



MOP-DACGER

**INFORME TECNICO:
EVALUACION DE DAÑOS Y RIESGO
EN BOVEDA SOBRE QUEBRADA
CHILISMUYO, MUNICIPIO DE SAN
SALVADOR, DEPARTAMENTO DE
SAN SALVADOR**



MOP-DACGER-003/2011

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS TECNICOS

SUBDIRECCION DE GEOTECNIA

SUBDIRECCION DE PUENTES Y OBRAS DE PASO

SUBDIRECCION DE DRENAJES





MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTE, VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO

REF. MOP-DACGER-003/2011

INFORME TÉCNICO: EVALUACION DE DAÑOS Y RIESGO EN BOVEDA SOBRE QUEBRADA CHILISMUYO, MUNICIPIO DE SAN SALVADOR, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR.

Índice

- 1.- *Datos Generales.*
- 2.- *Ubicación Geográfica.*
- 3.- *Antecedentes*
- 4.- *Estrategia para realizar inspección y observaciones de campo.*
- 5.- *Diagnóstico.*
- 6.- *Recomendaciones.*
- 7.- *Fotografías/ Imágenes.*
- 8.- *Técnicos Responsables.*
- 9.- *Anexos*

1. Datos Generales.

1.1. Objeto de la Inspección:

Estimar el recorrido físico y realizar el levantamiento de daños de la bóveda para establecer la propuesta de intervención y compararla con la presentada por la empresa RODIO SWISSBORING en diciembre de 2009.

1.2. Fecha y Hora de la Inspección:

14 y 15 de Febrero/2011. De 8 am a 3 pm.

1.3. Persona que recibe solicitud:

Lic. Néstor Bonilla.



[Handwritten signature]

1.4. Institución que solicita inspección:

MOPTVDU-VMOP.

1.5. Contacto:

Sr. Viceministro de Obras Públicas

Teléfono:

1.6. Personal que participó en la inspección:

Personal	Institución:
Ing. Daniel Zúniga.	DACGER-MOP
Ing. Héctor González.	DACGER-MOP
Inga. Dera Cortez.	DACGER-MOP
Ing. Yuri Rodríguez.	DACGER-MOP
Inga. Irinia Cruz.	DACGER-MOP
Arq. Violeta Aguilar.	DACGER-MOP
Inga. Marcela Tobar.	DACGER-MOP
Inga. Sonia Calderón.	DACGER-MOP
Ing. Alonso Alfaro.	DACGER-MOP
Ing. Aleyda Montoya.	DACGER-MOP
Ing. Eduardo Villalobos.	DACGER-MOP
Ing. Juan Carlos García.	DACGER-MOP
Ing. Emilio Ventura.	DACGER-MOP
Inga. Claribel Tejada.	DACGER-MOP
Ing. Alejandro Machuca.	DACGER-MOP
Inga. Emely Robles.	DACGER-MOP

1.7. Informe previos relacionados:

Informe Presentado por RODIO SWISSBORING en diciembre de 2009.

1.8. Situación Administrativa actual:

Reparaciones a tramo colapsado frente a SERTRACEN.



2. Ubicación Geográfica.

1.1 Ubicación General:

Departamento: San Salvador.

Municipio: San Salvador

1.2 Dirección:

Calle los Sisimiles, entre Boulevard de Los Héroes y SERTRACEN, Municipio San Salvador, Departamento de San Salvador.

1.3 Coordenadas Geodésicas:

Entrada Bóveda: 13°42'33.5" N 89°12'45.4" O

Salida Bóveda: 13°42'13.8" N 89°12'24.2" O

1.4 Esquema de Ubicación



Figura 1: Esquema de ubicación.



B

3. Antecedentes.

Después de haber ocurrido el colapso de un tramo de la bóveda, ubicado frente a las instalaciones de SERTRACEN en septiembre de 2009, y como parte de los trabajos de reparación del tramo colapsado, la empresa RODIO SWISSBORING realizó una inspección al interior de la bóveda, posteriormente presentó un informe en el cual identificaban varias zonas con daños entre leves y moderados, y un tramo con daños severos a la estructura de la bóveda, sin embargo no se determinó la trayectoria de la bóveda y se asumió que ésta recorría completamente bajo la calle Los Sisimiles.

Como consecuencia del informe presentado en aquel momento se planificó la realización de una inspección técnica teniendo como objetivo el establecimiento de la forma aproximada del recorrido de la bóveda y realizar un levantamiento de daños.

4. Estrategia para realizar inspección y observaciones de campo.

El proceso de inspección se ejecutó en las etapas siguientes:

4.1. Inspección previa de reconocimiento de la zona.

En esta inspección se realizó un recorrido por toda la zona, identificando las posibles rutas de entrada y salida de la bóveda, se identificaron los pozos de aguas lluvias que pudiesen tener acceso directo a la bóveda, ver Figura 2.



Figura 2: Ubicación de pozos de control.



4.2. Planificación de la inspección.

En esta etapa se realizaron coordinaciones con:

- A. Cuerpo de Bomberos de El Salvador con el objeto de obtener asistencia técnica sobre medidas de seguridad para ingresar al interior de la bóveda, capacitación técnica sobre el uso de equipos de respiración por auto contenido y realizar visita de reconocimiento de la zona.
- B. Comandos de Salvamento para solicitar apoyo ante cualquier emergencia el día de la inspección.
- C. Fuerza Armada de El Salvador para solicitar apoyo en seguridad para el día de la inspección,
- D. Interinstitucionalmente, con otras Unidades para llevar a cabo la inspección.

4.3. Inspección.

La inspección se realizó por etapas durante dos días consecutivos como se detalla:

Día 14 de febrero de 2011:

Para este día ingresaron tres grupos: uno de reconocimiento, el de trazo de bóveda y el de levantamiento de daños. El proceso de ingreso se describe a continuación.

- Se realizó un ingreso de reconocimiento por la entrada a la bóveda con el fin de determinar posibles zonas de alerta dentro de la misma, en esta incursión se logró avanzar cerca de 200 metros y no se pudo progresar más debido a que se llegó a un punto en el cual ya no existía la cama de agua de la bóveda y además existía una socavación con una profundidad de 1.5 metros aproximadamente en el borde y por seguridad no se continuó.
- Luego del reconocimiento, se realizó un segundo ingreso con el fin de efectuar mediciones para estimar el recorrido de la bóveda. Para la realización de las mediciones se utilizó el método de Bilateración o triangulación, el cual consiste en la localización de un punto C a partir de una recta AB (puntos A y B conocidos), por medio de las distancias a y b medidas en cada extremidad de la recta, ver Figura 3. Este método exige mayor tiempo para su realización pues hay que realizar una cantidad significativa de medidas para poder ir determinando la posición relativa de cada uno de los puntos con respecto a los demás, y aunque no es tan preciso por la gran cantidad de medidas

que tienen que realizarse¹ se escogió este método debido a la limitante que presenta el uso del sistema de posicionamiento global GPS y a la limitante para adquirir otro tipo de tecnología en el corto plazo para la realización de la inspección. Sin embargo se pueden obtener resultados aproximados los cuales se pudieron ir comprobando a lo largo del recorrido en algunos puntos de control.

El estacionamiento al que se llegó en este tramo es 0+190.51.

Se partió de la línea base a la entrada de la bóveda, acompañada de una coordenada geodésica y un rumbo de salida, adicional al punto de control pozo sobre Boulevard de los Héroes (ver Figura 2).

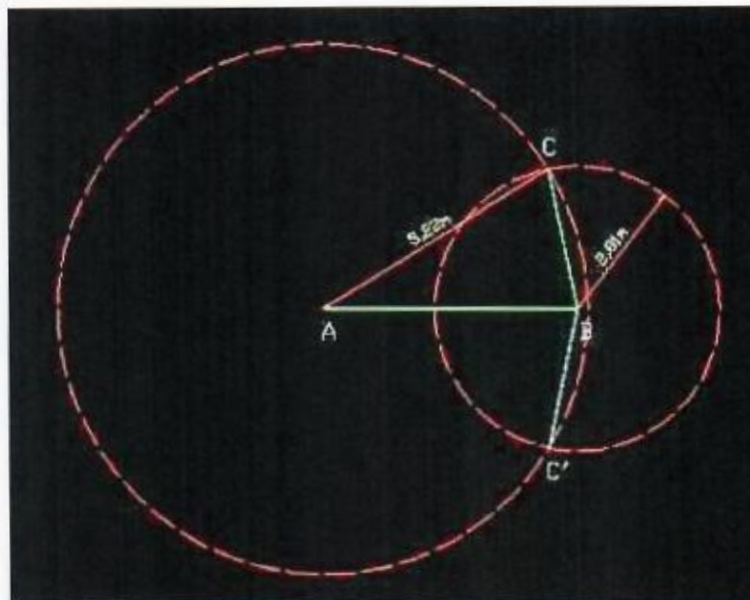


Figura 3: Método de bilateración

- Una vez el equipo encargado del trazo de la bóveda identifico los estacionamientos, un tercer equipo hizo su ingreso. El objetivo de este tercer equipo era levantar y evaluar todos los daños que se pudieran encontrar en los componentes de la bóveda: estructura de arco, muros laterales, cama de agua, y ubicación y estado de descargas de agua (lluvias o negras). Este equipo debido al trabajo a detalle que realizaba para detectar los daños y al tiempo de duración de los tanques de respiración por auto contenido, solo llegó hasta el estacionamiento 0+185.

¹ En la teoría de mediciones se conoce que cada medida tiene implícito un error y en topografía el error total está directamente relacionado con la cantidad de medidas.

Día 15 de febrero de 2011:

Para este día solo ingresaron dos grupos: el de trazo de bóveda y el de levantamiento de daños bajo los pasos descritos a continuación.

- El primer equipo realizó dos ingresos con el fin de efectuar mediciones para estimar el recorrido de la bóveda, siempre utilizando el método descrito anteriormente ver Figura 3, en el primer ingreso se logró avanzar hasta el estacionamiento 0+320, y en el segundo ingreso se avanzó hasta el estacionamiento 0+680, llegando al punto donde ya no existía la cama de agua impidiendo el avance. Se partió de la línea base a la salida de la bóveda, acompañada de una coordenada geodésica y un rumbo de salida, adicionalmente se ajustó el giro teniendo como base los puntos de control (pozos frente a SERTRACEN) en el recorrido (ver Figura 2). Para cada ingreso se contaba con un tiempo límite de 30 minutos debido a la capacidad de los tanques de respiración por auto contenido proporcionados por el Cuerpo de Bomberos de El Salvador.
- El segundo equipo realizó dos ingresos para poder identificar los daños en los componentes de la bóveda, llegando a cubrir hasta el estacionamiento 0+640. Se constató que a partir de este estacionamiento las condiciones para caminar sobre la cama de agua eran difíciles poniendo en riesgo al personal de la inspección, ya que toda la cama estaba completamente cubierta de agua.

4.4. Resultados de la inspección:

4.4.1 Trazo y Ubicación.

Después de haber realizado los ingresos y mediciones por ambos extremos de la bóveda, haber graficado las mediciones y haber comprobando con los puntos de control en el exterior, se presentan los resultados siguientes para la ubicación de la bóveda:

- Se presentan dos puntos como 0+000 del alineamiento de la bóveda, uno ubicado en la entrada y el otro en la salida.
- En el primer tramo (entrada de la bóveda) la distancia recorrida desde la entrada (0+000) hasta el punto donde ya no existía la cama de agua y se presenta una socavación de aproximadamente 1.5 metros es 190.51 metros.
- En el segundo tramo (salida de la bóveda) la distancia recorrida desde la salida (0+000) hasta el punto donde ya no existía la cama de agua y se presenta una socavación de aproximadamente 1.5 metros es 680 metros.

- Entre el estacionamiento 0+190.51 (medido desde la entrada) y el estacionamiento 0+680 (medido desde la salida), y tomando como referencia las tendencias en el recorrido de la bóveda al llegar a los extremos descritos, se estima que existe una longitud de aproximadamente 120 metros los cuales serían la distancia que ya no se pudo recorrer por la carencia de la cama de agua y la socavación, esta se puede identificar como los estacionamientos 0+680 a 0+799.
- Se realizó una superposición del levantamiento con una imagen satelital de GoogleEarth, para determinar el recorrido aproximado.
- Las imágenes que describen el levantamiento se presentan en el apartado 6 Fotografías / Imágenes.

Los resultados de esta inspección, debido a las limitantes de precisión que el método aporta, se pueden considerar aproximados y deberán ser ajustados con un levantamiento topográfico de detalle que esté amarrado a un levantamiento topográfico de la superficie para determinar el recorrido exacto de la bóveda.

4.4.2 Levantamiento de Daños.

Los daños más significativos encontrados durante la inspección, y que comprometen la integridad de la estructura, se muestran en las figuras 4 y 5. La figura 4, presenta los daños recabados por el equipo de evaluación de daños el primer día de inspección (14 de Febrero de 2011), tomando como inicio el estacionamiento 0+000 en la entrada de la bóveda en la Comunidad Bambular. La figura 5 presenta los daños levantados durante el segundo día de inspección (15 de Febrero de 2011), en este caso se tomó como inicio el estacionamiento 0+000 ubicado en la salida de la bóveda, punto de descarga del agua transportada hacia el Arenal Tutunichapa.





Figura 4: Daños significativos encontrados en tramo inspeccionado el 14 de Febrero de 2011.



Figura 5: Daños significativos encontrados en tramo inspeccionado el 15 de Febrero de 2011.

