



Ciudad de México, a 15 de febrero de 2022 SGIRPC/DGAR/0444/2022

ECKHARD HINRICHSEN
Project Sponsor
DNV Energy Systems México S de RL de CV
P R E S E N T E

Con Atención a: Milagro Trinidad González Santiago Coordinadora del Proyecto

Por medio de la presente y, derivado de las mesas de trabajo, llevadas a cabo, en el marco del Comité de Apoyo del Contrato celebrado entre su representada y la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México, quisiéramos, en primer lugar, reconocer que, aunque los documentos correspondientes al Dictamen Técnico Preliminar (Fase I) como al Dictamen Técnico Final (Fase II) contaron con los elementos suficientes y la calidad requerida por dicho contrato, lamentablemente, el documento borrador preliminar del Reporte Único de Resultados de Análisis Causa-Raíz (Fase III) ha presentado una serie de deficiencias e inconsistencias que no corresponden con las exigencias que este reporte requería.

- Dichas deficiencias e inconsistencias se precisan en las siguientes observaciones:
 - 1.a. Se debió revisar el "tramo espejo" para detectar evidencia adicional que permitiera evaluar mejor, tanto la evidencia física directa como la hipótesis principal sobre el mecanismo de falla. En los distintos reportes entregados por DNV hay referencias a otros tramos que fueron revisados y cuya información fue utilizada para sostener algunas de sus conclusiones, no obstante, el análisis del "tramo espejo" no se hizo y era de vital importancia debido a que sus características de diseño y operación tenían gran similitud con el tramo colapsado.

En el Dictamen Técnico Preliminar (Fase I) DNV reportó hacer una visita al tramo espejo precisamente por la similitud que hay entre éste y el tramo colapsado. (Ver anexo 1.a).

1.b. La similitud se debe a que tanto la configuración de las trabes (el inicio de una trabe en "Y") como el método constructivo tienen las mismas características que el tramo colapsado





entre las columnas 12 y 13 de la Línea 12. Sin embargo, en el borrador preliminar del Análisis Causa-Raíz (Fase III) no mencionan dicho tramo ni lo usan como una referencia que permita ilustrar y ofrecer información para analizar la posible condición del tramo colapsado previo a su colapso. El uso del "tramo espejo" como referencia de análisis es una práctica consistente con el propio trabajo de DNV, pues en el Dictamen Técnico Final (Fase II) en al menos dos ocasiones usan comparaciones o referencias con otros tramos para inferir las condiciones del tramo colapsado previo a su colapso. Un ejemplo de ello es la referencia a las buenas condiciones de las vías ferroviarias en secciones aledañas a la colapsada como parte de la evaluación sobre las vías. (Ver anexo 1.b).

1.c. Otro ejemplo, es el uso de imágenes, la trabe metálica entre las columnas 13 y 14 como referencia de comparación con respecto a la deflexión de la Viga Norte entre las columnas 12 y 13. (Ver anexo 1.c).

1.d. No se reporta la evaluación y descarte de hipótesis alternativas frente al mecanismo de falla descrito y usado como conclusión central sobre el colapso del tramo entre las columnas 12 y 13 de la Línea 12. La evaluación de hipótesis alternativas y los motivos para descartarlas es una práctica común en análisis de incidentes, pues esto permite abrir varias líneas de investigación y evaluarlas con respecto a la probabilidad de su relación causal con el evento tope. Incluso de estas hipótesis alternativas surge la posibilidad de ponderar el peso que juegan distintos factores en un evento que pueden ser contribuyentes o determinantes, (Ver anexo 1.d). En otros documentos elaborados por DNV (i.e. Reporte de la Explosión Química en IQOXE, Tarragona, España), hemos encontrado la evaluación y descarte de hipótesis alternativas como paso previo al análisis causa-raíz. (Ver anexo 4).

Sin embargo, en el borrador preliminar del Reporte Único de Resultados de Análisis Causa-Raíz (Fase III), no encontramos una revisión sistemática de las hipótesis alternativas ni las razones de su descarte. Por ejemplo, una hipótesis que no fue analizada, es que el colapso se inició en la Viga Sur, lo cual sería consistente con el modelo que presentan y con la evidencia de que el desgarramiento del alma y patín de la Viga Sur no sólo presenta una fractura por sobrecarga, sino también, corrosión y daño por contacto.

En el Dictamen Fase II y en el borrador preliminar del reporte Fase III los modelos presentados indican que los esfuerzos de las trabes fueron más altos para la Viga Sur, precisamente porque era la viga que estaba debajo del tren cuando este iba pasado en la dirección a Tláhuac al momento del colapso. A su vez, como es probable que la sección no estuviera trabajando de forma compuesta (debido a las deficiencias constructivas en pernos y soldaduras) el mismo modelo no muestra la transferencia de estos esfuerzos a las Vigas Norte y la Viga T-6 en las cuales DNV sostiene inició el colapso.





