



**Estudio patológico del acueducto colgante sobre el río Alvarado en el departamento del  
Tolima**

**Fernando Antonio Bonilla García**

**Juan Carlos Ayala Arias**

**Juan Miguel Agudelo Ruiz**

Trabajo presentado como requisito para optar al título de Especialista en Patología de la  
Construcción

**Director:**

**Arquitecto Magíster Walter Mauricio Barreto Castillo**

**Asesor Metodológico:**

**Arq. María Isabel Mayorga**

**Universidad Santo Tomás**

**Decanatura de educación abierta y a distancia**

**Especialización en Patología de la Construcción**

**Ibagué – Tolima**

**2018**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	9
1. JUSTIFICACIÓN.....	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo general .....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3. DEFINICIONES .....	13
4. PREPARACIÓN Y PLANEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	15
4.1 Inspección preliminar de la obra .....	15
4.1.1 Información necesaria para el estudio.....	17
4.1.2 Forma de almacenar y tabular la información.....	18
4.1.3 Alcance de la exploración. ....	18
4.1.4 Permisos y autorizaciones que garanticen la accesibilidad y facilidad de exploración de la obra.....	18
4.1.5 Definición del equipo de trabajo que realizó la exploración. ....	18
4.1.6 Definición de los medios para realizar la exploración. ....	19
5. MARCO CONCEPTUAL .....	20
5.1 Ensayo Magnetográfico: (E.N.D) .....	20
5.2 Extracción y falla de núcleos de concreto.....	21
5.3 Ensayo de fenolftaleína sobre concreto.....	23
5.4 Ensayo escáner (Ferro Scam).....	24
5.5 Método de ensayo para determinar cloruros solubles en agua en mortero y concreto.....	25
5.6 Ultrasonido con <i>Phased Arrays</i> (arreglos de fase).....	26
6. HISTORIA CLÍNICA.....	30
6.1 Datos específicos del paciente .....	30
6.2 Localización.....	30
6.2.1 Climatología. ....	32
6.2.2. Geología y suelos. ....	32
6.3 Descripción del paciente y del entorno .....	34
6.4 Cables de acero .....	41
6.5 Pendolones .....	45
6.6 Uniones bridadas.....	47
6.7 Tubería metálica.....	49
7. Diagnóstico.....	51
7.1 Tubería metálica.....	51
7.2 Cables de acero .....	51
7.3 Macizos de anclaje .....	52
7.4 Pórticos en concreto reforzado .....	52
7.5. Fichas de lesiones.....	53
8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN .....	54
8.1 Tecnológica.....	54
8.2 Normativa .....	55

8.3	Planteamiento de la intervención .....	55
8.4	Presupuesto de intervención. ....	56
8.5	Programación de la Intervención. ....	57
9.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	59
10.	CONCLUSIONES.....	61
	REFERENCIAS	
	ANEXOS	

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fugas de agua en el paso elevado.....	15
Figura 2: Panorámica del acueducto elevado.....	16
Figura 3: Pilas en concreto.....	16
Figura 4: Macizos de anclaje.....	17
Figura 5: Máquina extracción de núcleos.....	22
Figura 6: Ferro Scam.....	25
Figura 7: Medidor de ondas .....	26
Figura 8: Medidor de ondas .....	27
Figura 9: Ensayo ultrasonido.....	29
Figura 10: Ubicación del paso elevado del acueducto.....	31
Figura 11: Ibagué Alvarado Pr 18+000.....	31
Figura 12: Vista GPS .....	32
Figura 13: Mapa zona de amenaza sísmica.....	36
Figura 15: Llegada de cables al macizo de anclaje .....	38
Figura 16: Detalle fuga de agua en la tubería por desgarre laminar.....	39
Figura 17: Oxidación de tubería y desgaste neopreno .....	39
Figura 18: Medida diámetro del cable .....	41
Figura 19: Rotura de alambres.....	42
Figura 20: Cable 6*7 torones simple .....	42
Figura 21: Detalle del cable .....	43
Figura 22: Paso de cable por el pórtico en concreto.....	44
Figura 23: Detalle del cable en el macizo de anclaje.....	44
Figura 24: Detalle del pendolón.....	45
Figura 25: Detalle perros de amarre de los pendolones a los cables .....	46
Figura 26: Detalle unión de tensores a la tubería.....	47
Figura 27: Detalle sección unión bridaba .....	48
Figura 28: Neopreno detalle unión bridada .....	48
Figura 29: Detalle del pasador.....	49

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Presupuesto de intervención. ....	56
Tabla 2 Programación de la intervención. ....	57
Tabla 3 Presupuesto Alternativa construcción de una nueva estructura.....	60

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Ficha de lesiones .....	67
Anexo B: Ensayos de laboratorio .....	80
Anexo C: Combinaciones de carga propuesta de intervención .....	94
Anexo D: Memoria de cálculo .....	106
Anexo E: Ficha técnica material de recubrimiento tubería.....	112
Anexo F: Plano del perfil del acueducto colgante, archivo aparte .....	117
Anexo G: Plano levantamiento topográfico, archivo aparte .....	117

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo realizar el estudio patológico del acueducto colgante sobre el río Alvarado al norte del departamento del Tolima entre las haciendas Alcalá y Leticia en la vía que de Ibagué conduce a Alvarado, Pr 13+600 de la ruta nacional 4305 ubicada en el departamento del Tolima, así las cosas se realiza el levantamiento topográfico y se inspeccionan todos los componentes de la estructura dejándolos enmarcados en las fichas de lesiones, al mismo tiempo se hacen ensayos a algunos materiales para conocer su estado y funcionabilidad. Los resultados obtenidos se analizaron desde el punto de vista económico, técnico y ambiental a dos posibles propuestas para dar solución y garantizar la funcionabilidad de la estructura, concluyendo que la mejor opción es la recuperación de la estructura actual con reforzamiento de las pilas, la sustitución de cables y tubo afectado, elementos como platinas pendolones anclajes, sellos de neoprenos, de igual manera la limpieza y su posterior recubrimiento interno y externo de las tuberías con pintura epóxica, dicha intervención tiene un valor en pesos colombiano de \$124.165.792 y tiene una duración estimada de 60 días.

**Palabras clave:** Acueducto colgante, tubo de acero, cables de acero, pilas de puentes, unión bridada.

## ABSTRACT

The present work has like objective to realize the pathological study of the hanging aqueduct on the river Alvarado to the north of the department of Tolima between the haciendas Alcalá and Leticia in the way that of Ibaguè leads to Alvarado Pr 13+600 of the national route 4305 located in the department of Tolima, so the topographic survey is carried out and all the components of the structure are inscribed leaving them framed in the injury files, at the same time tests are made on some materials to know their status and functionality. the results obtained were analyzed from the economical, technical and environmental point of view to two possible proposals to give solution and be able to guarantee the functionality of the structure, concluding that the best option is the recovery of the current structure with reinforcements of the batteries replacement of affected cables and tubes, elements such as plates, pendulums, anchors, neoprene seals, likewise their cleaning and subsequent internal and external coating with epoxy paint. This intervention has a value in Colombian pesos of \$124.165.792 and has a duration of 60 days

**Keywords:** Hanging aqueduct, steel pipe, steel wires, Stacks of bridges, flanged union.

## INTRODUCCIÓN

La construcción de pasos elevados ha facilitado en toda Colombia, por medio de diferentes obras, la comunicación o el transporte de determinado producto de un lugar a otro. Para el presente caso, el paso elevado permite el transporte del agua para riego puesto que, debido a la situación demográfica en algunas regiones, se hace necesario salvar distancias y obstáculos naturales entre la fuente de suministro y los consumidores porque los terrenos son difíciles tanto para su construcción como para su acceso. Uno ejemplo de lo mencionado, se vivió en los años 60 en el municipio de Alvarado, norte del departamento del Tolima, donde hubo la necesidad de construir un acueducto colgante sobre el río Alvarado con el objetivo de suministrar agua para riego a algunas haciendas de difícil acceso.

Por lo anterior, la presente investigación surge como resultado de una preocupación sobre el estado del acueducto colgante sobre el río Alvarado, una obra civil que se localiza entre las haciendas *Alcalá* y *Leticia* en la vía que de Ibagué conduce a Alvarado, Pr 16+600 de la ruta nacional 4305. En este sentido, conviene señalar que esta estructura consiste en dos pórticos en concreto que soportan los cables colgantes en alma de acero de los cuáles cuelga una tubería metálica de 25” de diámetro que sirve para la conducción de agua de riego de seis haciendas.

En lo que respecta al procedimiento metodológico para llevar a cabo el trabajo de investigación profesional en la especialidad de patología de la construcción, se ha optado por seleccionar al paciente denominado “acueducto colgante sobre el río Alvarado”, obra civil de gran importancia para el sector agrícola del norte del Tolima. Para el desarrollo de este estudio

patológico se reconocerá su origen, causas, evolución, síntomas, estado actual de la estructura y el comportamiento estructural del mismo.

Como resultado de la investigación, se propone el reforzamiento de los dos pórticos en concreto abrazándolos con una estructura metálica (ángulos y platinas) que será construida en el sitio con sus respectivos anclajes al concreto. Una vez terminada esta actividad, se plantea continuar con el lanzamiento de un cable guía que se sujetará a los macizos de anclaje. Conviene mencionar que la función de dicho cable es la de sostener los tubos metálicos. A su vez, se requiere del desmonte y cambio de los cables por unos nuevos, para ello, se planea que al mismo tiempo que se realice la intervención se limpien los pendolones, se cepille y pinte la tubería metálica mientras se lleva a cabo el cambio secuencial de cada uno de los sellos de neopreno de las juntas bridadas; asimismo, se remplazará el tubo que falló por uno nuevo y por último se retirará el cable guía y se procederá a la pintura de la estructura metálica de los pórticos.

Ahora bien, en lo que respecta a la valoración económica de la propuesta es importante indicar que se realizó bajo la premisa de los tiempos de la mano de obra en trabajos en alturas con personal especializado, para lo cual es indispensable utilizar materiales de primera calidad. De esta manera, el valor presupuestado es de ciento veinticuatro millones, ciento sesenta y cinco mil setecientos noventa y dos pesos (\$124'165.792). En cuanto al tiempo de ejecución, se tiene planteado que las actividades sean llevadas a cabo en 60 días calendario. Para conseguirlo se requiere trabajar los fines de semana.

## 1. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo, la construcción y la infraestructura van de la mano en la construcción de cualquier país. En efecto, las estructuras que cruzan pasos elevados para tuberías de acueducto, gasoducto o alcantarillados son parte fundamental de los avances en infraestructura, pero en Colombia son un reto tanto para la competitividad y el desarrollo en la ingeniería. Ahora bien, teniendo en cuenta que uno de los recursos más importantes para el ser humano es el agua, se hace necesario tomar medidas desde diferentes sectores sociales para garantizar su buen manejo.

Por esta razón, mediante este estudio de diagnóstico y formulación se aplica la metodología como patólogos de la construcción llevando a cabo la toma de datos o auscultación, pruebas diagnósticas y finalmente una intervención o rehabilitación certera del paciente que se expone en el presente trabajo profesional integrado como una oportunidad de demostrar los conocimientos adquiridos durante la formación en la especialización. En este orden de ideas, el estudio nace de la necesidad que tienen los agricultores de estas haciendas de garantizar el suministro del agua de riego para sus cultivos de arroz donde el agua es factor preponderante en el proceso de desarrollo de las plantas de este cultivo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Realizar el estudio patológico del acueducto colgante sobre el río Alvarado al norte del departamento del Tolima entre las haciendas Alcalá y Leticia en la vía que de Ibagué conduce a Alvarado, Pr 13+600 de la ruta nacional 4305 y presentar una propuesta de intervención adecuada a dicha estructura.

### 2.2 Objetivos específicos

- Recopilar la información acerca de la geometría y topografía del acueducto colgante.
- Elaborar el estado de lesiones de cada uno de los elementos.
- Realizar los ensayos pertinentes para conocer el estado de los materiales.
- Conocer las posibles causas de los daños encontrados en el paciente.
- Proponer una solución que rehabilite y garantice el funcionamiento adecuado del acueducto colgante.
- Presupuestar la intervención a realizar.

### 3. DEFINICIONES

**Brida:** Es un accesorio para juntar dos tubos por medio de flanches y pernos

**Canal:** Conducto descubierto que transporta agua a flujo libre.

**Caudal:** Cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo.

**Concreto reforzado:** material construido por un concreto que tiene un refuerzo consistente en barras de acero corrugado, estribos transversales o mallas electrosoldadas, colocadas principalmente en zonas de tracción y en cuantías superiores a las mínimas especificadas.

**Corrosión:** Deterioro de un material metálico a consecuencia de un ataque químico por su entorno.

**Diámetro nominal:** Es el número con el cual se conoce comúnmente el diámetro de una tubería, a pesar de que algunas veces su valor no coincida con el diámetro real interno.

**Estructura:** es un ensamblaje de elementos, diseñado para soportar las cargas gravitacionales y resistir las fuerzas horizontales. Las estructuras pueden ser catalogadas como estructuras de edificaciones o estructuras diferentes de las edificaciones.

**Masa:** Cantidad de materia que posee un cuerpo

**Moho:** El moho es un tipo de hongo microscópico, de entre 3 y 100 micras. La presencia de mohos, va asociada a la presencia de humedad. Su aparición se ve favorecida en materiales rugosos y porosos en los que se acumulan restos orgánicos.

**Pendolones:** pieza vertical que trabaja a tensión normalmente de acero la cual trasmite cargas a elementos superiores.

**Peso:** Efecto gravitaciones sobre la masa. Se obtiene de multiplicarla masa en Kg, por la aceleración debida a la gravedad,  $g$  ( $g=9.8$  m/s). Se expresa en Néwtones, N ( $1$  N =  $1$  kg  $1$  m/s<sup>2</sup>)

**Pórtico:** es un conjunto de vigas y columnas, en algunos casos diagonales, todos ellos interconectados entre sí por medio de conexiones o nudos que pueden ser o no capaces de transmitir momentos flectores de un elemento a otro.

**Resistencia:** es la capacidad útil de una estructura, o de sus miembros para resistir cargas dentro los límites de deformación establecidos.

**Torón:** Generalmente los torones están constituidos por un alambre central y seis alambres exteriores enrollados helicoidalmente sobre dicho núcleo; estos torones se producen sin recubrimiento, con recubrimiento de Cinc, según las necesidades y aplicaciones definidas por el cliente. Normas NTC 2010 y ASTM A 416.

**Vulnerabilidad:** es la cuantificación del potencial del mal comportamiento de una estructura con respecto a alguna sollicitación.

**Vulnerabilidad:** predisposición intrínseca de un sistema de ser afectado o de ser susceptible a sufrir daños o pérdida de su función como resultado de la ocurrencia de un evento que caracteriza una amenaza.

## 4. PREPARACIÓN Y PLANEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 4.1 Inspección preliminar de la obra

La obra se encuentra ubicada sobre el río Alvarado a unos 20 metros de altura sobre el nivel de la lámina de agua. La estructura cruza dicha fuente hídrica en sentido sur de la hacienda *Alcalá* y al norte de la hacienda *Leticia*, entre el municipio de Ibagué y el municipio de Alvarado. La Figura 1 muestra cómo la tubería cruza el cañón entre estas dos haciendas y las fugas en la tubería.



**Figura 1:** Fugas de agua en el paso elevado  
Fuente: los autores.

Asimismo, en las figuras 2, 3 y 4 se puede observar el estado de la estructura del paso elevado, tanto en los cables como en las pilas y macizo de anclaje construidos en concreto.



**Figura 2:** Panorámica del acueducto elevado  
Fuente: los autores.



**Figura 3:** Pilas en concreto  
Fuente: los autores.

En cuanto a los macizos de anclaje, se muestra su estado en la Figura 4.



**Figura 4:** Macizos de anclaje

Fuente: los autores.

Llegados a este punto, conviene señalar que se realizó la visita al paso elevado encontrando como falla principal, tal y como muestra la Figura 1, las fugas del agua por la tubería metálica de 0,63 metros de diámetro. Además, se hallaron lesiones como la rotura de algunos alambres de los cables y corrosión en la tubería metálica; a su vez, en las estructuras en concreto se encontró moho y material vegetal; asimismo, en los pendolones se evidenció el movimiento de algunos de ellos que, además, presentaban corrosión.

#### 4.1.1 Información necesaria para el estudio.

Vale la pena señalar que no existen planos de esta obra, ni cálculos estructurales ni estudios de suelos. Aun así, es importante resaltar que en la época en la que fue construido el paciente no existía ninguna normatividad técnica que rigiese su diseño y construcción. Además, desde su construcción no ha sufrido intervenciones.

#### 4.1.2 Forma de almacenar y tabular la información.

Se recopiló la información a través de formatos en donde se describen los tipos de lesiones, características de las mismas y ubicación. Estos formatos, que pueden ser revisados en el apartado de anexos bajo la denominación de fichas de lesiones, contendrán la descripción de cada lesión en cada uno de los elementos del acueducto colgante.

#### 4.1.3 Alcance de la exploración.

Se realiza una inspección al paciente para determinar el estado de los materiales de cada elemento.

#### 4.1.4 Permisos y autorizaciones que garanticen la accesibilidad y facilidad de exploración de la obra.

Por ser una estructura en predios de particulares se solicitó el permiso para ingreso a la hacienda *Clemencia Ltda.*, la cual es socia del acueducto y otorgó la autorización para llevar a cabo el estudio del paciente denominado acueducto colgante sobre el río Alvarado.

#### 4.1.5 Definición del equipo de trabajo que realizó la exploración.

- Topógrafo: Efraín Garay
- Fontanero: Santos Salcedo
- Calculista: Eduardo Santa María
- Laboratorio: Asocreto.

#### 4.1.6 Definición de los medios para realizar la exploración.

- Flexómetro
- Distanciómetro
- Nivel Laser
- Cámara Fotográfica
- Dron
- GPS

## 5. MARCO CONCEPTUAL

### 5.1 Ensayo Magnetográfico: (E.N.D)

El ensayo recomendado para verificar el estado de los cables es el Ensayo Magnetográfico (END), un ensayo no destructivo que se realiza, en la mayoría de los casos, sin retirar de servicio u operación el cable a inspeccionar. El principio físico es la magnetización del cable a examinar en un tramo corto: se lo expone a un flujo magnético saturado generado por el equipo, donde sensores detectan la distorsión que genera la variación del flujo debido a cualquier variación del área o sección metálica transversal del cable (Secul, Aguirre y Veliz, 2007a., p. 8).

Los aparatos o equipos que se utilizan para desarrollar estos END detectan fallas localizadas (LF) como roturas de alambre, corrosión, estiramientos, desgaste y la disminución de la sección metálica transversal del cable (LM).

En general, los cables deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Carga de rotura
- Resistencia a las flexiones y vibraciones
- Resistencia a la abrasión
- Resistencia al aplastamiento
- Resistencia de reserva
- Exposición a la corrosión

Con relación al tema en cuestión, autores como Jomdecha, Prateepasen y Methong (2003) sostienen:

“Muy pocas veces es posible seleccionar un cable que cumpla al máximo con los requerimientos de resistencia a la abrasión y aplastamiento, y posea también la máxima resistencia a la fatiga. En general, se debe privilegiar las características más sensibles a la operación que se vaya a realizar a cambio de una disminución relativa en aquellas características menos relevantes para el fin predeterminado” (p. 58).

En el caso particular de esta estructura de acueducto colgante, la carga de rotura es la principal característica debido a que es una estructura sometida a cargas muertas, excepto, las cargas dinámicas producidas por el agua que circula al interior de la tubería y las cargas de viento.

## **5.2 Extracción y falla de núcleos de concreto**

La Norma Técnica Colombiana que estandariza este ensayo es la NTC 3658 que tiene por objeto establecer la obtención, la preparación y el ensayo de núcleos extraídos de concreto para la determinación de su longitud o de su resistencia a la compresión. Para la extracción de los especímenes se utiliza un taladro de percusión. A su vez, debe usarse una broca de punta diamantada (NTC 3658<sup>a</sup>, 1994).



**Figura 5:** Máquina extracción de núcleos  
Fuente: Yo Ingeniero (2019).

La Norma Técnica Colombiana (NTC) 3658 establece lo siguiente:

“Para la extracción de los núcleos, debe localizarse en lo posible, de tal forma que su eje perpendicular a la base de concreto tal como fue colocado originalmente y lejos de juntas formadas o bordes evidentes de diferentes elementos estructurales, un espécimen tomado perpendicularmente a la superficie vertical o perpendicular a una superficie con cierta inclinación, debe tomarse cerca de la mitad de un elemento cuando sea posible. El diámetro de los especímenes de núcleos para la determinación de la resistencia a la compresión debe ser preferiblemente como tres veces el tamaño máximo nominal de agregado grueso en el concreto y necesariamente debe ser como mínimo el doble del tamaño máximo nominal del agregado grueso en el núcleo. La altura del espécimen cuando se refrenda debe estar lo más cerca posible al doble del diámetro” (p. 4).

En el caso que el concreto de la estructura vaya a estar seco durante las condiciones de servicio, los núcleos deben secarse al aire (entre 15°C y 30°C de temperatura y de humedad relativa menor del 60%), durante 7 días antes del ensayo y deben ensayarse secos. Si el concreto de la estructura va estar más que superficialmente húmedo durante las condiciones de servicio,

los núcleos deben sumergirse en agua saturada con cal a  $23^{\circ}\text{C} \pm 2.0^{\circ}\text{C}$  por lo menos durante 40 horas y ensayarse húmedos, para lo cual durante el periodo entre la remoción del espécimen del almacenamiento de agua y el ensayo los especímenes se deben cubrir con cualquier material que prevenga la pérdida de humedad (NTC 3658c, 1994, p. 5).

### 5.3 Ensayo de fenolftaleína sobre concreto.

El ensayo sirve para determinar la carbonatación del concreto, es un ensayo relativamente sencillo: solo se mide su Ph. El termino Ph viene de la abreviatura de *Potencial de hidrógeno* ya que químicamente el Ph es una valoración de la concentración de iones hidronio. En este sentido, el Ph es una medida estandarizada del grado de acidez o de alcalinidad de una determinada sustancia o compuesto (Fernández, 2017a).

Existe, además, una escala para las disoluciones acuosas (que mide la concentración molar del ion de hidrógeno) que oscila entre el 0 (ácido) y el 14 (básico) y en donde la actividad neutra se marca en el 7 (agua destilada).

De acuerdo con Fernández (2017b):

“El test consiste en rociar un concreto recién fracturado (es decir, no expuesto anteriormente al aire) con una solución al 1% de fenolftaleína en hidro-alcohol (70% de alcohol y 30% de agua). Si el color del hormigón impregnado vira a púrpura intenso se interpreta como no carbonatado y si queda del mismo color se dice que se encuentra carbonatado” (p. 1).

Acorde con lo expuesto en la Norma Técnica Colombiana NTC 5551, el concreto proporciona normalmente protección contra la corrosión del acero de refuerzo embebido debido a la alta alcalinidad de la pasta del cemento ( $\text{Ph} > 12,5$ ), lo cual da como resultado la formación de una película de óxido de hierro que hace pasivo al acero y lo protege de la corrosión. Existe

una protección adicional debida a la alta resistividad eléctrica del concreto expuesto al medio atmosférico cuando la humedad del medio es baja (NTC 3658, 1994, p.6).

La película inhibidora del acero se pierde, con lo cual posibilita el inicio del proceso electroquímico de corrosión al carbonatarse la pasta del cemento del concreto. De esta manera, alcanza valores de Ph de 10,5 o menos, o cuando la concentración de ion de cloruro soluble en agua alcanza un valor superior al 0,25% de la masa del cemento en la vecindad del refuerzo.

Una vez la película protectora del acero se pierde, la presencia de humedad y oxígeno dan inicio a la corrosión. La existencia de grietas acelera el proceso, ya que estas proporcionan más fácil acceso a los contaminantes, al aire y a la humedad (NTC 3658e, 1994, p. 6).

#### **5.4 Ensayo escáner (Ferro Scam)**

La determinación de la profundidad, localización, características geométricas y separación del refuerzo dentro de las estructuras de concreto reforzado, los cambios tecnológicos que se han presentado en las técnicas no destructivas (NDT) han permitido grandes avances en los temas. La Norma que lo regula es la ACI 228.2R.

Frente al tema, Gallego y Martínez (2008) sostienen lo siguiente:

“La mayoría de los instrumentos basan su funcionamiento en la interacción entre la varilla embebida dentro del concreto y un campo electromagnético de baja frecuencia, las diferentes relaciones que se presentan entre la electricidad y magnetismo permiten dar diferentes aplicaciones y características a los instrumentos de medición. Comercialmente se pueden conseguir dos clases de instrumentos: los que basan su funcionamiento en la reluctancia magnética y los que basan su funcionamiento en las corrientes de Eddy” (p.23).



**Figura 6:** Ferro Scan

Fuente: Hilti (2017).

### 5.5 Método de ensayo para determinar cloruros solubles en agua en mortero y concreto

La Norma Técnica Colombiana 5552 (2007) establece frente a la durabilidad de estructuras en concreto:

“El cloruro hidrosoluble, en cantidad suficiente, puede iniciar o acelerar la corrosión de algunos materiales metálicos incrustados o en contacto con mezclas cementicias tales como mortero y concreto. El contenido de cloruro, junto con otros factores, puede ser indicador de la posibilidad de corrosión de los materiales metálicos incrustados. Este método de ensayo se emplea para determinar el contenido de cloruro hidrosoluble en mezclas cementicias, tanto en nuevas construcciones como en estructuras ya existentes” (p. 2).

El contenido de cloruro hidrosoluble puede variar con el tiempo. Por ejemplo, el contenido de cloruro hidrosoluble podría aumentar debido al agregado de cloruro adicional. Alternativamente, el contenido de cloruro hidrosoluble podría disminuir debido a la mezcla de cloruro o lixiviación.

Tal es así que Active Standard ASTM C1218 / C1218M determina:

“Se sabe que los sulfuros interfieren con la determinación del contenido de cloruros. Los agregados de escoria de alto horno y cementos contienen sulfuros en concentraciones que pueden interferir y producir resultados de ensayo erróneamente altos. Se usa un tratamiento con peróxido de hidrógeno, discutido en los Métodos de Ensayo C114, para eliminar tal interferencia” (p. 22).

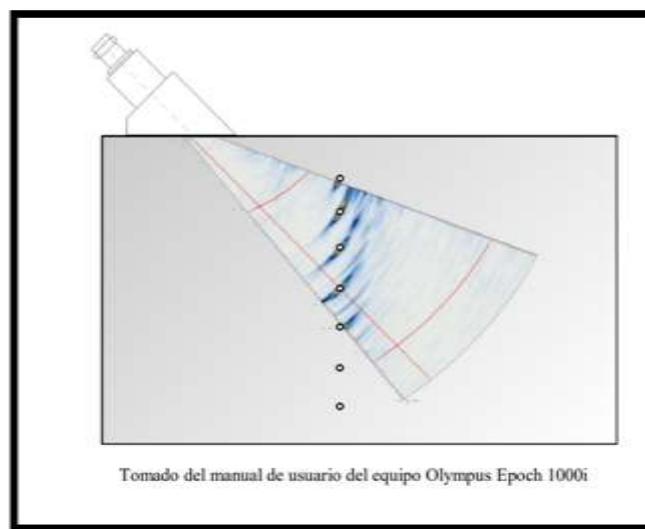
Este método de ensayo provee procedimientos para el muestreo y análisis de mortero de cemento hidráulico o concreto para cloruros que son solubles en agua bajo las condiciones de ensayo.

