

# DAÑOS DE ESTRUCTURAS COMO CONSECUENCIA DE PROBLEMAS DE COMUNICACIÓN

*Ana Carolina P. dos Santos, Antonio Aguado y Vicente Alegre*

Departamento de Ingeniería de la Construcción. ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.  
UPC. Barcelona. España. [antonio.aguado@upc.edu](mailto:antonio.aguado@upc.edu)

## 1.- INTRODUCCIÓN

Existen numerosas referencias sobre el origen de los daños de estructuras asociados a la etapa del proceso constructivo, Calavera (...), Helene, (1986), incluso matizadas para distintos tipos de estructuras, por ejemplo, presas Aguado et al (...). En algunos trabajos de este tipo, Atkinson (1998), se señala la relevancia del factor humano como origen principal de los fallos.

En este sentido en un estudio realizado para el Instituto Federal de Tecnología Suizo (ETH) sobre 800 fallos en estructuras, Matousek y Schneider (1976) señalan que un 75% de los casos de fallo de estructuras se deben a errores humanos; resultando en un 90% de los costos totales de rehabilitación. El 25% restante, equivale apenas 10% de los costes y podrían ser cualificados de fallos inevitables, es decir, fallos derivados del conjunto de riesgos aceptados con que se cuenta de antemano en teoría de estructuras. Otra conclusión de este estudio es que la mayoría de los casos asociados a errores humanos son debidos a falta de conocimiento, a una posible subestimación de las consecuencias o a negligencia. En todos estos aspectos, está, de manera intrínseca, la comunicación, sea de manera formal (basada en reportes o proyectos); o sea de manera informal (comunicación verbal).

En la Tabla 1, basada en los trabajos de Ellingwood (1987) e incrementada con otras referencias, se dan los porcentajes de daños asociados a una etapa del proceso constructivo. De acuerdo con estos datos, la mayoría de los fallos ocurren en las etapas constructivas de proyecto y ejecución. Los fallos debido a los materiales o al mantenimiento son relativamente menos comunes. Con relación a este tema, Meseguer (1997) concluye que, la cuota de responsabilidades que cada fase del proceso constructivo tiene en la cantidad total de fallos, es inversamente proporcional al grado de control ejercido en dicha fase.

**Tabla 1 – Incidencias de los errores en el Proceso Constructivo (Ellingwood, 1987)**

| Referencia                     | Planificación y proyecto | Ejecución | Manten. y uso | Otros |
|--------------------------------|--------------------------|-----------|---------------|-------|
| CEB 157 (1983)                 | 50%                      | 40%       | 8%            | -     |
| Matousek (1982)                | 45%                      | 49%       | 6%            | -     |
| Taylor (1975)                  | 36%                      | 12%       | -             | -     |
| Yamamoto and Ang (1982)        | 36%                      | 43%       | 21%           | -     |
| Rackwitz and Hillemeier (1983) | 46%                      | 30%       | 23%           | -     |
| AEPIC                          | 67%                      | 33%       | -             | -     |
| Melchers, et al. (1983)        | 55%                      | 24%       | 21%           | -     |
| Fraczek (1979)                 | 55%                      | 53%       | -             | -     |
| Allen (1979)                   | 55%                      | 49%       | -             | -     |
| Hadripriono (1985)             | 19%                      | 27%       | 33%           | 20%   |
| Hauser (1979)                  | 37%                      | 35%       | 5%            | 23%   |
| Gonzales (1985)                | 29%                      | 59%       | -             | 13%   |

Ahora bien, en los distintos trabajos, el tema de comunicación como origen de daños en estructuras, aunque recogido de forma genérica, está poco tratado por lo que el objeto de este artículo es, por un lado, ahondar en los caminos de esos problemas de comunicación y, por otro lado, en intentar cuantificar y poner ejemplos que ilustran dicho planteamiento.

pdfMachine

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click "print", select the "Broadgun pdfMachine printer" and that's it! Get yours now!

