

cuadernos de

informes

Comité Conjunto de Seguridad Estructural
CEB-CIB-ECCS-FIP-IABSE-IASS-RILEM

PRINCIPIOS GENERALES DE GARANTIA DE CALIDAD EN ESTRUCTURAS

Traducido por:
José I. Alvarez Baleriola
Dr. Ing. de Caminos

IETcc

Miembros del Grupo Editorial:

M. J. Baker, W. Kukulsky, P. Lenkei, F. K. Lightenberg, H. Mathieu, A. G. Meseguer, R. Rackwitz, J. Schneider, Y. Sukhov, L. C. P. Yam, L. Östlund.

prefacio

Los dos documentos que se incluyen en esta publicación: «Principios Generales de Garantía de Calidad en Estructuras» y «Principios Generales de Fiabilidad en el Diseño Estructural» son el resultado de un amplio consenso sobre los fundamentos de la ingeniería estructural (1).

En noviembre de 1976, el Comité Conjunto de Seguridad Estructural, J.C.S.S., aprobó las «Reglas Unificadas Comunes a los diferentes tipos de obras y de materiales» (2), que fueron publicadas en 1978 como Volumen I del «Sistema Internacional de Códigos Unificados para Estructuras» (Boletines de Información núms. 124 y 125 del Comité Euro-Internacional del Hormigón). La finalidad de este documento era establecer una bases comunes para el establecimiento de Códigos de Diseño y Construcción de Estructuras de Edificación y Obras Públicas.

Como consecuencia de una recomendación de la Comisión Económica para Europa del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas, el Comité Conjunto de Seguridad Estructural preparó los «Principios Generales de Fiabilidad en el Diseño Estructural» que fueron presentados a la X Sesión del Grupo de Trabajo de la Industria de la Construcción de la C.E.E. en junio de 1978. Estos principios han sido también usados por el Comité ISO/TC/98 para la revisión de su Norma IS 2394.

Los «Principios Generales de Garantía de Calidad en Estructuras» cubren un campo más amplio que el de los dos documentos anteriormente mencionados. Tales principios pueden ser considerados como una forma de organizar y racionalizar el proceso constructivo.

La preparación de los documentos que se incluyen en esta publicación (1) fue realizada por sendos Grupos Editoriales presididos por el Prof. Lars Ostlund. Es para mí un honor expresar mi agradecimiento al prof. Ostlund y a todos aquellos que colaboraron en la redacción de estos documentos, los cuales representan un paso importante en la evolución de la ingeniería estructural. Deseo felicitar también a la Asociación Internacional de Puentes y Estructuras por la amplia difusión efectuada de los referidos documentos (3).

Ruego que se envíen comentarios a estos documentos tanto al Prof. Lars Ostlund (Instituto Tecnológico de Lund, Suecia) como a mí mismo (Laboratorio Nacional de Ingeniería Civil, de Lisboa). Estos comentarios pueden enviarse bien directamente, bien a través de los Secretariados de las Asociaciones Internacionales que patrocinan al Comité conjunto y que son:

CEB Comité Euro-Internacional del Hormigón
CIB Consejo Internacional de la Edificación
ECCS Convención Europea para la Construcción Metálica
FIP Federación Internacional del Pretensado
IABSE Asociación Internacional de Puentes y Estructuras
IASS Asociación Internacional de Estructuras Espaciales
RILEM Unión Internacional de Laboratorios de Ensayo de Materiales y Estructuras.

Lisboa, abril 1981

Julio Ferry Borges
 Presidente del J.C.S.S.

- (1) INFORMES publica a continuación el primero de estos documentos. El presente Prefacio corresponde a la versión original inglesa, en la que se publican conjuntamente los dos documentos citados. (N. de la R.).
 (2) Publicadas en INFORMES núms. 327 y 328 (N. de la R.).
 (3) Esta Asociación es la editora de los documentos originales. (N. de la R.).

PREAMBULO

Este documento trata sobre la garantía de calidad desde los puntos de vista de la seguridad, la serviciabilidad y la durabilidad de las estructuras portantes. Otros aspectos de la garantía de calidad pueden tener su importancia y ser tratados en otros documentos. Sin embargo, es importante señalar que todos los procedimientos de garantía de calidad que se apliquen a un Proyecto (*) de construcción deben coordinarse y, a ser posible, integrarse en un único sistema.

El fin primordial de este documento es el de:

- Servir como documento básico a los organismos internacionales competentes en temas de estructuras portantes.
- ser utilizado como base por los comités nacionales encargados de la reglamentación en materia de garantía de calidad.

La parte principal de este documento está compuesta por lo que pretenden ser «principios generales». Sin embargo, con vistas a su posible utilización, han sido incluidos también algunos «métodos generales».

Este documento contiene algunas expresiones de uso poco común entre los ingenieros, como por ejemplo «situaciones de riesgo» («hazard scenario»). Estos términos nuevos expresan conceptos que no pueden describirse directamente de otra forma, por lo que se estima que es recomendable su utilización. Otras expresiones tales como «dirección de obra» se utilizan para describir actividades que, aun teniendo objetivos idénticos, pueden organizarse de forma completamente distinta en los diversos países. En el Apéndice 1 se incluye un Glosario de algunos de estos términos.



1.— INTRODUCCION

1.1.— Concepto de garantía de calidad

Los siguientes principios de garantía de calidad para estructuras tratan de asegurar que se cumplen, de forma económicamente aceptable, los requisitos de comportamiento estructural. En este documento los requisitos principales se refieren a la seguridad, la serviciabilidad y la durabilidad.

Los principios son aplicables a todo el proceso constructivo, es decir a la planificación, al proyecto, a la construcción, al control y a la utilización de las estructuras.

Así pues este documento puede ser considerado también como una descripción de una forma de racionalizar el proceso constructivo.

En principio este documento está dirigido a todos los que participan en el proceso constructivo. Sin embargo, se destina principalmente a los comités nacionales e internacionales de reglamentación y a las autoridades nacionales competentes en la redacción de instrucciones y recomendaciones relacionadas con la garantía de calidad en estructuras.

No se ha pretendido hacer de este documento un manual operativo sino una guía conceptual.

La misión de la garantía de calidad es asegurar que todas las actividades que influyen en la calidad final de un sistema estructural:

(*) N. del T.: En este documento se distingue entre Proyecto (Project) y proyecto (design). Véase el Glosario.

- se basan en requisitos fundamentales claramente definidos, así como en las condiciones frontera (*),
- se llevan a cabo correctamente por personal competente y de acuerdo con planes preestablecidos,
- se ejecutan siguiendo, de forma sistemática, instrucciones escritas.

y que esto se comprueba por medio de evidencia documental objetiva.

Con mayor alcance, la garantía de calidad se compone de las diversas estrategias a seguir para evitar errores humanos. La experiencia demuestra que éstos son, a menudo, la causa principal de los fallos estructurales.

En este documento el concepto de garantía de calidad se toma en un sentido bastante amplio pero con la restricción de estar limitado a la seguridad, la serviciabilidad y la durabilidad de las estructuras. En la sección 2 se presenta un perfil de los diversos componentes del concepto de garantía de calidad. A continuación, en las secciones 3 a 6, se presentan los aspectos que se consideran de mayor importancia dentro de la ingeniería de estructuras. Estos se refieren a las situaciones de utilización y de riesgos, labores y responsabilidades y control de calidad.

1.2.—El proceso constructivo

Se supone que el proceso constructivo empieza cuando se toman las decisiones pertinentes sobre los requisitos de comportamiento estructural deseados y se establecen las condiciones frontera y medio-ambientales. Se supone también, que este proceso termina cuando cesa la utilización del edificio.

