

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	6.2	1/2"	1	26	483.6	483.6

ACERO LONGITUDINAL LOSA CAJA 4

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 1

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	3	1/2"	1	12	36	36

ACERO TRANSVERSAL LOSA CAJA 4

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 1

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	2	1/2"	1	20	40	40

ACERO LONGITUDINAL MUROS LATERALES CAJA 4

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	5	1/2"	1	20	200	200

ACERO LONGITUDINAL MUROS FRONTALES CAJA 4

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	5	1/2"	1	11	110	110

ACERO TRANSVERSAL MUROS LATERALES Y FRONTALES CAJA 4

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	10	1/2"	1	31	310	310

ACERO LONGITUDINAL LOSA CAJAS 6-7-8

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 3

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	1	1/2"	1	6	18	18

ACERO TRANSVERSAL LOSA CAJAS 6-7-8

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 3

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	1	1/2"	1	6	18	18

Forma No.01	1	1/2"	1	7	21	21
-------------	---	------	---	---	----	----

ACERO LONGITUDINAL MUROS LATERALES CAJAS 6-7-8

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 6

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	1	1/2"	1	7	42	42

ACERO LONGITUDINAL MUROS FRONTALES CAJAS 6-7-8

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 6

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	1	1/2"	1	6	36	36

ACERO TRANSVERSAL MUROS LATERALES Y FRONTALES CAJAS 6-7-8

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 3

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	4	1/2"	1	7	84	84

ACERO LONGITUDINAL LOSA CAJA 10

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 1

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	5	1/2"	1	15	75	75

ACERO TRANSVERSAL LOSA CAJAS 10

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 1

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	2	1/2"	1	34	68	68

ACERO LONGITUDINAL MUROS LATERALES CAJA 10

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	5	1/2"	1	34	340	340

ACERO LONGITUDINAL MUROS FRONTALES CAJA 10

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	5	1/2"	1	15	150	150

ACERO TRANSVERSAL MUROS LATERALES Y FRONTALES CAJA 10

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 1

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	14.5	1/2"	1	33	478.5	478.5

ACERO LONGITUDINAL LOSA CAJA 11

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 1

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	3.5	1/2"	1	15	52.5	52.5

ACERO TRANSVERSAL LOSA CAJAS 11

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 1

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	2.1	1/2"	1	24	50.4	50.4

ACERO LONGITUDINAL MUROS LATERALES CAJA 11

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	5	1/2"	1	24	240	240

ACERO LONGITUDINAL MUROS FRONTALES CAJA 11

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 2

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	5	1/2"	1	15	150	150

ACERO TRANSVERSAL MUROS LATERALES Y FRONTALES CAJA 11

CANTIDAD DE ELEMENTOS: 1

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	12	1/2"	1	33	396	396

Longitud total de los dos tanques de almacenamiento (m): 41.877,90 m

Peso total de los dos tanques de almacenamiento Wn (Kg): 54.313,37 Kg

Las formas de despiece de cada uno de las varillas se pueden detallar en el plano estructural; de igual manera las longitudes de traslapos.

Se aclara que en el plano estructural de El Tambo únicamente está contemplado el acero de los 2 tanques de almacenamiento, el acero de las cajas, se tuvo en cuenta en las cantidades de obra para la proyección del presupuesto de obra.

Nota: Ver Anexos 13 y 16

8.13.2 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO.

En el municipio de Timbío se tiene proyectado la construcción de un tanque de almacenamiento con dos módulos. Las dimensiones del tanque son 10.60 m X 10.90 m con una altura promedio de 2.74 m. El espesor de los muros es 0.30 m.

El tanque tiene proyectado dos muros laterales, dos frontales y un muro divisorio, una caja de entrada y una caja de válvulas.

El tanque está diseñado con dos vigas de diferentes dimensiones:

- 2 vigas de 0.15 m × 0.25 m

- 4 vigas de 0.20 m × 0.30 m

La losa de cimentación tiene un espesor de 0.30 m y la losa de cubierta tiene un espesor de 0.20 m.

A continuación, se detallan las diferentes formas de despieces del tanque de almacenamiento para vigas, losas de fondo y de cubierta y cajas de entrada y de válvulas.

