

**Estudio Patológico de Muros Estructurales 1, 2 y Vertedero de la Bocatoma sobre el Río
Cócora perteneciente al Acueducto Complementario de la Ciudad de Ibagué (Tolima)**

Semestre 2-2019

Estudiantes:

Carlos Antonio Bonett Cardona

Heidy Trinidad Henao Culma

Docente:

Walter Mauricio Barreto Castillo

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

Especialización en Patología de la Construcción

Ibagué, mayo 30 del 2020

CONTENIDO

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
JUSTIFICACIÓN	9
OBJETIVOS	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos.....	11
MARCO REFERENCIAL.....	12
Marco Teórico.....	12
Marco Legal.....	24
Marco Histórico	33
ALCANCE Y LIMITACIONES	36
Alcance	36
Limitaciones.....	36
METODOLOGÍA.....	37
Descripción de la Selección del Paciente.....	38
Preparación y Planteamiento del Estudio.....	40
Inspección Preliminar del Paciente.....	40
Caracterización de los Materiales	42
Recopilación de Información necesaria para el Estudio	43
Permisos y Autorizaciones para el Estudio del Paciente	46

Equipo de Trabajo para realizar la Exploración.....	46
Definición de los Medios para Realizar la Exploración.....	47
HISTORIA CLÍNICA.....	47
Responsables de Estudio.....	47
Fecha de Realización del Estudio	47
Datos Generales del Paciente.....	48
Aplicación Patológica	51
ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA	51
PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN	56
PRESUPUESTO.....	60
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	60
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	68

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1 Estrategia de Estudio Económico, Geográfico y Poblacional.</i>	19
<i>Figura 2 Representación Gráfica de la Evolución del IBAL</i>	35
<i>Figura 3 Vista dique de la Bocatoma.</i>	38
<i>Figura 4 Vista estructura de captación de la bocatoma. Fuente: presente estudio</i>	38
<i>Figura 5 Vista general de acceso y desarenador N°1 de la bocatoma. .</i>	38
<i>Figura 6 Vista general muros de protección. Fuente: presente estudio.</i>	38
<i>Figura 7 Vista general muros, canal de limpia. Fuente: presente estudio</i>	39
<i>Figura 8 Vista acceso puente peatonal. Fuente: presente estudio.</i>	39
<i>Figura 9 Vista desarenadores. Fuente: presente estudio.</i>	39
<i>Figura 10 Delimitación de los Elementos de Estudio. Fuente: presente estudio</i>	40
<i>Figura 11 Vista general bocatoma.</i>	41
<i>Figura 12 Imágenes - planos de detalle de diseño.</i>	43
<i>Figura 13 Imágenes - planos de Localización y diseño de la Bocatoma.</i>	44
<i>Figura 14 Imágenes - planos de detalle Estructural de la Bocatoma.</i>	44
<i>Figura 15 Imágenes - planos de detalle Estructural de Muro 2.</i>	45
<i>Figura 16 Imágenes - planos de detalle Estructural de Muro 2.</i>	45
<i>Figura 17 Localización general bocatoma cócora y municipio de Ibagué Tolima.</i>	48
<i>Figura 18 Ubicación de la Bocatoma según Clasificación de Amenaza Sísmica,</i>	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Resultados de las muestras tomadas en campo y analizadas en laboratorio. ____ 58

LISTADO DE ANEXOS

<i>Anexo 1 Planos de Diseño de los Elementos de Estudio de la Bocatoma _____</i>	<i>68</i>
<i>Anexo 2 Clasificación de las Lesiones - Estudio Patológico _____</i>	<i>73</i>
<i>Anexo 3 Presupuesto para el Estudio Patológico y sus Recomendaciones de los _____</i>	<i>78</i>
<i>Anexo 4 Programación de Actividades _____</i>	<i>79</i>

RESUMEN

En el presente documento, se puede evidenciar la metodología que se tuvo en cuenta para realizar el estudio de Patología a algunas estructuras que conforman la Bocatoma sobre el Río Cócora. Con el fin de presentar las debidas recomendaciones que ayuden a restablecer y a poner en funcionamiento dicha estructura hidráulica. Ya que fue diseñada y terminada su construcción en el año 2007, sin la línea de aducción que condujera el agua hasta la planta de tratamiento. Actualmente, la Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado (IBAL) en el departamento del Tolima; después de 13 años, retomó la posibilidad de poner en funcionamiento ésta bocatoma como parte del Proyecto Acueducto Complementario, al ya existente. Es por ello la necesidad de realizar visitas al paciente, con el objetivo de observar, identificar las lesiones y clasificarlas en fichas técnicas, tomar muestras, analizar resultados y por último; argumentar bajo un diagnóstico, desde las posibles causas a los daños, hasta las recomendaciones que en su momento ayudan a rehabilitar el paciente para que cumpla con sus características iniciales y para lo que fue diseñada, con respecto a la estabilidad, uso y la durabilidad; sobre todo cuando es una obra con patologías de tipo general, las cuales son detalladas y visualizadas a simple vista, por estar expuestas a patógenos de origen físicos y mecánicos.

Palabras Clave: Metodología, Patología, Estructura hidráulica, línea de aducción, Paciente, Fichas técnicas, Estabilidad, Durabilidad, Patógenos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en Colombia, las construcciones se han convertido en un punto álgido para el desarrollo del país. Así mismo la Ingeniería Civil, busca fortalecer a sus profesionales mediante especialidades como la Patología en la Construcción, teniendo como principal objetivo la recuperación y/o reposición de las diferentes obras, ya sea en etapa joven, durante su construcción o tiempo después de haber puesto en funcionamiento la edificación. Mitigando a su vez, posibles catástrofes y salvando vidas humanas.

En otras palabras, se puede definir la patología de las construcciones como la encargada de estudiar y analizar las posibles causas de las lesiones que se pueden presentar en las diferentes obras civiles. Así mismo, se dice que el elemento a estudiar llámese edificio, casa, vías o cualquier otro, sin importar el material en que haya sido construido. Siempre será el paciente que presenta lesiones como una enfermedad que el especialista diagnostica, mediante intervenciones de mejora o si es el caso, de reposición.

En éste caso, durante el presente trabajo de investigación; se lleva a cabo un análisis a la Patología de los muros estructurales 1,2 y vertedero que conforman la Bocatoma del Acueducto Complementario de la ciudad de Ibagué. La cuál es una Estructura hidráulica, encargada de captar $1.0 \text{ m}^3/\text{seg}$ de agua, para uso doméstico. Además, es objeto de que el problema pueda derivarse de los años que han transcurrido desde 1995 hasta la actualidad. Pues pese de haber sido diseñada y construida desde ese entonces, la estructura o el paciente estudiado, nunca se ha puesto a funcionar; y es evidente el deterioro que ha tenido.

Para llevar a cabo el estudio y la identificación de las Patologías en el paciente, se desarrolla una metodología basada en la teoría respecto a la conformación estructural de los materiales que integran al paciente, y de manera práctica con las visitas de campo en lo que respecta a la recolección e identificación de las causas, clases, tipos y consecuencias de las diferentes lesiones halladas. Posteriormente se determina como resultado final, un diagnóstico donde se evalúan las posibles intervenciones que se deben realizar en los muros estructurales que conforman la Bocatoma (sin tener en cuenta desarenadores y canal de limpia); mejorando tanto el aspecto estético, como la funcionalidad de la misma.

Finalmente, las recomendaciones que se realicen en el diagnóstico, serán evaluadas con relación al costo, beneficio y tiempo. Así la entidad encargada de las obras civiles para mitigar las lesiones del paciente, podría determinar lo que mejor se ajuste a su presupuesto tanto económico como en tiempo para entrega del Proyecto a la Comunidad.

JUSTIFICACIÓN

El estudio de la Patología en los muros estructurales y vertedero de la Bocatoma del Acueducto Complementario de la Ciudad de Ibagué en el Departamento del Tolima; es un proyecto de influencia que se desarrolla bajo la premisa fundamental de ampliar el sistema de captación, con la que actualmente cuenta Ibagué sobre el Río Combeima. Pues si bien es cierto, todo proyecto nace a partir de una idea o problema y en éste caso; se busca estudiar, evaluar y diagnosticar las lesiones que evidentemente presenta la Bocatoma en su estructura principal (muros 1,2 y vertedero) la cual fue construida sobre el río Cócora, y que como consecuencia no se encuentra en condiciones óptimas para cumplir a cabalidad con su función.

Adicional a lo anterior, y para entender mejor la necesidad de poner en funcionamiento la Bocatoma sobre el río Cócora. Es relevante mencionar por qué la necesidad de la construcción de una segunda Bocatoma. Pues, la que existe sobre el Río Combeima actualmente y la que ha sido por muchos años la única fuente hídrica sobre el río Combeima, ha venido presentando falencias a causa de las frecuentes avalanchas y el consecuente taponamiento de las estructuras de esta bocatoma.

Situación que ocurre de manera constante con el aumento de los caudales de las quebradas que influyen sobre el Río Combeima en épocas de invierno, generando a su vez interrupciones del sistema de captación y afectando a la población ibaguereña.

¿Ahora bien, al entender mejor la situación actual del sistema de captación de Agua potable para la población de Ibagué, es subjetivo mencionar que vale la pena llevar a cabo un proyecto de tanta

magnitud y dejar que la infraestructura se deteriore por razones ajenas a la necesidad de una comunidad? Es una de las tantas dudas que los ibaguereños plantean, aun sabiendo que existe una infraestructura abandonada y que podría mitigar dicha situación.

Habiendo identificado la raíz del problema, mediante este estudio se busca definir un diagnóstico y recomendaciones para que la entidad prestadora del servicio de agua potable IBAL, realice la intervención de manera inmediata a la estructura. Llevando a cabo métodos basados en la teoría y la práctica. Es decir, que la metodología que se va a aplicar para cumplir con un resultado óptimo, serán totalmente evidenciados y fundamentados con inspecciones y laboratorios si se llegare a presentar.

Ya que la Patología en su estructura teórica contempla con rigor el estudio de todos los materiales utilizados, en éste caso para una Estructura de Tipo Hidráulica, conociendo e identificando el método constructivo, teniendo en cuenta a las demás especialidades como la Geotecnia, la hidráulica, las estructuras y demás; según su uso y período de vida útil. Así mismo, se logra determinar un diagnóstico; donde se evidencie un informe detallado de inspecciones al paciente, con sus tipos de lesiones según su origen y proceso patológico, clasificación según la severidad y resultados de ensayos realizados al elemento afectado. De lo anterior se entregará como resultado, todas aquellas y posibles soluciones que puedan ayudar a intervenir y rehabilitar al paciente.

OBJETIVOS

Objetivo General

Elaborar un estudio patológico, analizando las lesiones presentadas a través de pruebas y ensayos que respalden los diagnósticos y así obtener como resultado final las posibles alternativas y/o recomendaciones de intervención adecuadas y ceñidas a la normativa vigente para estructuras hidráulicas de la estructura de captación del río Cócora del acueducto complementario de la ciudad de Ibagué.

Objetivos Específicos

- Identificar y clasificar en fichas técnicas, las lesiones presentadas sobre los muros estructurales 1,2 y vertedero de la bocatoma cócora.
- Determinar si el paciente se encuentra en condiciones de cumplir los criterios de estabilidad, uso y durabilidad.
- Presentar un diagnóstico con recomendaciones para la rehabilitación de los diferentes daños estructurales que presentan las estructuras que conforman la bocatoma.

MARCO REFERENCIAL

Marco Teórico

Definición Patología de la Construcción

“La palabra patología, etimológicamente hablando, procede de las raíces griegas pathos y logos, y se podría definir, en términos generales, como el estudio de las enfermedades. Por extensión la patología constructiva de la edificación es la ciencia que estudia los problemas constructivos que aparecen en el edificio o en alguna de sus unidades con posterioridad a su ejecución.

En términos comprensibles para cualquier lector, se utiliza la palabra «patología» como la ciencia que estudia los problemas constructivos, su proceso y sus soluciones, y no en plural, como suele hacerse, para referirnos a esos problemas concretos, ya que en realidad son estos el objeto de estudio de la patología de la construcción”. (Broto, 2006)

Partiendo de la definición, el especialista encargado en esta ciencia, es el responsable de estudiar y definir las posibles lesiones que un elemento estructural este padeciendo de acuerdo a unas causas que se pueden evidenciar y que a su vez deben ser diagnosticadas a través de una historia clínica del paciente o elemento estudiando; donde sean claros los datos más relevantes con respecto al proceso constructivo, causas, síntomas y estado físico, químico y estructuralmente al momento de las evidencias de las lesiones.

No obstante, para llevar a cabo una historia clínica del paciente, la estrategia es identificar primero la lesión o problema que padece el elemento estructural; es decir, se conoce el problema y posteriormente se identifican las causas estudiando la lesión. Adicionalmente, se recomienda organizar las ideas respondiendo a preguntas fundamentales como: ¿qué voy hacer?, ¿cómo lo voy hacer? Y ¿para que lo voy hacer?; logrando así, fundamentar las estrategias que ayuden a tener como consecuencia una patología preventiva o de reparación.

Concepto de Calidad en la Edificación

“No es sencillo definir el parámetro “calidad”, por lo que comenzaremos por su origen Etimológico. Conforme al diccionario de la lengua la palabra “calidad” viene del latín “qualitatem” y se define como “conjunto de cualidades que constituyen la manera de ser de una persona o cosa”. En definición de la norma ISO: 9000: 2001 “Calidad es la facultad de un conjunto de características inherentes de un producto, sistema o proceso para cumplir los requisitos de los clientes y de otras partes interesadas”.

Aplicadas las definiciones anteriores al campo de la edificación y considerando el edificio como el producto final de un complejo proceso industrial, podríamos definir la calidad de la edificación, de una forma muy genérica, como: “la serie de condiciones que debe reunir un edificio para que cumpla las condiciones básicas para las que ha sido construido”. (López Rodríguez, Rodríguez Rodríguez, Santa Cruz Astorquí, Torreño Gomez, y Ubeda de Mingo, 2004).

Concepto de Durabilidad en la Construcción

“La durabilidad es la capacidad de materiales y componentes de conservar las características y funcionalidad para la que fue seleccionado durante su vida útil prevista. La durabilidad está estrechamente relacionada con otros conceptos y hechos fundamentales en la construcción arquitectónica, como son los de calidad y su control, uso y mantenimiento, así como con el de envejecimiento.

Así, la mayor durabilidad del edificio y sus componentes se relaciona con mayor calidad del proceso constructivo, con un correcto uso y una adecuada conservación. El envejecimiento, por el contrario, reduce paulatina pero naturalmente la vida útil prevista, en estrecha relación con las operaciones de conservación y renovación ordinarias y extraordinarias.

El fallo de durabilidad suele consistir en un proceso anormal que conduce desde unas causas últimas o factores que influyen sobre la durabilidad, hasta las consecuencias o efectos diferidos y acumulados de las lesiones, que pueden terminar en el colapso o la ruina del elemento en cuestión”. (López Rodríguez et al., 2004)

Lesiones o Enfermedades

“Las lesiones son cada una de las manifestaciones de un problema constructivo, es decir el síntoma final del proceso patológico... En muchas ocasiones las lesiones pueden ser de origen de otras y no suelen aparecer aisladas sino confundidas entre sí.

Por ello conviene hacer una distinción y aislar en primer lugar las diferentes lesiones. La «lesión primaria» es la que surge en primer lugar y la lesión o lesiones que aparecen como consecuencia de ésta se denominan «lesiones secundarias».

