



RC 2018 xvii Reunión
del **CONCRETO**

El evento del Cemento, el Concreto y los Prefabricados

¿DESASTRES DE INGENIERIA? QUE DEBEMOS APRENDER

ING. JOSÉ MIGUEL IZQUIERDO ENCARNACIÓN

PORTICUS CSP, Presidente

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Presidente 2003-2004

COLEGIO DE INGENIEROS Y AGRIMENSORES DE PR, Presidente 1994-1996

The great liability of the engineer compared to men of other professions is that his works are out in the open where all can see them. His acts, step by step, are in hard substance. He cannot bury his mistakes in the grave like the doctors. He cannot argue them into thin air or blame the judge like the lawyers.

Hebert Hoover

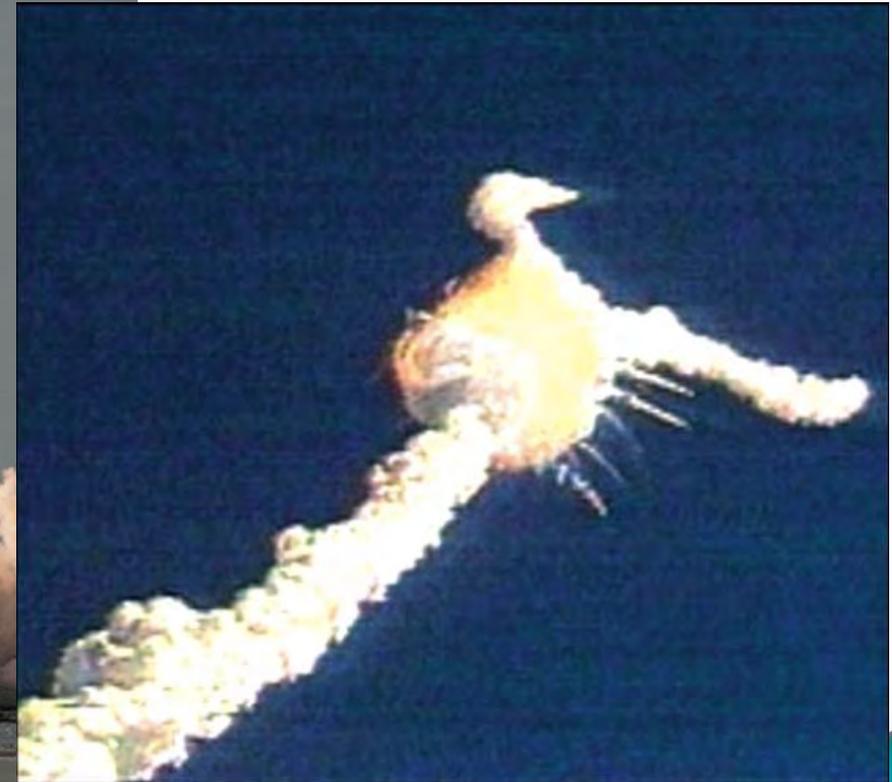
Read more at: https://www.brainyquote.com/quotes/herbert_hoover_756121

Desastre

- Desgracia considerable, suceso que provoca mucho daño o destrucción supone un desastre ecológico. catástrofe, tragedia
- Persona inútil, que carece de habilidad es un desastre para los negocios. calamidad
- Persona desaliñada, mal vestida.
- Cosa imperfecta, de mala calidad, mal organizada o que no tiene buen aspecto (*fue un desastre de fiesta*). fracaso

Transbordador Challenger

28 de enero de 1986



¿DESASTRES DE INGENIERÍA? QUÉ DEBEMOS APRENDER

Un desastre en VIVO

- Aproximadamente el 17 % de los estadounidenses fue testigo del lanzamiento en vivo debido a la presencia en la tripulación Christa McAuliffe, la primera maestra en el espacio y miembro del Proyecto Teacher in Space.
- La cobertura de los medios de comunicación sobre el accidente fue extensa: un estudio reveló que el 85 % de los estadounidenses interrogados había oído las noticias durante la hora posterior al accidente.
- El accidente del Challenger ha sido utilizado como caso de estudio en muchas discusiones sobre ética y seguridad en ingeniería.

Suceso

- La desintegración del vehículo entero comenzó después de que una junta tórica de su cohete acelerador sólido (SRB) derecho fallara durante el despegue.
- El fallo de la junta tórica causó la apertura de una brecha, permitiendo que el gas caliente presurizado del interior del motor del cohete sólido saliera al exterior y contactara con la estructura adyacente de conexión con el SRB y el tanque externo de combustible.
- Esto provocó la separación de la conexión posterior del SRB derecho y el fallo estructural del depósito externo. Las fuerzas aerodinámicas destruyeron rápidamente el orbitador.

Desastre advertido

- Desde 1977, los directores de la NASA tenían conocimiento de que el diseño de los cohetes aceleradores sólidos del contratista Morton Thiokol tenía un defecto potencialmente catastrófico en las juntas tóricas, pero no lo habían resuelto adecuadamente.
- También ignoraron las advertencias de los ingenieros sobre los peligros en el lanzamiento provocados por las frías temperaturas de aquella mañana y no habían informado adecuadamente a sus superiores de estas preocupaciones.
- En una teleconferencia realizada en la tarde del 27 de enero, los ingenieros y directores de Thiokol trataron el tema de las condiciones meteorológicas con directores de la NASA del Centro Espacial Kennedy y el Centro de Vuelo Espacial Marshall.
- Varios ingenieros (sobre todo Roger Boisjoly) re-expresaron su preocupación por el efecto de las bajas temperaturas sobre la capacidad de resistencia de las juntas tóricas de goma que sellan las juntas de los SRB, y recomendaron posponer el lanzamiento.