DESCRIPCION	LARGO	φ DE VARILLA	FACTOR KG/ML	CANTIDAD	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
Forma No.01	6	1/2"	1	450	2700	2700.0
Forma No.02	5.8	1/2"	1	450	2610	2610.0
Forma No.03	6	1/2"	1	4	24	24.00
Forma No.04	3.3	1/2"	1	4	13.2	13.20
Forma No.05	4.05	1/2"	1	20	81	81.00
Forma No.06	3.7	1/2"	1	15	55.5	55.50
Forma No.07	3	1/2"	1	170	510	510.00
Forma No.08	3.25	1/2"	1	170	552.5	552.50
Forma No.09	5.6	1/2"	1	25	140	140.00
Forma No.10	5.5	3/8"	0.56	85	467.5	261.80
Forma No.11	6	3/8"	0.56	85	510	285.60
Forma No.12	0.85	1/2"	1	450	382.5	382.50
Forma No.13	3.45	1/2"	1	510	1759.5	1759.5
Forma No.14	3.25	1/2"	1	30	97.5	97.50
Forma No.15	4.12	1/2"	1	15	61.8	61.80
Forma No.16	2.8	3/8"	0.56	15	42	23.52
Forma No.17	6	1/2"	1	30	180	180.00
Forma No.18	2.35	3/8"	0.56	15	35.25	19.74
Forma No.19	3.53	3/8"	0.56	85	300.05	168.03
Forma No.20	6	3/8"	0.56	20	120	67.20
Forma No.21	5.6	3/8"	0.56	8	44.8	25.09
Forma No.22	0.68	1/4"	0.27	516	350.88	94.74
Forma No.23	0.9	1/4"	0.27	1088	979.2	264.38

LONGITUD TOTAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO: 19.711,73 m

PESO TOTAL EN KG TANQUE DE ALMACENAMIENTO: 17.133,11 kg

La forma de despiece de cada uno de las varillas se puede detallar en el plano estructural; de igual manera las longitudes de traslapos.

Nota: Ver Anexos 15 y 16

8.14 PRESUPUESTO DE INTERVENTORÍA

8.14.1 PRESUPUESTO DE INTERVENTORIA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Se elaboró el presupuesto de interventoría del tanque de almacenamiento, compuesto por 3 capítulos, discriminados de la siguiente manera: PERSONAL PROFESIONAL, PERSONAL TECNICO, OTROS COSTOS DIRECTOS. Cada capítulo contiene unos ítems con su concepto, cantidad, sueldo por mes, dedicación, %FM, valor por mes, numero de meses y total parcial.

SUB TOTAL PERSONAL PROFESIONAL, PERSONAL TECNICO Y OTROS COSTOS DIRECTOS	\$	160.086.882
IVA 19%	\$	30.416.508
VALOR TOTAL DEL PRESUPUESTO DE INTERVENTORIA	\$	190.503.389

Nota: Ver Anexo 17

8.14.2 PRESUPUESTO DE INTERVENTORIA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO

Se elaboró el presupuesto de interventoría del tanque de almacenamiento, compuesto por 3 capítulos, discriminados de la siguiente manera: PERSONAL PROFESIONAL, PERSONAL TECNICO, OTROS COSTOS DIRECTOS. Cada capítulo contiene unos ítems con su concepto, cantidad, sueldo por mes, dedicación, %FM, valor por mes, numero de meses y total parcial.

SUB TOTAL PERSONAL PROFESIONAL, PERSONAL TECNICO Y OTROS COSTOS DIRECTOS	\$	63.305.941
IVA 19%	\$	12.028.129

VALOR TOTAL DEL PRESUPUESTO DE INTERVENTORIA	\$	75.334.070
--	----	------------

Nota: Ver Anexo 17

8.15 PRESUPUESTO OBRA

8.15.1 PRESUPUESTO DE OBRA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Se elaboró el presupuesto del tanque de almacenamiento, compuesto por 10 capítulos, de los cuales cada uno contienen sus ítems, descripción, unidad de medida, valor unitario obtenido por APUS y un subtotal, el presupuesto se realizó con el cálculo de la mano de obra al año 2022 y listado de suministro de materiales actualizados, igualmente se elaboraron las prestaciones sociales, cálculo de cuadrillas, cantidades de obra, listado de equipos, APUS básicos de concretos, APUS básicos de formaletas; el valor obtenido en el presupuesto total del proyecto es:\$1.854.115.465

Resumen del presupuesto

ITEM	DESCRIPCION		VALOR CAPITULO
1	TANQUE DE ALMACENAMIENTO EL TAMBO		
1.1	PRELIMINARES		\$ 6.319.575,00
1,2	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS		\$ 24.185.387,00
1,3	EXCAVACIONES		\$ 51.663.903,00
1,4	RETIRO DE ESCOMBROS		\$ 45.826.924,00
1,5	RELLENOS		\$ 30.323.452,00
1,6	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS		\$ 93.882.143,00
1.7	SUMINISTROS E INSTALACION DE TUBERÍAS		\$ 31.906.317,00
1,8	CONCRETOS		\$ 441.686.298,00