Inspección de daños día 1:

Para levantar los daños durante el 1er día de inspección, el equipo de evaluación de daños ingresó una vez, logrando avanzar desde 0+000 (Comunidad Bambular) hasta el estacionamiento 0+185, previamente un miembro del equipo de daños participó en el equipo de reconocimiento el cual logró identificar que aproximadamente en el estacionamiento 0+190.51 se tenía pérdida total de la cama de agua. Es importante mencionar que en este tramo se tiene que entre los estacionamientos 0+000 y 0+135, la estructura de bóveda está formada principalmente de vigueta y bovedillas apoyadas en muros laterales de piedra de altura variables; y el tramo entre 0+135 y 0+190.51, la estructura del arco es de losetas de concreto apoyadas en muros de piedra. Los daños observados en este recorrido se listan a continuación:

Tramo 0+000 – 0+135

Se observa a lo largo del tramo evidencia de infiltraciones que ocurren en las bovedillas de la estructura, así como existen bovedillas fracturadas o ausencia de éstas. También se observa exposición del acero de refuerzo de las viguetas, lo que denota poco recubrimiento del acero, esta exposición puede deberse al desgaste ocasionado por la fuerza del agua conducida durante los inviernos pasados, así como por la misma infiltración, el acero expuesto presenta un alto grado de corrosión. Se observan pérdidas de cama de agua y serias socavaciones. (Ver fotografías 1 a 11)

Tramo 0+135 – 0+185

En el inicio de este tramo se da un cambio en la tipología estructural de la bóveda pasando de un sistema de vigueta y bovedilla a uno con muros laterales de piedra y arco formado por losetas de concreto unidas entre sí. Se observa exposición de acero de refuerzo de las losetas, así como una grieta con infiltración en las losetas en el sentido longitudinal de la bóveda (0+150). En el estacionamiento 0+180 se presenta pérdida parcial de la cama de agua y una profunda socavación. Se observa un agrietamiento severo en muros laterales de piedra en el estacionamiento 0+185, este agrietamiento se ubica posiblemente en una zona de junta de construcción, y no se lograron identificar asentamientos diferenciales; sin embargo, no se descartan la ocurrencia de los mismos. Se corrobora que en el estacionamiento 0+190.51 existe pérdida completa de cama de agua, se registró una profundidad de socavación de 1.50m en este punto. (Ver fotografías 12 a 16)

Inspección de daños día 2:

Para levantar los daños durante el 2do día de inspección, el equipo de evaluación de daños ingresó dos veces, logrando cubrir en los recorridos una distancia de 640m desde el estacionamiento 0+000 (salida de bóveda en Arenal Tutunichapa) hasta el estacionamiento 0+640. A lo largo del recorrido, principalmente, se tiene una estructura de vigueta y bovedilla apoyada en muros laterales de piedra o de concreto, existen cambios de sección transversal variando la capacidad hidráulica de la bóveda (se observan tres tipos de forma de arco: parabólicos, elípticos y circulares). Existen tramos de pequeña longitud en donde el arco tiene



una revestimiento de concreto no pudiéndose observar la estructura del arco. Los daños principales observados en este recorrido se listan a continuación:

Estacionamiento 0+000

A la salida de la bóveda (Arenal Tutunichapa), en la parte superior de la misma, se observa una cárcava de aproximadamente 4.0 m de longitud que ha dejado expuesta la parte posterior del muro de retención (ver fotografías 17 y 18), muro que en su parte frontal presenta grietas de espesor y tamaño considerables (fotografías 19 y 20) además de socavación en la cimentación. Perdida de la protección en la parte baja de la descarga de agua de la bóveda, así como de gradas disipadoras. (Fotografía 21).

Tramo 0+000 – 0+180

Se observan infiltraciones desde las bovedillas y se presentan vicios constructivos como viguetas desalineadas, colmenas debido a un mal colado del concreto y falta de juntas de construcción adecuadas. (Ver fotografías 22 a 24)

Estacionamiento 0+140

Se tiene una conexión de descarga de A.LL. en punto más alto de bóveda, se observa humedad en bovedilla junto a descarga. (Ver fotografía 25)

Estacionamiento 0+270

Zona de infiltración severa, condición de alta humedad en toda la sección de la bóveda, se observa ausencia de bovedillas en punto más alto de bóveda por donde se filtra el agua, posible pérdida de material de relleno en este punto. (Ver fotografías 26 y 27).

Estacionamiento 0+300

Zona de grietas que van sobre sección transversal de bóveda atravesando bovedillas, muros laterales y cama de agua. (Ver fotografía 28).

Estacionamiento 0+480

Próximo a este estacionamiento se observa grieta transversal y longitudinal en cama de agua. Se tiene un pozo de A.LL. con una descarga directa en bóveda, manteniendo húmeda la zona y comprometiendo la estabilidad del costado izquierdo (en el sentido del flujo de agua) de la bóveda. (Ver fotografías 29 y 30).

Estacionamiento 0+640

Se observa lámina de agua cubriendo toda la cama de agua, las condiciones se tornan inseguras para caminar. Se determina con apoyo del equipo de levantamiento del trazo de bóveda, que la zona de pérdida total de cama de agua inicia en 0+680, no se corroboró la profundidad en esta zona. (Ver fotografía 31).

Finalmente, para tener un mejor detalle de los daños, en el apartado de anexos se presenta una matriz con los daños encontrados durante los dos días de inspección.

5. Diagnóstico

Al analizar los resultados de la inspección se puede presentar el siguiente diagnóstico:

- El recorrido de la bóveda no es al 100% bajo la calle Los Sisimiles como se presumía inicialmente y existen tramos de bóveda que están ubicados bajo terrenos privados y otros tramos que están bajo la calle Los Sisimiles y bajo el Boulevard de Los Héroes.
- Existe un tramo de aproximadamente 120 metros que presenta una condición severa de daños en la cama de agua acompañado de socavaciones que ponen en peligro de colapso de este tramo de bóveda el cual debe ser intervenido lo antes posible y prevenir que esta colapse.
- Al realizar una superposición aproximada (tomando como base los puntos de control como referencia) del levantamiento con una imagen satelital de GoogleEarth se puede estimar que el tramo que presenta la condición severa de daños a la cama de agua estaría conformado por una sección del boulevard de Los Héroes (carriles de circulación de Sur a Norte) y una porción que estaría ubicada bajo terrenos particulares como se muestra en la imagen y un posible tramo sobre la calle Los Sisimiles a la altura de la entrada de Metrocentro frente al Centro Cultural Salvadoreño.
- Existen puntos con serias infiltraciones, uno de los cuales está ubicado frente a Banco Citi, contiguo a Sertracen, lo anterior puede generar que se debilite la estructura de la bóveda y se pierda totalmente el material de relleno provocando formación de cárcavas.
- Se tienen tramos donde se compromete la integridad estructural por la exposición del acero de refuerzo debido a pérdida de concreto, estos tramos se localizan principalmente desde la entrada de la Bóveda de la Col. Bambular hasta una distancia de 180m. A su vez en esta distancia se presentan socavaciones que en ciertas zonas hace peligrar la cimentación de la bóveda.
- En los tramos donde hay agrietamientos en la sección transversal de la estructura de bóveda y cama de agua, pueden deberse a posibles asentamientos, o bien a una sobrecarga, en otros casos los agrietamientos se presentan en zonas de juntas de construcción.

- La cárcava en la salida de la bóveda se ha formado como consecuencia del arrastre de material bajo la descarga de la bóveda (socavación de la cimentación), debido a que no existe ningún tipo de protección y/o disipador de energía en la descarga. Parte de los daños en el muro pueden ser una consecuencia de la pérdida de material bajo la cimentación (socavación) lo que pudo provocar a su vez un asentamiento diferencial del mismo.
- Se identificaron en el recorrido de la bóveda 3 descargas atípicas las cuales deben ser corregidas. Ver fotografías 25, 27,32 y33.
- La descarga de la bóveda hacia el Arenal Tutunichapa se hace de forma directa sin contar con obras gradas disipadoras ni una estructura de soporte en la caída de más de 3.00 mts.
- De acuerdo al Estudio “ANÁLISIS DE LA QUEBRADA CHILISMUYO PARA LA TORMENTA TROPICAL IDA”, Ver Anexo, el caudal generado por la cuenca de la quebrada Chilismuyo para la tormenta tropical (TT) Ida fue de aproximadamente 20.28 m³/s., por lo que existiría un borde libre de aprox.2.5 mts para conducir el caudal líquido calculado. No obstante, en el caso de eventos extremos, las crecidas tienden a transportar ramas, troncos y cualquier otro tipo de objetos tanto en suspensión como en el fondo, considerando la forma parabólica que presenta la sección de la bóveda y su estrechez en la parte más alta, se propiciarán las obstrucciones y el sometimiento de la misma a presión.

6. Recomendaciones.

A Corto Plazo:

- 5.1. Realizar un levantamiento topográfico de detalle para determinar la ruta exacta del recorrido de la bóveda y establecer con exactitud las propiedades que podrían estar en riesgo por un eminente colapso del tramo de bóveda dañada.
- 5.2. Realizar las obras de reparación en la bóveda con el objeto de disminuir el riesgo de daños por colapso de los tramos de la bóveda, principalmente en el tramo donde hay pérdida de la cama de agua (aprox. 120 mts), ya que se puede dar un colapso eminente en la estructura por la pérdida de resistencia portante del suelo a causa de la saturación del mismo.
- 5.3. Revisar los daños en el muro a la salida de la bóveda considerando la realización de pruebas geotécnicas (SPT como mínimo) con la finalidad de determinar si se requiere incrementar la longitud enterrada del mismo y evitar que la cimentación se vuelva a

socavar. Rellenar y compactar con material de la zona el área dañada detrás del muro.

- 5.4. Rehabilitar las obras de descarga de la bóveda hacia el Arenal Tutunichapa.
- 5.5. Realizar limpieza de la quebrada Chilismuyo en la entrada de la bóveda en un tramo de 100.00 mts.
- 5.6. Con base al Estudio **“ANÁLISIS DE LA QUEBRADA CHILISMUYO PARA LA TORMENTA TROPICAL IDA”**, ver documento en Anexo A, elaborado con el objeto de calcular el caudal asociado a la tormenta tropical Ida en la cuenca de la quebrada Chilismuyo, así como verificar la capacidad hidráulica a la entrada de la bóveda ubicada en las cercanías del Boulevard de los Héroes para el evento anterior, se recomienda lo siguiente:
 - Realizar un análisis hidrológico en base a los registros completos de lluvia de las estaciones cercanas a la cuenca.
 - Realizar un inventario de las aportaciones externas tales como urbanizaciones que están fuera de la cuenca pero que podrían drenar a ésta.
 - Realizar un levantamiento topográfico de las secciones transversales de la quebrada a cada 500 m así como las secciones transversales de otras bóvedas aguas arriba.
 - Utilizar un modelo hidráulico para determinar las velocidades y las alturas alcanzadas así como las planicies de inundación para diferentes períodos de retorno en la cuenca de la quebrada Chilismuyo.
- 5.7. Hacer del conocimiento de los propietarios, que sus inmuebles están afectadas por el trazo de la bóveda y que pueden ser afectadas por un posible colapso del tramo de bóveda dañada, para aunar esfuerzos para agilizar los estudios que puedan proporcionar la información con exactitud y tomar las decisiones pertinentes.

7. Fotografías/ Imágenes.



Imagen 1: Tramo entrada de bóveda 0+000 a 0+190.51.



Imagen 2: Tramo salida de bóveda 0+000 a 0+200.



Imagen 3: Tramo salida de bóveda 0+200 a 0+500.



Imagen 4: Tramo salida de bóveda 0+500 a 0+799



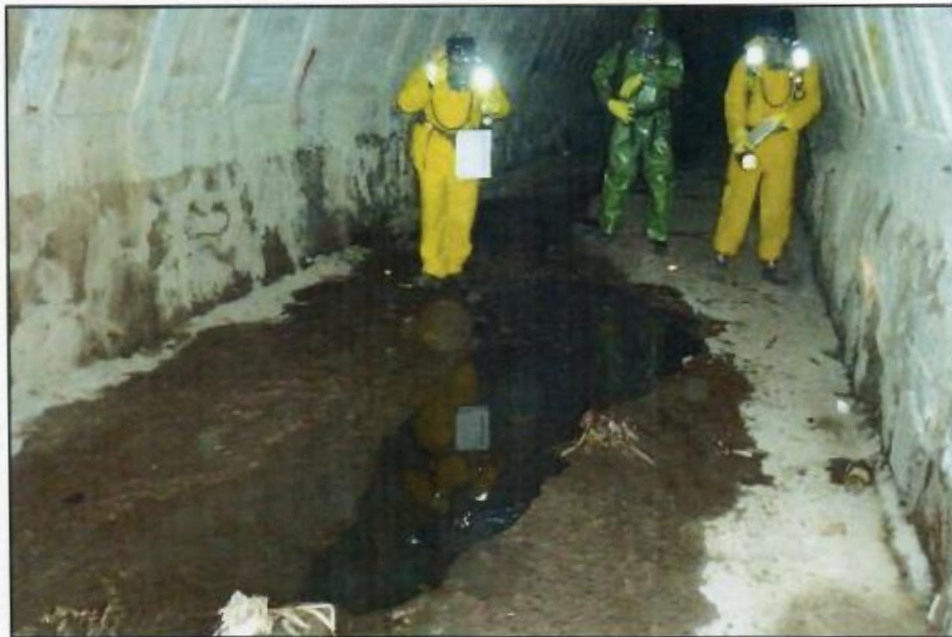
Fotografía 1. Daños en bovedillas y acero de refuerzo expuesto en viguetas.



Fotografía 2. Acero de refuerzo expuesto en viguetas.



