

# Del ingeniero civil forense

*Alcances. La investigación. El reporte.*

## Alcances

### Referencia

Howard F. Greenspan, James A. O'Kon, Kimball J. Beasley, and Joseph S. Ward. *Guidelines for Failure Investigation*. Task Committee on Guidelines for Failure Investigation of the Technical Council on Forensic Engineering. American Society of Civil Engineers. ASCE. 1989.

Con el nombre de Ingeniería Forense, se reconoce a la disciplina que se ocupa de *la investigación de fallas y problemas de desempeño* en el ambiente de la construcción. Demanda del ingeniero un amplio espectro de capacidades científicas y de cualidades personales ejemplares.

### De los tipos de fallas en ingeniería

Se le entiende como *la incapacidad de un componente, estructura, o facilidad de ingeniería para cumplir con el objetivo que le ha sido asignado*. No necesariamente implica el colapso total. Por ejemplo, son fallas de seguridad, la caída del encofrado, el colapso de una trinchera o zanja, la falla en corte de una losa. O son fallas funcionales, la vibración excesiva, problemas de acústica, fugas en instalaciones sanitarias.

#### ◆ Fallas según el tiempo de ocurrencia

Se distinguen en relación con la puesta en operación del proyecto. Así:

- Las fallas *antes de operar el proyecto*. Ocurren durante el periodo de construcción.
- Las fallas *durante el periodo de operación*. Corresponden a la etapa en que la obra, ya concluida, está prestando el servicio para el que fue construida.
- Las fallas *posteriores al periodo de operación*. La falla se inicia cuando la obra es usada con fines distintos a los originales, y generalmente sometida a sobrecarga o degradación.

#### ◆ Fallas según la extensión y naturaleza de las pérdidas

| Tipo de falla | Descripción   |
|---------------|---|
| De seguridad  | Como el colapso de edificios, fallas en presas, o de seguridad en incendios. Son fallas que provocan el colapso total o parcial, y que pueden ocasionar muertes o daños personales. |
| Funcional     | Son las más comunes. Compromete las expectativas de los servicios para los que fue desarrollado el  |

| Tipo de falla                  | Descripción  |
|--------------------------------|--|
|                                | proyecto, tales como: fugas de agua, movimiento de juntas, fallas en los sistemas mecánicos, deflexiones excesivas, agujeros en las vías, vibraciones inaceptables, problemas acústicos, deterioro prematuro del material. |
| Fallas latentes                | Se trata de un colapso inminente, por una debilidad que no ha sido atendido, esperando ser estudiada y superada.   |
| De organización o programación | Es el caso de ejecuciones en tiempos que superan el programado, y que provocan alteraciones en el funcionamiento previsto. O la escasez de algún insumo. O problemas inesperados.  |

### Sobre las causas de las fallas

Se trata de la o las **incidencias que originan directamente la falla**. Puede distinguirse la siguiente clasificación: por errores técnicos, o por fallas en los procedimientos.

| Tipos de causas  | Descripción   |
|--|---|
| Fallas debidas a errores técnicos                            | Ocurren en el diseño o en la construcción   |
| Por errores en el diseño                                     | El error en el diseño implica un dimensionamiento inadecuada. Ocurre por un mal cálculo o por omisión.  |
| Por errores en el detalle o en las especificaciones técnicas | El error podría ocurrir en los dibujos o en las especificaciones del proyecto. Se trata de una mala información, insuficiente o incorrecta, o errores en materiales, equipos, o técnicas. |
| Por errores en la construcción                               | Puede tratarse de la omisión de ciertos elementos, uso de materiales o equipos inadecuados, desorden en la secuencias, o falta de alineamiento. Implica carencia de control de calidad.   |
| Por deficiencias en los materiales de construcción           | Fallas por uso de materiales inadecuados, falta de previsión respecto al clima, o alteración de la resistencia o durabilidad.   |
| Fallas debidas a los procedimientos                          | Incidentes por falta de comunicación, desorden en la secuencia de operaciones, carencia de coordinación, excesivo apuro.  |
| Por pobre coordinación de documentos del contrato            | Puede ocurrir por descoordinación entre diferentes especialistas (diferencias entre planos y especificaciones, por ejemplo).  |

| Tipos de causas  | Descripción  |
|--|--|
| Por errores en la revisión de la ingeniería de detalle | Los materiales, componentes o aún los detalles han sido correctamente diseñados, pero la información de compra puede conducir a errores.   |
| Por inefectiva coordinación en la construcción         | Por carencia de coordinación con proveedores o subcontratistas, lo cual podría conducir a fallas.  |
| Por una pobre comunicación                             | Se refiere a falta de comunicación entre los distintos actores que intervienen en la construcción: diseñadores, suministradores de materiales, subcontratistas, contratista (incluso al interior de éste). |