## 2.- EL ERROR HUMANO

Si la asignación de un fallo a una etapa del proceso constructivo es compleja, hay que añadir, que la comprensión de los errores humanos es limitada y, gran parte de esta comprensión es cualitativa (Melchers, 1987, 1989), lo que lleva a Meseguer (1997) a sugerir que es el área de las personas la que comienza a ocupar el centro de la atención y, por ello, cada vez se están dedicando más estudios en el campo de la construcción al factor humano.

No obstante, la naturaleza de los errores humanos es compleja, dado que son consecuencia del comportamiento individual. Los errores son naturalmente aleatorios, difíciles de predecir, y sus consecuencias pueden variar mucho. Así, uno sólo error importante puede no derivar en un fallo de la estructura, mientras que varios errores que ocurran simultáneamente o sucesivamente, pueden acarrear un error grave, con desastrosas consecuencias.

El error humano, de acuerdo con Eldukair y Bilal (1991) es el más importante tipo de incertidumbre que afecta las distintas fases del proceso constructivo. Por otra parte, Blockley et al (1986) especifican que un error es un evento fuera de las practicas normales y que en este sentido, todos los errores son humanos. Aún admitiendo que todos los errores tienen este origen y dado que en la construcción de una obra intervienen numerosos agentes, hay que situar la comunicación entre ellos como un factor clave de riesgo.

Las causas que ocasionan los errores humanos pueden ser numerosas y subjetivas, Matousek y Schneider (1976); Porteous, (1992); Love y Josephson (2004). En un número importante de casos, el factor que aparece con más importancia es la negligencia o ignorancia, que no deja de ser un factor genérico que engloba muchos otros factores. Sí se detalla el motivo de la ignorancia pueden describirse varios factores, entre ellos: la prisa, el desconocimiento, el lapso temporal, el mal entendimiento, etc, pudiéndose considerar, también, la comunicación, o mejor, la falta de ella, como una negligencia. Algunos autores la consideran en separado, resultando en cualquier caso, un dato de difícil evaluación.

Atinkson (1998) valora los factores que originan daños en la construcción civil. En dicho trabajo, tal como puede verse en la tabla 3, se señalan diferentes factores (a los que se atribuye un valor de 0 hasta 5): Dicha valoración se realizó por una muestra de 107 técnicos integrantes del proceso de construcción. En este estudio la comunicación aparece como el factor que más influye en los errores humanos, con una evaluación de 4,12 en una escala de 0-5, o sea, 82,4%. En otros estudios, la comunicación también aparece como un factor que influye, pero con menor importancia. En el estudio de Eldukair y Bilal (1991), aparece con un porcentaje de un 37,1%, y en el estudio de Hensey (1987) se alcanza un 25%.

**Tabla 2 – Evaluación de los factores que originan las patologías (Atinkson, 1998)**

| <b>Factores evaluados</b>          | <b>Grado Medio (0-5)</b> | <b>Orden Clasificación</b> |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Comunicación                       | 4,12                     | 1                          |
| Presiones por el tiempo            | 3,87                     | 2                          |
| Evitar concurrencia                | 3,82                     | 4                          |
| Cambios en el control              | 3,82                     | 7                          |
| Educación y entrenamiento          | 3,73                     | 5                          |
| Controles independientes           | 3,69                     | 6                          |
| Responsabilidades definidas        | 3,65                     | 3                          |
| Selecciones de personal            | 3,62                     | 9                          |
| Supervisiones de nuevos ingenieros | 3,34                     | 10                         |
| Culturas de organización           | 3,29                     | 8                          |
| Auto certificación                 | 2,99                     | 12                         |
| Presiones económicas               | 2,96                     | 11                         |
| Expectativas del cliente           | 2,95                     | 13                         |
| Clima político                     | 2,31                     | 14                         |

Como puede verse, a pesar de las diferencias entre estos estudios, la comunicación es un factor importante y que origina muchos errores humanos. La discrepancia de los valores se debe al hecho que, el grado de influencia de ella es relativamente complejo de analizar debido a su difícil valoración.

