

**MANUAL SOBRE RIESGOS EN LA
CONSTRUCCIÓN, DAÑOS A LA
OBRA Y PÉRDIDA DE
BENEFICIOS ANTICIPADA (ALOP)**

ÍNDICE

1. CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN.....	1
1.1. PARTES INTERVINIENTES EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.....	1
1.2. ETAPAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.....	3
1.2.1. PLANIFICACIÓN	4
1.2.2. LICITACIÓN DE LAS OBRAS.....	5
1.2.3. ADJUDICACIÓN DEL CONTRATO DE OBRAS.....	5
1.2.4. CONSTRUCCIÓN.....	6
1.2.5. LA RECEPCIÓN DE LA OBRA Y EL PERIODO DE MANTENIMIENTO.....	7
1.3. EL CONTRATO DE OBRAS.....	7
1.4. CONTENIDO DEL DOCUMENTO PROYECTO.....	7
1.4.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	8
1.4.2. PROYECTO DE SEGURIDAD Y SALUD	10
1.4.3. ESTUDIO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.....	13
1.4.4. DISPOSICIONES RELATIVAS AL CONTROL DE CALIDAD EN OBRA.....	15
1.5. PECULIARIDADES Y SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN	16
2. RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	22
2.1. CLASIFICACIÓN GENERAL DE RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN.....	22
2.1.1. RIESGOS CONVENCIONALES	22
2.1.2. RIESGOS CATASTRÓFICOS (DE FUERZA MAYOR O EXTRAORDINARIOS)	23
2.1.3. RIESGOS DE LA PROPIA OBRA.....	27
2.2. RIESGOS ESPECÍFICOS DE ALGUNAS OBRAS.....	28
2.2.1. PRINCIPALES RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES.....	29
2.2.2. PRINCIPALES RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS	37
2.2.3. PRINCIPALES RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS.....	48
2.2.4. PRINCIPALES RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE CANALIZACIONES SUBTERRÁNEAS	59
2.2.5. PRINCIPALES RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES CON TUNELADORAS	65
3. SEGUROS EN LA CONSTRUCCIÓN	69
3.1. SEGUROS DE CONSTRUCCIÓN.....	69
3.1.1. SEGURO TODO RIESGO MONTAJE (TRM).....	69
3.1.2. SEGURO DE MAQUINARIA.....	70
3.1.3. SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL.....	70
3.1.4. SEGURO DE OBRAS CIVILES TERMINADAS.....	71
3.1.5. SEGURO DE GARANTÍA DECENAL DE DAÑOS A LA EDIFICACIÓN	71
3.2. SEGURO TODO RIESGO CONSTRUCCIÓN (TRC).....	72
3.2.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	72
3.2.2. PÓLIZAS ABIERTAS	97
3.2.3. EL CONTRATO DE SEGURO	98
4. PROCESO DE CONTRATACIÓN DE UNA PÓLIZA TRC.....	99
4.1. SUSCRIPCIÓN DE UNA PÓLIZA. PROCESO DE TARIFICACIÓN.....	99
4.1.1. DATOS NECESARIOS PARA EL SUSCRIPTOR.....	101
4.1.2. EVALUACIÓN DE RIESGOS Y CÁLCULO DE LA TASA DE LA OBRA	103
4.1.3. INSPECCIONES Y PREVENCIÓN DE SINIESTROS	112

1. CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Dadas las características de las obras de construcción, para poder realizar un análisis de identificación y evaluación de los posibles factores de riesgo es necesario conocer tanto la naturaleza y funciones de los diferentes agentes implicados en todo el proceso constructivo como el procedimiento administrativo estándar que se viene siguiendo para la programación y adjudicación de este tipo de obras.

1.1. PARTES INTERVINIENTES EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

Los agentes implicados en un proyecto de obra civil son: el promotor, el proyectista, el contratista, la dirección facultativa y la Administración Pública.

El **promotor** es, en general, una persona física o jurídica, pública o privada, al que interesa la realización de una obra, aportando los recursos económicos para su realización y que percibirá los beneficios de la misma.

El **proyectista** es, en sentido amplio, una persona física o jurídica con capacidad y habilidad técnica, que elabora por cuenta del promotor el documento denominado "Proyecto", que contiene las instrucciones precisas para la realización de la obra, así como el presupuesto de ejecución. En sentido jurídico estricto, es una persona física con la titulación técnica precisa en Arquitectura o Ingeniería y dado de alta en el correspondiente colegio profesional, que con su firma se hace personalmente responsable de la adecuación del proyecto. La responsabilidad del proyectista se encuentra cubierta normalmente por pólizas propias de Responsabilidad Civil, generales o específicas, en función de la entidad de la obra y del daño previsible.

El **contratista** es una persona física o jurídica a la que no se le exige una habilitación profesional específica, que se compromete con el promotor a cambio de un precio y en unas condiciones previamente pactadas a ejecutar la obra -en su totalidad o la parte designada- aportando y ordenando los medios precisos para ello. La relación jurídica entre contratista y promotor se plasma en el denominado "Contrato de Obra", donde se puede facultar al contratista para que, a su vez, ceda parte de la ejecución a un tercero (subcontratista). No obstante, en general la subcontratación no crea ningún vínculo jurídico con el promotor, sino únicamente con el contratista.

Si el promotor contrata el total de la obra con un solo contratista, a éste se le denomina "contratista principal". Por el contrario, si el promotor contrata cada una de las partes de la obra (cimentación, estructura, etc.) con diferentes contratistas, a éstos se les denomina "contratistas independientes", los cuales sólo tienen vinculación jurídica con el promotor, pero no entre ellos.

La **dirección facultativa** tiene un doble sentido. Por un lado se refiere al acto de supervisión y dirección técnica de la obra; por otro, se refiere a una o varias personas físicas con la titulación técnica y la habilitación profesional adecuada para llevar a cabo tal supervisión. El carácter necesariamente personal se debe a las mismas circunstancias señaladas para el proyectista.

El **coordinador o responsable en materia de seguridad y salud** durante la elaboración del proyecto de obra es el técnico competente designado por el promotor para coordinar, durante la fase del proyecto de la obra, la aplicación de los principios de la acción preventiva, al tomar decisiones constructivas, técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que se desarrollarán simultánea o sucesivamente de manera segura. Durante la ejecución de la obra se integra en la dirección facultativa.

Las figuras de los coordinadores de seguridad tanto de la fase de proyecto como de la fase de ejecución de los trabajos, se hacen necesarias siempre que participen varios proyectistas (estructuras, instalaciones, etc.) y varias empresas de construcción (contratistas, subcontratistas, etc.) respectivamente. En caso de que la ejecución de los trabajos sea realizada por un solo proyectista o una sola empresa desaparece la necesidad de coordinación, con lo que la responsabilidad de la seguridad podrá recaer sobre el proyectista o la dirección facultativa de las obras en cada fase (proyecto y ejecución).

Tanto el coordinador en materia de seguridad durante la fase del proyecto como el coordinador de seguridad durante la fase de construcción son figuras clave para garantizar unas adecuadas condiciones de seguridad durante toda la obra, estableciendo en la fase de proyecto un Estudio de Seguridad y Salud de la obra y haciendo cumplir posteriormente durante la fase de ejecución las medidas de seguridad establecidas. No obstante, la designación de dichos responsables no exime al promotor de su responsabilidad en materia de seguridad, dado que es como consecuencia de la voluntad del promotor como se consiguen los niveles de seguridad requeridos, al proveer de autoridad al coordinador de seguridad sobre los contratistas y subcontratistas implicados.

Por otro lado, los contratistas y subcontratistas deben efectuar planes de seguridad específicos mediante los cuales se establecerán las medidas de seguridad que efectivamente se llevarán a cabo, respetando los criterios mínimos establecidos en los estudios de seguridad. Éstos serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad, que será aprobado por el responsable de seguridad de la obra (coordinador designado o dirección facultativa), en lo relativo a las obligaciones que les correspondan a ellos directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados.

Los contratistas y subcontratistas serán responsables solidarios de las consecuencias del incumplimiento de las medidas preventivas previstas en el plan. Por tanto, las responsabilidades de los coordinadores, de la dirección facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a contratistas y subcontratistas.

La **Administración Pública** hace referencia a cualquiera de los niveles administrativos que pueden estar presentes, directa o indirectamente, en el desarrollo de una obra civil de acuerdo con sus respectivos ámbitos de competencia: estatal, autonómico o local.