La Gerencia por encima de la Ingeniería



Resultados

- Puesta a tierra de la flota del Transbordador Espacial durante casi tres años
- Rediseño de un cohete sólido
- Nueva política sobre la toma de decisiones administrativas para lanzamientos futuros.

Colapso del puente de Tacoma Narrows

7 de noviembre de 1940

Colapso del Puente



¿DESASTRES DE INGENIERÍA? QUÉ DEBEMOS APRENDER

Situación

- Los planes preliminares especificaban el uso de vigas horizontales de 7,6 m de espesor, que se ubicarían debajo del puente para hacerlo más rígido. Moisseiff, diseñador muy respetado del Golden Gate Bridge, propuso utilizar vigas más esbeltas, de solo 2,4 m de espesor.
- Según su propuesta el puente sería más delgado y elegante, y además se reducirían los costes de construcción. El diseño de Moisseiff se impuso.
- El colapso inducido por el viento ocurrió el 17 de noviembre de 1940 a las 11:00am, a causa de un fenómeno aerodinámico de flameo (*flutter* en inglés).
- Se eliminaron las armaduras transversales que tradicionalmente se usaban en los puentes colgantes.
- Se registraron 4 víctimas como consecuencia del derrumbe del puente.

Puente Peatonal de Miami

15 de marzo de 2018

Colapso



¿DESASTRES DE INGENIERÍA? QUÉ DEBEMOS APRENDER

Accelerated Bridge Construction (ABC) techniques will be used to build the main span in one night. This will showcase FIU's national research center for ABC technologies. The main bridge will be constructed in an adjacent staging area and moved into place with a modular transporter.

Contemporary iconic cable structure provides an aesthetic gateway attracting people to enjoy a unique experience. The tapering pylon reaches a height of 109' feet.

The stay cable pipes increase bridge stiffness for pedestrian loads. Powder coated white for long term durability and to maximize opportunities for a variety of night time light colors on stays.

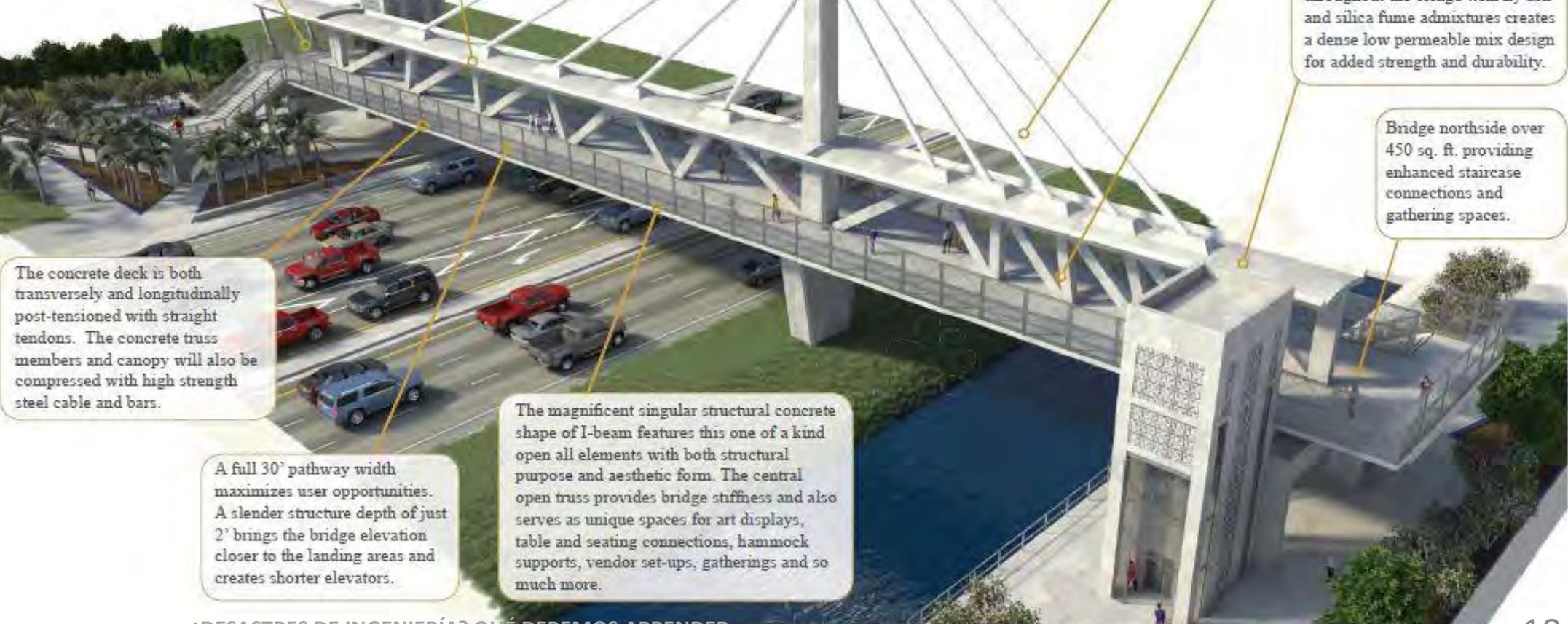
The functional shape of the structure includes a pedestrian concrete canopy 16' wide providing shade to 53% of the deck.