El conjunto de lesiones que pueden aparecer en un edificio es muy extenso debido a la diversidad de materiales y unidades constructivas que se suelen utilizar”. (Broto, 2006)

Tipo de Lesiones

Los siguientes tres tipos de lesiones se pueden presentar en las edificaciones con alguna patología, y se pueden identificar por su comportamiento según su función y según del proceso que lo llevó a adquirir la lesión. Esto quiere decir, que los elementos estructurales pueden ser atacados por agentes de carácter ambiental, químico y/o mecánicos.

- *LESIONES FÍSICAS:*

“Son todas aquellas en que la problemática patológica se produce a causa de fenómenos físicos como heladas, condensaciones, etc. y normalmente su evolución dependerá también de estos procesos físicos. Las causas físicas más comunes son: Humedad, Erosión y Suciedad”.

(Broto, 2006)

- *LESIONES MECÁNICAS:*

“Definimos como lesión mecánica aquella en la que predomina un factor mecánico que provoca movimientos, desgaste, aberturas o separaciones de materiales o elementos constructivos. Podemos dividir este tipo de lesiones en cinco apartados diferenciados: Deformaciones, Grietas, Fisuras, Desprendimiento y Erosiones mecánicas”. (Broto, 2006)

- *LESIONES QUÍMICAS:*

... “El origen de las lesiones químicas suele ser la presencia de sales, ácidos o álcalis que reaccionan provocando descomposiciones que afectan a la integridad del material y reducen su durabilidad. Este tipo de lesiones se subdividen en cuatro grupos diferenciados: Eflorescencias, Oxidaciones y Corrosiones, Organismos, Erosiones”. (Broto, 2006)

Causas de la Lesión

Las causas de una lesión son las que posteriormente se determinan a la identificación de la Lesión. Es decir, después de identificar y evidenciar la lesión, el patólogo tiene la tarea de estudiar las posibles causas de afección. Pues en todo proceso, el problema se debe eliminar de raíz o la consecuencia nunca sería erradicada.

Generalmente, se habla de posibles causas identificadas en el elemento; pues existirán componentes de la estructura que no se puedan conocer mientras se redacta la historia clínica, por lo que deberá llevarse a cabo ensayos de investigación. Así mismo, habrá causas que no se

conozcan o no determinen porque tal vez sean edificaciones de patrimonio o en su momento no reposen los documentos técnicos.

No obstante, en una lesión se pueden evidenciar causas directas o indirectas, las cuales se diferencian por la tipología de afectación; es decir:

- *“DIRECTAS, cuando son el origen inmediato del proceso patológico, como los esfuerzos mecánicos, agentes atmosféricos, contaminación, etc.*
- *INDIRECTAS, cuando se trata de errores y defectos de diseño o ejecución. Son las que primero se deben tener en cuenta a la hora de prevenir”.*(Broto, 2006).

Algunas Clases de Intervenciones

- *REPARACIONES:*

“La reparación es un conjunto de actuaciones, como demoliciones, saneamientos y aplicación de nuevos materiales, destinado a recuperar el estado constructivo y devolver a la unidad lesionada su funcionalidad arquitectónica original. Sólo comenzaremos el proceso de reparación una vez descrito el proceso patológico, con su origen o causa y la evolución de la lesión. Si el proceso patológico se ha descubierto a tiempo, bastará la simple aplicación de productos con una misión protectora, pero en algunas ocasiones la reparación implicará la demolición o sustitución total o parcial de la unidad constructiva en la que se encuentra el foco de la lesión”. (Broto, 2006)

- **RESTAURACIONES:**

“Cuando la reparación se centra en un elemento concreto o en un objeto de decoración hablamos de restauración. Adicionalmente, la restauración entraña una gran dificultad para resultar coherente con el valor del edificio entendido como una entidad individual, tanto desde el aspecto arquitectónico, histórico y artístico, que permita la transmisión de sus valores a la posteridad”. (Broto, 2006)

- **REHABILITACIÓN:**

“La rehabilitación comprende una serie de posibles fases: un proyecto arquitectónico para nuevos usos; un estudio patológico con diagnósticos parciales; reparaciones de las diferentes unidades constructivas dañadas, y una restauración de los distintos elementos y objetos individuales.

Tanto en la reparación como en la restauración y rehabilitación se trabajará siempre con un anteproyecto de actuación que debe ser profundo y minucioso y en el cual debe realizarse un estudio de cada uno de los elementos objeto de la intervención. Es indispensable incluir una investigación histórica y técnica, una diagnosis de daños y sus causas, y un proyecto de intervención genera”. (Broto, 2006)

- **PREVENCIÓN:**

“El estudio de los procesos patológicos y, sobre todo de sus causas, nos permiten establecer un conjunto de medidas preventivas destinadas a evitar la aparición de nuevos procesos. En la prevención habrá que considerar, sobre todo, la eliminación de las causas indirectas, que afectan a la fase previa del proyecto y ejecución, así como al mantenimiento”. (Broto, 2006).

Diseño Hidráulico de Acueductos Menores

Un proyecto de captación hidráulica, especialmente cuando se habla de un recurso de vital como es el agua, mediante un servicio de uso doméstico para la supervivencia de una población. Es importante que se estudien parámetros que influyen directamente para el correcto diseño, construcción y puesta en funcionamiento de la Obra Hidráulica, en éste caso una Bocatoma con capacidad de captación de $1.0 \text{ m}^3/\text{seg}$. Por ello a continuación, en la figura 1 se explicará de manera breve la teoría para Diseñar una Bocatoma:

Análisis Económico, Geográfico y Poblacional.

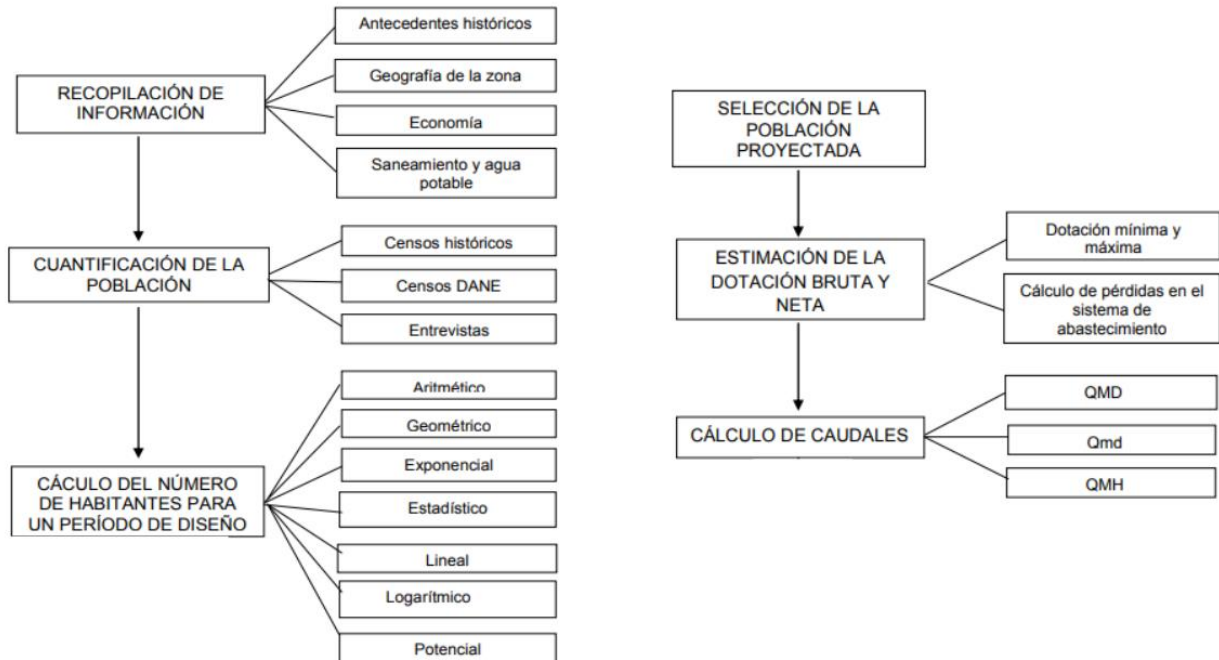


Figura 1 Estrategia de Estudio Económico, Geográfico y Poblacional.

Fuente: página oficial del IBAL en Internet

1. Captación

“Generalidades: Son estructuras que se colocan directamente sobre fuentes superficiales o subterráneas, con el fin de surtir una red de acueducto, generar energía o desarrollar sistemas de riego. Los tipos de captación son esencialmente diferentes según que se desee captar las aguas de ríos, manantiales, lagos, embalses, pozos profundos o someros.

Criterios de factibilidad y localización:

- 1. El caudal del río o manantial debe ser bastante mayor que el caudal de diseño, y la profundidad del cuerpo de agua no debe ser menor de un cierto valor mínimo.*
- 2. El cauce debe ser estable y tener firmeza en sus orillas, con el fin de que no existan derrumbes, sedimentos o erosiones que puedan interferir en el comportamiento óptimo de la captación.*
- 3. Se debe prever una carga (altura) suficiente para mover el agua hasta el sitio de bombeo; o bien, que se produzca el flujo por gravedad y el gasto estimado en el diseño.*
- 4. Se debe suponer un periodo de diseño de 30 años.*

Tipos de obras de captación:

- 1. Captación lateral*
- 2. Captación flotante*
- 3. Captación sumergida o de fondo*
- 4. Captación mixta*

5. *Captación tipo dique*

2. Aducción

Se define como línea de aducción en un sistema de acueducto al conducto que transporta el agua de la bocatoma, desde la cámara de derivación, hasta el desarenador.

Características:

- Funciona con flujo a superficie libre, solo en épocas de altas aguas funciona a presión.*
- La línea de aducción se diseña para el caudal máximo diario, con diámetros y velocidades ideales para evitar la sedimentación y la abrasión respectivamente.*

3. Desarenador

Tienen como función remover las partículas de cierto tamaño que la captación de una fuente superficial permite pasar.

Aspectos para un buen proceso de desarenación:

- 1. Temperatura y viscosidad del agua*
- 2. Forma y porcentaje a remover de la partícula de diseño.*
- 3. Eficiencia de la pantalla deflectora*

4. Conducción

Componente del sistema de abastecimiento de agua a través del cual se transporta ésta desde el desarenador hasta la planta de tratamiento, al tanque de almacenamiento o directamente a la red de distribución.

Tipos de conducciones según comportamiento hidráulico:

- 1. Canales abiertos*
- 2. Conductos cerrados sin presión*
- 3. Conductos cerrados a presión en los cuales el agua se impulsa por gravedad o mediante estaciones de bombeo.*
- 4. Conducciones mixtas*

Dispositivos en Líneas de Conducción

- 1. Tanques para quiebre de presión*
- 2. Válvulas reguladoras de presión*
- 3. Válvulas o ventosas de aire*
- 4. Válvulas de purga*
- 5. Atraque*

5. Almacenamiento

Funciones de los tanques reguladores o de almacenamiento en un sistema de abastecimiento de agua:

- 1. Atender las variaciones del consumo de agua.*
- 2. Mantener las presiones de servicio en la red de distribución*
- 3. Almacenamiento del vital líquido para atención de emergencias.*

Consideraciones para el diseño:

- 1. Capacidad*
- 2. Localización de tanques*
- 3. Tipo de tanque según el soporte*
- 4. Capacidad: 1/3 del total diario según QMD*

6. Red de Distribución

Es un conjunto de conductos cerrados a través de los cuales se transporta el agua bajo presión a los diferentes puntos de consumo.

Tipos de redes:

- 1. Tipo ramificado*
- 2. Tipo mallado*
- 3. Sistemas de gravedad.*
- 4. Sistemas de bombeo*

Consideraciones:

- 1. Las redes deben satisfacer el caudal máximo horario.*
- 2. En ciudades y poblaciones grandes se debe tener en cuenta el caudal de incendios más el del consumo industrial.*
- 3. En poblaciones con pendientes escarpadas, se debe diseñar con el diámetro real de la tubería.*
- 4. Es indispensable sectorizar la red de la localidad para mantener las presiones de servicio en un rango tolerable”. (“Diseño hidráulico de acueductos menores,” IBAL.)*

Marco Legal

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - Ras

Título B: Sistema De Acueducto

B.1.1 Alcance

El propósito del alcance es fijar los criterios básicos y requisitos mínimos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la conceptualización, el diseño, la construcción, la supervisión técnica, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de los sistemas de acueducto que se desarrollen en la República de Colombia, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia dentro de un nivel de complejidad determinado. Además incluye el cálculo de la población, la dotación y demanda, las fuentes de abastecimiento, las captaciones de agua superficial y profunda, las aducciones y conducciones, las redes de distribución, las estaciones de bombeo y los tanques de compensación que forman parte

de los sistemas de acueducto, cuyas prescripciones particulares deben seguirse según la tabla B.1.1. No incluye las plantas de tratamiento de agua potable, ni los procesos de potabilización, aspectos que son tratados en el Título C.

B.1.2 Definiciones

Para interpretar y aplicar el presente Título de la Norma, deben tenerse en cuenta las siguientes definiciones:

Abatimiento Diferencia entre el nivel estático y el nivel dinámico o de bombeo en el pozo de explotación de un acuífero.

Accesorios Elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, tees etc.

Acometida Derivación de la red local de acueducto que llega hasta el registro de rueda en el punto de empate con la instalación interna del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

“Aclaración: el registro de rueda es una válvula de operación manual de Compuerta o de Bola va instalado adelante del medidor y puede ser operado por el usuario. Es diferente al registro de corte del servicio de acueducto que va antes del medidor, dentro de la cajilla de este y solamente lo opera la E.S.P. para casos como suspensión del servicio de acueducto”. (Decreto 302 febrero 2000, reglamentario de la Ley 142)

Acueducto Véase sistema de abastecimiento de agua.

Acuífero confinado Acuífero comprendido entre dos capas impermeables en donde el agua está sometida a una presión mayor que la atmosférica.

Acuífero libre Acuífero donde al agua se encuentra sometida a la presión atmosférica.

Acuífero semiconfinado Acuífero comprendido entre dos capas de baja permeabilidad.

Acuífero Formación geológica o grupo de formaciones que contiene agua y que permite su movimiento a través de sus poros bajo la acción de la aceleración de la gravedad o de diferencias de presión.

Aducción Componente a través del cual se transporta agua cruda, ya sea a flujo libre o a presión.

Agua cruda Agua superficial o subterránea en estado natural; es decir, que no ha sido sometida a ningún proceso de tratamiento.

Agua potable Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos es apta y aceptable para el consumo humano y cumple con las normas de calidad de agua.

Almacenamiento Acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios.

Altura dinámica total Energía suministrada por una bomba a un flujo en tuberías, expresada en términos de cabeza, obtenida como la suma de la altura estática en la succión, de las pérdidas de energía por fricción y pérdidas menores en la succión y en la impulsión, y de la presión requerida al final de la línea de impulsión.

Anclaje Apoyo que soporta los empujes ocasionados por el cambio de dirección en una tubería sometida a presión interna.

Boca de acceso Abertura que se localiza sobre una tubería con el objeto de permitir el acceso a su interior.

Bocatoma Estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto.

Borde libre Espacio comprendido entre el nivel máximo esperado del agua fijado por el sistema de rebose y la altura total de la estructura de almacenamiento.

Cabeza dinámica total Véase Altura dinámica total.