1,9	ACEROS DE REFUERZO		\$ 542.561.547,00
2,1	OTROS COMPONENTES		\$ 11.346.051,00
VALOR TOTAL DEL PROYECTO COSTO DIRECTO			\$ 1.279.701.597,00
VALOR TOTAL DEL PROYECTO COSTO INDIRECTO		30%	\$ 383.910.479,00
ADMINISTRACION		24%	\$ 307.128.383,00
IMPREVISTOS		1%	\$ 12.797.016,00
UTILIDAD		5%	\$ 63.985.080,00
SUBTOTAL DEL PROYECTO			\$ 1.663.612.076
INTERVENTORIA DE OBRA CIVIL		11.45%	\$ 190.503.389
TOTAL, DEL PROYECTO			\$ 1.854.115.465

Nota: Ver Anexo-17

8.15.2 PRESUPUESTO DE OBRA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO

Se elaboró el presupuesto del tanque de almacenamiento, compuesto por 10 capítulos, de los cuales cada uno contienen sus ítems, descripción, unidad de medida, valor unitario obtenido por APUS y un subtotal, el presupuesto se realizó con el cálculo de la mano de obra al año 2022 y listado de suministro de materiales actualizados, igualmente se elaboraron las prestaciones sociales, cálculo de cuadrillas, cantidades de obra, listado de equipos, APUS básicos de concretos, APUS básicos de formaletas; el valor obtenido en el presupuesto total del proyecto es: \$ 557.827.153

Resumen del presupuesto

ITEM	DESCRIPCION		VALOR CAPITULO
-------------	--------------------	--	-----------------------

1	TANQUE DE ALMACENAMIENTO TIMBIO		
1.1	PRELIMINARES		\$ 2.552.351
1,2	DEMOLICIONES		\$ 8.746.820
1,3	EXCAVACIONES		\$ 2.707.412
1,4	RETIRO DE ESCOMBROS		\$ 4.874.870
1,5	RELLENOS		\$ 1.425.856
1,6	SUMINISTRO E INSTALACION DE ACCESORIOS		\$ 66.512.117
1.7	SUMINISTROS E INSTALACION DE TUBERÍAS		\$ 2.266.322
1,8	CONCRETOS		\$ 107.507.139
1,9	ACEROS DE REFUERZO		\$ 171.150.615
2,1	OTROS COMPONENTES		\$ 3.405.024
SUBTOTAL			\$ 371.148.526
VALOR TOTAL DEL PROYECTO COSTO INDIRECTO		30%	\$ 111.344.557
ADMINISTRACION		24%	\$ 89.075.646
IMPREVISTOS		1%	\$ 3.711.485
UTILIDAD		5%	\$ 18.557.426
SUBTOTAL DEL PROYECTO			\$ 482.493.083
INTERVENTORIA DE OBRA CIVIL		15.61	\$ 75.334.070
TOTAL, DEL PROYECTO			\$ 557.827.153

Nota: Ver Anexo 17

8.16 CRONOGRAMA DE OBRA Y PLAN FINANCIERO

8.16.1 CRONOGRAMA DE OBRA Y PLAN FINANCIERO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Se elaboró el cronograma del proyecto, que contiene tres etapas (precontractual, tiempo de ejecución de obra e interventoría, liquidación), el cronograma contiene una descripción del capítulo, valor total del capítulo a costo directo, tiempo en días, porcentaje del capítulo en relación al costo directo más interventoría.

Etapá precontractual: 3 meses

Tiempo de ejecución de obra e interventoría: 5 meses

Liquidación: 4 meses

Proyecto requiere un tiempo de ejecución total: 12 meses

Plan financiero, se obtuvo los siguientes resultados de inversión del recurso

mes 1	\$	243.915.691,00
mes 2	\$	431.447.946,00
mes 3	\$	760.022.251,00
mes 4	\$	365.879.033,00
mes 5	\$	52.850.544,00
Total	\$	1.854.115.465,00

Nota: Ver Anexo 19

8.16.2 CRONOGRAMA DE OBRA Y PLAN FINANCIERO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO

Se elaboró el cronograma del proyecto, que contiene tres etapas (precontractual, tiempo de ejecución de obra e interventoría, liquidación), el cronograma contiene una descripción del capítulo, valor total del capítulo a costo directo, tiempo en días, porcentaje del capítulo en relación al costo directo más interventoría.