Asimismo, se parte del supuesto de que el proceso constructivo se compone de una secuencia de acciones, por ejemplo, planificación, proyecto, fabricación, etc., cuyos detalles dependen del tipo de estructura. El proceso puede subdividirse en un cierto número de etapas, entre las que se han de tomar decisiones importantes y/o existen grandes interacciones.

Para hacer que el contenido de este documento sea algo más concreto se supone que se aplica a un proceso constructivo de tipo común.

La fig. 1 muestra como ejemplo el organigrama simplificado de un proceso constructivo. Si se hubiera escogido otro tipo de proceso posiblemente algunos de los detalles que se exponen más adelante se hubieran visto afectados, no así los principios generales.

Los círculos pequeños del diagrama señalan las interacciones existentes entre individuos u organismos, así como la necesidad de tomar una o más decisiones. El diagrama está simplificado en grado sumo. En un proceso constructivo normalmente se toman decisiones varias veces al día; las que se incluyen en el diagrama deben considerarse sólo como ejemplos de las más importantes.

(*) Véase Glosario (N. del T.).

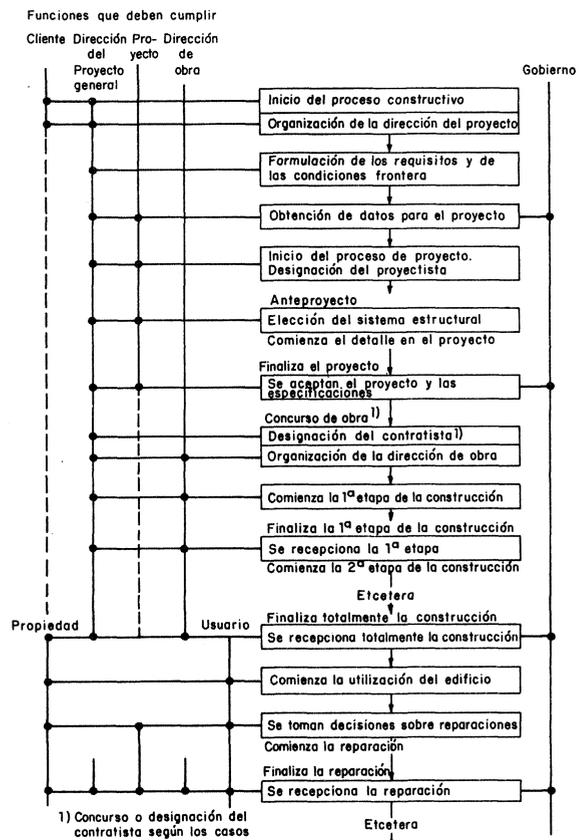


FIG. 1.- Ejemplo de interacciones entre las distintas etapas del proceso constructivo.

1.3.— Aplicación de la experiencia previa

De acuerdo con 1.1. los requisitos de seguridad, serviciabilidad, y durabilidad deben cumplirse de forma económicamente aceptable. Una de las medidas que deben tomarse para alcanzar este objetivo es la de utilizar la experiencia adquirida durante la ejecución de un Proyecto y el subsecuente mantenimiento de la estructura.

En algunos casos la experiencia obtenida durante una fase del proceso constructivo puede usarse para una etapa posterior del mismo Proyecto. Por ejemplo, esto es normal en los Proyectos de túneles en roca donde la experiencia que exista sobre el lugar es a menudo la base del diseño.

Los resultados de las actividades de control pueden considerarse como experiencia para aumentar el conocimiento existente sobre, por ejemplo, materiales y procesos de producción (compárese con 5.1.).

La experiencia existente sobre fallos estructurales previos (de mayor o menor importancia) representa también una valiosa información para aumentar el nivel general de conocimiento. Por tanto, los comités encargados de la reglamentación o la normativa u organismos similares deben evaluar y tener en cuenta los fallos estructurales que ocurran durante la ejecución de los Proyectos y el mantenimiento de las estructuras.

2.— COMPONENTES DEL CONCEPTO DE GARANTIA DE CALIDAD

2.1.— Requisitos de comportamiento

Los requisitos de comportamiento que se establecen durante la primera fase del proceso constructivo se refieren a la formulación de los requisitos específicos para el edificio y aquellos otros establecidos en los códigos y normas de proyecto y construcción.

Ver la etapa 2 del organigrama de la Fig. 1.

Estos requisitos de comportamiento deben transformarse luego en condiciones técnicas aplicables a la estructura portante.

Ver la etapa 3 del organigrama de la Fig. 1.

En este caso, por ejemplo, la etapa 2 podría estar constituida por las especificaciones correspondientes al uso que se desea hacer del edificio y la etapa 3 por las especificaciones sobre limitación de deformaciones.

Los requisitos de comportamiento de una estructura generalmente se refieren a la seguridad, la serviciabilidad y la durabilidad que, en este documento, se definen como sigue:

- **Seguridad** es la capacidad de la estructura para soportar las acciones y otros efectos que puedan ocurrir durante la construcción y el uso de la misma y para mantener una integridad estructural suficiente durante y después de posibles accidentes.
- **Serviciabilidad** es la capacidad de una estructura para comportarse adecuadamente durante su utilización habitual.

Los requisitos relacionados con la seguridad y la serviciabilidad deben ser satisfechos durante toda la vida prevista de la estructura, lo que implica que éstas deben diseñarse y mantenerse de manera que posean la **durabilidad** adecuada.

Los requisitos sobre seguridad deben ser de obligado cumplimiento, mientras que los relativos a la serviciabilidad pueden ser simples recomendaciones.

Los requisitos de seguridad implican que la posibilidad de que ocurra un fallo estructural que pueda causar daños a la propiedad o pérdidas de vidas humanas se mantiene dentro de límites aceptablemente pequeños.

En toda estructura existen riesgos inherentes para la vida y la propiedad. La sociedad en general y las personas relacionadas con la industria de la construcción en particular, cuentan con que la probabilidad de que ocurra un fallo quede limitada a niveles aceptablemente bajos. Normalmente esto puede asegurarse estableciendo ciertos requisitos de seguridad para las estructuras.

Cuando se evalúa el nivel de seguridad estructural deben tenerse en cuenta especialmente todas las circunstancias que puedan conducir al fallo estructural. Estas pueden estar asociadas a:

- una combinación desfavorable de variables aleatorias tales como acciones, resistencias, dimensiones y otras.
- errores de bulto,
- sucesos excepcionales,
- falta de mantenimiento, etc.

Los requisitos de serviciabilidad implican que la posibilidad, siempre existente, de que la estructura pueda resultar inadecuada para su uso previsto se mantiene aceptablemente pequeña. Así pues, estos requisitos se refieren a limitaciones de:

- deformaciones que puedan afectar a la eficiente utilización de una estructura o al aspecto de los elementos tanto estructurales como no estructurales,
- una vibración excesiva que produzca efectos desagradables en los ocupantes o afecte a los elementos no estructurales o a los equipos instalados (especialmente en caso de resonancia),
- daños locales (incluida la fisuración) que puedan reducir la durabilidad de la estructura y afectar a su rendimiento o al aspecto de los elementos estructurales o no estructurales,
- otros defectos especiales.

2.2.—Consideraciones sobre las situaciones de utilización y las situaciones de riesgo

Las medidas que deben tomarse para asegurar la seguridad, la serviciabilidad y la durabilidad de una estructura se basan en las condiciones de tipo operacional, medio-ambientales y frontera pertinentes. Esto implica la comprobación de las situaciones de utilización y de riesgo apropiadas.