The bridge shape allows for easy accessibility to all areas for direct inspections. A low maintenance bridge with innovation for over 100 year life.

High performance concrete throughout the bridge with fly ash and silica fume admixtures creates a dense low permeable mix design for added strength and durability.

Bridge northside over 450 sq. ft. providing enhanced staircase connections and gathering spaces.

South pedestrian overlook (enhanced 717 sq. ft.) has a cantilevered canopy and allows for direct future connection to the Parking Garage 4 and escalators.



The concrete deck is both transversely and longitudinally post-tensioned with straight tendons. The concrete truss members and canopy will also be compressed with high strength steel cable and bars.

A full 30' pathway width maximizes user opportunities. A slender structure depth of just 2' brings the bridge elevation closer to the landing areas and creates shorter elevators.

The magnificent singular structural concrete shape of I-beam features this one of a kind open all elements with both structural purpose and aesthetic form. The central open truss provides bridge stiffness and also serves as unique spaces for art displays, table and seating connections, hammock supports, vendor set-ups, gatherings and so much more.

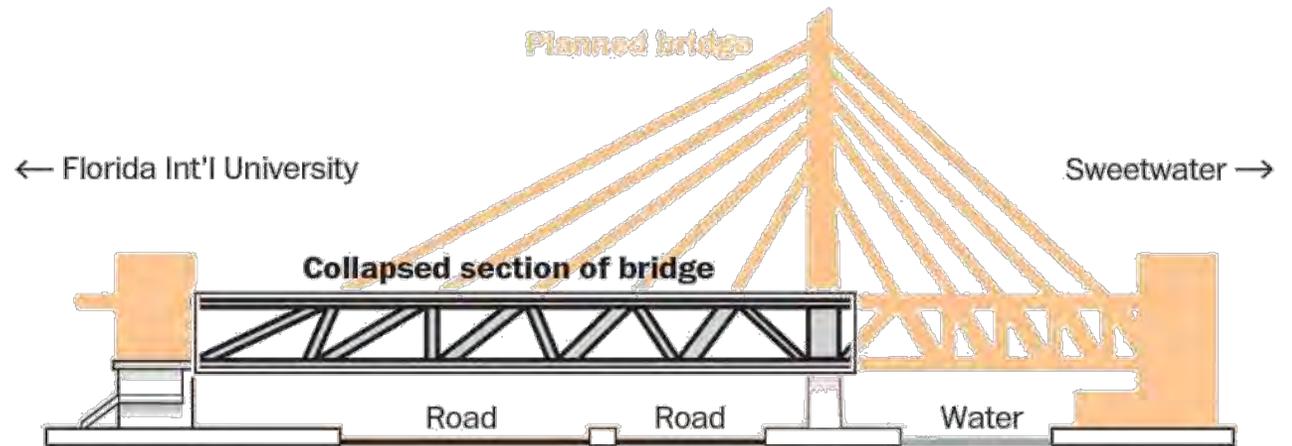


El Puente....

- El puente fue ensamblado en otro lugar y sus 950 toneladas de estructura fueron trasladadas para la instalación una vez terminado, según un documento de la FIU. El segmento movilizado tiene unas dimensiones de 174 pies de largo (53 metros), aunque la estructura total iba a tener una dimensión de 289 pies de largo por 31,67 pies de ancho, incluyendo sus escaleras y ascensores.

Fatal failure

The 960-ton pedestrian bridge that collapsed Thursday near Florida International University was part of a construction project to connect the bustling Miami college with the city of Sweetwater.



Note: Illustration based on project models and pictures of the bridge

Source: FIU, Munilla Construction Management,
FIGG Bridge Engineers

THE WASHINGTON POST

Falla

- Puede haber dos causas principales: una falla en el diseño o en los materiales (concreto, cables, tornillos y arandelas) o una suma de los factores anteriores. Los puentes están contruidos para que, si una parte falla, no haya un error catastrófico de toda la estructura como pasó en Miami.
- Se supo que, dos días antes de la tragedia, un ingeniero de la constructora FIGG había reportado una grieta en el lado norte de la estructura que no consideraba comprometedora para la seguridad del puente.
- El reporte fue transmitido a través de un mensaje de voz a un empleado del Departamento de Transporte de la Florida, pero el funcionario estaba fuera de su oficina y no lo escuchó hasta este viernes.