Cabeza de presión. Presión manométrica en un punto, expresada en metros de columna de agua, obtenida como la razón entre la magnitud de la presión y el peso específico del agua. Cámara

Cámara de succión Depósito de almacenamiento de agua en el cual se encuentra la tubería de succión.

Canal Conducto descubierto que transporta agua a flujo libre.

Capacidad de acuífero Volumen de agua que puede producir un acuífero.

Capacidad específica (agua subterránea o pozos profundos) Caudal extraída de un pozo por unidad de abatimiento, para un tiempo determinado, expresado en L/s/m.

Capacidad hidráulica Caudal máximo que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación.

Captación Conjunto de estructuras necesarias para obtener el agua de una fuente de abastecimiento.

Caudal de diseño Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Caudal de incendio Parte del caudal en una red de distribución destinado a combatir los incendios.

Caudal específico de distribución Caudal de distribución medio que se presenta o se estima en un área específica y definido en términos de caudal por unidad de área o caudal por unidad de longitud de tubería de distribución instalada o proyectada en el área de diseño.

Caudal máximo diario Consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

Caudal máximo horario Consumo máximo durante una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

Caudal medio diario Consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un período de un año.

Cloro residual Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado

Coeficiente de almacenamiento Medida del volumen de agua drenado por unidad de área cuando la presión estática desciende un metro en un acuífero.

Coeficiente de consumo máximo diario Relación entre el consumo máximo diario y el consumo medio diario.

Coeficiente de consumo máximo horario con relación al máximo diario Relación entre el consumo máximo horario y el consumo máximo diario.

Coeficiente de consumo máximo horario Relación entre el consumo máximo horario y el consumo medio diario.

Coeficiente de pérdida menor Medida de las pérdidas de energía que se producen por el paso del flujo en un accesorio o estructura, y que es factor de la cabeza de velocidad.

Coeficiente de rugosidad Medida de la rugosidad de una superficie, que depende del material y del estado de la superficie interna de una tubería.

Conducción Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión.

Conductividad hidráulica Caudal que pasa por un área unitaria bajo un gradiente unitario y que mide la capacidad de un acuífero para transportar agua.

Conducto Estructura hidráulica destinada al transporte de agua.

Cuenca hidrográfica Superficie geográfica que drena hacia un punto determinado.

Curvas características Curvas que definen el comportamiento de una bomba mostrando el rango de caudales de operación contra la altura dinámica total, la potencia consumida, la eficiencia y la cabeza neta de succión positiva.

Desarenador Componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación mecánica.

Desinfección Proceso físico o químico que permite la eliminación o destrucción de los organismos patógenos presentes en el agua.

Diámetro nominal Es el número con el cual se conoce comúnmente el diámetro de una tubería, aunque su valor no coincida con el diámetro real interno.

Diámetro real Diámetro interno de una tubería determinado con elementos apropiados.

Dotación Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.

Dragado Proceso realizado en un río, canal o embalse que tiene por objeto la remoción de sedimentos del fondo.

Drenaje Estructura destinada a la evacuación de aguas subterráneas o superficiales para evitar daños a las estructuras, los terrenos o las excavaciones.

Elasticidad económica Relación entre la variación en el consumo y la variación en el precio de un bien, obtenida como la razón entre el incremento proporcional en el consumo sobre el incremento proporcional en el precio.... (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000)

Resolución pública No. 0330 de 2017

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

“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”.

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

La 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.

Marco Histórico

Reseña Histórica de la Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado – IBAL

En 1914 y 1918 se firma la aprobación para la elaboración y diseño de planos del acueducto con las firmas Dussan y Cock Cia; en el año 1936 la ciudad contrató con la compañía Lobo Guerrero, la construcción de la primera etapa de la planta de filtración con sus respectivos tanques y edificio completo de tuberías y accesorios, esto debido al crecimiento que presentó la ciudad. El suministro de agua es captado del Río Combeima que suministra 1500 L/S y la quebrada Cay con 200 L/S para ello se construye las respectivas Bocatomas con el fin de dar inicio al manejo del agua para ser conducida a la planta de la Pola ubicada en el Barrio del mismo nombre en la carrera 3 No. 1-04, donde se captan las aguas que envían estos afluentes que en total son 1700L/S allí se realiza el proceso de filtración decantación coagulación sedimentación y este a su vez es sometido a unos procesos químicos requeridos para ser apta para el consumo humano (sulfato, cloro, polímeros).

Luego de pasar por cada uno de los análisis físicos químicos y micro biológicos es aprobado por parte del área de Control Calidad para ser enviada por medio de las líneas de conducción de 20” de acueducto a cada uno de los tanques de reserva (11). Igualmente se cuenta con la Planta de Chembe que suministra 200 L/S los cuales son tratados en la planta ubicada en el vereda del mismo nombre donde es sometida a los procesos químicos requeridos para ser de consumo humano, el producto de esta planta es almacenado en el tanque de reserva de nombre la Alsacia permitiendo con ello abastecer gran parte de la población del sector del barrio especial el Salado en total son

(11) los tanques de reserva ubicados a lo largo y ancho de la ciudad para luego por medio de las redes domiciliarias ser distribuidos a los Hogares, Empresas e Industrias de nuestra ciudad. A su vez se cuenta con el sistema de PQR, Facturación, y Pas puntos de atención y servicio (10) en total que permiten a los usuarios facilitar sus requerimientos en la prestación de los servicios.

El manejo de las aguas residuales se lleva a cabo en las Plantas de tratamiento el Tejar, Comfenalco y Américas (3) ubicadas en sectores estratégicos de la ciudad a través de un sistema aeróbico que permite controlar, reducir y mitigar el impacto sobre las aguas y el medio ambiente; dando así cumplimiento a la legislación Ambiental.

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTARD el Tejar, inicio su construcción en abril de 1997, es un componente esencial para la descontaminación de las fuentes hídricas de la ciudad de Ibagué, en este caso el Río Combeima, la ejecución está enmarcada dentro del plan de saneamiento básico adelantado por la Empresa Ibaguereña de Acueducto y alcantarillado S.A. E.S.P Oficial, la PTARD el Tejar recibe las aguas residuales domésticas del sector sur-occidental de la ciudad transportadas del centro de la Ciudad y de los barrios del sur por el Interceptor Combeima, las contamina y las devuelve al río Combeima en condiciones que le permiten al río asimilar la carga contaminante.

La Planta de tratamiento de Aguas Residuales Domésticas América, se encuentra ubicada en la ciudadela Las Américas, zona urbana de Ibagué, el área involucrada forma parte del espacio geográfico correspondiente al sistema hídrico de la quebrada la Doima, afluente del Río Opia, su cobertura: Las América, Rincón de las América y los Tunjos. Habitantes: 15.000 Hab. Caudal: 30 l/seg.

La planta de tratamiento de Aguas Residuales Domesticas Comfenalco, se encuentra ubicada en la ciudadela Comfenalco, zona urbana de Ibagué, el área involucrada forma parte del espacio geográfico correspondiente al sistema hídrico del Río Opía. Cobertura: Ciudadela Comfenalco
Habitantes: 10.000 Hab. Caudal: 28 l/seg.

A continuación, en la Figura 2, se muestra gráficamente la reseña histórica del origen de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado IBAL de la ciudad de Ibagué.

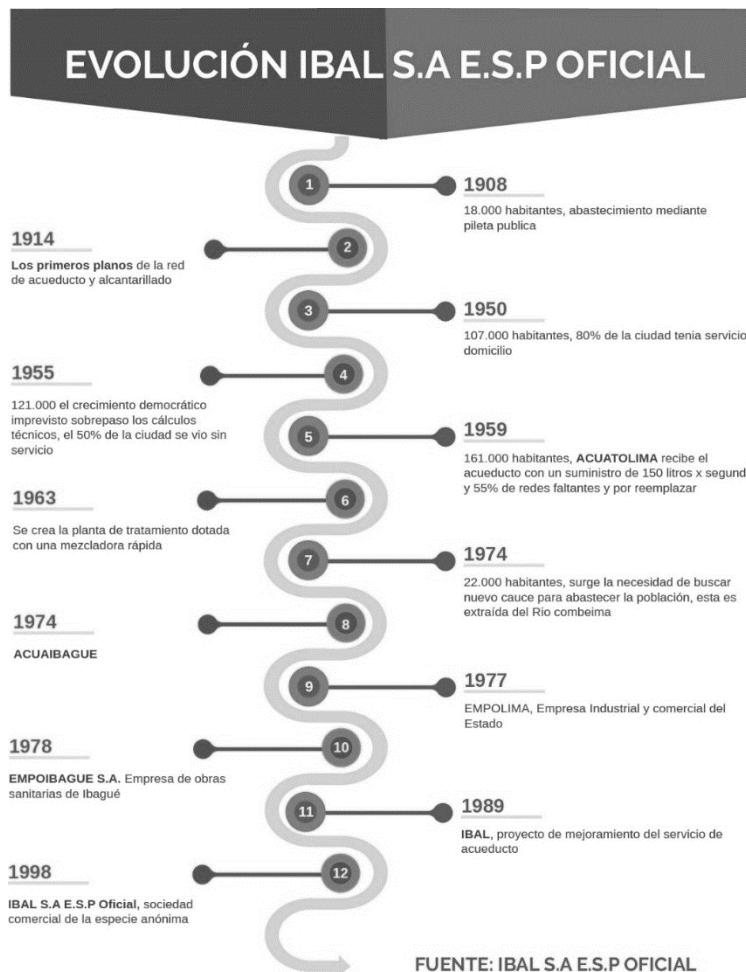


Figura 2 Representación Gráfica de la Evolución del IBAL

Fuente: Página Oficial de Internet del IBAL

ALCANCE Y LIMITACIONES

Alcance

El presente estudio patológico para la recuperación de los muros estructurales 1,2 y vertedero de la bocatoma Cócora del acueducto complementario de la ciudad de Ibagué Tolima, se realiza con la finalidad de evaluar la estructura por medio de verificación de diseños, planos geométricos y estructurales, inspecciones de campo, para determinar el grado de lesión y/o deterioro y finalmente realizar pruebas y ensayos de laboratorio que respalden el diagnóstico inicial, con el fin de desarrollar alternativas de intervención o recomendaciones a lugar, ya que ambas variables dependen de los resultados que arroje el análisis de la información recopilada. Lo anterior se realizará con el objeto de proyectar el mejoramiento de la estructura de captación, logrando mantener y preservar la Bocatoma por un período de vida útil capaz de garantizar la captación de agua para el sistema de acueducto con el que cuenta la ciudad de Ibagué.

Limitaciones

Es de resaltar que la estructura de bocatoma, está construida con base a diseños que se realizaron con el código colombiano de construcción sismo resistente CCCSR ley 400 de 1984, lo que puede generar a futuro lesiones de tipo estructural ocasionadas por sismos, ya que claramente se observa que la estructura no cumple con los requisitos de sismo resistencia establecidos por la norma actual NSR-10.

En el caso de este estudio, no podremos tener información exacta del estado de la cimentación o las condiciones de soporte de las placas de las estructuras de la presa, canales y box culvert de entrada, ya que tendríamos que secar el río en su totalidad, o realizar un manejo total del río, el cual sería demasiado costoso y se requiere de permisos ambientales, los cuales estiman un tiempo considerable, por lo tanto se realizarían sondeos o apiques de manera aleatoria para poder determinar en qué condiciones se encuentran los rellenos de cimentación y así poder proyectar su posible solución.

METODOLOGÍA

A continuación, se referencian las etapas que se desarrollarán para el TPI:

Etapas de Investigación

- Etapa 01 Recopilación de información previa de las estructuras existentes.
- Etapa 02 Trabajo de campo: Reconocimiento de las lesiones.
- Etapa 03 Ensayos y pruebas de laboratorio.
- Etapa 04 Análisis de los resultados de las pruebas y ensayos realizados.
- Etapa 05 Análisis de las lesiones y diagnóstico.
- Etapa 06 Intervención de lesiones recomendaciones a lugar.

Descripción de la Selección del Paciente

La bocatoma es una estructura con capacidad de captación para un caudal de 1.0 m³/Seg, y consta de:

Dique



Figura 3 Vista dique de la Bocatoma.

Fuente: Presente estudio

Estructura de toma lateral



Figura 4 Vista estructura de captación de la bocatoma.

Fuente: presente estudio

Box Coulvert



Figura 5 Vista general de acceso y desarenador N°1 de la bocatoma. .

Muros de Protección



Figura 6 Vista general muros de protección. Fuente: presente estudio.

Canal de Limpia



Figura 7 Vista general muros, canal de limpia. Fuente: presente estudio

Puente Peatonal



Figura 8 Vista acceso puente peatonal. Fuente: presente estudio.

Desarenadores



Figura 9 Vista desarenadores. Fuente: presente estudio.

En las anteriores figuras de la 3 a la 9, se evidencian cada uno de los elementos que posee la estructura de captación. Pero en éste caso particular, los elementos estructurales que se van a evaluar, analizar, diagnosticar e intervenir son aquellos que se encuentran con lesiones moderadas y severas; que por su condición deben ser intervenidas con urgencia para la puesta en funcionamiento de la Bocatoma como tal. Es decir que los elementos estructurales a estudiar son: muros de contención, dique y la placa de la cámara de disipación o vertedero, las cuales se detallan en la siguiente Figura 10.



Figura 10 Delimitación de los Elementos de Estudio. Fuente: presente estudio

Preparación y Planteamiento del Estudio.

Inspección Preliminar del Paciente

Se realizó visita de campo al sitio de la obra desde el mes de septiembre de 2018, en la cual se realizó inspección al objeto de estudio, el cual pertenece a una bocatoma que consiste en una

taquilla de captación, un dique vertedero, una cámara de limpia y como obras anexas un box-couvert que conduce el agua al desarenador. En el recorrido realizado se observó que estas estructuras cuentan con afectaciones producidas por las condiciones climáticas, condiciones dinámicas del río Cócora y por la falta de mantenimiento, ya que esta bocatoma desde que se construyó, nunca ha entrado en funcionamiento, por lo que prácticamente ha estado en condiciones de abandono. El estudio se realizó teniendo en cuenta que las obras de la línea de conducción hacia las plantas de tratamiento están en construcción, por lo que la bocatoma entrará en funcionamiento y se requiere de su perfecto funcionamiento, por lo que en este estudio se presentaran las conclusiones, las alternativas de solución y las posibles intervenciones a las estructuras más afectadas.



Figura 11 Vista general bocatoma.

Fuente: presente estudio.

La Figura 11 fue la primera imagen que se tomó de la estructura de captación; durante la primera visita realizada en el mes de septiembre del año 2018. En esta imagen se puede evidenciar la acción del río con la estructura y las afectaciones por las condiciones climáticas de la zona.

Caracterización de los Materiales

- Concreto.

Según el diseño original, se estableció un concreto de 24.5 MPa, pero teniendo en cuenta que la norma establece que la resistencia para un elemento estructural que está expuesto a intemperie y a diferentes esfuerzos en movimientos (agua, plantas, animales y demás) debe ser de 28 MPa, lo que deduce claramente, que ya la estructura no está cumpliendo con lo establecido en los nuevos reglamentos.

- Acero.

Después de la inspección visual a la estructura, se pudo observar corrosión en los aceros expuestos en las partes inferiores de los muros, donde más efecto tiene la acción del río.

Se toma 420MPa como resistencia al acero según el diseño y la resistencia mínima establecida por los fabricantes a la fluencia.

