

**REF. No. MOP-DACGER-066/2016.**  
**INFORME "INSPECCIÓN INTERNA DE BÓVEDA EN CONDOMINIO BRISAS DE SAN FRANCISCO, SAN SALVADOR"**

**FECHA DE INSPECCIÓN:** 8 de Noviembre 2016 y 6 de Diciembre 2016

**PARTICIPANTES EN LA VISITA:**

Ing. Juan Carlos Garcia	DACGER-MOP-SPOP <sup>1</sup>
Ing. Deyman Pastora	DACGER-MOP-SPOP
Ing. William Guzmán	DACGER-MOP-SPOP
Ing. Héctor González	DACGER-MOP-SD <sup>2</sup>
Ing. Jaime Rodriguez	DACGER-MOP-SD
Ing. Claribel Tejada	DACGER-MOP-SD
Ing. Daniel Zuniga	DACGER-MOP-SD
Ing. Mónica Gutiérrez	DACGER-MOP-SG <sup>3</sup>

**OBJETIVO DE LA VISITA**

Realizar una inspección visual de las condiciones estructurales e hidráulicas a lo largo de toda la Bóveda que pasa por debajo de calle principal del Condominio Brisas de San Francisco y ubicar zonas donde se ha dado pérdida de material del suelo del relleno en puntos de intersección con el sistema de aguas negras de la Residencial.

**UBICACIÓN**

La bóveda inspeccionada se encuentra ubicado a lo largo de la calle de acceso del Condominio, ver **Imagen 1**.

La inspección se dividió en tres tramos, se presenta la ubicación de cada uno a continuación:

	Inicio	Fin
<b>TRAMO 1</b>	13°41'33.48"N 89°13'17.24"O	13°41'29.05"N 89°13'07.06"O
<b>TRAMO 2</b>	13°41'29.05"N 89°13'07.06"O	13°41'27.01"N 89°13'04.90"O
<b>TRAMO 3</b>	13°41'27.01"N 89°13'04.90"O	13°41'25.01"N 89°13'01.60"O

<sup>1</sup> SPOP: Subdirección de Puentes y Obras de Paso

<sup>2</sup> SD: Subdirección de Drenajes

<sup>3</sup> SG: Subdirección de Geotecnia



**Imagen 1.** Ubicación de la zona de inspección.

**1. ANTECEDENTES.**

Debido a los problemas suscitados, colapso de un tramo de la Bóveda en el sector de Senda No. 10 y Perdida de material de suelo que soportaba el sistema de aguas negras ubicado al final de la Senda No. 8 y que ha dejado al descubierto parte del costado derecho de la bóveda, la Comisión Nacional de Cárcavas de la Dirección Nacional de Protección Civil, determino la necesidad de realizar una revisión interna de la bóveda para poder tener un diagnóstico más detallado de las condiciones internas de la bóveda, para que personal de ANDA pudiese realizar los trabajos necesarios para rehabilitar el sistema de aguas negras de la Senda No. 8 que conecta hacia el colector principal, el cual a la fecha se encuentra sin soporte por la pérdida de material que se ha dado en el sector, por lo que se le solicito al Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano, MOPTVDU, que a través de la Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo, DACGER, se realizara la inspección al interior de la bóveda para determinar las condiciones de ésta en tramos antes mencionados, para la cual se coordinó con personal de Bomberos y de la Alcaldía de San Salvador.

Es importante conocer que en octubre del 2014 se produjo el colapso de parte de la Bóveda en el sector de Senda No. 10, ver **Fotografía N°1** e informe Anexo **Ref. No. MOP-DACGER-067/2014**.

Previo al colapso mencionado anteriormente, se había dado un hundimiento y pérdida del material del relleno del costado derecho de la Bóveda, dándose el colapso del Colector Primario de Aguas Negras de 36", que pasa al costado derecho de ésta (ver informe anexo **Ref. No. MOP-DACGER-066/2014**), situación que es similar a la que se suscitó recientemente, al final de la Senda No. 8, aunque en este último caso aún no se ha dado el colapso del Colector Primario (ver **Fotografía N°2**).

Por lo anterior Técnicos de ANDA solicitaron a la Comisión Nacional de Cárcavas que previamente a que ellos realizaran el relleno del hundimiento que se produjo en Senda No. 8 se debía realizar la inspección de la parte interna de la Bóveda para asegurarse de que no sucediera lo mismo que paso en el hundimiento de Senda No. 10.

La Comisión Nacional de Cárcavas recomendó a ANDA que realizara el desvío del flujo de aguas negras que pasa por el colector principal de 36" para así disminuir el peso que soporta este sistema mientras se realizan las obras necesarias en ese punto, desvió que ya se había ejecutado para lo cual desviaron el flujo en la incorporación del Arenal San Felipe al Arenal Monserrat por medio de un sistema de compuerta del mismo sistema, por lo que se incorporó este flujo al del Arenal Monserrat.



**Fotografía N°1.** Colapso de bóveda en intercepción de Calle Principal y Senda No. 10 en Condominio Residencial Brisas de San Francisco, a) Sin obras de mitigación, b) Con obras de mitigación.



**Fotografía N°2.** Hundimientos por pérdida de relleno en sistema de aguas negras, a) el previo a colapso de Bóveda en Senda No. 10 y b) el actual en Senda No. 8.

Dado a lo complejidad del ingreso a la bóveda y por solicitud de la Comisión Nacional de Cárcavas, se realizó la primera visita el día 8 de Noviembre ingresando al TRAMO 2, posteriormente el día 6 de diciembre se ingresó a los TRAMO 1 y TRAMO 3.

Para la inspección del TRAMO 2 se realizó un marcado de **cadenaamiento temporal** a cada 10 m.; teniendo para este tramo como Estación 0 + 00 el punto de colapso de la bóveda, posteriormente a la realización de la segunda inspección se modificó el cadenaamiento teniendo como referencia un único punto de inicio y así obteniendo un cadenaamiento total de la bóveda.

Dadas las condiciones de la bóveda se optó para el TRAMO 2, realizar el ingreso en el punto del colapso de ésta, ya que no existen pozos de inspección que permitan acceder directamente a la bóveda y si se ingresaba desde la entrada de la misma, el recorrido era mayor (aprox. 320 m.) que el que se realizó por medio de este punto (aprox. 120 m.) ya que se podía llegar de forma más inmediata al punto de interés de este tramo, que era el sector de Senda No. 8. Para el ingreso se contó con la ayuda del Cuerpo de Bomberos y del equipo de Protección Civil Municipal de San Salvador (ver **Fotografía N°3**).

De forma rápida la logística de inspección fue la de conformar un equipo de expertos en el área de Estructuras, Hidrología e Hidráulica de la DACGER acompañados por una persona del Cuerpo de Bomberos para seguridad de las personas de la inspección, además porque se hizo uso del equipo de soporte de oxígeno autónomo del que disponen ellos.