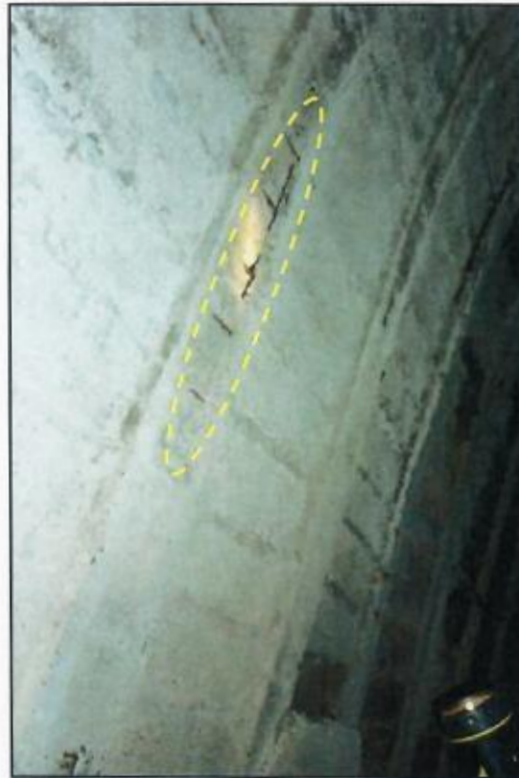
Fotografía 3. Pérdida parcial de cama de agua. (0+040)



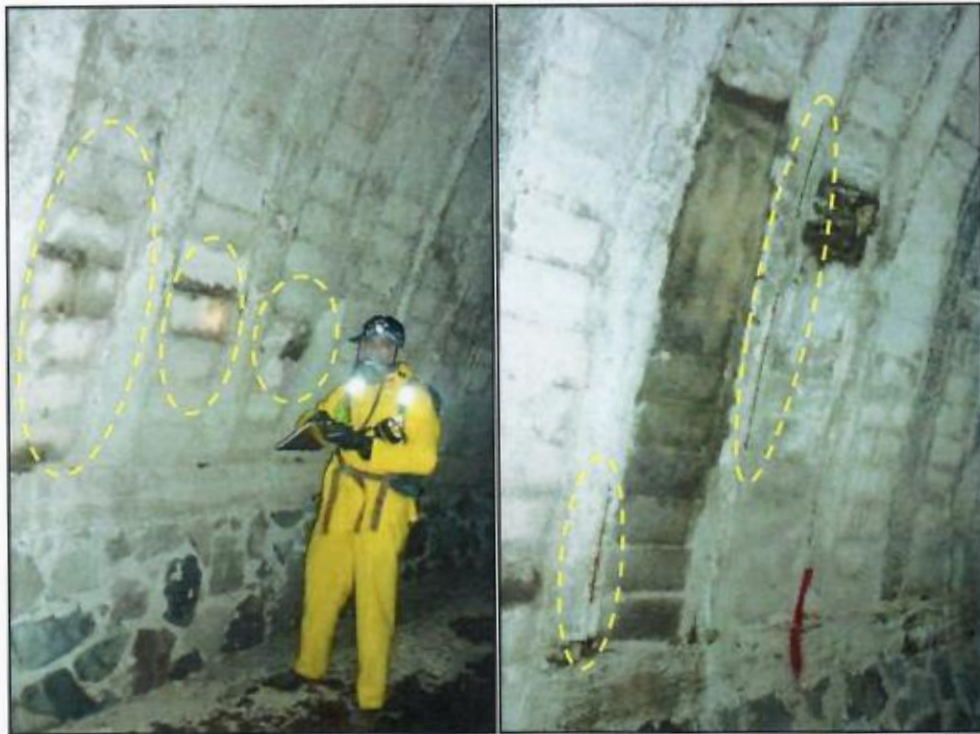
Fotografía 4. Pérdida parcial de cama de agua.(0+040)



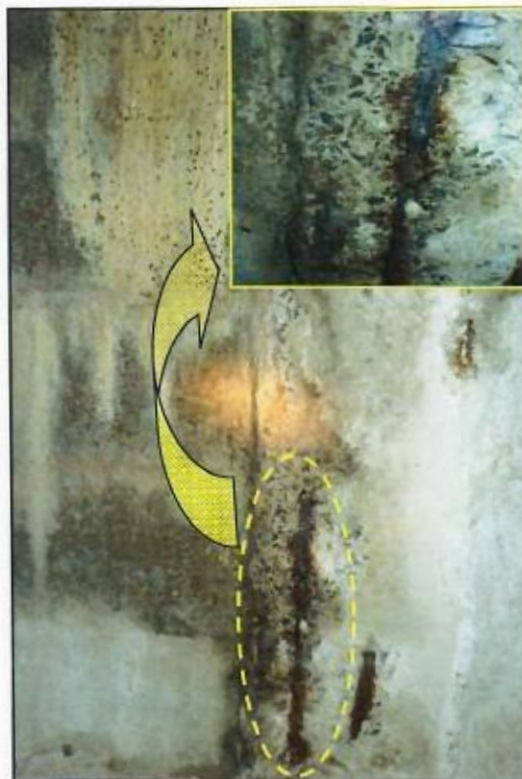
Fotografía 5: Infiltraciones en bovedillas. (0+050 – 0+070)



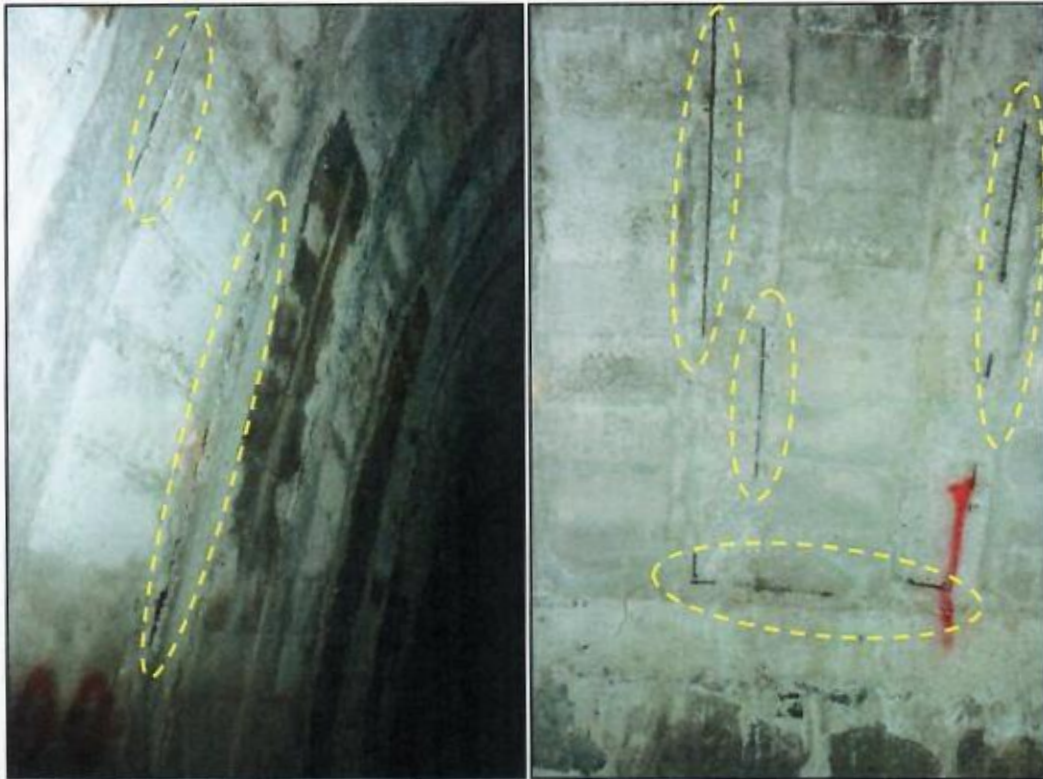
Fotografía 6: Acero de refuerzo expuesto (0+050 – 0+070).



Fotografía 7. Acero de refuerzo expuesto en viguetas e infiltraciones (0+070 – 0+090).



Fotografía 8. Infiltraciones y acero de refuerzo expuesto y corroído (0+070 – 0+090).



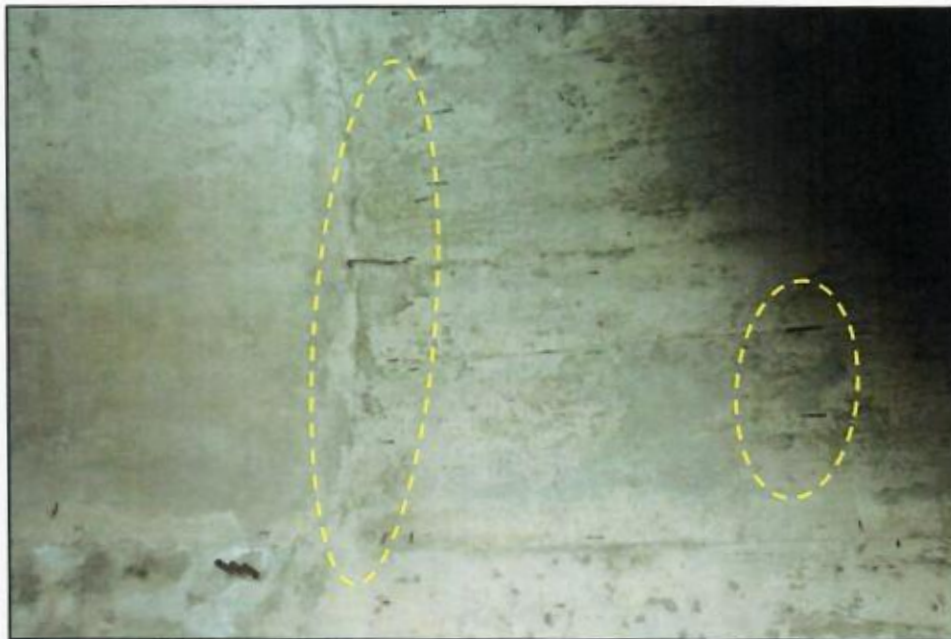
Fotografía 9: Acero de refuerzo expuesto en viguetas (0+090 - 0+110).



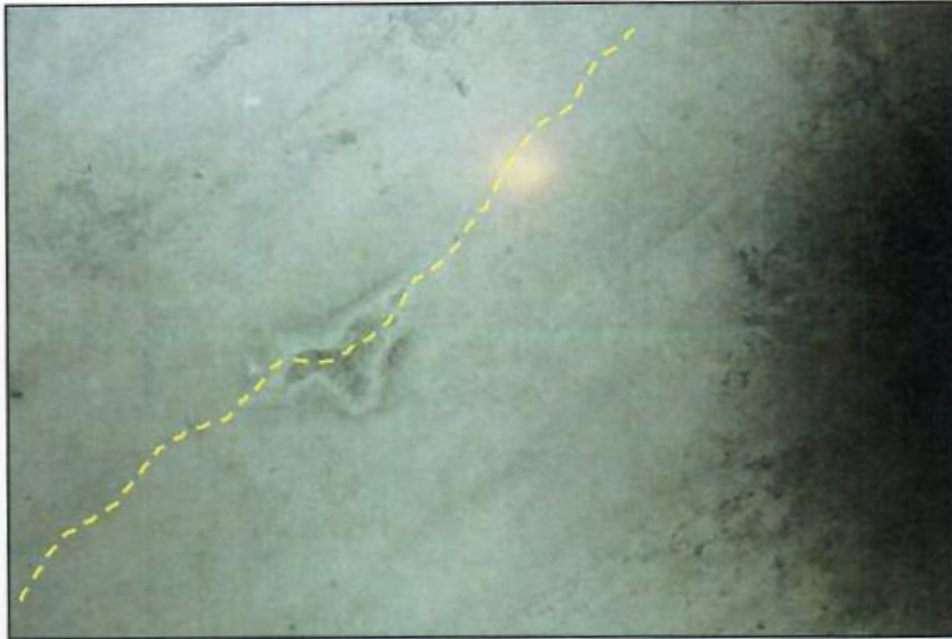
Fotografía 10: Infiltración en zona de unión arco – pared lateral (0+110).



Fotografía 11. Agrietamiento en base de pared lateral (0+135).



Fotografía 12. Zona de cambio de tipología estructural (Est. 0+135). Acero de refuerzo expuesto.



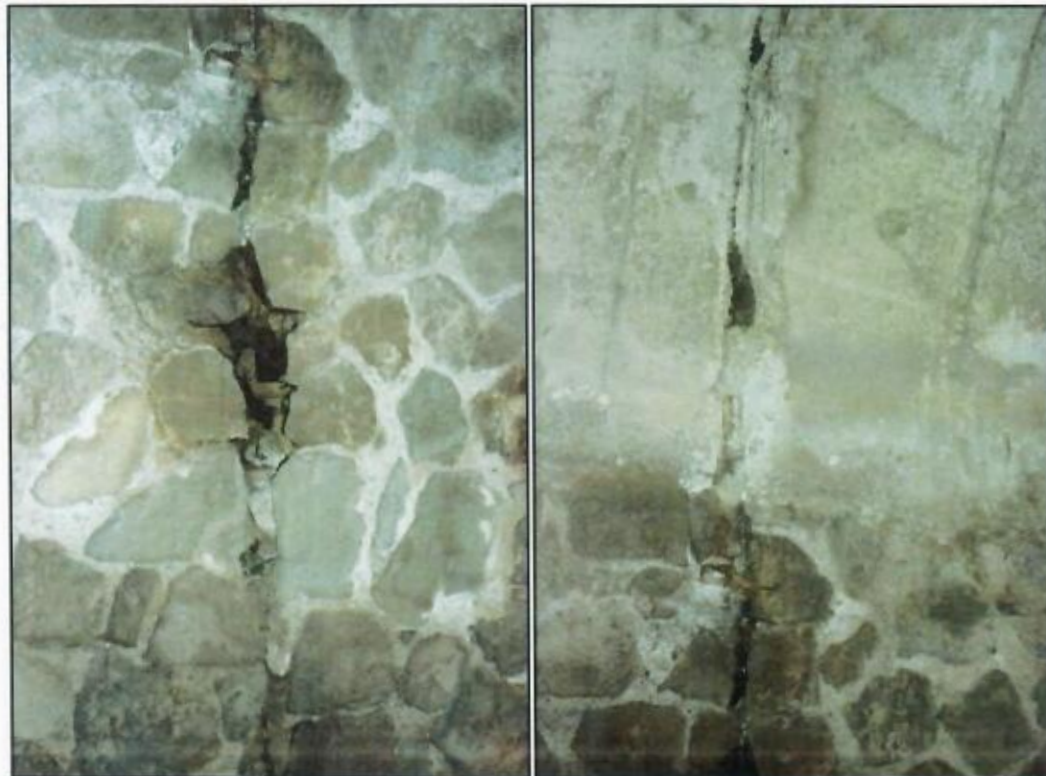
Fotografía 13. Grieta con infiltración en arco (0+150)



Fotografía 14. Socavación severa en cama de agua y paredes laterales (0+180)



Fotografía 15. Socavación severa en cama de agua y paredes laterales (0+180).



