



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



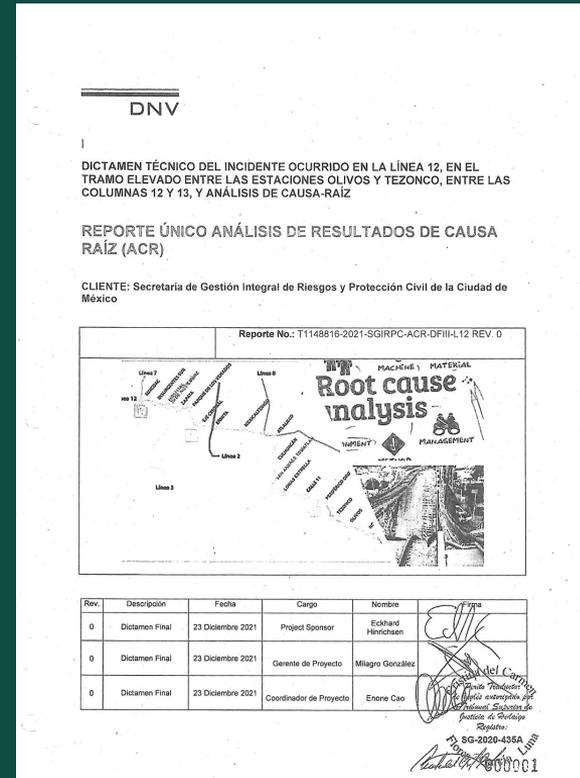
SGIRPC

CIUDAD INNOVADORA
Y DE DERECHOS

Informe de las inconsistencias y contradicciones técnicas y científicas del reporte del análisis de resultados de causa-raíz elaborado por DNV Fase III

NO ACEPTADO POR LA SECRETARÍA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS Y PROTECCIÓN CIVIL

11 de mayo de 2022





RESUMEN DE LOS INFORMES ENTREGADOS POR DNV



Reporte Fase 1

Informe preliminar / 16 de junio del 2021,
primeros hallazgos, **se centraron en deficiencias de construcción.**



Reporte Fase 2

Dictamen Técnico Final / 7 de septiembre del 2021, concluyó que el colapso se debió a **problemas de diseño y construcción**, específicamente: **ausencia de pernos funcionales, soldaduras deficientes y la falta de apego a normatividad** desde el proyecto ejecutivo.



CRONOLOGÍA DEL REPORTE FASE III.

Resultados del Análisis Causa-Raíz (ACR)

1. Originalmente programado para **octubre del 2021**.
2. La SGIRPC, observó diversas **deficiencias e inconsistencias** señaladas mediante reuniones presenciales, así como por escrito mediante oficio del **15 de febrero del 2022**. El contrato establece que la SGIRPC puede **verificar la calidad del servicio** contratado y notificar a fin de que **sean corregidas**.
3. El **28 de febrero de 2022** el reporte fue entregado **sin atender las observaciones** de la SGIRPC, a diferencia de los documentos de la Fase I y la Fase II.
4. Nuevamente, se entregaron mediante oficio las deficiencias encontradas: SGIRPC/DGAR/0723/2022 del **10 de marzo de 2022**, SGIRPC/DGAR/0901/2022 del **29 de marzo** y SGIRPC/DGAR/1101/2022 del **20 de abril**.



CRONOLOGÍA DE LA ENTREGA DE REPORTES DE DNV A LA SGIRPC

12 de mayo del 2021

La Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil (SGIRPC) contrató a la empresa **DNV GL MEXICO, S. de R.L. de C.V** para:

1. Elaborar un **Dictamen Técnico** sobre el colapso de la Línea 12 para explicar las **causas del colapso**
2. Elaborar un Análisis Causa-Raíz (ACR) enfocada en las **razones básicas y/o subyacentes del colapso**



Hallazgos del colapso del tramo elevado entre las columnas 12 y 13 de la línea 12 del Metro identificadas en el Dictamen Preliminar Fase I de DNV

VI. Hallazgos preliminares en la Fase I

“Lo anterior nos permite plantear de forma preliminar que el incidente fue provocado por una **falla estructural**, asociada al menos a las siguientes condiciones identificadas hasta ahora:” (P. 36)

Deficiencias en el proceso constructivo:

- Proceso de soldadura de los pernos Nelson
- Porosidad y falta en la unión perno-trabe
- Falta de pernos Nelson en traveses que conforman el conjunto del puente
- Diferentes tipos de concreto en la tableta
- Soldaduras no concluidas y/o mal ejecutadas
- Supervisión y control dimensional en soldaduras de filete