Grietas en una de las Juntas

Photograph #1



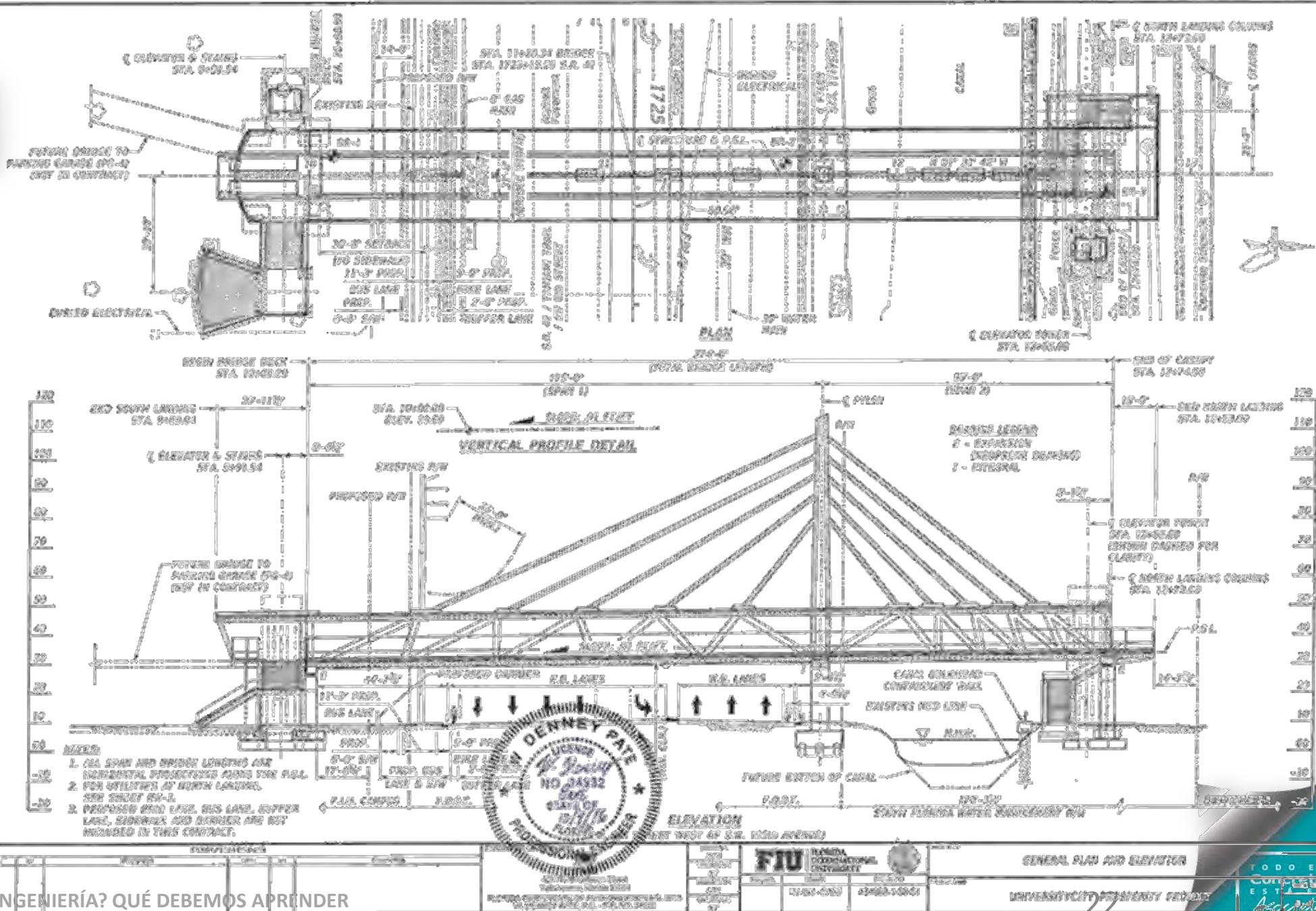
Photograph #2



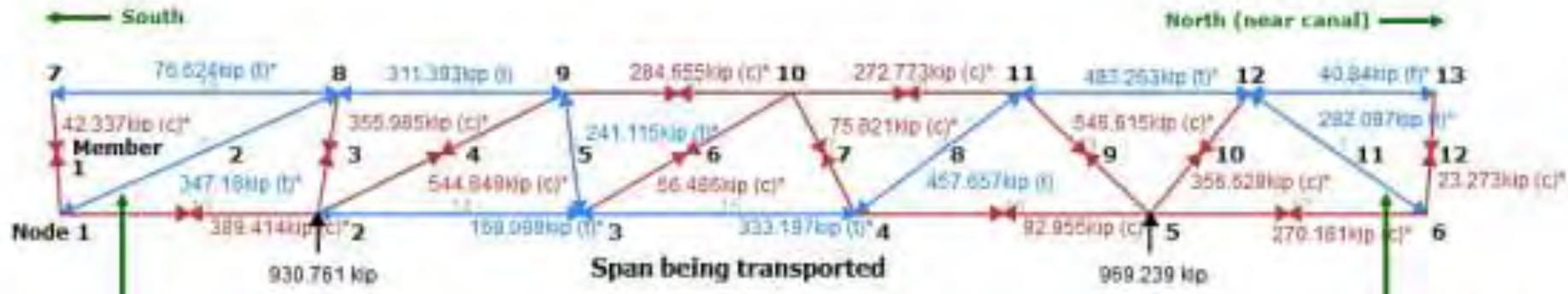
Photograph #3



Figure 4. Photographic documentation of the crack in the region of bridge diagonal 11. (Source: Bolton-Perez and Associates Consulting Engineers)