Fotografía 16. Agrietamiento severo en paredes laterales, posiblemente en zona de junta de construcción. Durante la inspección no se lograron identificar asentamientos diferenciales; sin embargo, no se descartan la ocurrencia de los mismos (0+185).



Fotografía 17. Cárcava y muro expuesto parte superior descarga de bóveda



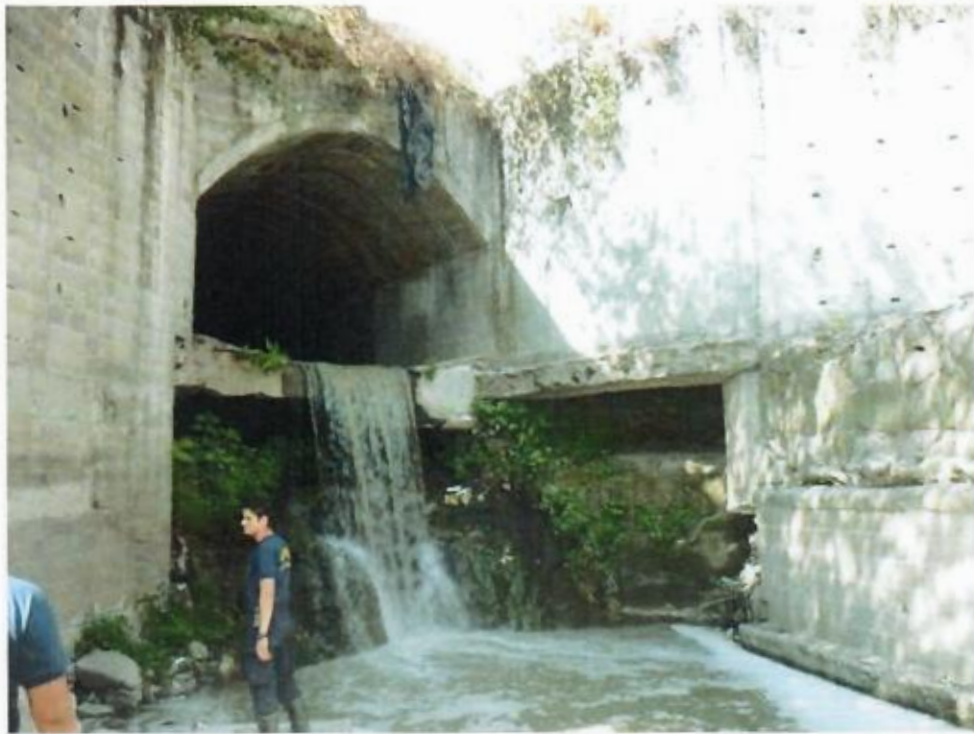
Fotografía 18. Continuación cárcava y muro expuesto.



Fotografía 19. Parte frontal del muro.



Fotografía 20. Agrietamiento en muro dañado.



Fotografía 21. Descarga de bóveda



Fotografía 22. Vicios constructivos: evidencia de encofrado deficiente.



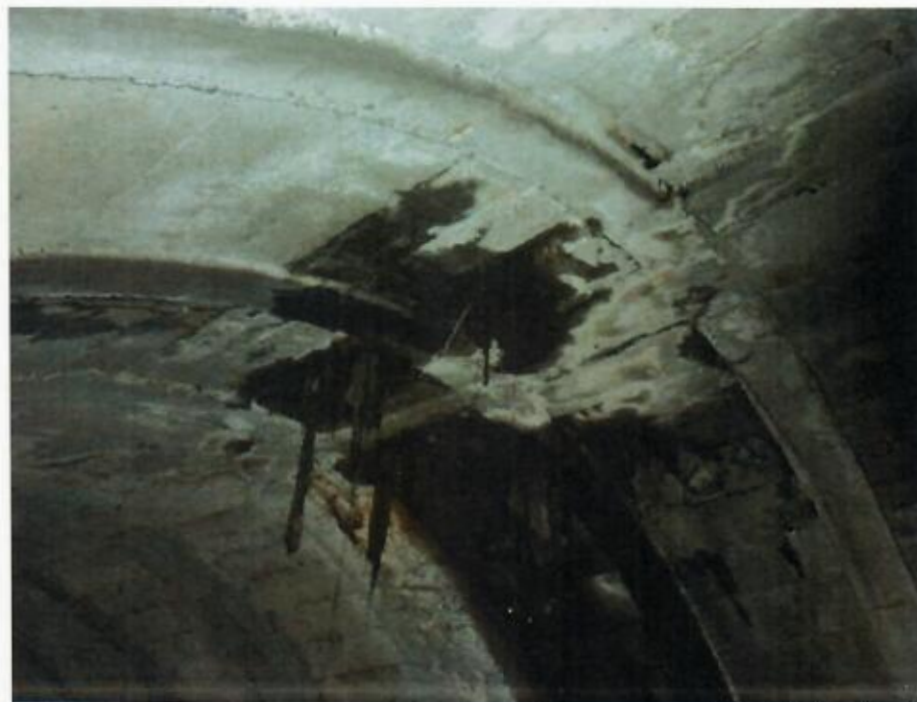
Fotografía 23. Vicios constructivos: acero de refuerzo expuesto y bovedillas fracturadas.



Fotografía 24. Infiltraciones en bovedillas del arco.



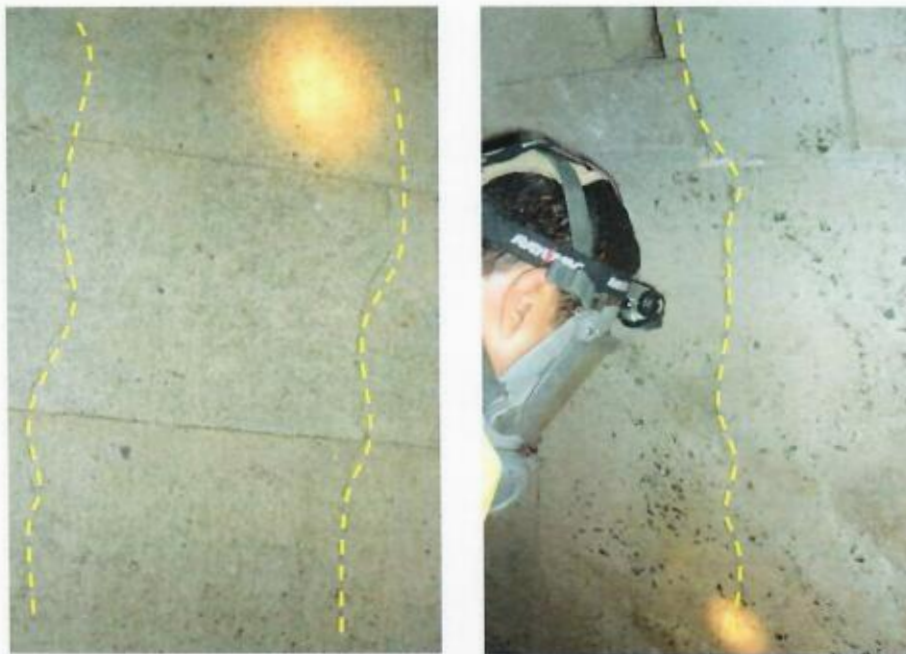
Fotografía 25. Infiltración en bovedilla y conexión de descarga en el arco de la bóveda (0+140).



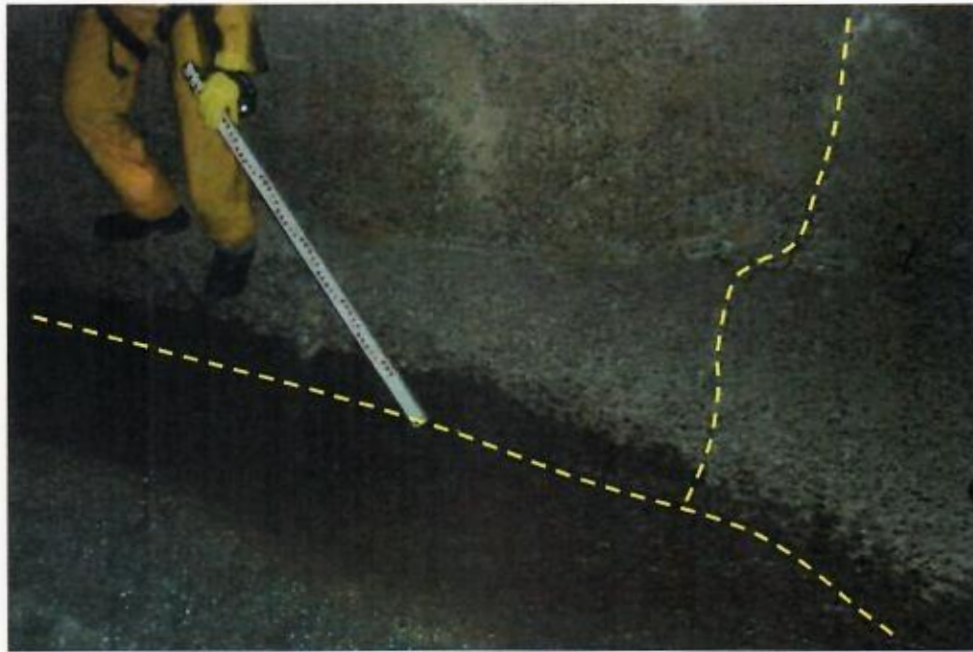
Fotografía 26. Infiltración en bovedilla y conexión de descarga en el arco de la bóveda (0+270).



Fotografía 27. Infiltración en bovedilla y conexión de descarga en el arco de la bóveda (0+270).



Fotografía 28. Grietas sobre paneles de bovedillas a lo largo del arco de bóveda y muros laterales.
(0+300)



Fotografía 29. Grieta longitudinal y transversal en cama de agua.



Fotografía 30. Entrada de pozo de A.LL., existe deficiente descarga de agua manteniendo en condiciones de humedad lateral de bóveda. (0+480)



Fotografía 31. Zona inundada próxima a sección donde se ha perdido completamente la cama de agua. (0+640)

Descargas Atípicas de aguas negras Tramo 0+030 – 0+040



Fotografía 32. Descarga a través de 7 bovedillas fracturadas.



Fotografía 33. Descarga a través del hueco de 2 bovedillas.



Fotografía 34. Descarga no terminada.

8. Técnicos Responsables - DACGER.


Ing. Daniel Zúñiga.
Unidad Técnica
Subdirección de Estudios Técnicos.


Inga. Marcela Tobar
Unidad Técnica
Subdirección de Estudios Técnicos.


Inga. Irinia Cruz.
Unidad Técnica
Subdirección de Estudios Técnicos.


Arq. Violeta Aguilar
Unidad Técnica
Subdirección de Estudios Técnicos.


Inga. Dera Cortez.
Unidad Técnica
Subdirección de Geotecnia.



Ing. Afonso Alfaro
Unidad Técnica
Subdirección de Geotecnia.



Inga. Sonia Calderón.
Unidad Técnica
Subdirección de Geotecnia.



Ing. Alejandro Machuca
Unidad Técnica
Subdirección de Drenajes

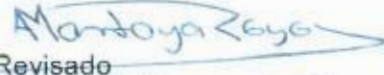

Inga. Emely Robles.
Unidad Técnica
Subdirección de Drenajes.



Ing. Héctor González
Unidad Técnica
Subdirección de Drenajes.

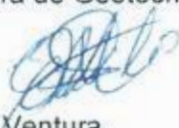

Ing. Juan Carlos García.
Unidad Técnica
Subdirección de Puentes y Obras de Paso



Ing. Eduardo Villalobos
Unidad Técnica
Subdirección de Puentes y Obras de Paso.

Revisado 
Ing. Yuri Mauricio Rodriguez
Subdirector de Estudios Técnicos.

Revisado 
Ing. Aleyda Montoya de Figueroa
Subdirectora de Geotecnia.

Revisado 
Inga. Claribel Tejada
Subdirectora de Drenajes

Revisado 
Ing. Emilio Ventura.
Subdirector de Puentes y Obras de Paso

Vo. Bo. 
Lic. Néstor Bonilla Martínez.
Director DACGER.



9. Anexos.

ANEXO A. "ANÁLISIS DE LA QUEBRADA CHILISMUYO PARA LA TORMENTA TROPICAL IDA".

ANEXO B. "MATRIZ GENERAL DE DAÑOS CON PROPUESTA DE SOLUCION. INSPECCION 14 DE FEBRERO DE 2011".

ANEXO C. "MATRIZ GENERAL DE DAÑOS CON PROPUESTA DE SOLUCION. INSPECCION 15 DE FEBRERO DE 2011".

ANEXO D. "MATRIZ DE DAÑOS DETALLADOS. INSPECCION 14 Y 15 DE FEBRERO DE 2011".



ANEXO A

ANÁLISIS DE LA QUEBRADA CHILISMUYO PARA LA TORMENTA TROPICAL IDA

ANÁLISIS DE LA QUEBRADA CHILISMUYO PARA LA TORMENTA TROPICAL IDA

Por Alejandro Machuca²

RESUMEN

El estudio a continuación presentado se enfoca en calcular el caudal asociado a la tormenta tropical Ida en la cuenca de la quebrada Chilismuyo, así como verificar la capacidad hidráulica a la entrada de la bóveda ubicada en las cercanías del Boulevard de los Héroes para el evento anterior.