Etapá precontractual: 3 meses

Tiempo de ejecución de obra e interventoría: 3 meses

Liquidación: 4 meses

Proyecto requiere un tiempo de ejecución total: 10 meses

Plan financiero, se obtuvo los siguientes resultados de inversión del recurso

mes 1	\$	41.466.315,00
mes 2	\$	240.900.342,00
mes 3	\$	275.460.496,00
Total	\$	557.827.153,00

Nota: Ver Anexo 19

8.17 FORMULACIÓN

8.17.1 FORMULACION DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO:

Se elabora un documento de formulación, el cual contiene sistematizada la información del proyecto, incluyendo sus análisis, estudios, usando la metodología general ajustada, toda la información para la identificación, estructuración y formulación del proyecto y se obtiene el siguiente:

Identificación del Proyecto

Datos Básicos del Proyecto

Justificación

Marco Legal

Contribución del Proyecto a la Política Pública

Plan de Desarrollo Nacional

Plan de Desarrollo Departamental

Plan de Desarrollo Municipal del Tambo

Análisis de la Problemática
Identificación del Problema
Definición del Problema
Ampliación de la Situación Existente
Identificación del Problema
Identificación de Participantes
Análisis de Participantes
Población Afectada por el Problema
Localización Especifica del Proyecto
Población Estimada para el Área de Influencia de los Municipios
Censo Poblacional y Proyección de Caudales
Población Objetivo de la Intervención
Objetivos
Objetivo General
Indicadores para Medir el Objetivo General
Relaciones entre las Causas y Objetivos Específicos
Alternativas de la Solución
Evaluaciones a Realizar
Preparación de la Alternativa
Estudio de Necesidades
Análisis Técnico de la Alternativa
Resumen de la Alternativa
Localización de la Alternativa
Factores Analizados
Cadena de Valor
Costo Total de la Alternativa
Riesgos
Análisis de Riesgos
Ingresos y Beneficios
Ingresos
Beneficio

Depreciación de Activos
Evaluación
Flujo Económico para un Horizonte
Indicadores de Decisión
Decisión
Programación
Indicadores de Producto
Indicadores de Gestión
Fuentes de Financiación
Marco Lógico del Proyecto – Resumen.

Nota: Ver Anexo 20

8.17.2 FORMULACION DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO.

Se elabora un documento de formulación, el cual contiene sistematizada la información del proyecto, incluyendo sus análisis, estudios, usando la metodología general ajustada, toda la información para la identificación, estructuración y formulación del proyecto y se obtiene el siguiente:

Identificación del Proyecto
Datos Básicos del Proyecto
Justificación
Marco Legal
Contribución del Proyecto a la Política Pública
Plan de Desarrollo Nacional
Plan de Desarrollo Departamental
Plan de Desarrollo Municipal del Tambo
Análisis de la Problemática
Identificación del Problema

Definición del Problema
Ampliación de la Situación Existente
Identificación del Problema
Identificación de Participantes
Análisis de Participantes
Población Afectada por el Problema
Localización Especifica del Proyecto
Población Estimada para el Área de Influencia de los Municipios
Censo Poblacional y Proyección de Caudales
Población Objetivo de la Intervención
Objetivos
Objetivo General
Indicadores para Medir el Objetivo General
Relaciones entre las Causas y Objetivos Específicos
Alternativas de la Solución
Evaluaciones a Realizar
Preparación de la Alternativa
Estudio de Necesidades
Análisis Técnico de la Alternativa
Resumen de la Alternativa
Localización de la Alternativa
Factores Analizados
Cadena de Valor
Costo Total de la Alternativa
Riesgos
Análisis de Riesgos
Ingresos y Beneficios
Ingresos
Beneficio
Depreciación de Activos
Evaluación

Flujo Económico para un Horizonte
Indicadores de Decisión
Decisión
Programación
Indicadores de Producto
Indicadores de Gestión
Fuentes de Financiación
Marco Lógico del Proyecto – Resumen.

Nota: Ver Anexo 20

8.18 METODOLOGÍA GENERAL AJUSTADA (MGA)

8.18.1 METODOLOGÍA GENERAL AJUSTADA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE EL TAMBO

Después de realizar el documento de formulación, se elaboró la Metodología General Ajustada, llamada MGA. En el aplicativo se ingresó la información en un orden lógico para el registro del proyecto, resultado del proceso de formulación y estructuración de los proyectos de inversión pública.

Nombre del proyecto: Construcción de tanques del almacenamiento de agua potable en la cabecera municipal de Tambo, Cauca

Sector: Vivienda, ciudad y territorio

Es Proyecto Tipo: No

Identificador: 523774

Fecha creación: 03/08/2022

El documento de MGA, permitió concluir que el proyecto es viable, por la evaluación económica que presenta el proyecto.