## 5.6 Ultrasonido con *Phased Arrays* (arreglos de fase)



**Figura 7:** Medidor de ondas  
Fuente: ISOTEC (2015).

El ultrasonido por arreglos de fase permite controlar electrónicamente los haces ultrasónicos tanto en ángulo como en focalización, lo cual permite hacer un barrido completo de las áreas a inspeccionar, generando una superposición de los diferentes ángulos empleados. El arreglo consiste en una serie de elementos que generan y reciben ondas mecánicas de alta frecuencia independientemente y que mediante retardos en el tiempo de su estimulación generan haces ultrasónicos en las direcciones deseadas (Secul, Aguirre y Veliz 2007b. p. 8). De esta forma, superponiendo todos los ángulos que se generan electrónicamente, se producen imágenes que representan de una forma muy precisa el interior del material, tal y como se observa en la siguiente Figura:



**Figura 8:** Medidor de ondas  
Fuente: ISOTEC (2015).

El equipo mencionado simultáneamente permite observar barridos como por ejemplo de Scan-A a cualquier ángulo sin necesidad de construir zapatas especiales.

Esta técnica es útil cuando no se cuenta con suficientes superficies pulidas para ubicar un palpador tradicional y también cuando se tienen geometrías intrincadas. En síntesis, las principales ventajas en particular para la examinación de soldaduras son:

- Inspección rápida (hasta 4 veces más rápido que con Gamma o RX), por la visualización inmediata de múltiples ángulos al mismo tiempo.
- Mejores imágenes que representan cortes transversales de la pieza inspeccionada  
Almacenamiento de datos, por ejemplo, de los defectos encontrados.
- Se guardan las configuraciones del equipo para configuración rápida.
- No produce radiación ionizante.
- No desecha químicos que perjudican el medio ambiente.
- Aumenta la probabilidad de detección frente al ultrasonido convencional.
- Permite el dimensionamiento de las discontinuidades y deja un registro gráfico de relativamente fácil interpretación.

Por las anteriores razones el ultrasonido ha desplazado en muchos campos a la radiografía. En la Figura 9 se observa como el operador del equipo va realizando inspección en una estructura vertical.



**Figura 9:** Ensayo ultrasonido  
Fuente: ISOTEC (2015).

En cuanto a las aplicaciones **Secul**, Aguirre y Veliz (2007) establecen lo siguiente:

“El ultrasonido por arreglos de fase permite inspeccionar piezas fundidas, laminadas, forjadas, mecanizadas y soldadas, entre otros procesos, para localizar defectos como son: grietas, poros, inclusiones, laminaciones, faltas de fusión, corrosión, etc. Las piezas inspeccionables son piezas metálicas, cerámicas y plásticas de muchos tipos y de todas las industrias, son, por ejemplo: álabes de turbinas, tornillos, molinos, calderas, tubos, ejes, hornos, piñones, uniones soldadas componentes aeronáuticos y otros” (p.8).

## 6. HISTORIA CLÍNICA

### 6.1 Datos específicos del paciente

Nombre de quien realiza el estudio:	Fernando Antonio Bonilla García Juan Carlos Ayala Arias Juan Miguel Agudelo Ruiz
Fecha de realización del estudio:	Agosto del 2018
Quien autoriza el estudio:	Arq. María Isabel Mayorga

### 6.2 Localización

Alvarado es un municipio del departamento del Tolima, contaba con una población de 8.972 habitantes (DANE, 2005); este municipio limita al sur con Ibagué, al norte con el municipio de Venadillo, al oriente con el municipio de Piedras y al occidente con el municipio de Anzoátegui. Se encuentra ubicado a una distancia 35 kilómetros de la capital del departamento, Ibagué. Según la Corporación Autónoma Regional del Tolima (Cortolima) (2009), su economía se basa en la agricultura: arroz, sorgo, aguacate, cítricos, tomate, tabaco, algodón, ganadería (leche y carne), agroturismo y agroindustria. El casco urbano sirve como centro de acopio de productos producidos en la zona plana y montañosa.

En la zona rural del municipio desde hace aproximadamente 60 años fue construido un acueducto con el propósito de abastecer de agua para riego a varias veredas vecinas que quedaban en sitios estratégicos, esto con el fin de comunicarlas para que compartieran el preciado líquido a través de esta infraestructura. Por lo tanto, existe un paso elevado del

acueducto localizado sobre el río Alvarado al norte del Tolima, coordenadas: N 4°28'1.94" – O 75°2'16.17"; elevación 685 msnm, a la altura de la hacienda Leticia en la vía que de Ibagué conduce a Alvarado.



**Figura 10:** Ubicación del paso elevado del acueducto

Fuente: Google maps (2018).



**Figura 11:** Ibagué Alvarado Pr 18+000

Fuente: Google maps (2018).

### 6.2.1 Climatología.

- Temperatura promedio 26°C
- Humedad Relativa 40%.
- Altura sobre el nivel del mar 682 metros



**Figura 12:** Vista GPS

Fuente: los autores.

### 6.2.2. Geología y suelos.

Al respecto del municipio de Alvarado, el *Esquema de Ordenamiento Territorial* (2012) establece:

“El Municipio de Alvarado se encuentra localizado al centro del departamento del Tolima, su territorio es ligeramente ondulado, con manifestaciones montañosas o cerros aislados, la zona montañosa, enmarcada en las estribaciones de la cordillera Central está ubicada al Oeste de la cabecera municipal, se encuentran rocas ígneas plutónicas que instruyen rocas metamórficas de edad precámbrico. En el piedemonte se encuentran rocas sedimentarias del Neógeno que descansan sobre las rocas ígneas plutónicas. También en esta zona se encuentran depósitos recientes de tipo coluvial y aluvial que cubren la unidad fluvio-volcánica” (s.p.).

En este orden de ideas, el paciente se encuentra sobre el batolito de Ibagué descrito como cuerpo ígneo plutónico de composición granodiorita de edad jurásica, conformada por diferentes composiciones de rocas ígneas félsicas, como granito, granodiorita, tonalina, cuarzomonzonita, y cuarzodiorita. Intruída por diques de cuarzo, de feldespatos potásicos y diabasas. Además, por estar en las estribaciones del río Alvarado se puede decir que también pertenece al Abanico aluvial de Ibagué, está constituido por una serie de flujos de lodo y escombros provenientes y originados por la actividad volcánica pleistocénica del volcán nevado del Tolima, conformado por un depósito consolidado de cantos de rocas ígneas efusivas (andesitas) y plutónicas (granodioritas y rocas metamórficas (esquistos verdes y negros) embebidas en una matriz arenosa (cuarzo-lítica) y en algunos sectores tobáceas (Barrero, 1969).

En el Municipio de Alvarado conforma la mayor parte de la morfología plana, estando bien expuesto por acción erosiva de los ríos Alvarado y Chipalo, así como algunos afloramientos en la vía parador Chípalo – Doima, vía Alvarado – Piedras, vía Ibagué - Alvarado y la vía Alvarado – Venadillo (Cortolima, s.f.).

### 6.2.3 Topografía.

La topografía de la zona es medianamente plana con algunos valles y algunas depresiones por el flujo de corrientes de agua. En el sitio del paciente se realizó el levantamiento topográfico correspondiente como se muestra en el Anexo F.

#### 6.2.4 Recursos hídricos.

Según el *Estudio Clasificación de Cuencas* del departamento del Tolima, el municipio de Alvarado hace parte de la gran cuenca del río Magdalena, de la cuenca del río Totare, de las subcuencas del río Chípalo, río la China, quebrada Anundey y de la microcuenca del río Alvarado. El paciente se encuentra impactado directamente por la microcuenca del río Alvarado.

El área de la microcuenca en el Municipio de Alvarado es de 17.863,1 hectáreas, equivalente al 52%, del área total del Municipio. Los predios que se benefician del río Alvarado se encuentran en la zona plana de agricultura comercial de arroz. Los principales afluentes del río Alvarado son: río Frio y las quebradas El Ceboso, La Leona, entre otras.

#### 6.2.5 Descripción de la infraestructura vial existente.

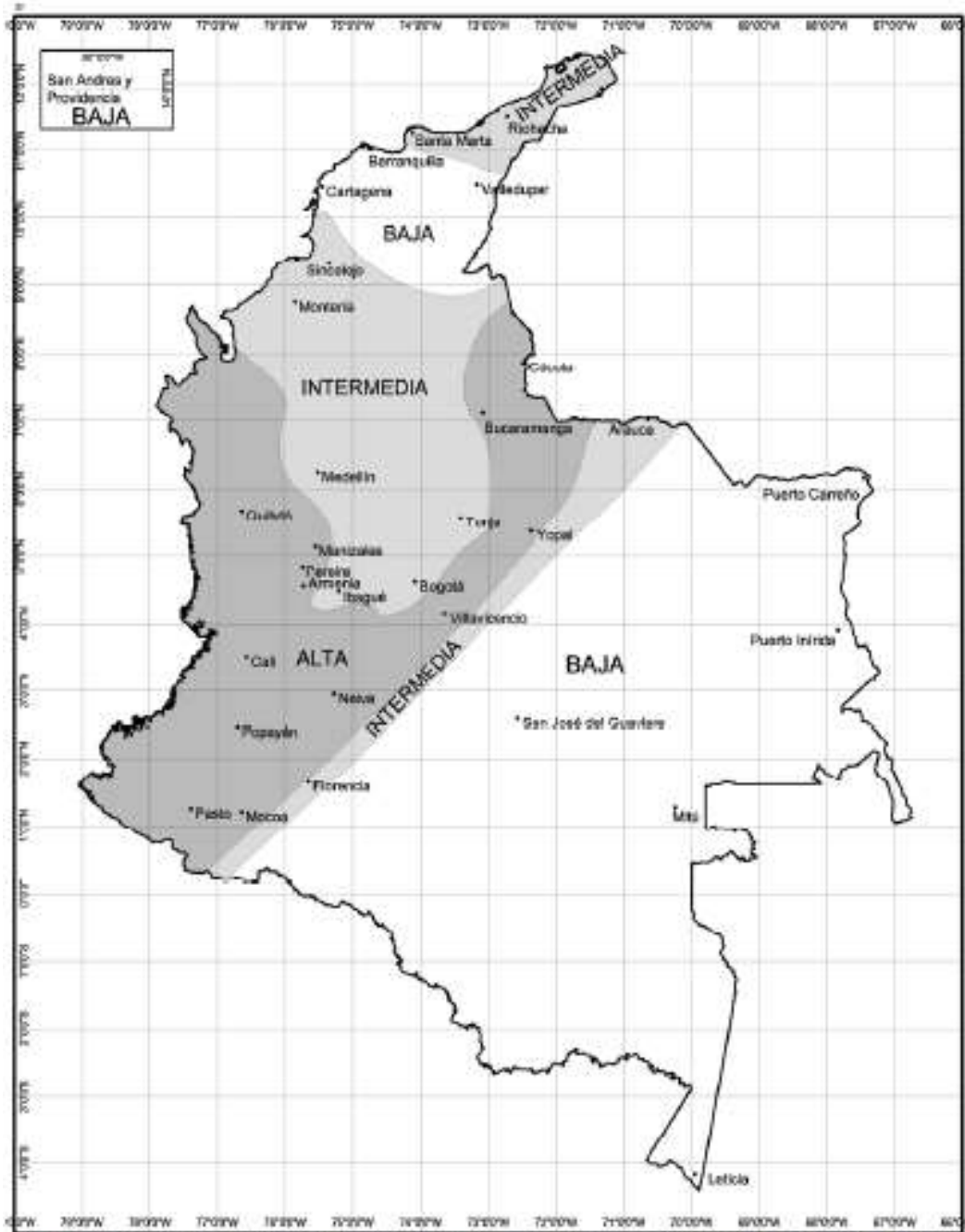
De acuerdo con la administración municipal, el Municipio de Alvarado tiene 210 km de vías en su territorio entre terciarias e interveredales, poseen vías de orden nacional (Troncal del Magdalena) recién intervenida, aunque la red vial municipal tiene una malla que cubre a la mayoría de las veredas, esta presenta problemas técnicos de trazado, obras de ingeniería y pendientes. El acceso al paciente se da por la vía nacional que conduce de Ibagué a Alvarado. El ingreso a la finca se encuentra sobre el costado izquierdo.

### **6.3 Descripción del paciente y del entorno**

La estructura consiste en dos pórticos construidos en concreto reforzado que soportan los cables colgantes en alma de acero, de los cuales cuelga una tubería metálica de 25” de diámetro,

para la conducción de agua de riego de seis haciendas. La longitud del acueducto colgante de canal a canal es de 46,3 metros. Los cables están amarrados a los macizos de anclaje en concreto ciclópeo, los cuales transmiten las fuerzas horizontales y verticales al terreno. Este acueducto colgante está actualmente en servicio pese a sus aproximadamente 50 años de antigüedad. Asimismo, el conjunto de cables está constituido por seis cables, repartidos en dos grupos de tres cables cada uno. Cada cable está conformado por seis torones y cada torón de seis alambres exteriores, los seis torones rodean un alma de acero interior. Este cable se conoce como 6X7 con alma de acero. Los cables pasan por unos carretes metálicos colocados en la parte superior de cada pórtico.

No existen planos de esta obra, ni cálculos estructurales, ni estudio de suelos. Por la época no existía tampoco ninguna normatividad técnica que rigiese su diseño y construcción. Tampoco ha sufrido intervenciones.



**Figura 13:** Mapa zona de amenaza sísmica  
Fuente: NSR-10.

Según *NSR 10* el paciente se encuentra en una zona de riesgo sísmico intermedio. La velocidad del viento no se ha determinado y está rodeado de la vegetación característica de la zona de la cuenca, bosque tropical seco. No se observan alteraciones en los taludes adyacentes y no se observaron inestabilidades de ninguna índole. La estructura se encuentra a una altura considerable lo que hace poco probable que tenga riesgo por avalancha o crecida del río Alvarado.

Las estructuras en mención han estado sometidas a agresiones biológicas, físicas, mecánicas y químicas, dentro de las agresiones biológicas se mencionan el excremento de las aguas residuales que transporta la tubería, así como las heces de las aves que se posan sobre las tuberías y los cables. Las agresiones físicas y mecánicas están representadas por el desgaste que produce la fricción de las partículas que transporta el agua al interior de la tubería y las cargas dinámicas transmitidas a la estructura debido a la misma agua que circula por dentro de la tubería, así como las cargas de viento, y el paso de las personas por encima de la tubería.

Para proseguir, en la siguiente secuencia de Figuras se exponen las agresiones químicas que son producidas por el agua de condensación y el agua lluvia que han causado la corrosión en los cables y en la tubería metálica.



**Figura 14:** Roturas de alambres

Fuente: los autores.



**Figura 14:** Llegada de cables al macizo de anclaje

Fuente: los autores.



**Figura 15:** Detalle fuga de agua en la tubería por desgarre laminar

Fuente: los autores.



**Figura 16:** Oxidación de tubería y desgaste neopreno

Fuente: los autores.

Las causas de este deterioro evidenciado se deben a la falta de mantenimiento puesto que estos cables se deben lubricar periódicamente. En el caso de la tubería metálica, el deterioro se debe a la falta de recubrimiento con pintura epóxica al interior y anticorrosivo en el exterior. En efecto, las pérdidas de agua se producen en las juntas que se han abierto por la destrucción de los empaques.

A continuación, se describen las lesiones en los diferentes elementos que componen el acueducto colgante y las posibles causas:

- Pórticos en concreto: se inspeccionan las estructuras en concreto, no presentan grietas ni fisuras, pérdida de material ni abrasión
- Cables de acero: corrosión química y rotura de alambres en algunos cordones del cable de acero, desgaste mecánico causado por la fricción con elementos externos.
- Pendolones y abrazaderas: corrosión química causada por el agua.
- Tubería metálica: corrosión química exterior causada por el medio ambiente y desgarró laminar por excesiva deformación de la tubería que falló por la lámina y no por la unión que es mucho más rígida. Esto debido a la falta de tensionamiento de los pendolones. La corrosión química interior es causada por el contacto permanente con el agua.
- Uniones bridadas
- Soldaduras
- Macizos de anclaje en concreto: lesiones biológicas causadas por microorganismos (Moho).

## 6.4 Cables de acero

Estos cables se conocen como 6\*7 (seis torones que rodean el torón interior y cada torón está conformado por seis alambres, conocido como torón común de capa simple). Son seis cables en total de  $\frac{3}{4}$ " los que soportan el peso de la tubería, repartidos en dos grupos de tres cada uno y que pasan por las platinas guías que se encuentran en la parte superior de los pórticos y llegan al macizo de anclaje, se muestra el destalle constructivo del cable dentro del macizo en concreto.

Aparte de la corrosión por falta de mantenimiento, la otra patología observada es la rotura de algunos de los alambres de los torones de los cables, lo cual desde luego reduce la capacidad de carga de los mismos (ver Figuras 18, 19 y 20).



**Figura 17:** Medida diámetro del cable  
Fuente: los autores.

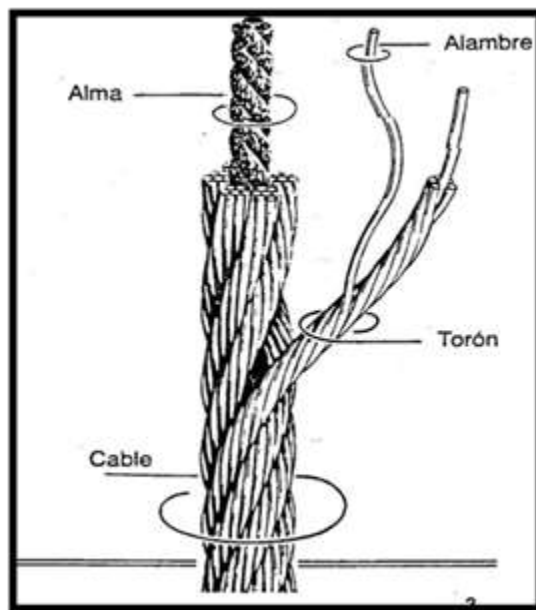


**Figura 18:** Rotura de alambres  
Fuente: los autores.



**Figura 19:** Cable 6\*7 torones simple  
Fuente: los autores.

Como forma de describir mejor las características del cable, en la Figura 21 se muestra el detalle de composición del cable con sus respectivos nombres



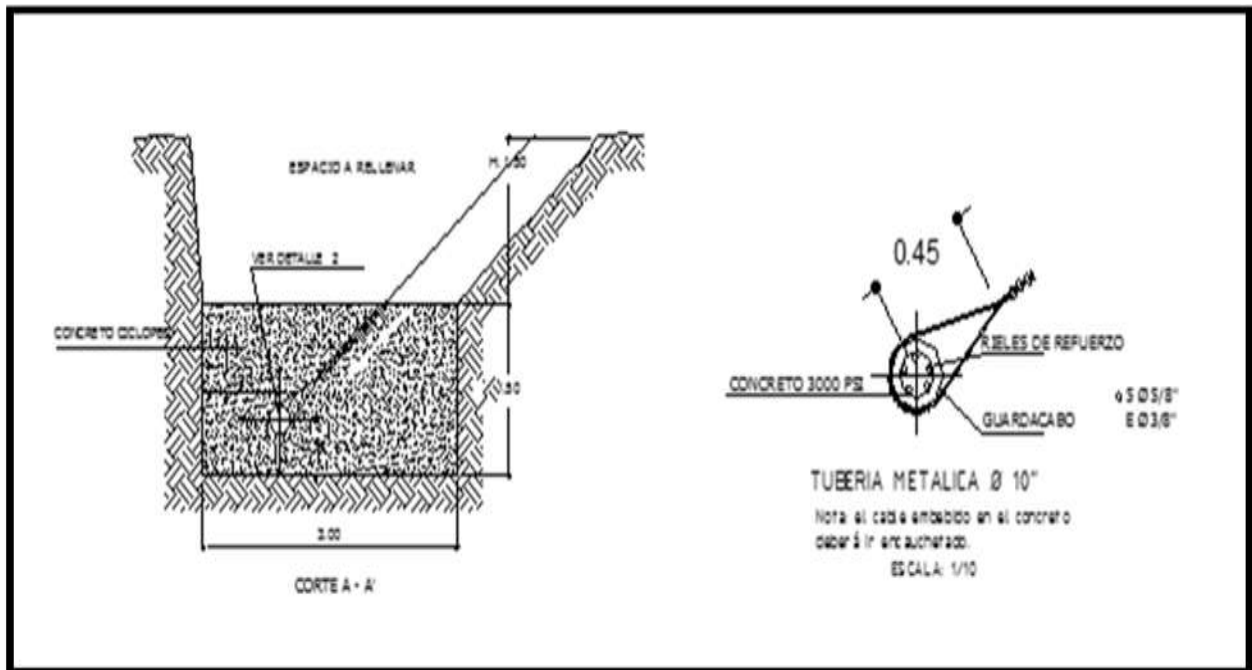
**Figura 20:** Detalle del cable

Fuente: Deguate (s.f.).

A manera de ilustración, a continuación se presenta la Figura 22 donde se puede observar el paso del cable anteriormente descrito por el pórtico en concreto y en la Figura 23 se detalla el cable en el macizo de anclaje.



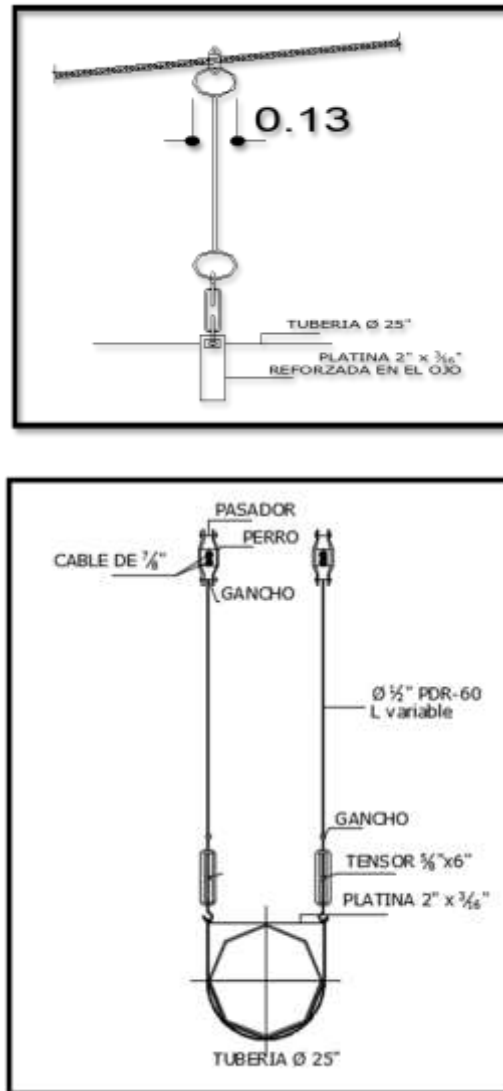
**Figura 21:** Paso de cable por el pórtico en concreto  
Fuente: los autores.



**Figura 22:** Detalle del cable en el macizo de anclaje  
Fuente: los autores.

## 6.5 Pendolones

Se inspeccionaron las uniones de los pendolones a los cables sin encontrarse fallas mecánicas: la principal lesión es la corrosión. Para comprender mejor lo mencionado, en la Figura 24 se describen los detalles del pendolón.



**Figura 23:** Detalle del pendolón

Fuente: los autores.

En este mismo orden de ideas, en la Figura 25 se detallan los perros de amarre de los pendolones a los cables y en la Figura 26 se exponen los detalles de la unión de tensores a la tubería:



**Figura 24:** Detalle perros de amarre de los pendolones a los cables  
Fuente: los autores.

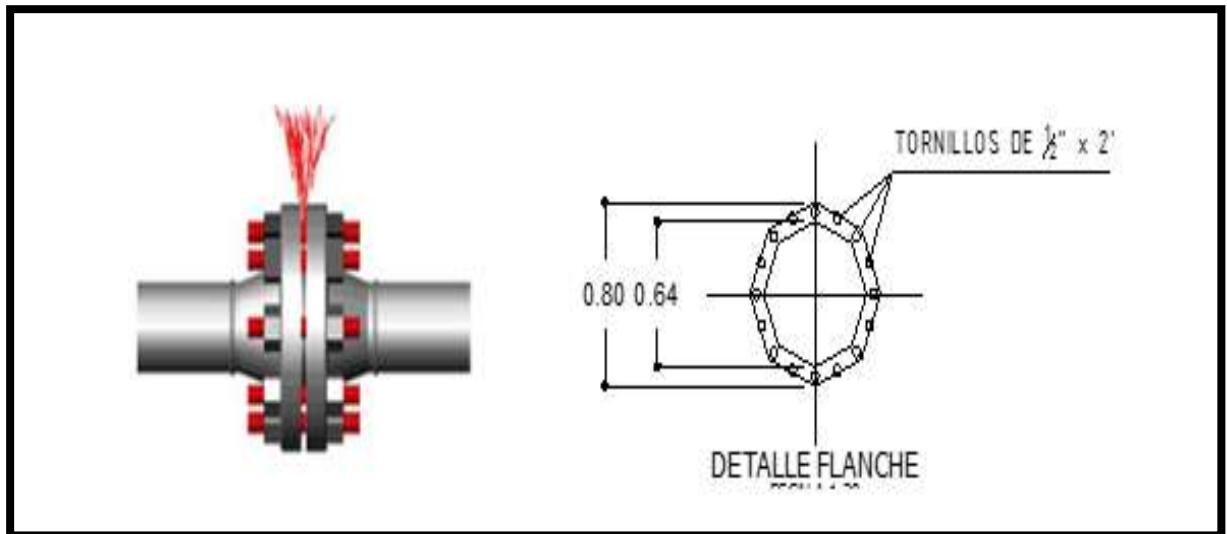


**Figura 25:** Detalle unión de tensores a la tubería  
Fuente: los autores.

## 6.6 Uniones bridadas

Se inspeccionó cada una de las uniones encontrándose en buen estado, excepto por la presencia de corrosión y el desgaste del empaque de neopreno. No se observaron fallas en ninguno de los tornillos por esfuerzos de corte, aplastamiento, tensión o flexo torsión. La mayoría de uniones bridadas presentan fugas de fluido debido al desgaste de la junta localizada entre bridas, esto es debido a la influencia de algunos factores tales como:

- Temperatura
- Rayos ultravioletas
- Velocidad del fluido
- Tipo de fluido
- Cambio de caudales en la tubería



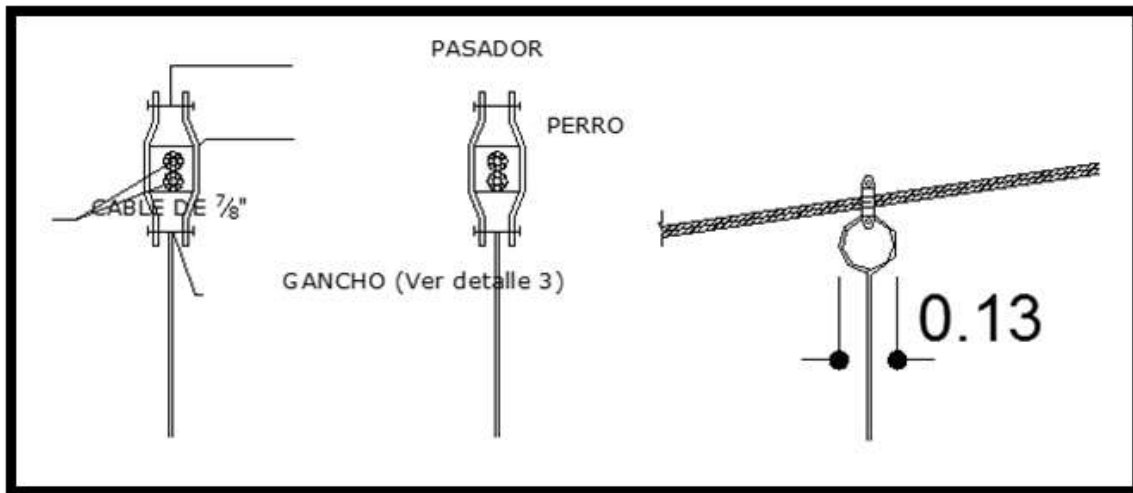
**Figura 26:** Detalle sección unión bridaba

Fuente: los autores.