### Participación del ingeniero forense

El marco en el cual se desenvuelve la actividad del ingeniero forense está relacionado con todo o parte del proceso asociado a la falla o al problema de desempeño, y que demanda una investigación por alguna de las partes involucradas, e incluso puede llegar hasta el litigio. Aquí un resumen de las etapas que componen este proceso.

#### ◆ Relación con el cliente

Frente a la ocurrencia de una falla o problema de desempeño, se vinculan los intereses de varias partes (usuarios, consultores, contratistas, gobierno, u otros). Cualquiera de ellas se puede constituir en el cliente del ingeniero forense. También puede tratarse de una relación intermedia (aquella con un estudio de abogados, por ejemplo). Esta etapa del proceso llega hasta el acuerdo entre el ingeniero y el cliente.

#### ◆ La investigación

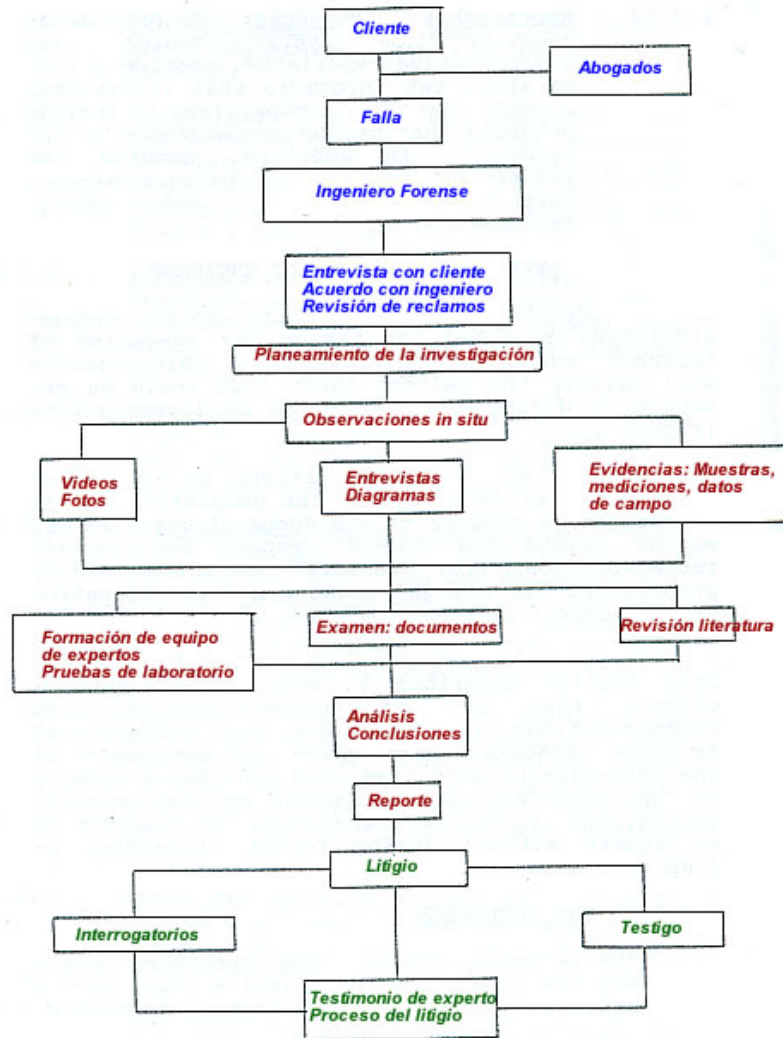
Comienza esta etapa con el planeamiento de la investigación. Es la base para realizar el trabajo de campo: fotos, videos, entrevistas, toma de muestras, datos de campo. Todo, relacionado con la evidencia.