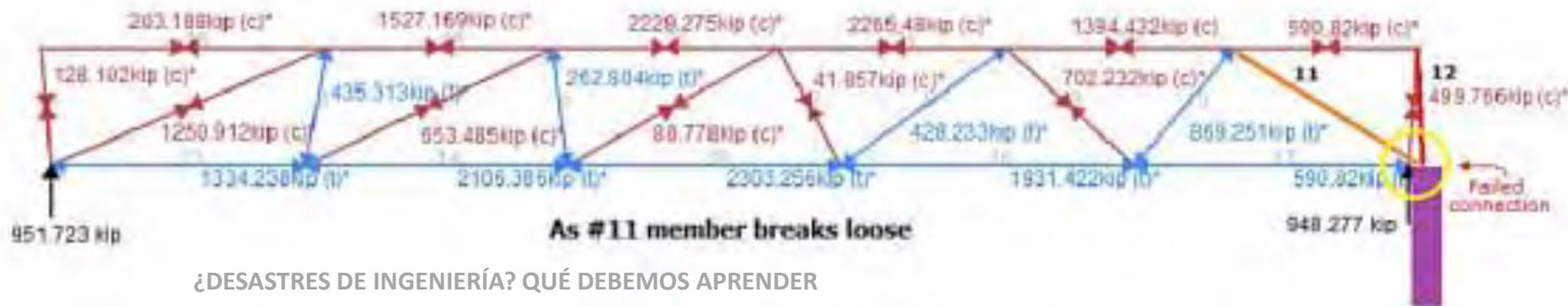
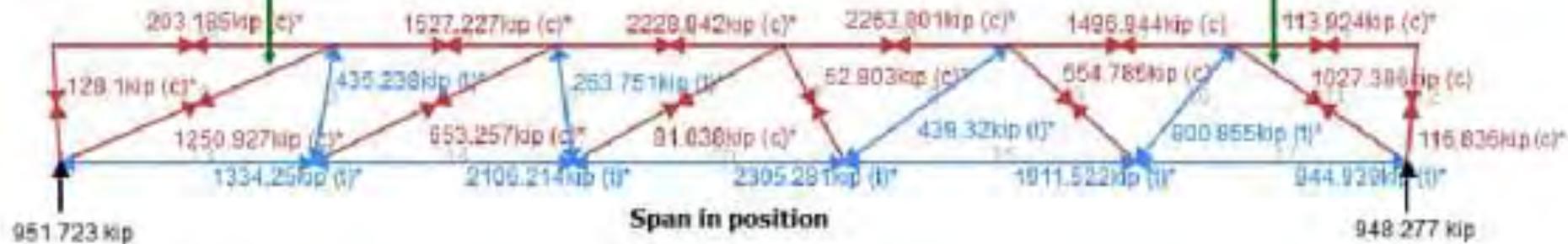
¿DESASTRES DE INGENIERÍA? QUÉ DEBEMOS APRENDER

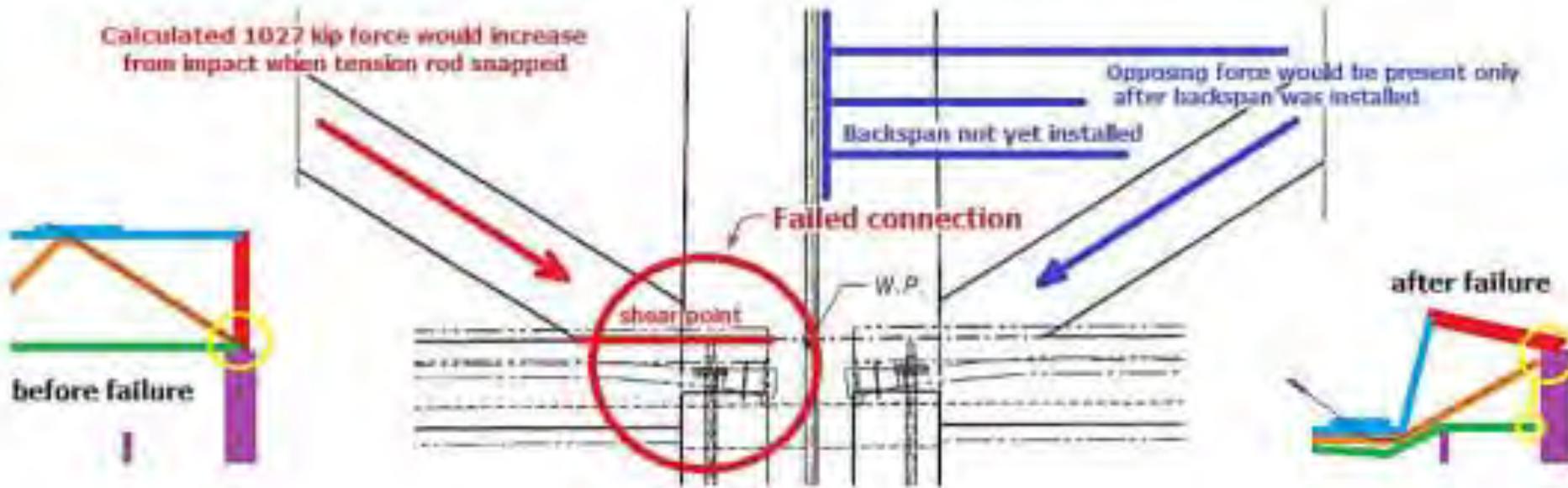


#2 rod also likely to stretch during transport - this end had been tensioned before work began on other end

Forces on members #2, #11 and 9 others change TENSION <-> COMPRESSION when span is MOVED <-> SET IN POSITION

Tension during transport could stretch #11 rod, which would loosen when span is set in position





Canopy (upper chord) :