- 1.e. El mecanismo de falla presentado por DNV, establecido en el documento Fase II, es plausible y de alta probabilidad, sin embargo, el borrador preliminar entregado no contiene un análisis o evaluación que pudiera mostrar algunas hipótesis más apegadas a los resultados del modelo en el documento Fase III (Ver anexo 1.e).
- 1.f. Pese a que en el borrador preliminar Fase III se menciona el incumplimiento del diseño frente a AASHTO con respecto a la longitud de los atiesadores de conexión de los diafragmas, no se identifican sus probables consecuencias. Esto es relevante porque al considerar esta deficiencia de diseño el modelo presentado podría reproducir de forma más fidedigna el fenómeno físico del colapso. Ejemplo de ello es que el modelo usa criterios poco realistas para reproducir el colapso al eliminar la fuerza de fricción entre los patines de la trabe portante y la losa de concreto. (Ver anexo 1.f).
- 1.g. Entre los incumplimientos de AASHTO detectados por DNV también está el incumplimiento de una contraflecha de diseño de 50mm en las trabes portantes. La contraflecha de diseño se usa en el proceso de construcción de estructuras metálicas porque se espera que, una vez que se coloquen las losas de concreto sobre las trabes portantes estas sufran una primera deflexión que por diseño debe llegar a ser neutra, es decir 0mm. Sin embargo, al no cumplirse con la contraflecha de 50mm no se puede saber cuál fue la deflexión de las trabes portantes cuando se construyó el tramo colapsado. Por lo cual, cualquier evaluación sobre la deflexión de las trabes metálicas debe considerar que no hay un punto de partida contra el cual comparar las deflexiones detectadas años después.

Muestra de este problema es que, según el modelo presentado en el borrador del reporte Fase III, DNV considera que la deflexión por carga muerta fue de 75mm. Es decir, el simple peso de las losas de concreto sobre las trabes portantes generaría dicha deflexión sin considerar los años posteriores de operación. Sin embargo, en el mismo documento infieren a partir de un video tomado en diciembre del 2019 que la flecha (deflexión negativa) era de 76mm. Por lo tanto, si las trabes no cumplían con la contraflecha de diseño (50mm) y el propio proceso constructivo generó una flecha de 75mm, es probable que las trabes metálicas nunca hayan tenido una deflexión neutral y no es posible saber (si es que llegó a tener una deflexión de 76mm) cuándo fue que ésta sucedió. (Ver anexo 1.g).

2. Aún y cuando, les fue entregada toda la información técnica y documentos solicitados disponibles, entre los cuales estaban los estudios realizados por la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), dicha información no fue tomada en cuenta para la elaboración del Análisis Causa-Raíz. La importancia de dichos estudios reside en el hecho de que la UANL detectó en varias trabes (incluyendo el "tramo espejo") grietas de fatiga por distorsión inducida. Este tipo de grietas de fatiga suelen ser producidas por el incumplimiento mencionado por DNV





frente a AASHTO con respecto a la longitud de los atiesadores, y por lo tanto existe la posibilidad de que también haya habido grietas de fatiga por distorsión inducida en el tramo colapsado, siendo este un problema de diseño de toda la estructura metálica del tramo elevado de la Línea 12. (Ver anexo 2).

- 3. Algunas de las conclusiones del documento que están basadas en imágenes de Google Maps y Google Earth son usadas como evidencia certera pese a que dichas imágenes no fueron obtenidas por Google expresamente para hacer un análisis técnico estructural. Incluso, los términos de servicio de Google mencionan que al usar dichas imágenes hay una asunción de riesgos porque "puede que las condiciones reales del sitio difieran de los resultados de los mapas y del contenido por lo que el usuario es responsable en todo momento de su conducta y las consecuencias de esta". A ello se suma que, en la literatura académica, existe una discusión sobre la heterogeneidad en la calidad de las imágenes para su uso en investigaciones. (Ver anexo 3).
- 4. En el documento del Análisis Causa Raíz presentado por DNV no se observa la aplicación completa de la Metodología (BSCAT) que sí se observa en otros dictámenes producidos por DNV, como, por ejemplo, el Reporte de la Explosión Química en IQOXE, Tarragona, España y el Reporte del Análisis Causa-Raíz en la Estación de Compresores de Weymouth, Massachusetts, USA. (Ver anexo 4).
 - **4.a.** El Análisis Causa Raíz presentado por DNV en el borrador preliminar no se establece una línea de tiempo de los eventos que llevan al evento tope, que es el colapso de la línea elevada entre las columnas 12 y 13; en vez de esa línea tiempo, establecen una línea de tiempo para todo el proyecto desde 2001 hasta 2021 sin identificar con precisión los eventos anteriores y relevantes al colapso. (Ver anexo 4.a).
 - **4.b.** Al no haberse identificado los eventos, no se establece con claridad en el documento los criterios para establecer las barreras que presentan. (Ver anexo 4.b).
 - **4.c.** En el supuesto de que las barreras elegidas por el equipo de DNV fueran las adecuadas, tampoco se encuentra en el documento el análisis SCAT que, de acuerdo con la metodología de DNV, debió de haberse aplicado a cada una de las barreras. (Ver anexo 4.c).
 - **4.d.** En los documentos revisados de otros análisis elaborados por DNV, las barreras son consideradas como preventivas hacia el futuro y no determinantes sobre la ocurrencia del evento estudiado. En dichos documentos, no se afirma que las barreras eran preventivas exante, ni se establece que la efectividad de las barreras habría evitado por completo el evento, más bien, se habla de la disminución de los riesgos y de la reducción de la probabilidad de que ocurrieran los eventos. (Ver anexo 4.d).