Como se menciona anteriormente para el TRAMO 2 se realizó un marcado de **cadenaamiento temporal** cada 10 m; teniendo la Estación 0 + 00 en el punto de colapso de la bóveda el recorrido se hizo hacia aguas arriba hasta llegar al sector de Senda No. 8 el cual se había establecido que estaba a unos 120 m. desde el punto de inicio, pero para tener seguridad de este punto, se coordinó por medio de radios, que al momento que el equipo de inspección se encontrara cerca del punto de interés, el equipo exterior vertió agua con cal en el tragante ubicado en Senda No. 8 con lo cual se pudo verificar de forma más exacta el punto de inspección de interés (ver

**Fotografía N°4 y Fotografía N°5).** A lo largo del recorrido se fueron identificando además otros problemas de la bóveda que también se especifican en este informe.



**Fotografía N°3.** Equipo y logística para ingreso a Bóveda en punto de colapso del sector de Senda No. 10.



**Fotografía N°4.** Inicio y marcado de cadenamiento de tramo inspeccionado en Bóveda.



**Fotografía N°5.** Punto de incorporación de tubería proveniente de tragante ubicado en Senda No. 8

Para el Tramo 1 se realizó el ingreso a través de la entrada de la bóveda que se encuentra aproximadamente a 45 metros hacia aguas abajo desde la obra de paso ubicada en la Avenida las Amapolas y el Arenal de Monserrat, ver **Fotografía N°6**. Para este ingreso se contó con la colaboración de personal de Alcaldía Municipal y del Cuerpo de Bomberos, no fue necesario el uso del equipo de soporte de oxígeno autónomo, solo de mascarillas con filtro, a partir del punto de entrada de la bóveda se tomó un nuevo cadenamiento para la toda bóveda.



**Fotografía N°6.** Ingreso a la Bóveda en Estación 0+000

La inspección en el Tramo 3 se realizó por medio de una estructura de inspección de la Bóveda, tipo caja, ubicada casi al final de calle Principal (ver **Fotografía N°7**), por lo que para descender al interior de la bóveda, se utilizó un trípode para descenso vertical y arnés de seguridad para el descenso y seguridad del Ingeniero que realizó la inspección. Debido a la complejidad del descenso y las condiciones internas de la bóveda, solo descendió una persona para observar y tomar fotografías de este tramo.



**Fotografía N°7.** Ingreso del tramo 3 por medio de caja de inspección

## 2. OBSERVACIONES.

### TRAMO 1

El Tramo 1 de la bóveda inspeccionada se define entre las estaciones 0+000 y 0+345 (ver **Imagen N° 1**), en la inspección realizada se pudo identificar algunos puntos particulares, como también diferentes daños generalizados.



Imagen N° 1. Esquema de Ubicación de Tramo 1

A continuación se hace una descripción de lo observado, con ubicación respecto al estacionamiento temporal trazado el día de la inspección:

- **Porción entre Estacionamientos 0+000 y 0+025:** Inicio de Bóveda, sección transversal parabólica de concreto armado, de 8.50 m. de ancho y 8.00 m. de alto, apoyada en paredes de mampostería de piedra de 1.50 m. de alto, con lo que en este estacionamiento la bóveda posee una altura total de 9.50 metros (ver **Fotografía N°8**). A partir de esta Estación se pudo apreciar daños en la losa de cama hidráulica y acumulación de escombros (ver **Fotografía N°9**). En cuanto a la estructura de la bóveda se pudo apreciar defectos constructivos en la superficie del arco de bóveda, principalmente por deficiencias en el moldeado, además de juntas de colado y algunas grietas verticales y diagonales (ver **Fotografía N°10**).
- **Porción entre Estacionamientos 0+025 y 0+100:** En el estacionamiento 0+025 se observó una reducción significativa de la sección transversal de la bóveda, estimándose una reducción en altura y en su ancho de 1.50 m. y 1.00 m., respectivamente (ver **Fotografía N°11**), de acá que la sección transversal de inicio se mantiene constante en los primeros 25 metros. En ésta reducción se observaron grietas transversales generalizadas, presuntamente generadas por esfuerzos de flexión ante las cargas de retención permanentes, posiblemente incrementadas por los efectos de los sismos ocurridos en años anteriores (ver **Fotografía N°12**). Por otra parte, a partir de este estacionamiento pudo apreciarse el inicio de pérdida de losa de cama hidráulica, junto con la pérdida de los materiales de apoyo de la misma, con lo que se ha producido una socavación generalizada a lo largo de todo el Tramo 1 superior a los 2.00 metros de profundidad (ver **Fotografía N°13**), quedando aún en pie unas porciones de dicha losa hacia ambos laterales de la bóveda, las cuales se

encuentran en voladizo (ver **Fotografía N°14**), y donde ha quedado expuesto el acero de refuerzo de la misma, la cual se estima posee un espesor de al menos 15 cms. En cuanto al estado de la estructura del arco de la bóveda, se mantienen los daños anteriormente indicados de deficiencias en el encofrado, juntas de colado y grietas verticales y diagonales.

- **Porción entre Estacionamientos 0+100 y 0+160:** En el estacionamiento 0+100 se identificó una grada disipadora, con una altura estimada de 1.00 m. (ver **Fotografía N°15**). A partir de este punto se presentaron dificultades para continuar con la inspección, por lo que se continuó desde el lateral izquierdo de la cama hidráulica aún existente. Hasta el estacionamiento 0+160 los daños en la cama hidráulica continúan de igual forma que los descritos anteriormente.
- **Porción entre Estacionamientos 0+160 y 0+250:** Al llegar al estacionamiento 0+160 no se pudo proseguir puesto que la losa de cama hidráulica se encuentra completamente desaparecida, aunque desde acá se pudo estimar de manera visual la existencia de una siguiente grada disipadora a 90 m. hacia aguas abajo, siendo este punto la Estación 0+250, desde acá hacia la Estación 0+345, se presume que se ha perdido completamente la cama hidráulica.

Hay que mencionar que hasta la fecha en el Tramo 1 no se han presentado daños hacia la superficie, tales como los ocurridos en las Sendas No. 8 y No.10.



**Fotografía N°8.** Vista desde aguas arriba de inicio de bóveda, Estacionamiento 0+000.



**Fotografía N°9.** Observación de daños en losa de cama hidráulica y acumulación de escombros.



**Fotografía N°10.** Defectos constructivos generalizados en la superficie del arco por deficiencia en el moldeo.



**Fotografía N°11.** Vista desde aguas arriba de reducción de sección transversal de bóveda en estacionamiento 0+025.



**Fotografía N°12.** Grietas generalizadas en reducción de sección transversal de bóveda, en estacionamiento 0+025.



**Fotografía N°13.** Inicio de pérdida de losa de cama hidráulica y socavación hacia sus materiales de apoyo, estacionamiento 0+025.