Dictamen Final Fase I de DNV

VI. HALLAZGOS PRELIMINARES EN LA FASE I

Lo anterior, nos permite plantear de forma preliminar que el incidente fue provocado por una falla estructural, asociada al menos a las siguientes condiciones identificadas hasta ahora:

Deficiencias en el proceso constructivo:

- Proceso de soldadura de los pernos Nelson,
- Porosidad y falta de fusión en la unión perno - trabe,
- Falta de pernos Nelson en las trabes que conforman el conjunto del puente,
- Diferentes tipos de concreto en la tableta,
- Soldaduras no concluidas y/o mal ejecutadas,
- Supervisión y control dimensional en soldaduras de filete.

VI. HALLAZGOS PRELIMINARES EN LA FASE I

En anterior, nos permite plantear de forma preliminar que el incidente fue provocado por una falla estructural, asociada al menos a las siguientes condiciones identificadas hasta ahora:

Deficiencias en el proceso constructivo:

- Proceso de soldadura de los pernos Nelson,
- Porosidad y falta de fusión en la unión perno - trabe,
- Falta de pernos Nelson en las trabes que conforman el conjunto del puente,
- Diferentes tipos de concreto en la tableta,
- Soldaduras no concluidas y/o mal ejecutadas,
- Supervisión y control dimensional en soldaduras de filete.

Datos observados:

- Deformación de las trabes del lado poniente en secciones T-1, T-7 y T-6, sobre patines y almas que los conforman,
- Roturas en almas de las trabes T-1 y T-7 del lado poniente, con sistemas de contravento (perfiles de ángulo) y sus almas de conexión.

Derivado de la revisión física y documental:

- Operativamente la Línea 12 veía trabajando en condiciones normales, de acuerdo con sus protocolos y programas de trabajo y como parte de sus actividades preventivas, se cuenta con las evaluaciones de condición de ruedas metálicas.
- Los componentes de las vías, rieles, gabinetes y motores de interrupción se observan en condiciones normales, cumpliendo con los protocolos de mantenimiento rutinario, de acuerdo con la inspección visual en el área analizada.
- DNV está en proceso de revisión de la información complementaria, relacionada con postigos reparaciones y rehabilitaciones realizadas posteriores a la construcción.
- DNV está en proceso de revisión de la información complementaria, relacionada con el estado de la operación cotidiana sobre la estructura.



Causas del colapso del tramo elevado entre las columnas 12 y 13 de la línea 12 del Metro identificadas en el Dictamen Final Fase II de DNV

1. “Los resultados de los análisis indicaron que el **colapso ocurrió como resultado del pandeo de las vigas norte y sur facilitada por la falta de pernos funcionales** en una longitud significativa lo que causó que parte del tramo elevado perdiera su estructura compuesta.”

(P. 172, primer párrafo).



Causas del colapso del tramo elevado entre las columnas 12 y 13 de la línea 12 del Metro identificadas en el Dictamen Final Fase II de DNV

2. “Los factores que contribuyeron a la falta de funcionalidad en los pernos incluyen pernos con soldaduras deficientes, pernos faltantes y pernos mal colocados. Los posibles factores que contribuyeron al colapso incluyen **deficiencias en las propiedades mecánicas de las vigas y en el diseño del marco transversal** que no cumplió con los estándares de diseño AASHTO aplicables”

(p. 172, segundo párrafo).



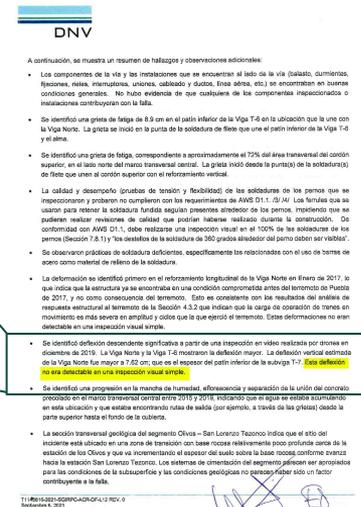
Adicionalmente destacamos que en el Dictamen Final Fase II, **la empresa DNV menciona que dichas deformaciones no eran detectables en una inspección visual simple**

La presencia de deformaciones en el refuerzo longitudinal y deformaciones en el marco transversal del centro indican que las condiciones que llevaron al colapso están relacionadas con el movimiento lateral de la Viga Sur, y posiblemente de la Viga Norte. En otras palabras, las Vigas Norte y Sur se cargaron de tal manera que se estuvieron moviendo una hacia la otra antes de la falla. Estas deformaciones no eran detectables en una inspección visual simple.