Las situaciones de utilización describen las condiciones previsibles asociadas al uso normal de la estructura. Cada situación de utilización define un caso posible para el que existe una combinación de condiciones operacionales y medio-ambientales particular.

Una situación de utilización puede consistir, por ejemplo, en una combinación de cargas relacionadas con el uso normal de la estructura, junto con otras circunstancias válidas que puedan darse en ese momento. Así pues, pueden encontrarse gran cantidad de situaciones de utilización. Sin embargo, en el contexto de la garantía de calidad sólo interesa un número limitado de ellas.

Las situaciones de riesgo describen las condiciones previsibles, dominadas (en la mayor parte de los casos) por un suceso peligroso, que bien solo o bien en combinación con otras circunstancias normales pueden hacer que la estructura pierda su condición portante.

El riesgo puede estar relacionado con causas ajenas o externas a la estructura como viento, impacto, fuego, o con defectos propios de ésta como una resistencia muy pequeña en alguno de sus componentes.

La sección 3 de este documento contiene algunas propuestas para la descripción de las situaciones de utilización y las situaciones de riesgo y las correspondientes medidas que deben tomarse.

2.3.— Elección inicial del material y del sistema estructural

Con respecto a la seguridad, la elección del sistema estructural debe efectuarse de manera que las partes más importantes del mismo sean capaces de mantener la suficiente integridad estructural durante y después de los accidentes. Las situaciones de riesgo específicas pueden incluir acciones u otro tipo de efectos que, se supone, la estructura no será capaz de soportar sin daños. Sin embargo, la estructura no debe sufrir daños desproporcionados con respecto al alcance del accidente que los origina.

Por tanto, la existencia de una situación de riesgo concreta puede influir sobre la elección del sistema estructural dado que, si se modifica éste, alguna de las situaciones de riesgo pertinentes puede verse también alterada. Existe claramente una interacción entre la elección del sistema estructural y la evaluación de las situaciones de riesgo adecuadas.

La actividad comprendida entre las etapas 4 y 5 del organigrama de la Fig. 1 consiste en un anteproyecto realizado con objeto de obtener una base para la elección del sistema estructural y la disposición general. En esta fase deben estudiarse, a menudo, diversos diseños alternativos.

2.4.— Análisis y proyecto

Una estructura debe proyectarse de manera que sea capaz de cumplir los requisitos de seguridad, serviciabilidad y durabilidad que se le hayan especificado.

Los fundamentos del análisis y el proyecto están incluidos en el documento titulado «Principios generales de fiabilidad en el proyecto de estructuras» producido por el JCSS ().*

Cuando sea posible, el proyecto debe efectuarse de manera que facilite las actividades propias de la garantía de calidad, así como, otras actividades del proceso constructivo.

Según esto, durante el proyecto, debe prestarse la atención debida a la factibilidad de realizar tanto el control, como el mantenimiento y las posibles reparaciones.

2.5. Medidas a tomar contra los errores humanos

La frecuencia con la que se producen los errores humanos puede reducirse considerablemente tomando las medidas apropiadas. Estas incluyen:

- mejorar la enseñanza profesional,
- seleccionar un equipo dirigente cualificado,
- mejorar los métodos de trabajo,
- adoptar medidas precautorias contra posibles negligencias o contra errores humanos deliberados o no,
- tomar precauciones adicionales en el caso de proyectos nuevos o métodos de construcción de los que exista poca experiencia previa.

Los procedimientos de trabajo pueden mejorarse, por ejemplo, adecuando la comunicación entre las personas y entre los diversos organismos competentes y evitando las influencias molestas. Estas pueden ser de naturaleza física (por ejemplo, ruido, mal tiempo) o de carácter psicológico (por ejemplo, estar sometido a tensión, trabajo contra reloj).

Aun cuando puedan alcanzarse unas buenas condiciones laborales y el trabajo discurra suavemente, será imposible evitar totalmente los errores humanos. Por ello deben instituirse medidas de control apropiadas para detectar la presencia de errores en cada etapa de la planificación y de la ejecución.

Así pues, las labores de construcción deben planificarse de manera que las partes más importantes puedan ser inspeccionadas durante el trabajo.

* Comité Conjunto de Seguridad Estructural.

Cuando se considere apropiado deben establecerse las oportunas recomendaciones sobre medidas preventivas para evitar los errores humanos.

2.6. Responsabilidades

Es de la mayor importancia que la responsabilidad de las personas relacionadas con la planificación, el proyecto, la construcción, el control y el uso de las estructuras esté perfectamente definida.

En muchos casos los fallos estructurales y el mal comportamiento en servicio de las estructuras pueden achacarse a errores humanos (en el sentido más amplio) provenientes de situaciones en las que no había quedado clara la responsabilidad de cada uno.

La sección 4 de este documento contiene algunas propuestas para la delimitación de las responsabilidades de las personas relacionadas con el proceso constructivo. Estas propuestas pueden reelaborarse teniendo en cuenta la legislación propia de cada país.

2.7. Control

Todos los pasos que se den en la planificación, el proyecto, la construcción y la utilización de una estructura deben estar controlados hasta un nivel que ha de relacionarse con las consecuencias que tendrían las posibles diferencias respecto del proyecto (incluyendo el resultado de errores humanos), con el coste del control, etc. En el mejor de los casos debe perseguirse la obtención de un grado óptimo de control.

En muchos casos los fallos estructurales o el mal comportamiento en servicio de las estructuras están causados por errores que no son detectados por los encargados del proceso constructivo.

El control debe incluir también la introducción, ejecución e inspección de las medidas requeridas en caso de desacuerdo entre los resultados previstos y los obtenidos.

Las secciones 5 y 6 de este documento contienen algunas sugerencias sobre los principios y métodos de control requeridos. Los detalles y la forma en que estas sugerencias deben presentarse en un código dependen de la legislación de cada país.

2.8. Documentación del Proyecto

Durante toda la vida del edificio, los documentos importantes del Proyecto deben conservarse, ser puestos al día y estar a disposición de especialistas autorizados cuando sea necesario.

Esto ya se hace en algunos países. Sin embargo, en la mayor parte de ellos generalmente no se exige este requisito.

Los documentos importantes pueden ser por ejemplo:

- *los planos y otras descripciones,*
- *el Plan de Utilización (ver sección 3),*
- *el Plan de Seguridad (ver sección 3),*
- *los documentos de trabajo producidos por especialistas relacionados con la seguridad estructural (por ejemplo, anejo de cálculo, informes técnicos, partes de control),*
- *las instrucciones de uso y mantenimiento,*
- *la lista de nombres de las personas responsables de los trabajos y las firmas relacionadas con la construcción.*

3. SITUACIONES DE UTILIZACION Y DE RIESGO

3.1. Situaciones de utilización

Para asegurar la serviciabilidad y la durabilidad de una estructura deben considerarse todas las situaciones de utilización pertinentes, éstas pueden ser por ejemplo, las siguientes:

- *combinación de acciones previstas durante las fases de servicio, incluyendo una descripción de las componentes estáticas y dinámicas,*
- *acciones debidas a la construcción en tanto en cuanto puedan influir sobre la serviciabilidad de la estructura terminada,*
- *efecto de la temperatura.*

Además, han de seleccionarse los efectos o acciones adicionales bajo las cuales debe asegurarse la serviciabilidad de la estructura, como por ejemplo, los provenientes de:

- *el entorno climático que exista en el lugar donde se ubica la estructura, como el viento, la lluvia, la nieve, el hielo, los cambios de temperatura y la combinación de éstos,*
- *efectos tectónicos y geotécnicos incluyendo el efecto de la construcción sobre el terreno adyacente y viceversa,*
- *efecto de las aguas subterráneas, de estratos permeables, de la escorrentía y de las aguas superficiales.*

Para poder realizar el análisis y el proyecto, las situaciones de utilización deben modelarse y cuantificarse.