Indicadores de rentabilidad

Relación Costo Beneficio (RCB): 2.26

Tasa Interna de Retorno (TIR): 19.53

Indicadores de costo eficiencia

Costo por beneficiario: \$188.676,87

Nota: Ver Anexo 21

8.18.2 MGA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TIMBIO

Después de realizar el documento de formulación, se elaboró la Metodología General Ajustada (MGA). En el aplicativo se ingresó la información en un orden lógico para el registro del proyecto, resultado del proceso de formulación y estructuración de los proyectos de inversión pública.

Nombre del proyecto: Construcción del tanque de almacenamiento de agua potable en la vereda el Descanso, municipio de Timbío Cauca

Sector: Vivienda, ciudad y territorio

Es Proyecto Tipo: No

Identificador: 523501

Fecha creación: 02/08/2022

El documento de MGA, permitió concluir que el proyecto es viable, por la evaluación económica que presenta el proyecto.

Indicadores de rentabilidad

Relación Costo Beneficio (RCB): 2.95

Tasa Interna de Retorno (TIR): 29.41

Indicadores de costo eficiencia

Costo por beneficiario: \$ 176.377,20

Nota: Ver Anexo 21

8.19 BUENAS PRÁCTICAS CONSTRUCTIVAS

El documento de buenas prácticas constructivas se crea por la necesidad de apoyar a las diferentes comunidades, de brindarles una herramienta escrita, fácil de leer y entender sobre la importancia de realizar un proceso constructivo de buena calidad que garantice durabilidad de lo construido.

En Colombia la construcción, es uno de los pilares más importantes en el desarrollo social de una comunidad, y por ese motivo hay que garantizarles que las obras civiles que se realicen sean de excelente calidad, que proyectos constructivos como es el de agua potable sean óptimos y su duración en el tiempo sean los adecuados y que todos ellos cumplan con la normatividad vigente. De igual manera este documento reviste de gran importancia para los empleados de la mano de obra no calificada pues les orienta para facilitarles su trabajo y puedan así, ejecutar un tipo de obra de esta índole sin ningún inconveniente particular y no afecte la calidad de lo construido.

Temática a encontrar en este documento

1. Topografía del predio.
2. Estudio de suelos.
3. Análisis de linderos.
4. Análisis de la capacidad del volumen requerido, análisis de la recopilación de datos, diseños y planos hidráulicos.
5. Diseños estructurales.
6. Análisis del ensayo de mezclas de concreto y tamizaje para agregado.
7. Formaleta.
8. Tubería y accesorios.

9. Concretos.
10. Proceso constructivo para tanques de almacenamientos.

Nota: Ver Anexo 22

8.20 RECOMENDACIONES PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO

El documento de recomendaciones para tanques de almacenamiento se crea con la necesidad de construir obras civiles de buena calidad y así poder mitigar el desabastecimiento de agua de consumo humano. Para aminorar esta problemática el contratista deberá tener unas recomendaciones claras y definidas para evitar construir una infraestructura de mala calidad. El documento contiene 19 recomendaciones.

Nota: Ver Anexo 23

8.21 ESPECIFICACIONES TECNICAS

Se elaboró un documento de especificaciones técnicas, los cuales definen las normas a utilizar, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en el proceso constructivo de los tanques de almacenamiento siguiendo los ítems que conforman el presupuesto de obra.

Las especificaciones técnicas contienen:

Descripción del proyecto

Localización general del proyecto

Localización específica del proyecto

Especificaciones técnicas

Preliminares

Localización y replanteo de tanques de almacenamiento

Cuarto de válvulas y caja de entrada

Limpieza y descapote hasta $h = 0.40$ m

Demolición de estructuras

Demolición losa superior tanques de almacenamiento existente

Demolición de muros en concreto

Demolición de losa de fondo

Demolición de columnas en tanque de almacenamiento $0.30\text{m} \times 0.30$ m

Excavaciones

Excavación manual en material común $h \leq 2.50$ m

Nivelación de zanja para tubería

Retiro de escombros

Retiro de material de excavación y demolición en volqueta hasta unos 20 km

Rellenos

Relleno con material de préstamo

Suministro e instalación de accesorios

Suministro e instalación de válvula de compuerta elástica $d=6"$ HD vástago no ascendente extremos garra de tigre

Suministro e instalación de codo en HD de 90° extremo liso para PVC $d=4"$ con uniones Dresser

Suministro e instalación de codo en HD de 90° extremo liso para PVC $d=6"$ con uniones Dresser