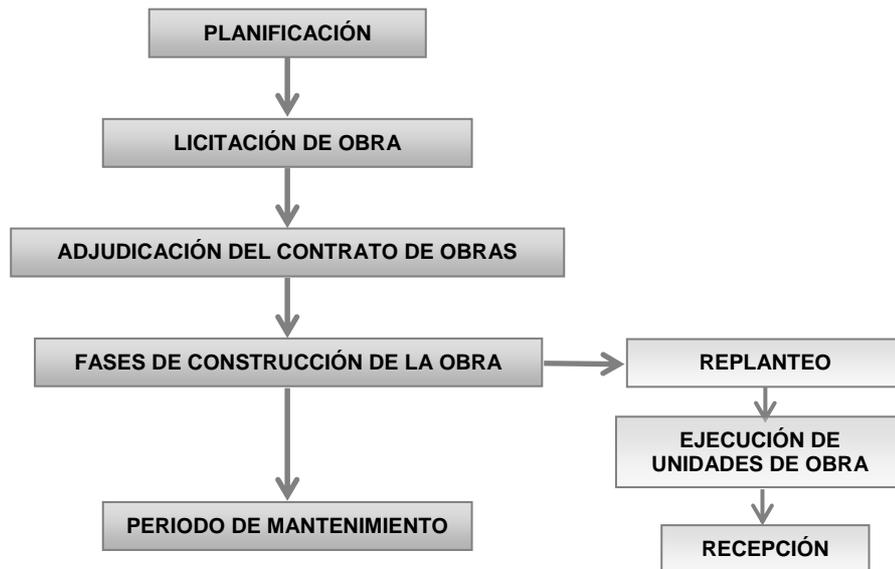
Eventualmente, pueden aparecer a lo largo del proceso terceras personas que resulten determinantes en la buena marcha de las obras. Es el caso de los “**interesados**”, en el sentido administrativo del término. Ostentan la condición de interesado en un expediente todas aquellas personas, físicas o jurídicas, cuyos bienes o derechos puedan verse afectados por la resolución que recaiga o que, simplemente, ostenten un interés directo en el tema. A título de ejemplo, pertenecen a esta categoría todas aquellas personas cuyos bienes han de ser expropiados con motivo de la obra o también organizaciones debidamente registradas que representen intereses difusos.



Personal en la obra

1.2. ETAPAS DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

La realización de cualquier proyecto de obra civil o construcción -o la mejora de las ya existentes- se inicia mucho antes de que las máquinas comiencen a trabajar en el terreno. Antes de que esto ocurra, se desarrolla un laborioso proceso que comienza cuando se considera que existe una necesidad por cubrir, sea con objeto de la mejora de los servicios públicos o de satisfacer necesidades privadas (para mejorar la comunicación entre dos poblaciones se plantea la necesidad de carretera, etc.). Después, será necesario estudiar las diferentes alternativas posibles, el coste económico y las repercusiones medioambientales y sociales de la obra. Finalmente, se tomará la decisión de realizar la alternativa más adecuada. Este proceso podrá durar meses, e incluso años. El promotor puede ser tanto la administración pública o privado.



Etapas de un proyecto de construcción

1.2.1. PLANIFICACIÓN

En esta etapa se definen cuales son las necesidades a cubrir y los objetivos a alcanzar.

El primer paso a seguir es la realización de un **estudio de viabilidad** donde se resuelvan todas las cuestiones de índole física, económica, ambiental y quizá política que se planteen.

El estudio se comienza con la recopilación de los datos necesarios para el diseño de una solución a dicha necesidad, datos que pueden ser topográficos (medición de la superficie real de un terreno), hidrológicos (pluviometría de una cuenca, etc.), estadísticos (aforos de carreteras, etc.) o de otra índole.

En esta etapa, el ingeniero consultor debe trabajar de forma integrada con otros profesionales (financieros, etc.) y autoridades nacionales o locales con poder de decisión, para estudiar las implicaciones económicas y sociales, los impactos ambientales, etc., de la obra.

Una vez aprobado el estudio por el promotor, éste encargará a una empresa consultora de ingeniería la elaboración del **anteproyecto**, el cual constituirá un primer estudio de la obra a realizar. Es en esta fase en la que los organismos competentes decidirán, por ejemplo, el trazado de la carretera. En las fases posteriores el proyecto quedará definido con todo detalle.

En esta última fase se avanza mucho en los detalles constructivos, en la determinación de los costes, en el cronograma de construcción y en el presupuesto al que asciende la ejecución de la obra. En esta etapa tienen mucho peso las investigaciones de campo para detectar dificultades específicas relacionadas con la geología de las áreas en las que intervendrá, y se detallarán los impactos ambientales, incluyendo tanto la parte física como la biótica y la social. En general, es en esta fase en la que se escoge la solución definitiva, que será detallada en la etapa de diseño definitivo o **Proyecto de Construcción**.

1.2.2. LICITACIÓN DE LAS OBRAS

Una vez detallado y especificado suficientemente el proyecto se convoca la licitación de la obra, anunciando la apertura del concurso o subasta. En el caso de ser el promotor la Administración Pública, es obligatoria la licitación. Sin embargo, si se trata de un promotor privado, éste puede prescindir del procedimiento de licitación pública y solicitar ofertas directamente a diversos contratistas competidores.

De forma general, los documentos de licitación de la obra están integrados por **Piegos de cláusulas administrativas, particulares** (contratación, precios, plazos, forma de pago y condiciones a cumplir por la empresa constructora) y de **especificaciones técnicas** (características técnicas del proyecto, su alcance, documentos de los que consta, estudios previos, ensayos, documentación básica a utilizar, escalas, número de copias, grado de terminación de planos, cronogramas, unidades de obra con expresión de los precios y, en definitiva, todas las cualidades técnicas que debe reunir el proyecto para ser aceptado por la Administración).

Las empresas interesadas en la realización del proyecto presentan su oferta atendiendo a lo indicado en los pliegos antes descritos. En dicha oferta, el licitador se compromete a iniciar y ejecutar las obras según las especificaciones fijadas, dentro de los plazos establecidos y para un presupuesto determinado, pudiéndose incluir, de manera complementaria, soluciones alternativas a la propuesta inicial en los pliegos.

1.2.3. ADJUDICACIÓN DEL CONTRATO DE OBRAS

El promotor hará una valoración de las ofertas presentadas en función del presupuesto, la experiencia, las garantías técnicas y financieras, estudios medioambientales, certificados de calidad, etc., y adjudicará el contrato de obras al licitador que presente la mejor oferta.

La supervisión de la obra será llevada a cabo por el mismo proyectista u otro independiente, según determine el promotor.

1.2.4. CONSTRUCCIÓN

Una vez adjudicada la obra, comienza el trabajo sobre el terreno (desbroce, replanteo, etc.), preparando éste para las obras a realizar (movimientos de tierras, construcción de estructuras, etc.).



Desbroce del terreno

La construcción comienza con el replanteo de la obra, que consiste en plasmar en el terreno detalles anteriormente dibujados en planos, como por ejemplo el lugar donde colocar pilares de cimentaciones, etc. Es un paso importante para luego proceder con la realización de la obra.



Replanteo de una obra

La ejecución de una obra puede durar desde meses a varios años, por lo que la forma de pago se realiza mediante el abono del promotor, durante el periodo de construcción, al contratista a intervalos regulares los importes convenidos, con arreglo al progreso de las obras certificadas por el ingeniero que las supervisa.

Por consiguiente, en ocasiones, los pagos de las primas de seguro de grandes proyectos se acuerdan de manera semejante, en plazos que se abonan por adelantado para el año siguiente. Para simplificar el control, por regla general los plazos son cuotas de prima total.

1.2.5. LA RECEPCIÓN DE LA OBRA Y EL PERIODO DE MANTENIMIENTO

Las obras se dan por concluidas cuando la dirección de obra certifique que han sido terminadas conforme al contrato y tras firmar el denominado **acta de recepción provisional**. La responsabilidad contractual del contratista acaba en este momento, aunque puede ampliarse al denominado **periodo de mantenimiento**, de duración de seis a doce meses. Durante este periodo, el contratista está obligado a realizar, a sus expensas, cualquier corrección o reparación que se considere necesaria, y a subsanar todos los defectos, faltas o imperfecciones que aparezcan en la obra. Es tras la firma del **acta de recepción definitiva**, cuando el contratista queda eximido de toda responsabilidad contractual.

En España, para el caso de edificación de uso residencial, el contratista queda legalmente sujeto a responsabilidades durante diez años por defectos estructurales, según determina la Ley 39/1999 de la LOE (Ley de Ordenación de la Edificación).

1.3. EL CONTRATO DE OBRAS

El contrato de obras es el instrumento jurídico que permite repartir la responsabilidad financiera entre el promotor del proyecto de construcción y el contratista. Por tanto, entre otras cláusulas, contiene aquéllas en las que se obliga al contratista a asegurar las obras contra pérdidas o daños. Por lo tanto, es importante para un buen análisis de los riesgos estudiar dicho documento.