A menudo resulta cómodo presentar los modelos de situaciones de utilización y las correspondientes medidas a tomar para asegurar la serviciabilidad y durabilidad, en forma de un Plan de Utilización.

3.2. Plan de Utilización

El Plan de Utilización debe especificar las situaciones de utilización convenidas que han sido tenidas en cuenta y formular los requisitos apropiados sobre el comportamiento de la estructura en servicio (comparar con 2.1.). Todos los datos cualitativos proporcionados en este sentido deben tomarse como valores convenidos.

Las situaciones de utilización y los requisitos relacionados con el comportamiento en servicio de la estructura deben utilizarse para definir las distintas situaciones de proyecto de la estructura. Todos aquellos otros datos relacionados con situaciones de utilización y comportamiento estructural no contenidos explícitamente en el Plan de Utilización deberán ser previstos por el ingeniero estructural de acuerdo con las normas de la buena práctica.

En los casos en que el Plan de Utilización incluya el tratamiento del riesgo de sufrir daños que corre la propiedad, también debe quedar claramente especificado a quien corresponde la responsabilidad financiera por dichos daños. Si así fuera requerido, podría ser necesario que tales riesgos fueran controlados para reducir el alcance de los daños subsecuentes.

Si por parte de la propiedad o del usuario se requiere que la probabilidad de que se produzca un mal comportamiento de la estructura en servicio sea diferente de la que se admite en la Normativa de construcción, esto debe reseñarse explícitamente en el Plan de Utilización.

La reglamentación sobre construcción debe redactarse en tanto como sea posible, de manera que sea fácil llegar a acuerdos simples y claros en cuanto a las situaciones de utilización y a los correspondientes requisitos relacionados con el comportamiento estructural. En el caso de Proyectos sencillos, parte de esta Normativa podría ser incluida directamente en los Planes de Utilización.

3.3. Situaciones de riesgo

Para asegurar tanto la seguridad de una estructura, como la de los usuarios, la de las personas relacionadas con su construcción y la de terceros, deben considerarse inicialmente todos los riesgos posibles.

Estos riesgos pueden provenir de:

- que se superen considerablemente los valores especificados para las acciones,
- que los valores de las resistencias de los materiales o componentes sean considerablemente inferiores a los especificados,
- que exista una desviación considerable entre los valores especificados para los parámetros geométricos y los valores obtenidos,
- efectos especialmente negativos sobre la resistencia de los materiales que pueden tener ciertas condiciones medio-ambientales excepcionalmente desfavorables,
- pérdida de control sobre la planificación, el proyecto, la construcción o la utilización como consecuencia de un error grave o un acontecimiento excepcional.

Los errores graves pueden provenir del efecto de lagunas en la información, omisiones, equívocos, etc. También pueden surgir de negligencias en el mantenimiento o reparación de las estructuras.

Algunos acontecimientos excepcionales (por ejemplo explosiones) pueden causar acciones no especificadas en el proyecto. También pueden provocar una disminución considerable en la resistencia de la estructura (por ejemplo, el fuego).

En su sentido más amplio, las situaciones de riesgo conforman las bases para la especificación de las medidas de seguridad adecuadas.

A menudo resulta apropiado describir las situaciones de riesgo pertinentes y sus respectivas medidas de seguridad en el Plan de Seguridad.

Para ser utilizadas en el análisis y el proyecto, las situaciones de riesgo deben ser modeladas y cuantificadas.

Las medidas fundamentales a adoptar en respuesta a cada situación de riesgo consistirán en una o más de las que se describen a continuación:

- eliminar los riesgos mediante la toma de medidas dirigidas a evitar el origen de éstos,
- evitar los riesgos modificando los conceptos estructurales, la ubicación de la estructura, etcétera,
- superar los riesgos por medio de control y/o la instalación de sistemas de alarma,
- prever los riesgos en el dimensionamiento,
- aceptar la posibilidad de colapso debido a ciertos riesgos y tratar de reducir sus consecuencias.

3.4. Plan de Seguridad

El Plan de Seguridad debe especificar las medidas que hay que adoptar en respuesta a las situaciones de riesgo pertinentes.

Tanto en la planificación como en la especificación de las medidas a tomar en respuesta a las situaciones de riesgo debe tenerse en cuenta que a menudo se combinan las diversas posibilidades previstas en 3.3. En tales casos todas las medidas que se tomen deben tener en cuenta totalmente la situación de riesgo que se considere.

En el Plan de Seguridad, las situaciones de riesgo deben utilizarse para definir las situaciones de proyecto para las que debe calcularse la estructura de forma que mantenga una integridad estructural suficiente.

El Plan de Seguridad puede complementarse también con un plan de control de datos que contenga las comprobaciones necesarias a efectuar, las medidas de inspección y los procedimientos a seguir. Ver 5.4.

Tan pronto como la estructura sea traspasada a la propiedad, ésta última adquiere la responsabilidad sobre su utilización y mantenimiento posteriores. El Plan de Seguridad debe proporcionar a ésta toda la información necesaria sobre el uso y el mantenimiento de la estructura.

Cuando en el Plan de Seguridad se consideren ciertos riesgos específicos como aceptables, deben destacarse claramente las medidas apropiadas a tomar para evitar que corran peligro las personas, así como, también definir el responsable económico en caso de accidente. Si fuera necesario, tales riesgos podrían ser supervisados de acuerdo con un plan de inspección que, en tal caso, formaría parte del Plan de Seguridad. (Ver 5.5.).

El formato y los detalles del Plan de Seguridad, por ejemplo instrucciones orales o escritas, etcétera, dependerán de la complejidad del Proyecto y del grado de peligro que exista para la vida humana.

4. LABORES Y RESPONSABILIDADES

4.1. Generalidades

Los individuos u organismos a quienes se confían las labores de planificación, proyecto, construcción, control y utilización de una estructura poseen responsabilidades específicas en relación con la seguridad y la serviciabilidad de ésta. Es importante que el significado y alcance de sus respectivas responsabilidades sea especificado claramente a cada uno de ellos.

Las responsabilidades pueden delegarse de manera que personas diferentes sean responsables de distintas labores. Sin embargo, durante la realización de cada actividad prevista en el proceso constructivo y durante la conexión entre distintas actividades, debe existir siempre algún responsable.

En casi todos los países, la Normativa de construcción trata sobre cuestiones estructurales. Sin embargo, en muchos países los aspectos de tipo organizativo vienen regulados, total o parcialmente, por la legislación general y no por dicha Normativa.

La descripción de responsabilidades y deberes que sigue, se refiere a las funciones que deben cumplirse y no a la categoría específica de las personas que han de ejercerlas. Así pues, a continuación se enumeran algunas tareas y actividades para las que debe existir algún responsable. Estas se agrupan en funciones de diferentes categoría aunque esto se ha realizado de una forma un tanto arbitraria y podrían combinarse de otra manera. La descripción se divide en dos partes. La primera de ellas se refiere a la planificación, el proyecto y la construcción de la estructura. La segunda parte trata sobre la utilización de la estructura.

Según esto, una función puede dividirse entre diversas personas y varias funciones diferentes podrían ser cumplidas por una única persona.

4.2. Las responsabilidades relacionadas con la planificación, el proyecto y la construcción

4.2.1. La organización de las actividades

En este documento se supone que la naturaleza de la estructura y la organización de actividades son tales que puede distinguirse entre las funciones de:

— el cliente,

- la dirección del Proyecto General,
- el proyectista,
- la dirección de la fabricación de materiales y elementos,
- la dirección de obra.