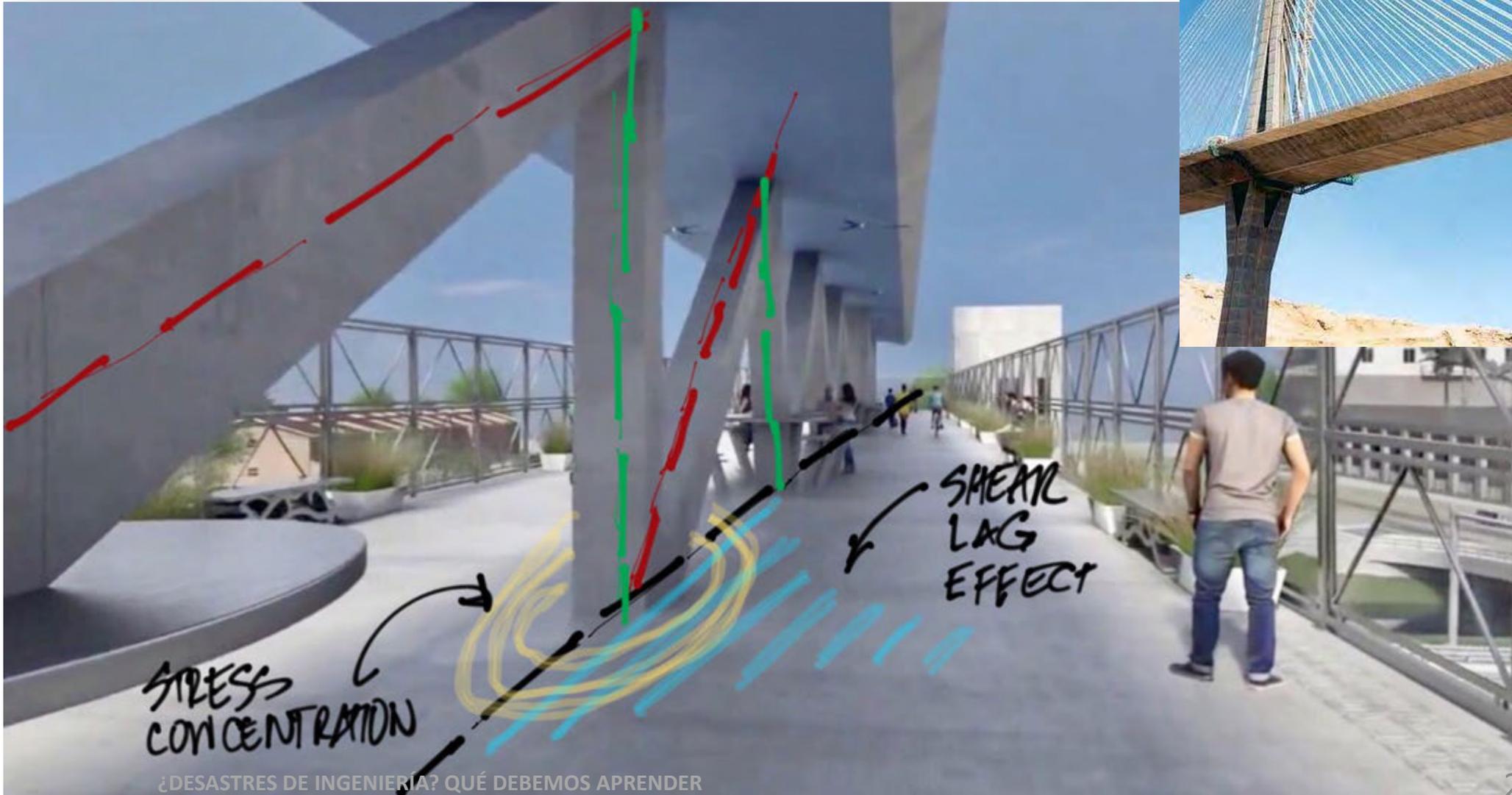
Node #	7	8	9	10	11	12	13
X , Y (ft)	1.5 , 14.979	37.151 , 14.979	65.271 , 14.979	93.536 , 14.979	122.005 , 14.979	150.479 , 14.979	173.422 , 14.979
Point Loads (kip)	-65	-108	-97	-97	-97	-89	-45

Deck (lower chord) :

Node #	1	2	3	4	5	6
X , Y (ft)	2.646 , 0	34.510 , 0	67.219 , 0	101.438 , 0	130.115 , 0	172.385 , 0
Point Loads (kip)	-161	-232	-239	-254	-249	-167

Total load = 1900 kip

Diseño de mentira



PUENTE CHIRAJARA

15 de enero del 2018

EL ESPECTADOR

Miércoles 17 De Enero



Costo de la obra

75

mil millones de pesos



Se compone de dos torres en forma de diamante, de las cuales salen de cada 13 pares de tirantes hacia los extremos y 19 pares de tirantes hacia la luz central.

• Los apoyos laterales son estribos del tipo de contrapesos y apoyados en cuatro pilotes de 3 metros de diámetro y 20 metros de profundidad.

• Es una estructura con sistema atriantado de tres luces distribuidas para un total de 458,47 metros de longitud.

• El puente de la quebrada Chirajara está en construcción desde enero de 2014.





¿DESASTRES DE INGENIERÍA? QUÉ DEBEMOS APRENDER

Error de Diseño

“A partir de esta investigación se determinó que el colapso de la Pila B del Puente Chirajara fue una **deficiencia en la capacidad del tabique y de la losa cabezal** debida a una suposición incorrecta (error) de diseño respecto a la resistencia proporcionada por el tabique.”

Conocidos los resultados de los ensayos realizados a las muestras de concreto, acero de refuerzo y cables postensados, tomados del tabique, brazos inferiores y losa cabezal de la estructura colapsada, por un laboratorio colombiano y otro en USA, **se concluyó que los materiales colocados en obra superan los parámetros mínimos exigidos para el diseño.**

Demolición Torre C

- En cuanto a la torre C que aún permanece en pie, las investigaciones determinan que “Se observa una grieta de consideración en la unión entre el tabique y el brazo inferior norte, y agrietamiento adicional en otras regiones del tabique. Hay evidencia que los brazos superiores se han empezado a separar. Estos hallazgos son consistentes con las primeras etapas del mecanismo de colapso descrito anteriormente en la Pila B.