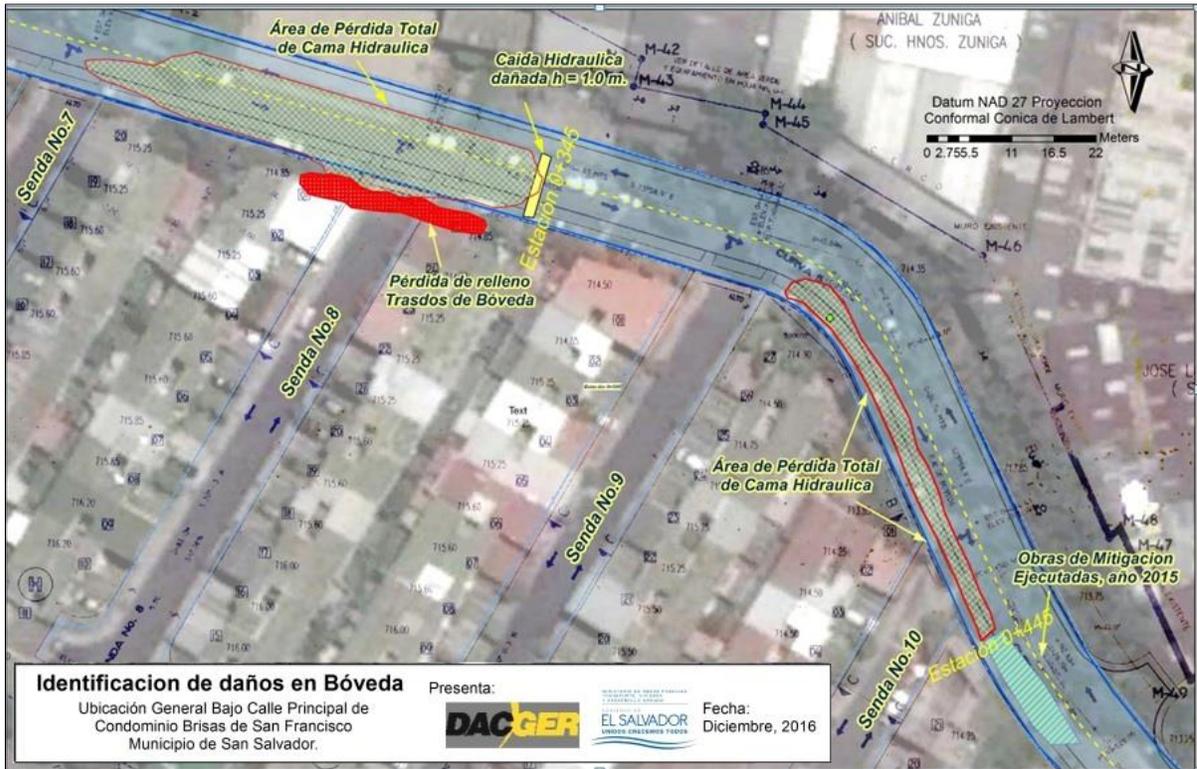


**Fotografía N°14.** Porciones de losa de cama hidráulica aún existentes hacia los laterales de la bóveda, en voladizo.



**Fotografía N°15.** Vista general de grada discipadora en estacionamiento 0+100.

**TRAMO 2**



**Imagen 3** Ubicación del Tramo 2

En la inspección realizada al interior de este tramo se pudieron observar distintos daños en la bóveda, entre los cuales, los principales daños se observan en la **Imagen 3**.

Como el ingreso a este tramo se hizo por medio de la cárcava en la zona colapsada, la descripción de daños se ha realizado desde el colapso haciendo el recorrido hacia aguas arriba de la bóveda. Dentro de estos daños los más relevantes son:

- **Estacionamiento 0+445:** punto de colapso de la bóveda, en este sector se observa la pérdida de la cama hidráulica de la bóveda hacia aguas abajo de este punto, además de los daños estructurales de las costillas de la bóveda a causa del mismo colapso (ver **Fotografía N°16**).
- **Estacionamiento 0 + 405 al 0 + 445:** en este segmento se observó la pérdida de cama hidráulica hacia la margen derecha de esta, con un ancho promedio de 3 m. y una profundidad entre los 0.5 m. a 1 m., con una caída de aproximadamente 2 m. en el punto de colapso (ver **Fotografía N°17** y **Fotografía N°18**).

- **Estacionamiento 0 + 425 al 0 + 435:** Se detectaron algunas grietas verticales, que posiblemente se han originado por asentamientos diferenciales y cargas laterales por sismo, adicionales a las cargas normales de retención. Así también se detectaron patrones de grietas en diagonal, pero que al observarlas en mayor detalle son juntas de colado, lo cual es una deficiencia constructiva debido a una falta de colado constante de la mezcla de concreto fresco y/o por la falta de un adecuado vibrado (ver **Fotografía N°19**).
- **Estacionamiento 0 + 385 al 0 + 405:** En este segmento se da el desarrollo de una curva en el alineamiento de la bóveda. En este segmento también se detectaron grietas verticales y juntas de colado, además de irregularidades en la superficie interna de paredes y arco de la bóveda, debido a deficiencia en el moldeado empleado en el proceso de colado del concreto (ver **Fotografía N°20 y Fotografía N°21**).



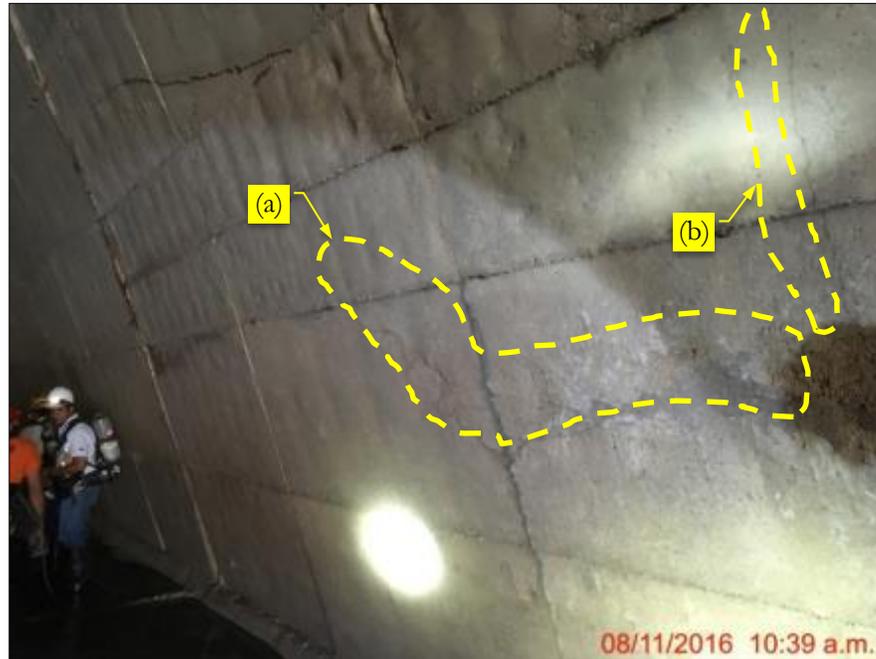
**Fotografía N°16.** Vista hacia aguas abajo de punto de colapso (estacionamiento 0+445).



**Fotografía N°17.** Perdida de cama hidráulica en margen derecho de Bóveda (estacionamiento 0+445).



**Fotografía N°18.** Perdida de cama hidráulica en margen derecho de Bóveda (estacionamiento 0+405).



**Fotografía N°19.** Junta de colado con apariencia de fisura (a) y grieta vertical (b) en costillas de Bóveda en zona de juntas de colado, entre las estaciones 0+425 y 0+ 435.



**Fotografía N°20.** Curva para cambio de dirección del flujo en alineamiento de Bóveda, entre las estaciones 0+385 y 0+405.



**Fotografía N°21.** Irregularidades en la superficie interna de paredes y arco de bóveda por deficiencia en el moldeado, entre estaciones 0+385 y 0+405.