#### ◆ Preparación de documentos

Continúa el proceso con la realización de pruebas de laboratorio, la consulta de expertos (de ser necesaria), el análisis de los resultados, las conclusiones, y la preparación del reporte.

#### ◆ Participación en el litigio

El ingeniero forense debe estar preparado para servir de testigo técnico en el litigio de partes. Ello implica asistir a los interrogatorios, brindar su testimonio, y ser capaz de sustentarlo. Puede tratarse de un litigio civil, de un arbitraje, de un litigio administrativo, en mediaciones, o en mandatos.



PROCESO DE RESPONSABILIDADES DEL INGENIERO FORENSE

## Tipos de clientes

Entre los posibles individuos o grupos que pudieran contratar los servicios de un ingeniero forense, ante una falla o problema de desempeño, están los siguientes.

| Posibles clientes                         | Descripción   |
|---|---|
| Gobierno                                  | En cualquiera de sus instancias del aparato público, en caso de fallas en instalaciones públicas o de interés público, podrán contratar investigaciones y estudios de ingeniería. |
| Propietarios/financistas/<br>proveedores/ | Se trata de las diversas instituciones o corporaciones del sector privado que han intervenido en el objeto motivo   |

| Posibles clientes        | Descripción   |
|--------------------------|---|
| inmobiliarias            | de la falla.  |
| Usuarios                 | Individuos u organizaciones que están empleando la propiedad o los equipos objeto de la investigación.  |
| Aseguradoras             | Compañías de seguros y sus agentes que han brindado un seguro en cualquiera de sus modalidades, y que necesitan deslindar responsabilidades.                      |
| Arquitectos e ingenieros | Profesionales responsables del diseño que necesitan de una tercera opinión para todo el proceso de reclamo.   |
| Poder judicial           | En cualquiera de sus jurisdicciones, y que requieren de expertos para evaluar las fallas o problemas, o ante un litigio.  |
| Contratistas             | Incluye contratistas, subcontratistas, proveedores de insumos, y fabricantes de equipo, que requieren investigación técnica sobre errores o prueba de materiales. |
| Abogados                 | Que contratan directamente con el cliente, y que requieren los servicios del ingeniero para plantear responsabilidades o pagar seguros.                           |
| Público en general       | Individuos o grupos quienes desean que la opinión pública sea escuchada en el litigio, o ante un daño personal.   |

## Calificaciones del ingeniero forense

El ingeniero interesado en actuar como forense técnico ante fallas o problemas en construcciones o equipos, tomará en cuenta la necesidad de cumplir con las siguientes calificaciones, las mismas que giran alrededor de *ser un experto en el tema, imparcial ante las causas y responsabilidades, y responsable en su testimonio judicial.*

### ◆ Conocimiento en el campo de su experiencia

La experiencia *debe estar basada en el diseño, construcción, investigación, educación, actividades profesionales y trabajos publicados.* Debe tener una comprensión de los distintos sistemas de ingeniería relacionados con su especialidad. Tener capacidades de razonamiento y análisis más allá de los códigos, a fin de comprender el desenvolvimiento de los sistemas que expliquen el comportamiento y las fallas.

### ◆ Educación

Los expertos estarán educados en el campo de la especialidad que practican. Se esforzarán en asistir a cursos y seminarios de actualización. Contar con experiencia de profesor visitante y asesor en universidades. Dictar charlas a profesionales en su especialidad.

#### ◆ **Licenciado como profesional de la ingeniería**

Para la credibilidad del ingeniero forense es necesario que *esté titulado, y con colegiatura que autorice su trabajo profesional*.

Estar integrado y participar en sociedades profesionales, le ayudará a intercambiar experiencias con otros ingenieros, así como facilitará que esté al día en los conocimientos a través de asistencia a seminarios, convenciones y otros eventos. También será conveniente si forma parte de comités especializados de opinión.

#### ◆ **Trabajos publicados**

Para ser aceptado como un experto en un campo específico, es mejor si ha *publicado trabajos de su especialidad*. Ello incluye publicaciones de diferentes tipos, en revistas técnicas, manuales, boletines informativos, libros, u otro material reconocido.

#### ◆ **Conflicto de intereses**

La credibilidad del ingeniero forense debe reconocerse en todas las etapas del proceso de su actuación, *debiendo ser impecable en el caso de litigios*. Dos son los posibles conflictos de intereses: la asociación con el proyecto, y su vínculo previo con algún cliente (o en forma indirecta).