1.4. CONTENIDO DEL DOCUMENTO PROYECTO

Los proyectos de obras deberán comprender, al menos:

1. Una **memoria**, en la que se describa el objeto de las obras, que recogerá los antecedentes y situación previa a las mismas, las necesidades a satisfacer y la justificación de la solución adoptada, detallándose los factores de todo orden que haya que tener en cuenta.
2. Los **planos de conjunto y de detalle**, necesarios para que la obra quede perfectamente definida, así como los que delimiten la ocupación de terrenos y la restitución de servidumbres y demás derechos reales, en su caso, y servicios afectados por su ejecución.
3. El **pliego de prescripciones técnicas particulares**, donde se hará la descripción de las obras y se regulará su ejecución, con expresión de la forma en que éstas se llevarán a cabo, de la medición de las unidades ejecutadas y el control de calidad y de las obligaciones de orden técnico que correspondan al contratista.

4. Un **presupuesto**, integrado o no por varios parciales, con expresión de los precios unitarios y de los descompuestos y, en su caso, estado de mediciones y los detalles precisos para su valoración.
5. Un programa de desarrollo de los trabajos o **Plan de Obra**, de carácter indicativo, con previsión -en su caso- del tiempo y coste.
6. Las referencias de todo tipo en que se fundamentará el replanteo de la obra.
7. Cuanta documentación venga prevista en normas de carácter legal o reglamentario.
8. El **Estudio de Seguridad y Salud** o, en su caso, el **Estudio Básico de Seguridad y Salud**, en los términos previstos en las normas de seguridad y salud en las obras.

En ciertos casos, se puede simplificar, refundir o incluso suprimir alguno o algunos de los documentos anteriores -en la forma que reglamentariamente se determine- siempre que la documentación resultante sea suficiente para definir, valorar y ejecutar las obras que comprende.

Salvo cuando resulte incompatible con la naturaleza de la obra (por ejemplo, en el caso de ser el proyecto un plan de urbanización), el proyecto deberá incluir un **estudio geotécnico** de los terrenos sobre los que se ejecutará la obra.

1.4.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO

El estudio geotécnico es el resultado de los trabajos de inspección y caracterización del subsuelo afectado por una obra de ingeniería o arquitectura, motivados por la necesidad de conocer el comportamiento del terreno ante la influencia de dicha obra, y que además de comprender los aspectos descriptivos formales del terreno, suele incluir ciertas recomendaciones para el proyecto de la obra en aquellas facetas en la que ésta “interacciona” con el terreno.

En este estudio deben definirse la naturaleza de los materiales a excavar, el modo de excavación, los taludes a adoptar en los desmontes de la explanación, la capacidad portante del terreno para soportar los rellenos, la forma de realizar estos últimos, sus taludes, los asentamientos que puedan producirse y el tiempo necesario para que se produzcan, los coeficientes de seguridad adoptados, las medidas a tomar para incrementarlos -caso de no ser aceptables-, y las medidas a tomar para disminuir y/o acelerar los asentamientos.

Como información previa a la realización del estudio geotécnico, y parte integrante del mismo, se deben conocer todos aquellos datos que puedan condicionar sus características, solicitaciones e influencias. En particular, y sin ánimo exhaustivo, podemos mencionar: el perfil del terreno, existencia de vertidos, canalizaciones y servicios enterrados, existencia de posibles fallas, terrenos expansivos, terrenos agresivos, existencia y ubicación de rellenos, pozos, galerías, depósitos enterrados, etc.



Calicata

Este estudio suele comprender las siguientes fases:

- Establecimiento de la campaña geotécnica a realizar.
- Realización de las prospecciones de campo y toma de muestras.
- Realización de los ensayos de laboratorio.
- Preparación de la documentación.
- Redacción del informe (incluyendo un apartado de conclusiones y recomendaciones).

Cuando las obras tengan una considerable extensión, el asegurador debe comprobar que en el estudio geotécnico se ha tomado un número adecuado de muestras proporcionado a la extensión del territorio, y además deben preverse tomas de muestras adicionales a medida que la obra avanza con objeto de detectar alteraciones en las condiciones del suelo, aparición de estratos diferentes a los previstos, alteraciones en el nivel de la capa freática, etc. (por ejemplo, en la construcción de un túnel de varios kilómetros se deben prever toma de muestras adicionales).



Máquina para sondeo

En el caso de que las obras tengan elementos singulares de gran importancia, como por ejemplo puentes, debe comprobarse que el estudio geotécnico contempla específica y exhaustivamente los puntos en los que van a situarse elementos sensibles de la propia estructura (apoyos, cimientos, contrafuertes, etc.) o los elementos auxiliares (por ejemplo, las cimbras) con objeto de evitar en lo posible el riesgo de que se produzcan corrimientos de tierras o asientos diferenciales durante la ejecución.

El estudio geotécnico debe ser realizado por personal técnico cualificado de acuerdo con la normativa.

1.4.2. PROYECTO DE SEGURIDAD Y SALUD

La prevención de riesgos laborales es una materia que en la actualidad se considera de gran importancia.

Analizaremos a continuación el caso de España respecto a esta materia:

La Ley 1/1995 sobre esta materia tiene carácter básico, lo que no sólo implica su obligatoriedad absoluta como disposición de mínimos, sino también la de las disposiciones de desarrollo de rango inferior (Reales Decretos, Órdenes Ministeriales, etc.). Esta ley está orientada principalmente hacia los centros permanentes de trabajo, obligando a que exista un estudio de riesgos potenciales y a la adopción de las medidas preventivas y correctoras que sean oportunas.

La naturaleza de las obras de construcción convierte a éstas en centros de trabajo provisionales -lo que obliga a la adopción de estas medidas-, y si la inspección de trabajo comprueba que la inobservancia de la normativa sobre prevención de riesgos laborales implica, a su juicio, un riesgo grave e inminente para la seguridad y la salud de los trabajadores, podrá ordenar la paralización inmediata de los trabajos.

Debe tenerse en cuenta que, salvando casos excepcionales comentados en prensa, la jurisprudencia se orienta en el sentido de admitir lo que se denomina **responsabilidad objetiva**. La protección del trabajador frente a los accidentes es absoluta, y el contratista tiene una responsabilidad por el mero hecho de ejercer una actividad que conlleva la posibilidad de que los accidentes ocurran, con independencia de la obligación de adoptar todas las precauciones necesarias. La ausencia de prevención se convierte entonces en un factor agravante de la responsabilidad en lugar de ser el factor determinante.

En el caso de obras de construcción, la regulación se encuentra contenida en el RD 1627/1997 de disposiciones mínimas en esta materia. Distingue el decreto entre Estudio Básico y Estudio de Seguridad y Salud, y las previsiones que contienen se desarrollan posteriormente por el contratista en el Plan de Seguridad y Salud.

El **Estudio de Seguridad y Salud** deberá realizarse en los siguientes supuestos:

- Cuando el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759 € (540.910,8 \$).
- Cuando la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Cuando el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- En las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Contendrá, como mínimo, los siguientes documentos:

- Memoria descriptiva
- Pliego de condiciones particulares
- Planos
- Mediciones de todas aquellas unidades o elementos de seguridad y salud en el trabajo que hayan sido definidos o proyectados.
- Presupuesto.

La **memoria** incluirá lo siguiente: descripción de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de ser utilizados o cuya utilización pueda preverse; identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas.

Asimismo, se incluirá la descripción de los servicios sanitarios y comunes de que deberá estar dotado el centro de trabajo de la obra, en función del número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

En la elaboración de la memoria habrán de tenerse en cuenta las condiciones del entorno en que se realice la obra, así como la tipología y características de los materiales y elementos que hayan de utilizarse, la determinación del proceso constructivo y el orden de ejecución de los trabajos, así como cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la obra, debiendo estar localizadas e identificadas las zonas en las que se presten trabajos incluidos en uno o varios de los siguientes apartados, así como sus correspondientes medidas específicas:

- Trabajos con riesgos especialmente graves de sepultamiento, hundimiento o caída de altura, por las particulares características de la actividad desarrollada, los procedimientos aplicados, o el entorno del puesto de trabajo.
- Trabajos en los que la exposición a agentes químicos o biológicos suponga un riesgo de especial gravedad, o para los que la vigilancia específica de la salud de los trabajadores sea legalmente exigible.

- Trabajos en la proximidad de líneas eléctricas de alta tensión.
- Trabajos que expongan a riesgo de ahogamiento por inmersión.
- Obras de excavación de túneles, pozos y otros trabajos que supongan movimientos de tierra subterráneos.
- Trabajos realizados en inmersión con equipo subacuático.
- Trabajos realizados en cajones de aire comprimido.
- Trabajos que impliquen el uso de explosivos.
- Trabajos que requieran montar o desmontar elementos prefabricados pesados.

En el **pliego de condiciones particulares** se tendrán en cuenta las normas legales y reglamentarias aplicables a las especificaciones técnicas propias de la obra de que se trate, así como las prescripciones que se habrán de cumplir en relación con las características, la utilización y la conservación de las máquinas, útiles, herramientas, sistemas y equipos preventivos.