4.2.2. El cliente y la dirección del Proyecto General

La dirección del Proyecto General puede ser un individuo o una organización designados por el cliente.

La dirección del Proyecto General tiene la total y absoluta responsabilidad sobre todo el Proyecto. Parte de esta responsabilidad puede delegarla en individuos u organismos con funciones especiales.

La dirección del Proyecto General posee la responsabilidad de seleccionar las personas u organismos que vayan a ejercer otras funciones en el Proyecto y de comprobar que poseen la cualificación necesaria.

Estas otras personas u organismos pueden ser, por ejemplo:

- proyectistas,
- especialistas,
- contratistas,
- proveedores de materiales,
- consultores independientes.

La dirección del Proyecto General es responsable de la formulación de los requisitos y limitaciones primarios y tiene, implícitamente, la responsabilidad de los riesgos relacionados con este hecho.

La dirección del Proyecto General tiene la obligación de organizar y coordinar las actividades de los especialistas y contratistas que participan en el Proyecto de forma que:

- *las responsabilidades de cada parte estén especificadas claramente prestando una atención especial a la interconexión y comunicación entre ellas,*
- *los impedimentos a la buena marcha del Proyecto —respecto al programa de construcción, o a los aspectos organizativos y técnicos— se mantengan en un mínimo,*
- *el concepto de garantía de calidad se aplique de forma consistente y responsable en la planificación, el proyecto y la construcción.*

La dirección del Proyecto General debe tomar las medidas adecuadas para la preparación, el mantenimiento y la puesta al día de los documentos importantes del Proyecto (ver 2.8.) hasta que el edificio esté terminado.

La dirección del Proyecto General es responsable de la preparación de la instrucciones para el usuario.

4.2.3. La función del proyectista

Esta función incluye la planificación detallada, el proyecto y otras actividades similares tales como el trabajo de técnico especialista.

Esta función incluye la responsabilidad de asegurar que la construcción cumple su misión a lo largo de su vida y que la propiedad obtiene el rendimiento óptimo de todas las fases de construcción, utilización y mantenimiento de la obra. Al tratar de obtener este óptimo, el proyectista o los especialistas deben prestar una atención especial a la seguridad tanto del personal que trabaja en la obra como del público en general y atender a las otras limitaciones pertinentes que pudieran existir.

Esta función incluye la obligación de formular y presentar a la dirección del Proyecto General las bases en que se fundan las decisiones a tomar de manera que los riesgos que se corran puedan ser comparados con los beneficios que puedan obtenerse.

Aunque puede que las decisiones finales sean tomadas por la dirección del Proyecto General en base a los consejos del proyectista y otros especialistas, la responsabilidad por la bondad de tales consejos recae sobre el proyectista y los especialistas.

La Normativa de construcción debe dar al proyectista y a los especialistas la capacidad de declinar la responsabilidad de las decisiones que haya podido tomar la dirección del Proyecto General si ésta no ha tenido en cuenta sus consejos, en especial en aquellos asuntos relativos a los riesgos previsibles relacionados con la seguridad o con la posible ocurrencia de daños severos a la propiedad. Si, en tal caso, la seguridad resulta afectada, el proyectista y los especialistas pueden también tener la responsabilidad de tomar algunas medidas preventivas.

4.2.4. Dirección de la fabricación de materiales y elementos

Si no se hubiera llegado a otro tipo de acuerdo, la dirección de la fabricación de materiales y elementos tiene la responsabilidad de que tanto los materiales como los elementos proporcionados a la obra cumplan las especificaciones dadas en la Normativa de construcción o relacionadas con el pedido.

La dirección de la fabricación de materiales y elementos es responsable del control de calidad interno (compárese con 5.2.3.).

4.2.5. Dirección de obra

La dirección de obra puede ser llevada a cabo:

- *por personal designado directamente por la dirección del Proyecto General como trabajo delegado,*
- *por personal designado por un contratista,*
- *por una combinación de los dos casos anteriores. Si esto es así, la división de las responsabilidades debe quedar definida claramente.*

La dirección de obra posee la responsabilidad de organizar y coordinar las actividades del personal que trabaja en la propia obra y en relación con la construcción de la estructura.

La dirección de obra tiene la responsabilidad del control de calidad de los materiales y componentes fabricados en la propia obra y del control del trabajo relacionado con la construcción de la estructura.

En cuanto al material y componentes producidos en otras instalaciones o talleres, puede asignarse a la dirección de obra la responsabilidad de comprobar que el control interno de fabricación es satisfactorio y que los documentos pertinentes sobre el control han sido librados. En algunos casos esto puede reducirse a la responsabilidad de la identificación del material o de los componentes.

4.3. Las responsabilidades relacionadas con el uso de la estructura

4.3.1. La propiedad y el usuario

Desde el punto de vista de la utilización de una estructura, en la mayor parte de los casos, sólo existe relación entre dos partes.

- la propiedad,
- el usuario.

La propiedad es la persona u organismo a quien pertenece la construcción desde el punto de vista legal.

Un usuario es la persona u organismo que utiliza la construcción, bien sea porque ésta está a su disposición en el sentido general (por ejemplo un puente) o bien porque ha llegado a un acuerdo con la propiedad.

4.3.2. La propiedad tiene la responsabilidad asociada a la necesidad de realizar el mantenimiento apropiado de la estructura y así como la obligación de hacerla reexaminar desde el punto de vista de la seguridad si tiene intención de cambiar su uso o alterarla en algún sentido.

La propiedad tiene la responsabilidad de realizar las inspecciones oportunas para analizar las necesidades de mantenimiento y reparación (compárese con 5.2.6.).

En algunos casos la propiedad puede delegar la responsabilidad en otra persona, por ejemplo el usuario, siempre que lleguen a un acuerdo especial.

4.3.3. La responsabilidad del usuario

La Normativa de construcción y el Plan de Utilización deben sentar las bases para la especificación de las responsabilidades del usuario.

El usuario es responsable del cumplimiento de todas las reglas y condiciones de uso que le hayan notificado en documentos tales como instrucciones para el usuario u otros, por ejemplo, cargas máximas en puentes, etc.

5. PRINCIPIOS DE CONTROL

5.1. Introducción

El control efectivo durante la planificación, el proyecto y el dimensionamiento, la edificación y la utilización de las estructuras debe ser instrumentado y realizado por todas las partes que se relacionan con él.

El término «control» incluye todas las comprobaciones, medidas de verificación e inspecciones relacionadas con:

- *el proyecto,*
- *la fabricación de materiales y elementos,*
- *la construcción in situ,*
- *la utilización del edificio o estructura.*

Cada control consiste en:

- *la recolección de información,*
- *el juicio basado en esta información,*
- *la decisión basada en el juicio.*

El control sirve para cumplir los objetivos siguientes:

- *asegurar que se obtiene una calidad aceptable del proyecto, los materiales, los elementos y el trabajo in situ,*
- *detectar a tiempo los riesgos que atañen a la seguridad de las personas y/o a los posibles daños a la propiedad durante la construcción y la utilización del edificio o estructura,*
- *obtener experiencia (compárese con 1.3.).*

5.2. El proceso de control

5.2.1. Generalidades

El control puede considerarse como un proceso especial que marcha paralelo al proceso de construcción.

En muchos casos las personas u organismos que son responsables del proceso constructivo también lo son de las actividades de control. Así pues, existe una gran conexión entre el proceso constructivo y el proceso de control y es importante que el control sea ejecutado de forma que no interaccione desfavorablemente con el proceso constructivo.