ABSTRACT

The following study focuses in calculate the flow associated to the tropical storm Ida in the basin of the Chilismuyo's ravine and also verify the hydraulic capacity at the inlet section of the vault located near the Boulevard de los Héroes for the previous event.

OBJETIVOS:

1. Determinar el caudal generado por la cuenca de la quebrada Chilismuyo para la tormenta tropical (TT) Ida.
2. Verificar la capacidad hidráulica de la bóveda a la entrada para el evento anterior.

LIMITANTES:

El análisis comprende únicamente las aportaciones a la cuenca generadas por ella misma en base a las curvas de nivel a cada 10 m, por lo que no incluye posibles aportaciones de urbanizaciones conectadas a la quebrada pues se desconoce a cabalidad su existencia. Asimismo, no se cuenta con un levantamiento topográfico del canal principal ni de secciones transversales a la quebrada. De igual manera, no se cuenta con la sección transversal de la entrada a la bóveda por lo que fue inferida en base fotografías.

Por otra parte, la ubicación de la entrada a la bóveda fue supuesta en base a imágenes satelitales de google.

El hietograma de la TT Ida fue inferido en base al informe publicado por Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) 2009 de la estación Boquerón.

DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA CHILISMUYO:

La cuenca de la quebrada Chilismuyo se encuentra ubicada en el municipio de San Salvador entre las coordenadas N13°44'14.98" W89°15'36.34" y N13°44'41.47" W89°15'36.34" , teniendo

² MSc. Recursos Hidráulicos Hidrología, DACGER-SD-MOP



como punto de control la entrada a la bóveda ubicada en las cercanías del Boulevard de los Héroes y cuenta con una extensión superficial aproximada de 2.32 km². Véase figura 1. La elevación máxima de la cuenca es de 1701 msnm y la mínima es de 696 msnm, por lo que la elevación promedio de la cuenca es de 1198 msnm.



Figura 1. Cuenca de la quebrada Chilismuyo.

ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

De acuerdo con Monsalve (1999), el tiempo de concentración es el tiempo que le toma a una gota de lluvia que cae en el punto más distante de la corriente de una cuenca para llegar a una sección determinada de dicha corriente, es decir mide el tiempo que se necesita para que toda la cuenca contribuya con escorrentía superficial. Chow et al (1994), escribe la ecuación de Kirpich de la siguiente manera:

$$t_c = \frac{0.0195L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración (min).

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (m).

S = Pendiente promedio de la cuenca (m/m).

Utilizando la ecuación de Kirpich para el tramo mas largo en la cuenca, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 1. Tiempo de concentración.

TRAMO	Longitud (m)	H1 (m)	H2 (m)	ΔH	ΔL	$\Delta H/\Delta L$	T_c (min)	T_c (horas)	V (m/s)
Volcán-entrada bóveda	6,855	1,701	696	1,005	6,681	0.15	36.30	0.60	3.15



USO ACTUAL DE SUELO

El uso actual de suelo en la cuenca es el mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 2. Uso de suelo

USO	Área (km ²)
Áreas urbanas	1.31
Café	0.64
Pastos y granos básicos	0.35
Bosques naturales	0.03

MODELO LLUVIA-ESCORRENTÍA

La lluvia utilizada fue el hietograma de la TT Ida de la estación Boquerón, el cual es mostrado en la figura siguiente:

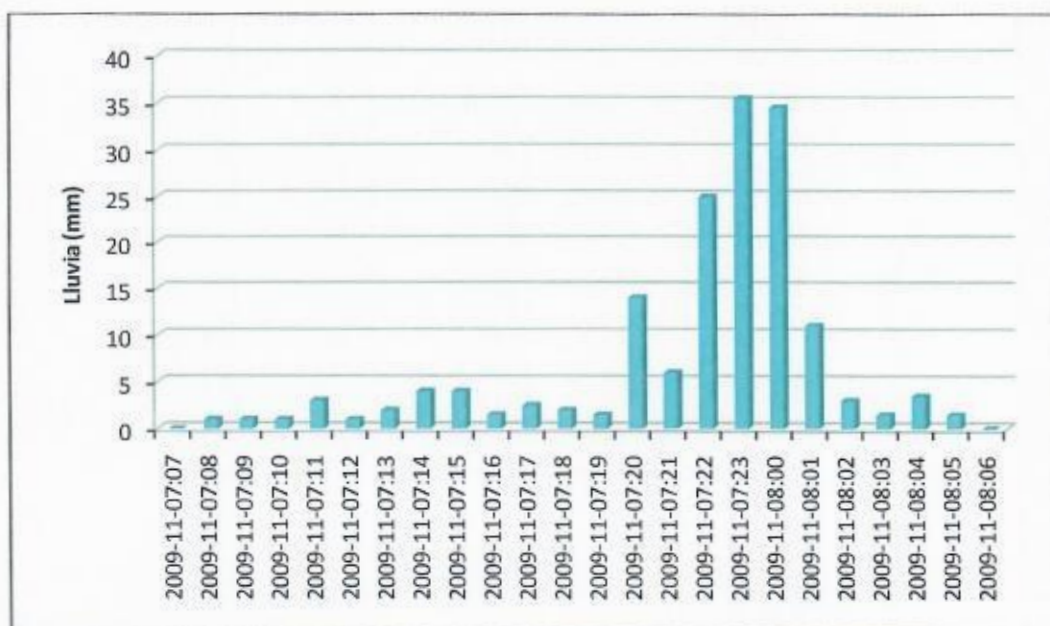


Figura 2. Hietograma de la TT Ida estación Boquerón (Adaptado de MARN, 2009)

Para poder transformar la lluvia a escorrentía se utilizó el modelo hidrometeorológico HEC-HMS, utilizando la metodología propuesta por Soil Conservative Service (SCS), citada por la NRCS (National Resources Conservation Service), 2004. Para ello es necesario determinar el número de curva NC el cual se obtiene a partir de los diferentes usos de suelo. En la cuenca, los usos se mencionaron en la tabla 2 y en la tabla 3 se establecen los números de curva hasta el punto de control mencionado en los párrafos anteriores. Se supuso grupo hidrológico de suelo A, condiciones antecedentes de humedad (AMC por sus siglas en inglés) del tipo III, es

decir condiciones húmedas y abstracciones iniciales nulas.

Tabla 3. Número de curva

USO DE SUELO	CN II
Áreas urbanas	95
Café	30
Pastos y granos básicos	39
Bosques naturales	30
CN ponderado	67.86
CN III	82.92

Como resultado, el modelo presenta un hidrograma teniendo como máximo un caudal de 20.28 m³/s. Véase figura 3

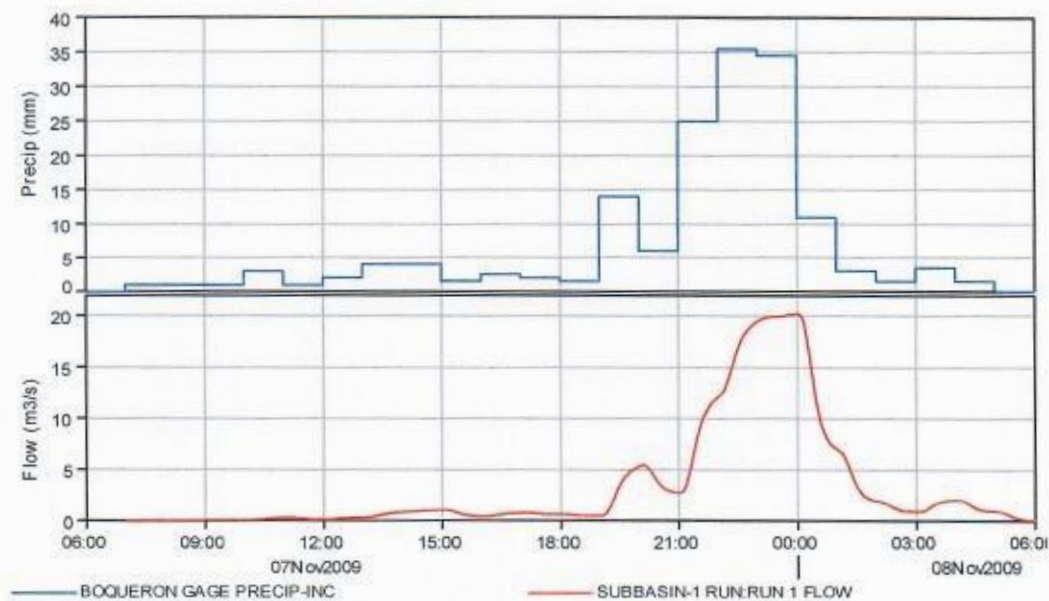


Figura 3. Hidrograma de generado por la TT Ida a la entrada de la bóveda.

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LA BÓVEDA

Con el caudal máximo generado y la velocidad calculada en la tabla 1, se tiene que se necesitaría un área aproximada de 6.44 m² para conducir el flujo, por lo que en la sección inferida mostrada en la figura 4 el flujo alcanzaría un nivel aproximado de 2m.



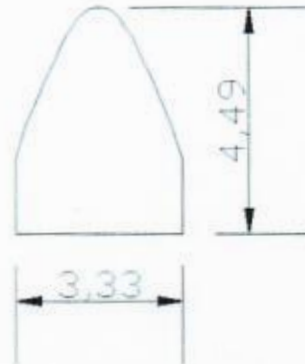


Figura 4. Sección de bóveda a la entrada

CONCLUSIONES

1. El caudal generado por la cuenca de la quebrada Chilismuyo para la tormenta tropical (TT) Ida fue de aproximadamente $20.28 \text{ m}^3/\text{s}$.
2. Existe un borde libre de aproximadamente 2.5 m para conducir el caudal líquido calculado. No obstante, en el caso de eventos extremos, las crecidas tienden a transportar ramas, troncos y cualquier otro tipo de objetos tanto en suspensión como en el fondo. Considerando la forma parabólica que presenta la sección de la bóveda y su estrechez en la parte mas alta, se propiciarán las obstrucciones y el sometimiento de la misma a presión.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis hidrológico en base a los registros completos de lluvia de las estaciones cercanas a la cuenca.
2. Realizar un inventario de las aportaciones externas tales como urbanizaciones que están fuera de la cuenca pero que podrían drenar a ésta.
3. Realizar un levantamiento topográfico de las secciones transversales de la quebrada a cada 500 m así como las secciones transversales de otras bóvedas aguas arriba.
4. Utilizar un modelo hidráulico para determinar las velocidades y las alturas alcanzadas así como las planicies de inundación para diferentes períodos de retorno en la cuenca de la quebrada Chilismuyo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Chow, V; Maidment, D; Mays, L. 1994. Hidrología aplicada. 1era ed. Santa Fé de Bogota. McGaw-Hill. 584 p.
2. MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SV), 2009. Informe técnico de la baja presión en el pacífico y huracán Ida y su impacto en el medio ambiente. El Salvador. 24 p.
3. Monsalve Sáenz, G. 1999. Hidrología en la ingeniería. México, Alfaomega. 383 p.
4. NRCS (Natural Resources Conservation Service, US), 2004. National engineering handbook. Part 630 Hydrology. Washington DC, US. Chaps. 9 & 10. 99 p.



ANEXO B

MATRIZ GENERAL DE DAÑOS CON PROPUESTA DE SOLUCION. INSPECCION 14 DE FEBRERO DE 2011



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 14 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE ENTRADA SOBRE QUEBRADA CHILISMUYO Y AGUAS ABAJO ESTACIONAMIENTO 0+190.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
Entrada a Bóveda sobre Quebrada Chilismuyo, Comunidad El Bambular.	1050474	Abundancia de rocas, ripio y materia orgánica a la entrada de la bóveda.	Moderado	Reducción del área hidráulica de la quebrada, lo cual contribuye a que trabaje como alcantarilla sumergida.	Construcción de emplantillado de piedra en la entrada.	Limpieza de quebrada en un tramo de aprox. 50.00 mts.
	1050471					Sistema Constructivo: Conformado por dos muros de mampostería que soportan una losa curva de trazo parabólico nervada, conformada por viguetas curvas de concreto prefabricadas y bovedillas de concreto como elementos de relleno.
0+000.00	1050480 1050483	Demolición parcial de 6 bovedillas de concreto.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno e Infiltración.	Relleno del área de 6 bovedillas con concreto.	
	1050481	Señalamiento de restos de material de molde y de colmena en viga central.	Leve		Resane de colmena.	
	1050484	Fractura de 1 bovedilla cercana a viga central. Filtraciones Leves en viga central bóveda, L = 1.00 mt..	Leve		Demoler y/o relleno del área de 1 bovedilla con concreto. Resanar fisuras.	
	1050485	Acero de elementos estructurales verticales expuesto, oxidado.	Leve	Pérdida de resistencia del acero.	Recomendación del Ingeniero Estructuralista.	
	1050486					
	1050487	Falta de 11 bovedillas de concreto. Proceso constructivo inadecuado.	Moderado	Confinamiento débil del suelo de relleno.	Relleno del área de 11 bovedillas con concreto.	
	1050488					
0+010.00	1050489					



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 14 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE ENTRADA SOBRE QUEBRADA CHILISMUYO Y AGUAS ABAJO ESTACIONAMIENTO 0+190.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
	1050490					Sistema Constructivo: Conformado por dos muros de mampostería que soportan una losa curva de trazo parabólico nervada, conformada por viguetas curvas de concreto prefabricadas y bovedillas de concreto como elementos de relleno.
0+020.00						
0+030.00						
0+040.00	1050491					
	1050492	Socavación (agujero) en la cama de agua. Posible saturación en el suelo que rodean las fundaciones de la estructura.	Grave	Eminente colapso de la estructura, por la pérdida de resistencia portante del suelo a causa de la saturación del mismo.	Demolición de un área considerable de la cama de agua y exploración del estado de los suelos. Restitución de los suelos saturados y compactación con material bueno.	Debido a las condiciones de trabajo y de la misma emergencia, no se descarta el uso de suelo cemento fluido en un nivel inferior a las fundaciones, o en toda el área restante, así como también la compactación de suelo cemento hasta el nivel de rasante. Esto deberá ser establecido y supervisado por un laboratorio de suelos y materiales.
	1050493					
	1050494					
	1050495					
	1050496					
	1050497	Falta de dos bovedillas de concreto	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno.	Relleno del área de 2 bovedillas con concreto.	
	1050498	Falta de dos bovedillas de concreto. Humedad en bovedillas.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno.	Relleno del área de 2 bovedillas con concreto.	
	1050499	Agregado visto de cama hidráulica.	Modera do	Eminente colapso de la estructura,	Demolición de un área	Debido a las condiciones de