En los **planos** se desarrollarán los gráficos y esquemas necesarios para la mejor definición y comprensión de las medidas preventivas definidas en la memoria, con expresión de las especificaciones técnicas necesarias.

El estudio deberá formar parte del Proyecto de Ejecución de Obra o, en su caso, del Proyecto de Obra, ser coherente con el contenido del mismo y recoger las medidas preventivas adecuadas a los riesgos que conlleve la realización de la obra. El presupuesto del Estudio de Seguridad y Salud deberá ir incorporado al presupuesto general de la obra como un capítulo más de éste, y no incluirá los costes exigidos por la correcta ejecución profesional de los trabajos, conforme a las normas reglamentarias en vigor y los criterios técnicos generalmente admitidos, emanados de organismos especializados.

El **Estudio Básico** debe realizarse siempre que no se den las condiciones descritas anteriormente, y deberá precisar las normas en materia de seguridad y salud aplicables a la obra. A tal efecto, deberá contemplar: la identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; y la relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas. En su caso, tendrá en cuenta cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la obra, y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados anteriores.

Tanto en el Estudio como en el Estudio Básico de Seguridad y Salud se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsible trabajos posteriores.

Cada contratista elaborará un **Plan de Seguridad y Salud** en el trabajo específico para cada obra, en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el Estudio o Estudio Básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución ni del importe total ni de los niveles de protección previstos en el Estudio o Estudio Básico.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra. En el caso de obras de las Administraciones Públicas, el plan, con el correspondiente informe del coordinador en materia de seguridad y de salud durante la ejecución de la obra, se elevará para su aprobación a la administración que haya adjudicado la obra. Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, sus funciones serán asumidas por la dirección facultativa.



Seguridad en el trabajo

1.4.3. ESTUDIO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Los proyectos que hayan de someterse a evaluación de impacto ambiental deberán incluir un estudio de impacto ambiental que contendrá, al menos, los siguientes datos:

- Descripción general del proyecto y exigencias previsibles en el tiempo, en relación con la utilización del suelo y de otros recursos naturales. Estimación de los tipos y cantidades de residuos vertidos y emisiones de materia o energía resultantes.
- Exposición de las principales alternativas estudiadas y justificación de las principales razones de la solución adoptada, teniendo en cuenta los efectos ambientales.
- Evaluación de los efectos previsibles directos o indirectos del proyecto sobre la población, la fauna, la flora, el suelo, el aire, el agua, los factores climáticos, el paisaje y los bienes materiales, incluido el patrimonio histórico artístico y el arqueológico.

- Medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales significativos.
- Programa de vigilancia ambiental.
- Resumen del estudio y conclusiones en términos fácilmente comprensibles. Informe, en su caso, de las dificultades informativas o técnicas encontradas en la elaboración del mismo.

La descripción del proyecto y sus acciones incluirá:

- Localización.
- Relación de todas las acciones inherentes a la actuación de que se trate, susceptibles de producir un impacto sobre el medio ambiente, mediante un examen detallado tanto de la fase de su realización como de su funcionamiento.
- Descripción de los materiales a utilizar, suelo a ocupar, y otros recursos naturales cuya eliminación o afectación se considere necesaria para la ejecución del proyecto.
- Descripción, en su caso, de los tipos, cantidades y composición de los residuos, vertidos, emisiones o cualquier otro elemento derivado de la actuación, tanto sean de tipo temporal - durante la realización de la obra- o permanentes -cuando ya este realizada y en operación-, en especial, ruidos, vibraciones, olores, emisiones luminosas, emisiones de partículas, etc.
- Un examen de las distintas alternativas técnicamente viables, y una justificación de la solución propuesta.
- Una descripción de las exigencias previsibles en el tiempo, en orden a la utilización del suelo y otros recursos naturales, para cada alternativa examinada.

El inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas y ambientales claves comprenderá:

- Estudio del estado del lugar y de sus condiciones ambientales antes de la realización de las obras, así como de los tipos existentes de ocupación del suelo y aprovechamientos de otros recursos naturales, teniendo en cuenta las actividades preexistentes.
- Identificación, censo, inventario, cuantificación y, en su caso, cartografía, de todos los aspectos ambientales que puedan ser afectados por la actuación proyectada.
- Descripción de las interacciones ecológicas claves y su justificación.
- Delimitación y descripción cartografiada del territorio o cuenca espacial afectada por el proyecto para cada uno de los aspectos ambientales definidos.

- ☑ Estudio comparativo de la situación ambiental actual y futura, con y sin la actuación derivada del proyecto objeto de la evaluación, para cada alternativa examinada.

Las descripciones y estudios anteriores se harán de forma sucinta en la medida en que fueran precisas para la comprensión de los posibles efectos del proyecto sobre el medio ambiente.



Entorno de una obra

1.4.4. DISPOSICIONES RELATIVAS AL CONTROL DE CALIDAD EN OBRA

El control de calidad en las obras se define en los pliegos de condiciones técnicas que deben ser parte integrante de todo proyecto.

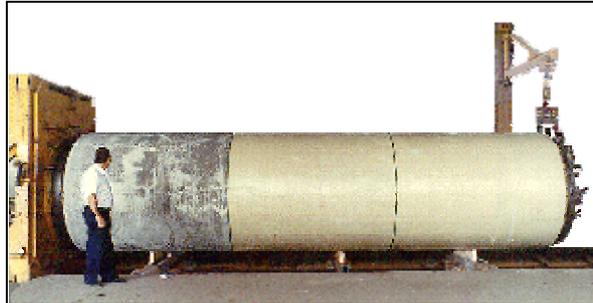
Se divide en dos partes:

- Control de recepción de materiales.
- Control de ejecución de unidades de obra.

En el caso de España:

- Es una disposición normal que la realización efectiva del control sea realizada por laboratorios o instituciones de carácter independiente -oficiales o particulares-, siempre que estén debidamente acreditadas mediante certificación expedida por organismos competentes.
- El pliego debe definir, para cada uno de los materiales o unidades de obra, la unidad de inspección (volumen de obra o número de unidades que constituyen la base para el muestreo), el número de muestras que hay que tomar, los ensayos que hay que realizar y las acciones en caso de rechazo (toma de más muestras, etc.). Es frecuente que estos aspectos se establezcan por referencia a determinadas disposiciones legales, normas, etc.

- La normativa suele aceptar tres niveles de control: intenso, normal y reducido. Partiendo de las especificaciones de control normal se establecen reducciones o intensificaciones en función de factores tales como: la certificación de los suministradores, el nivel de vigilancia por parte de la dirección facultativa, el rechazo o aceptación anteriores de lotes de material, etc.



Operaciones de control de calidad en hormigón

- Resulta conveniente que el pliego de prescripciones técnicas particulares contenga expresamente las disposiciones de muestreo, los ensayos que hay que realizar y las tolerancias admitidas y no solo la referencia a la disposición aplicable. Hay que señalar que, de acuerdo con la instrucción de hormigón armado EHE, el nivel de control debe figurar, además, en los planos.

1.5. PECULIARIDADES Y SITUACIÓN ACTUAL DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Definir en pocas líneas las características de una obra de construcción nos obliga a centrarnos en las características generales, dejando para descripciones especializadas las propias de cada tipo específico de construcción.

Entre las peculiaridades que definen las obras de construcción destacan las siguientes:

- Los trabajos que se realizan configuran un **entorno cambiante** que se desarrolla en localizaciones abiertas de alta exposición a los agentes ambientales (viento, lluvia, etc.), condicionantes orográficos como desniveles y accesos, con participación de numerosos intervinientes -con posibilidad de interactuar favorable y desfavorablemente entre ellos-, con ejecución de trabajos complejos y utilización de maquinaria pesada o singular y que, de manera general y obligada, precisan una exhaustiva planificación y un riguroso control de gestión y grado de cumplimiento de hitos y objetivos.
- Muchas de estas obras son de **“interés público”** cuando no caen en el ámbito del dominio público. Por esta razón, son proyectos en los que la intervención y el control de las distintas administraciones públicas se muestra en toda su extensión.

- Son proyectos en cuya ejecución se emplea una gran cantidad de **equipo y maquinaria pesada**, que por sus características es de muy alto coste, baja maniobrabilidad y requiere una conducción especializada y cuidadosa. Los siniestros asociados a este tipo de maquinaria son principalmente: colisiones con elementos de la obra o con otra maquinaria, vuelcos, atropellos y averías mecánicas.



Retroexcavadora

A pesar de la baja velocidad, la elevada masa que posee este tipo de maquinaria hace que, en las colisiones con los elementos de la obra o con otra maquinaria, los daños sean de mucha extensión, pudiendo producir adicionalmente hundimientos o movimientos de tierras con derrumbe de paredes o terraplenes. La misma característica produce, en caso de atropello, lesiones muy graves debidas al exceso de peso.

Su empleo o traslado por vías abiertas con tráfico rodado, junto a la poca capacidad de maniobra, puede originar colisiones con otros vehículos particulares con resultados graves.