(P.V, séptimo párrafo)

En el Dictamen Final Fase II en la página V, la empresa DNV menciona que dichas deformaciones no eran detectables en una inspección visual simple

- Se identificó deflexión descendente significativa a partir de una inspección en video realizada por drones en diciembre de 2019. La Viga Norte y la Viga T-6 mostraron la deflexión mayor. La deflexión vertical estimada de la Viga Norte fue mayor a 7.62 cm; que es el espesor del patín inferior de la subviga T-7. **Esta deflexión no era detectable en una inspección visual simple.**



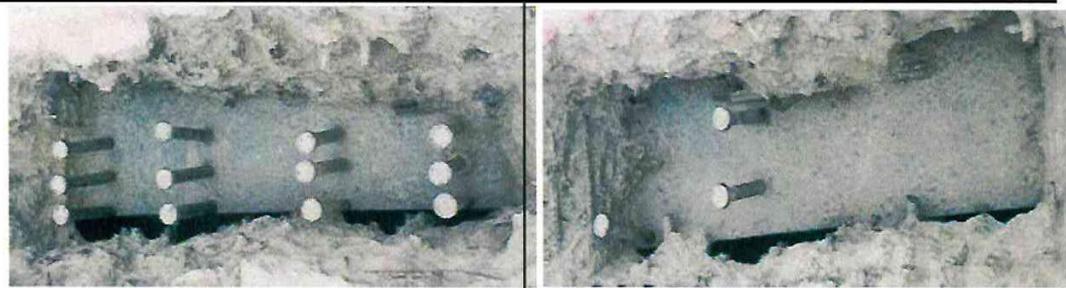
(P.V., séptimo párrafo)



Causas del colapso del tramo elevado entre las columnas 12 y 13 de la línea 12 del Metro identificadas en el **Análisis Causa-Raíz Fase III de DNV:**

1. Inadecuada colocación de pernos: **“Con base en la inspección visual realizada por DNV, aproximadamente el 30% de los pernos en la sección Oeste o no fueron instalados o se instalaron tan pobremente que no existen indicaciones obvias de una soldadura residual”** (P.8, tercer párrafo).

Figura IV.1.11 – Pernos en Sección de Trabe Sur – lado oriente



Sección de la trabe con la totalidad de los pernos por diseño

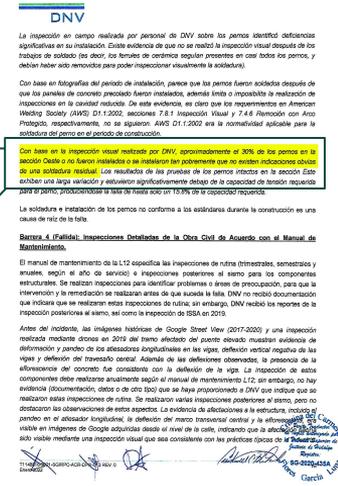
Sección de la trabe con ausencia de pernos



Causas del colapso del tramo elevado entre las columnas 12 y 13 de la línea 12 del Metro identificadas en el Análisis Causa-Raíz Fase III de DNV:

Con base en la inspección visual realizada por DNV, aproximadamente el 30% de los pernos en la sección Oeste o no fueron instalados o se instalaron tan pobremente que no existen indicaciones obvias de una soldadura residual. Los resultados de las pruebas de los pernos intactos en la sección Este exhiben una larga variación y estuvieron significativamente debajo de la capacidad de tensión requerida para el perno, produciéndose la falla de hasta solo un 15.8% de la capacidad requerida.

(P.8, tercer párrafo)





Causas del colapso del tramo elevado entre las columnas 12 y 13 de la línea 12 del Metro identificadas en el Análisis Causa-Raíz Fase III de DNV:

2. Fallas de diseño: “La resistencia a la fatiga de los pernos no cumplió con las especificaciones de AASHTO, aún en un escenario en el que el puente hubiera sido construido conforme a las especificaciones (proyecto ejecutivo), los pernos más críticos hayan fallado luego del paso de 1.25 millones de trenes, o aproximadamente 14 años de operación .”

(P. 66, segundo párrafo).



Dictamen Final Fase II de DNV



vías. Esta se considera la probable razón para las modificaciones en los paneles precolados durante la construcción, como se evidencia relleno de los huecos para pernos no utilizados y que estuvieron mal alineadas con vigas principales y también la presencia de marcas de martillo neumático observadas en los patines superiores que sugieren la fabricación in situ de orificios para el soldado de los pernos.