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 14 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE ENTRADA SOBRE QUEBRADA CHILISMUYO Y AGUAS ABAJO ESTACIONAMIENTO 0+190.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
	1050500	Socavación (agujero) en la cama de agua. Posible saturación en el suelo que rodean las fundaciones de la estructura.		por la pérdida de resistencia portante del suelo a causa de la saturación del mismo.	considerable de la cama de agua y exploración del estado de los suelos. Restitución de los suelos saturados y compactación con material bueno.	trabajo y de la misma emergencia, no se descarta el uso de suelo cemento fluido en un nivel inferior a las fundaciones, o en toda el área restante, así como también la compactación de suelo cemento hasta el nivel de rasante. Esto deberá ser establecido y supervisado por un laboratorio de suelos y materiales.
	1050501					Sistema Constructivo: Conformado por dos muros de mampostería que soportan una losa curva de trazo parabólico nervada, conformada por viguetas curvas de concreto prefabricadas y bovedillas de concreto como elementos de relleno.
	1050502	Fractura de 4 bovedillas de concreto. Humedad en bovedillas.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno.	Relleno del área de 4 bovedillas con concreto.	
	1050503	Faltan 3 bovedillas de concreto. Humedad en bovedillas.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno.	Relleno del área de 3 bovedillas con concreto.	
	1050504	Acero de elementos estructurales verticales expuesto, oxidado.	Leve	Perdida de resistencia del acero.	Recomendación del Ingeniero Estructurista.	
	1050505	Acero de bovedilla expuesto, oxidado.	Leve	Perdida de resistencia del acero.	Recomendación del Ingeniero Estructurista.	
0+060.00	1050506	Restos de bolsas.				
	1050507					



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 14 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE ENTRADA SOBRE QUBRADA CHILISMUYO Y AGUAS ABAJO ESTACIONAMIENTO 0+190.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
	1050508	Desgaste de cama de agua.	Leve	Posibles infiltraciones al suelo de las fundaciones y posterior saturación.	Demolición de un área considerada y exploración del estado de los suelos.	
	1050509	Erosión en cama de agua				
	1050510	Humedad en bovedillas	Leve	Posibles infiltraciones a través del suelo por los elementos de relleno.		
	1050511					
	1050512					
	1050513	Acero de elementos estructurales verticales expuesto, oxidado.	Leve	Perdida de resistencia del acero.	Recomendación del Ingeniero Estructurista.	
0+070.00	1050514	Humedad excesiva en 8 bovedillas	Moderada	Posibles infiltraciones por los elementos de relleno, a través del suelo.		
	1050515	Deposición de sólidos arrastrados en laguna en cama de agua.		Formación de cárcava por procesos erosivos de los elementos de arrastre sobre superficie de cama de agua.	Demolición de un área considerada y exploración del estado de los suelos.	
	1050516	Acero de elementos estructurales verticales expuesto, oxidado.	Leve	Perdida de resistencia del acero.	Recomendación del Ingeniero Estructurista.	
	1050517	Vicio Constructivo. Colmena en elemento estructural vertical.	Leve	Desprendimiento de agregado por procesos erosivos		
	1050518	Humedad excesiva en muro lateral, indicio de aguas negras.	Moderada			
0+090.00	1050519					
	1050520	Acero de elementos estructurales verticales expuesto, oxidado.	Leve	Perdida de resistencia del acero.	Recomendación del Ingeniero Estructurista.	
	1050521	Señalamiento de humedad excesiva en 1 bovedilla.	Leve			
	1050522	Señalamiento de humedad excesiva en 1 bovedilla, indicio de aguas negras.	Moderado		Establecer procedencia y canalizar adecuadamente esta descarga	



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 14 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE ENTRADA SOBRE QUEBRADA CHILISMUYO Y AGUAS ABAJO ESTACIONAMIENTO 0+190.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
0+100.00	1050523					
	1050524 1050528	Identificación de una descarga de aguas lluvias				
	1050525	Separación entre elemento estructural vertical y bovedillas.	Leve		Recomendación del Ingeniero Estructurista.	
0+110.00	1050526					
	1050527	Señalamiento de proceso constructivo inadecuado.				
	1050529 1050531 1050532 1050533	Infiltración, indicios de aguas negras, a la altura del remate del muro lateral.	moderada	Confinamiento débil del suelo de relleno.		Existe un incremento de presiones dinámicas a la estructura a causa del peso del material de relleno saturado en el área de la infiltración
	1050534					
0+120.00	1050536					
	1050537	Señalamiento de humedad en bovedilla.				
0+130.00	1050538					
	1050539	Señalamiento de humedad en 5 bovedillas.				
	1050540	Identificación de barbancas secas				
	1050541	Cambio a Concreto colado in situ Sistema Constructivo.				
	1050542	Identificación de barbancas secas				No hay infiltración. Estación seca.
	1050543	Trozos de acero, apoyos de moldes.				
	1050544 1050545 1050546 1050547	Cambio de Proceso Constructivo				Sistema Constructivo: Conformado por dos muros de mampostería laterales de 2.00 mts. que soportan una losa curva de trazo circular de concreto colado in situ.
0+160.00	1050548					



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 14 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE ENTRADA SOBRE QUEBRADA CHILISMUYO Y AGUAS ABAJO ESTACIONAMIENTO 0+190.00

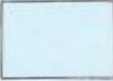


ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
0+170.00	1050549					
	1050550	Cambio de nivel de cama de agua. Grada.				
	1050551	Restos de moldes utilizados.				
	1050552	Vista frontal de cambios de nivel en cama de agua. 2 gradas. Restos de moldes utilizados en muros laterales. Identificación de descarga de a ll combinada, en margen derecha. Socavación en cama de agua y en gradas disipadoras.	Grave	Eminente colapso de la estructura, por la pérdida de resistencia portante del suelo a causa de la saturación del mismo.	Demolición de un área considerable de la cama de agua y exploración del estado de los suelos. Restitución de los suelos saturados y compactación con material bueno.	Debido a las condiciones de trabajo y de la misma emergencia, no se descarta el uso de suelo cemento fluido en un nivel inferior a las fundaciones, o en toda el área restante, así como también la compactación de suelo cemento hasta el nivel de rasante. Esto deberá ser establecido y supervisado por un laboratorio de suelos y materiales.
	1050553 1050554 1050555	Socavación en las gradas disipadoras de la cama de agua. Posible saturación en el suelo que rodean las fundaciones de la estructura.	Grave	Eminente colapso de la estructura, por la pérdida de resistencia portante del suelo a causa de la saturación del mismo.	Demolición de un área considerable de la cama de agua y exploración del estado de los suelos. Restitución de los suelos saturados y compactación con material bueno.	Debido a las condiciones de trabajo y de la misma emergencia, no se descarta el uso de suelo cemento fluido en un nivel inferior a las fundaciones, o en toda el área restante, así como también la compactación de suelo cemento hasta el nivel de rasante. Esto deberá ser establecido y supervisado por un laboratorio de suelos y materiales.
	1050556 1050557 1050558	Fractura del muro lateral de mampostería aparente que atraviesa elemento estructural del arco.			Recomendación del Ingeniero Estructuralista.	
0+180.00						



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 14 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE ENTRADA SOBRE QUEBRADA CHILISMUYO Y AGUAS ABAJO ESTACIONAMIENTO 0+190.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
0+190.00		Inicia tramo de aproximadamente 119.00 mts de cama de agua colapsada totalmente. Profundidad promedio de 1.15 mts, Posible socavación y saturación en el suelo de las fundación de la estructura	Grave	Eminente colapso de la estructura, por la pérdida de resistencia portante del suelo a causa de la saturación del mismo	Demolición de un área considerada de la cama de agua y exploración del estado de los suelos. Restitución de los suelos saturados , y compactación con material bueno	Debido a las condiciones de trabajo y de la misma emergencia, no se descarta el uso de suelo cemento fluido en un nivel inferior a las fundaciones, o en toda el área restante, así como también la compactación de suelo cemento hasta el nivel de rasante. Esto deberá ser establecido y supervisado por un laboratorio de suelos y materiales

Para incrementar la vida útil de la estructura se recomienda la construcción de una capa de concreto, rica en cemento, de 0.15 m de espesor a lo largo de toda la cama de agua existente para conformar y nivelar la superficie de concreto desgastada por la abrasión del agua.

-  Daños en cama de agua.
-  Señalamiento de Humedad en la estructura.
-  Descarga identificada.



ANEXO C

MATRIZ GENERAL DE DAÑOS CON PROPUESTA DE SOLUCION. INSPECCION 15 DE FEBRERO DE 2011



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
Descarga a Arenal Tutunihapa.		Colapso total de los dispositivos de disipación de energía, en la descarga.	Moderada	Socavación en la parte inferior de la bóveda por confluencia con el arenal tutunichapa	Construcción de gradas disipadoras y emplantillado de piedra en la descarga.	Demolición y retiro de restos de bóveda, en tramo aguas abajo de descarga. Analizar estabilidad de muros adyacentes a calle de Pricemart.
0+000.00						Sistema Constructivo: Conformado por dos muros de mampostería reforzada, que soportan una losa curva de trazo circular nervada, conformada por viguetas curvas de concreto prefabricadas y bovedillas de concreto como elementos de relleno
	1050626	Falta 1 bovedilla cercana a viga central.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno e Infiltración.	Relleno del área de 1 bovedilla con concreto	
	1050627	Fractura de 1 bovedilla. Señalamiento de Proceso constructivo inadecuado.	Leve		Demoler y/o Relleno del área de 1 bovedilla con concreto.	
	1050628					
	1050630	Fractura de 1 bovedilla cercana a viga central. Filtraciones Leves en arco bóveda.	Leve		Demoler y/o relleno del área de 1 bovedilla con concreto.	
	1550631	Vicio Constructivo.	Leve		Demoler y/o relleno del área de 2 bovedillas con concreto.	
	1550632	Fractura de bovedilla .Acero visto.	Leve	Corrosión del acero.	Limpiar y rellenar área de 5 bovedillas con concreto.	
	1550633					
0+010.00	1550634			Filtración Leve.		
0+020.00	1550635					



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO
0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
	1550636	Fractura de bovedilla.	Leve	Filtración Leve.	Rellenar con concreto 1 bovedilla.	
0+030.00	1550637	Proceso constructivo inadecuado.				
	1050642	Demolición parcial de dos bovedillas de concreto	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno.	Relleno del área de 2 bovedillas con concreto	
	1050643					
	1050644	Descarga atípica de aguas negras en margen derecha, realizada en el área fracturada de 7 bovedillas.	Moderado	Humedad constante en el área de la estructura.	Deberá de corregirse la forma de descarga.	
	1050645	Agregado visto en algunas bovedillas de relleno, en área de descarga atípica de aa.nn.	Leve		Resanar 5 bovedillas.	
	1050647	Descarga atípica de aguas negras realizada a través del hueco de dos bovedillas faltantes	Moderado	Humedad constante en el área de la estructura	Deberá de corregirse la forma de descarga	
0+040.00	1050648					
	1050649	Señalamiento de Humedad en Bovedillas				
0+050.00	1050650					
	1050651	Señalamiento de restos de material de molde.	Ninguno			
0+060.00	1050652					
0+070.00						
0+080.00	1050653					
	1050654	Señalamiento de restos de material de molde	Ninguno			
0+090.00	1050655					
0+100.00	1050656					
	1050657	Señalamiento de Humedad en Bovedillas				
	1050658	Demolición parcial de dos bovedillas de concreto	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de dos bovedillas con concreto.	
	1050659					
0+110.00	1050660					



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
0+120.00	1050661					
	1050662	Construcción atípica de bovedillas cortas, y relleno de concreto, en área faltante para apoyo a la estructura.	Ninguno			
	1050663					
	1050664	Demolición total de unas bovedillas de concreto cercana a la viga central de corona, e Infiltración de agua en el área.	Moderada	Confinamiento débil del suelo de relleno.	Relleno del área de 1 bovedilla con concreto y exploración del área.	Existe un incremento de presiones dinámicas a la estructura a causa del peso del material de relleno saturado en el área de la infiltración.
	1050665					
	1050666					
0+130.00	1050667					
	1050668	Demolición parcial de 6 bovedillas de concreto cercanas a la viga de corona. Identificación de un mal colado en la viga central de corona (colmena)	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de 6 bovedillas con concreto y Resane de viga central.	
0+140.00						
0+150.00						
	1050669					
0+160.00	1050670					
	1050671	Demolición parcial de una bovedilla de concreto y demolición total de otra bovedilla cercana a ella.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de 2 bovedillas con concreto.	
	1050672	Agregado visto en 10 bovedillas de relleno.	Leve		Resane de 10 Bovedillas.	
	1050673	Fisuras en 5 bovedillas de				
	1050674	Demolición parcial de 3 bovedillas de concreto)	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de 3 bovedillas con concreto.	
	1050675	Agregado visto en cama hidráulica de bóveda.	Leve		Resane de 3x5 mts ² . De cama hidráulica.	
	1050676	Demolición total de 3 bovedillas de concreto	moderada	Confinamiento débil del suelo de	Relleno del área de 3	Existe un incremento de