## 1 LA COMUNICACIÓN

La comunicación es definida por la Real Academia Española como la “Acción y efecto de hacer saber a alguien algo”. Es el proceso por lo cual se envían y reciben mensajes. (Huse, 1975).

Hay varias formas de comunicación, en la industria da construcción se puede clasificarla en formal (utilizando medios escritos, como fax, cartas, correo electrónico, dibujos, proyectos) y en informal (comunicación verbal frente a frente o a través de medios electrónicos).

### 1.1 GESTIÓN DE LA COMUNICACIÓN

Shohet y Frydman (2003) clasifican y valoran los medios de comunicación en la gestión de construcciones como: comunicación técnica escrita, comunicación verbal cara a cara y, comunicación verbal a través de medios electrónicos.

Según los autores la utilización de la comunicación técnica escrita, a través de los dibujos de proyectos, los informes, cartas, especificaciones, correo electrónico, equivalen a un 52% de todos los medios utilizados para comunicarse. La comunicación cara a cara es utilizada en un 28% de las veces y los medios electrónicos en un 20% de las veces (en esto caso se consideran la utilización de teléfono, teleconferencia).

En otras palabras, un 52% de toda la comunicación utilizada es formal, es decir permanece registrada por tener un formato escrito. En cambio, un 48% es comunicación informal, y no se tiene registros posteriores.

#### 1.1.1 La comunicación informal (verbal)

La interacción entre dos personas no es una comunicación exacta, ya que la percepción del emisor y del receptor raramente es la misma.

El emisor codifica un mensaje y el receptor descodifica. Sin embargo, existen unos conjuntos perspectivas en la línea que reducen la claridad y precisión de la información. El mensaje del emisor puede no estar claro, llegar por canales erróneos, o ser demasiado complejo. El receptor, por su parte, puede estar preocupado con otras cosas, oír solamente lo que espera oír e ignorar la información contradictoria (Huse, 1975).

La comunicación entre interlocutores es transmitida a través tres componentes: 10% es verbal, aproximadamente 25% es tono de voz y alrededor de 65% es postura, gesticulación, posición de la cabeza, y contacto visual. (Davis, 1971).

Consecuentemente, la eficiencia de la comunicación decrece drásticamente de una conversación frente a frente para una conversación al teléfono, y aún más para un informe escrito. “Cada forma de la comunicación tiene su lugar y debe ser utilizada apropiadamente” (Hensey, 1987).

Para que una información sea transmitida de manera clara tiene que estar equilibrada entre tres características significativas: la cantidad, la forma y la comprobación.

La cantidad tiene que estar bien dosificada pues un exceso de información conduce a la sobrecarga y desemboca en errores, y la carencia de la misma puede generar mala comprensión o mal entendimiento.

La forma tiene que ser apropiada para la situación: lenguaje oral o escrito, signos o gestos, y siempre debe ser considerada la influencia del contexto.

Y por último, la comprobación depende de la situación, pero es muy importante, pues de esta manera se sabe si el receptor ha entendido el mensaje. La comprobación conduce a procesos de comunicación más lentos pero, en contrapartida, más seguros.

Es evidente que las condiciones de proyección de imágenes, el empleo de micrófonos, las facilidades informáticas, etc. han modificado en gran manera la forma de comunicación verbal y

pdfMachine

**A pdf writer that produces quality PDF files with ease!**

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

también la escrita, sin embargo, en lo esencial, las condiciones básicas para ello permanecen exactamente iguales que hace veinticinco siglos. (Calavera, 2003)

### 1.1.2 La comunicación formal (escrita)

Como se ha mencionado, la comunicación escrita tiene una grande utilización en la industria de la construcción (52%), considerando que la mayoría de los proyectos tienen forma de dibujos en dos dimensiones. Este es un factor muy importante una vez que los fallos debido a detalles erróneos o inexistentes equivalen a un 78% de los fallos cometidos en la etapa de proyecto (Bureau Securitas, 1979)

Consecuentemente, es necesario enfatizar que una mala comunicación formal dificulta el proceso ejecutivo, tanto en temas técnicos como gerenciales, y ocasiona costes innecesarios.