Si ha de actuar como testigo, es importante que el ingeniero no haya estado previamente vinculado con el proyecto que está siendo investigado.

También tomará en cuenta que será considerado como conflicto de intereses, y desviación de preferencias, su vínculo previo con alguno de los clientes litigantes, o sus abogados.

#### ◆ **Calificaciones de carácter**

Para asegurar objetividad y evitar ofensas, el ingeniero forense *debe demostrar objetividad, confidencialidad, honestidad, e integridad*.

La *objetividad* durante la investigación de una falla debe mantenerse claro en todo el proceso de la investigación. Tomará en cuenta que su relación preferente con algún cliente, y el trato que este le brinda, pueden hacerle perder la objetividad, en cuyo caso sería mejor dar por concluida la relación. Mantener como principio ético: lo sustantivo de la opinión de un experto debe sostenerse, independientemente de quien sea el cliente. Tomará en cuenta que si altera la objetividad de la investigación, podría estar cometiendo perjurio.

Debe mantenerse el carácter *confidencial* de los hallazgos o resultados de la investigación, manteniéndose ajeno a cualquier discusión sobre culpabilidad con relación a la falla, fuera de sus relaciones con el cliente.

El ingeniero forense debe sostener todo el tiempo una impecable *honestidad e integridad*, durante la investigación, y aún bajo requerimientos hostiles.

Es importante que el experto tenga *habilidades de comunicación*, expresadas en el hablar y escribir. Hacerlo en forma clara y con el uso de lenguaje comprensible. De preferencia, evitar el uso de jerga técnica innecesaria. Recordará que los hallazgos y resultados deben ser entendidos por el cliente, o los jueces, que no tienen necesariamente una base técnica.

## Relaciones iniciales con el cliente

Esta primera etapa de relación con el cliente sirve para determinar los alcances del trabajo a contratar, verificar la especialidad del ingeniero y su relación con la falla a estudiar, ver si hay conflicto de intereses, y definir la compensación.

El consultor requiere de una explicación sobre los temas de la investigación. Dejará claridad de que *si el cliente lo que quiere es un rol de adversario, no podrá aceptar la comisión*. Definir el tiempo en relación con los temas a investigar.

También es necesario definir la situación de la falla: si es reciente o ya ha pasado tiempo desde su ocurrencia. Igual para el litigio. Igualmente, averiguar si un experto ya habría sido contratado por el mismo cliente.

Además de comprometerse al rol del ingeniero forense, el profesional podría aceptar el papel de consejero del cliente (en aspectos técnicos de la investigación, la evaluación de los puntos fuertes y débiles, y en la preparación de los reclamos o respuestas).

El monto del contrato puede ser uno solo o por hora de trabajo. Estará desagregado según las tareas a realizar. Usualmente el salario es mayor para la etapa del litigio.

## La investigación y el reporte

El planeamiento y su correspondiente implementación, son aspectos cruciales para un trabajo exitoso del ingeniero forense. Se prepara a partir de una evaluación lógica del problema. Continúa con la conformación de un equipo de investigación, visitas al lugar, desarrollo de pruebas, indagación bibliográfica, síntesis de los datos, y planteamiento de las hipótesis de falla. Usualmente la investigación termina con la preparación de un reporte con los correspondientes resultados.

El reporte comprende el total de la investigación y se presenta a través de textos y gráficos. Comprende los antecedentes del proyecto, el incidente de la falla, las consideraciones de diseño, el análisis del modo y causas de la falla, incluyendo las hipótesis de las mismas. Podría incluir recomendación de subsanación.

## Consideraciones legales

El ingeniero forense debe involucrarse en los diversos procedimientos para resolución de disputas y del litigio civil, así como la descripción de responsabilidades, preparación del proceso, testimonio en la corte, y asistencia posterior al proceso. Es una tarea que demanda mucho esfuerzo, para la que el ingeniero forense debe prepararse adecuadamente y lograr una buena actuación como testigo experto.

## La investigación

La referencia propone una secuencia para la investigación, que califica de general, pues tendría que afinarse a cada caso específico. Se presenta en el diagrama siguiente.