- Particularidades de la Estructura

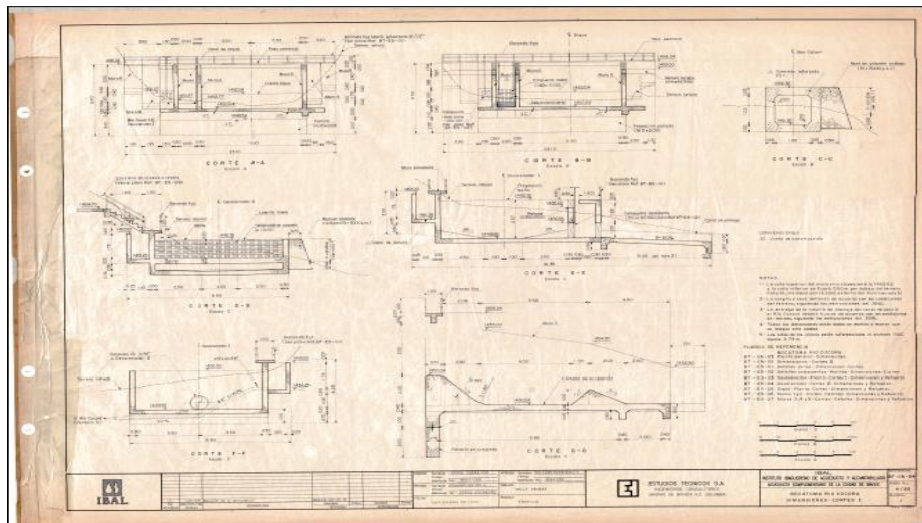
La estructura fue construida con ausencia de protección en la parte inferior, donde se presenta la acción del río en la estructura. Se puede contemplar alguna u otra estructura para proteger estas partes, las cuales podían ser dados en concreto reforzado o algún tipo de enrocado. Los cuales

pueden mitigar el golpe del agua y así la socavación de las estructuras, el desprendimiento del concreto y la exposición de los aceros.

En el dique y la loza de disipación se debe contemplar una mayor resistencia del concreto o alguna estructura para poder disipar la velocidad del agua, ya que se puede evidenciar que esta velocidad ha desgastado el concreto, se ha perdido el recubrimiento y a su vez; ha generado exposición de aceros y pérdida de algunas barras.

Recopilación de Información necesaria para el Estudio

Se solicitó información en la empresa ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado IBAL SA ESP OFICIAL, donde nos facilitaron la información del estudio técnico realizado por la entidad en el año 1996; quien realizó los diseños, con los que se construyó la bocatoma. En dicha información, se encontraron memorias de cálculo estructural y planos pergaminos los cuales se pueden evidenciar en las siguientes figuras. (También Véase en Anexo 01)



*Figura 12 Imágenes - planos de detalle de diseño.
Fuente: presente estudio, diseños Estudios Técnicos IBAL*

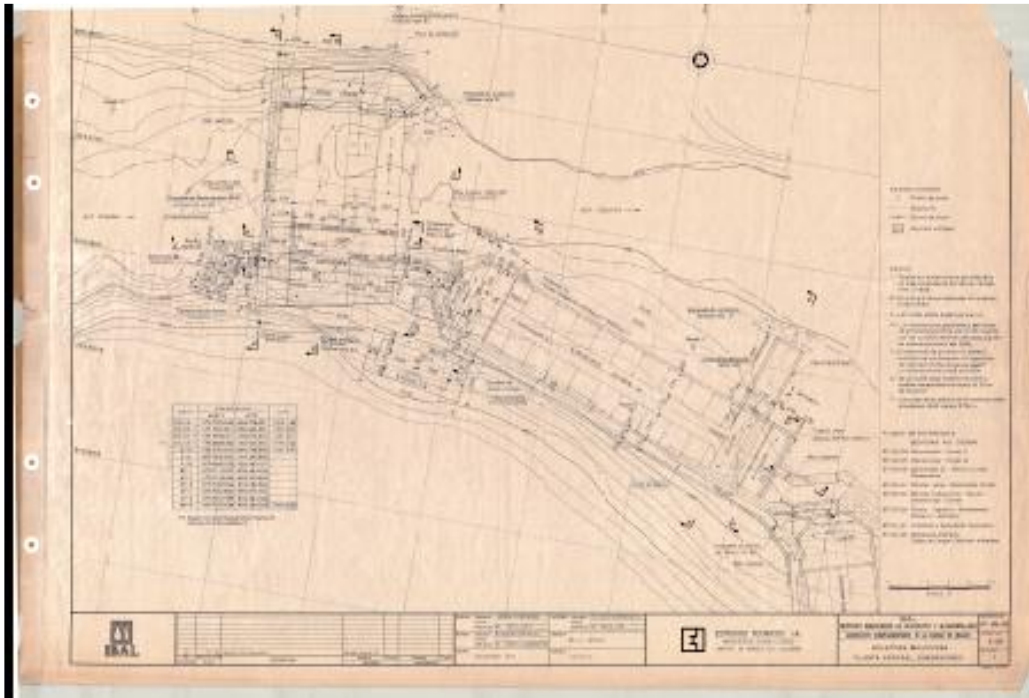


Figura 13 Imágenes - planos de Localización y diseño de la Bocatoma.
 Fuente: presente estudio, diseños Estudios Técnicos.

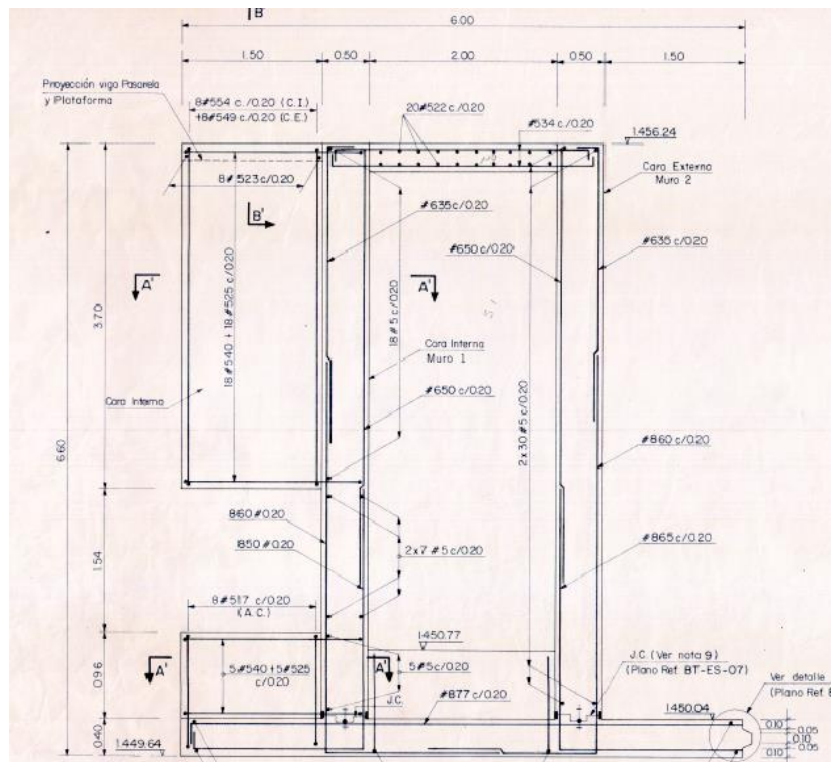


Figura 14 Imágenes - planos de detalle Estructural de la Bocatoma.
 Fuente: presente estudio, diseños Estudios Técnicos.

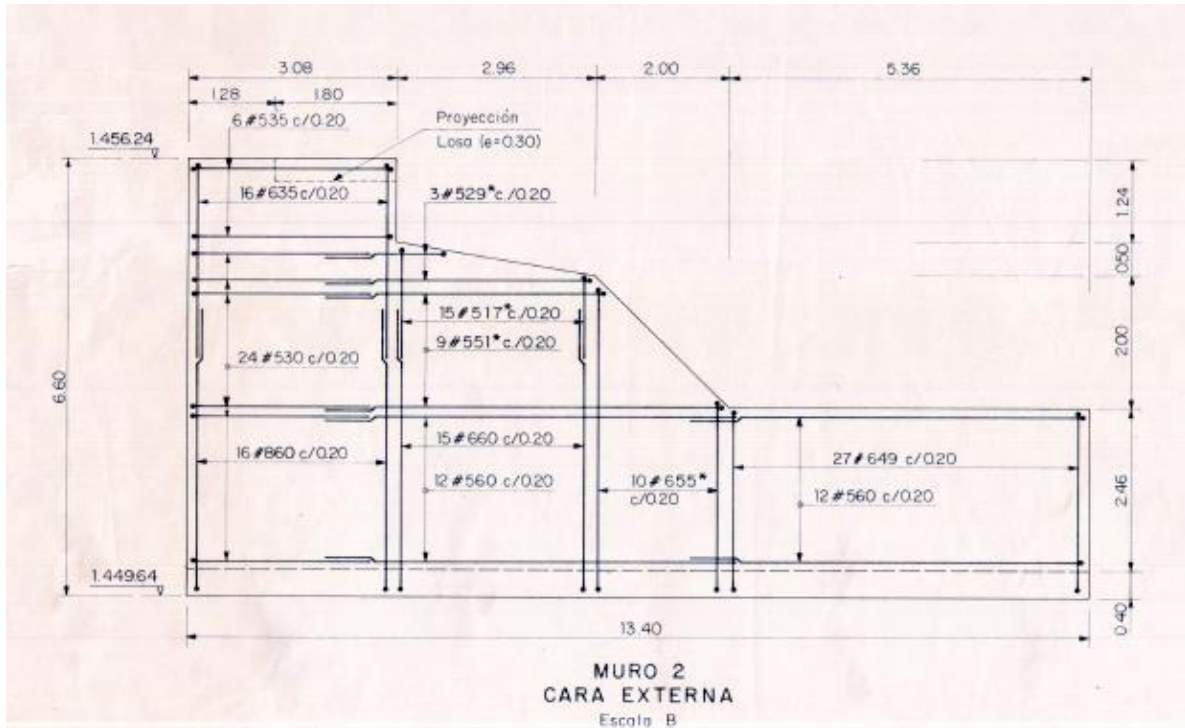


Figura 15 Imágenes - planos de detalle Estructural de Muro 2.
 Fuente: presente estudio, diseños Estudios Técnicos.

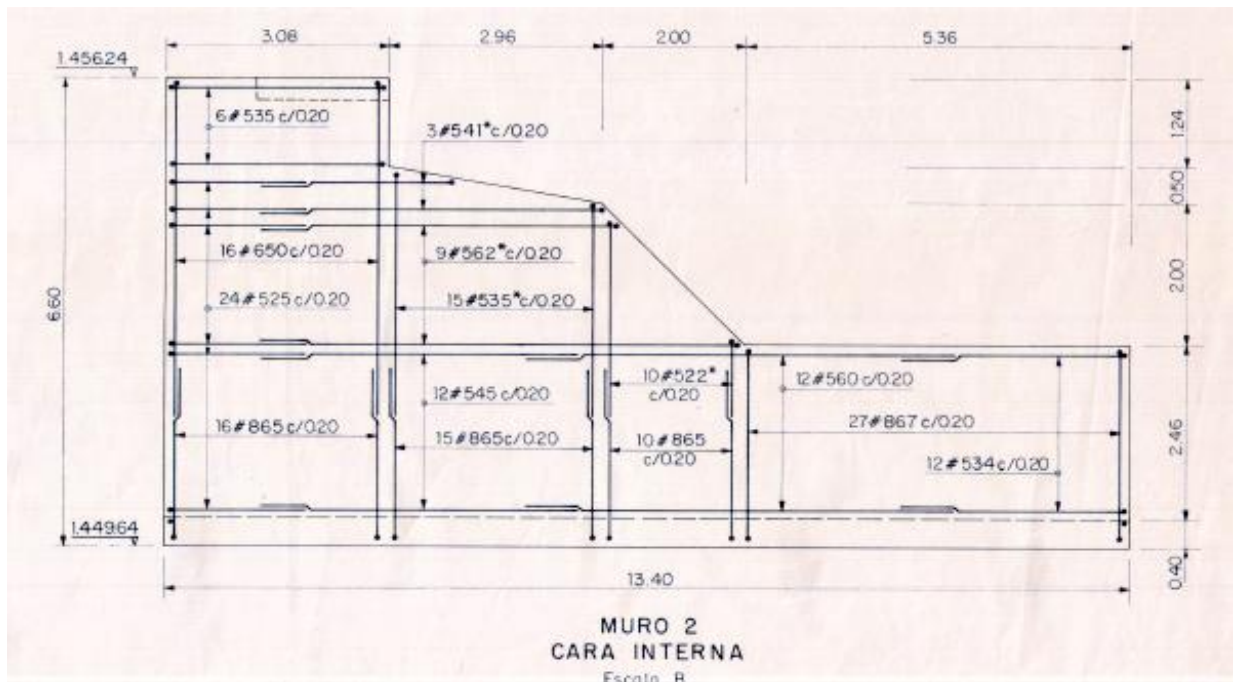


Figura 16 Imágenes - planos de detalle Estructural de Muro 2.
 Fuente: Presente estudio, diseños Estudios Técnicos.

Estas estructuras fueron diseñadas siguiendo las recomendaciones del código colombiano de construcciones sismo resistentes (CCCR-84) y del reporte ACI 350-89. Lo anterior fue extraído de las memorias de cálculo del diseño estructural original y planos de diseño.

Todos los archivos en su gran mayoría no estaban digitalizados, por ésta razón las copias que nos entregaron fueron estrictamente obtenidas de la fotocopidora y escáner que hay dentro de las instalaciones del IBAL y en los tiempos que ellos estipularon.

Permisos y Autorizaciones para el Estudio del Paciente

Se habló con las directivas del IBAL SA ESP OFICAL para poder realizar el estudio, los cuales autorizaron de manera verbal, aceptando. El ingreso al predio donde existe la infraestructura y al centro de documentación de la empresa, donde reposa toda la documentación de los estudios. Es de aclarar que el IBAL es una entidad pública, la cual toda su documentación e instalaciones son disponibles al público.

Equipo de Trabajo para realizar la Exploración

El equipo de trabajo está definido por dos estudiantes de la especialización en Patología de la construcción. Los cuales, con ayuda de otros especialistas o técnicos en ensayos o laboratorios; llevaron a cabo las pruebas que fueron necesarias, para poder obtener las conclusiones, las alternativas de solución y las posibles intervenciones a las estructuras afectadas. Los dos

estudiantes se apoyaron del tutor designado por la Universidad para el desarrollo y culminación del presente trabajo.

Definición de los Medios para Realizar la Exploración

Visitas a las instalaciones de la bocatoma, donde se realizaron inspecciones visuales al sitio de estudio, procesamiento de la información recolectada en los estudios del IBAL, elaboración de ensayos de laboratorio requeridos para realizar un buen análisis de las soluciones a estimar.

HISTORIA CLÍNICA

Responsables de Estudio

Los responsables de éste estudio de patología, son los Ingenieros Civiles Carlos Antonio Bonett Cardona y Heidy Henao Culma; quiénes se encuentran adelantando materias de la Especialización en Patología de la Construcción.

Fecha de Realización del Estudio

El primer estudio o visitas de campo, se realizaron en los meses de septiembre, noviembre y diciembre del segundo semestre del año 2018; en las cuales se realizaron para el inicio de la estructuración del TPI y como requisito para aprobar el módulo de TPI I (Trabajo Profesional Integrado parte uno).