Otra forma de este tipo de comunicación son los informes, que transmiten por escrito los resultados del análisis realizado sobre un tema técnico, lo importante es que en un informe escrito se hace más difícil los malos entendimientos y permite una revisión fácil de la totalidad de la información, o bien de algunos puntos específicos.

## 2 EJEMPLOS

Un ejemplo de faltas de comunicación sucesivas a lo largo del proceso edificatorio que incidió en daños importantes se resume a continuación:

Se trata de una promoción de viviendas en una urbanización en zona montañosa. La propiedad encarga primero un proyecto de urbanización que niveló la superficie de esa zona montañosa creando una plataforma horizontal y eliminando una vaguada. En la parte inferior de la vaguada se colocó un colector que cortaba el cauce de la antigua riera y se dirigía fuera de la parcela. La vaguada suponía una altura de relleno importante ( del orden de hasta 17 mts)

La propiedad, se constituye en promotora, y a petición del Arquitecto que diseña las viviendas, encarga un estudio geotécnico. Posteriormente asume las funciones de contratista principal, ejerce de jefe de obra y contrata a una empresa para hacer los pilotes, y a sucesivas subcontratas para realizar toda la obra. Ya aquí existe una disfunción adicional al asumir funciones para las que no está acreditado profesionalmente, pero no es objeto de este artículo.

Acabada la obra tras unas lluvias significativas aparecen grietas de asiento en varios de los bloques de viviendas en la estructura y los subsistemas ligados a ella, y en sucesivos informes se dictamina que “ la causa de los daños es la inadecuación de la cimentación a las características del terreno en donde no se llega a empotrar convenientemente los seis diámetros en roca, no alcanzando en algún caso el sustrato rocoso resistente”.