Suministro e instalación de pasamuro brida roscada e. liso $d=4"$ longitud = $0,85\text{m}$

Suministro e instalación de pasamuro brida roscada e. liso $d=6"$ longitud = $0,85\text{m}$

Suministro e instalación de TEE HD bridada $4 \times 4"$

Suministro e instalación de TEE HD bridada $6 \times 6"$

Suministro e instalación de macro medidor electromagnético de $6"$

Suministro e instalación de tapa en lámina alfajor $e=1/8"$ según plano, incluye accesorios, suministro e instalación de válvula de control de 6"

Suministro e instalación de filtro YEE de 6"

Suministro e instalación de válvula de compuerta elástica $d=4"$ HD vástago no ascendente extremos garra de tigre

Suministros e instalación de tuberías

Suministro e instalación de tubería de acueducto en PVC $\varnothing=4"$ RDE 21 unión platino

Suministro e instalación de tubería de acueducto en PVC $\varnothing=6"$ RDE 21 unión platino

Concretos

Concreto de limpieza de 13.5 Mpa

Concreto 28 Mpa placa de fondo

Concreto 28 Mpa placa de cubierta

Concreto 28 Mpa para muros

Concreto 28 Mpa para viga aérea 0.25 m x 0.30 m

Concreto 28 Mpa para vigas 0.20 m x 0.30 m

Concreto 28 Mpa para vigas 0.15 m x 0.25 m

Concreto 21 Mpa para cuneta según diseño

Aceros de refuerzo

Acero de refuerzo $f_y= 420$ Mpa

Otros componentes

Punto de ventilación en tubería de PVC sanitaria $d= 3"$

Cinta PVC tipo v-15

Peldaño en acero PDR 60 $5/8"$ para escalera

Aseo general

Bibliografía

Nota: Ver Anexo 18

8.22 PLANOS HIDRAULICOS Y ESTRUCTURALES

Se realizó los planos hidráulicos y estructurales de los tanques de almacenamiento de agua potable, de acuerdo a las memorias hidráulicas y estructurales.

Nota: anexo 12,13, 14 y 15

9. CONCLUSIONES

- Este trabajo permite afianzar los conocimientos aprendidos en el transcurso de la maestría en ingeniería de la construcción y ponerlos en práctica satisfactoriamente en este trabajo de grado.
- El trabajo de grado denominado “EVALUACIÓN DE FALLAS CONSTRUCTIVAS Y DE OPERACIÓN DE DOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA UBICADOS EN LOS MUNICIPIOS DE TIMBIO Y EL TAMBO” genera una responsabilidad y aplicación de los valores éticos aprendidos, como también permite reforzar el trabajo en equipo entre estudiantes y estudiantes –profesores.
- Es importante que, para el diseño y la construcción de estos tanques, se sigan estrictamente los lineamientos establecidos por la resolución 330 de 2017 y NSR-10 y las especificaciones técnicas de construcción elaboradas en este documento para que sean obras de excelente calidad y eficiencia.
- Con las adecuaciones que se realicen a los tanques se garantiza el suministro continuo del servicio de agua potable, como lo establece la normatividad vigente, de 24 horas los 7 días a la semana, para el bienestar de la comunidad.
- En el análisis del trabajo de grado se concluye que existen unas fallas de mantenimiento los cuales corresponden a que los operación y administradores de los tanques no han realizado el adecuado mantenimiento a las estructuras, estas fallas corresponden a reposición de respiraderos en las tapas de los tanques e igualmente las tapas de los tanques requieren un mantenimiento de lavado para evitar que la humedad externa dañe y contamine el concreto,

generando unas afectaciones como la corrosión, pérdida del recubrimiento y generando la carbonatación del concreto.

- Se concluye que los tanques de almacenamiento contienen fallas de construcción, mantenimiento y de diseño, lo cual han generado una deficiencia en el comportamiento de los tanques y un deterioro en la infraestructura.
- Se concluye que los encargados de la construcción de los tanques de almacenamiento han realizados varios errores constructivos, los cuales son muy notables en el estudio de este trabajo, como por ejemplo, omitieron las juntas de construcción, aislamiento y contracción, presencia del agregado con sobre tamaños y bajo recubrimiento del acero de refuerzo.
- Se concluye que hay varias fallas de mantenimiento por la operación de los encargados de los tanques de almacenamiento, los cuales están afectando el normal funcionamiento de los tanques y dejando que el agua potable almacenada se contamine por eso factores externos.
- Se concluye que los valores de los presupuestos de obra son diferentes por la magnitud y las cantidades de cada sitio en estudio, generando los siguientes valores: presupuesto de obra tanque del Tambo=\$1.854.115.465 y presupuesto de obra tanque del Timbío= \$557.827.153.
- Se concluye que el valor de la interventoría del tanque de Timbio tiene un porcentaje mayor con respecto al presupuesto de interventoría del tanque de El Tambo, en relación con el valor de la obra, por que las obras no son proporcionales una con la otra, debido a que hay unos factores que afectan la ejecución de la obra, uno de ellos es el tiempo de curado y la administración.
- El presente estudio es un aporte que contribuirá con el desarrollo y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de los dos municipios seleccionados en este trabajo y facilitará que los limitados recursos económicos con los que cuentan las administraciones municipales sean destinados a la construcción de los tanques de almacenamiento a partir de los estudios de consultoría realizados en el presente trabajo de grado.