- La resistencia a la fatiga de los pernos no cumplió con las especificaciones de AASHTO, aún en un escenario en el que el puente hubiera sido construido conforme a las especificaciones, se espera que los pernos más críticos hayan fallado luego del paso de 1.25 millones de trenes, o aproximadamente 14 años de operación.

DNV

vías. Esta se considera la probable razón para las modificaciones en los paneles precolados durante la construcción, como se evidencia relleno de los huecos para pernos no utilizados y que estuvieron mal alineadas con vigas principales y también la presencia de marcas de martillo neumático observadas en los patines superiores que sugieren la fabricación in situ de orificios para el soldado de los pernos.

- La resistencia a la fatiga de los pernos no cumplió con las especificaciones de AASHTO, aún en un escenario en el que el puente hubiera sido construido conforme a las especificaciones, se espera que los pernos más críticos hayan fallado luego del paso de 1.25 millones de trenes, o aproximadamente 14 años de operación.

- Se encontró que el puente elevado cumple con los requerimientos de AASHTO respecto a la resistencia última y condiciones extremas

- Los miembros estructurales con excepción de los pernos se encontraron aceptables respecto a la fatiga
- DNV encontró problemas de detallado como un ancho inadecuado de los paneles precolados, detalles de conexión en los elementos del marco transversal, etc. Estos problemas pueden considerarse contribuyentes del colapso del puente.

3.4.2 Análisis de la Etapa del Colapso

La incertidumbre en la restricción lateral del patín superior en una región sin pernos efectiva hace difícil estimar una cantidad de deformación precisa del patín en el momento en el que pasa el tren. Sin embargo, los análisis realizados sobre el colapso son útiles para comprender mejor y documentar el desarrollo de la falla del puente elevado e identificar un escenario muy probable que levanta el colapso.

En la simulación del colapso que se presentó anteriormente, (ACS-3), los patines pueden moverse libremente en dirección longitudinal en relación con el concreto porque se perdió la acción compuesta después de la falla de un número significativo de pernos en la porción oeste del puente. Bajo esta condición el puente elevado falla debido a la aplicación de una carga por debajo de la carga de servicio (es decir, 1 vez DNV más 1 vez LL). Cada viga longitudinal comienza a pandear transversalmente.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el puente elevado funcionó durante 8 años. DNV ha demostrado que los pernos no son redundantes en el sentido de que una vez que se alcanza la capacidad máxima del perno más crítico, el resto falla en cascada. Por lo tanto, como se discutió anteriormente, un mecanismo de falla dependiente del tiempo es la explicación más probable para el inicio del proceso en el que el tramo entró en una condición en la que 20 miembros de los pernos habían fallado. Con base en las observaciones de campo y los resultados del análisis presentado en esta sección, DNV encuentra que el escenario más probable de falla involucra la iniciación y propagación de grietas por fatiga en las soldaduras de los patines en la mitad del tramo. Estas grietas por fatiga se propagaron y provocaron la falla de las soldaduras de los patines. Esta redistribución provocó un aumento en la tasa de acumulación de daño en las soldaduras de los patines.

11 de febrero de 2022
 90-2020-4344
 2022
 García
 Pineda

(P. 66, segundo párrafo)



Causas del colapso del tramo elevado entre las columnas 12 y 13 de la línea 12 del Metro identificadas en el **Análisis Causa-Raíz Fase III de DNV:**

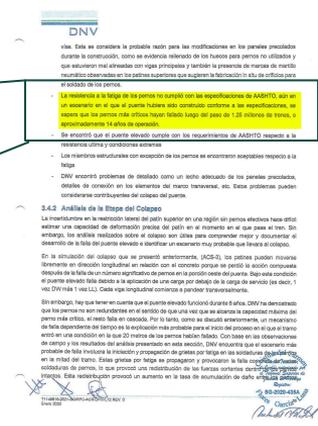
2. Fallas de diseño: “**La resistencia a la fatiga de los pernos no cumplió con las especificaciones de AASHTO, aún en un escenario en el que el puente hubiera sido construido conforme a las especificaciones, se espera que los pernos más críticos hayan fallado luego del paso de 1.25 millones de trenes, o aproximadamente 14 años de operación.**”

(P. 66, segundo párrafo).