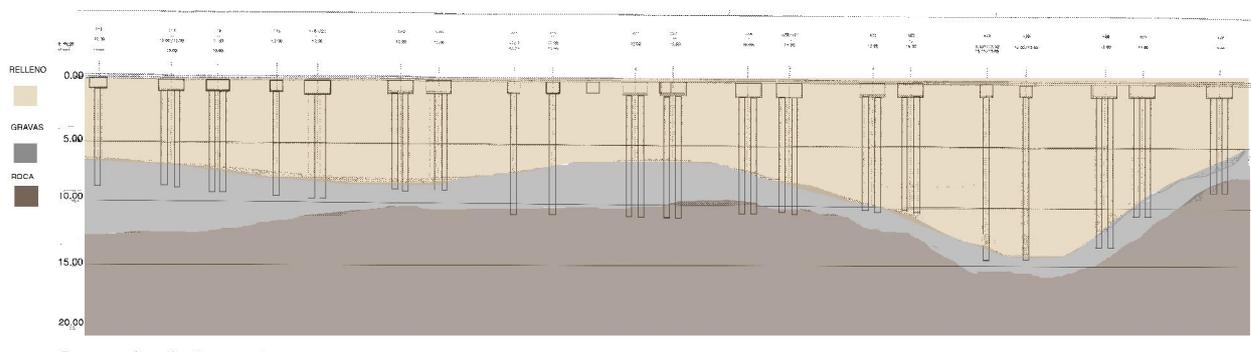
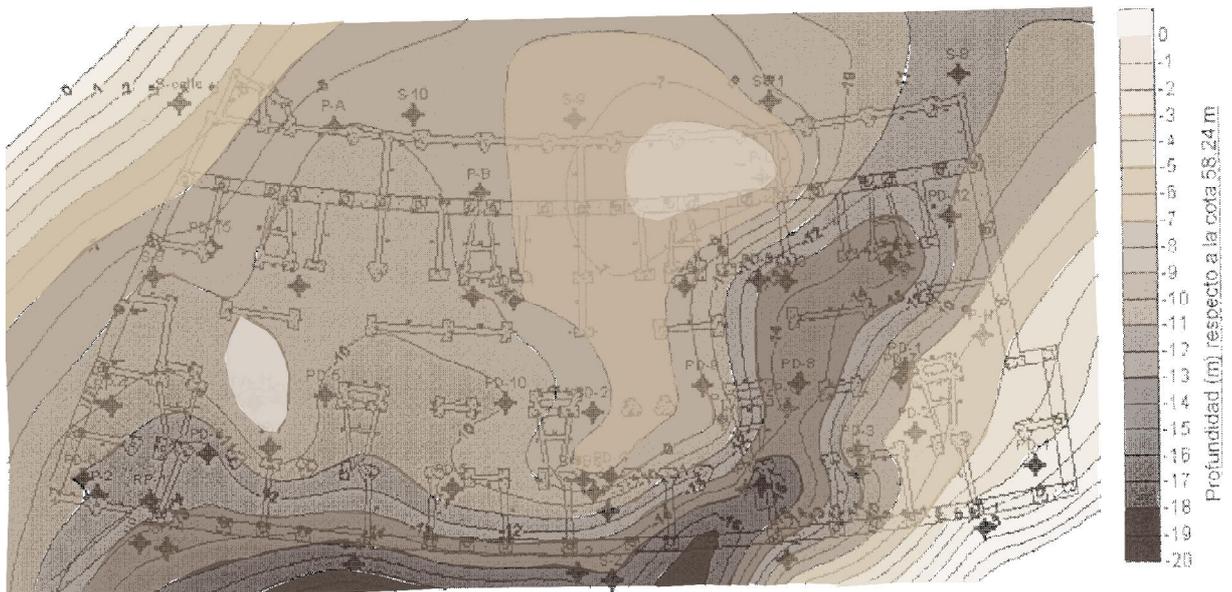


Figura 1: Corte Estratigráfico. Profundidades de una alineación de pilotes

De la lectura de los distintos documentos y del estudio del proceso constructivo se deducen una serie de disfunciones relacionadas con la falta de comunicación que facilitan la causa fundamental del daño:

- La Administración no consideraba obligatorio el estudio geotécnico. En la actualidad lo es, pero no se ha obligado a un criterio de mínimos normativamente, sino a través de guías de aplicación.
- La Propiedad no contó con el Arquitecto o equipo técnico antes del proyecto para establecer requerimientos técnicos al pedir los sondeos ( número de sondeos, características técnicas exigibles al informe, requerimientos sobre los ensayos). Hubiera sido bueno que le hubiera involucrado al futuro hilo conductor, que habría empezado a “comunicarse” con el terreno.
- La Propiedad no facilitó al geólogo la topografía original, ni la información sobre la obra del encauzamiento.
- El Geólogo se limitó a redactar el informe geotécnico a partir de los datos de los sondeos, pero no requirió información previa, y si lo hizo, no realizó recomendaciones sobre la existencia de un relleno y su posible influencia en las soleras y en el cálculo de los pilotes.
- El Geólogo (ver corte estratigráfico figura 1) recomendó de forma correcta empotrarse seis diámetros en la roca, pero no alertó como experto, de las posibles dificultades de hacerlo con la maquinaria habitual para el pilote tipo CPI-8.
- El Arquitecto en el proyecto, no indica que la existencia de profundidades diferentes del estrato rocoso, requería una atención especial, ya que la maquinaria iba a tener que distinguir por su potencia de penetración entre gravas y pizarra descompuesta y roca sana. Un estudio geotécnico inicial más completo, con las recomendaciones ya apuntadas, podría haber dado un perfil más exacto de la cota del terreno rocoso, y de haberse determinado perfectamente el sustrato rocoso se hubiesen evitado esos daños, o al menos se hubiera disminuido su riesgo.
- El industrial de los pilotes debería haber comentado que no podía empotrarse esos diámetros, de entrada, con su maquinaria en roca.
- Cuando el maquinista del industrial, alertó de distintas profundidades en un encepado, la Dirección de Obra ordena realizar ensayos de integridad, y nuevos sondeos.