- **4.e.** En el reporte Causa-Raíz se habla de la evitabilidad del evento usando como referencia un glosario de ductos de la <u>Pipeplane & Hazardous Materials Safety Administration</u>, el cual, no corresponde a un documento de la metodología BSCAT registrada por DNV. (Ver anexo 4.e).
- 4.f. Evidencia adicional de que no se hizo el análisis de barreras con la profundidad necesaria, es que no se consideró la normatividad mexicana local en la materia, que tiene como uno de sus objetivos, a través de la revisiones y supervisiones que hacen los Directores Responsables de Obras y los Corresponsables de Seguridad Estructural, el disminuir la probabilidad de ocurrencia de errores de diseño y de construcción. De la misma forma, no se consideró el rol o su ausencia de la entidad coordinadora de las empresas supervisoras que revisó el proyecto ejecutivo.
- **4.g.** A lo largo del documento se observa que el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias no fueron analizadas a profundidad, aun cuando, en el Anexo Técnico, del contrato de prestación de servicios se señala que se debe considerar dicha normatividad. (Ver anexo 5).
- **4.h.** Es importante señalar que, de acuerdo a lo establecido en el contrato se conformó un Comité de Apoyo para la coordinación y seguimiento de los trabajos independientes de la empresa. En este marco, se celebraron varias mesas de trabajo con la participación de profesionales expertos en materia de ingeniería civil estructural, quienes vertieron diversas opiniones, observaciones y sugerencias técnicas. Todas ellas, se hicieron del conocimiento del equipo técnico de DNV en las distintas reuniones que se sostuvieron con ellos en forma presencial y a distancia, a fin de que revisaran técnica y metodológicamente el documento en cuestión y sugiriendo atención a los temas de fondo, mismos que no fueron tomados en cuenta. (Ver anexo 6).
- 5. A partir de las deficiencias antes mencionadas, se reitera la solicitud a DNV para que realice el Análisis Causa-Raíz bajo su metodología completa y con la misma calidad observada en los dictámenes de Fase I y Fase II, y en los documentos elaborados por DNV para otros casos ya mencionados; y que, para ello, no omita la información que se ratifica en los anexos 2 y 9 respecto a las inspecciones realizadas por la Universidad Autónoma de Nuevo León y la Minuta de conversión de preliminar en definitiva de la entrega que hizo Proyecto Metro del Distrito Federal (PMDF) al Sistema de Transporte Colectivo (STC) en 2013, respectivamente.

Finalmente y, adicional a las observaciones antes mencionadas, nos parece importante dejar sentado dos situaciones en las cuales, la empresa DNV ha sido poco transparente:





- 6. Con respecto a las muestras que DNV solicitó que fueran enviadas a sus propios laboratorios en Columbus, Ohio, se perdió la cadena de custodia, siendo esto responsabilidad de la empresa. En la reunión con el equipo legal de DNV, la SGIRPC les reiteró que la responsabilidad de la cadena de custodia recaía en DNV, a pesar de ello, una vez concluida dicha reunión, procedieron a presentar una denuncia de hechos ante la Fiscalía General de la República y la Fiscalía General de Justicia de la Ciudad de México, buscando deslindarse de dicha responsabilidad. (Ver anexo 7).
- 7. Con respecto al equipo jurídico de su empresa les informamos que, dentro del mismo participan profesionistas que han interpuesto acciones legales en contra del titular del Ejecutivo Federal con base en criterios de índole política, lo que propicia que un trabajo eminentemente técnico se encuentre viciado por criterios que constituyen un conflicto de intereses derivado de una posición política personal. (Ver anexo 8).

En virtud de todo lo anterior, se hace de su conocimiento que consideramos que el borrador preliminar revisado tiene inconsistencias que no nos permiten recibir formalmente el documento Fase III en su estado actual, razón por la cual, le solicitamos, de la manera más atenta, se sirva atender el presente oficio, tomando en consideración lo arriba manifestado, de conformidad con lo señalado por la Cláusula Vigésima Novena del multicitado contrato.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para enviarle un saludo.

ATENTAMENTE

C.c.e.p.

TÍC. RAFAEL HUMBERTO MARÍN CAMBRANIS DIRECTOR GENERAL DE ANÁLISIS DE RIESGOS

Arq. Myriam Urzúa Venegas, Secretaria de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil. Para su conocimiento; ccp.sgirpc@sgirpc.cdmx.gob.mx Archivo. - cdmxsgirpcdgar@gmail.com C. Milagro Trinidad González Santiago, Coordinadora del Proyecto. Para su conocimiento; milagro.gonzalez@dnv.com