Causas del colapso del tramo elevado entre las columnas 12 y 13 de la línea 12 del Metro identificadas en el Análisis Causa-Raíz Fase III de DNV:

- La resistencia a la fatiga de los pernos no cumplió con las especificaciones de AASHTO, aún en un escenario en el que el puente hubiera sido construido conforme a las especificaciones, se espera que los pernos más críticos hayan fallado luego del paso de 1.25 millones de trenes, o aproximadamente 14 años de operación.

(P. 66, segundo párrafo)





Reporte fase III entregado por DNV

Conclusiones y barreras

La metodología utilizada para la entrega de los Resultados de Análisis Causa-Raíz Fase III presenta 4 barreras preventivas que de haber sido efectivas, de acuerdo al análisis de DNV, hubieran evitado el colapso del tramo elevado entre las columnas 12 y 13



Barreras reportadas por DNV en el Reporte Fase III

Barrera 1 (Fallida): **Diseño conforme a los Estándares AASHTO**

Barrera 2 (Faltante): **Certificación y Supervisión de las obras de ingeniería civil**

Barrera 3 (Fallida): **La soldadura e instalación de pernos** conforme a los planos del diseño

Barrera 4 (Fallida): **Inspección detallada de la obra civil** de acuerdo con el manual de mantenimiento



Inconsistencias en la Barrera 4

1. Menciona que no se realizaron inspecciones rutinarias sin embargo reconoce que se les entregaron los resultados de las inspecciones de 2019 y 2020
2. Se utiliza como sustento imágenes de Google View aun cuando la empresa google establece en sus términos de servicio que “puede que las condiciones reales difieran de los resultados de los mapas y del contenido”
3. En el reporte II DNV señala que las deformaciones eran imperceptibles a simple vista y en el reporte III con base en Google View dice que sí eran perceptibles
4. En el reporte Fase II menciona deflexiones de 7.62 cm, sin embargo, esto no es fundamento para determinar riesgo dado que la deflexión permisible en el reglamento de construcciones del DF para un claro de la magnitud donde ocurrió el colapso es de 11.7 cm.
5. La empresa DNV encuentra que el manual de mantenimiento no determina metodologías para establecer criterios de deformación, incluso establece que debe corregirse y por otro lado dice que las inspecciones debieron haber seguido el manual de mantenimiento



DNV señala que no se realizaron inspecciones, sin embargo ellos mismos reconocen que se contrató una inspección topográfica en 2019 y una revisión en 2020

Igualmente se contrató en abril de 2021 una inspección para ese año

[Inspección 2019](#)

[Inspección 2020](#)



Inspección 2019

Se realizó una serie de inspecciones por parte de ISSA en 2019 para mantenimiento y fueron iniciadas por la administración recién designada del GCM [1462-1561, I-4]. El objetivo de dicha evaluación fue crear una línea base de la condición de la L12 [I-4]. Estas inspecciones evaluaron los factores geotécnicos (condiciones del suelo y hundimientos) y el impacto potencial a L12 debido al asentamiento diferencial del suelo en las zonas de transición del lecho de roca a suelos más blandos, así como las condiciones de las obras de ingeniería civil de la L12 (condición del tramo elevado). Como parte de estas inspecciones, se

T1148816-2021-SGIRPC-ACR-DFIII-L12 REV. 0
Enero 2022

Perito Traductor de Inglés autorizado por el Tribunal Superior de Justicia de Hidalgo
Registro: 82
SG-2020-435A

(P.71, tercer párrafo)



Inspección 2019

MONITOREO E INSTRUMENTACIÓN SISTEMÁTICA Y SEGUIMIENTO DEL COMPORTAMIENTO DEL TRAMO ELEVADO DE LA LÍNEA 12.		
Contrato No. SDGM-GOM-LP-1-12/19		
INFORME		
No. CLAVE: 2019-ISSA-TOP-L12M-000-III-221-221-I-0	FECHA: DICIEMBRE / 2019	HOJA 1 DE 10
TITULO: INFORME FINAL DE DESPLOMOS DE LAS COLUMNAS DEL VIADUCTO ELEVADO DE LINEA 12, INCLUYE ANALISIS Y DETERMINACION DE SU COMPORTAMIENTO.	ESTACIÓN / TRAMO: ZAPOTITLÁN - CULHUACÁN	
 ISSA Ingeniería, Servicios y Sistemas Aplicados S.A. de C.V.	 SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO	



Inspección 2020



SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO

SUBGERENCIA DE PROYECTOS



INFORME DE REVISIÓN AL TRAMO ELEVADO DE LA LÍNEA 12, DE LA ESTACIÓN CULHUACÁN A LA TRANSICIÓN TLALTENCO DEBIDO AL EVENTO SISMICO (2020.06.23)