De las profundidades obtenidas en los ensayos de integridad y los nuevos sondeos, se debería haber dictaminado de forma conjunta ( contratista, dirección de obra e industrial) el criterio de empotramiento definitivo (figura 2). Esto tampoco ocurrió, y existiendo ensayos de integridad que detectaban longitudes cortas respecto al sustrato rocoso, no se actuó con suficiente autoridad, ni se realizó un control específico de este riesgo detectado.



**Figura 2:** Isobatas del sustrato rocoso a partir de las dos fases de sondeos y penetros realizados posteriormente.

La falta de comunicación de la Propiedad-Contratista, el Geólogo, el Arquitecto y Director de la Obra, y los industriales afectados dio lugar a que se produjeran daños cuya reparación fue de un coste muy elevado.

Curiosamente el resultado final hace culpable único jurídicamente al arquitecto porque es “el que sabe de terreno”. El verdadero culpable es la falta de comunicación entre los distintos miembros del equipo que no supieron identificar un riesgo importante, (no supieron “comunicarse con la montaña” que desde siempre mostró su singularidad).

Posteriormente la montaña, la cimentación, la estructura y los subsistemas a ella ligados “se quejaron” expresando a partir del principio de mínima energía donde les dolía más, que era en la estructura y albañilería de la zona del barranco, donde al discurrir el agua de escorrentía arrastró la grava y asentó el relleno con mayor contundencia, causando daños importantes que obligaron a un recalce y una reparación de la estructura y de acabados de coste elevado.

Este ejemplo trata de ilustrar la falta de comunicación de la comunidad técnica que ha de fomentar el intercambio de los “lenguajes técnicos”, la formación continua y crear normativas que defiendan de forma unificada y estable los problemas técnicos resueltos con anterioridad; y de la sociedad que ha de ser capaz de redactar pautas de conducta y encauzar comportamientos de equipo.

### 3 CONCLUSIONES

La patología de la construcción viene originada por la ocurrencia de errores humanos que pueden ser cometidos en cualquier de las fases del proceso constructivo. No obstante, las fases que suelen tener más incidencia son las de proyecto y ejecución.

La naturaleza de los errores humanos es compleja, sus causas son diversas y subjetivas, una vez que derivan del comportamiento individual. Sobre todo la interacción entre dos individuos no es exacta, lo que puede generar desentendimientos.

Los errores son naturalmente aleatorios, difíciles de predecir, y sus consecuencias pueden variar mucho. Uno sólo error puede no resultar en un fallo, entretanto varios errores que ocurran simultáneamente pueden resultar en una patología grave. Cuanto más temprano sea detectado el problema menor serán las consecuencias y por lo tanto, menor los costes añadidos.

Muchos casos de patologías están relacionados con la comunicación, sea ella escrita o verbal. La correlación entre los errores causados por la comunicación escrita es de fácil evaluación una vez que, esta forma de comunicación se queda registrada para un posterior análisis en caso de algún fallo. Por otro lado, el vínculo entre un error en la comunicación verbal y una patología, durante una de las etapas del proceso constructivo, no es siempre claro, pues, no hay como evaluarlo en un tiempo futuro.