10.RECOMENDACIONES

Recomendaciones en caso que las estructuras existentes continúen en operación y funcionamiento es recomendable lo siguiente para el tanque de almacenamiento ubicado en la vereda el Descanso del Municipio de Timbío:

1. Debido a que el tanque de almacenamiento tiene filtraciones constantes es recomendable evitar edificaciones cercanas al tanque de almacenamiento existente, para evitar daños estructurales.
2. Algunos respiraderos se encuentran dañados, por lo que es necesario ajustar los ductos que sobresalen en la parte superior de la losa, de tal forma que quede por seguridad, como sifón invertido. También, evitar la entrada de animales o cuerpos ajenos al interior del tanque.
3. Es conveniente evitar la infiltración del agua proveniente del exterior al interior del tanque, para ellos es necesario mantener la tapa cerrada y en buen estado.
4. En vista de que la normatividad NSR-10 no permite la construcción de tanques en mampostería confinada, se recomienda gestionar inmediatamente los recursos para iniciar con el proceso constructivo del nuevo tanque de almacenamiento.

Recomendaciones en caso que las estructuras existentes continúen en operación y funcionamiento es recomendable lo siguiente para el tanque de almacenamiento ubicado en la cabecera municipal de El Tambo:

1. Debido a que dentro del alcance de este proyecto no se consideró realizar el estudio de estabilidad de taludes, es recomendable mantener el tanque vacío

y estudiar problemas de inestabilidad de talud y de socavación de estructuras cercanas por efecto de saturación del suelo.

2. Con el fin de que los tanques de almacenamiento de agua integrados al sistema de acueducto cumplan con su función, se recomienda una constante capacitación a la comunidad para crear conciencia sobre el uso adecuado y racional del líquido vital, evitando al máximo su desperdicio y la contaminación de las fuentes hídricas que alimentan el sistema de suministro y distribución de agua. Adicionalmente, programar actividades periódicas de mantenimiento rutinario para garantizar su buen funcionamiento.
3. Es recomendable quitar la vegetación existente de la tapa del tanque de almacenamiento para evitar el sobre peso que se genera en la tapa de la losa existente y así se impide que la tapa se siga deflectando.
4. Es recomendar que en caso que se quiera mejorar o ampliar se evite adosar estructuras a la existente por dificultad del manejo constructivo y para evitar las filtraciones.

11. BIBLIOGRAFÍA

Cardenas Jaramillo, D. L., & Patiño Guaraca, F. E. (2010). Estudios y Diseños definitivos del sistema de agua potable de la comunidad de Tutucan, Canton Paute, Provincia de Azuay. Cuenca - Mexico: Universidad de Cuenca - Escuela de Ingenieria Civil.

Introducción a los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable. (23 de Octubre de 2008). Recuperado el 11 de febrero de 2017, de <https://saraemor.wordpress.com/componentes-de-un-sistema-de-abastecimiento/>

PATRIA, L. (2012). Se debe tomar conciencia sobre la necesidad de cuidar el agua. Editorial LA PATRIA Ltda, 1-2.

SENA, I. (2012). PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS EN CONCRETO. BOGOTA .