- **Estacionamiento 0 + 355 al 0 + 375:** en este segmento se identificaron fisuras verticales y en diagonal en las costillas de la bóveda, principalmente hacia su margen izquierdo por la Estación 0 + 375, posiblemente originadas por asentamientos diferenciales y cargas laterales de sismo, de forma similar a las descritas anteriormente (ver **Fotografía N°22**). Además en este segmento se pudo observar nuevamente la pérdida de cama hidráulica y socavación de los materiales de base hacia el centro de la misma, entre las estaciones 0 + 365 hasta la 0 + 385, con un ancho aproximado de 1.5 m. y una profundidad de 0.4 m. En la Estación 0 + 355 se pudo apreciar un cambio de sección de la bóveda (ver **Fotografía N°23**).



**Fotografía N°22.** Fisuras en costilla de Bóveda, margen izquierdo (estacionamiento 0+375).



**Fotografía N°23.** Cambio de sección en Bóveda (estacionamiento 0 + 355)

- **Estacionamiento 0 + 285 al 0 + 345:** en la Estación 0 + 345 se ubicó una caída de aproximadamente 1 m., la cual se encontró parcialmente destruida, principalmente hacia el centro del ancho de la cama hidráulica, y en donde se detectó el inicio del tramo más crítico de pérdida de cama hidráulica de la bóveda, ya que a partir de este punto hacia aguas arriba, se pudo apreciar que la losa de concreto de la cama hidráulica se ha perdido, quedando únicamente los bordes de la misma suspendidos de la parte lateral que se une a las paredes de la bóveda (ver **Fotografía N°24** y **Fotografía N°25**), además de que se ha perdido todo el material de base de ésta en todo el ancho de la bóveda, estimándose esta situación en un tramo longitudinal de bóveda de aproximadamente 60 m., es decir hasta la Estación 0+285, próximo a la intersección de Calle Principal con Senda No. 7 (ver **Fotografía N°26**). Por otra parte, dentro de este tramo, en la Estación 0 + 325 se localiza la socavación recién producida en la intersección con Senda No. 8, donde desde el interior de la bóveda se detectó la pérdida completa tanto de cama hidráulica como de sus materiales de base, por lo que se estima que las fundaciones de las paredes próximas se encuentran expuestas (ver **Fotografía N°27**). Por tanto con la socavación producida desde fuera de la bóveda en el lugar antes mencionado, se observaría que el tramo de pared de bóveda se encuentra afectado tanto hacia afuera como hacia el interior de la bóveda. Por otra parte, hacia las paredes de la bóveda, se detectaron nuevamente juntas de colado, grietas verticales e imperfecciones superficiales por deficiencias en el moldeado (ver **Fotografía N°28**).



**Fotografía N°24.** Caida de Cama Hidráulica de altura de 1 m. dañada (estacionamiento 0+345).



**Fotografía N°25.** Perdida de base de cama hidráulica (estacionamiento 0+345).



**Fotografía N°26.** Inicio de socavación en tramo de sector de Senda No 7 (estacionamiento 0+285).



**Fotografía N°27.** Punto de interes en sector de Senda No. 8, donde se estima que las fundaciones de las paredes se encuentran expuestas (estacionamiento 0+325).



**Fotografía N°28.** Presencia de grietas en paredes laterales, entre estaciones 0+285 y 0+345

- **Estacionamiento 0 + 255 al 0 + 285:** debido a que el objetivo de la inspección de este tramo era el determinar las condiciones del sector de Senda No. 8 y por recomendaciones dadas por los Bomberos de no permanecer mucho tiempo al interior por los gases que emana el flujo de aguas negras, la inspección no se extendió hacia aguas arriba, pero al realizar un reconocimiento rápido se observó que a unos 30 o 40 m. hacia aguas arriba del estacionamiento 0 + 285 existe otra caída en la cama hidráulica, la cual también presenta daños similares a la observada en la Estación 0+345, por lo que se estima que después de dicha caída se han originado más daños al centro de la cama hidráulica (ver **Fotografía N°29**).



**Fotografía N°29.** Segunda caída de Cama Hidráulica encontrada (estacionamiento entre 0+255 y 0+285).

- Como se mencionó anteriormente, previamente se había establecido que el hundimiento que sucedió en la Senda No. 8 se ubicada a unos 120 m. a partir del punto de colapso de la bóveda, y que al momento de la inspección se corroboró con el vertido de agua con cal en el tragante de la misma Senda, por lo que se pudo ver la caída de este vertido desde el interior como se muestran en las **Fotografía N°5 y Fotografía N°27** .
- Al corroborarse el punto de interés, que se encuentra cercano al estacionamiento estimado 0 + 325, se observa que en ese punto se ha perdido la cama hidráulica por completo y además la socavación en ese punto tiene una profundidad de aproximadamente 1.2 m. (ver **Fotografía N°30**).
- Además se observa que en la base de la estructura de la bóveda, existe una socavación que comunica con la parte exterior, existiendo una parte en donde la base a perdido parte de su apoyo, y por esa razón es que se puede apreciar que parte del flujo que se observa desde el exterior se incorpora a la bóveda. En dicho punto existe un riesgo moderado de daños a la base por la falta de apoyo de la misma (ver **Fotografía N°31 y Fotografía N°32**).



**Fotografía N°30.** Socavación en Estación 0 + 325 (sector de Senda No. 8).



**Fotografía N°31.** Socavación en base de estructura de Bóveda (estacionamiento 0 + 325).



**Fotografía N°32.** Punto critico de socavación de base de estructura (estacionamiento 0+325).

- Respecto a la parte estructural de la bóveda en el sector de Senda No. 8, se observa que no existe evidencias de un daño estructural severo, ya que solo se observan fisuras menores. Sin embargo, por la pérdida del relleno hacia la porción de pared de la bóveda y la socavación en la base de la misma puede conllevar a daños mayores.
- A través del recorrido que se realizó dentro de la bóveda y con las referencias externas que se tienen de los hundimientos, en la **Imagen 3**, se presenta un esquema aproximado de los tramos dañados de la bóveda para una mejor referencia de estas, desde la calle principal del Condominio; además en la **Figura 1** se presenta un esquema de la problemática observada en el sector de Senda No. 8.

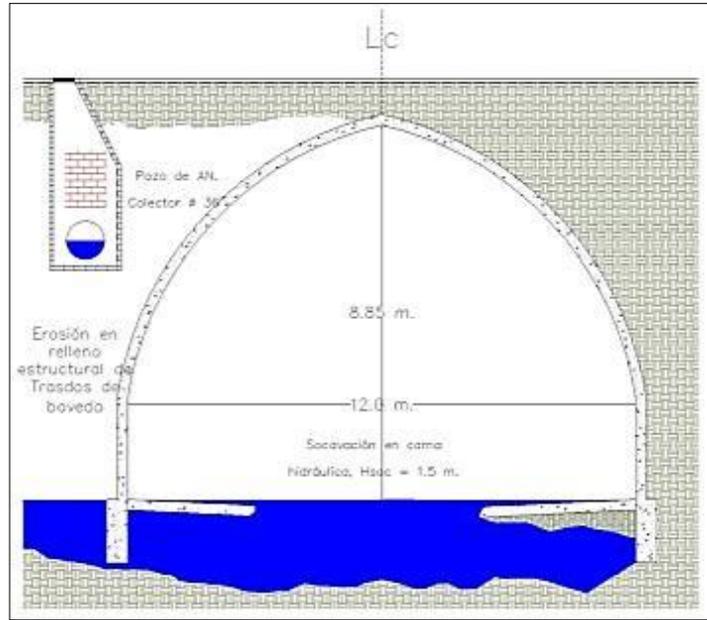


Figura 1. Esquema de problemática en sector de Senda No 8.