Este tipo de problemática interfiere continuamente en el buen desarrollo de un proyecto constructivo. Cada uno de los rasgos anteriormente expresados da muestra de una

clara correlación entre la deficiente comunicación y **disfunciones en la estructura**, en consecuencia el mejoramiento de ellos resultará en menos casos de patología.

Una estructura adecuada de comunicación es uno de los principales aspectos para el **éxito** en cualquier industria principalmente en la industria de la construcción. Es por ello, que este tipo de documento hace necesario los planteamientos entre comunicación y las patologías generadas durante el ciclo de vida de la estructura.

### 4 REFERENCIAS

Atkinson, A.R. (1998), “Human error in the management of building projects”, Construction Management and Economics, Vol. 16, pp. 339-49.

Blockley, et al (1986), “Report OE the workink group on error control strategies”. Modeling Human Error. Edited by A. S. Nowak. 1986.

Bureau Securitas (1979), “Étude Statistique de 10.000 Dossiers de Sinistres”. Annales de L’Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics. N°378. Diciembre, 1979.

Calavera, J. (2003), “Manual para redacción de informes técnicos en Construcción” INTEMAC. España. 252p.

Davis, F. (1971). “Inside the Intuition” Signet, Nueva York. N.Y.

Eldukair, Z. A. y Bilal, M. A. (1991), “Analysis of

pdfMachine

A pdf writer that produces quality PDF files with ease!

Produce quality PDF files in seconds and preserve the integrity of your original documents. Compatible across nearly all Windows platforms, simply open the document you want to convert, click “print”, select the “Broadgun pdfMachine printer” and that’s it! Get yours now!

- Failures". Journal of Performance of Constructed Facilities. Vol 5. N° 01. Pág. 57-73.
- Ellingwood, B. (1987), "Design and Construction error Effects on Structural Reliability", Journal of Structural Engineering. Vol 113. N°2. Pag 409-422.
- Feld, J. y Carper, K. L. (1997) "Construction Failure". John Wiley & Sons. Canada. 512 Pág.
- HELENE, Paulo R. L. "Corrosão em armaduras para concreto armado". São Paulo: PINI, 1986. 46 p. Portugués.
- Hensey, M. (1987), "Communication Lessons from Structural Problems" Journal of Management in Engineering. Vol. 03. N° 01. Enero, 1987. Pág. 20-27
- Huse, E. F. (1975) "El Comportamiento humano en la organización" Ediciones Deusto. Bilbao. 439p.
- Kletz, T. (1991), "An engineering's view of human error" Institution of Chemical Engineers. Inglaterra. 199p.
- Love, P. E. D y Josephson, P. (2004), "Role of Error-Recovery Process in Projects". Journal of Management in Engineering. 2004. Vol 04. N° 01. ASCE.
- Matousek, M. y Schneider J. (1976) "Measures against Errors in the Building Process". Institute of Structural Engineering, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland (Translation No. 2067, National Research Council of Canada, 1983).
- Melchers, R. E. (1987), "Structural Reliability" Ellis Horwood Limited. England. 1987. 400 pág.
- Melchers, R. E. (1989), "Human error in structural design tasks". Journal of Structural Engineering. Vol 115. N°7. Julio, 1989. Pág. 1795-1807.
- Meseguer, A. G. (1997), "Hormigón armado I", Fundación Escuela de la edificación. Madrid. 1997. 475p.
- Meseguer, A. G. (1985), "Patología y el lenguaje. Informes de Patología." Informes de la Construcción. Vol. 37. N° 376. Pág. 5-16. Diciembre, 1985.
- Porteous, W. A. (1992) "Classifying building failure by cause." Building Research and Information. Vol 20. N° 06. Nov/Dec 1992. Pág 350-356
- Shohet, M. y Frydman, S. (2003), "Communication Patterns in Construction at Construction Manager Level". Journal of Construction Engineering and Management. ASCE. Vol 129. N° 05. Sept/Oct 2003