**Figura 27:** Neopreno detalle unión bridada

Fuente: los autores.



**Figura 28:** Detalle del pasador  
Fuente: los autores.

## 6.7 Tubería metálica

Esta tubería metálica de 0,635 metros de diámetro y lámina de 4,76 mm, transporta el agua de riego permanentemente y presenta cordones de soldadura tanto longitudinalmente como transversalmente en la unión de los flanches con las uniones bridadas. En general, no se observaron patologías en las uniones soldadas como poros, socavación en el cordón, fisuras o contaminación por agentes externos. En algunas se observó discontinuidad en el cordón. Por lo tanto, se recomienda realizar el ensayo de ultrasonido para conocer el espesor de la lámina, la cual ha sufrido desgaste por abrasión y por corrosión.

Como ya se estableció en la figura 13 y 14, allí se observa que la fuga del agua se presenta antes de la unión bridada, por lo tanto, después de analizar la situación se llegó a la conclusión que en este punto se produjo el desgarramiento laminar en la lámina de la tubería: justo en la unión con los flanches de la brida. Esto debió ocurrir al deflectarse la tubería puesto que la falla se produjo

en la lámina y no en la unión bridada dado que la rigidez de ésta y su resistencia son mayores que la de la misma tubería al verse sometida a esfuerzos de tensión. Esta deformación de la tubería fue causada por la falta de mantenimiento al no re tensionar los pendolones que sostienen la misma. Al respecto, De Las Heras sostiene que “Una unión muy coaccionada provoca una gran deformación plástica en el material base cercano a la junta, estas deformaciones son mayores cuanto mayor es la coacción y el volumen de metal de aportación en la junta” (p. 41.).

## 7. DIAGNÓSTICO

### 7.1 Tubería metálica

En cuanto a las uniones bridadas, se observa que en las uniones 1, 2, 3 y 4 ocurrió el deterioro del sello de neopreno debido a la exposición constante a los rayos ultravioletas. Algunos, incluso, presentan fuga de agua (ver ficha de lesiones No 1-01; 1-02; 1-03).

Se inspeccionó cada una de las uniones encontrándose que presentan corrosión. No se observaron fallas en ninguno de los tornillos por esfuerzo de corte, aplastamiento, tensión o torsión. En la unión N° 4 (ver ficha de lesiones N°1-04) unión tubería 4 y 5 se observa que la fuga del agua se presenta antes de la unión bridada. Analizando la situación se llegó a la conclusión que en este punto se produjo el desgarre laminar de la tubería, justo antes de la unión bridada. Esto debió ocurrir al deflectarse la tubería y la falla se produjo en la lámina y no en la unión bridada, dado que la rigidez de esta y su resistencia son mayores que la de la tubería, al verse sometida a esfuerzos de tensión. Esta deformación de la tubería fue causada por la falta de mantenimiento del viaducto al no retensionar los pendolones que sostienen la misma.

Las lesiones químicas son producidas por el agua, la cual causó corrosión tanto interna como externa en la tubería. El deterioro se debe a la falta de mantenimiento: la tubería debió haberse recubierto con anticorrosivo de forma periódica.

### 7.2 Cables de acero

Se presenta rotura de alambres en algunos de los cortes de acero. Estas lesiones mecánicas se deben a los esfuerzos producidos por las cargas estáticas y dinámicas: vientos y fricción con elementos externos, como son los pendolones, que debido a la falta de ajuste

empezaron a desplazarse de su posición inicial. Cabe anotar que, debido a la corrosión química causada por la falta de mantenimiento de los cables, concretamente falta de lubricación, se produce una reducción del área resistente de los alambres que conforman el cable; conduciendo o acelerando la rotura de estos. Los pendolones presentan oxidación debido a la falta de mantenimiento, específicamente, pintura anticorrosiva. De la misma manera sucede con las láminas que constituyen las abrazaderas.

En el caso particular de esta estructura de acueducto colgante la carga de rotura es la principal característica, debido a que es una estructura sometida a cargas muertas, excepto, las cargas dinámicas producidas por el agua que circula al interior de la tubería y las cargas de viento.

### **7.3 Macizos de anclaje**

En general se encuentran en buen estado de conservación, sin embargo, presentan manifestaciones de lesiones biológicas causadas por organismos (moho).

### **7.4 Pórticos en concreto reforzado**

Estos elementos se encuentran en buen estado, no presentan grietas ni fisuras, ni pérdida de material, ni desgaste por abrasión. Se realizaron los siguientes ensayos para conocer las propiedades tanto mecánicas como químicas: durabilidad del concreto y las distribuciones y diámetros de los aceros existentes.

### **7.5. Fichas de lesiones**

Luego de la auscultación e identificación de las lesiones en cuanto a su grado de nivel y deterioro se procedió al desarrollo de la metodología de documentación gráfica en donde se describieron los datos específicos de las lesiones como son: nombres de las lesiones, material tipo de elemento constructivo y su localización en plano, así como el perfil de los levantamientos planimétricos previamente desarrollados. En estas fichas se precisan los elementos de estudio que componen la estructura del puente colgante de conducción de agua (tuberías, macizos de anclajes, pórticos, pendolones y cables, entre otros elementos). En el Anexo C se encuentran las fichas de lesiones y en el Anexo F se establece un archivo adjunto a este trabajo donde se observa el perfil del acueducto colgante.

## 8. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

### 8.1 Tecnológica

La propuesta más viable de acuerdo con el diagnóstico hecho de cada uno de los elementos que componen el acueducto es la de reemplazar los cables de acero, reforzar los pórticos existentes, y en el caso de la tubería, hacerle un tratamiento tanto interno como externo para pintarla con anticorrosivo y con una pintura epóxica interna. En cuanto a los sellos de neopreno de las bridas se cambiarán y se reemplazará el tramo de tubería que presenta desgarre laminar.

Así las cosas, no se mencionan otras posibilidades de intervención dadas las características del paciente, puesto que cualquier otra alternativa, como podría ser construir nuevos pórticos en concreto o en estructura metálica, encarecería la obra, generaría más impacto en el medio ambiente y no se justificaría su intervención.

En cuanto a la lubricación de los cables, se establece que es para protegerlos del polvo, arena y agentes ambientales, los cuales se someterán a una limpieza profunda, aplicando el lubricante con una viscosidad apropiada, este deberá ingresar hasta el alma del cable reduciendo la fricción, y protegiendo el cable de la corrosión; además de tener un buen coeficiente de adherencia. Sumado a lo mencionado, este se podrá aplicar por métodos de goteo, atomizado, brocha o por lubricadores a presión que permiten una mejor penetración.

## **8.2 Normativa**

La intervención planteada implica ajustarse a las especificaciones de los cables de acero que hay en el mercado, en cuanto a resistencia y diámetro; así como a las de la lámina de acero que constituye la tubería. En cuanto a los pórticos, si bien la resistencia de los concretos dio baja en el ensayo realizado al núcleo extraído, con el reforzamiento planteado a las torres que consiste en envolverlas con ángulos en las esquinas y amarrar estos con láminas abrazando las torres se absorben los esfuerzos de corte y los de tensión despreciando la resistencia del poco acero de refuerzo que tienen las torres.

## **8.3 Planteamiento de la intervención**

En primer lugar, se reforzarán los pórticos con los ángulos metálicos. En segundo lugar, se lanzará el cable guía y con un diferencial se irán asegurando, uno por uno, los tramos de la tubería después de desapretar las uniones bridadas y poder hacer el tratamiento respectivo a cada tubo con cepillado metálico para retirar la capa de óxido que recubre internamente y externamente cada tubo, a fin de proceder a pintarlo con anticorrosivo por el exterior y con impermeabilizante en su interior (sikalastic 8800: membrana líquida en poliuria).

El tramo que presenta desgarre laminar se cambiará, para lo cual se tomará con una plantilla el detalle de la unión bridada; así como la longitud del mismo, para encargar su elaboración en el taller.

Una vez terminado el tratamiento de la tubería y ensamblados los diferentes tramos, se desmontarán los cables de acero, los pendolones y abrazaderas para reemplazarlos por los nuevos.

#### 8.4 Presupuesto de intervención.

Tabla 1.

Presupuesto de intervención

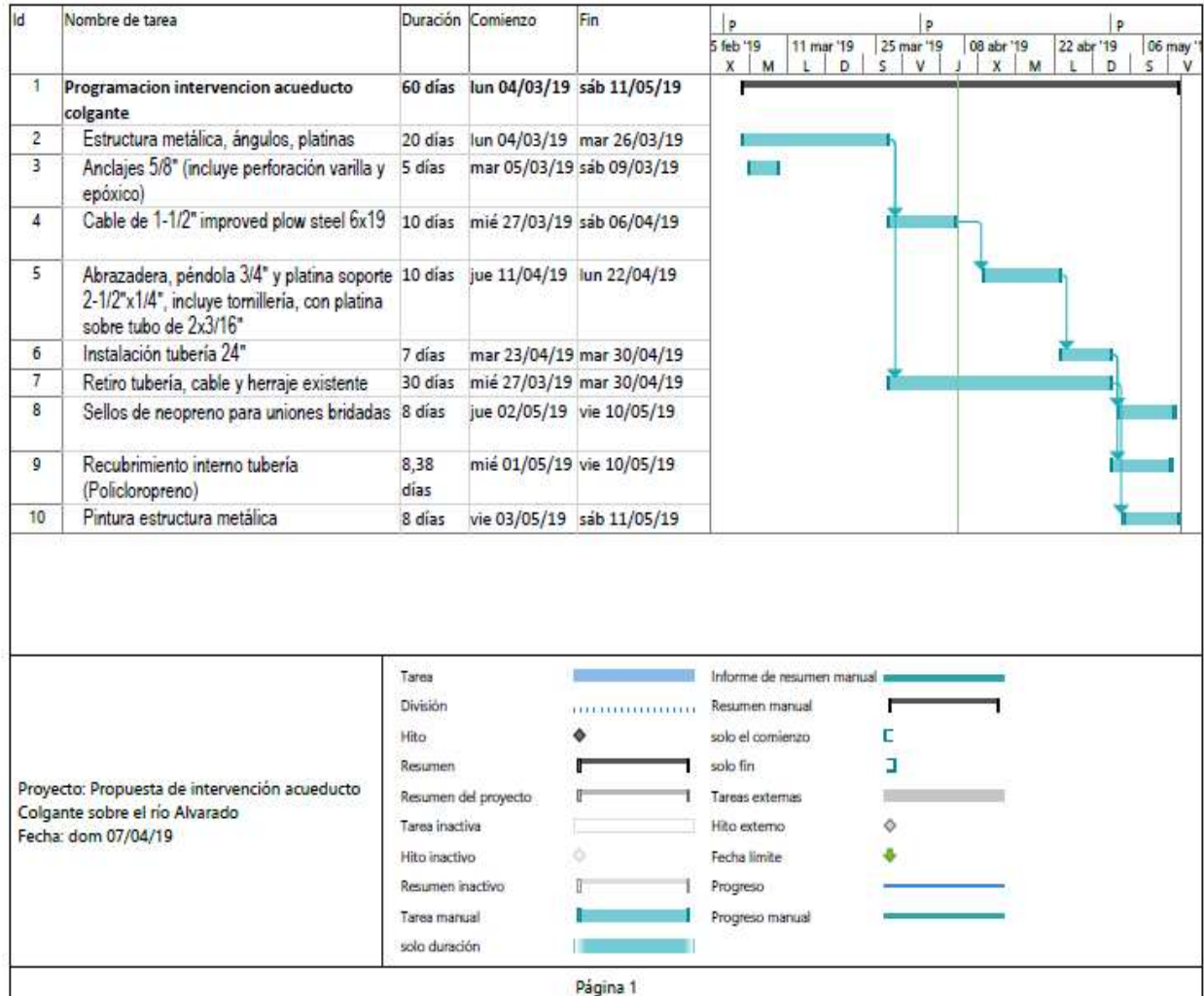
 <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMAS</b>		<b>PRESUPUESTO DE OBRA</b>			
Obra:	PROPUESTA DE INTERVENCION ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE RIO ALVARADO	FECHA:	20-nov-18		
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
1	Estructura metálica, ángulos, platinas	Kg	5.300,00	8.200	43.460.000
2	Anclajes 5/8" (incluye perforación varilla y epóxico)	Und	30,00	21.000	630.000
3	Cable de 1-1/2" improved plow steel 6x19	Kg	1.180,00	21.280	25.110.400
4	Abrazadera, pendolón 3/4" y platina soporte 2-1/2"x1/4", incluye tornillería, con platina sobre tubo de 2x3/16"	Und	24,00	168.000	4.032.000
5	Instalación tubería 24"	m	6,00	896.000	5.376.000
6	Retiro tubería, cable y herraje existente	Gl	1,00	5.500.000	5.500.000
7	Sellos de neopreno para uniones bridadas	Und	7,00	450.000	3.150.000
8	Limpieza y pintura de tubería metálica	Gl	1,00	6.000.000	6.000.000
9	Recubrimiento interno tubería (Policloropreno)	Gl	1,00	4.000.000	4.000.000
10	Pintura estructura metálica	Kg	5.300,00	250	1.325.000
<b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>					<b>98.583.400</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>					
<b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>					<b>98.583.400</b>
ADMINISTRACION				15,00%	14.787.510
IMPREVISTOS				5,00%	4.929.170
UTILIDAD				5,00%	4.929.170
<b>TOTAL AIU</b>				<b>25,00%</b>	<b>24.645.850</b>
IVA SOBRE LA UTILIDAD				19,00%	936.542
<b>VALOR TOTAL PRESUPUESTO</b>					<b>124.165.792</b>
<b>VALOR TOTAL PRESUPUESTO:</b>					
CIENTO VEINTICUATRO MILLONES CIENTO SESENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS NOVENTA Y DOS PESOS					

Fuente: los autores.

### 8.5 Programación de la Intervención.

Tabla 2.

Programación de la intervención



Fuente: los autores.

La planeación de la secuencia de las actividades a realizar para la intervención en el paso elevado del acueducto colgante, como se muestran en la Tabla 2, concluye que la duración de los

trabajos a ejecutar es de 60 días calendario, donde se incluyeron los días sábados y domingos.

Entre las razones a considerar es que con mayor relevancia se encuentra el difícil acceso al sitio y existe además la necesidad de poner en marcha nuevamente con la mayor prontitud el sistema.

## 9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La propuesta de intervención que se lleva a cabo del acueducto colgante sobre el río Alvarado es la más favorable técnica y económicamente: porque se rehabilita una estructura deteriorada por la falta de mantenimiento producto del desconocimiento o decidía de los propietarios para conservar una obra de este tipo. A pesar del tiempo transcurrido y el deterioro de la obra esta no colapsó, lo cual demuestra que resistió el embate de los años y de los fenómenos naturales (sismos). Con el reforzamiento estructural propuesto de los pórticos, el remplazo de los cables de acero, el cambio de neoprenos en las juntas bridadas, así como el tratamiento superficial externo e interno de la tubería, se habilita nuevamente la obra durante un largo periodo. Es difícil evaluar la nueva vida útil de la estructura, pero esta dependerá del mantenimiento periódico que le hagan los propietarios. Todo esto a un costo relativamente bajo, ahorrando tiempo y dinero a los agricultores.

Del análisis económico comparativo que se elaboró entre el presupuesto de la intervención planteada y el presupuesto de un viaducto nuevo en su totalidad, se concluye que el ahorro es significativo en tanto las cifras son las siguientes:

- Propuesta de intervención:

\$124.165.792 (ciento veinticuatro millones ciento sesenta y cinco mil setecientos noventa y dos pesos m/cte).


- Presupuesto acueducto nuevo:

\$237.000.000 (doscientos treinta y siete millones de pesos m/cte)

Como se puede observar, la diferencia es de \$112.834.208 millones de pesos m/cte.

Tabla 3.

Presupuesto Alternativa construcción de una nueva estructura colgante

 <b>UNIVERSIDAD SANTO TOMAS</b>	<b>PRESUPUESTO DE OBRA</b>	
	Obra: PROPUESTA DE INTERVENCION NUEVA ESTRUCTURA ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE RIO ALVARADO	FECHA: 20-nov-18

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
1	<b>PRELIMINARES</b>				
1,1	Campamento	GL	1,00	1.000.000	1.000.000
1,2	Localización y replanteo	GL	1,00	950.000	950.000
1,3	Rocería	M2	80,00	1.200	96.000
1,4	Descapote	M2	355,45	7.000	2.488.149
1,5	Excavación en roca	M3	45,00	95.000	4.275.000
1,6	Rellenos en material de excavación	M3	37,80	18.000	680.400
2	<b>ESTRUCTURA EN CONCRETO</b>				
2,1	Solado de limpieza	M3	2,00	410.000	820.000
2,2	Concreto ciclopeo	M3	37,80	493.700	18.661.860
2,3	Zapatas concreto 420 Mpa	M3	10,00	706.500	7.065.000
2,4	Estructura en concreto 28 Mpa	M3	30,00	910.000	27.300.000
2,5	Acero de refuerzo 420 Mpa	KG	3.500,00	4.200	14.700.000
2,6	Concreto muro canal	ML	4,00	640.000	2.560.000
3	<b>ESTRUCTURA METALICA</b>				
3,1	Suministro e instalación de 4 líneas de cable de acero de 1" (6x19 AA) (son aproximadamente 130 metros lineales por línea)	ML	520,00	22.300	11.596.000
3,2	Tensión de 4 líneas de cable de 1" (6x19 AA)	UN	4,00	5.000.000	20.000.000
3,3	Construcción e instalación de tensores (péndolas) en varilla de 5/8", grilletes (perros) tipo pesado y tensores en platina de 3/16" x 3" y ángulo de 3/16"x3", anticorrosivo y pintura final	UN	23,00	542.500	12.477.500
3,4	Suministro e instalación de tubería de D=10" para anclajes, incluye perilla de refuerzo	ML	48,00	1.250.000	60.000.000
3,5	Pintura epóxica	GL	1,00	3.500.000	3.500.000
<b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>					<b>188.169.909</b>

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>		
<b>VALOR COSTOS DIRECTOS</b>		<b>188.169.909</b>
ADMINISTRACION	15,00%	28.225.486
IMPREVISTOS	5,00%	9.408.495
UTILIDAD	5,00%	9.408.495
<b>TOTAL AIU</b>		<b>47.042.477</b>
IVA SOBRE LA UTILIDAD	19,00%	1.787.614
<b>VALOR TOTAL PRESUPUESTO</b>		<b>237.000.000</b>

<b>VALOR TOTAL PRESUPUESTO:</b>
DOSCIENTOS TREINTA Y SIETE MILLONES DE PESOS

## 10. CONCLUSIONES

- El levantamiento topográfico realizado al acueducto Colgante pudo mostrar cómo en ciertos sitios de la estructura debido a desplazamientos de algunos elementos los esfuerzos de tensión de la tubería se incrementaron al momento en que las tensiones de los pendolones cambian.
- Se pudo establecer un estado detallado de la estructura con las fichas de lesiones, las cuales son una herramienta primordial a la hora de diagnosticar el paciente desde el punto de vista de la patología de la construcción.
- Se realizaron los ensayos pertinentes para conocer la baja resistencia del concreto armado de las pilas utilizando el *Ferro Scanner*, las prueba de núcleos y fenolftaleína.
- La causa principal de las lesiones es la falta de mantenimiento rutinario de la estructura, con lo que se generó oxidación en la tubería, pendolones y cables, vitrificación de los neoprenos en las juntas bridadas dando como resultado las fugas de agua.
- La solución planteada fue concebida desde el concepto de la baja resistencia de los concretos de las pilas obtenidas en el laboratorio y a pesar del buen estado en que se encontraron los concretos desde el punto de vista de durabilidad, se debía realizar un refuerzo de las pilas. La solución planteada fue una estructura metálica en cada pila (2

unidades). La mejor manera era instalar unos ángulos abrazando la estructura de concreto existente, con lo cual se garantiza el mejoramiento de la rigidez de las pilas; igualmente, se realizará la sustitución de los cables, tuberías afectadas, elementos de anclajes y sujeción. Finalmente, se llevará a cabo un mantenimiento en cuanto a la oxidación de la estructura metálica que garantice el funcionamiento adecuado del acueducto colgante.

- Se presupuesta la intervención a realizar de acuerdo a la propuesta de rehabilitación como lo es la estructura de reforzamiento para las pilas, la sustitución de cables y tubo afectado, elementos como platinas pendolones anclajes, sellos de neoprenos, de igual manera la limpieza y su posterior recubrimiento interno y externo de las tuberías con pintura epóxica, con un valor de \$124.165.792.

## REFERENCIAS

- ASTM International. (2008). Método de Ensayo Normalizado para Cloruros Solubles en Agua en Mortero y Concreto. [ASTM C-1218/C-1218M]. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/C1218C1218M-SP.htm>
- Barrero, L. (1969). Petrográfica del Stock de Payandé y metamórfitas asociadas. *Boletín Geológico*, 17 (1), 113-114.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2009). Agenda Ambiental del Municipio de Alvarado. Recuperado de [https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro\\_documentos/e\\_studios/agendas/2009\\_Agenda\\_Ambiental\\_del\\_Municipio\\_de\\_Alvarado.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/e_studios/agendas/2009_Agenda_Ambiental_del_Municipio_de_Alvarado.pdf)
- Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2009). Maestro de Concesiones de Aguas - Activos. Ibagué. Recuperado de <https://www.cortolima.gov.co/acciones-verdes/concesiones-aguas>
- DANE. (2007). Base Digital de Ibagué. Recuperado de [http://biblioteca.dane.gov.co/media/libros/LD\\_369\\_2007-2008-EJ2.PDF](http://biblioteca.dane.gov.co/media/libros/LD_369_2007-2008-EJ2.PDF)
- Fernández, C. (2017). Carbonatación a fondo (3) Ensayo y determinación 1 de 2. Recuperado de <https://www.patologiasconstruccion.net/2014/05/carbonatacion-fondo-3-ensayo-y-determinacion-1-de-2/>

Gallego, R. & Martínez, F. (2015). Applicability of the technique of exploration of speed through experimental analysis NDT & simulation analytic-numerical of dispersion curve in concrete at early ages by propagation of surface waves. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/276887095\\_Applicability\\_of\\_the\\_technique\\_of\\_exploration\\_of\\_speed\\_through\\_experimental\\_analysis\\_NDT\\_simulation\\_analytic-numerical\\_of\\_dispersion\\_curve\\_in\\_concrete\\_at\\_early\\_ages\\_by\\_propagation\\_of\\_surface\\_waves](https://www.researchgate.net/publication/276887095_Applicability_of_the_technique_of_exploration_of_speed_through_experimental_analysis_NDT_simulation_analytic-numerical_of_dispersion_curve_in_concrete_at_early_ages_by_propagation_of_surface_waves)

Icontec. (1994). Norma Técnica Colombiana [NTC 3658]. Ingeniería civil y arquitectura. Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas en línea. Recuperado de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC3658.pdf>

Icontec. (2007). Norma Técnica Colombiana [NTC 5552]. Electrotecnia. Transformadores de distribución monofásicos y trifásicos tipo inmerso en aceite, con transformadores de corriente instalados al interior. Recuperado de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5552.pdf>

Isotec. (2015). Inspección y Diagnóstico Técnico. Recuperado de <http://www.isotec.com.co/>

Jomdecha, C., Prateepasen, A. & Methong, W. (2003). Characterization of wire rope defects from magnetic flux leakage signals. *Science & Technology Asia*, 54-63.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente. Recuperado de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2012). La Gestión del Riesgo un Tema de Ordenamiento Territorial: Ruta para la Toma de Decisiones. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Monjón, J. & Maldonado, L. (2001). Patología y técnicas de intervención en estructuras arquitectónicas. Recuperado de [http://oa.upm.es/45423/1/2001\\_patologia\\_MC\\_opt.pdf](http://oa.upm.es/45423/1/2001_patologia_MC_opt.pdf)

Río Bueno, A. D. (2008). Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación. Recuperado de <http://oa.upm.es/1159/>

Secul, P., Aguirre, F. y Veliz, G. (Octubre, 2007). END de cables de acero: Ensayos Magnetográfico. Trabajo presentado en IV Conferencia Panamericana de END Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://www.ndt.net/article/panndt2007/papers/17.pdf>

Torres, R. (2012) Plan de Desarrollo Municipio POT de Alvarado –Tolima. Recuperado de <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/alvaradotolimapd20122015.pdf>

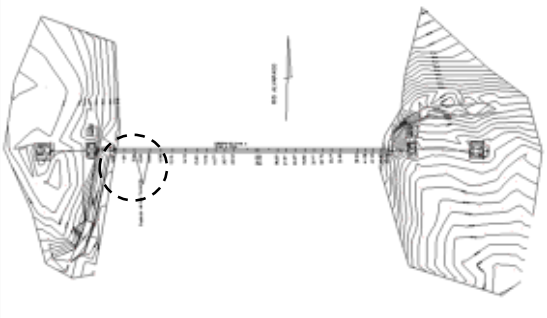
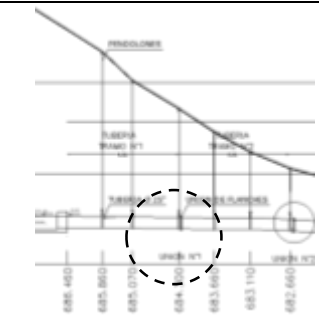
## **ANEXOS**


**ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**

**Anexo A: Ficha de lesiones**

**FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION**

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	TUBERÍA
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	UNION BRIDA N°1, TUBERÍA
ESPACIO	TUBERIA TRAMO 1 - TRAMO 2	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	SUR - NORTE	NUMERO	1-01
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	METALICO		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	COLGANTE		

<b>PLANTA GENERAL</b> 	<b>AREA ESPECIFICA</b> 	<b>VALORACION VISUAL</b>						
		Afectación de daño	Nivel de recuperación		Grado de lesión			
SEGURIDAD	FUNCIONABILIDAD	ASPECTO	IMPRESCINDIBLE	NECESARIO	CONVENIENTE	SEVERO	MODERADO	LEVE

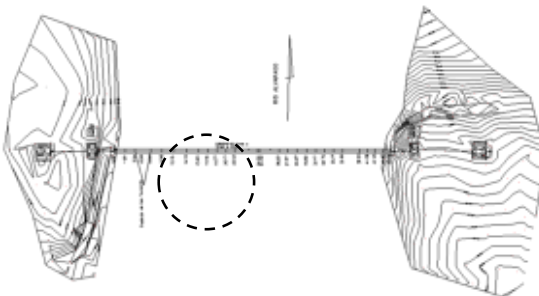

<b>FOTOGRAFIA</b> 	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b> <b>ASPECTO EXTERNO</b> COLOR, TEXTURA SONIDO ALTERACIONES SUPERFICIALES PERDIDAS DE MATERIAL DESGASTE ABRASION <b>AGRESIVIDAD MEDIO</b> TIPO DE AMBIENTE GRADO DE HUMEDAD TEMPERATURAS <b>CONSTANTES FISICO-QUIMICAS</b> GEOMETRIA- SECCIONES ALTERACIONES DE COMPONENTES <b>COMPORTAMIENTO ESTATICO</b> DESPLOMES DEFORMACIONES FLECHAS ASIENTOS GRIETAS FISURAS COMBAS- ALABEOS	<b>OBSERVACIONES</b> superficial , oxidación con perdida de pintura anticorrosiva Interna en las tubería , aguas transportadas con sedimentos grado de humedad media la tubería presenta sus uniones bridads en buen estado sin fuga de agua	<b>VALORACION FISICA</b>					


**COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES:** La tubería del tramo 1 al 2 se encuentra en aceptable estado sin comprometer la estabilidad de la estructura.

# ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

## FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RIO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	TUBERÍA
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	UNION BRIDA N°2, TUBERÍA
ESPACIO	TUBERÍA TRAMO 2 - TRAMO 3	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	SUR - NORTE	NÚMERO	1-02
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	METÁLICO		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	COLGANTE		

<b>PLANTA GENERAL</b> 	<b>AREA ESPECIFICA</b> 	<b>VALORACION VISUAL</b>					
		Afectación de daño	Nivel de recuperación	Grado de lesión			
SEGURIDAD	ASPECTO	IMPRESIONABLE	NECESARIO	CONVENIENTE	SEVERO	MODERADO	LEVE
FUNCIONABILIDAD							

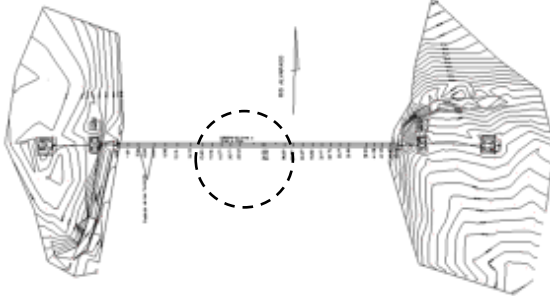
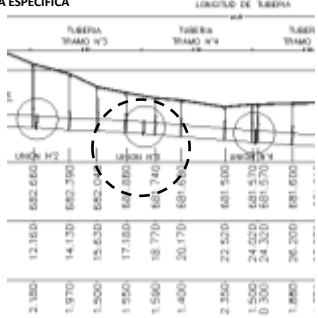
<b>FOTOGRAFIA</b> 	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALORACION FISICA</b>					
	<b>ASPECTO EXTERNO</b> COLOR, TEXTURA SONIDO ALTERACIONES SUPERFICIALES PERDIDAS DE MATERIAL DESGASTE ABRASION <b>AGRESIVIDAD MEDIO</b> TIPO DE AMBIENTE GRADO DE HUMEDAD TEMPERATURAS <b>CONSTANTES FISICO-QUIMICAS</b> GEOMETRIA- SECCIONES ALTERACIONES DE COMPONENTES <b>COMPORTAMIENTO ESTATICO</b> DESPLOMES DEFORMACIONES FLECHAS ASIENTOS GRIETAS FISURAS COMBAS- ALABEOS	superficial , oxidación con perdida de pintura anticorrosiva ..... Interna en las tubería , aguas transportadas con sedimentos ..... sección union tramo 2 al 3 afectada oxidación ambiental ..... destensionamiento de cables ..... la tubería con fuga de agua por deformación de los flanches de bridas						


COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES

# ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

## FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RIO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	TUBERIA
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	UNION BRIDA N° 3, TUBERIA
ESPACIO	TUBERIA TRAMO 3 - TRAMO 4	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	SUR - NORTE	NUMERO	1-03
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	METALICO		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	COLGANTE		

<b>PLANTA GENERAL</b> 	<b>AREA ESPECIFICA</b> 	<b>VALORACION VISUAL</b>						
		Afectación de daño	Nivel de recuperación	Grado de lesión				
SEGURIDAD	FUNCIONABILIDAD	ASPECTO	IMPRESCINDIBLE	NECESARIO	CONVENIENTE	SEVERO	MODERADO	LEVE

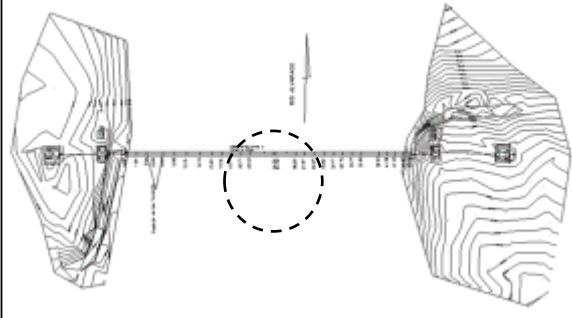
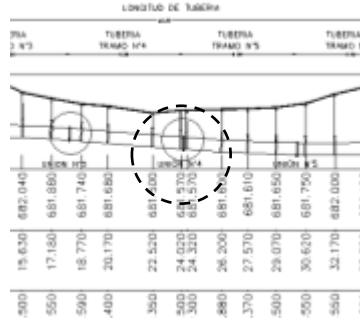
<b>FOTOGRAFIA</b> 	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b> ASPECTO EXTERNO COLOR, TEXTURA SONIDO ALTERACIONES SUPERFICIALES PERDIDAS DE MATERIAL DESGASTE ABRASION AGRESIVIDAD MEDIO TIPO DE AMBIENTE GRADO DE HUMEDAD TEMPERATURAS CONSTANTES FISICO-QUIMICAS GEOMETRIA- SECCIONES ALTERACIONES DE COMPONENTES COMPORTAMIENTO ESTATICO DESPLOMES DEFORMACIONES FLECHAS ASIENTOS GRIETAS FISURAS COMBAS- ALABEOS	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALORACION FISICA</b>					


COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES

# ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

## FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RIO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	TUBERIA
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	UNION BRIDA N° 4, TUBERIA
ESPACIO	TUBERIA TRAMO 4 - TRAMO 5	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	SUR - NORTE	NUMERO	1-004
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	METALICO		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	COLGANTE		

<b>PLANTA GENERAL</b> 	<b>AREA ESPECIFICA</b> 	<b>VALORACION VISUAL</b>						
		Afectación de daño	Nivel de recuperación		Grado de lesión			
SEGURIDAD	FUNCIONABILIDAD	ASPECTO	IMPRESIONABLE	NECESARIO	CONVENIENTE	SEVERO	MODERADO	LEVE

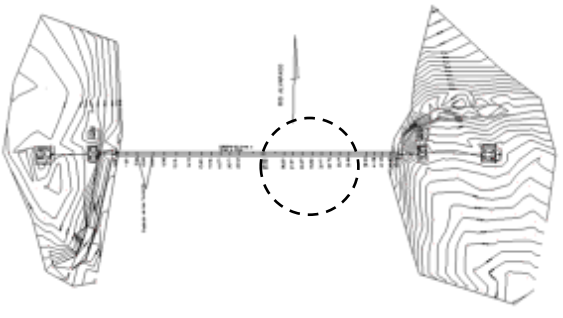
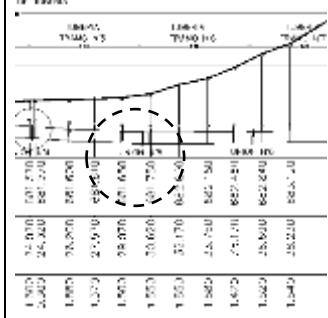
<b>FOTOGRAFIA</b> 	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b> ASPECTO EXTERNO COLOR, TEXTURA SONIDO ALTERACIONES SUPERFICIALES PERDIDAS DE MATERIAL DESGASTE ABRASION AGRESIVIDAD MEDIO TIPO DE AMBIENTE GRADO DE HUMEDAD TEMPERATURAS CONSTANTES FISICO-QUIMICAS GEOMETRIA- SECCIONES ALTERACIONES DE COMPONENTES COMPORTAMIENTO ESTATICO DESPLOMES DEFORMACIONES FLECHAS ASIENTOS GRIETAS FISURAS COMBAS- ALABEOS	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALORACION FISICA</b>					


COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES

**ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**

**FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION**

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RIO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	TUBERIA
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	UNION BRIDA N° 5, TUBERIA
ESPACIO	TUBERIA TRAMO 5 - TRAMO 6	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	SUR - NORTE	NUMERO	1-05
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	METALICO		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	COLGANTE		

<b>PLANTA GENERAL</b> 	<b>AREA ESPECIFICA</b> 	<b>VALORACION VISUAL</b>					
		Afectación de daño SEGURIDAD FUNCIONABILIDAD ASPECTO IMPRESCINDIBLE NECESARIO CONVENIENTE SEVERO MODERADO LEVE	Nivel de recuperación	Grado de lesión			

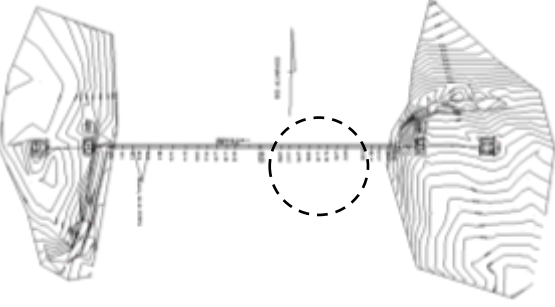
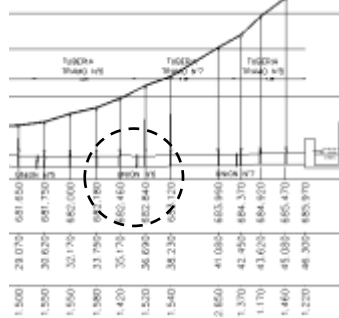
<b>FOTOGRAFIA</b> 	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b> ASPECTO EXTERNO COLOR, TEXTURA SONIDO ALTERACIONES SUPERFICIALES PERDIDAS DE MATERIAL DESGASTE ABRASION AGRESIVIDAD MEDIO TIPO DE AMBIENTE GRADO DE HUMEDAD TEMPERATURAS CONSTANTES FISICO-QUIMICAS GEOMETRIA- SECCIONES ALTERACIONES DE COMPONENTES COMPORTAMIENTO ESTATICO DESPLOMES DEFORMACIONES FLECHAS ASIENTOS GRIETAS FISURAS COMBAS- ALABEOS	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALORACION FISICA</b>					


COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES

# ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

## FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RIO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	TUBERIA
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	UNION BRIDA N° 6, TUBERIA
ESPACIO	TUBERIA TRAMO 6 - TRAMO 7	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	SUR - NORTE	NUMERO	1-06
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	METALICO		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	COLGANTE		

<b>PLANTA GENERAL</b> 	<b>AREA ESPECIFICA</b> 	<b>VALORACION VISUAL</b>						
		Afectación de daño	Nivel de recuperación		Grado de lesión			
SEGURIDAD	FUNCIONABILIDAD	ASPECTO	IMPRECINDIBLE	NECESARIO	CONVENIENTE	SEVERO	MODERADO	LEVE

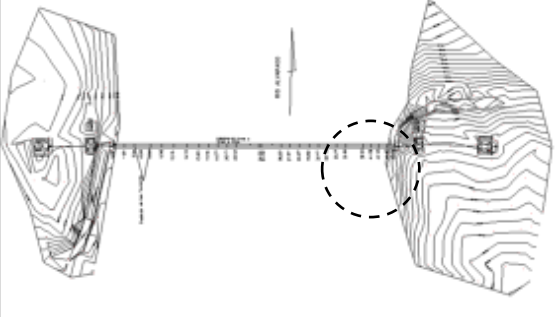

<b>FOTOGRAFIA</b> 	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>		<b>OBSERVACIONES</b>			<b>VALORACION FISICA</b>					
	<b>ASPECTO EXTERNO</b> COLOR, TEXTURA SONIDO ALTERACIONES SUPERFICIALES PERDIDAS DE MATERIAL DESGASTE ABRASION <b>AGRESIVIDAD MEDIO</b> TIPO DE AMBIENTE GRADO DE HUMEDAD TEMPERATURAS <b>CONSTANTES FISICO-QUIMICAS</b> GEOMETRIA- SECCIONES ALTERACIONES DE COMPONENTES <b>COMPORTAMIENTO ESTATICO</b> DESPLOMES DEFORMACIONES FLECHAS ASIENTOS GRIETAS FISURAS COMBAS- ALABEOS										


COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES

**ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**

**FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION**

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RIO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	TUBERIA
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	UNION BRIDA N° 7, TUBERIA
ESPACIO	TUBERIA TRAMO 7 - BOCA DE SALIDA DE CANAL ABIERTO	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	SUR - NORTE	NUMERO	1-07
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	METALICO		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	COLGANTE		

<b>PLANTA GENERAL</b> 	<b>AREA ESPECIFICA</b> 	<b>VALORACION VISUAL</b>					
		Afectación de daño	Nivel de recuperación		Grado de lesión		
SEGURIDAD	ASPECTO	IMPRESCINDIBLE	NECESARIO	CONVENIENTE	SEVERO	MODERADO	LEVE
FUNCIONABILIDAD							

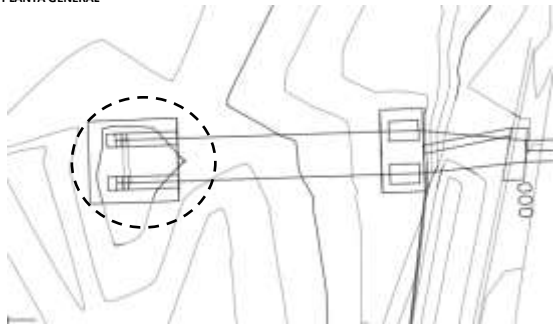
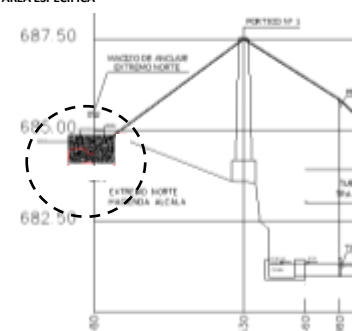
<b>FOTOGRAFIA</b> 	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALORACION FISICA</b>						
	<b>ASPECTO EXTERNO</b> COLOR, TEXTURA SONIDO ALTERACIONES SUPERFICIALES PERDIDAS DE MATERIAL DESGASTE ABRASION AGRESIVIDAD MEDIO TIPO DE AMBIENTE GRADO DE HUMEDAD TEMPERATURAS <b>CONSTANTES FISICO-QUIMICAS</b> GEOMETRIA- SECCIONES ALTERACIONES DE COMPONENTES <b>COMPORTAMIENTO ESTATICO</b> DESPLOMES DEFORMACIONES FLECHAS ASIENTOS GRIETAS FISURAS COMBAS- ALABEOS								


COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES

# ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

## FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RIO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	MACIZO DE ANCLAJE
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	MACIZO DE ANCLAJE
ESPACIO	COSTADO SUR HACIENDA ALCALA	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	SUR	NUMERO	2-01
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	CONCRETO ARMADO Y METALICA		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	CONCRETO ARMADO		

PLANTA GENERAL	AREA ESPECIFICA	VALORACION VISUAL								
		Afectacion de daño	Nivel de recuperacion		Grado de lesion					
		SEGURIDAD	FUNCIONABILIDAD	ASPECTO	IMPRESCINDIBLE	NECESARIO	CONVENIENTE	SEVERO	MODERADO	LEVE

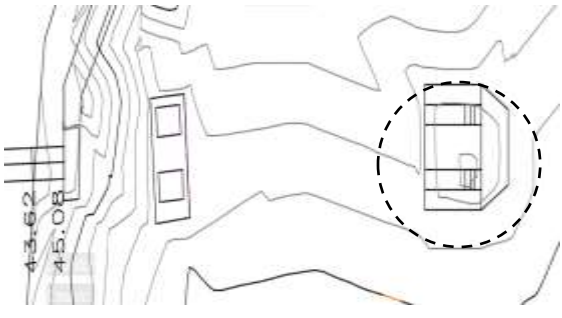
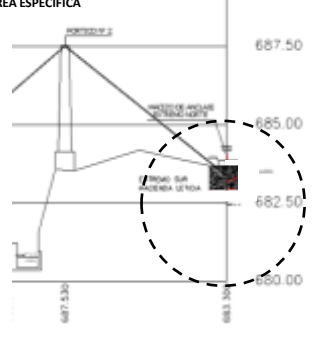
FOTOGRAFIA	CARACTERISTICAS GENERALES	OBSERVACIONES	VALORACION FISICA							
	ASPECTO EXTERNO									
	COLOR, TEXTURA SONIDO									
	ALTERACIONES SUPERFICIALES		x		x					x
	PERDIDAS DE MATERIAL		x							x
	DESGASTE ABRASION			x						
	AGRESIVIDAD MEDIO									
	TIPO DE AMBIENTE									
	GRADO DE HUMEDAD									
	TEMPERATURAS									
	CONSTANTES FISICO-QUIMICAS									
	GEOMETRIA- SECCIONES									
	ALTERACIONES DE COMPONENTES									
	COMPORTAMIENTO ESTATICO									
DESPLONES										
DEFORMACIONES FLECHAS										
ASIENTOS										
GRIETAS FISURAS										
COMBAS- ALABEOS										


COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES

**ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA**

**FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION**

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RIO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	MACIZO DE ANCLAJE
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	MACIZO DE ANCLAJE
ESPACIO	COSTADO SUR HACIENDA ALCALA	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	SUR	NUMERO	2-02
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	CONCRETO ARMADO Y METALICA		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	CONCRETO ARMADO		

<b>PLANTA GENERAL</b> 	<b>AREA ESPECIFICA</b> 	<b>VALORACION VISUAL</b>						
		Afectación de daño	Nivel de recuperación		Grado de lesión			
SEGURIDAD	FUNCIONABILIDAD	ASPECTO	IMPRESCINDIBLE	NECESARIO	CONVENIENTE	SEVERO	MODERADO	LEVE

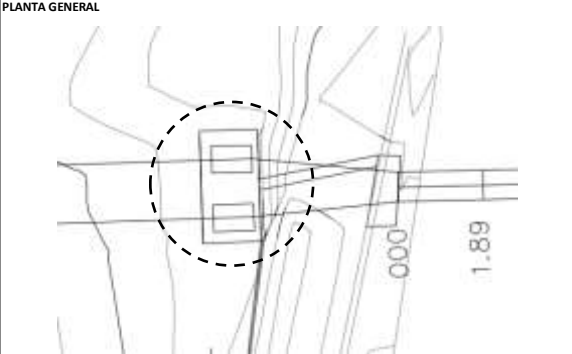
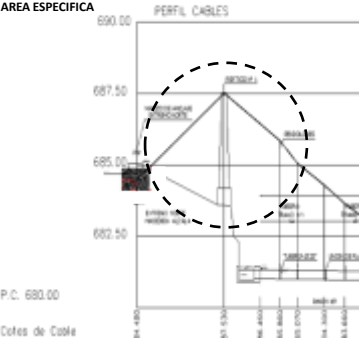
<b>FOTOGRAFIA</b> 	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>		<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALORACION FISICA</b>					
	<b>ASPECTO EXTERNO</b> COLOR, TEXTURA SONIDO ALTERACIONES SUPERFICIALES PERDIDAS DE MATERIAL DESGASTE ABRASION <b>AGRESIVIDAD MEDIO</b> TIPO DE AMBIENTE GRADO DE HUMEDAD TEMPERATURAS <b>CONSTANTES FISICO-QUIMICAS</b> GEOMETRIA- SECCIONES ALTERACIONES DE COMPONENTES <b>COMPORTAMIENTO ESTATICO</b> DESPLONES DEFORMACIONES FLECHAS ASIENTOS GRIETAS FISURAS COMBAS- ALABEOS								


**COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES**

# ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

## FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RIO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	PORTICO
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	PORTICO
ESPACIO	COSTADO SUR HACIENDA ALCALA	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	SUR	NUMERO	3-01
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	CONCRETO ARMADO Y METALICA		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	CONCRETO ARMADO		

<b>PLANTA GENERAL</b> 	<b>AREA ESPECIFICA</b> <b>PERFIL CABLES</b> 	<b>VALORACION VISUAL</b>								
		Afectación de daño	Nivel de recuperación		Grado de lesión					
		SEGURIDAD	FUNCIONABILIDAD	ASPECTO	IMPRESCINDIBLE	NECESARIO	CONVENIENTE	SEVERO	MODERADO	LEVE

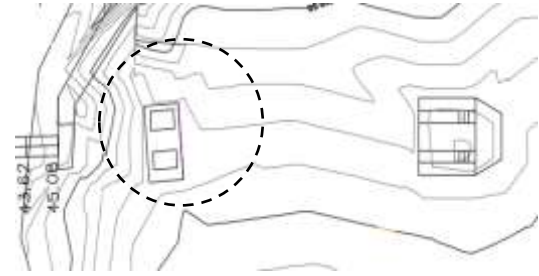
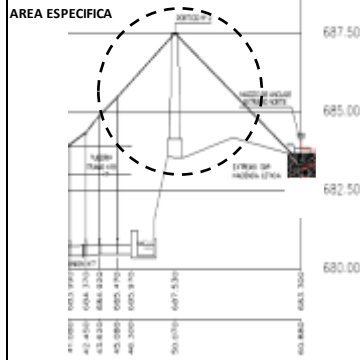
<b>FOTOGRAFIA</b> 	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b> <b>ASPECTO EXTERNO</b> COLOR, TEXTURA SONIDO ALTERACIONES SUPERFICIALES PERDIDAS DE MATERIAL DESGASTE ABRASION <b>AGRESIVIDAD MEDIO</b> TIPO DE AMBIENTE GRADO DE HUMEDAD TEMPERATURAS <b>CONSTANTES FISICO-QUIMICAS</b> GEOMETRIA- SECCIONES ALTERACIONES DE COMPONENTES <b>COMPORTAMIENTO ESTATICO</b> DESPLOMES DEFORMACIONES FLECHAS ASIENTOS GRIETAS FISURAS COMBAS- ALABEOS	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALORACION FISICA</b>					


COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES

# ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

## FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RIO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	PORTICO
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	PORTICO
ESPACIO	COSTADO SUR HACIENDA ALCALA	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	SUR	NUMERO	3-02
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	CONCRETO REFORZADO		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	CONCRETO REFORZADO		

<b>PLANTA GENERAL</b> 	<b>AREA ESPECIFICA</b> 	<b>VALORACION VISUAL</b>						
		Afectación de daño	Nivel de recuperación		Grado de lesión			
SEGURIDAD	FUNCIONABILIDAD	ASPECTO	IMPRESCINDIBLE	NECESARIO	CONVENIENTE	SEVERO	MODERADO	LEVE

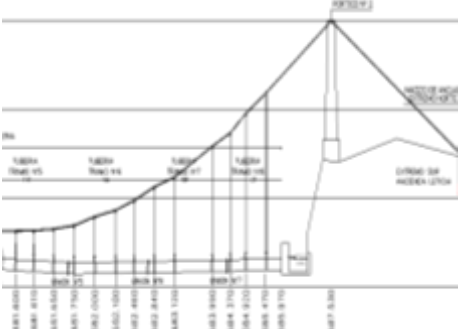
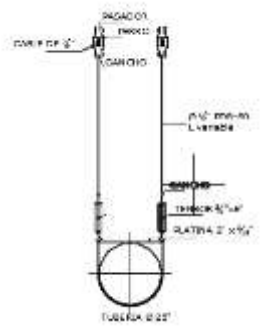
<b>FOTOGRAFIA</b> 	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALORACION FISICA</b>					
	<b>ASPECTO EXTERNO</b>							
	COLOR, TEXTURA SONIDO							
	ALTERACIONES SUPERFICIALES			X		X		X
	PERDIDAS DE MATERIAL			X				X
	DESGASTE ABRASION				X		X	X
	<b>AGRESIVIDAD MEDIO</b>							
	TIPO DE AMBIENTE							
	GRADO DE HUMEDAD							
	TEMPERATURAS							
<b>CONSTANTES FISICO-QUIMICAS</b>								
GEOMETRIA- SECCIONES								
ALTERACIONES DE COMPONENTES								
<b>COMPORTAMIENTO ESTATICO</b>								
DESPLOMES								
DEFORMACIONES FLECHAS								
ASIENTOS								
GRIETAS FISURAS								
COMBAS- ALABEOS								


COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES

# ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

## FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RIO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	CABLE TORONES
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	CABLE TORONES
ESPACIO	AGUAS ABAJO COSTADO DERECHO	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	ORIENTE	NUMERO	4-01
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	METALICA		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	COLGANTE		

<b>PLANTA GENERAL</b> 	<b>AREA ESPECIFICA</b> 	<b>VALORACION VISUAL</b>						
		Afectación de daño		Nivel de recuperación		Grado de lesión		
SEGURIDAD	FUNCIONALIDAD	ASPECTO	IMPRESCINDIBLE	NECESARIO	CONVENIENTE	SEVERO	MODERADO	LEVE

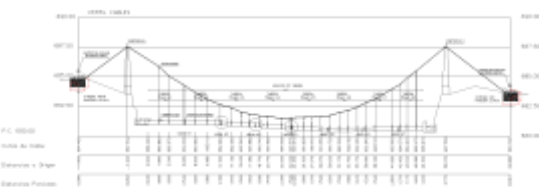
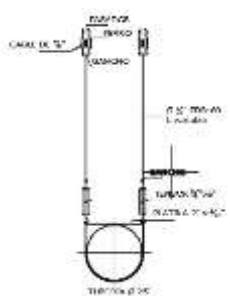
<b>FOTOGRAFIA</b> 	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b> <b>ASPECTO EXTERNO</b> COLOR, TEXTURA SONIDO ALTERACIONES SUPERFICIALES PERDIDAS DE MATERIAL DESGASTE ABRASION <b>AGRESIVIDAD MEDIO</b> TIPO DE AMBIENTE GRADO DE HUMEDAD TEMPERATURAS <b>CONSTANTES FISICO-QUIMICAS</b> GEOMETRIA- SECCIONES ALTERACIONES DE COMPONENTES <b>COMPORTAMIENTO ESTATICO</b> DESPLOMES DEFORMACIONES FLECHAS ASIENTOS GRIETAS FISURAS COMBAS- ALABEOS	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALORACION FISICA</b>					


COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES

# ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

## FICHA DE TOMA DE DATOS Y VALORACION

PROYECTO	ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RIO ALVARADO	AREA DE ESTUDIO	CABLE TORONES
CIUDAD	ALVARADO - TOLIMA	ELEMENTO	CABLE TORONES
ESPACIO	AGUAS ABAJO COSTADO DERECHO	FECHA	27 de agosto de 2018
ORIENTACION	ORIENTE	NUMERO	4-02
CONDICIONES DE ESTABILIDAD	ESTABLE		
MATERIALES	METALICA		
SISTEMA CONSTRUCTIVO	COLGANTE		

<b>PLANTA GENERAL</b> 	<b>AREA ESPECIFICA</b> 	<b>VALORACION VISUAL</b>						
		Afectación de daño	Nivel de recuperación	Grado de lesión				
SEGURIDAD	FUNCIONABILIDAD	ASPECTO	IMPRESIONABLE	NECESARIO	CONVENIENTE	SEVERO	MODERADO	LEVE

<b>FOTOGRAFIA</b> 	<b>CARACTERISTICAS GENERALES</b> ASPECTO EXTERNO COLOR, TEXTURA SONIDO ALTERACIONES SUPERFICIALES PERDIDAS DE MATERIAL DESGASTE ABRASION AGRESIVIDAD MEDIO TIPO DE AMBIENTE GRADO DE HUMEDAD TEMPERATURAS CONSTANTES FISICO-QUIMICAS GEOMETRIA- SECCIONES ALTERACIONES DE COMPONENTES COMPORTAMIENTO ESTATICO DESPLONES DEFORMACIONES FLECHAS ASIENTOS GRIETAS FISURAS COMBAS- ALABEOS	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>VALORACION FISICA</b>					

COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES GENERALES

Anexo B: Ensayos de laboratorio



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Determinar experimentalmente por medio del Geo-radar STRUCTURE SCAN OPTICAL, los recubrimientos y la distribución tanto vertical como horizontal de los refuerzos de elementos de concreto definidos por la empresa contratante.