### TRAMO 3

Se realizó la inspección al Tramo 3, el cual corresponde desde el estacionamiento 0+445, en donde se identificó el primer colapso y las obras de mitigación ejecutadas, hasta el estacionamiento 0+590 en donde se ubica la descarga de la bóveda, hacia el alineamiento del cauce natural del río Arenal Monserrat (ver **Imagen 4**).

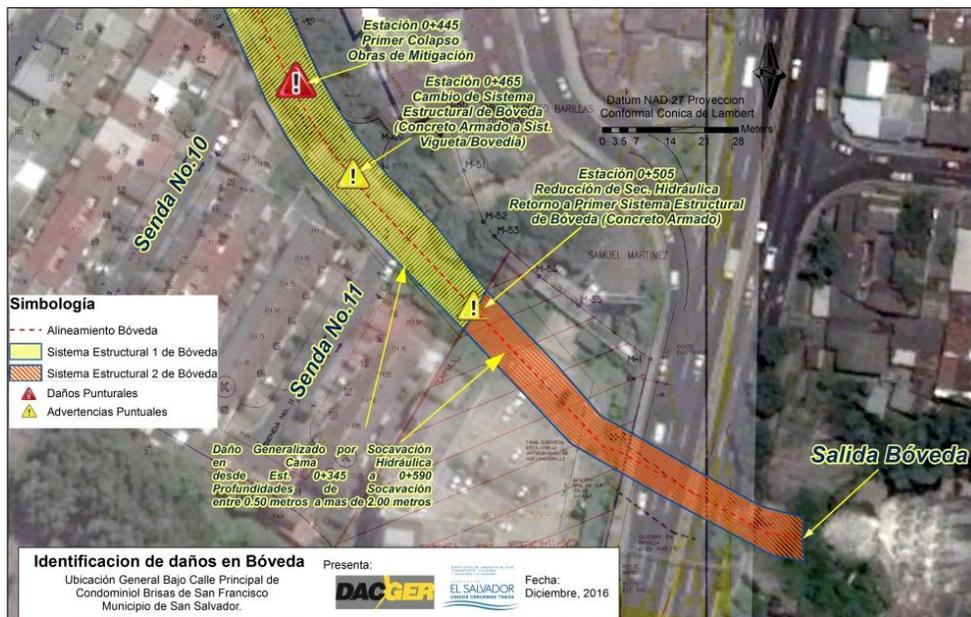


Imagen 4 Esquema de Ubicación de Tramo 3

Para el acceso de este tramo de bóveda se utilizó equipo especial de descenso, conformado por trípode, mosquetos y arnés de sujeción. El acceso a la bóveda se llevó a cabo a través de caja de inspección ubicada dentro de la colonia, la cual está ubicada en el estacionamiento 0+460 (ver **Fotografía N°33** y **Fotografía N°34**).



**Fotografía N°33.** Ubicación de caja de inspección en estacionamiento 0+460.



**Fotografía N°34.** Estado actual de caja de inspección.



A continuación se hace una descripción de lo observado, con ubicación respecto al estacionamiento temporal trazado el día de la inspección:

- **Porción entre Estacionamientos 0+445 y 0+465:** En esta porción se identificaron las obras de mitigación ejecutadas para evitar la degradación de la margen derecha del río Arenal Monserrat, las cuales consistieron en la colocación de 2 contenedores rellenos de concreto. De acuerdo a lo identificado en este tramo la colocación de dichos contenedores han mitigado la problemática por ampliación del meandro generado por el colapso de la estructura de arcos de la bóveda, pero se identifica una intensificación de las fuerzas erosivas en los remanentes de la cama hidráulica, así como un descenso de la cota del cauce, lo anterior es debido a la

falta de obras de protección en el cauce, el fenómeno por socavación es debido a que en la cama hidráulica, al momento de generarse la conducción del caudal pico a través de la bóveda, en estos tramos se generan vórtices e inestabilidad del comportamiento hidráulico, aumentando de manera significativa la capacidad de arrastre y el esfuerzo cortante del flujo erosionando el material subyacente a la cama hidráulica (ver **Fotografía N°35**).

- **Porción entre Estacionamientos 0+465 y 0+505:** En esta porción de bóveda se identificó un cambio en el sistema estructural, el cual está conformado por un arco semicircular elaborado mediante un sistema prefabricado de viguetas y bovedillas, el cual se apoya en muros laterales, elaborado con elementos prefabricados de concreto armado, y los cuales están apoyados en una base de mampostería de piedra. De acuerdo a lo observado una porción del arco de la bóveda del lado de la margen derecha presenta deflexiones, así como también presencia de humedad en su punto de apoyo con los muros laterales. Lo anterior son indicios de que la estructura presenta un Alto Riesgo a colapsar (ver **Fotografía N°36**). Adicionalmente en esta porción se identificó la pérdida completa de la losa de cama hidráulica, como también la pérdida de los materiales de base, con lo que se han producido profundidades de socavación superiores a 2.00 metros (ver **Fotografía N°37**).
- **Porción entre Estacionamientos 0+505 y 0+590:** En este tramo se identifica una reducción de la sección hidráulica de la Bóveda, así como el cambio en el sistema constructivo los cuales están conformados por elementos monolíticos de concreto reforzado colados in situ. Este tramo no fue posible recorrerlo ya que la cama hidráulica es inexistente en toda la longitud de este tramo, hasta la descarga. Se infiere que al igual en sectores hacia aguas arriba la cota de cauce se encuentra por debajo de los 2.00 metros con respecto al nivel tirante o espejo de agua (ver **Fotografía N°38**).



**Fotografía N°35.** Vestigios de losa de cama hidráulica y descenso en la cota del cauce, entre estacionamientos 0+445 a 0+465.



**Fotografía N°36.** Sistema de elementos prefabricados en porción entre estacionamientos 0+465 y 0+505, y daños detectados.