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe toma como base las acciones establecidas en la Norma de Construcción de la Administración Pública de la Ciudad de México, Libro 8, Tomo II Conservación y Mantenimiento de Obras y Equipos, Obra Civil, Edificación, Capítulo Generalidades, Pág. 9, donde menciona:

"E.03. Con base en lo anterior se deben establecer los programas de mantenimiento preventivo y la prioridad de los trabajos de mantenimiento correctivo llevando el control mediante revisiones rutinarias y periódicas a los diversos elementos del edificio; además se deben efectuar revisiones extraordinarias cuando se presenten eventos tales como sismos, fenómenos meteorológicos, incendios, modificaciones a las condiciones de carga o cualquiera otra situación que afecte al inmueble en su conjunto o en sus elementos componentes."

Respecto al sismo con fecha del 23 de junio de 2020, de acuerdo con el Servicio Sismológico Nacional se registró un sismo de magnitud de 7.5 localizado a 23 km al Sureste de Crucecita, Oaxaca con latitud 15.57 y longitud -96.09; profundidad de 5 kilómetros, a las 10:29 horas tiempo del centro de México, por lo que se procedió a la inspección post sísmica del tramo elevado de Línea 12.

2. OBJETIVO.

Objetivo General

El propósito de la inspección de tramos de infraestructura elevada es prevenir fallas en los componentes de las estructuras, identificar riesgos asociados a la interacción suelo estructura y afectaciones con el entorno.

Objetivo Específico

Inspeccionar visualmente el estado que guarda cada uno de los elementos que componen la Línea 12:





Béceras No. 55, 14, Piso, Col. Centro, Alameda Cuauhtémoc, C.P. 06000, Ciudad de México, Tel. 5627-4418, 5512-3018



Contrato Inspección 2021



ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DE LA CIUDAD DE MEXICO
SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE MANTENIMIENTO
GERENCIA DE OBRAS Y MANTENIMIENTO
SUBDIRECCIÓN DE CONCURSOS Y ESTIMACIONES

ACTA DE FALLO

CON FUNDAMENTO EN LOS ARTÍCULOS; 134 DE LA CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS; 3 APARTADO A FRACCIÓN I 23, 24 APARTADO B, 39, 40, 41, 62, 63 FRACCIÓN IV Y 64 DE LA LEY DE OBRAS PÚBLICAS DEL DISTRITO FEDERAL; 47, 48 Y 51 DEL REGLAMENTO DE LA LEY DE OBRAS PÚBLICAS DEL DISTRITO FEDERAL; 21 FRACCIÓN XVIII DEL ESTATUTO ORGÁNICO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO; MANUAL ADMINISTRATIVO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO; APARTADO DE GENERALIDADES, CLÁUSULA II, NUMERALES 5, 6 Y 7 DE LAS BASES DE LA INVITACIÓN, OFICIO DG/10000/000306/2019 DE FECHA 11 DE JUNIO DE 2019 DONDE

DESIGNA

PARA LLEVAR A CABO LOS EVENTOS DEL PROCESO LICITATORIO, SE LEVANTA EL ACTA DE FALLO DE LA INVITACIÓN RESTRINGIDA A CUANDO MENOS TRES CONCURSANTES SDGMIR-N7-2021 CORRESPONDIENTE AL MONITOREO E INSTRUMENTACIÓN SISTEMÁTICA Y SEGUIMIENTO DEL COMPORTAMIENTO DEL TRAMO ELEVADO DE LA LÍNEA 12 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO.

En la Ciudad de México, siendo las 10:00 horas del día 23 de abril de dos mil veintiuno, de conformidad con lo comunicado el día 20 de abril del año en curso, se reunieron en la sala de juntas de Av. Balderas No. 58 segundo piso, para conocer el resultado del análisis cualitativo de las propuestas recibidas y dar a conocer el fallo, las personas morales y funcionarios cuyos nombres, representaciones y firmas figuran al final de esta acta.

Presidió [redacted] quien en presencia de los concursantes e invitados, procedió a dar el siguiente resultado.

Las propuestas recibidas para su análisis detallado son las siguientes:

- CONSTRUCCIONES ICI, S.A. DE C.V.
- ADMINISTRADORA DE INGENIERÍA DEL CENTRO, S. A. DE C. V.
- INGENIERÍA, SERVICIOS Y SISTEMAS APLICADOS, S.A DE C.V.