### 2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1 Realizar la auscultación de las zonas definidas por la empresa contratante.
- 2.2.2 Establecer los recubrimientos y distribuciones de refuerzo para elementos en concreto.

## 3. PROCEDIMIENTO

El personal del Laboratorio del Concreto – Asocreto, realizó durante el día 16 de abril del 2012 un recorrido continuo por los elementos en concreto descritos anteriormente.

Para la ejecución del trabajo de campo se tuvieron en cuenta las siguientes actividades:

1. Inspección de la zona de trabajo
2. Ubicación de los elementos y equipo a utilizar
3. Definición del método de trabajo y orden requerido

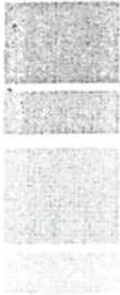


365-12 Pág. 3 de 13

---

▣ Sede Principal: Calle 102 No. 15-38 PBX: (571) 618 0018 FAX: (571) 623 4205  
▣ Laboratorio del Concreto: Carrera 45A # 91-43 PBX: (571) 610 0797 FAX: (571) 610 9330  
Bogotá D.C. Colombia  
[www.asocreto.org.co](http://www.asocreto.org.co)

## Anexo B Ensayos De Laboratorio



# Laboratorio del CONCRETO

### 4. EQUIPO UTILIZADO

El Geo-radar empleado es un modelo comercializado por GSSI (Geophysical Survey Systems Inc.), el equipo se acompaña de una antena de frecuencia de 1600 MHz o 400 MHz y un SIR 3000 (analizador de datos) con el cual se analizan los datos obtenidos en las imágenes que se presentan en la pantalla una vez puesto en funcionamiento el equipo.

La información que recopila el SIR 3000 es procesada con la ayuda de un software llamado Radan 6.6 de GSSI, Inc. realizándose tres tratamientos como lo son: re muestreó en el eje espacial, filtrado espacial pasa baja y filtrado temporal pasa banda. Dentro de estos Geo-radares se encuentra el Structure Scan Optical presentado en la imagen N°1.



Imagen N°1 Structure Scan Optical



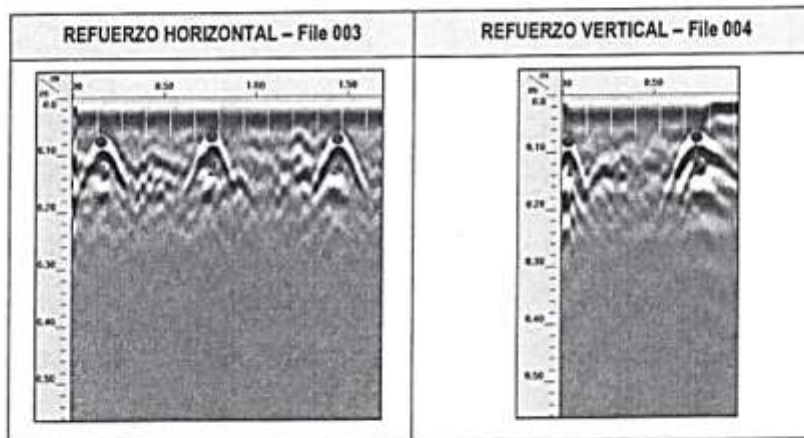


5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el análisis de la información fue necesario contar con la ayuda del programa RADAN v6.6 con el cual de acuerdo a la información recolectada por el equipo fue definida la distribución del refuerzo junto con su respectivo recubrimiento.

LADO A – Columna Leticia

COLUMNA DE SOPORTE 1 (rectangular) – antes de río



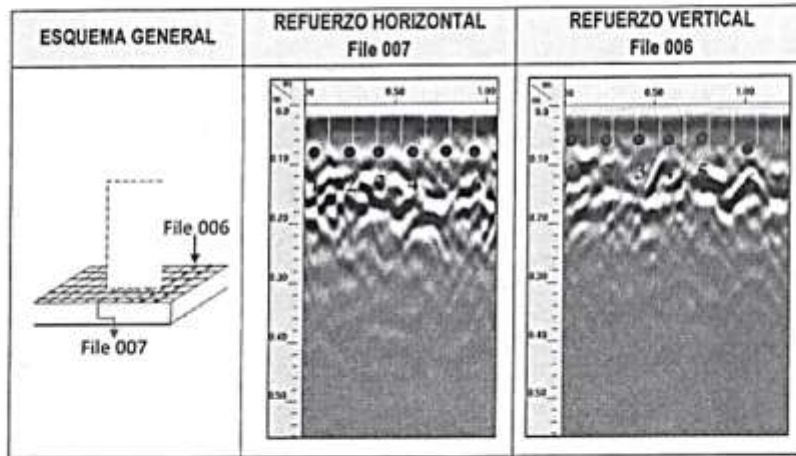
REFUERZO HORIZONTAL				REFUERZO VERTICAL			
N° Barras de refuerzo	Recubrimiento promedio (cm)	Separación entre los refuerzos (cm) ± 1cm		N° Barras de refuerzo	Recubrimiento promedio (cm)	Separación entre los refuerzos (cm) ± 1cm	
1	7 ± 1cm	1 – 2	60.0	1	8 ± 1cm	1 – 2	69.1
2		2 – 3	68.2				





**Laboratorio**  
del CONCRETO

BASE



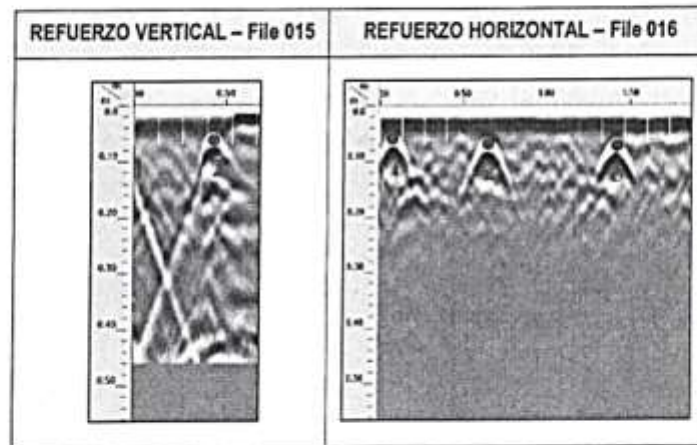
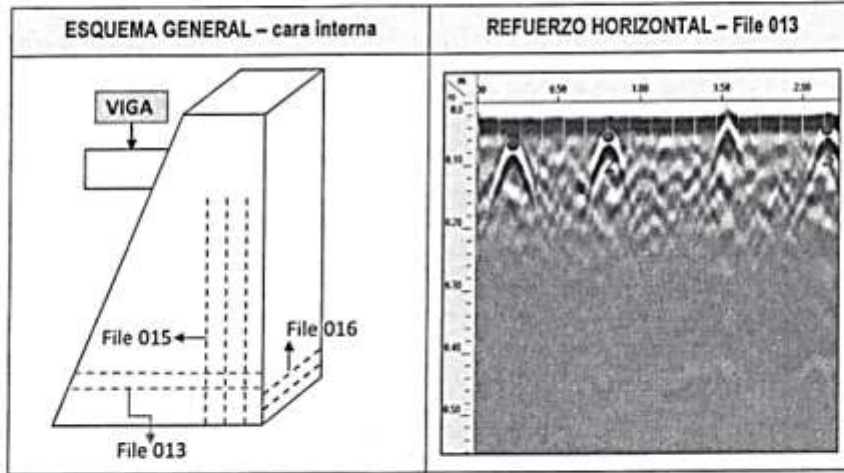
REFUERZO HORIZONTAL			REFUERZO VERTICAL		
N° Barras de refuerzo	Recubrimiento promedio (cm)	Separación entre los refuerzos (cm) ± 1cm	N° Barras de refuerzo	Recubrimiento promedio (cm)	Separación entre los refuerzos (cm) ± 1cm
1	7 ± 1cm	1-2 13.7	1	7 ± 1cm	1-2 21.6
2		2-3 9.2	2		2-3 20.0
3		3-4 11.3	3		3-4 14.3
4		4-5 17.3	4		4-5 18.6
5		5-6 15.3	5		5-6 21.6





# Laboratorio del CONCRETO

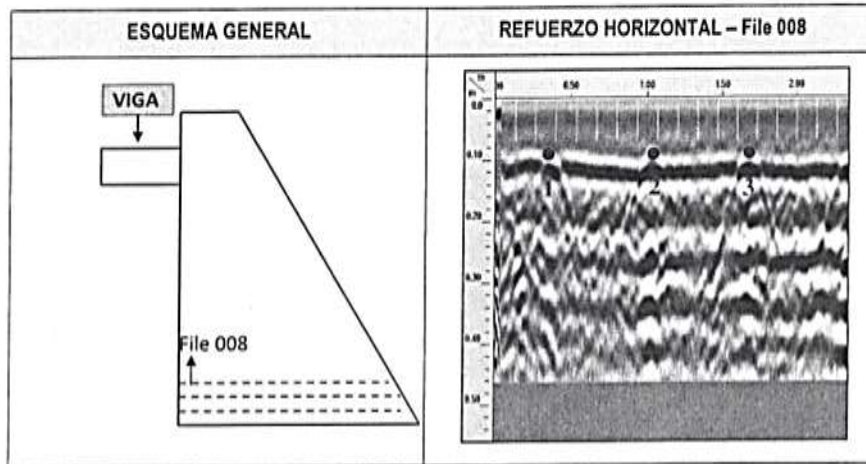
## COLUMNA



365-12 Pág. 10 de 13

• Sede Principal: Calle 102 No. 15-38 PBX: (571) 618 0018 FAX: (571) 623 4205  
• Laboratorio del Concreto: Carrera 45A # 91-43 PBX: (571) 610 0797 FAX: (571) 610 9330  
Bogotá D.C. Colombia  
[www.asocreto.org.co](http://www.asocreto.org.co)

COLUMNA DE SOPORTE 2



REFUERZO HORIZONTAL File 008		
N° Barras de refuerzo	Recubrimiento promedio (cm)	Separación entre los refuerzos (cm) ± 1cm
1	10 ± 1cm	1 - 2   65.7
2		2 - 3   66.0
3		3 - 4   65.0



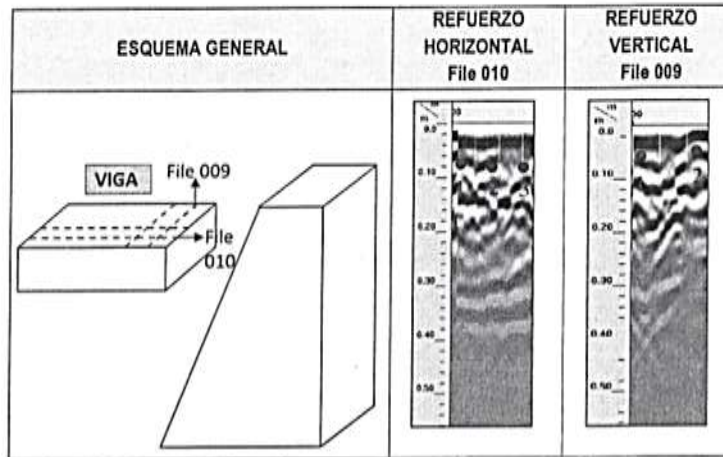
365-12 Pág. 7 de 13

■ Sede Principal: Calle 102 No. 15-38 PBX: (571) 618 0018 FAX: (571) 623 4205  
 ■ Laboratorio del Concreto: Carrera 45A # 91-43 PBX: (571) 610 0797 FAX: (571) 610 9330  
 Bogotá D.C. Colombia  
[www.asocreto.org.co](http://www.asocreto.org.co)



# Laboratorio del CONCRETO

VIGA

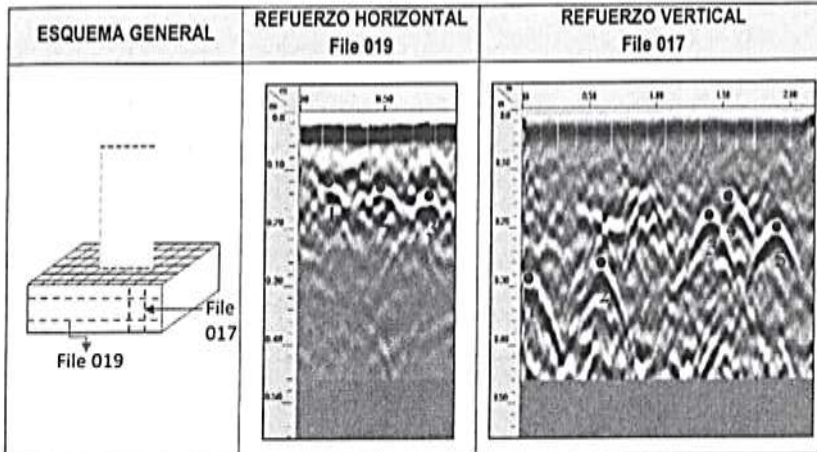


REFUERZO VERTICAL File 009			REFUERZO HORIZONTAL File 010		
N° Barras de refuerzo	Recubrimiento promedio (cm)	Separación entre los refuerzos (cm) ± 1cm	N° Barras de refuerzo	Recubrimiento promedio (cm)	Separación entre los refuerzos (cm) ± 1cm
1	8 ± 1cm	1 - 2	1	4 ± 1cm	1 - 2
2		2 - 3			



**LADO B**

BASE – cara hacia el canal



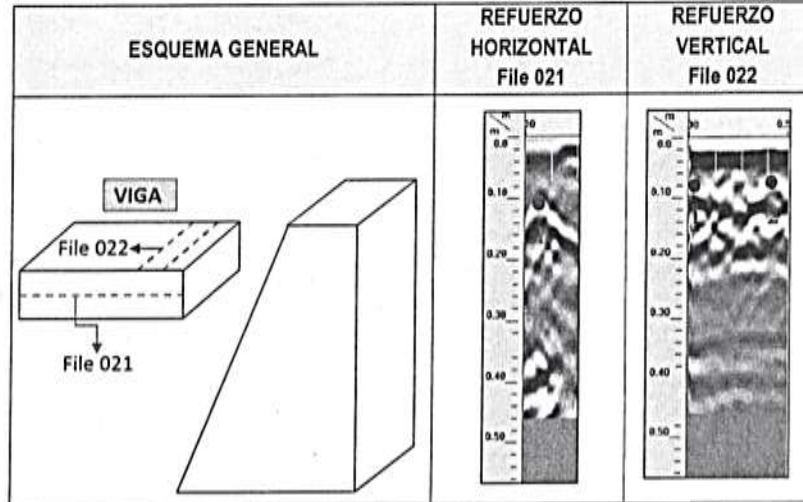
REFUERZO HORIZONTAL File 019				REFUERZO VERTICAL File 017			
N° Barras de refuerzo	Recubrimiento promedio (cm)	Separación entre los refuerzos (cm) ± 1cm		N° Barras de refuerzo	Recubrimiento promedio (cm)	Separación entre los refuerzos (cm) ± 1cm	
1	12 ± 1cm	1 – 2	30.9	1	26 ± 1cm	1 – 2	53.6
2		2 – 3	27.9	2	18 ± 1cm	2 – 3	81.1
				3	15 ± 1cm	3 – 4	15.0
				4	20 ± 1cm	4 – 5	33.0





# Laboratorio del CONCRETO

VIGA



REFUERZO HORIZONTAL File 021			REFUERZO VERTICAL File 022		
N° Barras de refuerzo	Recubrimiento promedio (cm)	Separación entre los refuerzos (cm) ± 1cm	N° Barras de refuerzo	Recubrimiento promedio (cm)	Separación entre los refuerzos (cm) ± 1cm
1	12 ± 1cm	1-2 *	1	7 ± 1cm	1-2 21.2
			2		2-3 18.2

\*Por el espacio que requiere la antena del equipo no alcanza a ser registrada la siguiente barra de refuerzo.





**ENSAYO DE CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS**

ASO 048 ENSAYO CONTENIDO DE CLORUROS Y SULFATOS EN CONCRETO

COMPANIA:	EDUARDO SANTAMARIA BONILLA		
DIRECCION:	Carrera 4 N° 10 - 12 Oficina 301	OBRA:	Viaducto sobre el rio Alvarado ubicado en la Finca Leticia
CONTACTO:	Ing. Eduardo Santamaria Bonilla	DIRECCION:	
TELEFONO:	(8)2624809 Ibaguè	TELEFONO:	-
FAX:	-	FAX:	

DESCRIPCION:	Núcleo Columna Costado Leticia	PROCEDENCIA:	Obra
--------------	--------------------------------	--------------	------

FECHA RECEPCION	12/04/16	FECHA DE RESULTADO	12/05/15
-----------------	----------	--------------------	----------

ORDEN DE TRABAJO

10120

INFORME N°

433-12

Método de ensayo para determinar cloruros solubles en agua en mortero y concreto. NTC 4049 - I.N.V-E 233

**LABORATORIO DE CONCRETOS**

Descripción de la muestra	Sulfatos-SO <sub>4</sub>	Cloruros-Cl
	(% por masa de concreto)	(% por masa de concreto)
Columna Costado Leticia	0.50%	0.0053%

OBSERVACIONES: Ninguna.

Ejecutó: Wilmar Fredy Sierra  
Coordinador de Laboratorio

Revisó: Ing. Nelson Hernández V.  
Jefe de Laboratorio y Calidad

Los resultados emitidos en este informe corresponden a las muestras entregadas al Laboratorio del Concreto. El informe no puede ser utilizado en ningún tipo de campaña de información, técnica o comercial. Prohibida su reproducción.

Laboratorio del Concreto - Asocreo TEL: 6100797, 6103393 FAX: 6109330 www.asocreo.org.co  
Carrera 28 N° 89-43, Bogotá, D.C. e-mail: laboratorio@asocreo.org.co



**ENSAYO DE CONTENIDO DE CEMENTO**

ASO 047 ENSAYO CONTENIDO DE CEMENTO EN CONCRETO ENDURECIDO

COMPANIA:	EDUARDO SANTAMARIA BONILLA		
DIRECCION:	Carrera 4 N° 10 - 12 Oficina 301	OBRA:	Viaducto sobre el rio Alvarado
CONTACTO:	Ing. Eduardo Santamaria Bonilla	DIRECCION:	ubicado en la Finca Leticia
TELEFONO:	(8)2624809 Ibagué	TELEFONO:	-
FAX:	-	FAX:	-

DESCRIPCION:	Núcleo Columna Costado Leticia	PROCEDENCIA:	Obra
--------------	--------------------------------	--------------	------

FECHA RECEPCION	12/04/16	FECHA DE RESULTADO	12/05/15
-----------------	----------	--------------------	----------

ORDEN DE TRABAJO **10120** INFORME N° **433-12**

Método para determinar el contenido de cemento pórtland del concreto de cemento hidráulico endurecido, NTC 3726

**LABORATORIO DE CONCRETOS**

DESCRIPCION	CONT. DE CEMENTO
Columna Costado Leticia	16.76%

OBSERVACIONES: Ninguna.

Ejecutó: Wilmar Fredy Sierra  
**Coordinador de Laboratorio**

Revisó: Ing. Nelson Hernández V.  
**Jefe de Laboratorio y Calidad**

365-12A 1 de 3



C/2 M/3 ANIA: (08A5D2 6A17A0 ASIA B211//A) BOA: 9100XPER SREU HOUR A0YDUGR XEUF0GR Ht 00) INF0 /RUFD  
 DISECCION: Carrera 4 1º 10 - 12 Ofic. 301 DISECCION -  
 ATN: Ing. (GXDLGR 6DntDP DLD B Rnt 00) ATN: -  
 TELEF2 N2: (8) 2624809 FAX: - FAX: -  
 FECHA DE RECEPCION: 12/04/16 FICCA obrer TAg 1 12/04/27  
 25 DEN DE TSABA-2 N° 10052 INF2 5ME N° 365-12  
 Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de fondeo aserradas NTC 3658 ACTUALIZACIÓN: 94JUN23

**LABORATORIO DE CONCRETOS**

NÚCLEO	/2C/ATIZACIÓ	FECHA ENSAYO			DIMENSIONES (mm)			ESBELTEZ	MASA	EDAD	FACTOR DE CORRECCION	DEFISIDAD	CARGA MAX	RESISTENCIA DE ROTURA		Res. de Rot. Corregida	
		A	M	D	L	D	Area							L/D	g	g/cm <sup>3</sup>	MPa
1	Columna costado Leticia	10	14	23	198.54	75.44	4469.9	N9T	1636.3	-	NPM	2284.4	57.2	10.00	12.75	129.99	
** RESULTADOS FINALES																	
Promedio 3 especímenes: >= 858 1 F																	
Promedio Individual: >= 758 1 F																	
5 Resistencia Distribuir (log/cm <sup>2</sup> ):																	

Ejeso: ACIL Ntp: Ninguna.  
 EjeFtó: t Ilmar FrEdo pierra  
 Coordinador de Laboratorio  
 Ing. Nelson Herni ndez 9.  
 Jefe de Laboratorio y Calidad

Resultados Emidos En Este Informe corresponden a las muestras entregadas al laboratorio del concreto. El informe no pde ser utilizado en ningún tipo de campaña de información técnica o fomenta. medida su  
 Laboratorio del Concreto - Asociado  
 Carrera 28 N° 85-85, Bogotá, D.C.  
 TEL: 6100797, 6103393 - FAX: 6108930  
 Email: laboratorio@concreto.org.co  
 WWW.CONCRETO.ORG.CO





Anexo C: Combinaciones de carga propuesta de intervención

LOAD COMBINATIONS

No	Load combination
1	DO + DL + DL + DL
2	DO + DL + DL + DL + LL + LL + LL
3	DO + DL + DL + DL + LL
4	DO + DL + DL + DL + LL
5	DO + DL + DL + DL + LL
6	DO + DL + DL + DL + LL + LL + LL + WLX
7	DO + DL + DL + DL + LL + LL + LL - WLX
8	DO + DL + DL + DL + LL + LL + LL + WLY
9	DO + DL + DL + DL + LL + LL + LL - WLY
10	DO + DL + DL + DL + MLX
11	DO + DL + DL + DL - WLX
12	DO + DL + DL + DL + WLY
13	DO + DL + DL + DL - WLY
14	DO + DL + DL + DL + LL + LL + LL + .71EQX
15	DO + DL + DL + DL + LL + LL + LL - .71EQX
16	DO + DL + DL + DL + LL + LL + LL + .71EQY
17	DO + DL + DL + DL + LL + LL + LL - .71EQY

STEEL DESIGN CHECK

COLUMN CAPACITY RATIOS

Column	Story	Sec	Lb2	Lb3	rBA	rV3	rV2
A-1	0	L5x5x1/2	43	43	0.002	0.000	0.000
A-1	1	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
A-1	2	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
A-1	3	L5x5x1/2	50	50	0.002	0.000	0.000
A-1	4	L5x5x1/2	25	25	0.225	0.039	0.026
A-1	4a	L5x5x1/2	25	25	0.600	0.164	0.112
A-1	5	L5x5x1/2	25	25	0.746	0.126	0.056
A-1	5a	L5x5x1/2	25	25	0.524	0.052	0.010
A-1	6	L5x5x1/2	25	25	0.578	0.063	0.036
A-1	6a	L5x5x1/2	25	25	0.503	0.078	0.042
A-1	7	L5x5x1/2	25	25	0.425	0.015	0.017
A-1	7a	L5x5x1/2	25	25	0.407	0.006	0.017
A-1	8	L5x5x1/2	50	50	0.567	0.057	0.032
A-1	9	L5x5x1/2	50	50	0.338	0.019	0.044
A-1	10	L5x5x1/2	50	50	0.403	0.055	0.041
A-1	11	L5x5x1/2	50	50	0.269	0.037	0.042
B-1	0	L5x5x1/2	43	43	0.001	0.000	0.000
B-1	1	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
B-1	2	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
B-1	3	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
B-1	4	L5x5x1/2	25	25	0.187	0.028	0.028
B-1	4a	L5x5x1/2	25	25	0.600	0.124	0.144
B-1	5	L5x5x1/2	25	25	0.667	0.076	0.117
B-1	5a	L5x5x1/2	25	25	0.563	0.017	0.077
B-1	6	L5x5x1/2	25	25	0.528	0.012	0.027
B-1	6a	L5x5x1/2	25	25	0.478	0.024	0.010
B-1	7	L5x5x1/2	25	25	0.535	0.035	0.050
B-1	7a	L5x5x1/2	25	25	0.479	0.034	0.060
B-1	8	L5x5x1/2	50	50	0.463	0.035	0.007
B-1	9	L5x5x1/2	50	50	0.475	0.045	0.054
B-1	10	L5x5x1/2	50	50	0.277	0.043	0.020
B-1	11	L5x5x1/2	50	50	0.268	0.045	0.031
B*-1	4	14x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
B*-1	11	14x4x1/2	30	30	0.059	0.000	0.010
C-1	0	L5x5x1/2	43	43	0.001	0.000	0.000
C-1	1	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
C-1	2	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
C-1	3	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
C-1	4	L5x5x1/2	25	25	0.231	0.037	0.029
C-1	4a	L5x5x1/2	25	25	0.616	0.171	0.112
C-1	5	L5x5x1/2	25	25	0.665	0.118	0.067
C-1	5a	L5x5x1/2	25	25	0.544	0.077	0.019
C-1	6	L5x5x1/2	25	25	0.510	0.028	0.006
C-1	6a	L5x5x1/2	25	25	0.449	0.008	0.017
C-1	7	L5x5x1/2	25	25	0.526	0.057	0.036
C-1	7a	L5x5x1/2	25	25	0.473	0.066	0.035
C-1	8	L5x5x1/2	50	50	0.441	0.001	0.031
C-1	9	L5x5x1/2	50	50	0.497	0.062	0.043
C-1	10	L5x5x1/2	50	50	0.285	0.025	0.041
C-1	11	L5x5x1/2	50	50	0.300	0.037	0.047
D-1	0	L5x5x1/2	43	43	0.002	0.000	0.000
D-1	1	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
D-1	2	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
D-1	3	L5x5x1/2	50	50	0.002	0.000	0.000

ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

D-1	4	L5x5x1/2	25	25	0.178	0.026	0.027
D-1	4a	L5x5x1/2	25	25	0.569	0.124	0.129
D-1	5	L5x5x1/2	25	25	0.717	0.066	0.119
D-1	5a	L5x5x1/2	25	25	0.554	0.007	0.046
D-1	6	L5x5x1/2	25	25	0.600	0.036	0.057
D-1	6a	L5x5x1/2	25	25	0.513	0.043	0.072
D-1	7	L5x5x1/2	25	25	0.444	0.020	0.018
D-1	7a	L5x5x1/2	25	25	0.429	0.019	0.012
D-1	8	L5x5x1/2	50	50	0.568	0.034	0.052
D-1	9	L5x5x1/2	50	50	0.330	0.046	0.011
D-1	10	L5x5x1/2	50	50	0.374	0.042	0.045
D-1	11	L5x5x1/2	50	50	0.234	0.043	0.025
A-2	0	L5x5x1/2	43	43	0.002	0.000	0.000
A-2	1	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
A-2	2	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
A-2	3	L5x5x1/2	50	50	0.002	0.000	0.000
A-2	4	L5x5x1/2	25	25	0.174	0.026	0.026
A-2	4a	L5x5x1/2	25	25	0.564	0.130	0.121
A-2	5	L5x5x1/2	25	25	0.650	0.066	0.113
A-2	5a	L5x5x1/2	25	25	0.525	0.008	0.043
A-2	6	L5x5x1/2	25	25	0.577	0.036	0.055
A-2	6a	L5x5x1/2	25	25	0.486	0.038	0.063
A-2	7	L5x5x1/2	25	25	0.432	0.016	0.020
A-2	7a	L5x5x1/2	25	25	0.415	0.017	0.011
A-2	8	L5x5x1/2	50	50	0.549	0.034	0.049
A-2	9	L5x5x1/2	50	50	0.313	0.044	0.010
A-2	10	L5x5x1/2	50	50	0.368	0.043	0.043
A-2	11	L5x5x1/2	50	50	0.223	0.042	0.023
B-2	0	L5x5x1/2	43	43	0.001	0.000	0.000
B-2	1	L5x5x1/2	50	50	0.002	0.000	0.000
B-2	2	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
B-2	3	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
B-2	4	L5x5x1/2	25	25	0.161	0.021	0.027
B-2	4a	L5x5x1/2	25	25	0.550	0.108	0.132
B-2	5	L5x5x1/2	25	25	0.585	0.082	0.073
B-2	5a	L5x5x1/2	25	25	0.557	0.060	0.009
B-2	6	L5x5x1/2	25	25	0.510	0.028	0.013
B-2	6a	L5x5x1/2	25	25	0.457	0.010	0.022
B-2	7	L5x5x1/2	25	25	0.514	0.048	0.034
B-2	7a	L5x5x1/2	25	25	0.461	0.053	0.030
B-2	8	L5x5x1/2	50	50	0.461	0.010	0.035
B-2	9	L5x5x1/2	50	50	0.452	0.052	0.041
B-2	10	L5x5x1/2	50	50	0.256	0.013	0.043
B-2	11	L5x5x1/2	50	50	0.242	0.022	0.043
E'-2	4	L4x4x1/2	25	25	0.028	0.007	0.000
F'-2	4a	L4x4x1/2	25	25	0.050	0.009	0.009
B'-2	11	L4x4x1/2	50	50	0.070	0.015	0.002
C-2	0	L5x5x1/2	43	43	0.001	0.000	0.000
C-2	1	L5x5x1/2	50	50	0.002	0.000	0.000
C-2	2	L5x5x1/2	50	50	0.002	0.000	0.000
C-2	3	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
C-2	4	L5x5x1/2	25	25	0.166	0.027	0.022
C-2	4a	L5x5x1/2	25	25	0.555	0.131	0.114
C-2	5	L5x5x1/2	25	25	0.589	0.075	0.086
C-2	5a	L5x5x1/2	25	25	0.554	0.007	0.058
C-2	6	L5x5x1/2	25	25	0.507	0.012	0.028
C-2	6a	L5x5x1/2	25	25	0.459	0.021	0.009
C-2	7	L5x5x1/2	25	25	0.515	0.032	0.048
C-2	7a	L5x5x1/2	25	25	0.462	0.029	0.053
C-2	8	L5x5x1/2	50	50	0.455	0.035	0.008
C-2	9	L5x5x1/2	50	50	0.457	0.042	0.053
C-2	10	L5x5x1/2	50	50	0.266	0.043	0.017
C-2	11	L5x5x1/2	50	50	0.238	0.042	0.022
D-2	0	L5x5x1/2	43	43	0.002	0.000	0.000
D-2	1	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
D-2	2	L5x5x1/2	50	50	0.001	0.000	0.000
D-2	3	L5x5x1/2	50	50	0.002	0.000	0.000
D-2	4	L5x5x1/2	25	25	0.172	0.026	0.025
D-2	4a	L5x5x1/2	25	25	0.557	0.119	0.129
D-2	5	L5x5x1/2	25	25	0.644	0.112	0.063
D-2	5a	L5x5x1/2	25	25	0.515	0.042	0.007
D-2	6	L5x5x1/2	25	25	0.568	0.055	0.037
D-2	6a	L5x5x1/2	25	25	0.476	0.062	0.038
D-2	7	L5x5x1/2	25	25	0.429	0.020	0.019
D-2	7a	L5x5x1/2	25	25	0.401	0.012	0.017
D-2	8	L5x5x1/2	50	50	0.535	0.048	0.034
D-2	9	L5x5x1/2	50	50	0.297	0.008	0.043
D-2	10	L5x5x1/2	50	50	0.357	0.041	0.041
D-2	11	L5x5x1/2	50	50	0.225	0.024	0.042

BEAM CAPACITY RATIOS

Beam	Floor	Sec	LbTop	LbBot	rMn	rMp	rV3
A(1-1')	1	L4x4x1/2	58	58	0.000	0.000	0.000

ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

A(1-1')	1	L4x4x1/2	58	58	0.000	0.000	0.000
B(1-1')	1	L4x4x1/2	58	58	0.000	0.000	0.000
B(1-1')	1	L4x4x1/2	58	58	0.000	0.000	0.000
C(1-1')	1	L4x4x1/2	58	58	0.000	0.000	0.000
C(1-1')	1	L4x4x1/2	58	58	0.000	0.000	0.000
D(1-1')	1	L4x4x1/2	58	58	0.000	0.000	0.000
D(1-1')	1	L4x4x1/2	58	58	0.000	0.000	0.000
A(1-1')	2	L4x4x1/2	57	57	0.000	0.000	0.000
A(1-1')	2	L4x4x1/2	57	57	0.000	0.000	0.000
B(1-1')	2	L4x4x1/2	57	57	0.000	0.000	0.000
B(1-1')	2	L4x4x1/2	57	57	0.000	0.000	0.000
C(1-1')	2	L4x4x1/2	57	57	0.000	0.000	0.000
C(1-1')	2	L4x4x1/2	57	57	0.000	0.000	0.000
D(1-1')	2	L4x4x1/2	57	57	0.000	0.000	0.000
D(1-1')	2	L4x4x1/2	57	57	0.000	0.000	0.000
A(1-1')	3	L4x4x1/2	55	55	0.000	0.000	0.000
A(1-1')	3	L4x4x1/2	55	55	0.000	0.000	0.000
B(1-1')	3	L4x4x1/2	55	55	0.000	0.000	0.000
B(1-1')	3	L4x4x1/2	55	55	0.000	0.000	0.000
C(1-1')	3	L4x4x1/2	55	55	0.000	0.000	0.000
C(1-1')	3	L4x4x1/2	55	55	0.000	0.000	0.000
D(1-1')	3	L4x4x1/2	55	55	0.000	0.000	0.000
D(1-1')	3	L4x4x1/2	55	55	0.000	0.000	0.000
A(1-1')	4	L4x4x1/2	53	53	0.000	0.000	0.000
A(1-1')	4	L4x4x1/2	53	53	0.000	0.000	0.000
B(1-1')	4	L4x4x1/2	53	53	0.000	0.000	0.000
B(1-1')	4	L4x4x1/2	53	53	0.000	0.000	0.000
C(1-1')	4	L4x4x1/2	53	53	0.000	0.000	0.000
C(1-1')	4	L4x4x1/2	53	53	0.000	0.000	0.000
D(1-1')	4	L4x4x1/2	53	53	0.000	0.000	0.000
D(1-1')	4	L4x4x1/2	53	53	0.000	0.000	0.000
A(1-1')	4a	L4x4x1/2	52	52	0.050	0.050	0.010
A(1-1')	4a	L4x4x1/2	52	52	0.050	0.050	0.010
B(1-1')	4a	L4x4x1/2	52	52	0.058	0.057	0.012
B(1-1')	4a	L4x4x1/2	52	52	0.058	0.057	0.012
C(1-1')	4a	L4x4x1/2	52	52	0.054	0.052	0.011
C(1-1')	4a	L4x4x1/2	52	52	0.054	0.052	0.011
D(1-1')	4a	L4x4x1/2	52	52	0.054	0.053	0.012
D(1-1')	4a	L4x4x1/2	52	52	0.054	0.053	0.012
A(1-1')	5	L4x4x1/2	52	52	0.202	0.224	0.132
A(1-1')	5	L4x4x1/2	52	52	0.202	0.224	0.132
B(1-1')	5	L4x4x1/2	52	52	0.230	0.232	0.133
B(1-1')	5	L4x4x1/2	52	52	0.230	0.232	0.133
C(1-1')	5	L4x4x1/2	52	52	0.193	0.222	0.128
C(1-1')	5	L4x4x1/2	52	52	0.193	0.222	0.128
D(1-1')	5	L4x4x1/2	52	52	0.236	0.234	0.134
D(1-1')	5	L4x4x1/2	52	52	0.236	0.234	0.134
A(1-1')	5a	L4x4x1/2	28	28	0.031	0.030	0.011
A(1-1')	5a	L4x4x1/2	23	23	0.032	0.031	0.016
B(1-1')	5a	L4x4x1/2	28	28	0.033	0.036	0.014
B(1-1')	5a	L4x4x1/2	23	23	0.033	0.029	0.016
C(1-1')	5a	L4x4x1/2	28	28	0.029	0.032	0.011
C(1-1')	5a	L4x4x1/2	23	23	0.032	0.027	0.015
D(1-1')	5a	L4x4x1/2	28	28	0.035	0.035	0.014
D(1-1')	5a	L4x4x1/2	23	23	0.032	0.032	0.016
A(1-1')	6	L4x4x1/2	27	27	0.014	0.010	0.005
A(1-1')	6	L4x4x1/2	23	23	0.009	0.012	0.005
B(1-1')	6	L4x4x1/2	27	27	0.016	0.015	0.007
B(1-1')	6	L4x4x1/2	23	23	0.011	0.013	0.006
C(1-1')	6	L4x4x1/2	27	27	0.015	0.013	0.005
C(1-1')	6	L4x4x1/2	23	23	0.010	0.013	0.006
D(1-1')	6	L4x4x1/2	27	27	0.014	0.012	0.005
D(1-1')	6	L4x4x1/2	23	23	0.009	0.012	0.005
A(1-1')	6a	L4x4x1/2	26	26	0.013	0.013	0.005
A(1-1')	6a	L4x4x1/2	23	23	0.011	0.012	0.006
B(1-1')	6a	L4x4x1/2	26	26	0.012	0.009	0.004
B(1-1')	6a	L4x4x1/2	23	23	0.007	0.013	0.005
C(1-1')	6a	L4x4x1/2	26	26	0.010	0.007	0.003
C(1-1')	6a	L4x4x1/2	23	23	0.007	0.012	0.005
D(1-1')	6a	L4x4x1/2	26	26	0.013	0.013	0.006
D(1-1')	6a	L4x4x1/2	23	23	0.010	0.012	0.006
A(1-1')	7	L4x4x1/2	26	26	0.008	0.004	0.002
A(1-1')	7	L4x4x1/2	23	23	0.004	0.009	0.003
B(1-1')	7	L4x4x1/2	26	26	0.008	0.004	0.003
B(1-1')	7	L4x4x1/2	23	23	0.004	0.008	0.002
C(1-1')	7	L4x4x1/2	26	26	0.007	0.003	0.002
C(1-1')	7	L4x4x1/2	23	23	0.004	0.008	0.002
D(1-1')	7	L4x4x1/2	26	26	0.009	0.004	0.003
D(1-1')	7	L4x4x1/2	23	23	0.004	0.009	0.003
A(1-1')	7a	L4x4x1/2	25	25	0.009	0.004	0.002
A(1-1')	7a	L4x4x1/2	23	23	0.006	0.013	0.003
B(1-1')	7a	L4x4x1/2	25	25	0.015	0.007	0.004
B(1-1')	7a	L4x4x1/2	23	23	0.007	0.016	0.004
C(1-1')	7a	L4x4x1/2	25	25	0.014	0.006	0.004
C(1-1')	7a	L4x4x1/2	23	23	0.007	0.015	0.005
D(1-1')	7a	L4x4x1/2	25	25	0.012	0.005	0.003

ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

D(1'-2)	7a	L4x4x1/2	23	23	0.006	0.014	0.003
A(1-1')	8	L4x4x1/2	24	24	0.024	0.011	0.002
A(1'-2)	8	L4x4x1/2	23	23	0.014	0.029	0.002
B(1-1')	8	L4x4x1/2	24	24	0.027	0.013	0.001
B(1'-2)	8	L4x4x1/2	23	23	0.014	0.029	0.001
C(1-1')	8	L4x4x1/2	24	24	0.023	0.011	0.000
C(1'-2)	8	L4x4x1/2	23	23	0.014	0.029	0.000
D(1-1')	8	L4x4x1/2	24	24	0.025	0.011	0.001
D(1'-2)	8	L4x4x1/2	23	23	0.013	0.028	0.001
A(1-1')	9	L4x4x1/2	45	45	0.065	0.062	0.015
A(1-1')	9	L4x4x1/2	45	45	0.065	0.062	0.015
B(1-1')	9	L4x4x1/2	45	45	0.036	0.038	0.010
B(1-1')	9	L4x4x1/2	45	45	0.036	0.038	0.010
C(1-1')	9	L4x4x1/2	45	45	0.035	0.033	0.008
C(1-1')	9	L4x4x1/2	45	45	0.035	0.033	0.008
D(1-1')	9	L4x4x1/2	45	45	0.061	0.065	0.016
D(1-1')	9	L4x4x1/2	45	45	0.061	0.065	0.016
A(1-1')	10	L4x4x1/2	45	45	0.045	0.041	0.010
A(1-1')	10	L4x4x1/2	45	45	0.045	0.041	0.010
B(1-1')	10	L4x4x1/2	45	45	0.069	0.072	0.018
B(1-1')	10	L4x4x1/2	45	45	0.069	0.072	0.018
C(1-1')	10	L4x4x1/2	45	45	0.076	0.070	0.017
C(1-1')	10	L4x4x1/2	45	45	0.076	0.070	0.017
D(1-1')	10	L4x4x1/2	45	45	0.045	0.044	0.011
D(1-1')	10	L4x4x1/2	45	45	0.045	0.044	0.011
A(1-1')	11	L4x4x1/2	45	45	0.071	0.069	0.017
A(1-1')	11	L4x4x1/2	45	45	0.071	0.069	0.017
B(1-1')	11	L4x4x1/2	45	45	0.027	0.024	0.007
B(1-1')	11	L4x4x1/2	45	45	0.027	0.024	0.007
C(1-1')	11	L4x4x1/2	45	45	0.021	0.020	0.005
C(1-1')	11	L4x4x1/2	45	45	0.021	0.020	0.005
D(1-1')	11	L4x4x1/2	45	45	0.068	0.070	0.018
D(1-1')	11	L4x4x1/2	45	45	0.068	0.070	0.018
A(1-1')	12	L4x4x1/2	45	45	0.021	0.021	0.005
A(1-1')	12	L4x4x1/2	45	45	0.021	0.021	0.005
A*(1-1')	12	L4x4x1/2	45	45	0.005	0.000	0.001
A*(1-1')	12	L4x4x1/2	45	45	0.005	0.000	0.001
B(1-1')	12	L4x4x1/2	45	45	0.032	0.035	0.009
B(1-1')	12	L4x4x1/2	45	45	0.032	0.035	0.009
C(1-1')	12	L4x4x1/2	45	45	0.030	0.042	0.009
C(1-1')	12	L4x4x1/2	45	45	0.030	0.042	0.009
C*(1-1')	12	L4x4x1/2	45	45	0.005	0.000	0.001
C*(1-1')	12	L4x4x1/2	45	45	0.005	0.000	0.001
D(1-1')	12	L4x4x1/2	45	45	0.020	0.021	0.006
D(1-1')	12	L4x4x1/2	45	45	0.020	0.021	0.006
1(A-B)	1	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
1(C-D)	1	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.001	0.000
2(A-A')	1	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(A-A')	1	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(C-C')	1	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(C-C')	1	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
1(A-B)	2	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
1(C-D)	2	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(A-A')	2	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(A-A')	2	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(C-C')	2	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(C-C')	2	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
1(A-B)	3	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
1(C-D)	3	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.001	0.000
2(A-A')	3	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(A-A')	3	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(C-C')	3	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(C-C')	3	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
1(A-B)	4	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
1(B-C)	4	L4x4x1/2	70	70	0.000	0.000	0.000
1(C-D)	4	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(A-A')	4	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(A-A')	4	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(B-B')	4	L4x4x1/2	35	35	0.000	0.000	0.000
2(B'-C)	4	L4x4x1/2	35	35	0.000	0.000	0.000
2(C-C')	4	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
2(C-C')	4	L4x4x1/2	30	30	0.000	0.000	0.000
1(A-B)	4a	L4x4x1/2	30	30	0.053	0.025	0.002
1(B-C)	4a	L4x4x1/2	70	70	0.021	0.043	0.004
1(C-D)	4a	L4x4x1/2	30	30	0.052	0.024	0.002
2(A-A')	4a	L4x4x1/2	15	15	0.029	0.061	0.013
2(A'-B)	4a	L4x4x1/2	15	15	0.020	0.043	0.013
2(B-B')	4a	L4x4x1/2	35	35	0.060	0.029	0.025
2(B'-C)	4a	L4x4x1/2	35	35	0.050	0.024	0.013
2(C-C')	4a	L4x4x1/2	15	15	0.022	0.046	0.014
2(C'-D)	4a	L4x4x1/2	15	15	0.029	0.060	0.012
1(A-B)	5	L4x4x1/2	30	30	0.168	0.078	0.007
1(B-C)	5	L4x4x1/2	70	70	0.056	0.120	0.007
1(C-D)	5	L4x4x1/2	30	30	0.157	0.072	0.004
2(A-A')	5	L4x4x1/2	30	30	0.064	0.132	0.003
2(A-A')	5	L4x4x1/2	30	30	0.064	0.132	0.003

ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

2(B-B')	5	L4x4x1/2	35	35	0.263	0.126	0.095
2(B'-C)	5	L4x4x1/2	35	35	0.234	0.133	0.074
2(C-C')	5	L4x4x1/2	30	30	0.061	0.127	0.002
2(C-C')	5	L4x4x1/2	30	30	0.061	0.127	0.002
1(A-B)	5a	L4x4x1/2	30	30	0.072	0.085	0.029
1(B-C)	5a	L4x4x1/2	70	70	0.012	0.024	0.003
1(C-D)	5a	L4x4x1/2	30	30	0.063	0.083	0.027
2(A-A')	5a	L4x4x1/2	15	15	0.091	0.105	0.080
2(A'-B)	5a	L4x4x1/2	15	15	0.012	0.006	0.005
2(B-B')	5a	L4x4x1/2	70	70	0.015	0.007	0.002
2(B-B')	5a	L4x4x1/2	70	70	0.015	0.007	0.002
2(C-C')	5a	L4x4x1/2	15	15	0.013	0.006	0.006
2(C'-D)	5a	L4x4x1/2	15	15	0.092	0.104	0.080
1(A-B)	6	L4x4x1/2	30	30	0.027	0.058	0.013
1(C-D)	6	L4x4x1/2	30	30	0.020	0.043	0.009
2(A-A')	6	L4x4x1/2	30	30	0.035	0.017	0.006
2(A-A')	6	L4x4x1/2	30	30	0.035	0.017	0.006
2(C-C')	6	L4x4x1/2	30	30	0.036	0.017	0.006
2(C-C')	6	L4x4x1/2	30	30	0.036	0.017	0.006
1(A-B)	6a	L4x4x1/2	30	30	0.038	0.065	0.019
1(C-D)	6a	L4x4x1/2	30	30	0.056	0.075	0.024
2(A-A')	6a	L4x4x1/2	15	15	0.047	0.033	0.033
2(A'-B)	6a	L4x4x1/2	15	15	0.065	0.041	0.043
2(C-C')	6a	L4x4x1/2	15	15	0.061	0.040	0.041
2(C'-D)	6a	L4x4x1/2	15	15	0.047	0.030	0.031
1(A-B)	7	L4x4x1/2	30	30	0.011	0.023	0.002
1(C-D)	7	L4x4x1/2	30	30	0.014	0.029	0.003
2(A-A')	7	L4x4x1/2	30	30	0.023	0.011	0.002
2(A-A')	7	L4x4x1/2	30	30	0.023	0.011	0.002
2(C-C')	7	L4x4x1/2	30	30	0.019	0.009	0.002
2(C-C')	7	L4x4x1/2	30	30	0.019	0.009	0.002
1(A-B)	7a	L4x4x1/2	30	30	0.051	0.060	0.020
1(C-D)	7a	L4x4x1/2	30	30	0.037	0.050	0.016
2(A-A')	7a	L4x4x1/2	15	15	0.041	0.033	0.030
2(A'-B)	7a	L4x4x1/2	15	15	0.038	0.029	0.028
2(C-C')	7a	L4x4x1/2	15	15	0.039	0.035	0.030
2(C'-D)	7a	L4x4x1/2	15	15	0.048	0.033	0.033
1(A-B)	8	L4x4x1/2	30	30	0.017	0.037	0.007
1(C-D)	8	L4x4x1/2	30	30	0.022	0.047	0.012
2(A-A')	8	L4x4x1/2	30	30	0.043	0.021	0.012
2(A-A')	8	L4x4x1/2	30	30	0.043	0.021	0.012
2(C-C')	8	L4x4x1/2	30	30	0.035	0.017	0.008
2(C-C')	8	L4x4x1/2	30	30	0.035	0.017	0.008
1(A-B)	9	L4x4x1/2	30	30	0.034	0.072	0.005
1(C-D)	9	L4x4x1/2	30	30	0.051	0.108	0.016
2(A-A')	9	L4x4x1/2	30	30	0.084	0.040	0.011
2(A-A')	9	L4x4x1/2	30	30	0.084	0.040	0.011
2(C-C')	9	L4x4x1/2	30	30	0.077	0.037	0.009
2(C-C')	9	L4x4x1/2	30	30	0.077	0.037	0.009
1(A-B)	10	L4x4x1/2	30	30	0.052	0.111	0.017
1(C-D)	10	L4x4x1/2	30	30	0.034	0.072	0.005
2(A-A')	10	L4x4x1/2	30	30	0.083	0.039	0.011
2(A-A')	10	L4x4x1/2	30	30	0.083	0.039	0.011
2(C-C')	10	L4x4x1/2	30	30	0.088	0.042	0.013
2(C-C')	10	L4x4x1/2	30	30	0.088	0.042	0.013
1(A-B)	11	L4x4x1/2	30	30	0.032	0.069	0.005
1(B-C)	11	L4x4x1/2	70	70	0.071	0.032	0.008
1(C-D)	11	L4x4x1/2	30	30	0.040	0.085	0.011
2(A-A')	11	L4x4x1/2	30	30	0.058	0.027	0.006
2(A-A')	11	L4x4x1/2	30	30	0.058	0.027	0.006
2(B-B')	11	L4x4x1/2	35	35	0.046	0.094	0.029
2(B'-C)	11	L4x4x1/2	35	35	0.038	0.076	0.024
2(C-C')	11	L4x4x1/2	30	30	0.063	0.030	0.007
2(C-C')	11	L4x4x1/2	30	30	0.063	0.030	0.007
1(A-B)	12	L4x4x1/2	30	30	0.042	0.090	0.014
1(B-C)	12	L4x4x1/2	70	70	0.046	0.021	0.005
1(C-D)	12	L4x4x1/2	30	30	0.032	0.067	0.009
2(A-A')	12	L4x4x1/2	15	15	0.074	0.035	0.014
2(A'-B)	12	L4x4x1/2	15	15	0.038	0.019	0.013
2(B-B')	12	L4x4x1/2	35	35	0.021	0.041	0.011
2(B'-C)	12	L4x4x1/2	35	35	0.014	0.025	0.006
2(C-C')	12	L4x4x1/2	15	15	0.038	0.020	0.011
2(C'-D)	12	L4x4x1/2	15	15	0.070	0.033	0.012
B'-1-B-2	11	L4x4x1/2	57	57	0.047	0.037	0.008
B-1-B'-2	11	L4x4x1/2	57	57	0.055	0.058	0.011
C-1-B'-2	11	L4x4x1/2	57	57	0.070	0.065	0.013
B'-1-C-2	11	L4x4x1/2	57	57	0.055	0.036	0.009
B'-1-B-2	12	L4x4x1/2	57	57	0.030	0.030	0.006
C-1-B'-2	12	L4x4x1/2	57	57	0.052	0.047	0.009
B-1-B'-2	12	L4x4x1/2	57	57	0.045	0.043	0.008
B'-1-C-2	12	L4x4x1/2	57	57	0.020	0.027	0.005