Dependiendo de la persona u organismo que lo lleva a cabo, puede distinguirse entre los siguientes tipos de control (compárese con 4.2.).

- autocontrol individual,
- control interno,
- control manejado por la dirección del Proyecto General,
- control realizado por la Autoridad Pública.

5.2.2. Autocontrol individual

En este documento se supone que aquellos que participan en el proceso constructivo intentan desarrollar su trabajo con esmero y pericia. Esto sólo sucederá si continuamente se toman medidas de autocontrol individual. Estas incluyen la comprobación de los documentos y de la información que se haya comunicado a otras personas.

5.2.3. Control interno

El control interno se supone que es llevado a cabo allí donde se realiza el trabajo cualquiera que sea este lugar y que es desempeñado por más de una persona o más de un grupo de personas. La Normativa debe manifestar expresamente la obligación de realizar este tipo de control.

El control interno puede dirigirse, por ejemplo, hacia el trabajo de proyecto en gabinete, la producción de materiales en una fábrica, la producción de componentes en taller o la construcción de una estructura en obra. Aquellos a quienes corresponde la responsabilidad de la dirección de obra deben comprobar especialmente todos los documentos relativos al control de calidad que requiera la Normativa.

A veces el sistema de control interno puede estar sometido a verificación por parte de un organismo externo.

5.2.4. Control manejado por la dirección del Proyecto General.

Quienes poseen la responsabilidad de la dirección del Proyecto General pueden ser hechos responsables también, a través de Normativa de construcción, de garantizar que todas las

medidas de control de todo el proceso constructivo sean instrumentadas de forma efectiva. Pero a su vez pueden delegar algunas de sus funciones de control en especialistas cualificados.

Estos especialistas a los que se confía la responsabilidad del control deben dar cuenta de sus actividades. La Normativa de construcción debe manifestar expresamente esta obligación así como los requisitos formales que deben observarse.

También pueden utilizarse los servicios de una empresa consultora independiente para realizar algunas otras tareas de control adicionales. La Normativa puede requerir la existencia de este control independiente en todos aquellos casos en que:

- deban resolverse problemas muy complicados,
- un fallo estructural pueda poner en peligro un gran número de personas o tener unas consecuencias muy graves desde el punto de vista económico.

La Normativa debe expresar cuales son las circunstancias especiales que requieren la realización de un control adicional por parte de una empresa consultora independiente.

Las labores a realizar por la empresa consultora independientemente deben estar señaladas en el plan de control (ver sección 5.4.). El campo de actividad del consultor puede extenderse a todo el proceso constructivo o limitarse únicamente a ciertas secciones.

5.2.5. Control ejecutado por la Autoridad Pública

El control ejecutado por la Autoridad Pública se basa en la posible legislación sobre construcción que exista y/o en la Normativa sobre el tema. La misión que debe cumplir está asociada generalmente a los requisitos que establece la sociedad en cuanto a seguridad y en cuanto a alcanzar unos niveles de calidad que sean aceptables en su conjunto. Por lo tanto esta clase de control no debe considerarse como un sustituto de los mencionados en 5.2.2., 5.2.3 y 5.2.4.

5.2.6. La inspección de la propiedad del edificio

Para asegurar que durante el tiempo previsto de vida de una estructura se mantienen sus condiciones de seguridad y de serviciabilidad es necesario realizar inspecciones para descubrir las necesidades que existan de mantenimiento y reparaciones.

Los intervalos de tiempo entre inspecciones deben escogerse de acuerdo con:

- las condiciones medio-ambientales,
- las propiedades del material,
- la fiabilidad de las medidas de protección,
- la sensibilidad de la estructura a los daños locales,
- las consecuencias del colapso.

5.3. El grado de control

Un proceso de control riguroso incluye todos los tipos de control mencionados en 5.2. y está recomendado para estructuras importantes o partes de éstas en las que las consecuencias de un fallo pudieran ser severas. Cuando aquéllas son de menor importancia, a menudo puede ser suficiente limitar el control al autocontrol individual y al control interno. Entonces, el control ejecutado por la Autoridad Pública puede consistir en una mera comprobación de que el control interno se ha realizado de manera aceptable.

Si un proceso de control consiste en diversas etapas es importante que las actividades implicadas en éstas sean tan independientes entre sí, desde el punto de vista estadístico, como sea posible. En otro caso la eficacia del control quedaría reducida.

5.4. Planificación del control

5.4.1. Puntos de control

Todo el proceso constructivo desde la planificación hasta la utilización de la estructura debe subdividirse mediante el establecimiento de puntos de control. Estos puntos de control deben introducirse principalmente en aquellas situaciones en las que la responsabilidad se transfiere de una parte a otra o cuando una fase del proceso constructivo da paso a otra.

Cada punto de control debe contener aquellas medidas de control que deben ejercerse antes de que pueda comenzar la siguiente etapa del proceso constructivo. La producción y el control deben planificarse de manera que los posibles retrasos que provoquen al proceso constructivo sean lo más cortos posible.

Las situaciones peligrosas que se presenten durante la edificación y la utilización deben quedar separadas en distintos puntos de control e inspeccionadas de acuerdo con un plan de inspección preparado cuidadosamente. Este hecho debe tenerse en cuenta especialmente en aquellas situaciones de riesgo que hayan de ser superadas gracias a las medidas de control e inspección.

Los puntos de control y todos los detalles necesarios relativos a las medidas de control que han de realizarse deben ser especificados por la dirección del Proyecto General en colaboración con los especialistas implicados.

Para el caso de estructuras habituales, la Normativa de construcción puede especificar los puntos de control apropiados y regular todos los detalles necesarios.

5.4.2. Plan de Control

Debe establecerse un plan especial de control por parte de la dirección del Proyecto General en colaboración con los especialistas implicados, especialmente en aquellos casos en los que:

- *las tareas de control están asignadas a diferentes personas,*
- *la ejecución de la construcción y/o el uso de la estructura cree un peligro potencial a gran número de personas.*

El plan de control debe contener todos los detalles relativos al control.

Para el control del proyecto el plan debe incluir:

- *la comprobación de que los requisitos y condiciones utilizados durante el proyecto están de acuerdo con los especificados,*
- *la comprobación de que los modelos de cálculo utilizados son los pertinentes y que los cálculos numéricos son correctos,*
- *la comprobación de que los planos y otros documentos de proyecto están de acuerdo con las especificaciones dadas.*

Para el control de materiales y elementos y para el control de la construcción en obra el plan debe incluir:

- *responsabilidades desde el punto de vista del control,*
- *quien debe controlar,*

- un calendario que incluya los intervalos de control,
- los procedimientos de control,
- los criterios de control y reglas de aceptación,
- los requisitos de los partes de control y de la documentación,
- el procedimiento a seguir en caso de que existan desviaciones a partir de los criterios de control establecidos.

5.5. Inspección de riesgos especiales

Para minimizar el peligro para la vida humana (y reducir el riesgo de daños a las propiedades) deberá introducirse un sistema de inspección y alarma cuando, por circunstancias especiales, se requiera que ciertos riesgos sean contrarrestados por medidas de inspección.

Las circunstancias especiales pueden obtenerse a partir del Plan de Utilización o del Plan de Seguridad. La introducción de medidas de protección cuando surgen riesgos especiales no debe dejarse a la improvisación. Las medidas de protección deben planificarse en alguna medida de acuerdo con los riesgos previstos.

Todas las medidas de inspección que se consideren necesarias para superar los riesgos deben quedar especificadas en un plan de inspección. Este plan debe contener las medidas de inspección junto con todo tipo de detalles.