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
	1050677	cercana a la viga central de corona, y abundante Infiltración de agua cercana al área		relleno.	bovedillas con concreto exploración del área.	presiones dinámicas a la estructura a causa del peso del material de relleno saturado en el área de la infiltración
	1050678	Demolición total de una bovedilla de concreto.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de 1 bovedilla con concreto.	
	1050679					
0+170.00	1050680					
	1050681	Demolición total de una bovedilla de concreto. Agregado visto en 10 bovedillas.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de 1 bovedilla con concreto y resane de 10 bovedillas.	
0+180.00						
0+190.00						
0+200.00	1050682	Al parecer cambio del sistema constructivo de la Bóveda.				Sistema Constructivo: Conformado por dos muros de concreto reforzado que soportan y losa densa curva de trazo circular apoyada en los muros de ambos extremos. Ambas estructuras coladas in situ.
	1050683					
	1050684					
	1050685					
0+210.00	1050686					
	1050687	Identificación de agrietamiento en cama de agua.	Moderada	Posibles infiltraciones al suelo de las fundaciones y posterior saturación.	Demolición de un área considerada y exploración del estado de los suelos.	
	1050688	Cambio a Concreto colado in situ Sistema Constructivo.				
	1050689					
	1050690					
0+220.00	1050691					



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
	1050692	Procedimiento constructivo inadecuado	Ninguno			
	1050693					
	1050694					
0+230.00	1050695					
	1050696	Identificación de agrietamiento transversal en la cama de agua.		Análisis estructural	Recomendación del análisis estructural	Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación.
	1050697	Identificación de agrietamiento transversal en muro lateral de concreto (grieta continua)		Análisis estructural	Recomendación del análisis estructural	Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación
	1050698	Identificación de agrietamiento transversal en muro lateral de concreto (grieta continua)		Análisis estructural	Recomendación del análisis estructural	Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación
	1050699	Identificación de agrietamiento transversal en la losa de concreto (grieta continua)		Análisis estructural	Recomendación del análisis estructural	Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación
	1050700	No se visualiza nada.				
	1050701	Identificación de agrietamiento transversal en la cama de agua.		Análisis estructural	Recomendación del análisis estructural	Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación.
	1050702					
	1050703	Identificación de fondo de un pozo de aguas lluvias				
	1050704	Construcción atípica, en empalme de un tramo con un sistema constructivo distinto con otro				
	1050705					
	1050706					
	1050707					
0+240.00	1050708	Sistema Constructivo colado in situ.				
0+250.00	1050709					
	1050710					



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
0+260.00	1050711	Al parecer cambio del sistema constructivo de la Bóveda.				Sistema Constructivo: Conformado por dos muros de mampostería reforzada, que soportan una losa curva de trazo parabólico nervada, conformada por viguetas curvas de concreto prefabricadas y bovedillas de concreto como elementos de relleno
	1050712	Demolición parcial de 2 bovedillas de concreto.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de 2 bovedillas con concreto.	
	1050713					
	1050714	Identificación en un área considerable (media sección de la bóveda margen izquierda) de abundante infiltración de aguas negras (descarga).	Moderada	Incremento de presiones no consideradas	Exploración del sector en la parte superior de la bóveda para identificar y corregir el problema	Existe un incremento de presiones dinámicas a la estructura a causa del peso del material de relleno saturado en el área de la infiltración
	1050715					
	1050716					
	1050717					
0+270.00	1050718					
	1050719	Demolición parcial de una bovedilla de concreto.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de la bovedilla con concreto.	
	1050720	Agrietamiento en muro lateral				Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación.
	1050721					
0+280.00	1050722	Agrietamiento en muro lateral				Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación
	1050723					
	1050724					
	1050725					
	1050726	Demolición total de 3 bovedillas de concreto	Leve	Confinamiento débil del suelo de	Relleno del área de 3	



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO
0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
	1050727			relleno	bovedillas con concreto.	
	1050728					
	1050729	Agregado visto en 9 bovedillas	Leve		Resanar 9 Bovedillas con concreto.	
	1050730					
	1050731	Agrietamiento bovedillas de la losa				Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación
	1050732					
	1050733					
0+290.00	1050734					
	1050735	Cambio de sección.				
	1050736	Identificación de restos de bolsas y proceso constructivo inadecuado				
0+300.00	1050737					
	1050738					
	1050739	Agrietamiento bovedillas de la losa				Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación.
	1050740					
	1050741					
	1050742	Socavación en la Cama de agua. Posible saturación en el suelo que rodean las fundaciones de la estructura.	Grave	Eminente colapso de la estructura, por la pérdida de resistencia portante del suelo a causa de la saturación del mismo.	Demolición de un área considerable de la cama de agua y exploración del estado de los suelos. Restitución de los suelos saturados y compactación con material bueno.	Debido a las condiciones de trabajo y de la misma emergencia, no se descarta el uso de suelo cemento fluido en un nivel inferior a las fundaciones, o en toda el área restante, así como también la compactación de suelo cemento hasta el nivel de rasante. Esto deberá ser establecido y supervisado por un laboratorio de suelos y materiales.



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
	1050743	Agrietamiento en muro lateral				Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación.
	1050744	Fractura de bovedilla.	Leve	Filtración Leve.	Rellenar con concreto 1 bovedilla.	
	1050745					
	1050746					
	1050747					
	1050748					
0+310.00						
	1050749	Demolición parcial de una bovedilla de concreto.		Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de 1 bovedilla con concreto.	
	1050750	Agrietamiento bovedillas de la losa.				Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación.
	1050751					
	1050752					
	1050753	Identificación de una				
	1050754	descarga de aguas lluvias en margen izquierda.				
0+320.00	1050755					
	1050756					
	1050757	Grieta en 3 bovedillas.	Leve	Filtración leve.	Resanar con concreto 3 bovedillas.	
	1050758					
	1050759					
	1050760	Fractura parcial de unas bovedillas de concreto.				
0+330.00	1050761	Agrietamiento en muro lateral.				Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación.
	1050762					
	1050763	Fractura parcial de 2	Leve	Filtración leve.	Demoler y	



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
		bovedillas.			rellenar con concreto área de 2 bovedillas.	
0+340.00	1050764	Identificación de descarga de aguas lluvias (combinada con aguas negras), en margen izquierda, no terminada.	Leve	Filtración Leve.	Resanar la descarga.	
	1050765					
	1050766					
	1050767	Identificación de agrietamiento en cama de agua.	Moderada	Posibles infiltraciones al suelo de fundaciones y posterior saturación.	Demolición de un área considerada y exploración del estado de los suelos.	
	1050768					
0+350.00	1050769					
	1050770					
0+360.00	1050771					
	1050772	Grieta en bovedilla de arco.	Leve		Resanar con concreto las grietas	
	1050773					
	1050774	Cambio de área Hidráulica (En el sentido de flujo se trata de un aumento en el área Hidráulica) final				
	1050775	Agrietamiento en el área transversal de la transición				Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación
	1050776	Vista frontal de transición.				
0+370.00	1050777					
0+380.00	1050778					
	1050779	Filtraciones leves en el arco.				
0+390.00	1050780					
	1050781	Demolición parcial de 3 bovedillas de concreto.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de 3 bovedillas con concreto.	



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
0+400.00	1050782					
	1050783	Identificación de agrietamiento en cama de agua.	Moderada	Posibles infiltraciones al suelo de las fundaciones y posterior saturación.	Demolición de un área considerada y exploración del estado de los suelos.	
	1050784					
0+410.00	1050785					
0+420.00	1050786					
	1050788	Cambio de área Hidráulica (En el sentido de flujo se trata de un aumento en el área Hidráulica) inicio				
	1050789					
0+430.00	1050797					
0+440.00	1050798					
	1050799					
	1050800					
	1050801	Fractura de 1 bovedilla.	Leve		Demoler y rellenar área de 1 bovedilla con concreto.	
	1050802	Restos de Bolsas.	Ninguno			
	1050803					
0+450.00	1050804					
	1050805, 1050807	Demolición parcial de una bovedillas de concreto y demolición total de otra bovedilla cercana a ella	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de la bovedilla con concreto.	
	1050808	Demolición parcial de una bovedilla de concreto.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de la bovedilla con concreto.	
0+460.00	1050809					
	1050810	Proceso constructivo inadecuado.				
	1050811	Separación de bovedilla contigua a muro lateral.	Leve	Filtración leve.	Resanar con concreto.	



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
	1050812	Agrietamiento en muro lateral				Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación
0+470.00						
	1050816, 1050818	Cambio de nivel en cama de agua				
	1050817	Grieta transversal en cama hidráulica que llega hasta el muro lateral.				Un análisis estructural identificara el tipo y nivel de daño en la estructura así como su reparación
	1050819, 1050821	Identificación de un área considerable, de abundante infiltración de aguas negras	Moderada	incremento de presiones no consideradas	Exploración del sector en la parte superior de la bóveda para identificar y corregir el problema	Existe un incremento de presiones dinámicas a la estructura a causa del peso del material de relleno saturado en el área de la infiltración
0+480.00	1050820	Demolición total de 3 bovedillas de concreto.	Leve	Confinamiento débil del suelo de relleno	Relleno del área de 3 bovedillas con concreto.	
	1050823	Material de relleno erosionado al interior de la bóveda.				
	1050824					
	1050821					
	1050822	Cambio de sección.				
	1050825					
0+490.00						
0+500.00	1050826					
	1050827	Profundidad de agua 20 cms.	Moderada	Posibles infiltraciones al suelo de las fundaciones y posterior saturación.		
0+510.00	1050828					
	1050829	Humedad generalizada en arco	Leve	Filtración Leve.		



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
	1050830, 1050832	Identificación de una descarga de aguas lluvias, margen izquierda.				
0+520.00	1050831					
0+530.00	1050833					
0+540.00	1050834					
0+550.00	1050835					
0+560.00	1050836					
0+570.00						
0+580.00	1050837					
0+590.00	1050838					
0+600.00	1050839					
	1050840	Identificación de una descarga de aguas lluvias				
	1050841, 1050842, 1050844, 1050845	Agujero en la Cama de agua. Profundidad de 1,60 ms, Posible socavación y saturación en el suelo de las fundaciones de la estructura.	Grave	Eminente colapso de la estructura, por la pérdida de resistencia portante del suelo a causa de la saturación del mismo.	Demolición de un área considerada de la cama de agua y exploración del estado de los suelos. Restitución de los suelos saturados, y compactación con material bueno.	Debido a las condiciones de trabajo y de la misma emergencia, no se descarta el uso de suelo cemento fluido en un nivel inferior a las fundaciones, o en toda el área restante, así como también la compactación de suelo cemento hasta el nivel de rasante. Esto deberá ser establecido y supervisado por un laboratorio de suelos y materiales.



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
0+610.00	1050846	Humedad excesiva en bovedillas de arco.	Leve	Filtraciones leves.		
0+620.00	1050848					
0+630.00	1050849					
	1050850	Acero de elementos estructurales verticales expuesto, oxidado.	Leve	Pérdida de resistencia del acero.	Recomendación del Ingeniero Estructurista.	
	1050851					
	1050852					
	1050853	Agujero en la Cama de agua. Profundidad de 1,08 ms. Posible socavación y saturación en el suelo de las fundación de la estructura	Grave	Eminente colapso de la estructura, por la pérdida de resistencia portante del suelo a causa de la saturación del mismo	Demolición de un área considerada de la cama de agua y exploración del estado de los suelos. Restitución de los suelos saturados, y compactación con material bueno	Debido a las condiciones de trabajo y de la misma emergencia, no se descarta el uso de suelo cemento fluido en un nivel inferior a las fundaciones, o en toda el área restante, así como también la compactación de suelo cemento hasta el nivel de rasante. Esto deberá ser establecido y supervisado por un laboratorio de suelos y materiales
0+640.00	1050854					
	1050856	Acero de elementos estructurales verticales expuesto, oxidado	Leve	Pérdida de resistencia del acero	Recomendación del ingeniero estructurista	



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
	1050857	Agujero en la Cama de agua. Profundidad de 1.22 mts, Posible socavación y saturación en el suelo de las fundación de la estructura	Grave	Eminente colapso de la estructura, por la pérdida de resistencia portante del suelo a causa de la saturación del mismo	Demolición de un área considerada de la cama de agua y exploración del estado de los suelos. Restitución de los suelos saturados , y compactación con material bueno	Debido a las condiciones de trabajo y de la misma emergencia, no se descarta el uso de suelo cemento fluido en un nivel inferior a las fundaciones, o en toda el área restante, así como también la compactación de suelo cemento hasta el nivel de rasante. Esto deberá ser establecido y supervisado por un laboratorio de suelos y materiales
	1050858 1050859 1050860 1050861	Tramo de aproximadamente 90 mts de cama de agua colapsada totalmente. Profundidad promedio de 1.15 mts, Posible socavación y saturación en el suelo de las fundación de la estructura	Grave	Eminente colapso de la estructura, por la pérdida de resistencia portante del suelo a causa de la saturación del mismo	Demolición de un área considerada de la cama de agua y exploración del estado de los suelos. Restitución de los suelos saturados , y compactación con material bueno	Debido a las condiciones de trabajo y de la misma emergencia, no se descarta el uso de suelo cemento fluido en un nivel inferior a las fundaciones, o en toda el área restante, así como también la compactación de suelo cemento hasta el nivel de rasante. Esto deberá ser establecido y supervisado por un laboratorio de suelos y materiales

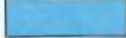

Para incrementar la vida útil de la estructura se recomienda la construcción de una capa de concreto, rica en cemento, de 0.15 m de espesor a lo largo de toda la cama de agua existente para con conformar y nivelar la superficie de concreto desgastada por la abrasión del agua.



Daños en cama de agua.



INFORME DE INSPECCION DE DAÑOS EN BOVEDA LOS SISIMILES. FECHA 15 DE FEBRERO DEL 2011
TRAMO COMPRENDIDO ENTRE SU DESCARGA AL ARENAL TUTUNICHAPA Y AGUAS ARRIBA ESTACIONAMIENTO 0+600.00

ESTACION	IMAGEN	DESCRIPCION	DAÑO	CONSECUENCIA	PROPUESTA	OBSERVACIONES
		Señalamiento de Humedad en la estructura.				
		Descarga identificada.				



