

La ingeniería

Fallas

HÉCTOR GALLEGOS

CITAS PERTINENTES

«[...] nada es más instructivo para los miembros más jóvenes de la profesión que la crónica de los fracasos en las obras y el detalle de los métodos seguidos para reparar los daños [...] los ingenieros más viejos obtuvieron su más valiosa experiencia de la observación de sus propios fracasos [...] la fiel descripción de los fracasos y el modo de enfrentar sus consecuencias es más valiosa que la descripción de las obras exitosas.»

George Stephenson
(1781-1848)

Ingeniero inglés, inventor de la locomotora



El Comercio

Lima, 17 de noviembre del 2005

«Un tropezón cualquiera da en la vida y el corazón aprende así a vivir [...]»

Del tango «Un tropezón»
(1926)

Luis Bayón Herrera
Literato

«Los ingenieros nos preguntamos desde hace muchos años cómo substraernos a la corrupción e indiferencia que prevalecen en diversos ámbitos y cómo consolidar una convicción y una mística que nos permitan perfeccionar y volcar plenamente, cada vez en mayor medida, nuestro potencial de conocimiento y acción al servicio del progreso general de nuestros países y del bienestar de toda su gente [...]»

Conrado Bauer
Ingeniero

Miembro de la Academia Nacional de Ingeniería,
Argentina

PREFACIO

—¿Profesión?

—**Ingeniero.**

—¿Ha cometido errores?

—**Sí. Muchos.**

—¿Ha causado fallas?

—**Sí. Tres.**

—¿Desastres?

—**No.**

—Las fallas, ¿las enfrentó éticamente?

—**He tratado. Siempre he tratado. Lo logré.**

Nunca fue fácil.

—¿Le enseñaron?

—**Sí. Bastante.**

—¿Reparó el daño?

—**Sí. En lo posible.**

—¿Conoció fallas de otros?

—**Sí. Históricas, sobre todo. Enriquecieron mi vida profesional.**

—¿Las utilizó en su cátedra?

—**Sí. Tan pronto me di cuenta de su crucial importancia.**

Lima, noviembre del 2005
Héctor Gallegos

BASES

La ingeniería diseña¹ y fabrica cosas —obras, objetos, artefactos— que transforman el mundo natural. Esa es su tarea. Construye así el mundo artificial. El que habitamos.

Algunas obras han fallado catastróficamente. Ocasionaron así sucesos infaustos que alteraron gravemente el orden regular de las cosas. Es cierto: las veces son pocas. Pero cuando ocurren destruyen vida, salud, propiedad y más. Se declaran estados de emergencia. Tiemblan las aseguradoras. Hay quiebras. Se inician juicios.

¹ Para un análisis detallado del proceso de diseño véase las páginas 285 a 309 de Gallegos, Héctor: *La ingeniería*. Lima: Fondo Editorial de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 1999.

Otras obras fallan porque no cumplen su propósito. Destruyen el ambiente. Son inútiles. Maltratan la economía.

El error siempre está en el meollo de la falla. Descubrirlo enseña. Reconocerlo enriquece.

Las obras están sujetas a peligros. Peligros políticos. Peligros naturales: agua, viento, fuego, sismos, volcanes. Peligros ambientales. Peligros de mal uso. Peligros no previstos. Y peligros de error.

Los errores pueden residir en cualquiera de las etapas del diseño. En el encargo profesional aceptado. Procedente, por ejemplo, de opciones políticas carentes de raíz en el bien común. Y, por ello, encargo innecesario con resultado, las más de las veces, desastroso. Con frecuencia se los puede encontrar, también, en la síntesis —el acto creativo— y en el análisis.

Si las obras son vulnerables a cualquiera de los peligros, fracasarán. Fallarán, al exceder el riesgo previsto. No serán exitosas. La respuesta a la pregunta medular de la ingeniería: ¿funciona?, será no. No funciona.