### Planeamiento de la investigación

El inicio exitoso de la investigación requiere de un plan investigativo lógico y el establecimiento de objetivos claros. El plan corresponderá a un proceso sistemático para adquirir y analizar datos, desarrollar las hipótesis de falla, y

preparar el reporte final. El plan incluye consideraciones de presupuesto y programación, selección de un equipo multidisciplinario, observaciones en el lugar, requerimientos de pruebas, colección de documentos, análisis y síntesis de datos, y desarrollo de hipótesis de falla.

#### **EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN POR PARTE DEL INGENIERO FORENSE**

*Planeamiento de la investigación*  
*Cliente. Programación. Presupuesto*  
*Equipo de investigación*  
*Planeamiento operacional*  
*Observación in situ. Pruebas. Análisis*  
*Revisión de documentos*  
*Información histórica. Documentación visual*  
*Revisión de literatura*  
*Relación con tipos de fallas*  
*Síntesis de la investigación*  
*Desarrollo de un perfil de la falla*  
*Desarrollo de hipótesis de falla*

### **Relación con el cliente. Programación. Presupuesto.**

Al concluir el plan de la investigación, se discute su contenido con el cliente, especialmente la parte de los objetivos, metas, y esfuerzos requeridos para la misma.

Los tiempos incluidos en el plan comprende desde los contactos iniciales con el cliente hasta la presentación del reporte. Incluye los tiempos de las pruebas de laboratorio, la documentación y literatura revisada, el material gráfico, los análisis, la síntesis de datos, desarrollo de hipótesis, y preparación del reporte. Será claro para el cliente que los alcances de la investigación podrían cambiar ante la aparición de nuevos hechos por cubrir.

El presupuesto es incluido en la propuesta. Refleja los costos estimados de la operación según la programación presentada, así como aquellos para los honorarios, pruebas, viajes, gráficos, impresos.

### **Equipo de investigación**

Según la magnitud o complejidad de la investigación, el ingeniero forense requerirá del apoyo de personal especializado en distintas disciplinas, a fin de conformar un equipo de trabajo. Este personal será seleccionado no sólo en función de su competencia técnica y capacidad para comunicarse, también se aclarará su eventual participación como testigo experto en el caso en que se requiera testificar.

El equipo del cual es líder el ingeniero forense estará compuesto por expertos en distintas disciplinas, según corresponda: geotecnia, tecnología de materiales, química, metalurgia, tecnología dinámica, acústica y vibración, construcción, mecánica, electricidad, estructuras, ingeniería civil, exploradores, fotógrafos,

operadores de videos, operadores de equipo de construcción, expertos en mantenimiento, ingeniería de seguridad.

## **Planeamiento operacional**

El plan de operaciones incluye la parte de organización, las comunicaciones, el sistema de reportes.

Se requiere de reuniones periódicas del equipo de trabajo para revisar los avances del programa, los resultados intermedios, las coordinaciones de operación, la implementación, discusión de hipótesis de falla, y ajustes en el plan de investigación.

El ingeniero forense debe facilitar los nexos entre los especialistas del equipo de trabajo, así como conocer los roles asignados en la investigación.

## **Observación in situ. Pruebas. Análisis**

### ***Observación in situ***

La visita al lugar le proporciona al equipo de trabajo una visión -y posibilidades de acopiar información- que no puede sustituir con fotos, videos u otras herramientas.

La **visita inicial** conducida por el ingeniero forense, debe permitirle:

- Delinear el plan de investigación.
- Definir los requerimientos requeridos para el resto de visitas al lugar.
- Establecer los procedimientos de pruebas de campo y laboratorio.
- Ajustar la agenda para el trabajo del equipo multidisciplinario.

### ***Equipamiento para las visitas al lugar***

Cada miembro del equipo debe llevar al sitio de la falla, los equipos e implementos necesarios para su trabajo. Se distinguen: escala, nivel, equipo de fotografía y video, equipo de comunicación, pertrecho de seguridad, implementos para acopio de muestras, linternas, equipo de grabación, calculadora, herramientas de mano, marcadores.

Si el acceso así lo demanda por la complejidad de la obra y las condiciones de lugar, se dispondrá de equipo de ascenso, grúa, andamiaje, implementos para escalar.

### ***Seguridad***

Los integrantes del equipo considerarán que el lugar de falla puede ser inseguro, y tomarán todas las precauciones frente a ello. Puede ser parte del equipo, un especialista en seguridad y rescate.