**Fotografía N°37.** Estado de socavación observado en estacionamiento 0+445.

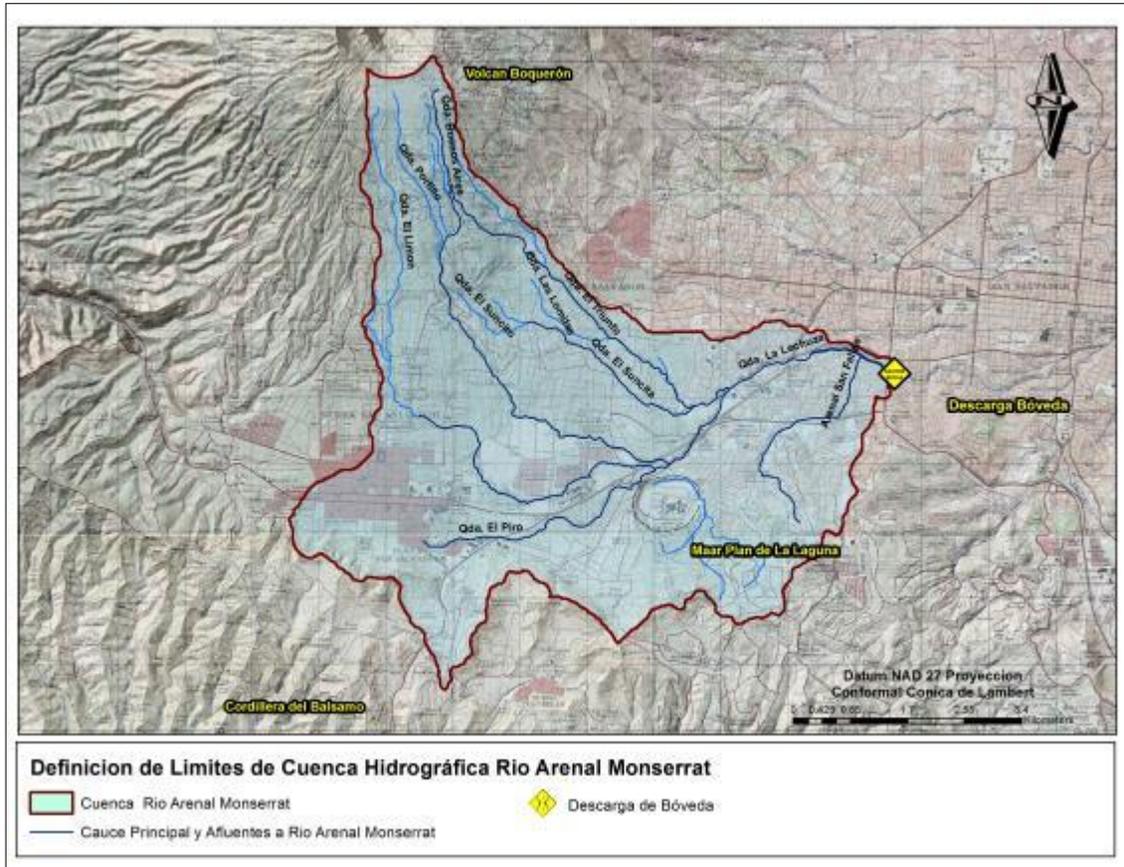


**Fotografía N°38.** Condición general en porción entre estacionamientos 0+505 y 0+590.

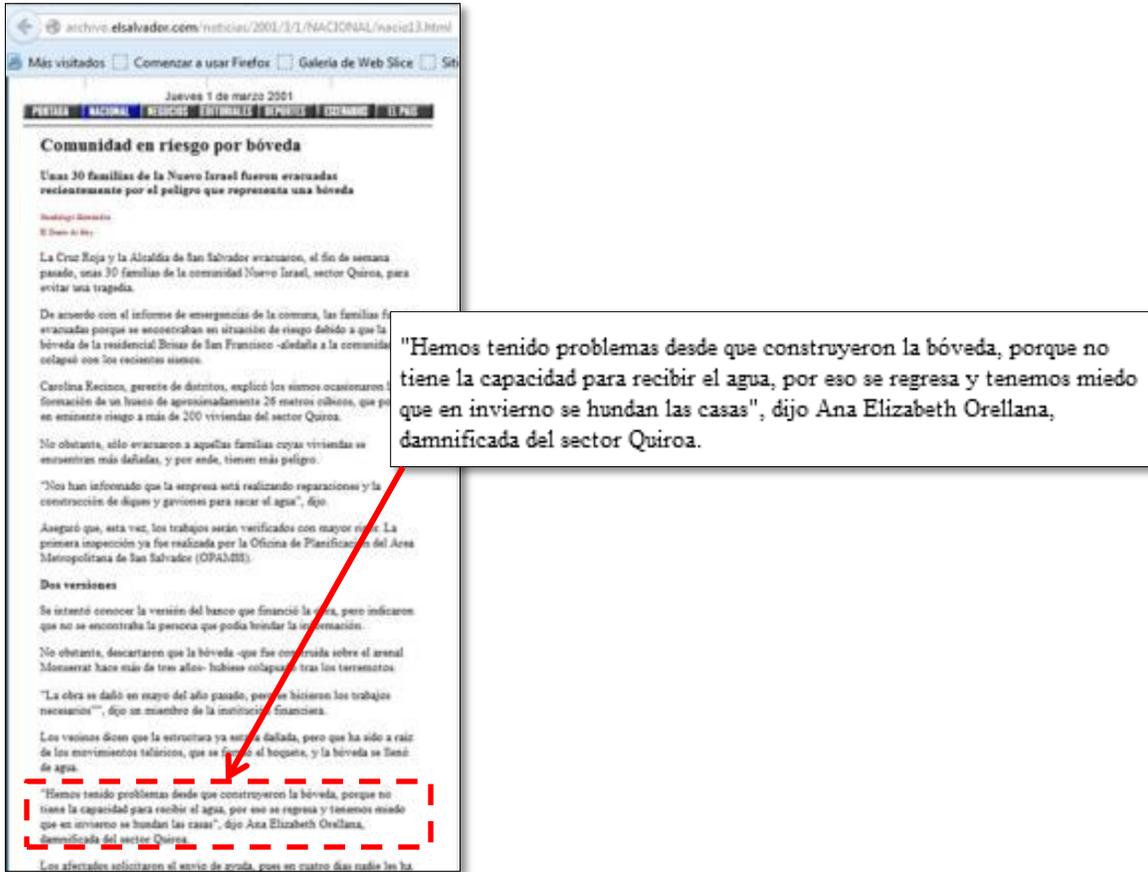
### **Información Importante.**

La Bóveda que pasa por debajo de calle principal del Condominio Brisas de San Francisco pertenece a la red de obras de paso del Área Metropolitana de San Salvador, AMSS, por lo tanto, la cuenca de aporte de esta obra tiene una cobertura altamente urbana, ver **Imagen 5**, por lo que fue una de las obras que se analizaron dentro del estudio realizado por el "Programa de Reducción de Vulnerabilidad en Quebradas y Ríos del AMSS", elaborado por CCAS S.A. de C.V. en el año 2010. Este estudio reflejó que la bóveda no tiene capacidad, ya que la obra de paso tiene una capacidad de 380 m<sup>3</sup>/s y el caudal generado en el análisis de caudales para 50 años en la cuenca es de 731 m<sup>3</sup>/s.

Respecto a los problemas de capacidad de la bóveda, ya se han generado eventos en los cuales se ha dado efectos de remanso que han afectado a las comunidades aledañas a la bóveda, un ejemplo de esto fue una noticia que se generó en el 2001 a raíz del colapso parcial de la bóveda y en donde la gente de la comunidad habla sobre la falta de capacidad de ésta, como se muestra en la **Imagen 6** donde se hace un extracto de una noticia que se generó sobre el tema.