Teniendo en cuenta que la cuantificación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo es probabilística, valen unas definiciones cualitativas:

1. Peligro: Algo que puede causar daño.
2. Peligro de diseño: Todo aquel que se reconoce en el diseño.
3. Vulnerabilidad: Susceptibilidad a daños.
4. Vulnerabilidad de diseño: La que se limita en el diseño para satisfacer el riesgo aceptable.
5. Riesgo: Magnitud del daño y sus consecuencias.
6. Riesgo de diseño: El aceptado por el propietario.

Ocurren permanentemente errores en los pasos de síntesis, modelaje, análisis y comunicación del fruto del diseño. Estos por lo común no son trascendentes. Pero hay los que conducen a una falla integral: un desastre.

Un ejemplo. Cuando, en 1951, ocurrió la falla (explosión sucesiva en el aire de dos aviones británicos De Havilland Comet), se excedió el riesgo de diseño. Murieron muchas personas. De Havilland terminó desapareciendo. La búsqueda del error —realizada por el Estado Británico por medio del ensaye a escala natural de la nave— lo identificó. Fue el desconocimiento del comportamiento del material del fuselaje sometido a presurización y despresurización. Lo que la ingeniería denomina

«fatiga»². Lección jamás olvidada por los diseñadores de aviones. La investigación encontró, además, otros cincuenta errores, no críticos, que sin dudarlo se corrigieron en el nuevo modelo.

Otro ejemplo. La construcción de la Gran Represa de Aswan, obra ubicada al sur de Egipto colindante con el Sudán. Se inició en 1960 y fue inaugurada en 1971. Se «invirtió» un billón de dólares americanos de esa época. Sus propósitos: regular el riego del Nilo y producir energía.

En el siglo V antes de Cristo, Herodoto, «Padre de la Historia», escribió: «Egipto es el regalo del Nilo». Tenía razón: ningún otro país debe su existencia a una única «línea de vida». En su ciclo anual de inundación el Nilo depositaba 40 millones de toneladas de limo vivificador que otorgaban fertilidad al área mediterránea al norte de Egipto y al valle al sur.

La obra es gigantesca. Ha sido calificada como «maravilla del mundo».

El represamiento tiene 111 metros de altura y cerca de 1.000 metros de ancho. El lago de agua dulce formado por él, 480 km de largo y un ancho que llega a 16 km. Almacena 200 billones de metros cúbicos.

² Fatiga: Ocurre cuando un material estructural es sometido a cargas de ida y vuelta y falla por debajo de su resistencia. La falla es frágil; como la de un cristal, no avisa.

La energía generable en un año es de 2,1 gigawatts, pero no se logra porque el lago no alcanza el nivel previsto.

La obra es técnicamente impecable. Pero también un fracaso. Un retroceso. Grave.

Su nacimiento lo explica. La razón para construir Aswan fue, en esencia, política. Dada su potencial rentabilidad, se vendió como económica y socialmente indispensable. Su adjudicación a la Unión Soviética reveló las tensiones políticas de esos días. Es indudable que los Estados Unidos, Inglaterra o Francia la hubieran construido sin chistar. Y seguramente sin donar el tercio del costo, como hizo la Unión Soviética.

Las grandes fallas:

1. La generación de nueva energía ni siquiera compensó lo perdido. El millón de toneladas de fertilizante (que los campesinos deben comprar) no alcanza para abonar lo que el Nilo, sin riendas, fertilizó siempre, gratuitamente.
2. La ausencia de los nutrientes —ahora retenidos por la represa— que llegaban al delta y al Mediterráneo esterilizó enormes áreas marítimas. La hasta entonces abundante pesca desapareció para siempre.

3. La energía hidroeléctrica que, se supuso, lograría satisfacer las demandas de esa zona del África por décadas, no alcanza.

Se invirtió mucho de todo. El resultado fue retroceso. Empobrecimiento. Esperanzas frustradas. ¿Falla de la ingeniería? Sin duda, sí. ¿Falla originada por falta de conocimiento técnico o errores del diseño o el análisis? Indudablemente, no.

¿Cuál es la lección? Usted, lector, debe encontrarla.