Se realizó una segunda visita el día 16 de Julio de 2019, donde se llevó a cabo la extracción de núcleos de concreto de las estructuras afectadas, esto con el fin de analizar dichas pruebas en laboratorio. Es de resaltar que para la realización de éstas pruebas fue bastante complejo; ya que, por las climáticas de invierno, hicieron que el lugar fuera poco seguro por los caudales máximos que presentaba el Río Cócora, lugar donde se encuentra ubicada la Bocatoma.

Datos Generales del Paciente

Nombre: Estudio Patológico de Muros Estructurales 1, 2 y Vertedero de la Bocatoma sobre el Río Cócora perteneciente al Acueducto Complementario de la Ciudad de Ibagué (Tolima).

Localización: El estudio se encuentra Localizado en el departamento del Tolima, en el municipio de Ibagué, en la vereda de Laureles zona rural.



Figura 17 Localización general bocatoma cócora y municipio de Ibagué Tolima.
Fuente Google Earth.

Uso: La bocatoma sobre el río Cócora, tiene como destinación, suministrar agua para la ciudad de Ibagué (Tolima).

Fecha de construcción: La construcción de la bocatoma sobre el río Cócora se inició a construir en el año 1996 y fue terminada hasta en el año 2007, los motivos de la demora en la construcción, fue la falta de voluntad política y la asignación de los recursos, desde ese año la bocatoma está construida pero nunca ha entrado en funcionamiento, ya que la línea de aducción hacia las plantas de tratamiento se inició hasta el año 2017 y todavía está en proceso de ejecución.

Constructor: Empresa Ibaguerena De Acueducto Y Alcantarillado IBAL SA ESP OFICIAL.

Sistema constructivo: El sistema constructivo de la bocatoma sobre el río Cócora, fue mediante la construcción de muros y placas en concreto reforzado. Con las siguientes especificaciones:

Concreto $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ (3500 psi)

Concreto ciclópeo $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (3000 psi)

Acero f_y 2400 y 4200 kg/cm^2

Técnica constructiva: La construcción fue realizada teniendo en cuenta el Código Colombiano de Construcción Sismo Resistente CCCSR ley 400 de 1984 y del reporte ACI 350-89, la cual no cumple con los requisitos de sismo resistencia de la norma actual NSR-10.

Uso actual y previsto del sector: La bocatoma sobre el río Cócora, tiene como único fin, la captación de agua, para la potabilización y suministro del servicio a la ciudad de Ibagué en el departamento del Tolima.

Importancia del paciente: La gran importancia que tiene la bocatoma sobre el río Cócora del acueducto complementario para la ciudad de Ibagué en el Tolima. Es que, gracias a esta estructura, el municipio de Ibagué, contará con la captación de agua en una fuente alterna, con el objetivo de mitigar la afectación que sufre la población en cuanto a la continuidad del servicio, debido a las constantes interrupciones del sistema de captación existente sobre el río Combeima, a causa de las frecuentes avalanchas y el consecuente taponamiento de las estructuras de esta bocatoma.

Sistema estructural y constructivo: La bocatoma consta de un Dique, estructura de toma lateral, Box coulvert, muros de protección, canal de limpia, puente peatonal, y caseta de operaciones. Estos elementos fueron construidos en concreto reforzado $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$ (24.5 MPa.), $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (28 MPa) y Acero $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ y 4200 kg/cm^2

Normativa actual que lo rige: los diseños y la construcción de la bocatoma fueron establecidos en la vigencia de la CCCSR Ley 400 de 1984, los cuales no cumple con los requisitos de sismo resistencia de la norma actual NSR-10, norma vigente.

Análisis de Patología en Sistema Hidráulico: Ver ANEXO 02. Clasificación de las Lesiones – Estudio Patológico

Aplicación Patológica

La estructura objeto de estudio, en éste caso la Bocatoma; es un elemento estructural que deberá ser estudiado de manera periódica; ya que las patologías que presenta actualmente, se consideran que, por su condición de funcionalidad, tipo de construcción y exposición a la intemperie; continuará presentando lesiones de manera periódica. Por ello, se determina que las recomendaciones que se realicen al final de éste estudio, serán fundamentadas en patologías de tipo preventivo.

ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA

Evaluación de La Vulnerabilidad Sísmica para La Estructura Existente Según El Nsr-10.


La evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la estructura en estudio, se realizó siguiendo las etapas descritas en el capítulo A.10.1.4 “**PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA INTERVENCIÓN**”. Las etapas de la 1 a la 3 se realizaron anteriormente en la descripción de la estructura.

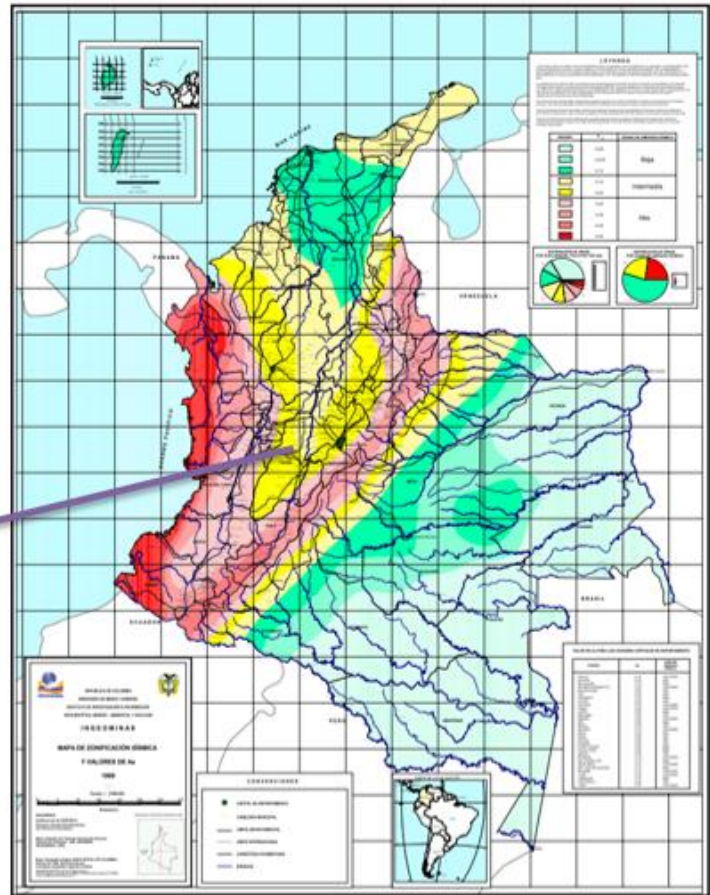
Teniendo en cuenta que este tipo de estructuras (bocatomas) no están contempladas en la norma NSR 10. Igualmente se establece en el diseño algunos parámetros establecidos en esta norma y sin embargo se puede establecer el chequeo de los muros construidos con los parámetros de la norma.

Clasificación según la Zona de Amenaza Sísmica y Movimientos Sísmicos de
 Diseño de acuerdo a la NSR - 10 en función de A_a y A_v .

Departamento: Tolima

Vereda: Laureles

REGIÓN	A_a	ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA
	0.20	Intermedia



*Figura 18 Ubicación de la Bocatoma según Clasificación de Amenaza Sísmica,
 de acuerdo a la NSR10*

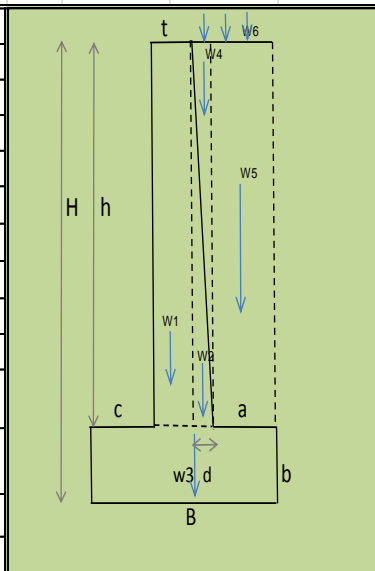
Modelamiento Estructural

Se estableció un chequeo de los muros de contención, donde se evaluó el análisis de estabilidad, contemplando parámetros por volcamiento, por deslizamiento y por presión del suelo. Éste proceso se llevó a cabo mediante una tabla en Excel donde se establecen las especificaciones y las

dimensiones del muro, se realizó el análisis de uno de los dos muros (izquierdo), ya que estos presentan las mismas características geométricas.

ANALISIS SISMICO		
Características geométricas (mts)		
Altura		6,2
Espesor		0,85
Longitud		
Espesor de zapata	0,4	
SE ASUMEN LOS VALORES OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE SUELOS DE:		
	ϕ	30

ESPECIFICACIONES Y DIMENSIONAMIENTO					
		Unidad			Unidad
H	6,60	mts	γ	concreto	2400,00 kg/m ³
h	6,20	mts	γ	relleno	2080,00 kg/m ³
t	0,50	mts	γ	fundación	2080,00 kg/m ³
a	1,50	mts	Ka	0,334	
b	0,40	mts	ω	100,00	kg/m ²
c	1,00				
d	0,00	mts			
B	3,00	mts	Kae=	0,40	
ϕ	0,52	rad	Kp=	3,00	
F _{Svuelco}	3,00	Suelo granular NSR-2010 H.4.2.11	f=	0,50	
F _{Sdesliz}	1,60	Suelo granular NSR-2010 H.6	σ	23.500,00	kg/m ²
F _{Sfundac}	2,50		kh =	0,13	
f'c =	210,00	kg/cm ²	f _y =	4200,00	kg/cm ²



			Xo		Mestab
W1	7.440,00	kg	1,75	mts	13.020,00 kg-m
W3	2.880,00	kg	1,75	mts	5.040,00 kg-m
W5	19.344,00	kg	2,25	mts	43.524,00 kg-m
Σ	29.664,00	kg		mts	61.584,00 kg-m
W6	200,00	kg	2,25	mts	450 kg-m
TOTAL	29.864,00	kg			62.034,00 kg-m

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD							
AL VOLCAMIENTO							
FS _{vuelco} =	$\frac{\sum M_{estab}}{\sum M_{vuelco}}$	0,58	FALSO				
	Tangente ϕ	0,58					
	Fricción suelo-suelo=		-19.802,04				
	Fricción suelo-concreto=		-6.484,17				
	Empuje pasivo =		6.111,45				
	Σ		-20.174,76				
AL DESLIZAMIENTO							
FS _{desliz} =	$f * \sum F_{vert} / \sum Empujes$		-0,60	FALSO			
Cálculo X							
X =	$\frac{\sum M_{est} - \sum M_{volc}}{\sum F_{vert}}$						
e =	B/2 - X =	2,97					
			X =	-1,47	e < B/6		
B/6 =	0,50	m					
ANÁLISIS DE LA PRESION DEL SUELO							
$\sigma_1 =$	$\frac{\sum F_{vert}}{B} * \left(\frac{1+6*e}{B}\right)$	62.451,38	FALSO	$\sigma_3 =$	-15.762,50		
$\sigma_2 =$	$\frac{\sum F_{vert}}{B} * \left(\frac{1-6*e}{B}\right)$	9.960,27	OK				
FS _{fundac} =	2,36						

ANÁLISIS DE EMPUJES							
				Yo		Mvolc	
Es =	Ka*w*H=	220,13	kg	3,10	mts	682,42	kg-m
Ea =	(Ka* γ *H ²)/2=	15.110,06	kg	2,07	mts	31.227,46	kg-m
Ee =	Eae-Ea	18.075,07	kg	4,13	mts	74.710,27	kg-m
Σ						106.620,15	kg-m
Eae =		33.185,13	kg				

DISEÑO ESTRUCTURAL			
COMBINACIONES			
1.3D + 2.17L+1.7E Donde E =(Ea+Es)			
1.0D+1.3Ea+1.0E			
Para la primera			
Es _u =	$1.7*kh*w*h=$	131,75 kg	
Ea _u =	$(1.7*kh*g*h^2)/2=$	8.495,24 kg	
	Σ	8.626,99 kg	Vu
Mult =	$Es * h/2 + Ea * (h/3) =$	17.965,25 kg-mt	
Para la segunda			
Ee _u =	0,00 kg		
Ea _u =	6.496,36 kg		
	Σ	6.496,36 kg	Vu
Mult =	13.425,81 kg-mt		
ADOPTAMOS Mult =	17.965,25		
	K =	0,00089	Cuantía mínima
	As =	20,00	
Verificamos cortante			
φ VC=	29.377,64	OK	

Teniendo en cuenta el modelo estructural, se logró establecer que la estructura (muros) con las características geométricas existentes y planteadas desde el diseño original, no está cumpliendo con lo establecido para la estabilidad de la estructura en cuanto a volcamiento y deslizamiento. Pero con respecto al análisis de la presión del suelo, la estructura está cumpliendo. Adicional a esto, se verificó que el cortante también está cumpliendo.

PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN

Los elementos estructurales que se evaluaron y se analizaron, son aquellos que se encontraban con lesiones moderadas y severas; que por su condición deben ser intervenidos con urgencia para la puesta en funcionamiento de la Bocatoma.

Los elementos que se analizaron en el presente estudio fueron los muros de contención, dique, cámara de disipación o vertedero, los cuales hacen parte de una estructura de tipo hidráulico; que, por su condición de uso, al ser diseñada para la construcción y puesta en funcionamiento, se deben tener en cuenta parámetros muy importantes que garantizan la vida útil.

Adicionalmente, es muy probable que ciertos parámetros como la constante exposición a diferentes tipos de velocidades del agua y que por ende influyen las condiciones climáticas, la ubicación según la zona de sismicidad intermedia, el directo contacto con excremento de animales y naturaleza que hace esfuerzo sobre las estructuras. Terminan por ser algunas de las causas principales para ocasionar lesión sobre los muros y el vertedero de la Bocatoma.

Como se muestra en la ficha técnica, existen lesiones en nuestra estructura de captación hidráulica que no necesitan de ensayos o laboratorios, las cuales han generado suciedad por depósito o lavado superficial, haciendo que la estructura tenga que ser intervenida de manera periódica, para que sea rehabilitada de forma preventiva. Para ello, se recomienda hacer una limpieza natural, donde se utilice agua limpia y baja concentración salina. No se recomienda usar productos químicos en ésta zona, ya que el agua que se capta es para consumo humano y podría generar accidentes de

intoxicación para la comunidad beneficiada de éste servicio vital. Adicionalmente, se recomienda hacer este proceso en épocas de verano e igualmente utilizar pinturas que ayuden a mitigar la suciedad y el desprendimiento del concreto.

De igual forma en la ficha técnica, se evidencian lesiones severas en nuestra estructura, que si requieren de ensayos o laboratorios, por lo que se realizaron ensayos de comprobación de resistencias a la compresión de los concretos de los muros de contención, dique y la placa de la cámara de disipación o vertedero, esto con el fin de constatar, verificar y definir si las resistencias de los concretos establecidas en los diseños estructurales originales cumplían o no, con el fin de determinar las patologías que podían estar disminuyendo la funcionalidad, calidad de la estructura y seguridad de la misma. El ensayo que se realizó para la comprobación de las resistencias a la compresión de los concretos fue de clase destructiva por intermedio de extracción de núcleos. Para la realización de este ensayo, se tuvo que esperar el cese de lluvias para que el caudal del río disminuyera, ya que las estructuras se encuentran dentro de la sección del río, haciendo que este trabajo fuera dispendioso y riesgoso, por lo tanto se recomienda realizar cualquier tipo de ensayo o intervención de la estructura, en tiempos de verano, ya que el río cuenta con un caudal considerable y en épocas de invierno presenta altas crecientes, lo que genera riesgos en los seres humanos y la posible pérdida de trabajos de intervención.