**Imagen 5** Cuenca de aporte para la bóveda de Condominio Brisas de San Francisco.



**Imagen 6** Extracto de noticia sobre falta de capacidad de la bóveda.

### 3. DIAGNÓSTICO.

- Bajo las condiciones observadas en los tramos de bóveda inspeccionados, esta obra de drenaje poseen una **alta susceptibilidad** a presentar daños mayores en su estructura, tales como: ampliación de grietas y/o generación de grietas adicionales, asentamientos diferenciales de sus muros de apoyo a causa de la pérdida de cama hidráulica, mas pérdida de cama hidráulica, deflexiones en viguetas y en otros elemento prefabricados, entre otros.
- Ante los problemas de socavación de la cama hidráulica, existe un **alto riesgo** a que se presenten nuevas zonas de hundimiento a lo largo de la bóveda por los siguientes factores:
  - i) Los antecedentes previos de daños en los sistemas de aguas negras, como el hundimiento ocurrido en la intersección con Calle Principal y Senda No. 10 en el año 2014, y recientemente en este año en la intersección con Senda No. 8, que conectan al colector principal de 36” que pasa paralelo y a un costado de la bóveda.

ii) Por los problemas de socavación observados en la cama hidráulica de la misma, y **prácticamente en su totalidad.**

- Ante el grado de socavación observado al interior de la bóveda en los tramos inspeccionados, se presume que está ocurriendo la formación de cavidades internas debido al transporte de material de relleno del trasdós de los muros y arco de la bóveda, por lo que pudiera ocurrir el mismo fenómeno de asentamiento en superficie, y posterior colapso de otro tramo de bóveda, como el suscitado en la Senda No.8 y No.10.
- Por la ocurrencia de falta de relleno debido a lo descrito en el apartado anterior, los muros laterales de la bóveda no poseerían apoyo lateral, el cual es fundamental para el adecuado funcionamiento estructural, tanto de los muros como del arco superior de la bóveda al momento de estar soportando tanto el peso propio del arco, el relleno sobre el mismo y las cargas de tráfico sobre la Calle Principal.
- Con respecto a los cambios de sección hidráulica a lo largo de la infraestructura de la bóveda, se considera que estas transiciones no han sido las adecuadas debido a que no conducen de manera adecuada el flujo, produciendo inestabilidad, generación de vórtices hidráulicos y aumento tanto en los esfuerzos cortantes y en la capacidad de arrastre del mismo.
- Adicionalmente se considera que la estructura de la losa de cama hidráulica, que si bien es un elemento de protección al cauce, no fue concebida para asegurar la estabilidad de la estructura de arco y paredes laterales. Además, de acuerdo al espesor y a los elementos de refuerzo observados de la misma, se consideran que fueron subdimensionados debido a la alta carga de impacto por escombros arrastrados por el flujo, y a la capacidad erosiva del mismo.
- Previo a la construcción de este tipo de infraestructura, no se consideró un plan de mantenimiento de la misma a largo plazo.

#### 4. RECOMENDACIONES GENERALES.

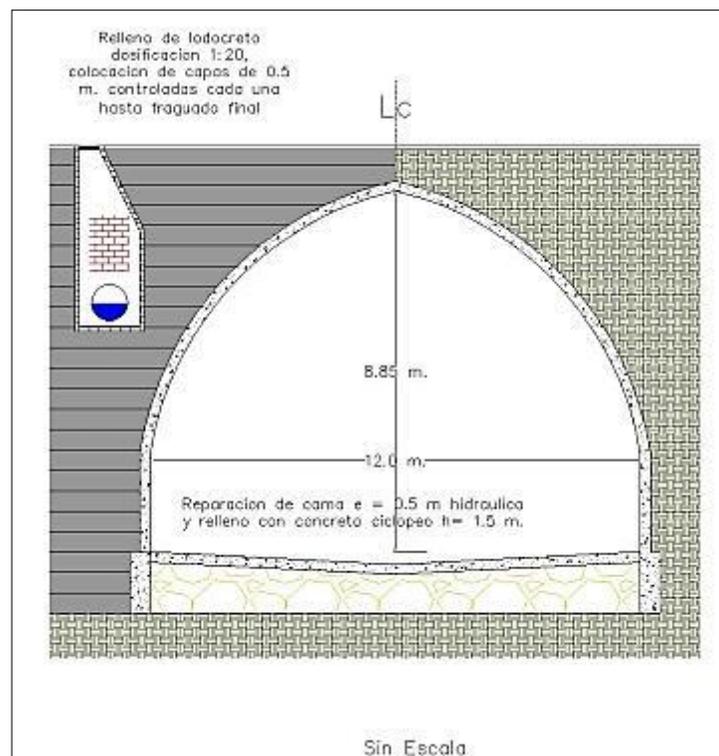
- Mantener el desvío del flujo de los sistemas de aguas negras debido a que el pozo ubicado al final de Senda No. 8 no posee base de soporte y podría dañar la estructura de la bóveda al colapsarse, pero esta recomendación no debe extenderse por mucho tiempo ya que genera socavación en la cama hidráulica de la bóveda.
- Lo más recomendable del caso es que se realice la reparación de la cama hidráulica a lo largo de toda la bóveda, pero dado el grado de emergencia que se tiene en el sector se recomienda, a la brevedad, realizar la reparación de 60 m. de longitud de cama

hidráulica, dentro del cual, se contempla el sector de Senda No. 8 para así poder evitar un posible colapso de bóveda como sucedió al final de Senda No. 10.

- Realizar a la brevedad en la socavación generada en la Senda No. 8 un relleno controlado con suelo cemento fluido (lodocreto) a una proporción de 1:20, hasta alcanzar la fundación del pozo y tuberías de aguas negras del colector primario, para evitar que este colapse y dañe la bóveda. Dicho relleno se deberá realizar por etapas, siendo que en cada una de estas se verterá un colado de dicho material hasta un espesor de 50 centímetros, para luego darle un tiempo de fraguado de 4 a 7 días hasta que gane resistencia. Se sugiere el empleo de aditivos acelerantes de fraguado y de resistencia.
- El proceso de colado de capas de lodocreto se deben realizar en una primera etapa hasta llegar a la altura de la base del pozo existente, ya que previamente se debe realizar la revisión por parte de los técnicos de ANDA de este pozo, que es parte de colector principal de aguas negras, para que con esta revisión se pueda realizar su reparación o sustitución del mismo para así poder rehabilitar el uso del colector principal.
- Al final de éste apartado se presenta un presupuesto general de las obras a realizarse para el Tramo 2, pero debido a que parte de estas obras corresponde a ANDA, se debe determinar por medio de la Comisión Nacional de Cárcavas de qué forma se desglosara este según competencia de instituciones pero a manera de tener una visualización general de las obras que se deben desarrollar y el monto se presenta este presupuesto general que asciende a **\$445,595.28** y dentro del cual se contemplan las siguientes obras en general:
  - Demolición y reconstrucción de cama hidráulica de la bóveda en una longitud de 60 m. con un espesor de losa de concreto de 0.5 m doblemente reforzado y relleno de base con profundidad de 1.5 m. con lodocreto ciclope.
  - Demolición y reconstrucción de acera y concreto de pavimento en zona de hundimiento al final de Senda No. 8, esto con el fin de ampliar la entrada del hundimiento para poder realizar de mejor forma los trabajos de relleno del mismo.
  - Relleno de hundimiento con lodocreto de proporción 1:20, realizado en capas de 0.5 m. con un periodo de espera de fraguado de 3 días entre colados de capas.
  - Relleno de suelo compactado como complemento de relleno en hundimiento.
  - Obras de desvío de flujo y de adecuación necesarios para el proyecto.
- De realizarse la reparación integral de la bóveda, se estima que su costo ascendería a más de \$4.5 millones.
- Es importante recalcar que **se deben realizar las obras de reconstrucción de la cama hidráulica de la bóveda en conjunto con el relleno** en la zona de hundimiento de la

Senda No.8, ya que dadas las condiciones del sitio, las soluciones presentadas son complementos entre sí. En la **Figura 2** se presenta el esquema genera de las obras a realizar.