Video de seguridad



¿DESASTRES DE INGENIERÍA? QUÉ DEBEMOS APRENDER

QUE DEBEMOS APRENDER

No existe tal cosa como la perfección.....

La velocidad del cambio en
tecnología es sin precedentes. El
verdadero reto no es el cambio,
es
LA VELOCIDAD DEL CAMBIO

Errores

Dado que la tecnología no puede abandonarse, el siguiente paso lógico es ver qué se puede hacer para evitar la repetición de los errores tecnológicos que se han cometido en el pasado. Hacia este fin, consideraremos los tipos de errores que los ingenieros hemos hecho, y las razones de ellos.

- Error humano
- Falta de imaginación
- Ignorancia ciega

...Precaución

- Un elemento que falta todavía sería, ese estado de alerta — vigilancia si se quiere — que subyace a una planificación con visión de largo plazo.
- Sin shocks periódicos, la gente tiende a ser complaciente:



La complacencia es el enemigo de la precaución.

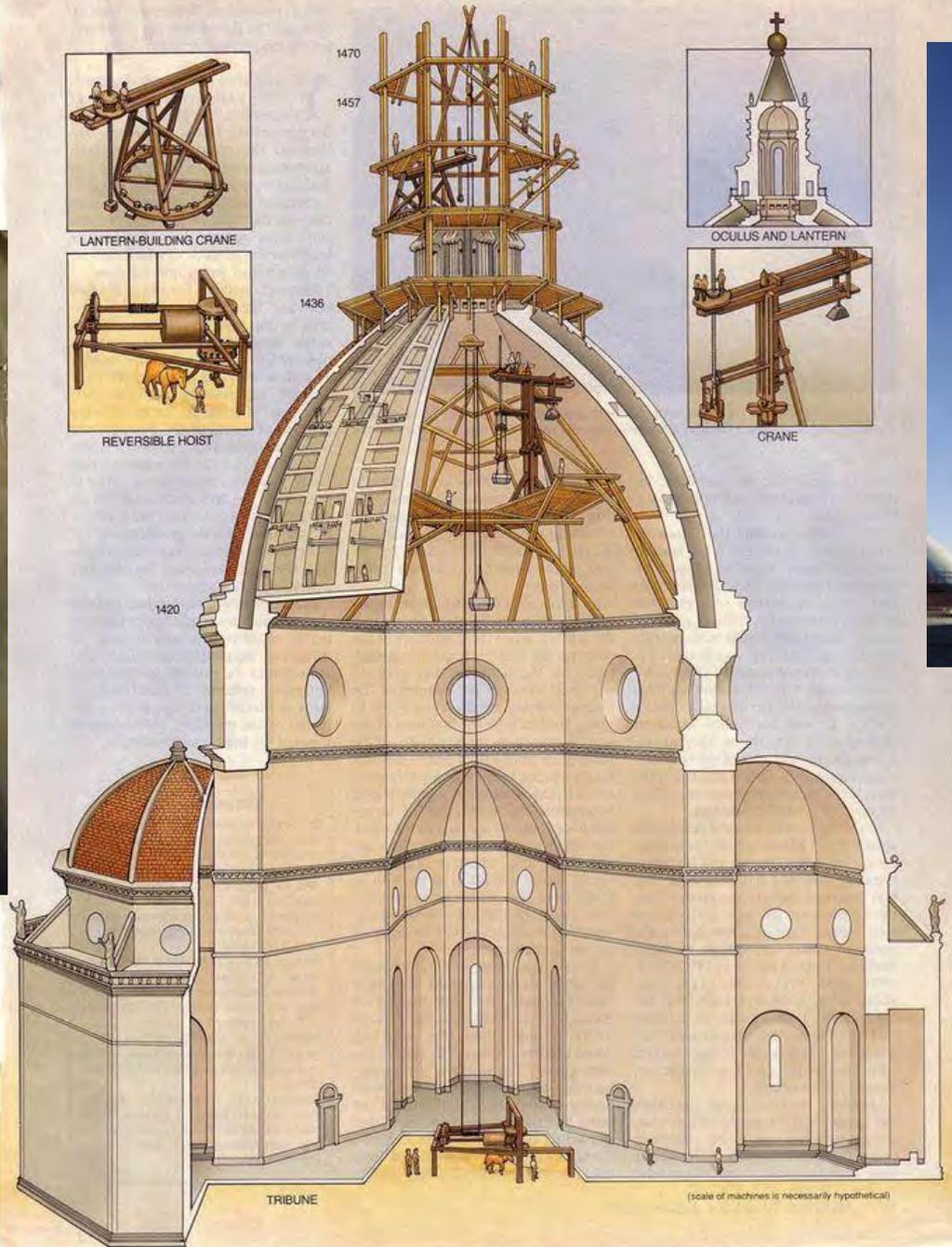
Vizualización y entendimiento

- El pensamiento visual es indispensable en la Ingeniería.
- Si terminado el dibujo no luce bien, hay errores en el diseño.
- **Ingeniería y el ojo de la mente...** el filtro de los cinco sentidos.... Solo si miramos con la mente entendemos realmente el problema.