La falta de capacitación o los descuidos del personal de mantenimiento pueden producir una deficiente colocación de recambios o daños directos, de elevado coste por el alto precio de componentes o de la propia maquina.

La conducción por terrenos pocos cohesivos puede producir atascos e incluso el vuelco con aplastamiento de personas o destrucción de bienes, además de la necesidad de maquinaria especializada para su retirada y los retrasos que conlleva.

El estado de todo el equipo de trabajo que entre en la obra deber ser comprobado por el personal competente, documentando los resultados en el archivo documental de la obra a disposición de la autoridad -constando las características, utilización y mantenimiento de los mismos-.



Tuneladora

- Gran parte de este tipo de obras ocupan gran **extensión superficial** (por ejemplo una carretera). Esta extensión puede tener efectos agravantes en el riesgo de siniestro:



Construcción de una presa

- La naturaleza del terreno puede variar enormemente de una zona a otra en diversos aspectos: tipo de suelo, cohesión, profundidad de la capa freática, etc. Por esta razón, el agente de seguros debe verificar que el estudio geotécnico tiene un contenido adecuado, tanto en número de muestras como en los análisis y pruebas de laboratorio realizadas. Las carencias del estudio geotécnico pueden conducir a situaciones no deseables como por ejemplo la falta de adecuación de las tierras extraídas para su empleo en la propia obra, que los suelos resulten no aptos para el sostenimiento de la obra, aparición de estratos rocosos que exijan voladuras controladas, inundación de excavaciones etc.

Estas circunstancias determinan siempre una pérdida económica indirecta -o incluso, eventualmente, directa- para el contratista. Al no estar incluidas en el proyecto original las operaciones técnicas para solventar el problema (aportes de material externo, operaciones de consolidación de suelos, voladuras), tales operaciones deben ser remuneradas aparte y originan indefectiblemente retrasos en la ejecución de la obra. Por otro lado, se corre el riesgo de daños directos debidos a corrimientos de tierras, inundaciones o pérdida de estabilidad que afecten a encofrados o maquinaria, con derrumbe de estructuras o vuelcos.

- Dificulta el acceso de los trabajadores tanto a los tajos desde las zonas habilitadas para el estacionamiento de vehículos, como a otras instalaciones.
 - Existe la posibilidad de penetración de personal ajeno a la obra, especialmente cuando esta representa por su extensión un obstáculo para el acceso de las personas a los medios de transporte colectivos. En tales casos las probabilidades de que se produzcan accidentes (caídas a zanjas...) se elevan y debería preverse la zonificación de la obra y, cuando sea posible, la realización de pasos públicos.
 - La extensión dificulta la vigilancia en general y particularmente la de los acopios de materiales, que tienden a situarse en las proximidades de los tajos. Esto facilita la realización de robos o de actos vandálicos. Deben preverse entonces medidas adicionales de protección de los materiales.
- Es diferente la exposición al riesgo de un proyecto ya concluido a otro en fase de ejecución. Por ejemplo, una zanja abierta para tender una tubería está mucho más expuesta a la lluvia y las inundaciones que la canalización terminada.



Construcción de un edificio

- La **competencia en el sector** de la construcción es cada día mayor. En la licitación, los contratistas no sólo van a competir en cuanto al precio de las ofertas, sino también en lo que respecta a los plazos de ejecución. Los materiales y la pericia en el trabajo, la calidad de la mano de obra, así como los métodos de construcción utilizados y la fecha de inicio de las obras pueden determinar el éxito o fracaso económico del contratista. Ello conlleva a disminuir todo lo posible el margen de seguridad aumentando claro está los riesgos; todos estos factores afectan igualmente a los riesgos que asume el asegurador puesto que es éste el que tiene que hacer frente a factores de índole económica.
- Inadecuada cualificación de la mano de obra.

■ **La innovación** o el prototipo en los proyectos es otro factor a destacar en este tipo de proyectos, debido a las siguientes razones:

- En muchas ocasiones, los proyectos a ejecutar son cada vez más audaces, basados en cálculos puramente teóricos.
- La novedad de los materiales, que en ocasiones se deben utilizar, de los que se tienen poca o ninguna experiencia.
- El progreso en los métodos y técnicas de construcción.

Es importante tener en cuenta que todo proyecto de ingeniería de envergadura posee características singulares, por lo cual viene a representar un prototipo (túneles, presas, autopistas, etc.).

■ El incremento de obras de todo tipo, el valor cada vez mayor de las distintas construcciones hacen que aumente el riesgo técnico y económico producido por dicho aumento de valor.

■ Como ya se había desarrollado en puntos anteriores, desde que se presenta la necesidad de una obra hasta la terminación de la misma, se suceden una serie de etapas en las que un error en una de ellas puede afectar a fases posteriores. Por ejemplo, en la fase de ejecución de un puente mediante el método de construcción en voladizos de vigas, un error de cálculo en la viga del puente -si no se han tenido en cuenta ciertas cargas- puede producir el colapso de parte de la misma.

■ Además, en todas estas fases el número de intervinientes puede ser muy elevado, contratistas, subcontratistas, proyectistas que no tiene porque coincidir con la dirección de obra, etc., una mala coordinación de los mismos, una inadecuada intervención de uno de ellos, agravan el riesgo de que se produzca un siniestro.

Un ejemplo de ello, es el incendio del Pabellón de los Descubrimientos en la Expo-92 en Sevilla, a causa de trabajos de soldadura realizados por una empresa subcontratada.



Incendio del Pabellón de los Descubrimientos. Expo -92 Sevilla

- En una obra es frecuente que esté integrada por distintas unidades de obra, con riesgos muy diferentes entre ellas, por ejemplo, en un tramo de autopista, puede ejecutarse parte a cielo abierto, parte en túnel y parte transcurrir sobre un viaducto, y los riesgos de un túnel, un viaducto o el tramo a cielo abierto, son muy diferentes por lo que se deben analizar de forma independiente.

En consecuencia, los posibles riesgos asociados a la construcción pueden suponer pérdidas tales que sean superiores al potencial económico de la empresa constructora.



Rotura de tubería tras inundación de una zanja.

Una opción es constituir unas **reservas** para asumir estos riesgos, pero en ocasiones resulta muy costoso e incierto. Además la competencia cada vez más intensa del sector no permite a las empresas de construcción introducir en sus ofertas de licitación recargos suficientemente amplios para absorber todos los riesgos imprevistos.

Una opción de gran interés para la empresa constructora, para evitar la constitución de reservas para previsión y eliminar así las consecuencias derivadas de un error de cálculo en la determinación de estas reservas, es el **transferir los riesgos** mediante la contratación de una compañía aseguradora, que mediante la suscripción de una póliza de un seguro Todo Riesgo Construcción (TRC), le cubra contra los múltiples riesgos que aparecen durante el proceso constructivo,

De manera que este seguro contribuye de forma significativa a los costes de construcción, al mismo tiempo que proporciona una protección financiera a todas las partes interesadas.

Si a esto añadimos que para que un banco conceda un préstamo exige unas ciertas garantías, éstas deben materializarse en forma de un seguro apropiado. Hay una creciente exigencia de la contratación de este seguro por parte de las entidades financieras que conceden préstamos para la construcción, ya que así garantizan las sumas entregadas y la continuidad de las obras.

2. RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN

2.1. CLASIFICACIÓN GENERAL DE RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN

Sería imposible enumerar todos los riesgos que se pueden presentar en este tipo de obra, puesto que basta con que exista la accidentabilidad e imprevisibilidad del suceso para que éste se encuentre cubierto. Por ello, nos centraremos en los que habitualmente son objeto de cobertura aseguradora. Éstos se dividen en tres categorías:

Causas de los siniestros indemnizables

- Riesgos convencionales o normales
- Riesgos inherentes a la propia obra
- Riesgos catastróficos extraordinarios

2.1.1. RIESGOS CONVENCIONALES

Los más frecuentes son:

- Incendio. Son muy diversas las causas de incendio, pero circunstancias como el almacenamiento desordenado de madera, la utilización de líquidos inflamables para la combustión de motores, el empleo de plásticos y materiales combustibles, trabajos de soldadura, estufas en almacenes, colillas mal apagadas (véase el incendio del edificio Windsor en marzo del 2005), material eléctrico, etc., proporcionan abundante carga de fuego.

Un ejemplo de ello fue el incendio durante la construcción de la denominada Torre Espacio, una de las torres de complejo CTBA (Cuatro Torres Business Area) en Madrid.



Incendio durante la construcción de la Torre Espacio (Madrid)

Es un tipo de siniestro relativamente frecuente, que durante algunos años encabezó las listas de siniestralidad, y suele dar lugar al pago de cuantiosas indemnizaciones.