La base para la elaboración de un plan de inspección es un análisis cuidadoso de la situación que debe inspeccionarse con respecto a los indicadores de riesgo. Los indicadores de riesgo en este sentido son todos aquellos cambios que se produzcan en una determinada situación que puedan ser observados o advertidos claramente y que puedan indicar el aumento de un riesgo.

Debe asegurarse una inspección continua de los riesgos especiales haciendo a una persona responsable de ello y designando a su representante.

Las personas encargadas de las actividades de inspección deben haber sido instruidas cuidadosamente por parte de la dirección del Proyecto respecto a los riesgos que se prevén y a los indicadores de riesgo. También debe requerírseles que den parte de todos aquellos sucesos o fenómenos que, aunque no estén especificados en el plan de inspección, puedan, de acuerdo con su experiencia, tener alguna relación con el riesgo que se inspecciona.

Las actividades de inspección deben ser comprobadas periódicamente observándose si funcionan correctamente. Esto mismo puede decirse de los sistemas automáticos de alarma.

6. METODOS DE CONTROL

6.1. Introducción

Dependiendo del tipo de actividad que se controla puede distinguirse entre:

- control del proyecto,
- control de materiales y componentes,
- control de fabricación y/o construcción en obra,
- control durante la utilización de la estructura.

De acuerdo con el organigrama simplificado que muestra la Fig. 1, estos tipos de actividades se diferencian en el espacio temporal en que se realizan. Sin embargo, en muchos casos, los tres primeros tipos se desarrollan simultáneamente.

Los **principios** de control (de acuerdo con la sección 5) son, en gran medida, los mismos pero los **métodos** de control difieren para los distintos tipos de actividad.

6.2. Control del proyecto

6.2.1. Generalidades

El trabajo de proyecto consiste principalmente en los cálculos y en la preparación de los planos, de las especificaciones para materiales y de documentos similares.

Los cálculos se basan en los requisitos y condiciones especificados. Los planos, las especificaciones para materiales, etc. se basan tanto en los cálculos como en los requisitos y condiciones especificados.

Los planos son el principal vínculo entre los trabajos de proyecto y construcción y por lo tanto son, en principio, el objeto primario del control de proyecto. Sin embargo, como los planos se basan en los cálculos, en muchos casos resulta conveniente o necesario controlar los cálculos para verificar que todo el proceso de proyecto se realiza de acuerdo con los requisitos de la sección 1.1.

6.2.2. Control de los cálculos

El control de los cálculos puede ejecutarse con técnicas diferentes y en distinta extensión. Sin embargo, en cualquier caso siempre deben realizarse las comprobaciones siguientes:

- comprobar que los cálculos se basan en los requisitos fundamentales apropiados respecto a las condiciones operacionales y frontera.
- comprobar que para todos los elementos estructurales cuyo diseño requiere efectuar cálculos, éstos se han realizado efectivamente,
- comprobar que se han utilizado los modelos de cálculo pertinentes,
- comprobar que no existen discrepancias entre partes diferentes de los cálculos,
- comprobar que todas las fuerzas que actúan sobre la estructura se transmiten correctamente desde ésta a los cimientos.

Para comprobar los cálculos pueden utilizarse tres técnicas diferentes:

- **comprobación directa total** en la que los cálculos se siguen paso a paso.

La ventaja de este método es que pueden descubrirse inmediatamente las discrepancias. La desventaja es que la persona que hace la comprobación podría ofuscarse al seguir linealmente los cálculos originales. Por lo tanto, en este caso, es necesario efectuar ciertas comprobaciones especiales, como, por ejemplo, intentar descubrir posibles omisiones.

- **comprobación paralela total** en la que se realizan cálculos de comprobación especiales completamente aparte de los cálculos de proyecto. Los resultados de los diferentes cálculos se comparan en ciertos puntos determinados previamente.

Una ventaja de este método es que la persona que lo realiza no resulta influida significativamente por los cálculos originales. Otra ventaja es que las comprobaciones pueden hacerse en muchos casos con métodos simplificados. La desventaja es que si se observa alguna discrepancia a veces es difícil encontrar su origen.

- **comprobación parcial** en la que se eligen ciertas partes de los cálculos que se consi- ran representativas y se comprueban con cualquiera de los métodos anteriores. Los resultados del resto de los cálculos se comprueban comparándolos.

Este método tiene la ventaja de ser el más rápido. Sin embargo, requiere que la persona que lo realiza posea la suficiente experiencia.

A menudo puede utilizarse una combinación de estos métodos. Especialmente en el caso de que los cálculos se hayan realizado con computador.

En este caso la comprobación directa no es apropiada y, en muchos casos, no es posible.

6.2.3. Control de los planos

El control de los planos consiste generalmente en comprobar:

- que los resultados obtenidos en los cálculos se han transferido correctamente a los planos,
- que los planos están de acuerdo con los requisitos establecidos,
- que los planos son consistentes entre sí,
- que los planos están de acuerdo con las condiciones medio-ambientales y fronteras dadas,
- que los planos están realizados de manera que no contengan ambigüedades y que el riesgo de malinterpretarlos sea pequeño.

6.3. Control de materiales y componentes y de la construcción in situ

6.3.1. El procedimiento de control

Generalidades

En cuanto al procedimiento de control puede distinguirse entre:

- control de producción, que es el control de un proceso de producción. El objetivo de este control puede ser el de dirigir un proceso de producción y garantizar que se obtiene un resultado aceptable,
- control de recepción, que es el control de salida de un proceso de producción. El objetivo de este control es asegurar que los productos cumplen las especificaciones dadas.

En estos dos procedimientos de control las propiedades de los materiales, componentes o estructuras que son objeto del control no son necesariamente las mismas.

Control de producción

El control de producción está dirigido principalmente al proceso de producción.

El control puede referirse, por ejemplo, a materiales, componentes, maquinaria de producción y al tiempo utilizado en las diferentes partes del proceso de producción.

El control de producción incluye también:

- la identificación de materiales y componentes,
- los ensayos preliminares (realizados antes de que comience la producción),
- la consideración (antes de que empiece la producción) sobre la idoneidad de los materiales o componentes que van a utilizarse en la producción,
- los ensayos para dirigir la producción (realizados durante la misma).

Control de recepción

El control de recepción debe dirigirse al control de los elementos que resultan de un proceso de producción y al grado de cumplimiento de las especificaciones dadas.

Sin embargo, a menudo, puede ser conveniente incluir algunas prescripciones sobre el proceso de producción en las especificaciones. En este caso, las especificaciones relativas al proceso y las correspondientes a sus resultados deben ser compatibles.

El controlador debe también tratar de apercibirse de si ha sucedido algo anormal no previsto en las especificaciones. Es necesario determinar las propiedades que deben controlarse. Estas propiedades son siempre más o menos convencionales y están relacionadas generalmente con los cálculos del proyecto. Pueden ser:

- *cualitativas, y pueden comprobarse por control visual, comparación con los planos o con muestras, etc.,*
- *cuantitativas, por ejemplo, son medibles.*

Para encontrar fallos o comparar con elementos correctos puede efectuarse un examen visual.

6.3.2. Criterios de control y reglas de aceptación

Generalidades

En cuanto a los criterios de control y las reglas de aceptación se distingue entre:

- control total,
- control estadístico.

Control total

Si el control es total cada unidad producida debe ser controlada. Las reglas de aceptación implican que una unidad se juzga como buena (aceptada) o mala (no aceptada). Normalmente, si los criterios son cuantitativos, éstas se refieren a determinadas tolerancias.