Con los resultados de los ensayos, se pudo evidenciar que las resistencias a la compresión de los concretos de los muros de contención, dique y la placa de la cámara de disipación o vertedero, cumplen con las resistencias establecidas en el diseño estructural original, por lo que se puede evidenciar que la estructura de captación fue construida de acuerdo a lo establecido en los diseños

estructurales constituidos por el diseñador, así mismo en las vistas realizadas, se puede establecer que esta estructura aparenta estar bien diseñada y construida estructuralmente, ya que los muros no presentan fallas por volcamientos o fuerzas de cortantes, así esta estructura no se haya diseñado cumpliendo en su totalidad con la norma NSR 10, por lo que fue diseñada y construida años antes de la creación de esta norma, siendo esta la norma vigente.

Tabla 1 Resultados de las muestras tomadas en campo y analizadas en laboratorio.

Muestra	Fecha toma	Fecha de ensayo	Edad	Elementos ubicación	Resistencia Diseño Original	Resistencia ensayo		
					Mpa	Mpa	kg/cm ²	P.S.I
1	16/07/2019	23/07/2019	7	Muro derecho	28	29,77	303,5	4317
2	16/07/2019	23/07/2019	7	Muro izquierdo	28	37,63	383,7	5457
3	16/07/2019	23/07/2019	7	Placa	28	38,17	389,2	5536

Con lo anterior podemos concluir que las lesiones severas que se presentan en los diferentes elementos analizados de la estructura de captación, no son por temas netamente constructivos o problemas estructurales de lo existente, sino por la acción del agua del río con la estructura, ya que se presume que fue construida con ausencia de protección en la parte inferior, donde se presenta la máxima acción del río con la estructura, por lo que se recomienda realizar un chequeo con un diseñador estructural, para establecer si la resistencia del concreto en estos elementos es suficiente con la establecida en el diseño original o si se requiere de otro tipo de concretos con resistencias especiales, o de alguna otra clase de protección, verificando si se requiere de otra estructura para salvaguardar estas partes, las cuales podían ser dados en concreto reforzado o algún tipo de enrocado, esto con el fin de poder mitigar el golpe y la fricción que genera el agua, la cual está generando socavación de las estructuras, desprendimiento del concreto y la exposición de los aceros.

Con lo anterior también queremos recomendar realizar un chequeo del diseño hidráulico, para el dique y la placa de la cámara de disipación o vertedero, esto con el fin de revisar la geometría de esta estructura, ya que se evidencia claramente que la velocidad del agua y la fricción que esta genera con la estructura han producido el deterioro del concreto, disminuyendo en algunas partes la totalidad del recubrimiento del acero. Con este chequeo se podría plantear una nueva geometría o algunas otras estructuras de control torrencial aguas arriba de la bocatoma, que disipe en una mejor forma la velocidad del agua y así poder evitar futuras afectaciones y socavaciones.

También se recomienda tomar muestras de la calidad del agua, ya que por condiciones químicas tal vez se puede estar afectando las características del concreto, haciendo que se debilite y pierda la condición de recubrimiento. Así mismo, se recomienda que estos estudios tengan un seguimiento tanto en temporada de invierno como en temporada de sequía.

PRESUPUESTO

El presente estudio contempla un costo presupuestal de Ciento cincuenta y dos millones ciento setenta y siete mil cuatros cientos setenta y nueve pesos m/cte., incluido IVA (\$152'.177.479.00). Este valor estipula los valores a pagar por conceptos y recomendaciones técnicas con especialistas, tomas de muestras en campo, análisis de los resultados, administración y desplazamientos necesarios para llevar a cabo el estudio e intervención de los Muros Estructurales 1, 2 y Vertedero de la Bocatoma ubicada sobre el Río Cócora, como elemento fundamental al Proyecto Acueducto Complementario, el cual se están realizando labores de obra con respecto a las líneas de conducción, para la puesta en funcionamiento como tal. (Ver Anexo 03 - Tabla 02 Presupuesto detallado para realizar estudio patológico de los Muros Estructurales 1, 2 y Vertedero de la Bocatoma sobre el Río Cócora en el Tolima).

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

La programación de las actividades a ejecutar en el estudio patológico de los Muros Estructurales 1, 2 y Vertedero de la Bocatoma, se tiene previsto realizarla por semanas cumpliendo con lo propuesto inicialmente en la metodología del presente estudio, con el fin de llegar a los objetivos previstos como son la identificación de las lesiones o daños que presenta el elemento estructural bajo un análisis y conceptualización técnica que se vayan cumpliendo acorde a la ruta crítica o actividades que sean obligatoriamente predecesora una de la otra. (Ver Anexo 04. Cronograma de Actividades. Tabla 03. Cronograma de Actividades para realizar el Estudio Patológico de los Muros Estructurales 1, 2 y Vertedero de la Bocatoma sobre el Río Cócora.)

CONCLUSIONES

Luego de realizado el estudio de patología de la estructura de captación (bocatoma), en el que se realizaron visitas e inspecciones de campo, recopilación y análisis de información técnica existente de los diseños estructurales y elaboración de ensayos de laboratorio, se puede concluir lo siguiente:

- ✓ Verificando las condiciones actuales de los elementos estructurales que conforman la bocatoma, se puede concluir que las estructuras han sufrido lesiones por las condiciones dinámicas del río Cócora, las condiciones climáticas de la zona y por la falta de mantenimiento, lo que nos muestra que aparentemente el diseño original, ha podido cumplir con las afectaciones por cargas sísmicas, aun sin cumplir con lo establecido en los requisitos de sismo resistencia de la norma actual NSR-10, ya que dicha estructura fue diseñada y construida con lo establecido en el código colombiano de construcción sismo resistente CCCSR ley 400 de 1984 y del reporte ACI 350-89

- ✓ Las lesiones severas que se presentan en los diferentes elementos analizados de la estructura de captación de la bocatoma cócora, no son por temas netamente constructivos o problemas estructurales, sino por el efecto del desgaste que genera la velocidad del río en el concreto, lo que significa que se deben estudiar y plantear soluciones estructurales e hidráulicas para poder reforzar, recalzar y mitigar la acción del río con los puntos donde se presenta pérdidas de sección y exposición de aceros.

- ✓ Con lo anterior también se concluye, que se debe verificar el diseño hidráulico o plantear nuevas alternativas para poder disminuir la velocidad del agua del río Cócora, ya que este es uno de los principales factores de la erosión producida en el concreto, generando la pérdida de sección y exposición de aceros.

- ✓ Teniendo en cuenta que la estructura de captación presenta algunas lesiones de tipo moderadas que han generado suciedad por depósito o lavado superficial, se concluye que esta clase de estructuras que están expuestas a agentes climáticos severos, deben tener protocolos establecidos para intervenciones periódicas, para que sean rehabilitadas de forma preventiva. Para ello, se recomienda hacer una limpieza natural, donde se utilice agua limpia y baja concentración salina. No se recomienda usar productos químicos en ésta zona, ya que el agua que se capta es para consumo humano y podría generar accidentes de intoxicación para la comunidad beneficiada de éste servicio vital.

- ✓ Debido a que en la norma NSR 10 no se establecen procedimientos específicos para este tipo estructuras, se realizó un estudio según lo establecido por esta norma, revisando las estructuras que conforman la bocatoma y chequeando los elementos que están sometidos a cargas sísmicas, en este caso muros de contención, los cuales fueron estudiados y evaluados según sus características geometrías, dimensionamientos y especificaciones. Concluyendo que, si bien este tipo de estructuras no cumple con la totalidad de los requerimientos establecidos en la norma, esta estructura aparenta estar bien diseñada y construida estructuralmente, ya que los muros no presentan fallas por volcamientos o fuerzas de cortantes.

- ✓ Por otra parte, podemos concluir, que todos los elementos de la estructura de captación deben tener un protocolo de monitoreo constante, en cuanto a asentamientos, desplazamientos, inclinaciones y fallas mecánicas de las estructuras, ya que estas, están expuestas a cargas por deslizamientos y volcamientos, teniendo en cuenta que están en medio de un cañón con taludes con grandes inclinaciones, y huellas de deforestación en las coronas de estos taludes.

- ✓ Para finalizar se pudo concluir, que el paciente en la actualidad, se encuentra en condiciones de uso, pero si no se realizan las intervenciones y recomendaciones establecidas en el presente estudio en un corto plazo, las condiciones de estabilidad y durabilidad, no se garantizarían para un tiempo a largo plazo, lo que generara a futuro mayores inversiones y afectaciones a toda la ciudad, ya que de esta bocatoma dependería el consumo de agua potable para una gran parte de habitantes de la ciudad de Ibagué, en especial los habitantes de los barrios del sur y de las futuras zonas de expansión, de igual manera se verían afectadas todas las inversiones de la líneas de aducción y conducción que se están adelantando para poner en pleno funcionamiento este sistema de captación para el acueducto de Ibagué en cabeza de la Empresa Ibaguereña De Acueducto Y Alcantarillado IBAL S.A E.S.P OFICIAL.

RECOMENDACIONES

- * Como se ha venido comentando en el desarrollo del presente estudio, se recomienda realizar una serie de chequeos en cuanto al diseño hidráulico, esto con el fin de establecer una geometría de la estructura del dique y la placa de la cámara de disipación o vertedero, que mejore las condiciones en cuanto a la velocidad del caudal río Cócora, además se recomienda poder plantear estructuras hidráulicas de control torrencial aguas arriba de la estructura de captación, esto con el fin de poder mejorar el comportamiento del río, en cuanto a condiciones de flujo y de material de arrastre, ya que se evidencian rocas y troncos de gran tamaño, los cuales han llegado a la estructura producto de las crecientes súbitas que se han presentado en el río Cócora.

- * Además de lo anterior, se recomienda poder evaluar con un estudio o chequeo estructural, la resistencia de los concretos expuestos a la acción del río, ya que se pudo establecer mediante los ensayos de laboratorio, que los concretos cumplían con las resistencias establecidas en el diseño original, por lo que se pueden evaluar concretos con mayores resistencias o implementar otra clase de protección proporcionar mayor durabilidad a estos elementos estructurales.

- * Se recomienda a la Empresa Ibaguereña De Acueducto Y Alcantarillado IBAL S.A E.S. P OFICIAL, establecer un protocolo de mantenimiento preventivo para las estructuras, en el cual se establezcan jornadas de limpieza natural, donde se utilice agua limpia de baja concentración salina. No se recomienda usar productos químicos en ésta zona, ya que el

agua que se capta es para consumo humano y podría generar accidentes de intoxicación para la comunidad beneficiada de éste servicio vital, además se recomienda establecer en este protocolo jornadas de rocería y adecuación de la capa vegetal adyacente a la captación, ya que esta acelera las lesiones por suciedad, depósito o lavado superficial, haciendo que la estructura tenga que ser intervenida de manera periódica, incrementando los costos, pasando de costos por mantenimiento a costos por recuperación o reconstrucción de las estructuras.

- * Finalmente con este estudio queremos recomendar a todos los ingenieros diseñadores hidráulicos y estructurales, que en sus diseños tengan en cuenta todos los agentes externos, como lo son los factores climáticos, la fauna, la vegetación, y que no solo se enfoquen en lo descrito en las normas o códigos, ya que gran cantidad de este tipo de estructuras, inician su deterioro por estos factores, por lo que antes de plantear una solución mediante un diseño, se conozca la zona donde se desarrollara cualquier proyecto y se plantee desde el inicio de los diseños, las soluciones a futuras lesiones que son evidentes e imposible que no surjan en la vida útil de una estructura.

BIBLIOGRAFÍA

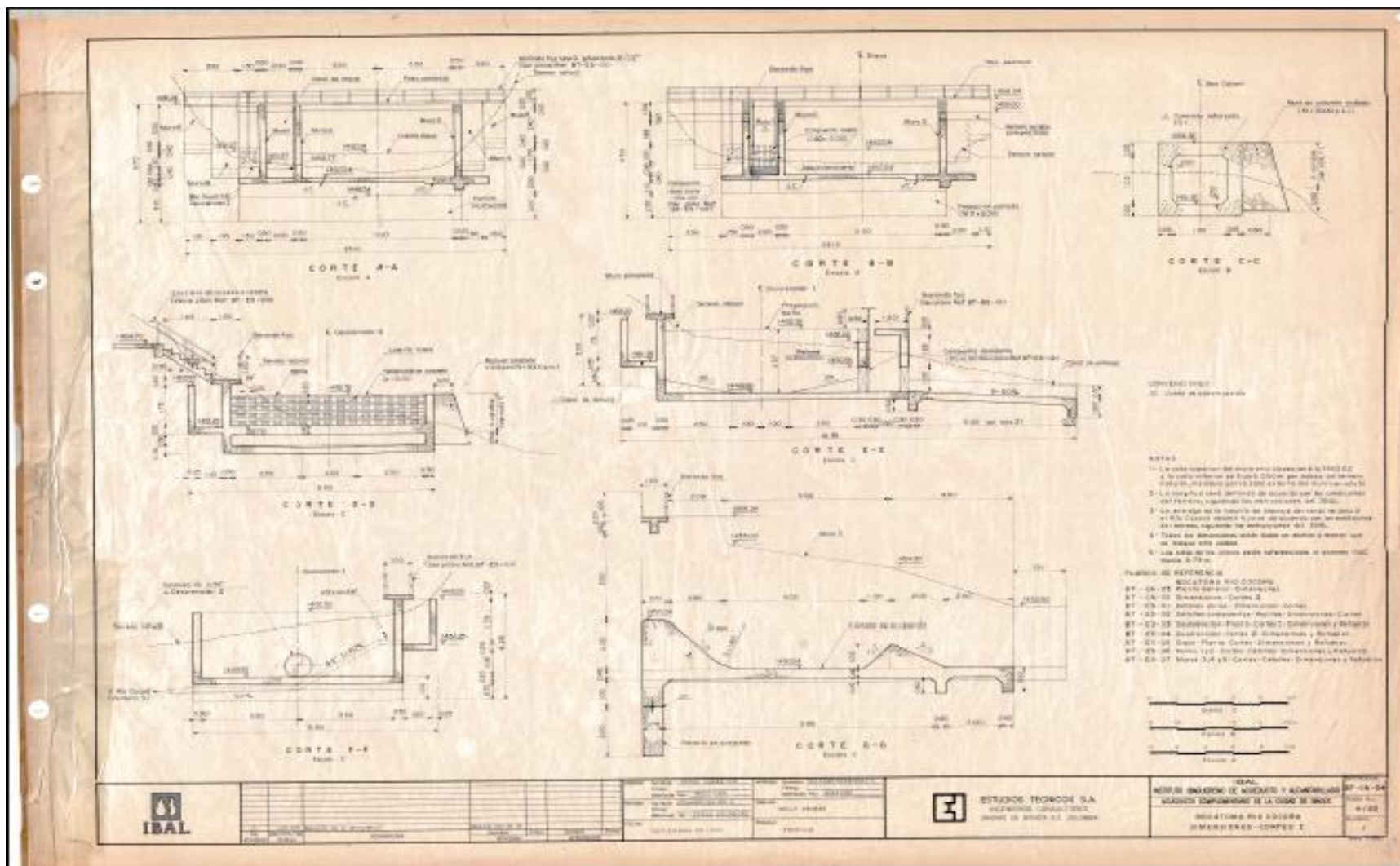
- Broto, C. (2006). Enciclopedia Broto de patologías en la edificación. *Control*, 1389.
- Acueducto y Alcantarillado IBAL SA ESP OFICIAL, (1996), Estudios y Diseños Técnicos realizados por la entidad.
- Lopez Rodríguez, F., Rodriguez Rodriguez, V., Santa Cruz Astorqui, J., Torreño Gomez, I., & Ubeda de Mingo, P. (2004). Manual de Patología de la Edificación - Tomo 1: El Lenguaje De Las Grietas Patología Y Recalces De Las Cimentaciones. *Escuela Técnica Superior de Edificación*, 171. Retrieved from https://www.edificacion.upm.es/personales/santacruzold/Docencia/cursos/ManualPatologiaEdificacion_Tomo-1.pdf
- Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). Sistemas De Acueducto y Alcantarillado. *Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Basico Ras -2000, TITULO B*, 206. Retrieved from http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/4._Sistemas_de_acueducto.pdf
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Resolución número 0330 (2017). Recuperado de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>
- Ministerio de Ambiente, V. y. (2010) Reglamento Colombiana de Construcción Sismo resistente. Bogotá.