- A Mediano Plazo se deberá realizar la reparación integral de toda la bóveda, dados los daños observados a lo largo de la misma. De no atenderse estos se corre el riesgo que se originen similares fenómenos como los ocurridos en Sendas No. 10 y No. 8.
- Dentro de las labores de reparación se deberá considerar la construcción de pozos de inspección que permitan establecer un plan de mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- Debido a las problemáticas suscitadas, **es imperativo que ANDA** realice una evaluación de las conexiones del sistema de aguas negras de la zona para prevenir otros puntos de hundimiento por perdida de material a causa de filtraciones del mismo sistema.



**Figura 2.** Esquema de reparaciones en sector de Senda No 8.

## PRESUPUESTO GENERAL DE OBRAS DE REPARACIÓN

Capítulo	A	Propueta de Reparacion del Proyecto: "Boveda Brisas de San Francisco, senda 8 ,Departamento de San Salvador"		Cantidad	PU	Total
<b>Subcapítulo</b>	<b>#1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>			<b>1 \$ 6,073.38</b>	<b>\$ 6,073.38</b>
Concepto	1.01	Construccion de dique	m3	85	\$ 63.10	\$ 5,363.50
Concepto	1.02	Suministro, instalacion y sujecion de tuberia de 40" en dos partes	ml	2	\$ 244.24	\$ 488.48
Concepto	C.2.02	Trazo y Nivelación	m2	820	\$ 0.27	\$ 221.40
<b>Subcapítulo</b>	<b>#2</b>	<b>DEMOLICIONES Y DESALOJOS DE DEMOLICIONES</b>			<b>1 \$ 3,050.59</b>	<b>\$ 3,050.59</b>
Concepto	2.01	Demolicion de cama hidráulica existente	m3	72	\$ 24.48	\$ 1,762.56
Concepto	*TEMPO	Demolición de acera	m2	15	\$ 21.55	\$ 323.25
Concepto	2.12	Demolición de pavimento asfáltico	m2	28	\$ 3.54	\$ 99.12
Concepto	2.04	Desalojo de demoliciones	m3	82.68	\$ 10.47	\$ 865.66
<b>Subcapítulo</b>	<b>#3</b>	<b>EXCAVACIONES, DESALOJOS, PROTECCIONES Y RELLENOS</b>			<b>1 \$ 99,104.70</b>	<b>\$ 99,104.70</b>
Concepto	3.01	Excavación bajo nivel de cama hidráulica existente	m3	1,080.00	\$ 15.59	\$ 16,837.20
Concepto	3.011	Perfilado en aceras y pavimento asfáltico alrededor de hueco existente	m3	166	\$ 15.59	\$ 2,587.94
Concepto	3.02	Desalojos de excavaciones y perfilados	m3	1,320.76	\$ 8.60	\$ 11,358.54
Concepto	3.022	Protección en perfilados con concreto lanzado y reforzado	m2	340	\$ 17.93	\$ 6,096.20
Concepto	3.08	Acarreo de material selecto	m3	26.5	\$ 5.10	\$ 135.15
Concepto	3.09	Compactación de suelo cemento fluido 1:20 en relleno detrás de muros de bóveda	m3	411.8	\$ 55.26	\$ 22,756.07
Concepto	3.091	Relleno con lodocreto ciclópeo bajo nivel de cama hidráulica	m3	1,080.00	\$ 36.42	\$ 39,333.60
<b>Subcapítulo</b>	<b>#4</b>	<b>RECONSTRUCCION DE CAMA HIDRÁLICA Y POZO DE INSPECCION</b>			<b>1 \$ 143,768.02</b>	<b>\$ 143,768.02</b>
Concepto	4.011	Cama hidráulica de concreto armado de t=50cm	m2	702	\$ 187.06	\$ 131,316.12
Concepto	4.012	Rampa caída de disipación 1:1.50 de concreto armado de t=50cm	m2	28.01	\$ 187.06	\$ 5,239.55
Concepto	4.11	Junta de dilatacion con Water Stop	ml	151.2	\$ 20.11	\$ 3,040.63
Concepto	4.112	Pozo de Inspeccion H=9.00m	S.G.	1	\$ 4,171.72	\$ 4,171.72
<b>Subcapítulo</b>	<b>#5</b>	<b>RESTITUCIONES Y VARIOS</b>			<b>1 \$ 1,569.68</b>	<b>\$ 1,569.68</b>
Concepto	5.01	Compactación de suelo-cemento 1:5 para base de carpeta asfáltica (0.50m espesor de base)	m3	12.5	\$ 22.83	\$ 285.38
Concepto	5.04	Riego de imprimacion	m2	25	\$ 1.50	\$ 37.50
Concepto	5.06	Riego de liga	m2	25	\$ 1.75	\$ 43.75
Concepto	5.07	Pavimento concreto asfáltico de e=10 cm	M3	2.5	\$ 170.00	\$ 425.00
Concepto	3.07	Compactación con material selecto bajo aceras a construir (incluye material selecto)	m3	12.5	\$ 17.06	\$ 213.25
Concepto	5.09	Cordon cuneta	ml	3.2	\$ 42.36	\$ 135.55
Concepto	5.1	Construccion de aceras	m2	25	\$ 15.93	\$ 398.25
Concepto	4.36.1	Engramado (grama negra en marqueta) incluye tierra negra	m2	20	\$ 1.55	\$ 31.00
		<b>SUB TOTAL (US\$)</b>				<b>\$ 253,566.37</b>
		INDIRECTOS Y UTILIDAD %	S.G	1	30%	\$ 76,069.91
		IVA %	S.G	1	13%	\$ 85,959.00
		SUPERVISION				\$ 30,000.00
		<b>COSTO TOTAL \$</b>				<b>\$ 445,595.28</b>

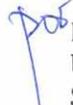
**5. TÉCNICOS RESPONSABLES.**



Ing. Deyman Pastora  
Unidad Técnica  
Subdirección de Puentes y Obras de Paso



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



Ing. Mónica Guzmán  
Unidad Técnica  
Subdirección de Geotecnia



Ing. Héctor González  
Unidad Técnica  
Subdirección de Drenajes



Revisó:  
Ing. William Guzman  
Subdirector  
Subdirección de Puentes y Obras de Paso



Revisó:  
Ing. Claribel Tejada  
Subdirectora  
Subdirección de Drenajes



Vo. Bo:  
Msc. Emilio Ventura  
Director DACGER