- Caída de rayo. La electricidad atmosférica puede causar daños, especialmente en transformadores y edificaciones que superen en altura a otras próximas. Es importante tener en cuenta la inexistencia de pararrayos en las obras durante su construcción, además de que la caída de rayo en ocasiones se ve agravada por la presencia en las grúas o mástiles.
- Explosión. En las obras pueden instalarse calderas, transformadores provisionales para la red de obra, compresores u otros aparatos con riesgo de explosión. Queda cubierta la posible explosión de origen externo a la obra.
- Robo. En sus comienzos se incluía en la póliza, pero en la actualidad casi todas las aseguradoras la excluyen casi de forma absoluta. (Ver apartado de riesgos excluidos, coberturas optativas).
- Caída de aves aéreas.

2.1.2. RIESGOS CATASTRÓFICOS (DE FUERZA MAYOR O EXTRAORDINARIOS)

Entre los riesgos catastróficos destacan, por un lado, los que proceden de causas de la naturaleza - que pueden preverse pero sus efectos son inevitables-, y por otro, los que son totalmente imprevisibles.

Los riesgos debidos **a causas de la naturaleza** incluyen:

- Vientos, tempestades, huracanes y ciclones. Pueden causar daños serios, por lo que este hecho se debe tener en cuenta en el proyecto y hacer los cálculos según la normativa al respecto. Aunque sólo se protege a las obras terminadas, durante la construcción se está expuesto a este fenómeno.

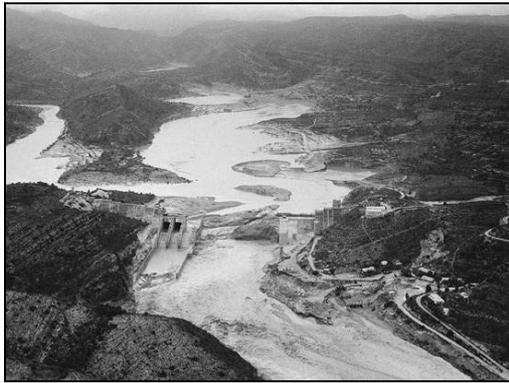
En el caso de España, estos sucesos normalmente no producen pérdidas totales. Sin embargo, el número de siniestros parciales debidos a las citadas circunstancias es considerable, siendo los de mayor frecuencia los relativos a vuelcos de grúas, arrastre de cubiertas de aluminio, caídas de tabiques aún frescos, etc.

- Inundaciones y daños por agua. Las variaciones atmosféricas hacen previsible la ocurrencia de fenómenos hidrológicos. Este hecho, unido a que la mera existencia de agua en las obras ya es un riesgo permanente para las mismas, hace que los daños por agua sean de los que con mayor frecuencia infieren en el seguro.

Las causas principales de daños por agua son:

- Insuficiente consideración en el proyecto de las condiciones hidrológicas y meteorológicas, es decir, la falta de medidas preventivas tales como: galerías de desvío, tablestacados, drenajes, ausencia de canales de derivación o bombas de achique suficientes en fosos, etc.

Por ejemplo, un periodo de retorno insuficiente en el cálculo de la Presa de Tous provocó que la presa fuera rebasada ante la aparición de una avenida descontrolada.



Presa de Tous tras la inundación (1982)



Presa de Tous (2002)

- Realización de trabajos durante periodos con peligros especiales por el riesgo de lluvia.
- Carencia de sistema de alarma o insuficiente rapidez en la comunicación de crecidas de agua.
- Ubicación de las obras, almacenes u otras instalaciones en lugares con posible amenaza por crecidas o riadas, como son por ejemplo los cauces de ríos que estuvieran secos en el momento de la ejecución de la obra.



Daños por lluvias ocasionados en la construcción de un canal

- Terremotos. En zonas con riesgo de sismicidad debe tenerse en cuenta este hecho desde la realización del proyecto, aplicando las normas sísmicas existentes. No obstante, al igual que ocurría para el caso del viento, sólo están protegidos los daños en obras terminadas, pero no en la fase de construcción. En el caso de España, por ejemplo, si bien no se encuentra dentro de las zonas de mayor actividad sísmica, hay zonas como Granada, Murcia y norte de Huesca con relativa peligrosidad de terremotos. En cualquier caso, el hecho de que no sea probable un gran terremoto no elimina la posibilidad de pequeños movimientos sísmicos, capaces de provocar el hundimiento de un edificio en construcción.
- Hundimientos, corrimientos de tierras y desprendimiento de rocas. En estos casos, muchas veces los problemas son debidos a la no realización de un buen estudio geotécnico o a la mala suerte, puesto que al hacer el estudio y a pesar de que los estudios geológicos y geotécnicos se realizan cada vez con más exactitud, las capas internas del terreno pueden sorprender con la existencia de bolsas de material distinto (lentejón arcillosa, rocas meteorizadas, etc.) que darán lugar a siniestros.

A esto hay que añadir que las medidas de prevención son caras, por lo que se intentan evitar con frecuencia a pesar de incrementar con ello el riesgo. Por ejemplo, en la construcción de zanjas, son muchas las ocasiones en que no son realizadas con las debidas medidas de seguridad (entibaciones, tablestacados poco profundos, etc.) por lo que suelen producirse corrimientos del terreno con el consiguiente daño propio a la obra, a la maquinaria o a edificios colindantes.

Estos derrumbamientos suelen ocurrir por la presión que ejercen las paredes del terreno en función de los distintos tipos del mismo, humedades, etc. El riesgo puede aumentar por las condiciones meteorológicas, los efectos del tráfico próximo, la existencia de construcciones contiguas o de depósitos de material y también por sobrecargas transmitidas por las grúas u otros aparatos de elevación. En otras ocasiones, los puntales no tienen apoyos de base capaces de resistir las presiones que se les transmite, dando lugar a que el terreno ceda. Todos estos aspectos se agravan en las excavaciones, donde las infiltraciones de agua existen. En estos casos, la presión hidrostática aumenta con la profundidad, produciendo una mayor inconsistencia del terreno.

Sirva como ejemplo de hundimiento del terreno el accidente ocurrido en enero de 2005 durante las obras de ampliación de la línea 5 del Metro de Barcelona, que provocó el colapso de edificios y obligó al desalojo de más de mil vecinos del barrio del Carmel y a la demolición de varios inmuebles.

La excavación del túnel estaba siendo ejecutada con el Nuevo Método Austriaco -conocido como NATM- (*New Austrian Tunnelling Method*). La excavación de las zonas laterales del túnel pudo suponer un cambio desigual de presiones que soportaba el túnel, provocando un hundimiento de tierras (circunstancia agravada por la existencia de una falla cercana a la zona donde se produjo el siniestro).



Derrumbe de la línea de metro de El Carmel



Edificios afectados por el derrumbe del metro en El Carmel

Además de los daños materiales, este hundimiento provocó el desplome de los edificios de viviendas colindantes.

Por otro lado, en lo que respecta a los **riesgos imprevisibles**, acotar el caso fortuito es una cuestión mucho más compleja y que normalmente queda a criterio de los tribunales, por lo que es un asunto de casuismo. A título meramente indicativo podemos señalar las siguientes características de este tipo de riesgo:

- Debe ser un evento totalmente azaroso, que, aunque posible, no sea una consecuencia propia e inevitable de la actividad desarrollada.
- El comportamiento doloso debe estar totalmente ausente.
- Debe haberse desplegado una actividad suficiente con objeto de evitar que se produjera el daño.

El caso fortuito excluye la responsabilidad del asegurado, salvo disposición legal expresa, por lo que suele tener como consecuencia una obligación de la compañía aseguradora de indemnizar los daños producidos al propio asegurado y, eventualmente, a terceros.

2.1.3. RIESGOS DE LA PROPIA OBRA

En este capítulo se engloban los riesgos debidos a las actividades llevadas a cabo en la ejecución de las obras.

Dentro de la infinidad de riesgos que pueden presentarse se destacan los más frecuentes:

- Defectos de mano de obra, impericia, negligencia y actos mal intencionados (dolo). Una de las características en la ejecución de obras es, como ya se ha apuntado con anterioridad, la falta en muchos casos de especialización de la mano de obra. Esta circunstancia, unida a la variedad de lugares de trabajo, es causa de que las impericias de los trabajadores produzcan gran número de accidentes. Se citan a continuación algunos de los más frecuentes:
 - Apuntalamientos incorrectos del encofrado, con hundimientos parciales del mismo.
 - Defectuosa disposición de encofrados.
 - Depósito brusco de hormigón, con hundimiento de plantas en construcción.
 - Defectuoso anclaje de las grúas, que puede provocar caídas sobre las obras.
 - Almacenamientos inadecuados que, al producir, sobrecargas no consideradas, pueden causar el colapso parcial de la estructura (por ejemplo, el hundimiento de una zanja de canalización por depositar el material muy cerca de ésta).