- (Rodríguez, Fernández, & Díaz, 2012)

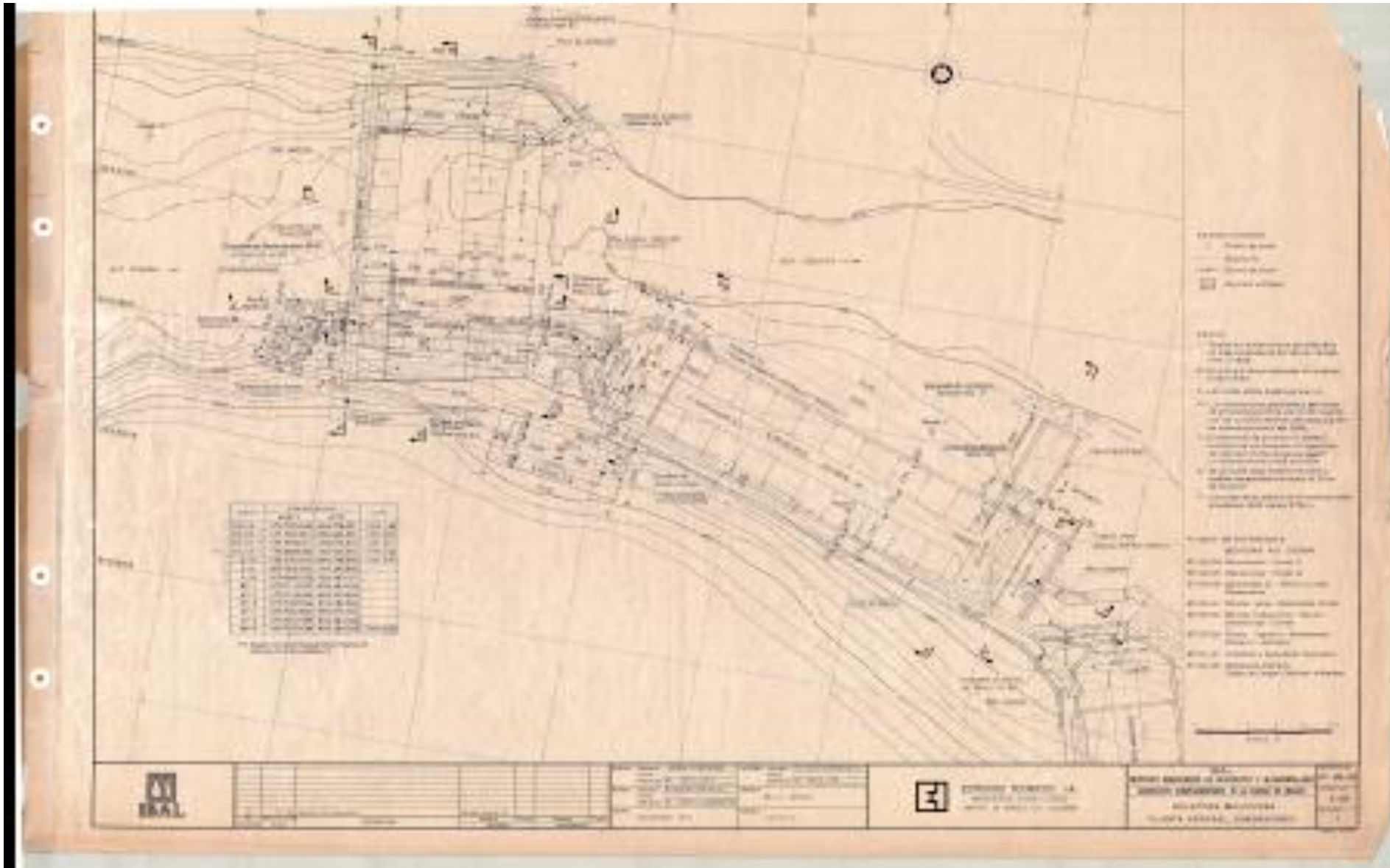
- (MARTINEZ & VARGAS, 2011)

ANEXOS

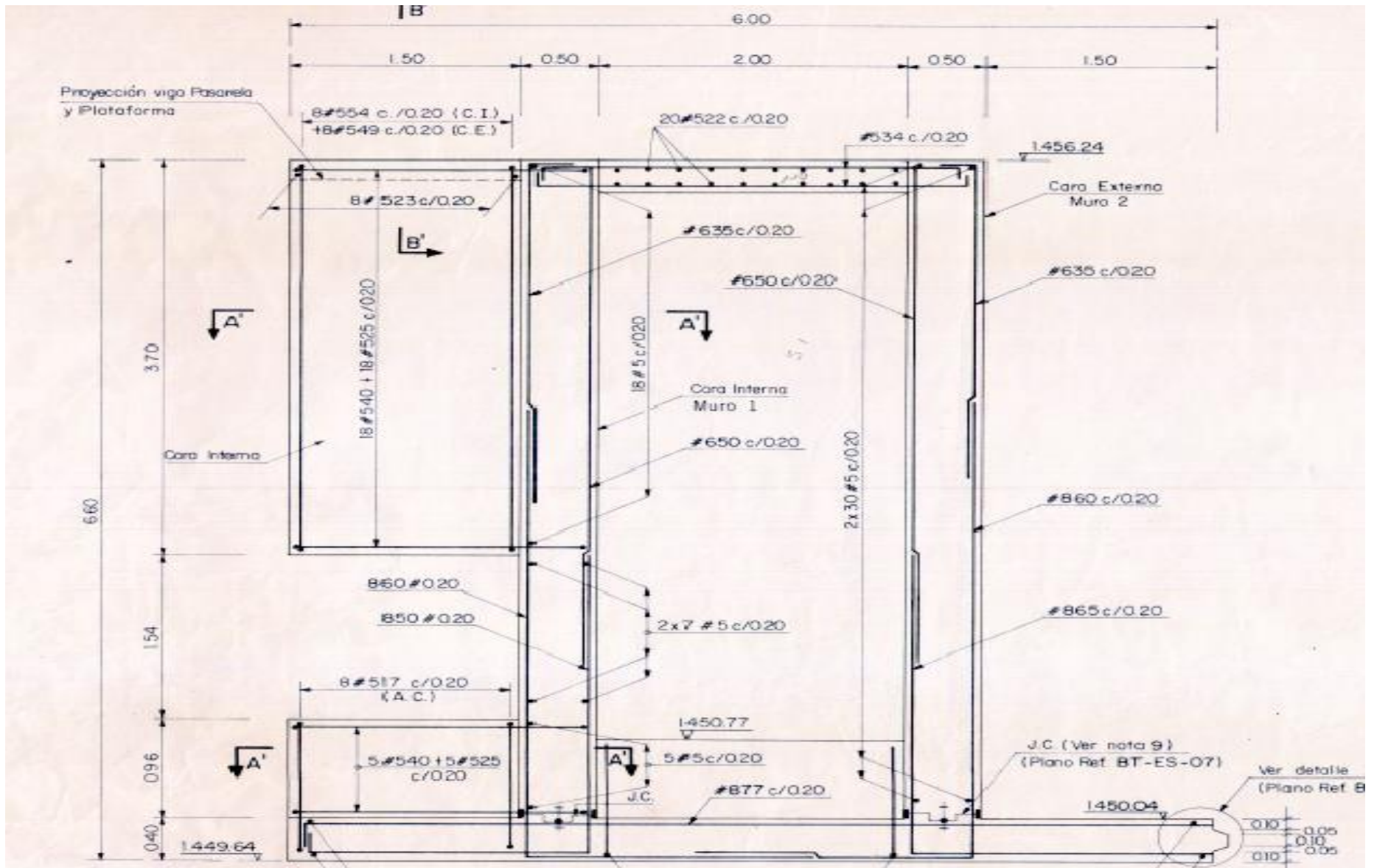
Anexo 1 Planos de Diseño de los Elementos de Estudio de la Bocatoma



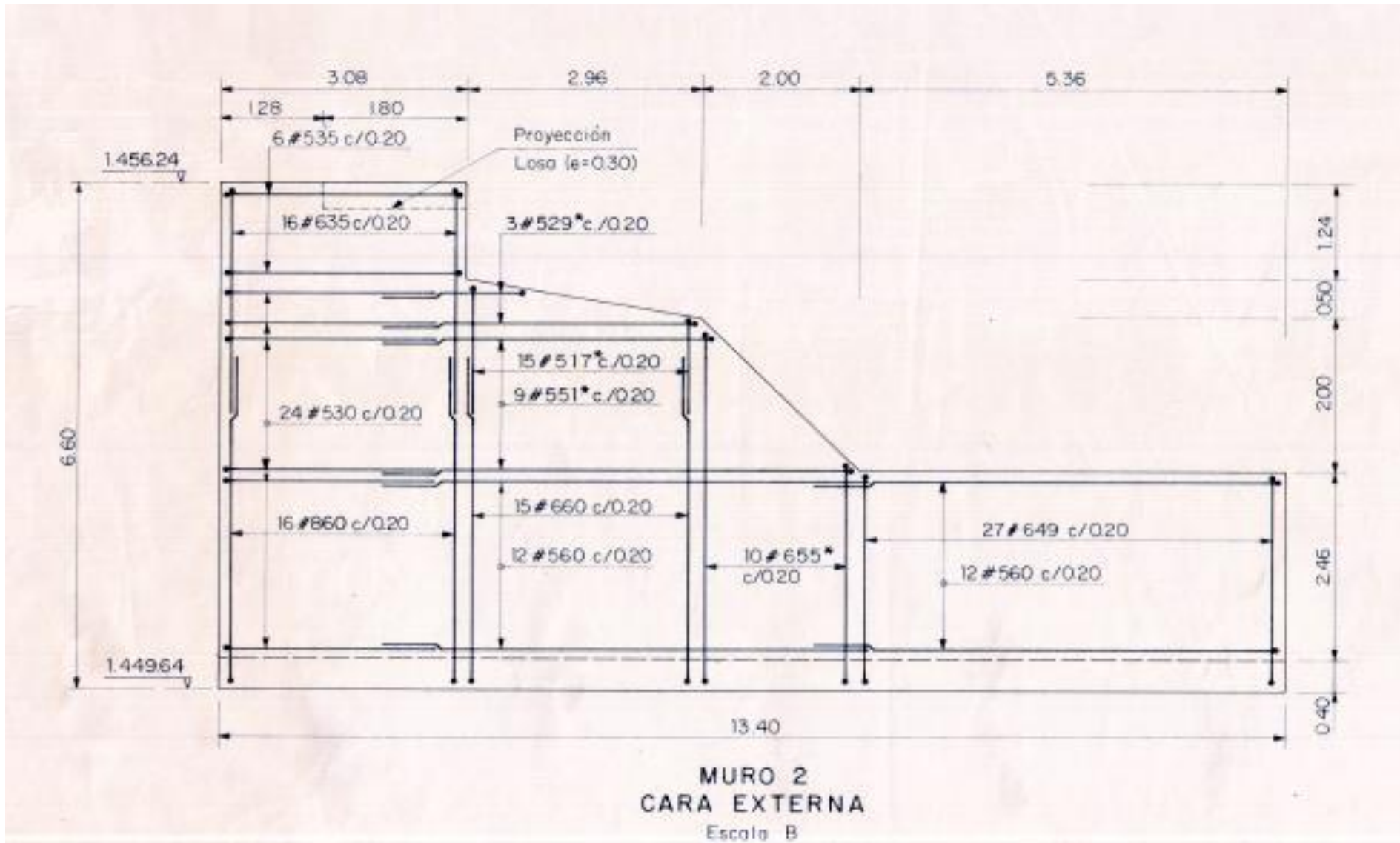
Planos de detalle de diseño. Fuente: Escaneado de los pergaminos de los Diseños y Estudios Técnicos en el IBAL



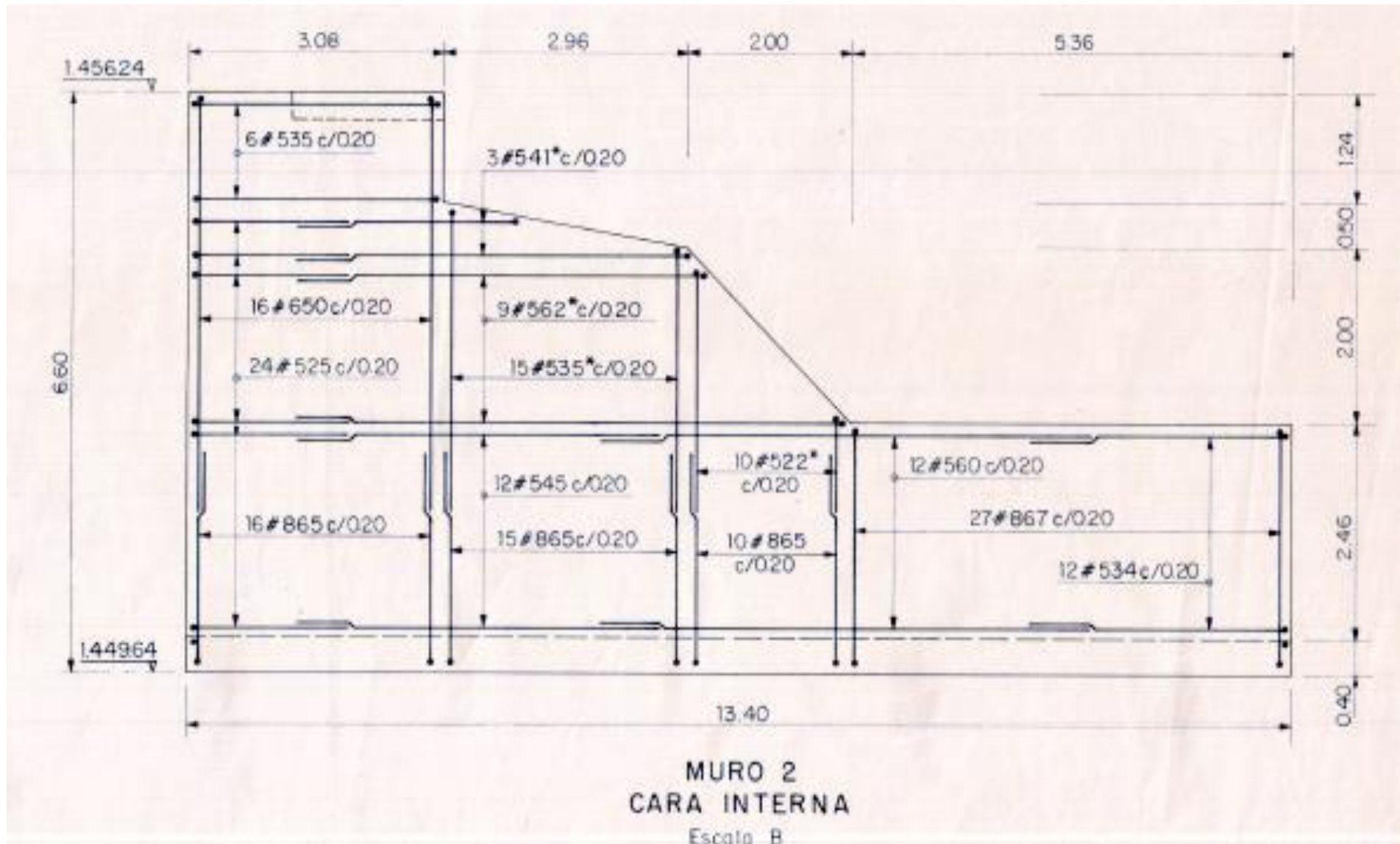
Planos de Localización y diseño de la Bocatoma. Fuente: Escaneado de los pergaminos de los Diseños y Estudios Técnicos en el IBAL.