BRACE CAPACITY RATIOS

Brace Story Sec Lb2 Lb3 rBA rV3 rV2

ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

A(1-2)	0-1	L3x3x1/2	74	74	0.002	0.000	0.000
A(1-2)	1-0	L3x3x1/2	72	72	0.001	0.000	0.000
B(1-2)	0-1	L3x3x1/2	74	74	0.001	0.000	0.000
B(1-2)	1-0	L3x3x1/2	72	72	0.001	0.000	0.000
C(1-2)	0-1	L3x3x1/2	74	74	0.001	0.000	0.000
C(1-2)	1-0	L3x3x1/2	72	72	0.001	0.000	0.000
D(1-2)	0-1	L3x3x1/2	74	74	0.002	0.000	0.000
D(1-2)	1-0	L3x3x1/2	72	72	0.001	0.000	0.000
A(1-2)	2-1	L3x3x1/2	76	76	0.001	0.000	0.000
A(1-2)	1-2	L3x3x1/2	77	77	0.001	0.000	0.000
B(1-2)	2-1	L3x3x1/2	76	76	0.001	0.000	0.000
B(1-2)	1-2	L3x3x1/2	77	77	0.001	0.000	0.000
C(1-2)	2-1	L3x3x1/2	76	76	0.001	0.000	0.000
C(1-2)	1-2	L3x3x1/2	77	77	0.001	0.000	0.000
D(1-2)	2-1	L3x3x1/2	76	76	0.001	0.000	0.000
D(1-2)	1-2	L3x3x1/2	77	77	0.001	0.000	0.000
A(1-2)	2-3	L3x3x1/2	76	76	0.001	0.000	0.000
A(1-2)	3-2	L3x3x1/2	74	74	0.001	0.000	0.000
B(1-2)	2-3	L3x3x1/2	76	76	0.001	0.000	0.000
B(1-2)	3-2	L3x3x1/2	74	74	0.001	0.000	0.000
C(1-2)	2-3	L3x3x1/2	76	76	0.001	0.000	0.000
C(1-2)	3-2	L3x3x1/2	74	74	0.001	0.000	0.000
D(1-2)	2-3	L3x3x1/2	76	76	0.001	0.000	0.000
D(1-2)	3-2	L3x3x1/2	74	74	0.001	0.000	0.000
A(1-2)	4-3	L3x3x1/2	73	73	0.001	0.000	0.000
A(1-2)	3-4	L3x3x1/2	74	74	0.001	0.000	0.000
B(1-2)	4-3	L3x3x1/2	73	73	0.001	0.000	0.000
B(1-2)	3-4	L3x3x1/2	74	74	0.001	0.000	0.000
C(1-2)	4-3	L3x3x1/2	73	73	0.001	0.000	0.000
C(1-2)	3-4	L3x3x1/2	74	74	0.001	0.000	0.000
D(1-2)	4-3	L3x3x1/2	73	73	0.001	0.000	0.000
D(1-2)	3-4	L3x3x1/2	74	74	0.001	0.000	0.000
A(1-2)	4-5	L3x3x1/2	73	73	0.109	0.005	0.003
A(1-2)	5-4	L3x3x1/2	72	72	0.113	0.004	0.004
B(1-2)	4-5	L3x3x1/2	73	73	0.107	0.005	0.003
B(1-2)	5-4	L3x3x1/2	72	72	0.117	0.005	0.004
C(1-2)	4-5	L3x3x1/2	73	73	0.108	0.005	0.003
C(1-2)	5-4	L3x3x1/2	72	72	0.114	0.004	0.005
D(1-2)	4-5	L3x3x1/2	73	73	0.108	0.005	0.003
D(1-2)	5-4	L3x3x1/2	72	72	0.113	0.005	0.004
A(1-2)	6-5	L3x3x1/2	71	71	0.098	0.004	0.002
A(1-2)	5-6	L3x3x1/2	72	72	0.104	0.003	0.003
B(1-2)	6-5	L3x3x1/2	71	71	0.135	0.004	0.006
B(1-2)	5-6	L3x3x1/2	72	72	0.142	0.004	0.007
C(1-2)	6-5	L3x3x1/2	71	71	0.137	0.004	0.007
C(1-2)	5-6	L3x3x1/2	72	72	0.140	0.003	0.007
D(1-2)	6-5	L3x3x1/2	71	71	0.090	0.004	0.002
D(1-2)	5-6	L3x3x1/2	72	72	0.106	0.004	0.003
A(1-2)	6-7	L3x3x1/2	71	71	0.051	0.001	0.001
A(1-2)	7-6	L3x3x1/2	69	69	0.047	0.001	0.000
B(1-2)	6-7	L3x3x1/2	71	71	0.062	0.000	0.002
B(1-2)	7-6	L3x3x1/2	69	69	0.052	0.000	0.001
C(1-2)	6-7	L3x3x1/2	71	71	0.064	0.000	0.002
C(1-2)	7-6	L3x3x1/2	69	69	0.060	0.000	0.002
D(1-2)	6-7	L3x3x1/2	71	71	0.058	0.001	0.001
D(1-2)	7-6	L3x3x1/2	69	69	0.050	0.000	0.001
A(1-2)	8-7	L3x3x1/2	68	68	0.058	0.001	0.001
A(1-2)	7-8	L3x3x1/2	69	69	0.062	0.001	0.001
B(1-2)	8-7	L3x3x1/2	68	68	0.075	0.001	0.001
B(1-2)	7-8	L3x3x1/2	69	69	0.077	0.001	0.001
C(1-2)	8-7	L3x3x1/2	68	68	0.080	0.002	0.001
C(1-2)	7-8	L3x3x1/2	69	69	0.079	0.002	0.001
D(1-2)	8-7	L3x3x1/2	68	68	0.065	0.001	0.001
D(1-2)	7-8	L3x3x1/2	69	69	0.064	0.001	0.001
A(1-2)	8-9	L3x3x1/2	68	68	0.089	0.001	0.001
A(1-2)	9-8	L3x3x1/2	67	67	0.084	0.000	0.001
B(1-2)	8-9	L3x3x1/2	68	68	0.092	0.001	0.002
B(1-2)	9-8	L3x3x1/2	67	67	0.081	0.001	0.001
C(1-2)	8-9	L3x3x1/2	68	68	0.096	0.001	0.002
C(1-2)	9-8	L3x3x1/2	67	67	0.087	0.001	0.002
D(1-2)	8-9	L3x3x1/2	68	68	0.085	0.000	0.000
D(1-2)	9-8	L3x3x1/2	67	67	0.080	0.001	0.001
A(1-2)	10-9	L3x3x1/2	67	67	0.082	0.002	0.002
A(1-2)	9-10	L3x3x1/2	67	67	0.105	0.002	0.000
B(1-2)	10-9	L3x3x1/2	67	67	0.099	0.002	0.001
B(1-2)	9-10	L3x3x1/2	67	67	0.117	0.002	0.002
C(1-2)	10-9	L3x3x1/2	67	67	0.095	0.001	0.000
C(1-2)	9-10	L3x3x1/2	67	67	0.127	0.002	0.002
D(1-2)	10-9	L3x3x1/2	67	67	0.082	0.002	0.001
D(1-2)	9-10	L3x3x1/2	67	67	0.103	0.002	0.000
A(1-2)	10-11	L3x3x1/2	67	67	0.115	0.001	0.002
A(1-2)	11-10	L3x3x1/2	67	67	0.095	0.002	0.001
B(1-2)	10-11	L3x3x1/2	67	67	0.087	0.002	0.000
B(1-2)	11-10	L3x3x1/2	67	67	0.074	0.002	0.001
C(1-2)	10-11	L3x3x1/2	67	67	0.082	0.002	0.001

ESTUDIO PATOLÓGICO DEL ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO ALVARADO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

C(1-2)	11-10	L3x3x1/2	67	67	0.081	0.002	0.002
D(1-2)	10-11	L3x3x1/2	67	67	0.107	0.002	0.001
D(1-2)	11-10	L3x3x1/2	67	67	0.096	0.002	0.001
A(1-2)	12-11	L3x3x1/2	67	67	0.090	0.002	0.001
A(1-2)	11-12	L3x3x1/2	67	67	0.086	0.002	0.000
B(1-2)	12-11	L3x3x1/2	67	67	0.081	0.003	0.000
B(1-2)	11-12	L3x3x1/2	67	67	0.094	0.002	0.001
C(1-2)	12-11	L3x3x1/2	67	67	0.083	0.003	0.000
C(1-2)	11-12	L3x3x1/2	67	67	0.100	0.002	0.002
D(1-2)	12-11	L3x3x1/2	67	67	0.080	0.002	0.001
D(1-2)	11-12	L3x3x1/2	67	67	0.087	0.002	0.000
1(A-B)	1-0	L3x3x1/2	52	52	0.001	0.000	0.000
1(C-D)	0-1	L3x3x1/2	52	52	0.001	0.000	0.000
2(A-B)	1-0	L3x3x1/2	52	52	0.001	0.000	0.000
2(C-D)	0-1	L3x3x1/2	52	52	0.001	0.000	0.000
1(A-B)	1-2	L3x3x1/2	58	58	0.001	0.000	0.000
1(C-D)	2-1	L3x3x1/2	58	58	0.001	0.000	0.000
2(A-B)	1-2	L3x3x1/2	58	58	0.001	0.000	0.000
2(C-D)	2-1	L3x3x1/2	58	58	0.001	0.000	0.000
1(A-B)	3-2	L3x3x1/2	58	58	0.001	0.000	0.000
1(C-D)	2-3	L3x3x1/2	58	58	0.001	0.000	0.000
2(A-B)	3-2	L3x3x1/2	58	58	0.001	0.000	0.000
2(C-D)	2-3	L3x3x1/2	58	58	0.001	0.000	0.000
1(A-B)	3-4	L3x3x1/2	58	58	0.001	0.000	0.000
1(C-D)	4-3	L3x3x1/2	58	58	0.001	0.000	0.000
2(A-B)	3-4	L3x3x1/2	58	58	0.001	0.000	0.000
2(C-D)	4-3	L3x3x1/2	58	58	0.001	0.000	0.000
1(A'-B)	4a-4	L3x3x1/2	29	29	0.072	0.009	0.006
1(A-A')	5-4a	L3x3x1/2	29	29	0.156	0.009	0.006
1(B-B')	4-5	L3x3x1/2	61	61	0.001	0.000	0.000
1(B'-C)	5-4	L3x3x1/2	61	61	0.001	0.000	0.000
1(C-C')	4-4a	L3x3x1/2	29	29	0.068	0.007	0.006
2(A'-B)	4a-4	L3x3x1/2	29	29	0.021	0.000	0.003
1(C'-D)	4a-5	L3x3x1/2	29	29	0.148	0.007	0.006
2(A-A')	5-4a	L3x3x1/2	29	29	0.231	0.019	0.016
2(B-B')	4-5	L3x3x1/2	61	61	0.017	0.001	0.000
2(B'-C)	5-4	L3x3x1/2	61	61	0.016	0.001	0.000
2(C-C')	4-4a	L3x3x1/2	29	29	0.021	0.000	0.003
2(C'-D)	4a-5	L3x3x1/2	29	29	0.228	0.019	0.016
1(A-A')	5-5a	L3x3x1/2	29	29	0.266	0.020	0.001
1(C'-D)	5a-5	L3x3x1/2	29	29	0.243	0.019	0.003
1(A'-B)	5a-6	L3x3x1/2	29	29	0.243	0.020	0.001
1(C-C')	6-5a	L3x3x1/2	29	29	0.245	0.019	0.003
2(A-A')	5-5a	L3x3x1/2	29	29	0.287	0.038	0.003
2(C'-D)	5a-5	L3x3x1/2	29	29	0.284	0.038	0.003
2(A'-B)	5a-6	L3x3x1/2	29	29	0.254	0.032	0.004
2(C-C')	6-5a	L3x3x1/2	29	29	0.253	0.032	0.004
1(A'-B)	6a-6	L3x3x1/2	29	29	0.154	0.009	0.002
1(A-A')	7-6a	L3x3x1/2	29	29	0.143	0.009	0.002
1(C-C')	6-6a	L3x3x1/2	29	29	0.149	0.009	0.001
2(A'-B)	6a-6	L3x3x1/2	29	29	0.169	0.020	0.003
1(C'-D)	6a-7	L3x3x1/2	29	29	0.138	0.009	0.001
2(A-A')	7-6a	L3x3x1/2	29	29	0.181	0.024	0.001
2(C-C')	6-6a	L3x3x1/2	29	29	0.166	0.020	0.003
2(C'-D)	6a-7	L3x3x1/2	29	29	0.181	0.024	0.001
1(A-A')	7-7a	L3x3x1/2	29	29	0.121	0.007	0.001
1(C'-D)	7a-7	L3x3x1/2	29	29	0.127	0.008	0.001
1(A'-B)	7a-8	L3x3x1/2	29	29	0.125	0.007	0.001
1(C-C')	8-7a	L3x3x1/2	29	29	0.130	0.008	0.001
2(A-A')	7-7a	L3x3x1/2	29	29	0.139	0.015	0.003
2(C'-D)	7a-7	L3x3x1/2	29	29	0.139	0.015	0.003
2(A'-B)	7a-8	L3x3x1/2	29	29	0.178	0.022	0.003
2(C-C')	8-7a	L3x3x1/2	29	29	0.175	0.022	0.003
1(A-B)	9-8	L3x3x1/2	58	58	0.188	0.012	0.006
1(C-D)	8-9	L3x3x1/2	58	58	0.183	0.011	0.006
2(A-B)	9-8	L3x3x1/2	58	58	0.174	0.011	0.005
2(C-D)	8-9	L3x3x1/2	58	58	0.172	0.011	0.005
1(A-B)	9-10	L3x3x1/2	58	58	0.116	0.006	0.005
1(C-D)	10-9	L3x3x1/2	58	58	0.131	0.007	0.005
2(A-B)	9-10	L3x3x1/2	58	58	0.125	0.006	0.005
2(C-D)	10-9	L3x3x1/2	58	58	0.124	0.006	0.005
1(A-B)	11-10	L3x3x1/2	58	58	0.103	0.004	0.005
1(C-D)	10-11	L3x3x1/2	58	58	0.090	0.003	0.005
2(A-B)	11-10	L3x3x1/2	58	58	0.090	0.004	0.005
2(C-D)	10-11	L3x3x1/2	58	58	0.088	0.003	0.005
1(A-B)	11-12	L3x3x1/2	58	58	0.078	0.000	0.006
1(B-B')	12-11	L3x3x1/2	61	61	0.055	0.003	0.003
1(B'-C)	11-12	L3x3x1/2	61	61	0.070	0.002	0.004
1(C-D)	12-11	L3x3x1/2	58	58	0.087	0.001	0.007
2(A-B)	11-12	L3x3x1/2	58	58	0.068	0.000	0.006
2(B-B')	12-11	L3x3x1/2	61	61	0.044	0.001	0.003
2(B'-C)	11-12	L3x3x1/2	61	61	0.047	0.001	0.003
2(C-D)	12-11	L3x3x1/2	58	58	0.069	0.000	0.006

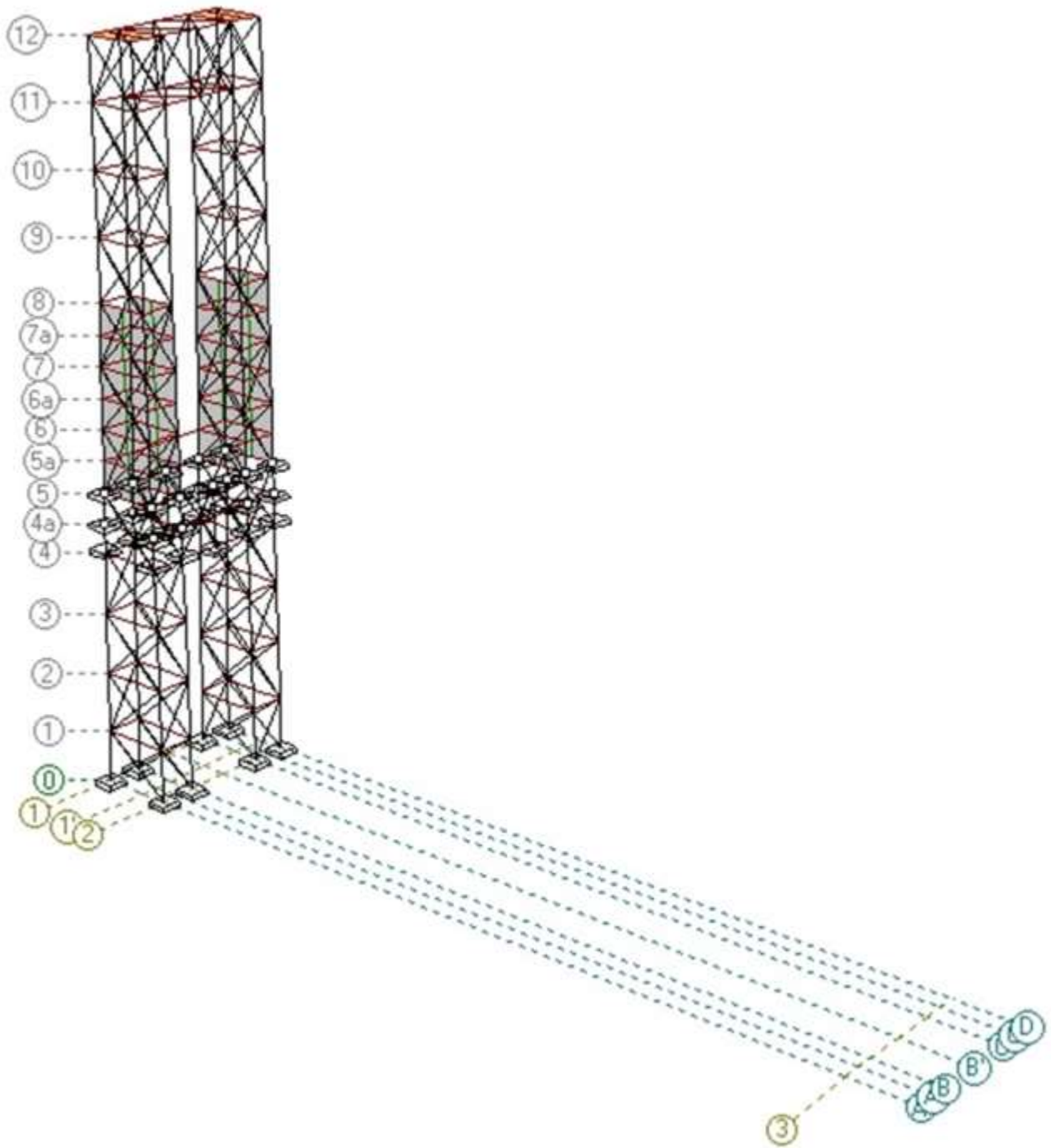
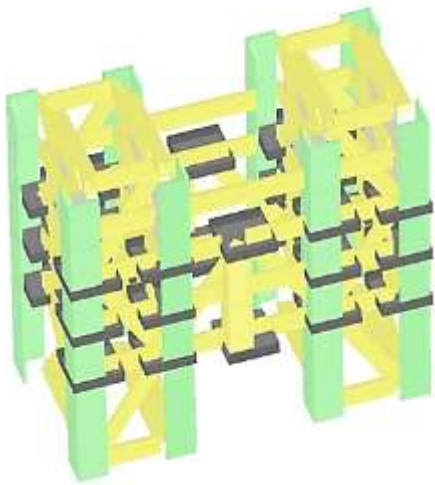


FIGURA REFUERZO PILA Programa RCP

Fuente: ING Eduardo Santa María

**Isométrico detalle refuerzo con ángulos**

Fuente: ING Eduardo Santa María



**DETALLE AMPLIADO DE SITIOS DE ANCLAE AL CONCRETO**

Fuente: ING Eduardo Santa María

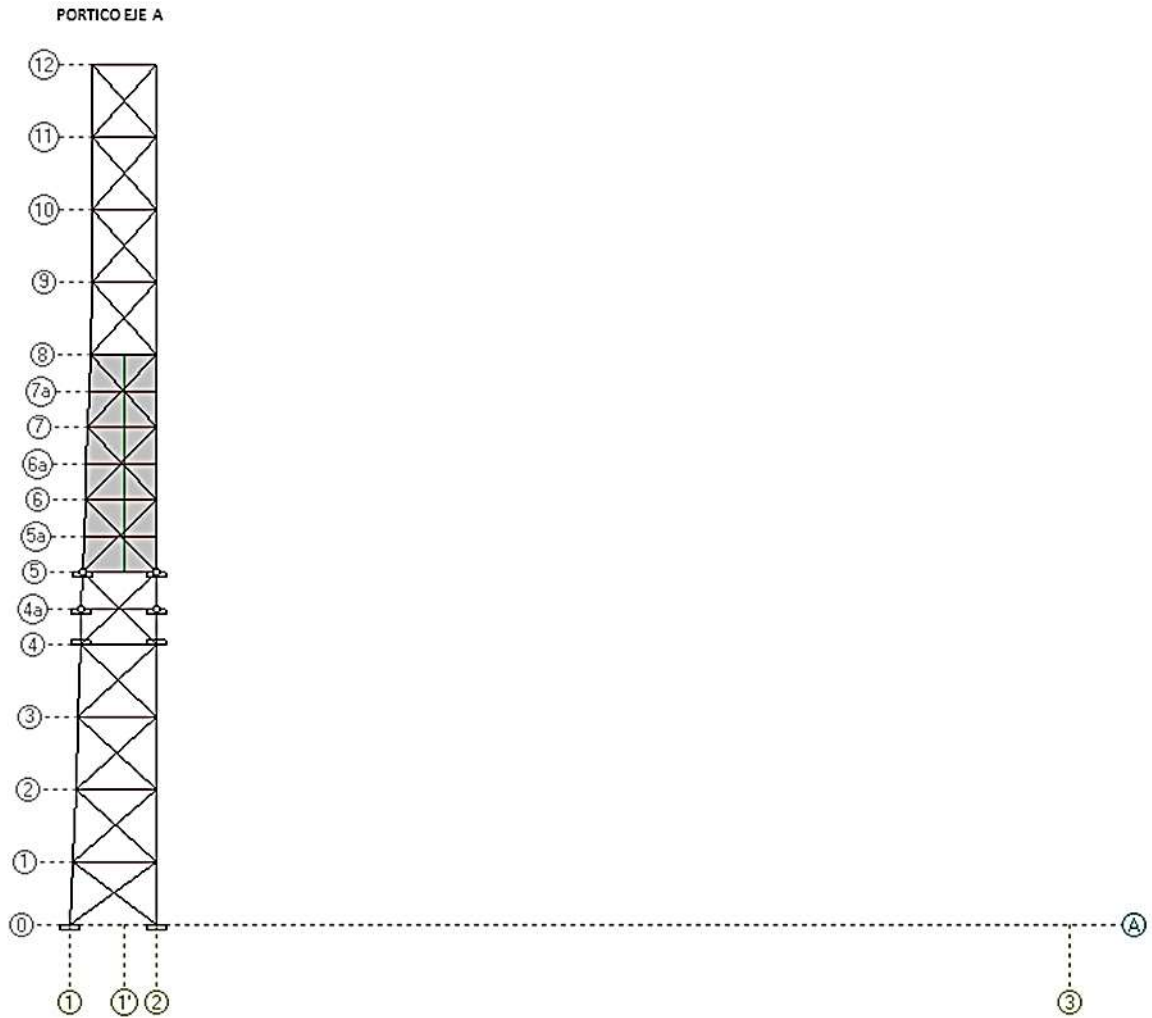


Figura: Perfil pórtico o pila programa RCP  
Fuente: ING Eduardo Santa María

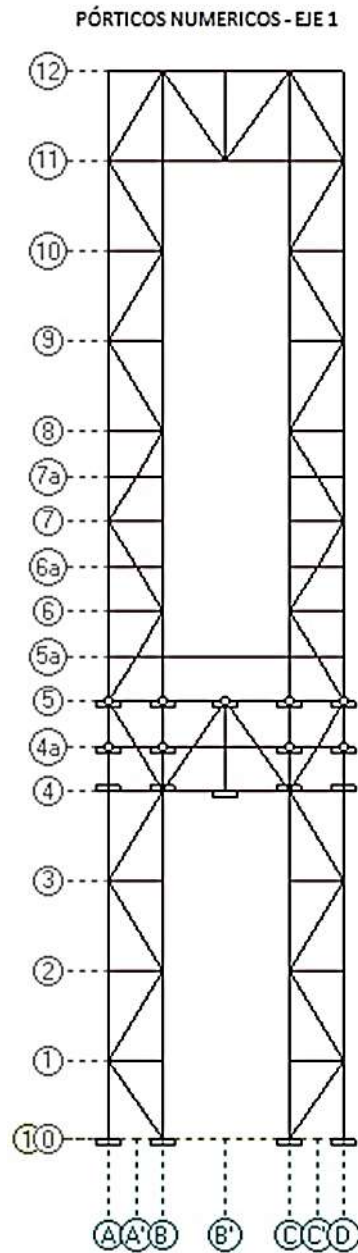


Figura: Vista frontal pórtico o pila programa RCP  
Fuente: ING Eduardo Santa María

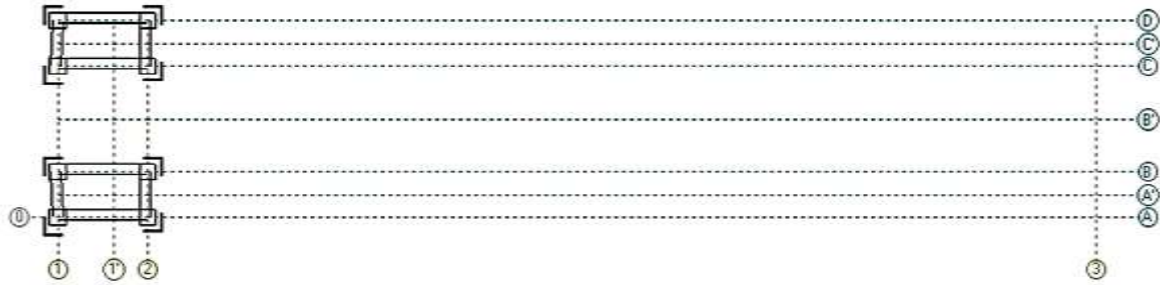


Figura: Planta nivel 0 programa RCP  
Fuente: ING Eduardo Santa Maria



Figura: Planta nivel 3 programa RCP  
Fuente: ING Eduardo Santa Maria



Figura: Planta nivel 4 programa RCP  
Fuente: ING Eduardo Santa Maria



Figura: Planta nivel 12 programa RCP  
Fuente: ING Eduardo Santa Maria

**Anexo D:** Memoria de cálculo

## **DESCRIPCION BREVE DEL PROYECTO**

Se contempló realizar una estructura metálica en ángulos aprovechando la estructura de concreto existente para guía en la construcción, la torre alta tiene como elemento vertical ángulos de 5"x5"x1/2" y la torre baja es de 4"x4"x1/2" soldada y anclada con tornillos de 1/2" x 2" grado 8, suspendida en los cables de 7/8" de pulgadas de diámetro, de acero con alma de acero mediante tensores de 1/2" PDR-60 y asegurados en los bloques de anclaje como se detallan en los planos.