ANEXO D

MATRIZ DE DAÑOS DETALLADOS INSPECCION 14 Y 15 DE FEBRERO DE 2011



**SUBDIRECCION DE PUENTES Y OBRAS DE PASO - DACGER - MOP
 FORMULARIO DE INSPECCION BOVEDAS**

INSPECCION: BOVEDA TUTUNICHAPA - SAN SALVADOR FECHA: 14 y 15 de Febrero, 2011

ELABORO: SUBDIRECCION DE PUENTES Y OBRAS DE PASO

ESTACIONAMIENTO	TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES			
		BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO		REGULAR	MALO	OBSERVACIONES
14 de Febrero, 2011. Inicio de inspección desde aguas arriba.														
0+000	E5	X			X					X			Evidencias de procesos constructivos deficientes. Bovedillas faltantes o fracturadas. Acero expuesto en viguetas.	Est. 0+000 en zona Col. Centroamérica.
0+020	E5	X			X					X			Evidencias de procesos constructivos deficientes. Bovedillas faltantes o fracturadas. Acero expuesto en viguetas.	Est. 0+000 en zona Col. Centroamérica.



ESTACIONAMIENTO		TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES		
INICIAL	FINAL		BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO		REGULAR	MALO
0+040	0+060	E5		X			X				X			Infiltraciones en bovedillas de arco. Acero de refuerzo expuesto en viguetas.
0+060	0+080	E5		X			X				X			Infiltraciones en bovedillas de arco. Acero de refuerzo expuesto en viguetas. Infiltraciones en zona de unión muro lateral - arco, con acero de refuerzo corrido.
0+080	0+100	E5		X			X				X			Infiltraciones, acero de refuerzo expuesto en viguetas. Infiltraciones en zona de unión muro lateral - arco.



ESTACIONAMIENTO	TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES							
		BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO		REGULAR	MALO	OBSERVACIONES				
0+100	0+120	E5	X			X					X					Infiltraciones en bovedillas.		
0+120	0+140	E5 hasta 0+130. E6 inicia en 0+130	X			X											Acero de refuerzo expuesto. Grieta en clave de arco con infiltración.	Est. 0+135: Zona de cambio de tipología estructural.
0+140	0+160	E6	X															



ESTACIONAMIENTO		TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES		
INICIAL	FINAL		BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO		REGULAR	MALO
0+160	0+180	E6			X	Pérdida de cama de agua al centro, en 20-30 cms de ancho.* 0+170: Pérdida de cama de agua al centro en 50-100cms de ancho, con fracturas generalizadas en resto de zonas.								
0+180	0+200	E6			X	Tramo final al que ya no fue posible continuar, por presencia de socavaciones profundas e inundadas.* 0+180: Pérdida total de cama de agua, con socavación superior a 1.00m de profundidad, dejando al descubierto la fundación de las paredes laterales de la bóveda.			X	Socavación severa bajo muros laterales.				Agrietamiento severo en paredes laterales, posiblemente en zona de junta de construcción.
15 de Febrero, 2011. Inicio de inspección desde aguas abajo. Para el caso de la cama de agua: lo que se mencione hacia la derecha, en realidad es a la izquierda, y viceversa.														
Primer tramo de inspección: 0+000 a 0+320														
0+000	0+020	E1			X	*0+013: Concreto de desperdicio depositado al lateral derecho. Marca al lateral izquierdo indicando estación 0+660, producto de inspecciones pasadas.					X			Evidencias de procesos constructivos deficientes. Bovedillas faltantes o fracturadas. Acero expuesto en bovedillas.
0+000														Est. 0+000 en zona Comunidad Tutunichapa. E1: altura de muros laterales de concreto = 1.50 m, arco constituido por sistema de viguetas y bovedillas.



ESTACIONAMIENTO	TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES			
		BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO		REGULAR	MALO	OBSERVACIONES
0+020	0+040	E1	X			X				X			Infiltraciones. Bovedillas faltantes. Acero expuesto en bovedillas.	Probablemente existan juntas de dilatación a cada 10 m. La calidad del proceso constructivo ha mejorado desde el Est. 0+030.
0+040	0+060	E1	X			X				X			Infiltraciones considerables en el arco, principalmente el lateral derecho (visto respecto al sentido de circulación de las aguas). Bovedillas dañadas	Perdida de lechada superficial de cama de agua. Probablemente existan juntas de dilatación de 1/2" de espesor a cada 10 m.
0+060	0+080	E1	X			X				X				Perdida de lechada superficial de cama de agua.
0+080	0+100	E1	X			X				X				Perdida de lechada superficial de cama de agua.
0+100	0+120	E1	X			X				X			Bovedillas faltantes.	Perdida de lechada superficial de cama de agua.



ESTACIONAMIENTO		TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES		
INICIAL	FINAL		BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO		REGULAR	MALO
0+120	0+140	E1		X			X				X			Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua.
0+140	0+150	E1		X			X					X		Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua.
0+150	0+160	E1		X			X				X			Vicio constructivo. Infiltración en clave de arco, aunque no se observa tubería. Pérdida de material de relleno. Bovedillas fracturadas.
0+160	0+180	E1		X			X				X			Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua.



ESTACIONAMIENTO	TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES
		BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	
0+180	0+200		X			X			X		Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. Est. 0+180: Cambio en alineamiento de bóveda, existe curva pronunciada. Pozo de aguas lluvias (seco al momento de la inspección)
0+200	0+220										*0+200: Cambio en tipología estructural, se mantienen muros laterales, pero el arco presenta una cubierta de mortero tipo "hormigonado". Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. Grietas longitudinales, generalizadas entre lateral derecho e izquierdo.



ESTACIONAMIENTO		TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES	
INICIAL	FINAL		BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO		OBSERVACIONES
0+220	0+240	E3 hasta 0+235, luego inicia tipo E2		X			X			X		Grieta cercana a junta de construcción, transversal a sección de bóveda. Relleno de material plástico muy delgado. Al lateral derecho se detecto falta de nivelación del concreto de cama de agua. *0+237: Cambio de sección de bóveda. +0+239: fractura en cama de agua al lateral derecho.	*0+218: Cambio en tipología estructural, bovedilla de 0.20 m de alto x 2.37 m de largo. Pérdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. *0+235: Pozo de aguas lluvias frente a SERTRACEN.
0+240	0+260	E2 hasta 0+250, luego inicia tipo E1		X		X			X			Grieta cercana a junta, la cual atraviesa toda la sección transversal de la bóveda: cama de agua, muros laterales, arco. Posible asentamiento diferencial.	Pérdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. *0+250: Cambio en tipología estructural.
0+260	0+280	E1		X			X				X	Grieta cercana a junta, la cual atraviesa toda la sección transversal de la bóveda: cama de agua, muros laterales, arco. Posible asentamiento diferencial.	Pérdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. *0+270: Infiltración severa: caída de agua en clave de bóveda, bovedillas faltantes y pérdida de material de relleno. Sector altamente susceptible a formación de cárcava (similar a evento ocurrido en 2009, en zona de SERTRACEN).



ESTACIONAMIENTO		TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES		
INICIAL	FINAL		BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO		REGULAR	MALO
0+280	0+300	E1		X							X			<p>Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua.</p> <p>Bovedillas faltantes, en lateral izquierdo de arco (visto en el sentido de circulación de las aguas) se observa material de relleno. *0+300: Grieta que atraviesa transversalmente el lateral izquierdo del arco (visto en el sentido de circulación de las aguas).</p>
0+300	0+320	E4			X							X		<p>Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. Grieta longitudinal que se desarrolla desde la estación 0+305, lateral derecho, pasando por el centro de la cama de agua, y llegando a estación 0+319, lateral izquierdo. Dicha grieta continua a lo largo de la cama de agua, de manera sinuosa.</p> <p>Grietas que atraviesan transversalmente (total o parcialmente) la sección del arco: cama de agua, muros laterales y arco.</p>



ESTACIONAMIENTO		TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES		
INICIAL	FINAL		BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO		REGULAR	MALO
0+320	0+340	E4			X	*0-321: Junta de construcción con material de relleno plástico (waterstop). Presencia de grieta longitudinal hacia ambos laterales de cama de agua, a una distancia de 1.00 m de unión de cama de agua con paredes de bóveda.		X		Grieta considerable en muro lateral izquierdo (visto en el sentido de circulación de las aguas), no se observa agrietamiento en muro derecho.		X	Lateral izquierdo de arco (visto en el sentido de circulación de las aguas): Grieta considerable y Bovedillas fracturadas en zona colindante con muro lateral. Bovedillas facturadas en lateral derecho de arco, en zona colindante con muro.	Pérdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. Continúan apareciéndose grietas longitudinales, siendo esta vez a ambos lados de la cama de agua.
Primer tramo de inspección: 0+320 a 0+320														
0+320	0+340	E4		X		*0-340: Cambio de pendiente en una longitud de 2.00 m. Se localiza grieta longitudinal al lateral izquierdo.								Pérdida de lechada superficial de cama de agua.
0+340	0+360	E4		X		*0-350: Junta de construcción con relleno de material plástico (waterstop). Grieta que inicia en zona de cambio de pendiente, paralela al eje longitudinal de la bóveda (L=15 m, aprox).			X					Pérdida de lechada superficial de cama de agua. Est. 0-340: cambio de pendiente en cama de agua, no hay cambio de tipología y geometría. Descarga de aguas lluvias consistente en una tubería de concreto reforzado de 60 ó 72 pulg de diámetro.



ESTACIONAMIENTO		TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES			
INICIAL	FINAL		BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO		REGULAR	MALO	
0+360	0+380	E4		X		*0+365: Junta de construcción con relleno de material plástico (waterstop). *0+370: Cambio de pendiente. Agrietamiento en empalme de secciones		X		Agrietamiento en zona de emplame de ambas secciones geométricas.		X		Lateral derecho de arco (visto en el S de C del A): Agrietamiento que recorre la totalidad de este lateral (del arco). Agrietamiento en zona de emplame de ambas secciones geométricas.	Pérdida de lechada superficial de cama de agua. Est. 0+360. Cambio de pendiente en cama de agua y de geometría (sección transversal de mayor área a la colindante aguas abajo)
0+380	0+390	E4					X					X		Infiltraciones de clave de arco.	
0+390	0+400	E4			X	*0+390: Grieta longitudinal, lateral derecho, cerca del centro de cama de agua. Se observa que se prolonga a más de 10 metros a lo largo de la bóveda.								Lateral izquierdo de arco (visto en el S de C del A): Bovedillas fracturadas y/o con cara externa faltante.	Pérdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. Grieta longitudinal que se desarrolla desde la estación 0+390, lateral derecho. *0+390: junta de construcción
0+400	0+420	E4			X	*0+403: Junta de construcción sin material de relleno plástico. Continuación de grieta longitudinal al lateral derecho. *0+413: Cambio de pendiente, en una longitud de 7 metros.									Pérdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. Grieta longitudinal que se desarrolla desde la estación 0+403. Est. 0+400: Junta. Est. 0+420: Cambio de pendiente en cama de agua, pero se mantiene la tipología estructural.



ESTACIONAMIENTO		TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES		
INICIAL	FINAL		BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO		REGULAR	MALO
0+420	0+440	E4		X		*0+430: Junta de construcción. *0+440: Cambio de sentido longitudinal de la bóveda hacia la derecha.	X				X			Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua.
0+440	0+460	E4			X	*0+460: Grieta longitudinal al lateral derecho.								Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua.
0+460	0+480	E4 hasta 0+490, luego inicia E5			X	*0+480: Descarga de aguas servidas desde lateral derecho. Perdida de cama de agua hacia lateral derecho. Presencia de grietas generalizadas en toda la sección de cama de agua. Continúa grieta longitudinal en ambos laterales de cama de agua, cercanas al centro de la misma. *0+490: Cambio de sección de bóveda, la cual es igual a la del inicio o de sección a aguas arriba de bóveda.								Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua y en mayor concentración que en estaciones anteriores.
0+480	0+500	E5		X		*0+510: Pérdida de cama de agua, al centro.								Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua.



ESTACIONAMIENTO		TIPO DE ESTRUCTURA	CAMA DE AGUA			PAREDES LATERALES			ARCO			OBSERVACIONES GENERALES	
			BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO	REGULAR	MALO	OBSERVACIONES	BUEN ESTADO		REGULAR
0+500	0+520	E5		X									Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua.
0+520	0+540	E5		X									Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. DESCARGA DE TUBERIA DE APROXIMADAMENTE 24PULG, LATERAL DERECHO (S.D.A)
0+540	0+560	E5		X		X							Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. ESTRUCTURA SIMILAR A COL BAMBULAR, PROCESO CONSTRUCTIVO MEJORADO, MATERIALES DE BUENA CALIDAD.
0+560	0+580	E5		X									Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. Sección de bóveda igual al del tramo de inicio, aguas arriba.
0+580	0+600	E5		X									Perdida de lechada superficial de cama de agua. Arena sedimentada a ambos extremos de losa de cama de agua. *0+590: Pérdida de la cama de agua al centro, en un ancho de 1.50 metros y a una profundidad de 30 a 40 cms. TUBERIA DE 24PULG



LA INFRASCRITA DIRECTORA DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO Y GESTIÓN ESTRATÉGICA DEL RIESGO DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y DE TRANSPORTE, CERTIFICA QUE LAS PRESENTES FOTOCOPIAS QUE CONSTAN DE 81 PAGINAS, SON CONFORME CON SUS ORIGINALES CON LOS CUALES FUERON CONFRONTADOS, Y PARA CONSTANCIA FIRMO Y SELLO LA PRESENTE, EN LA CIUDAD DE SAN SALVADOR A LOS 21 DÍAS DEL MES DE FEBRERO DEL AÑO 2022

Brenda Hazel Sandoval