(Handwritten signatures and initials)

1 de 5

Acta Fallo Invitación Restringida SDGMIR-N7-2021

(P.71, tercer párrafo)



2. Uso de Google Street View para determinar deformaciones

DNV señala que, de acuerdo a imágenes históricas de Google Street View, “se observa pandeo de atiesadores longitudinales en las vigas, deflexión vertical negativa de las vigas y deflexión central”. Sin embargo los términos de servicio de google dicen lo siguiente:

Términos del Servicio de Google, Condiciones reales: asunción de riesgos. Al utilizar los datos de mapas, tráfico, indicaciones y otro contenido de Google Maps/Google Earth, puede que las condiciones reales difieran de los resultados de los mapas y del contenido, por lo que el usuario deberá aplicar su propio criterio y utilizar Google Maps/Google Earth bajo su propia responsabilidad. El usuario es responsable en todo momento de su conducta y las consecuencias de esta (https://www.google.com/intl/es/help/terms_maps/)

¿Cómo puede ser que una empresa de esta magnitud fundamente una conclusión técnica de altísima precisión cuando el propio Google advierte sus limitaciones?



3. Contradicción entre reporte Fase II y Reporte Fase III respecto a la identificación de la deflexión a simple vista

En el Dictamen Final Fase II en las página V, **la empresa DNV menciona que dichas deformaciones no eran detectables en una inspección visual simple**

La presencia de deformaciones en el refuerzo longitudinal y deformaciones en el marco transversal del centro indican que las condiciones que llevaron al colapso están relacionadas con el movimiento lateral de la Viga Sur, y posiblemente de la Viga Norte. En otras palabras, las Vigas Norte y Sur se cargaron de tal manera que se estuvieron moviendo una hacia la otra antes de la falla. Estas deformaciones no eran detectables en una inspección visual simple. (P. V. , séptimo párrafo)



(P.V, séptimo párrafo)

La presencia de deformaciones en el refuerzo longitudinal y deformaciones en el marco transversal del centro indican que las condiciones que llevaron al colapso están relacionadas con el movimiento lateral de la Viga Sur, y posiblemente de la Viga Norte. En otras palabras, las Vigas Norte y Sur se cargaron de tal manera que se estuvieron moviendo una hacia la otra antes de la falla. Estas deformaciones no eran detectables en una inspección visual simple.



DNV

(P.71, tercer párrafo)

Se identificó deflexión descendente significativa a partir de una inspección en video realizada por drones en diciembre de 2019. La Viga Norte y la Viga T-6 mostraron la deflexión mayor. La deflexión vertical estimada de la Viga Norte fue mayor a 7.62 cm; que es el espesor del patín inferior de la subviga T-7. Esta deflexión no era detectable en una inspección visual simple.



4. Incluso considerando las deflexiones referidas por DNV en el Reporte II correspondientes a 7.6 cm **están dentro de los desplazamientos permitidos** por el reglamento de construcciones del Distrito Federal (11.7 cm)

4.1 Desplazamientos

En las edificaciones comunes sujetas a acciones permanentes o variables, la condición del estado límite de servicio en términos de desplazamientos se cumplirá si no se exceden los valores siguientes:

- a) Un desplazamiento vertical en el centro de traveses en el que se incluyen efectos a largo plazo, igual al claro entre 240 más 5 mm; además, en miembros en los cuales sus desplazamientos afecten a elementos no estructurales, como muros de mampostería, que no sean capaces de soportar desplazamientos apreciables, se considerará como estado límite a un desplazamiento vertical, medido después de colocar los elementos no estructurales, igual al claro de la trabe entre 480 más 3 mm. Para elementos en voladizo los límites anteriores se duplicarán.

Para el caso de un tramo con claro de 30.00 m a ejes de columnas con 28.15 de claro libre, el desplazamiento vertical permitido sería:

$$\delta_{perm} = \frac{2,815cm}{240} = 11.73 cm$$

(Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones P.5.o)



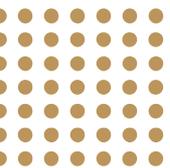
5. Deficiencias reconocidas por DNV en el manual de mantenimiento

Sobre el punto cuarto del informe que señala que las inspecciones se debieron realizar conforme al manual de mantenimiento: la empresa DNV también incurre en una contradicción pues en sus recomendaciones se señalan las deficiencias del manual de mantenimiento y se recomienda revisarlo y corregirlo.