### ***Escombros***

Si la remoción de escombros ocurre antes de que llegue el equipo de trabajo, se recogerá información sobre la disposición original, y se verificará la localización de los mismos (especialmente para la toma de muestras), tratando de reproducir en forma gráfica las condiciones en que quedaron después de la falla.

En caso de contrario, se levantará información fotográfica o de video sobre la localización de los escombros. Esta información incluye: orientación, seguimiento

de disposición, reconstrucción de elementos, selección para prueba de materiales.

### ***Observaciones visuales***

Estas observaciones serán documentadas en todas las visitas que realice el equipo de trabajo, comprendiendo:

- Diagramas, esbozos o bosquejos claros tridimensionales, realizados por personal con la aptitud del caso.
- Los diagramas utilizarán un sistema de referencia (sea geográfico o lo suficientemente identificable). Siguiendo lo mejor posible una escala, y una perspectiva. Pueden cubrir grandes áreas para una mejor visualización de la zona de falla, y ser acompañados por detalles. En muchos casos, son la base para las primeras hipótesis de falla.

### ***Fotografías y videos***

Constituyen una herramienta importante para el acopio de datos, la visualización de detalles (aún lejanos), y un recordatorio de las condiciones encontradas inicialmente que puede ir cambiando en el tiempo. Los fotógrafos y camarógrafos profesionales pueden aportar con su experiencia (en la captación de deformaciones estructurales, por ejemplo).

Las fotografías aéreas proporcionan una buena perspectiva de la zona, especialmente cuando es extensa, y para entender los movimientos sufridos por las instalaciones en estudio.

Tanto las fotografías como los videos pueden ser utilizados en la etapa de litigio para la fundamentación de la exposición.

### ***Descripciones verbales y entrevistas a testigos***

Con una grabadora, los integrantes del equipo registrarán sus impresiones en forma verbal, en un material que será editado y tomado como base para los exámenes y consideraciones.

Los testigos presenciales de la falla proporcionarán datos y detalles valiosos relativos a la causa, inicio y desarrollo de la falla. Comprende a los trabajadores de construcción, usuarios de la facilidad construida, público, personal de seguridad, vecinos, u otros. Sin embargo, la realización de la entrevista no puede ser improvisada. Requiere de suficiente detalle para ser valiosa: nombre, dirección, conocimiento del sitio (previo y durante la falla), conocimiento de la instalación, descripción de la situación antes de la falla, su ubicación al momento de ésta, inmediatamente después y con posterioridad, descripción de las operaciones de limpieza, posibles causas, su impacto en el testigo.

### ***Programa de pruebas***

Los integrantes del equipo de trabajo son responsables de la toma de pruebas, su conducción al laboratorio, y recepción de resultados. Algunas pruebas serán hechas en el lugar mismo. En ambos casos, se requiere de un trabajo cuidadoso y un conocimiento adecuado en la materia, para que los resultados sean representativos y útiles.

### ***Organización de los datos***

La información será valiosa si está adecuadamente organizada y disponible. Su utilidad no sólo será para el trabajo del ingeniero forense, incluyendo la etapa

del litigio. También podría servir con posterioridad. Así que la claridad de notas y demás documentos, será un requisito necesario a atender.

### **Revisión de documentos**

El equipo de ingeniería forense debe revisar todos los documentos disponibles relacionados con: el diseño y construcción de la facilidad en estudio, los documentos durante la ejecución de la obra, el mantenimiento brindado a la instalación -especialmente en etapas previas a la falla-, el uso hecho a la construcción -especialmente en relación con la carga real en comparación con la del diseño-.

Durante el litigio, todos los participantes permiten que los otros usen los documentos disponibles. Incluso, pueden entregarse a un depositario único.