Acumulación de material cercano a la zanja

- Impericia o descuido en el manejo de las máquinas, causa de innumerables daños tanto a la propia obra como a terceros.
- Negligencias en la realización de medidas preventivas, tales como: olvidos en conectar las bombas de evacuación de agua, faltas de previsión en la elevación de cargas y otras similares.

- Errores de cálculo o diseño y empleo de materiales defectuosos o inadecuados. Estos factores normalmente originan grandes siniestros. Por ejemplo, un pilar mal dimensionado puede provocar el hundimiento total o casi total de parte de un forjado.

Ejemplo de esto puede ser el siniestro ocurrido en noviembre de 2005 durante la construcción de un viaducto en Almuñécar (Granada), donde el derrumbamiento de un encofrado deslizante causó serios daños materiales y la muerte de seis personas.

Aunque la causa está aún sin confirmar, entre las hipótesis barajadas están:

- Fatigas de materiales, debido a un defecto de fabricación o efecto de la corrosión.
- Mala calidad del material (acero turco laminado con métodos de verificación distintos).
- Fallo técnico por mala ejecución.



Derrumbe del andamiaje metálico en las obras de la autovía del Mediterráneo en Almuñécar (Granada)

2.2. RIESGOS ESPECÍFICOS DE ALGUNAS OBRAS

Según sea el tipo de obra, los riesgos a analizar serán diferentes. Son **riesgos específicos** aquéllos que afectan a un tipo de obra determinada, y **riesgos genéricos** aquellos que afectan a todo tipo de obra (orografía, hidrología, etc.).

Dicho todo lo anterior, y procurando dar un enfoque práctico, centraremos este estudio en las características constructivas y los factores de riesgo asociados a algunas de las obras más frecuentes.

2.2.1. PRINCIPALES RIESGOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES

Previamente al análisis de los principales riesgos asociados a la construcción de puentes, se describen a continuación los principales métodos constructivos de estas obras de ingeniería:

a) Método de cimbras

En la construcción de puentes de hormigón *in situ*, la ejecución de las piezas de hormigón (losas, vigas, pilares, etc.) requiere proporcionar a éstas la forma adecuada. Para ello, se vierte el hormigón fluido en unos moldes denominados encofrados y se espera a que en él se produzcan las reacciones químicas necesarias para que fragüe y adquiera la resistencia necesaria exigida. Estos encofrados se apoyan sobre unos armazones denominados **cimbras**, cuya función es la de transmitir el peso del hormigón aún no portante al terreno.

Todos estos elementos auxiliares se retiran cuando el hormigón haya fraguado y éste haya adquirido su propia capacidad portante.

La mayor parte de estos elementos auxiliares son de acero aunque en ocasiones siguen utilizándose de madera.

Las cimbras pueden ser de distintos tipos, según las exigencias el obstáculo a salvar y según el tipo de estructura a ejecutar: fijas, rodantes, deslizantes o en voladizo.

- **Cimbras fijas**, cimentadas al subsuelo.



Montaje de cimbra en cruce vial. Czermiakowska, Warschau, Polonia

- **Cimbras rodantes.** Formadas generalmente por vigas y polines que quedan apoyadas en tubos o ruedas, permitiendo así desplazarlas y colocarlas en el vano siguiente. Son muy utilizadas cuando tiene que efectuarse en una obra el colado de una serie de elementos iguales -tanto como en sección como en longitudinales-, resultando económicas tanto en estos casos como en la construcción de puentes no muy altos.



Cimbra rodante

- **Cimbras deslizantes.** Utilizadas para la construcción de las pilas del puente.



Cimbra deslizante

- **Cimbras en voladizo.** Son estructuras auxiliares formadas por apoyos de andamiaje sobre vigas transversales sujetas en los soportes del puente, con lo que le posibilitan el deslizarse de un tramo a otro. Éstas son útiles en la construcción de puentes largos y sobre terreno accidentado, donde no es posible apoyarlas en el propio terreno.



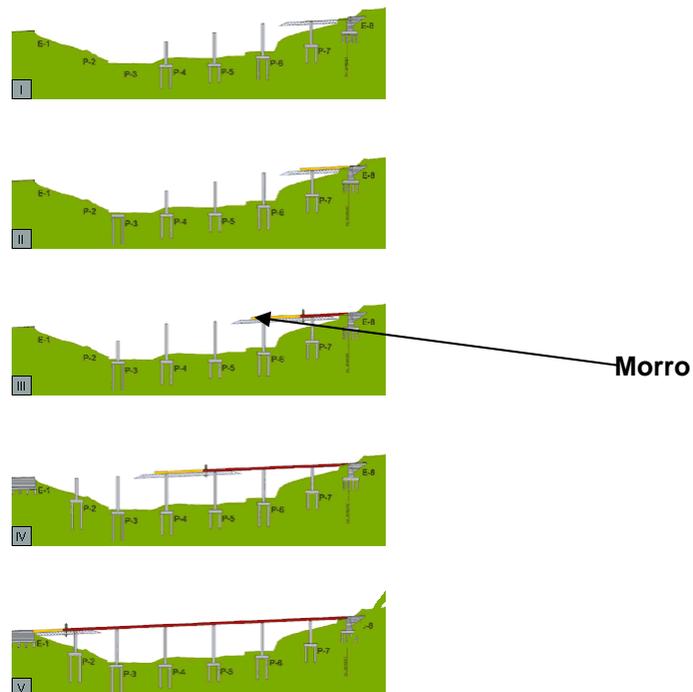
Cimbras de viga en voladizo. Puente sobre el río Lek. Vianen, Países Bajos

En la mayor parte de las ocasiones, la estructura de las cimbras es de importantes dimensiones y su ejecución es complicada, suponiendo a veces más de la tercera parte del presupuesto total de la obra. Por ello, debe cuidarse su diseño y cálculo, lo que implica que esta labor suele ser realizada por empresas especializadas.

b) Método de deslizamiento de tramos

Este procedimiento constructivo consiste en ir construyendo la superestructura del puente en secciones de medida variable (10 a 30 m), desde un extremo del vano a salvar hasta el otro extremo.

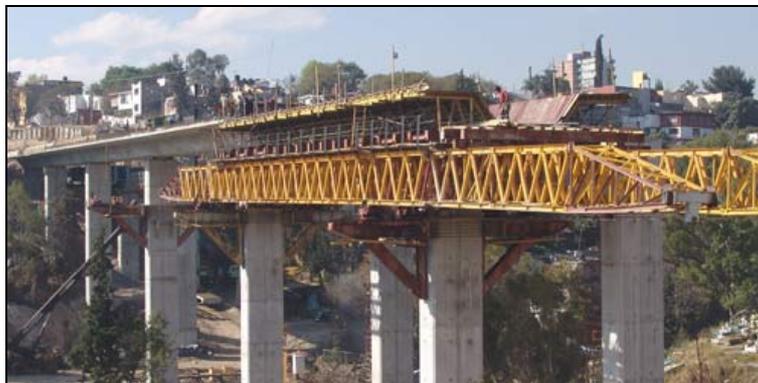
El proceso sigue el esquema siguiente:



Ejecución de un puente por el método de deslizamiento de tramos

Antes de ejecutar la superestructura, se van ejecutando las pilas del puente que servirán de apoyo de las secciones a medida que se va avanzando en el proceso.

Los distintos tramos a deslizar se ejecutan *in situ*, en un encofrado fijo situado detrás del estribo del puente desde el que parte la obra. En éste se coloca el armado, se vierte el hormigón, se espera a que fragüe y endurezca y se pretensa. A continuación se realiza el desencofrado para, a continuación, deslizarlo hacia el puente mediante prensas hidráulicas sobre apoyos como el neopreno, chapa de acero cromado, etc. Acto seguido se procede a hormigonar la siguiente sección y se desliza de nuevo. En el último elemento delantero se halla montado un elemento auxiliar de acero, denominado morro, que durante el deslizamiento se apoya en el próximo pilar, disminuyendo así los momentos de voladizo que resulten del peso propio.



Estructura deslizante. Puente de Tarango (Méjico)

c) Método por voladizos sucesivos

Esta técnica consiste en construir la superestructura a partir de las pilas o estribos, agregando tramos parciales (de media de 3 a 5 m) que se sostienen del tramo anterior. Para ello se utiliza un encofrado deslizando en voladizo.

Si se decide comenzar a ejecutar la superestructura desde un pilar, los elementos constructivos en voladizo deben ser arriostrados mediante elementos tensores verticales en el pilar de partida o apoyados provisionalmente hasta que el cuerpo de la obra tenga estabilidad suficiente.

Si, por el contrario, se comienza desde un estribo del puente, se debe arriostrar con tirantes de anclaje (según la tipología del terreno) para cuidar la cimentación del estribo y compensar las fuerzas de flexión que puedan aparecer.

Esta maniobra se realiza de manera más o menos simétrica a partir de cada pilón, de manera que se mantenga equilibrado y no esté sometido a grandes momentos capaces de provocar su vuelco.