Recomendaciones:

- Revisar el manual de mantenimiento para especificar lo siguiente: (1) aclarar el alcance de cada inspección, (2) detallar el trabajo a realizar, (3) identificar las credenciales necesarias de quienes llevan a cabo la inspección, (4) identificar los recursos que se utilizarán y (5) identificar a las partes responsables dentro del STC de ejecutar inspecciones y dar seguimiento a las inspecciones. Con base en los hallazgos del RCA técnico, se deben incluir estos detalles específicos:
 - Aclarar bajo qué escenarios se miden las deflexiones
 - Identificar cómo se debe medir la deflexión para casos de carga muerta y carga viva
 - Identificar un valor para una deflexión negativa inaceptable bajo carga muerta,

(P.109, tercer párrafo)



Síntesis de las Inconsistencias

Qué dicen en el reporte III	Existe otra contradicción con el mismo reporte III
<p>Reconocen que “aún en un escenario en el que el puente hubiera sido construido conforme a las especificaciones(proyecto ejecutivo), los pernos más críticos hayan fallado luego del paso de 1.25 millones de trenes, o aproximadamente 14 años de operación.”</p> <p>Es decir, existían errores de diseño graves.</p>	<p>Existe una inconsistencia grave al decir que una inspección rutinaria definida en un manual deficiente podría corregir un error de diseño grave</p>



Síntesis de las Inconsistencias

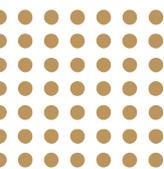
Qué dicen en el reporte II	Que dicen en el reporte III
<p>En el reporte II de DNV se señala que las deformaciones eran imperceptibles a simple vista y no detectables.</p> <p><i>“las Vigas Norte y Sur se cargaron de tal manera que se estuvieron moviendo una hacia la otra antes de la falla. Estas deformaciones no eran detectables en una inspección visual simple.”</i></p> <p>(Pág. V, Párrafo 7)</p>	<p>En el Dictamen Final Fase III, la empresa DNV menciona que dichas deformaciones sí eran detectables en una inspección a nivel de calle</p> <p>DNV utiliza como única sustento imágenes de baja calidad obtenidas del servicio Google Street View.</p>

Adicionalmente los propios Términos del Servicio de Google determinan que *“puede que las condiciones reales difieran de los resultados de los mapas y del contenido, por lo que el usuario deberá aplicar su propio criterio y utilizar Google Maps/Google Earth bajo su propia responsabilidad. El usuario es responsable en todo momento de su conducta y las consecuencias de esta.”* https://www.google.com/intl/es/help/terms_maps/)



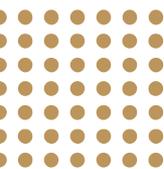
Inconsistencias

Qué dicen en el reporte II	Que dice el reglamento de construcciones
En el reporte Fase II menciona deflexiones de 7.62 cm como criterio de riesgo	La deflexión permisible en el reglamento de construcciones del DF para un claro de la magnitud donde ocurrió el colapso es de 11.7 cm.



Inconsistencias

Qué dicen en el reporte III	Qué ocurrió
Menciona que no se realizaron inspecciones rutinarias	Reconoce que se les entregaron los resultados de las inspecciones de 2019 y 2020



Inconsistencias

Qué dicen en el reporte III	Existe otra contradicción con el mismo reporte III
Se debieron haber realizado inspecciones con respecto al manual de mantenimiento	DNV reconoce que se debe revisar y corregir el Manual de Mantenimiento dado que presenta deficiencias importantes, particularmente en lo que se refiere a inspecciones

Conclusiones

Con base en lo expuesto previamente se confirma que el reporte 3 contiene contradicciones y fallas técnicas respecto al reporte 1 y 2 razón por la cual ha sido rechazado por la SGIRPC

¿Se realizaron inspecciones?

SÍ, en 2019 y 2020

¿Se podría haber detectado una deflexión desde el nivel de la calle? **NO**

¿Se podría haber evitado el colapso con inspecciones visuales? **NO**

¿La inspección con base en un manual de mantenimiento que ellos califican como deficiente pudo haber evitado el colapso originado por errores de diseño y fallas en construcción? **NO**



Conclusiones

Nuestro mayor interés es entregar una **Línea 12 segura, confiable y que esté realizada conforme al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal** y sus Normas Técnicas complementarias vigentes.

Una vez más queremos **agradecer a las empresas que están apoyando a la ciudad y a las víctimas**, en lugar de entrar a un largo juicio, con esto ratifican su compromiso en reforzar la estructura y elevar su nivel de seguridad estructural con base en el Reglamento Vigente de Construcciones del Distrito Federal.



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO



SGIRPC

CIUDAD **INNOVADORA**
Y DE **DERECHOS**