¿DESASTRES

A PROPOSED VIEW OF BRUNELLESCHI'S MACHINES IN OPERATION



Una Sociedad sin prioridad MANTENIMIENTO

- El tema de mantener puentes o la infraestructura en general es tan mundano que nuestra sociedad parece incapaz de atenderla.
- Sin embargo, esta misma inacción mundana es lo que hace que el abandono sea tan vergonzoso.
- Los políticos solo tienen de prioridad obras que se puedan inaugurar con bombas y platillos, pero relegan la asignación de fondos para el mantenimiento.

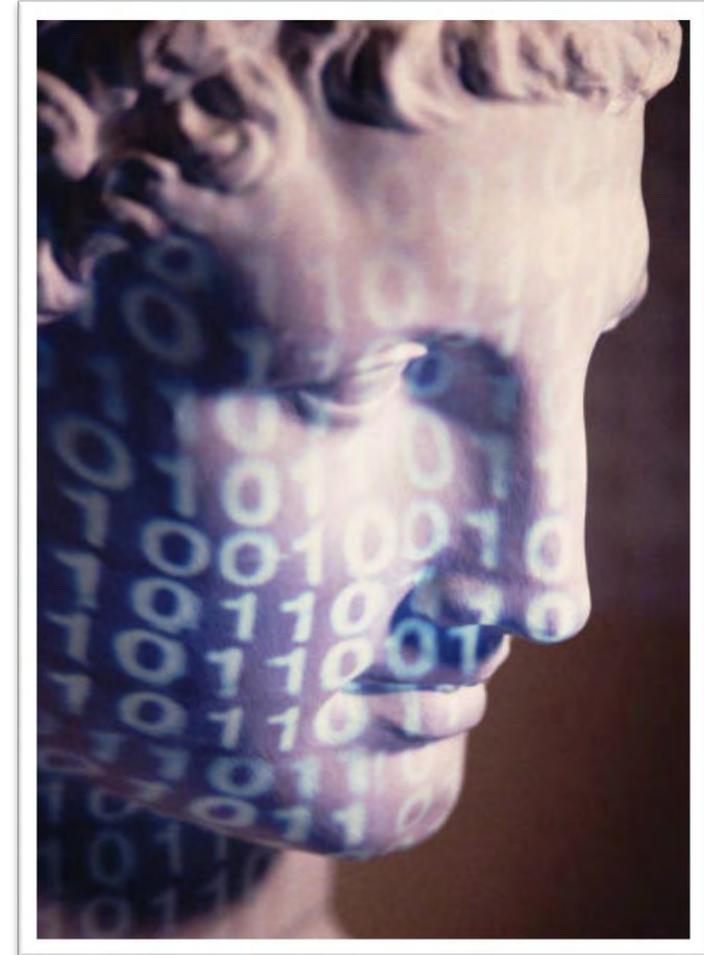


Educación

- La formación en ingeniería promueve el estudio sistemático de un problema para resolverlo. La ciencia básica guía al ingeniero a través de la comprensión de los efectos del universo circundante en su vida.
- La tarea más difícil para un ingeniero es aprender los hábitos de la ingeniería moderna que se basan en los códigos y estándares que se parecen más a los libros de cocina y la misma vez evitar distanciarse de la verdadera mentalidad de ingeniería, que es el entendimiento del comportamiento y los materiales.
- En tiempos modernos los códigos y los abogados de la construcción afectan igualmente la solución potencial a un problema.
-

Limitaciones de la Educación

- Basada en códigos y regulada
- Cuestiones de seguridad
- Abogados
- Alto nivel de especialización
- Pérdida de la ciencia básica de la ingeniería
- Obsesión con las computadoras (F5)



Recomendaciones Educación

- Grado mínimo de 6 años de ingeniería que cubra todas las ciencias de ingeniería.
- Ningún ingeniero debe usar un software que no pueda demostrar que sabe resolverlos a mano.
- Requerirse trabajar 5 años mínimo bajo la tutela de un ingeniero Senior antes de poder certificar diseños u obras.

Ninguna técnica o mesa u organización profesional o gubernamental puede tomar el lugar del juicio colegial.

Nota: Procedimiento de consenso del ACI en sus documentos técnicos

Recomendaciones de Diseño

- Todo ingeniero, no importa la especialidad, tiene que iteraccionar con su obra. No podemos fomentar los ingenieros exclusivamente de escritorios. ¡Ingenieros al CAMPO!
- Todo Edificio mayor de 4 niveles debe ser sujeto a revisión por terceros.
- Todo facilidad esencial debe de ser sujeta a revisión por terceros (escuelas, facilidades de salud, seguridad, puertos y aeropuertos).
- Todo Proyecto de infraestructura que sirva a más de 50,000 habitantes diarias debe de ser sujeto a revisión por terceros.
- ¡EDUCACIÓN! ¡EDUCACIÓN! ¡EDUCACIÓN!

Recomendaciones Construcción

Para las estructuras que en diseño requieren revisión de terceros:

- Gerencia profesional licenciada
- Ensayos de calidad siguiendo estándares adecuados
- Personal certificado en supervisión de tareas por disciplinas.
- Reuniones compulsorias entre las disciplinas al comenzar cada fase del Proyecto.
- ¡EDUCACIÓN! ¡EDUCACIÓN! ¡EDUCACIÓN!

EPÍLOGO

¿DESASTRES DE INGENIERÍA? QUÉ DEBEMOS APRENDER

A day in the life

Los Beatles 1967





¿DESASTRES DE INGENIERÍA? QUE DEBEMOS APRENDER