Si puede admitirse «a priori» que un cierto número de unidades producidas pueden considerarse como idénticas, podría ser admisible no controlar todas y cada una de las unidades.

En ciertos casos las unidades, en vez de ser o no aceptadas, pueden clasificarse en distintos grados de calidad.

Control estadístico

Un procedimiento de control estadístico contiene generalmente las siguientes partes:

- *ordenación de los productos en partidas,*
- *muestreo en cada partida,*
- *ensayo de las muestras,*
- *juicio estadístico sobre los resultados.*

Una partida debe constituirse de manera que pueda considerarse homogénea con respecto a las propiedades que se van a controlar. Esto quiere decir que todas las unidades que forman una partida han sido producidas esencialmente bajo las mismas condiciones. Si las propie-

dades de los elementos varían con el tiempo transcurrido después de la producción, esto habrá de ser considerado en el procedimiento de ordenación de las unidades en partidas. Esta labor, en principio, debería ser realizada por la persona responsable del control.

De cada partida se toma un cierto número de unidades que se consideran muestras y que son sometidas a ensayo. Los métodos de muestreo deben venir dados por la Normativa.

La evaluación de una partida se realiza comparando los resultados de los ensayos con los criterios establecidos. Estos, normalmente, son de los siguientes tipos:

a) *el criterio se refiere a los resultados obtenidos con la muestra en conjunto.*

Si una propiedad del producto es cuantitativa los resultados pueden venir expresados por ciertos parámetros de la distribución estadística de algunos valores que describen esta propiedad (valor medio, desviación típica, fractil, etc.).

Si una propiedad es cualitativa el resultado puede darse como proporción de elementos de la muestra que cumplen los requisitos establecidos.

b) *el criterio se refiere a los valores extremos.*

Si una propiedad de un elemento es cuantitativa, un valor extremo puede ser, por ejemplo, el valor más desfavorable o el rango entre el valor máximo y el mínimo.

La evaluación de los resultados puede hacerse con respecto a un nivel de confianza dado o a un intervalo de confianza dado. El nivel de confianza es la probabilidad de que un criterio sea satisfecho si la correspondiente hipótesis es cierta (por ejemplo, la hipótesis de que el valor real de un cierto fractil de la población se encuentre dentro de un determinado intervalo). El nivel de confianza **no** es la probabilidad de que la hipótesis sea cierta si se satisface un criterio.

En principio el criterio debe obtenerse por medio de una aproximación estadística general, que puede incluir el uso de parámetros estadísticos que caractericen a la población, curvas de aceptación-rechazo, etc.

Sin embargo, en la mayor parte de los casos, las condiciones en las que se basa esta aproximación no están expresadas explícitamente en el criterio final. Las condiciones deben considerarse, generalmente, sólo como una tosca descripción del objetivo requerido. En la práctica, la meta es evitar, tanto como sea posible, la aceptación de elementos cuya calidad sea francamente no satisfactoria, incluso si en los cálculos se había supuesto que existiría una pequeña proporción de tales elementos.

Debe tenerse en cuenta que la justificación de una decisión basada en el control estadístico puede considerarse sin fundamento por una o varias de las siguientes razones:

- *mala ordenación de los elementos en partidas,*
- *muestreo mal hecho,*
- *hipótesis equivocadas en las deducciones estadísticas,*
- *nivel de confianza diferente de 1.*

La probabilidad total de que se tome una decisión incorrecta (en cualquier sentido) es, a menudo, considerablemente más grande que el valor de la probabilidad supuesto en la etapa de proyecto. Por lo tanto puede ser necesario:

- *añadir al criterio principal ciertos requisitos absolutos para los resultados de los ensayos y requerir un cierto control global (por ejemplo el ensayo de una estructura terminada),*
- *aumentar el número de muestras a ensayar si el criterio indica que los resultados obtenidos están en el límite de lo permisible. En este caso puede ser inevitable el tener que realizar ensayos suplementarios efectuados de otra manera.*

GLOSARIO

Condiciones operacionales

Aquellas indicaciones relacionadas con el uso del edificio, por ejemplo, sobrecargas en los forjados, temperatura interior, etc.

Condiciones medio-ambientales

Aquellas condiciones determinadas por el medio ambiente en que se ubica el edificio y por fenómenos naturales externos como, por ejemplo, cargas de viento, temperatura exterior, propiedades del suelo, etcétera.

Condiciones frontera

Aquellas condiciones determinadas por limitaciones de tipo legal, por las actividades que se realizan en la vecindad del edificio, etc.; por ejemplo, limitaciones de altura en la edificación, el gálibo de un puente, etc.

Seguridad, serviciabilidad y durabilidad, ver 2.1.

Situación de utilización y situación de riesgo, ver 2.2.

Normativa de construcción

En este documento los términos «Normativa de construcción» o «Normativa» se refieren a todas las normas o reglamentaciones sobre estructuras que existan y no únicamente a la normativa específica sobre las estructuras de edificación.

Cliente

Es la persona u organismo que estima necesaria la construcción de un edificio, u otro tipo de obra, de carácter específico y en base a ello inicia el proceso constructivo.

Dirección del Proyecto General

Es la persona u organismo a quien el cliente cede el derecho a tomar las decisiones últimas del Proyecto de construcción.

Dirección de obra

Es la persona u organismo a quien la Dirección del Proyecto General (o en ciertos casos la ley) confiere el derecho a tomar decisiones sobre un número determinado de asuntos propios de la construcción in situ.

Propiedad

Es la persona u organismo a quien pertenece el edificio o construcción en términos legales.

Proyecto (*)

Comprende todos los aspectos de una realización de la que la construcción de un edificio u otro tipo de obra puede ser solamente una actividad parcial.

proyecto (*)

Comprende las actividades propias de diseño de un edificio u otro tipo de obra en cuanto a la realización de los cálculos necesarios, los planos, el proceso constructivo, las especificaciones, etc.

(*) (N. del T.): Estas dos últimas definiciones no están incluidas en el Glosario original.

Índice

1. INTRODUCCION

- 1.1. El concepto de Garantía de Calidad.
- 1.2. El proceso constructivo.
- 1.3. Aplicación de la experiencia previa.

2. COMPONENTES DEL CONCEPTO DE GARANTIA DE CALIDAD

- 2.1. Requisitos de comportamiento.
- 2.2. Consideraciones sobre las situaciones de utilización y las situaciones de riesgo.
- 2.3. Elección inicial del material y del sistema estructural.
- 2.4. Análisis y proyecto.
- 2.5. Medidas a tomar contra los errores humanos.
- 2.6. Responsabilidades.
- 2.7. Control.
- 2.8. Documentación del Proyecto.

3. SITUACIONES DE UTILIZACION Y SITUACIONES DE RIESGO.

- 3.1. Situaciones de utilización.
- 3.2. Plan de Utilización.
- 3.3. Situaciones de riesgo.
- 3.4. Plan de Seguridad.

Índice

4. LABORES Y RESPONSABILIDADES.

- 4.1. Generalidades.
- 4.2. Las responsabilidades relacionadas con la planificación, el proyecto y la construcción.
- 4.3. Las responsabilidades relacionadas con el uso de la estructura.

5. PRINCIPIOS DE CONTROL.

- 5.1. Introducción.
- 5.2. El proceso de control.
- 5.3. El grado de control.
- 5.4. Planificación del control.
- 5.5. Inspección de riesgos especiales.

6. METODOS DE CONTROL.

- 6.1. Introducción.
- 6.2. Control del proyecto.
- 6.3. Control de materiales y componentes y de la construcción in situ.

APENDICE 1: Glosario.