La estructura se diseñó con dos torres aporticadas en cada lado del Acueducto colgante, en el caso de la torre larga se analizó el pórtico incluyendo una viga intermedia con el objeto de reducir la deriva a la que puede estar sometida en los casos exigidos por la combinación de cargas muertas, vivas, de viento y de sismo de acuerdo a la Norma NSR10. La cimentación son zapatas aisladas por pórtico.

**EDUARDO SATAMARIA BONILLA**  
INGENIERO CIVIL T.P. 25202-19518 CUND.

**DISEÑO PROPUESTA DE INTERVENCIÓN ACUEDUCTO COLGANTE SOBRE EL RÍO  
ALVARADO**

**DISEÑO ESTRUCTURAL**

**ING. EDUARDO SANTAMARIA BONILLA**

Ibagué, Noviembre 20 de 2018

## DISEÑO DEL VIADUCTO

### CARACTERÍSTICAS

LONGITUD :			
- ENTRE COLUMNAS		57,30	m
- TUBERÍA		47,66	m
DIAMETRO TUBERÍA		25	pulg
		0,635	m
ALTURA COLUMNA	H 1	5,93	m
	H 2	3,92	m
DISTANCIA DE TENSORES		0,65	m
TIPO DE TUBERÍA		Hierro	
PESO DE TUBERÍA		0,127	Ton/m
DIAMETRO DE CABLE		7/8"	
PESO DE CABLE		0,00218	Ton/m
LONGITUD CABLE - POR FÓRMULA		103,000	m
A SUMIDA		60,165	m
LONGITUD CABLE REAL - # VECES		8,00	veces
FLECHA DEL CABLE - f		6,5000	m

### EVALUACION DE CARGAS

PESO DEL AGUA EN TUBO LLENO	=	0,317	x	47,66	=	15,0936	Ton
PESO DEL TUBO, FLANCHES Y TORNILLERIA	=	0,127	x	47,66	=	6,0671	Ton
PESO DEL CABLE	=	0,00218	x	60,17	x	8	= 1,04976 Ton
						<u>22,2105</u>	Ton
CARGA MUERTA	=	22,21046	x	1,4	=	31,0946	Ton
CARGA VIVA	=	0,180	x	1,7	=	<u>0,3060</u>	Ton
CARGA ULTIMA - Wu					Wu =	31,4006	Ton
CARGA UNITARIA - Wo	=	31,401	/	47,66	Wo =	0,6588	Ton/m
H=To=(Wo x L^2) / 8 / f = 0,6588 x ( 57,30 ) ^ 2 / 8 / f = 41,5997 m							
CORTANTE= VL VL = VR = Wo x L / 2 = 0,65885 x 57,30 / 2 = 18,8760 Ton							
TENSION EN EL CABLE							
TL = TR = ( Wo x L / 2 ) x ( 1 + ( L ^ 2 ) / ( 16 x f ^ 2 ) ) = 45,6819 Ton							

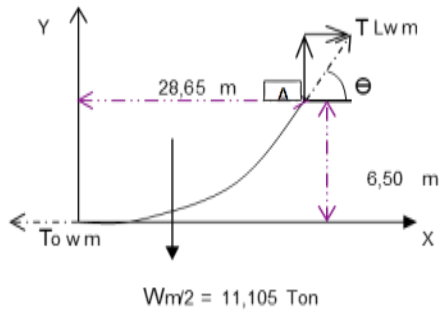
**CALCULO COORDENADAS DEL CABLE**

$$Y = ( W_o \times X^2 ) / ( 2 * H )$$

PTO	Col 1	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
X	0,00	6,30	8,30	10,30	12,30	14,30	16,30	18,30	20,30	22,30	24,30	26,30	28,30	30,30	32,30	34,30
Y	0,000	0,314	0,546	0,840	1,198	1,69	2,104	2,652	3,253	3,938	4,676	5,477	6,342	7,270	8,262	9,316

PTO	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	Col 2
X	36,30	38,30	40,30	42,30	44,30	46,30	48,30	50,30	52,30
Y	10,435	11616	12,881	14,169	15,541	16,976	18,474	20,035	21660

**EVALUACION DE TENSIONES POR CARGA MUERTA EN EL CABLE**



$$\sum M_A = 0$$

$$0 = 11,105 \times 14,33 - T_o \ wm \times 6,500$$

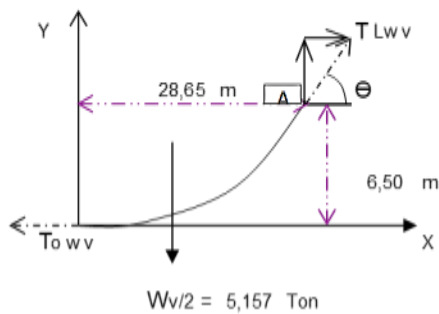
$$\Rightarrow T_o \ wm = 24,474 \text{ Ton}$$

$$T \ Lwm = \sqrt{ ( 24,47 )^2 + ( 11,11 )^2 }$$

$$\Rightarrow T \ Lwm = 26,88 \text{ Ton}$$

$$\tan ( \Theta ) = 11,11 / 26,88 = 0,4132 \Rightarrow \Theta = 22,45^\circ$$

**EVALUACION DE TENSIONES POR CARGA VIVA**



$$\sum M_A = 0$$

$$0 = 5,157 \times 14,33 - T_o \ wv \times 6,500$$

$$\Rightarrow T_o \ wv = 11,365 \text{ Ton}$$

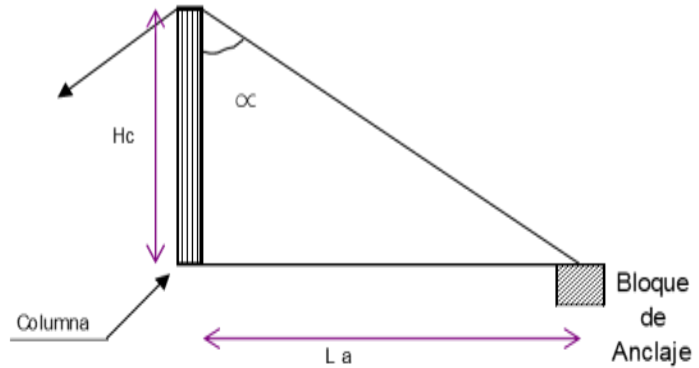
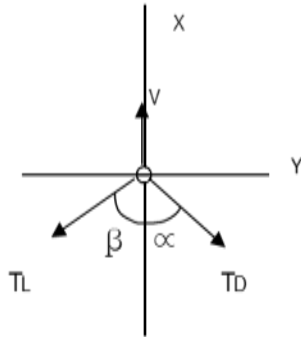
$$T \ Lwv = \sqrt{ ( 11,37 )^2 + ( 5,157 )^2 }$$

$$\Rightarrow T \ Lwv = 12,48 \text{ Ton}$$

$$\tan ( \Theta ) = 5,157 / 12,48 = 0,4132 \Rightarrow \Theta = 22,45^\circ$$

EVALUACION DE TENSIONES EN LA COLUMNA

Sumatorias de cargas en los ejes X - Y



COLUMNA LARGA

NOTA: El ángulo  $\beta$  es igual en ambas columnas

DA TOS	
Altura columna	$H_c = 5,93 \text{ m}$
Longitud de anclaje	$L_a = 9,52 \text{ m}$
Angulos	$\theta = 22,45^\circ$
	$\beta = 67,55^\circ$
	$\alpha = 58,08^\circ$

$$\Rightarrow \frac{L_a}{H_c} = \frac{9,52}{5,93} = 1,605 \quad \Rightarrow \quad \alpha = 58,08^\circ$$

$$\Rightarrow \beta = 90^\circ - \theta \quad \Rightarrow \quad \beta = 67,55^\circ$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow T_D \times \text{Sen } \alpha - T_L \times \text{Sen } \beta = 0$$

$$\Rightarrow T_D = \frac{T_L \times \text{Sen } \beta}{\text{Sen } \alpha} = \frac{T_L \times \text{Sen } \beta}{\text{Sen } \alpha} = \frac{T_L \times \text{Sen } 67,55}{\text{Sen } 58,08} = 1,145 T_L$$

$$\Rightarrow T_D = 1,1452 T_L$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow V - T_D \times \text{Cos } \alpha - T_L \times \text{Cos } \beta = 0$$

$$\Rightarrow V = T_D \times \text{Cos } 58,08 + T_L \times \text{Cos } 67,55$$

$$\Rightarrow V = T_D \times 0,52871 + T_L \times 0,38188$$

TENSIONES DEBIDAS A CARGA MUERTA

$$T_{Dwm} = 1,14523 \times 26,8759 = 30,78 \text{ Ton} \quad \Rightarrow \quad T_{Dwm} = 30,7791 \text{ Ton}$$

$$V_{wm} = 0,52871 \times 30,7791 + 0,38188 \times 26,8759 \quad \Rightarrow \quad V_{wm} = 26,54 \text{ Ton}$$

TENSIONES DEBIDAS A CARGA VIVA

$$T_{Dwv} = 1,14523 \times 12,4805 = 14,29 \text{ Ton} \quad \Rightarrow \quad \boxed{T_{Dwv} = 14,2931 \text{ Ton}}$$

$$V_{wv} = 0,52871 \times 14,2931 + 0,38188 \times 12,4805 \quad \Rightarrow \quad \boxed{V_{wv} = 12,32 \text{ Ton}}$$

COLUMNA CORTA

DATOS	
Altura columna	H7 = 3,92 m
Longitud de anclaje	La = 6,10 m
Angulos	$\Theta = 22,45^\circ$
	$\beta = 67,55^\circ$
	$\alpha = 57,27^\circ$

$$\Rightarrow \frac{La}{Hc} = \frac{6,10}{3,92} = 1,556 \quad \Rightarrow \quad \boxed{\alpha = 57,27^\circ}$$

$$\Rightarrow \beta = 90^\circ - \Theta \quad \Rightarrow \quad \boxed{\beta = 67,55^\circ}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow T_D \times \text{Sen } \alpha - T_L \times \text{Sen } \beta = 0$$

$$\Rightarrow T_D = \frac{T_L \times \text{Sen } \beta}{\text{Sen } \alpha} = \frac{T_L \times \text{Sen } 67,55}{\text{Sen } 57,27} = 1,160 T_L$$

$$\Rightarrow \boxed{T_D = 1,1600 T_L}$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow V - T_D \times \text{Cos } \alpha - T_L \times \text{Cos } \beta = 0$$

$$\Rightarrow V = T_D \times \text{Cos } 57,27 + T_L \times \text{Cos } 67,55$$

$$\Rightarrow \boxed{V = T_D \times 0,54062 + T_L \times 0,38188}$$

TENSIONES DEBIDAS A CARGA MUERTA

$$T_{Dwm} = 1,15997 \times 26,8759 = 31,18 \text{ Ton} \quad \Rightarrow \quad \boxed{T_{Dwm} = 31,18 \text{ Ton}}$$

$$V_{wm} = 0,54062 \times 31,1752 + 0,38188 \times 26,8759 \quad \Rightarrow \quad \boxed{V_{wm} = 27,12 \text{ Ton}}$$

TENSIONES DEBIDAS A CARGA VIVA

$$T_{Dwv} = 1,15997 \times 12,4805 = 14,48 \text{ Ton} \quad \Rightarrow \quad \boxed{T_{Dwv} = 14,48 \text{ Ton}}$$

$$V_{wv} = 0,54062 \times 14,477 + 0,38188 \times 12,4805 \quad \Rightarrow \quad \boxed{V_{wv} = 12,59 \text{ Ton}}$$

Anexo E: Ficha técnica material de recubrimiento tubería



## HOJA TECNICA DE PRODUCTO

### Sikalastic®-8800

#### MEMBRANA IMPERMEABLE APLICADA CON EQUIPO DE ASPERSIÓN

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Sikalastic®-8800</b> , es una membrana líquida de poliurea pura, de curado muy rápido, con buena resistencia química y mecánica, de dos componentes y 100 % sólidos.
<b>USOS</b>	<p><b>Sobre Concreto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recubrimiento protector resistente a la abrasión en la industria de manufacturas.</li> <li>• Recubrimiento interior de diques.</li> <li>• Revestimiento en diques.</li> <li>• Impermeabilización de cubiertas.</li> <li>• Impermeabilización en pasillos y balcones.</li> <li>• Impermeabilización de pisos y cubiertas de parqueaderos.</li> <li>• Estructuras de retención de agua en centrales eléctricas.</li> <li>• Estructuras de contención secundaria.</li> <li>• Recubrimiento de tanques y diques.</li> <li>• Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas con proceso abierto.</li> </ul> <p><b>Sobre acero</b></p> <p>Revestimiento de plafón de camioneta impermeabilización y capa sobre caballetes de acero.</p>
<b>VENTAJAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy rápida reactividad y tiempo de curado</li> <li>• Casi de inmediato puesta en servicio.</li> <li>• Aplicable en temperaturas entre +1°C a +50°C.</li> <li>• Temperatura seca de servicio desde -30°C a +100°C</li> <li>• Excelente propiedades de puenteo de fisuras</li> <li>• Buena resistencia química</li> <li>• Excelente resistencia a la abrasión</li> <li>• Resistente de exposición a la luz UV, pero puede provocar amarillamiento y entizamiento</li> <li>• No es resistente al ácido sulfúrico biogénico.</li> <li>• No apta para tanques digestores.</li> </ul> <p><b>Ensayos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recubrimiento de protección de concreto de acuerdo con los requisitos de la norma EN1504-2 / 2004.</li> <li>• DoP 02 06 07 01 001 0 00017 1008, certified by FPC Notified Body and provided with CE-Marking</li> <li>• Geoscope GmbH, project No. 131303A, 2013, Determinación de la durabilidad de la membrana sintética <b>Sikalastic-8800</b> en un autoclave, basado en DIN EN ISO 18438.</li> <li>• Reporte de la prueba de acuerdo ZTV-ING, parte 4, sección 3, protección contra la corrosión de canales de grava, emitido por KJWA, Informe No.: 8769</li> </ul>

Hoja Técnica de Producto  
Sikalastic - 8800  
Versión: 07/2015

- Eurofins Prueba del producto A/S, informe N° G23435\_Ver2 / BJ1, 2013, Determinación de la migración global y la migración de isocianatos de acuerdo a EN 1186 y EN 14338.
- Kíw a Polymer Institut GmbH, Informe No. P8381-E, 2013, Pruebas dinámicas y estática de habilidad de puenteo de fisura según la norma DIN EN 1062-7, así como fuerza de adherencia, después de ciclos de congelación-descongelación con inmersión en sales de deshielo y después de ciclos de tormenta de acuerdo a DIN EN 13687-1 y -2, en combinación con **Sikalastic-8800**.
- Kíw a Polymer Institute GmbH, Informe No. P8395, 2013, Prueba de resistencia a raíces según DIN 4062.

#### APROBACIONES / NORMAS

##### Datos de Producto

##### Forma

##### Apariencia/ Color

ISO - Componente A Marrón claro  
Resina - Componente B Gris o Amarillento  
A + B: Grey RAL 7004

##### Empaque

Componente A 212 kg  
Componente B 191 kg

##### Datos Técnicos

##### Base química

Poliurea pura

##### Densidad

Comp A 1.08 kg/l  
Comp B 1.04 kg/l (DIN EN ISO 2811-1)  
A + B 1.00 kg/l (Curado final)  
Valores de densidad a 23°C.

##### Velocidad de curado

Temperatura del sustrato de +8°C a +45°C  
Inicia entre 5 - 10 segundos.

##### Contenido de sólidos

>99%

##### Viscosidad

Comp A ~ 900 - 1300 mPas a +20°C  
Comp B ~ 600 - 850 mPas a +20°C

##### Espesor de capa

2 mm mínimo

##### Propiedades mecánicas

##### Resistencia a Tensión

~18,0 N/mm<sup>2</sup> (28 días a +23°C) (DIN 53504)

##### Dureza a Shore

> 50

##### Elongación a la rotura

~350% (28 días a +23°C) (DIN 53504)

##### Resistencia

##### Resistencia química

**Sikalastic-8800** es generalmente resistente a:

- Sales de deshielo
- Betumen
- Alcalis

##### Resistencia térmica:

**Sikalastic-8800** es resistente a periodos cortos de asfalto caliente vertido hasta un máximo de 240°C.  
Las propiedades elásticas se mantienen hasta temperaturas tan bajas de -30°C.

##### Detalles de aplicación

##### Consumo / Dosificación

~ 1kg/mm/m<sup>2</sup>

##### Calidad del sustrato

El sustrato de concreto debe estar sano y suficiente resistencia a compresión (mínima 25 N/mm<sup>2</sup>) y una resistencia a tensión mínima de 1,5 N/mm<sup>2</sup>.  
El sustrato debe estar limpio, seco y libre de contaminantes como polvo, aceites, grasas, recubrimientos y tratamientos superficiales, etc.  
En caso de dudas hacer una superficie de prueba.

##### Preparación del sustrato

El polvo y partículas sueltas o mal adheridas se deben eliminar completamente de todas las superficies antes de la aplicación del producto, preferiblemente por cepillado y / o aspirado

##### Hoja Técnica de Producto

Sikalastic-8800

Versión: 06/2015

<b>Condiciones de Aplicación/ Limitaciones</b>																									
Temperatura del sustrato																									
Temperatura ambiente	+5°C mín / +45°C max																								
+5°C mín / +45°C max																									
<b>Contenido de humedad del sustrato</b>	≤ 4% pbw contenido de humedad Método de prueba, medidor <b>Sika-Tramex CM</b> – Medición en horno método seco. Sin humedad ascendente según la norma ASTM (lámina de polietileno).																								
<b>Punto de Rocío</b>	Cuidado con la condensación El sustrato deben estar al menos 3°C por encima del punto de rocío hasta el curado final de la membrana, para reducir el riesgo de condensación y formación de ampollas.																								
<b>Instrucciones de Aplicación</b>																									
<b>Mezclado</b>	Comp A : Comp B = 1 : 1 en volumen Dosificar y mezclar con equipo adecuado de pulverización de dos componentes. Ambos componentes se deben calentar a +70°C. La exactitud de mezcla, dosificación y temperatura debe ser controlada regularmente con el equipo.																								
<b>Método de Aplicación / Herramientas</b>	Antes de la aplicación confirmar contenido de humedad del sustrato, humedad relativa y punto de rocío. <b>Imprimación</b> Aplicar con rodillo <b>Sikafloor-156</b> sobre la superficie de concreto, si es necesario aplicar dos capas. Después de cada aplicación hacer un riego de arena de cuarzo <b>Sikadur 501</b> . Para evitar la formación de ampollas, evitar el riego en exceso. <b>Nivelación:</b> Las superficies irregulares deben ser nivelado primero. Utilice un mortero de nivelación <b>Sikafloor Level 25</b> o si el sustrato además tiene una humedad por encima del 4% utilice <b>Sikafloor EpoCem</b> como barrera transitoria de vapor y mortero de nivelación (véase el PDS pertinentes). <b>Impermeabilización:</b> Aplicar con equipos adecuado de pulverización en caliente de dos componentes. Posibles proveedores de equipo de pulverización son Gama, Graco, Isotherma, WiWa, Reaku, ... Temperatura de material: +70°C Para obtener información más detallada de ingeniería de aplicaciones, consulte el Departamento Técnico de Sika y consulte el proveedor del equipo.																								
<b>Limpieza de herramientas</b>	Limpie todas las herramientas y equipos de aplicación con el producto recomendado por el proveedor, inmediatamente después de su uso. El material endurecido y/o curado sólo se puede eliminar mecánicamente																								
<b>Tiempo de Espera / Sobre capas</b>	Antes de aplicar <b>Sikalastic-8800</b> sobre <b>Sikafloor-156</b> esperar: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Temp de sustrato</th> <th>Mínimo</th> <th>Máximo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>+10°C</td> <td>24 horas</td> <td rowspan="4">1 mes<sup>1)</sup></td> </tr> <tr> <td>+20°C</td> <td>12 horas</td> </tr> <tr> <td>+30°C</td> <td>8 horas</td> </tr> <tr> <td>+45°C</td> <td>8 horas</td> </tr> </tbody> </table> Antes de aplicar <b>Sikalastic 810</b> sobre <b>Sikalastic-8800</b> esperar: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Temp de sustrato</th> <th>Mínimo</th> <th>Máximo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>+10°C</td> <td rowspan="5">10 min</td> <td>3 horas<sup>2)</sup></td> </tr> <tr> <td>+20°C</td> <td>2 horas<sup>2)</sup></td> </tr> <tr> <td>+30°C</td> <td>2 horas<sup>2)</sup></td> </tr> <tr> <td>+45°C</td> <td>1 hora<sup>2)</sup></td> </tr> </tbody> </table>	Temp de sustrato	Mínimo	Máximo	+10°C	24 horas	1 mes <sup>1)</sup>	+20°C	12 horas	+30°C	8 horas	+45°C	8 horas	Temp de sustrato	Mínimo	Máximo	+10°C	10 min	3 horas <sup>2)</sup>	+20°C	2 horas <sup>2)</sup>	+30°C	2 horas <sup>2)</sup>	+45°C	1 hora <sup>2)</sup>
Temp de sustrato	Mínimo	Máximo																							
+10°C	24 horas	1 mes <sup>1)</sup>																							
+20°C	12 horas																								
+30°C	8 horas																								
+45°C	8 horas																								
Temp de sustrato	Mínimo	Máximo																							
+10°C	10 min	3 horas <sup>2)</sup>																							
+20°C		2 horas <sup>2)</sup>																							
+30°C		2 horas <sup>2)</sup>																							
+45°C		1 hora <sup>2)</sup>																							

Antes de aplicar Sikalastic-8800 sobre Sikalastic-8800 espera:

Temp de sustrato	Mínimo	Máximo
+10°C	4 min	3 horas <sup>1)</sup>
+20°C		1 hora <sup>1)</sup>
+30°C		
+45°C		

- <sup>1)</sup> Suponiendo que la suciedad se ha eliminado cuidadosamente y se evita la contaminación.
- <sup>2)</sup> Si el max. tiempo de espera se supera, entonces Sikalastic®-810 + 15% en peso de thinner C debe ser aplicado como un mejorador de adherencia.
- <sup>3)</sup> Si el max. tiempo de espera se excede entonces Sikalastic®-810 debe ser aplicado diluido con máx. 20% Thinner C.

Los tiempos son aproximados y pueden verse afectados por cambios en las condiciones ambientales, e especialmente la temperatura y la humedad relativa.

**Aplicación / Limitaciones**

El producto solo puede ser aplicado por profesionales experimentados.

La aplicación es con equipos de pulverización en caliente de 2 componente solamente.

La temperatura del sustrato durante la aplicación y curado debe ser de +5°C mínimo.

**Sikalastic®-8800** no es resistente a la rayos UV y cambia de color bajo exposición UV. Sin embargo, el desempeño y propiedades técnicas no se ven afectados. Exposición máxima de 4 semanas.

Tenga en cuenta: Aplique siempre un área de prueba primero.

No usar en tanques digestores.

**Detalles de Curado**

Producto Listo para Aplicar	Temperatura	Resistencia a lluvia	Tráfico peatonal <sup>1)</sup>	Listo para tráfico <sup>2)</sup>
	+10°C	~ 1min	~ 8 minutos	~ 24 horas
	+20°C		~ 5 minutos	~ 18 horas
	+30°C		~ 4 minutos	~ 14 horas
	+45°C		~ 4 minutos	~ 12 horas

NOTA:  
<sup>1)</sup> Solo para inspección o para aplicación de la siguiente capa.  
<sup>2)</sup> Solo para la inspección, la aplicación de la siguiente capa o la colocación de la capa de asfalto por camiones. No es para el tráfico permanente.

Los tiempos son aproximados y pueden verse afectados por cambios en las condiciones ambientales.

**Base de Valor**

Todos los datos técnicos indicados en esta Hoja de Datos de Producto están basados en ensayos de laboratorio.

Los datos medidos reales pueden variar debido a circunstancias fuera de nuestro control.

**Restricciones Locales**

Tener en cuenta que como resultado de regulaciones locales específicas el funcionamiento de este producto puede variar de un país a otro. Por favor, consulte la Hoja de Datos locales para la descripción exacta de los campos de aplicación.

**Salud y seguridad**

Para información y consejo sobre la manipulación, almacenamiento y eliminación de productos químicos, los usuarios deben consultar la versión más reciente de la Hoja de seguridad que contiene datos relacionados con la seguridad física, ecológicos, toxicológicos y otros.

**Regulación EU2004/42  
VOC - Decopaint Directive**

De acuerdo con la Directiva de la UE 2004/42, el máximo permitido contenido de (Categoría de producto IIA / tipo j sb) es 550/500 g/l (Límites 2007/2010) para el uso del producto.

El máximo contenido del **Sikalisto 8800** es < 500g/l para el usos del producto.

Hoja Técnica de Producto  
 Sikalastic-8800  
 Versión: 06/2016



**Almacenamiento**

Condiciones de almacenamiento  
Tiempo de vida

Componente A	12 meses
Componente B	12 meses

A partir de su fecha de fabricación, en sus envases original, bien cerrados y no deteriorados, en condiciones secas de almacenamiento a temperaturas entre +5°C y +30°C.



**Sika Colombia S.A.S.**  
Vereda Canavita, km 20.5  
Autopista Norte, Tocancipá  
Conmutador: 878 6333  
Colombia - web:cl.sika.com

**NOTA**

La información, y en particular la idoneidad e idoneidad con la aplicación y uso final de los productos Sika, se proporciona de buena fe, con base en el conocimiento y la experiencia actual de Sika sobre los productos que han sido apropiadamente almacenados, manipulados y aplicados bajo condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las condiciones en los sitios de construcción y condiciones actuales de las obras son tales, que ninguna garantía con respecto a la idoneidad o aptitud para un propósito particular, ni responsabilidad por el uso de cualquier producto de Sika, que no sea de esta información o de cualquier recomendación escrita de cualquier otra asesoría o ayuda. El usuario del producto debe probar la idoneidad del mismo para el uso y propósito de cada caso. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de los productos. Los derechos de propiedad de terceros deben ser respetados. Toda la información de compra con aceptación sujeta a nuestros términos de venta y despacho publicados en la página web: cl.sika.com. Los usuarios deben referirse al agente de la venta en localización mediante la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada a ser solicitada.

Hoja Técnica de Producto  
Sikalastic-8800  
Versión: 07/2015



**Anexo F:** Plano del perfil del acueducto colgante, archivo aparte

**Anexo G:** Plano levantamiento topográfico, archivo aparte