Sísmica, a. c. (2010). NSR-10 TITULO C. Obtenido de <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/3titulo-c-nsr-100.pdf>

Sísmica, A. C. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente Obtenido de <http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>

Cardenas, J. P. (julio de 2017). Diagnostico, Patologias e intervencion de tanques de almacenamiento de agua potable acueducto interveredal del municipio de

Tamara Departamento de Casanare. Obtenido de Universidad Santo Tomas
:<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10166/Barrerajuan2017.pdf?sequence=1>

Arango, J. A. (2014 – 2018). Estudio Patológico y análisis comparativo de la calidad del concreto. Obtenido de Universidad Santo Tomas:
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/16054/T.P.l%20Jaime%20Ortega%20Arango.pdf?sequence=1>

Valencia, C. A. (MAYO de 2016). SETUDIO PATOLOGICO TANQUE DE ALMACANAMEINTO DE AGUA POTABLE. Obtenido de UNIVERSIDAD SANTA TOMAS: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10069>

12. ANEXOS

ANEXO N°1: ACTA DE SOCIALIZACION DEL REUNIÓN

ANEXO N°2: DOCUMENTO DE PERMISO

ANEXO N°3. DE VISITA DE CAMPO-TAMBO

ANEXO N°3. DE VISITA DE CAMPO-TIMBIO

ANEXO N°4. DOC. ANALISIS DE LAS VISITAS DE CAMPO TAMBO Y TIMBIO

ANEXO N°5 EN MEDIO DIGITAL, REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS VISITAS DE VERIFICACIÓN EN CAMPO

CARPETA DE ANEXO N°6. TOPOGRAFIA

ANEXO N°7. ESTUDIO DE PATOLOGIAS TAMBO

ANEXO N°7. ESTUDIO DE PATOLOGIAS TIMBIO

ANEXO N°7. CLASIFICACION DE FALLAS TANQUE DE EL TAMBO

ANEXO N°7. CLASIFICACION DE FALLAS TANQUE DE TIMBIO

ANEXO N°8. ESTUDIO DE SUELOS DEL TAMBO TANQUE N°1

ANEXO N°8. ESTUDIO DE SUELOS DEL TAMBO TANQUE N°2

ANEXO N°8. ESTUDIO DE SUELOS DE TIMBIO TANQUE N°1

ANEXO N°9. ESCLEROMETRIA TANQUES DE ALMACENAMIENTO TIMBIO

ANEXO N°9 CALIBRACIÓN EQUIPOS CITEC LIMITADA INGENIERÍA Y
GEOTÉCNIA 2021

ANEXO N°9. ESCLEROMETRIA TANQUES DE ALMACENAMIENTO TAMBO

ANEXO N°10. CÁLCULO DE POBLACIÓN, CÁLCULOS DE VOLÚMENES Y
CHEQUEO DEL TANQUE TAMBO CAUCA

ANEXO N°10. CÁLCULO DE POBLACIÓN, CÁLCULOS DE VOLÚMENES Y
CHEQUEO DEL TANQUE TIMBIO CAUCA

ANEXO N°10 COMPLEMENTO 1 PROYECCION MUNICIPIOS 2005-2009

ANEXO N°10 COMPLEMENTO 2 PROYECCION MUNICIPIOS 2005-2009

ANEXO N°10. COMPLEMENTO 3 CENSO 2018

ANEXO N°11. MEMORIA HIDRÁULICA DE TIMBÍO Y DEL TAMBO

ANEXO N°12 PLANOS HIDRÁULICOS DEL TANQUE DEL TAMBO

ANEXO N°13 PLANOS HIDRÁULICOS DEL TANQUE DEL TAMBO

ANEXO N°14 PLANOS HIDRÁULICOS DEL TANQUE DEL TIMBIO

ANEXO N°15 PLANOS HIDRÁULICOS DEL TANQUE DEL TIMBIO

ANEXO 16. MEMORIA ESTRUCTURAL TANQUE AGUA POTABLE TAMBO

ANEXO 16. MEMORIA ESTRUCTURAL TANQUE AGUA POTABLE TIMBIO

ANEXO 17. PRESUPUESTO TAMBO

ANEXO 17. PRESUPUESTO TIMBIO

ANEXO 18. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE TIMBIO Y EL TAMBO

ANEXO 19. CRONOGRAMA DE OBRA Y PLAN FINANCIERO TAMBO

ANEXO 19. CRONOGRAMA DE OBRA Y PLAN FINANCIERO TIMBÍO

ANEXO 20. FOMULACION -POBLACION DE TIMBIO

ANEXO 20. FORMULACION TAMBO

ANEXO 20. FORMULACION TIMBIO

ANEXO 21. MGA TAMBO

ANEXO 21. MGA TIMBIO

ANEXO 22. DOCUMENTO DE BUENAS PARCTICAS CONSTRUCTIVAS

ANEXO 23. RECOMENDACIONES PARA TANQUES DE ALMACENAMIENTO

ANEXO N°24: RECIBIDO A SATISFACCIÓN

“La perseverancia de triunfar hace realidad los sueños. Hoy hacemos entrega del proyecto de grado, en el cual hemos aportado todo nuestro esfuerzo y conocimiento”