Planos de detalle Estructural de la Bocatoma. Fuente: Escaneado de los pergaminos de los Diseños y Estudios Técnicos en el IBAL.

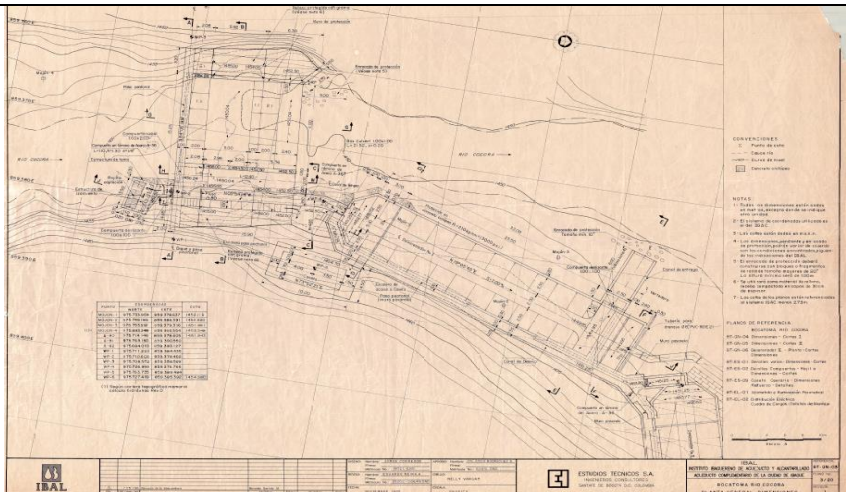




Planos de detalle Estructural de Muro 2. Fuente: Escaneado de los permisos de los Diseños y Estudios Técnicos en el IBAL.





Planos de detalle Estructural de Muro 2. Fuente: Escaneado de los pergaminos de los Diseños y Estudios Técnicos en el IBAL.

Anexo 2 Clasificación de las Lesiones - Estudio Patológico

ANÁLISIS DE PATOLOGÍA EN SISTEMA HIDRÁULICO BOCATOMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO					FICHA TÉCNICA N° 1	
DATOS DE IDENTIFICACIÓN					FECHA DE ANÁLISIS	10/12/2018
LOCALIZACIÓN:	Construcción Rural				FECHA DE CONSTRUCCIÓN:	1996
DIRECCIÓN:	Vereda Laureles en el Corregimiento de Coello - Cocóra					
MUNICIPIO:	Ibagué			DEPARTAMENTO:	Tolima	
BIEN EN PROPIEDAD DE:	Empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado - IBAL			NATURALEZA DEL BIEN:	PÚBLICO	PRIVADO
CONSTRUCCIÓN EN USO:	SI	NO	X		X	
INSPECCIÓN HISTÓRICA	SI	NO	X	TIPO DE MATERIAL CONSTRUCTIVO:	Concreto y Acero	
CUANTAS INSPECCIONES HISTÓRICAS		REALIZADAS POR QUIÉN			FECHA ANTERIOR DE ANÁLISIS	
DESCRIPCIÓN:	<p>Estructura hidráulica construida, para una capacidad de captación de aproximadamente entre 800 y 1000 metros cúbicos por segundo de agua desde el Río Coello, para uso doméstico de los habitantes de la ciudad de Ibagué.</p> <p>En sus diseños iniciales la Bocatoma estructuralmente es una obra construida en concreto y está compuesta por dos desarenadores, Dique, Cámara de Disipación, Rejilla de Captación, Box Coulvert, compuertas en láminas de acero A36 de captación y desfogue, canales de entrega y desvío, casa para Bocatomeros, pasarela peatonal, barandas fijas en acero galvanizado y gaviones como protección.</p>					
DISEÑOS INICIALES PLANO EN PLANTA (SE ADJUNTA EN ANEXO)						

<p>ANTECEDENTES:</p>	<p>Ibagué por su localización es una ciudad equidistante a muchas otras ciudades o pueblos vecinos; razón por la cual se ha convertido en un lugar apropiado para quienes desean cambiar de residencia o emprender negocios. Es así como paulatinamente, Ibagué ha venido aumentando su demografía durante los últimos veinte años y se ha visto la necesidad de ampliar el sistema de Abastecimiento de Agua con la que actualmente cuenta la Empresa Ibagüera de Acueducto y Alcantarillado - IBAL.</p> <p>Lo que en un principio podría llamarse desarrollo para la ciudad, se ha convertido en una problemática difícil de enmendar. Pues la necesidad ha existido casi por treinta años atrás y solo se ha esperado que la ciudad colapse respecto a la falta de éste recurso vital para el ser humano. Pues precisamene, éste sistema es un bien de caracter público que para el desarrollo y buen funcionamiento, depende de la gestión y los recursos públicos que las entidades del gobierno y la comunidad aporten para la financiación de la construcción de la obra civil.</p> <p>Es así como se conoce, que la Bocatoma habiendose iniciado su construcción en el año 1996 y finalizado en el año 2007; solo se avanzó respecto a la captación, quedando sin recursos para el avance de la instalación de la línea de conducción que conectaba la Bocatoma hasta la Planta de Tratamiento ubicada en el centro de la Ciudad de Ibagué. Es por ello, que actualmente esta obra hidraulica no se ha podido poner en funcionamiento. Sin embargo, después de casi 11 años; este proyecto complementario al acueducto ibagué, ha logrado avanzar con la instalación de la línea de conducción y se espera que prontamente todo el sistema este en funcionamiento.</p> <p>Para ello, es necesario llevar a cabo el análisis de patologías, descripción de lesiones, posibles causas e intervenciones que llegare a tener para la puesta en funcionamiento de la Bocatoma después de haberse construido y nunca haberle dado el uso y/o mantenimiento que se necesita, aún mas para este caso que se considera que es una edificación expuesta a diferente tipos de agentes contaminantes.</p>		
<p>ZONA CON PRESENCIA DE LESIÓN</p>	<p>DIQUE Y CÁMARA DE DISIPACIÓN</p>		

CALIFICACIÓN DE LA LESIÓN	LEVE		TIPO DE LESIÓN	FÍSICA	X	DISTINCIÓN DE LESIÓN	
	MODERADO	X		QUÍMICA		PRIMARIA	SECUNDARIA
	SEVERO			MECÁNICA		X	
	GRAVE						
POSIBLES CAUSAS	DIRECTAS	1. Las crecientes súbitas del Río genera grandes presiones de Agua sobre la estructura, haciendo que se erosionen las paredes del Dique. 2. El pH del agua del Río Coello, puede tener un alto grado de ácidos que genere corrosión del concreto hasta dejar expuestos los aceros de refuerzo de las Paredes del Dique y Cámara de Disipación.	DIAGNÓSTICO				El Dique y la Cámara de Disipación, desde su época de construcción; no ha recibido algún tipo de mantenimiento y ha quedado expuesto a diferentes Agentes ambientales, tal vez químicos y físicos que ayudan al deterioro. Ocasionando en ella lesiones tales como la exposición de los aceros de refuerzo, por donde se permite el ingreso de la corrosión y la oxidación por el contacto del agua y el aire.
	INDIRECTAS	1. Falta de Mantenimiento de la Estructura Civil con Impermeabilizantes. 2. Problemas de diseño y construcción, respecto a la velocidad, dirección y caudal.					
PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	<p>Para solucionar dicha lesión en el Dique y la Cámara de Disipación se recomienda:</p> <p>1. En tiempo de Verano cuando los caudales del Río estén bajos, se debe realizar el respectivo mantenimiento de la zona con materiales homogéneos; es decir, realizar el cambio de los aceros considerando siempre la norma de traslapes, la capas de concreto a la resistencia mínima exigida según diseño e impermeabilizar.</p> <p>Es importante dejar claro, que ésta lesión continuará apareciendo de manera periódica por las condiciones ambientales y físicas a las que se encuentra expuesta por su funcionalidad.</p>						
RESPONSABLES DE LA INSPECCIÓN	Ing. Carlos Bonett		OBJETIVO DE LA INSPECCIÓN	PROYECTAR UNA SOLUCIÓN DE INTERVENCIÓN PARA PONER EN FUNCIONAMIENTO LA BOCATOMA		N°DE REGISTRO DE INSPECCION	1 - 2
	Ing. Heidy Henao C.						

ZONA CON PRESENCIA DE LESIÓN	DESARENADOR N° 1 Y 2 Y CANALES DE ENTRADA Y SALIDA						
CALIFICACIÓN DE LA LESIÓN	LEVE	X	TIPO DE LESIÓN	FÍSICA	X	DISTINCIÓN DE LESIÓN	
	MODERADO			QUÍMICA		PRIMARIA	SECUNDARIA
	SEVERO			MECÁNICA		X	
	GRAVE						
POSIBLES CAUSAS	DIRECTAS	1. Exposición Ambiental (Suciedad por Polución - Contaminación) 2. Contacto Directo con el Agua 3. Contacto directo con las Heces de los Animales.		DIAGNÓSTICO	La Bocatoma es una obra hidráulica que se encarga de captar agua, por ello siempre debe estar en contacto con el agua, el aire y demás agentes que más que deterioro, lo que generan son problemas estéticos. Pues la lesión como la suciedad no se considera grave por que no afecta las condiciones de resistencia pero sí su funcionalidad. Por que puede ocurrir taponamiento de las entradas de captación por suciedad y sedimentación de material de río.		
INDIRECTAS	De acuerdo a la funcionalidad, es una obra que siempre va a quedar expuesta a los agentes causantes de suciedad, como la polución. Pero si se pueden evaluar alternativas que mejoren la estética.						

<p>PROPUESTA DE INTERVENCIÓN</p>	<p>Como mitigación a la suciedad y teniendo en cuenta que es una obra que diariamente esta expuesta al ambiente y al contacto directo del agua; se recomienda y se hace énfasis en la necesidad de la construcción de la casa de los bocatomeros, por que la finalidad de aquellas personas que trabajan en el sitio, son las encargadas de realizar el mantenimiento diario con respecto a la limpieza de de las rejillas de captación, canales de limpia, desarenadores y demás estructuras que conforman la Bocatoma. Adicionalmente, se recomienda hacer lavado periodico con agua limpia y a presión para preparar la zona y posteriormente realizar la aplicación de una pintura transparente y que a su vez sirva de impermeabilizante de los muros.</p>					
<p>RESPONSABLES DE LA INSPECCIÓN</p>	<p>Ing. Carlos Bonett</p>		<p>OBJETIVO DE LA INSPECCIÓN</p>	<p>PROYECTAR UNA SOLUCIÓN DE INTERVENCIÓN PARA PONER EN FUNCIONAMIENTO LA BOCATOMA</p>	<p>N° DE REGISTRO DE INSPECCION</p>	<p>2 - 2</p>
	<p>Ing. Heidy Henao C.</p>					

Anexo 3 Presupuesto para el Estudio Patológico y sus Recomendaciones de los

Muros Estructurales 1, 2 y Vertedero de la Bocatoma sobre el Río Cócora.

PRESUPUESTO DE INTERVENCION ESTUDIO PATOLÓGICO DE MUROS ESTRUCTURALES 1, 2 Y VERTEDERO DE LA BOCATOMA SOBRE EL RÍO CÓCORA PERTENECIENTE AL ACUEDUCTO COMPLEMENTARIO DE LA CIUDAD DE IBAGUÉ (TOLIMA)							
DESCRIPCION	VALOR	CANT.	MESES			TOTAL	VALOR PARCIAL
			1	2	3	HOM/MES	
Ingeniero Director Especialista en Patologia de la Construccion	\$7.000.000,00	1	0,50	0,50	0,50	1,50	\$10.500.000
Ingeniero Civil Especialista en Estructuras. (Chequeo Y/O Diseño Estructural)	\$5.000.000,00	1	0,50	0,50	0,00	1,00	\$5.000.000
Ingeniero Civil Y/O Sanitario Y/O Mecanico Especialista en Hidraulica. (Chequeo Y/O Diseño Hidraulico)	\$5.000.000,00	1	0,50	0,50	0,00	1,00	\$5.000.000
Ingeniero Auxiliar de Apoyo de Ingenieria	\$2.800.000,00	1	1,00	1,00	1,00	3,00	\$8.400.000
Dibujante	\$1.500.000,00	1	1,00	1,00	1,00	3,00	\$4.500.000
Asistente Administrativo	\$737.717,00	1	1,00	1,00	1,00	3,00	\$2.213.151
						SUBTOTAL	\$48.926.302
						FACTOR MULTIPLICADOR	\$2,10
						SUBTOTAL COSTOS DE PERSONAL	\$102.745.234
COSTOS DIRECTOS	VALOR	CANT.	MESES				VALOR PARCIAL
			1	2	3	TOTAL	
Alquiler de Vehiculos	\$4.500.000,00	1	1,00	1,00	0,00	2,00	\$9.000.000
Caracterizacion de Aguas	\$1.450.000,00	1	1,00	0,00	0,00	1,00	\$1.450.000
Alquiler de Oficina	\$1.000.000,00	1	1,00	1,00	1,00	3,00	\$3.000.000
Alquiler de Equipo De Logistica	\$400.000,00	1	1,00	1,00	1,00	3,00	\$1.200.000
Edicion de Planos	\$1.700.000,00	1	0,00	0,00	1,00	1,00	\$1.700.000
Elaboracion de Ensayos	\$2.500.000,00	1	1,00	1,00	0,00	2,00	\$5.000.000
Edicion de Informes	\$1.500.000,00	1	0,00	0,50	0,50	1,00	\$1.500.000
						SUBTOTAL	\$22.850.000
						FACTOR MULTIPLICADOR	\$1,10
						SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS	\$25.135.000
						TOTAL BASICO	\$127.880.234
						IVA 19%	\$24.297.244
						VALOR TOTAL INCLUYENDO IVA	\$152.177.479