Estos documentos incluyen:

- Documentos del contrato: del diseño, especificaciones, contratos, planos originales y modificados, pagos, observaciones en la construcción.
- Reportes de pruebas: de laboratorio, certificados de fabricantes.
- Reportes de campo: del residente, del supervisor, del administrador, del superintendente, de los ingenieros de diseño revisando en el campo, del arquitecto trabajando en obra.
- Reportes de inspección, por profesionales que no son los diseñadores ni constructores, y que versan sobre la calidad y avances del trabajo. También incluye los reportes del propietario.
- Programación del proyecto. Original y con modificaciones. Relativas al diseño, la construcción, la gestión del proyecto, el propietario.
- Correspondencia del proyecto, entre los diferentes participantes en el mismo. Propietario. Promotores. Consultores. Diseñadores. Contratista. Registros de comunicación. Actas de reuniones. En las diferentes etapas: previas a la construcción, durante ella, y posteriormente.
- Reportes de los consultores. Estudios básicos. Planeamiento. Factibilidad. Diseños. Utilidades.
- Registros sobre el clima.
- Análisis para el diseño. Códigos. Análisis de especialistas. Estudios especiales.
- Registros de mantenimiento. Indicativos de fallas o deficiencias previas. Alteraciones al diseño original.
- Licencias. Construcción. Cimentaciones. Zonificación. Servicios sanitarios. Ocupación.

### **Información histórica. Documentación visual**

Se refiere a datos históricos sobre las situaciones que tienen que ver con la ocurrencia de la falla. Fotografías o videos en tiempos previos a la misma. Archivos de periódicos. Noticias. Informes de seguros. Opinión de propietarios, de defensa civil, inspectores locales, vecinos.

## **Revisión de literatura**

Se refiere a material técnico relativo a problemas similares, y la forma cómo fue realizada la investigación y sus resultados. De sociedades profesionales. Conferencias y Simposios. Libros y artículos. Bases de datos.

Se refiere tanto a información de ingeniería como legal.

## **Relación con tipos de fallas**

El equipo puede clasificar la falla en estudio en relación con el tiempo y sus alcances, conforme se describió previamente. También la puede relacionar con los tipos de causas, igualmente listados al comienzo.

## **Síntesis de la investigación**

Este es un trabajo que corresponde al investigador principal, generalmente el ingeniero forense. Resume la metodología empleada y la información encontrada.

- Desarrollo de la historia del diseño y construcción de la instalación. Historia del diseño. Historia de la construcción. Directorio del proyecto.
- Historia del incidente de falla, incluyendo los eventos previos.
- Revisión del sitio y condiciones de servicio. Registros climáticos. Cargas. Tráfico. Testigos visuales. Condiciones de los materiales. Condiciones del lugar.
- Descripción de la falla. Análisis gráfico. Descripción de los componentes. Los materiales de construcción. Las evidencias de degradación.
- Revisión del diseño original.
- Revisión de los planos de obra.
- Revisión de los diseños modificados. Cargas reales.
- Análisis de posibles errores de procedimientos.
- Clasificación de la falla.

## **Desarrollo de un perfil de la falla**

Este perfil de la falla incluye el tipo y naturaleza de la falla, y proporciona información destacable que podría conducir a la hipótesis de falla. De conocerse, hay que incluir como antecedentes, la ocurrencia de fallas similares. El perfil también incluye los errores detectados en las diferentes etapas del proyecto, así como en los materiales, los factores ambientales y otras razones.

## **Desarrollo de la hipótesis de falla**

Varía según la complejidad de la situación, pero se va construyendo durante el desarrollo de la investigación, desde la visita inicial. Se consolida con la presunción de las causas de la falla. Sin embargo, el proceso demanda un refinamiento por discusión con los especialistas del equipo de trabajo.

No siempre será posible identificar una causa principal. En muchos casos, las razones son diversas y varios los factores, por lo que esta parte puede concluir con una diversidad de posibles causas. Y presentar la *más probable*.

## El reporte

Son varios los tipos de reporte que deberá preparar y presentar el equipo de trabajo.

- Un reporte oral, proporcionado directamente al cliente o a sus abogados, después de la revisión inicial de la falla. Estos últimos suelen preferir este tipo de reporte antes de solicitar uno escrito.
- Diversos reportes en progreso. Un reporte preliminar. Intermedio. Semanales. Final.

El reporte escrito puede tener las siguientes partes:

- Propósito.
- Historia.
- Descripción del proyecto.
- Observaciones.
- Pruebas de laboratorio y campo.
- Análisis.
- Conclusiones.
- Recomendaciones.
- Apéndice.

Recomendaciones para la escritura del reporte. Evitar las afirmaciones absolutas. Uso apropiado de las palabras. Comunicación clara. Usar un vocabulario común. Párrafos de longitud moderada.