Construcción de puente desde estribos.
Arriostramientos diagonales provisionales de sujeción (zonas amarillas)



Construcción de puente en voladizo desde pilares

RIESGOS

Entre los posibles riesgos asociados a estos métodos constructivos destacan:

- Sea cual sea el tipo de puente, una de las partes más delicadas es la **cimentación bajo agua**, por la dificultad en encontrar un terreno que resista las presiones, siendo normal el empleo de cimentaciones especiales como pilotes o cajones neumáticos. Las pilas deben soportar la carga permanente y sobrecargas sin asentamientos, y ser insensibles a la acción de los agentes naturales (viento, grandes riadas, etc.).
- El puente es una obra destinada a sustentar cargas de tipo dinámico. Es por ello que adquieren importancia fenómenos que en otro tipo de estructuras no son tan relevantes, como por ejemplo la resonancia. Las cargas móviles individualmente consideradas provocan en la estructura una vibración; cuando varias cargas móviles actúan simultáneamente, las vibraciones producidas pueden anularse unas a otras o, por el contrario, pueden acompañarse generando una supervibración que colapse la estructura. Este fenómeno era ya conocido en la antigüedad, de modo que el paso de los ejércitos a través de los puentes se hacía rompiendo la formación.
- Cuando la distancia que deben salvar los puentes es grande, el número de pilares debe ser, en principio, elevado. El problema suele ser que los puentes para grandes longitudes tienen como objeto salvar brazos de agua o ríos. Las dificultades inherentes a la ejecución de los apoyos (trabajos sumergidos, ejecución de ataguías para el vaciado del agua, etc.) hacen que su número se limite lo más posible aumentando las luces de los vanos, lo que obliga a emplear soluciones tales como puentes colgantes y atirantados con pilones de gran altura y, por lo tanto, de gran esbeltez y con tendencia a vibrar por efecto del viento.

- Las grandes luces hacen que el tablero del puente sufra el “efecto cinta”. Las sobrecargas verticales, particularmente las cargas sísmicas y los ciclos presión-succión del viento, generan una vibración que puede colapsar el tablero, por lo que se requiere su rigidización mediante configuraciones estructurales en cajón que aumenten el canto sin un incremento excesivo del peso.
- En el caso de los viaductos, su objetivo suele ser salvar gargantas de gran profundidad, lo que se consigue habitualmente mediante configuraciones en arco cuando la longitud no es excesiva y mediante la técnica del deslizamiento de tramos o voladizo para longitudes mayores. La construcción de estos puentes requiere la instalación de elementos auxiliares de soporte que son muy complejos, de gran altura, y en los que se da en toda su extensión el fenómeno del pandeo, pudiendo producirse vuelcos por los elevados momentos que se generan y arruinando la estructura en construcción.
- En la construcción de puentes, en ocasiones se traen elementos prefabricados que se elevan mediante grúas. Si la altura de trabajo es elevada y las condiciones climatológicas son adversas, las actividades a realizar con grúa trepadora son muy peligrosas. El propio montaje y desmontaje de la grúa es un trabajo muy delicado y que puede ocasionar siniestros como los derrumbes de parte la grúa.

Además de los riesgos que podríamos clasificar como generales para todo tipo de construcción de puentes, cada método de construcción presenta particularidades que se deben tener en cuenta en el análisis de riesgos:

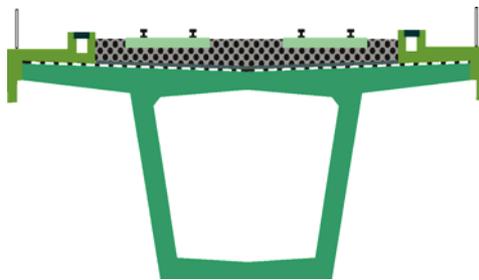
- **En la construcción de puentes con el método de cimbras.** El principal riesgo es el derivado de un mal cálculo o montaje de estas estructuras, en ocasiones muy complejas. Un mal diseño o montaje puede provocar, al verter el hormigón, dobladuras, hundimientos debido a una cimentación insuficiente, etc. En especial, se debe prestar especial atención a las uniones de las celosías que constituyen la estructura.
- **En la construcción de puentes con el método de deslizamiento de secciones.** Uno de los riesgos es el debido a la excesiva flexión soportada y posible derrumbamiento del tramo ejecutado, al tratarse de secciones en voladizo de gran longitud y peso, llegando en ocasiones necesarias hasta tramos de 60 m sin apoyo intermedio si así lo requiere el obstáculo a salvar.

También hay que tener en cuenta que, en alguna ocasión, para ir de un extremo a otro la ejecución de la superestructura no se realiza recta sino en pendiente, por lo que debe tenerse en cuenta la existencia de algún sistema de frenado que impida que el deslizamiento descontrolado de la pieza a través de los apoyos.

Como algunos elementos del puente se pueden construir *in situ*, es conveniente proteger la zona de fabricación de las inclemencias del tiempo (por ejemplo, mediante lonas de protección) de manera que la fabricación de las piezas no se vea afectada.

- **En la construcción del puente con el método de voladizos.** Al igual que ocurría en el método anterior, los elementos en voladizo están sometidos a fuerzas de flexión, siendo en muchas ocasiones las cargas soportadas superiores a las soportadas una vez terminada la obra. Por esta razón, es conveniente que el diseño de la estructura del puente tenga en cuenta también las diferentes fases de construcción. Para evitar en la medida de lo posible esta diferencia de cargas, suelen utilizarse arriostramientos provisionales.

En la construcción de puentes de acero con secciones tipo cajón, hay que cuidar los problemas de abolladura que en ocasiones han producido siniestros.



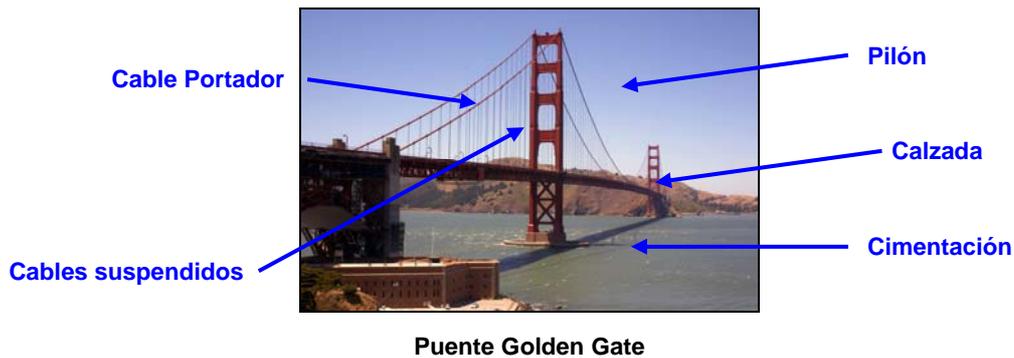
Sección de viga tipo cajón para soporte de tablero

- **Puentes colgantes:** La construcción de este tipo de puente es compleja e implica riesgos, por lo que la analizaremos de forma particular.

El puente colgante es una estructura que resiste gracias a su forma. Ésta se compone básicamente por los cables principales (portadores) de los que se suspende el tablero del puente mediante tirantes verticales, que se fijan en los extremos del vano a salvar, y tienen la flecha necesaria para soportar mediante un mecanismo de tracción pura, las cargas que actúan sobre él.

Se componen de:

- Pilonos o torres. Apoyos de los cables portadores.
- Cimentación. Encargada de transmitir al terreno las cargas que le llegan de los pilonos.
- Calzada (tablero). Suelen ser vigas cajón, pues tienen mayor rigidez y permiten reducir los efectos de vibración provocados por el viento.
- Cables portadores o principales. Soportan las cargas del tablero.
- Cables suspendidos. Permiten la unión de la calzada y el cable portador, y pueden ser verticales o bien presentar una leve inclinación para reducir los problemas de vibración.



La construcción es difícil e implica muchos riesgos, así que toda negligencia o falta de montaje puede originar siniestros.

Son puentes flexibles, siendo esta característica su mayor ventaja y a su vez su mayor inconveniente, pues debido a ello son muy sensibles a los efectos del viento y de la carga dinámica debida al tráfico que circula sobre él.

En ocasiones, la construcción de este tipo de puentes requiere pilones de altura muy elevada y esbelta (hasta 300 m), siendo por tanto sensibles a las vibraciones por las fuerzas del viento. Para evitar este efecto en la medida de lo posible, se deben prever arriostramientos que aumenten su rigidez.

Son puentes que transmiten mucha carga al terreno, lo que implica que muchas veces se hayan de realizar cimentaciones profundas, lo cual puede conllevar problemas en el vaciado de la cimentación y hacer necesario recurrir a cimentaciones especiales (cajones neumáticos, etc.).

En la construcción de este tipo de puente, los cables deben anclarse al final de éste, o bien en el terreno -si éste posee las características adecuadas- o bien en bloques de hormigón. Un mal anclaje de estos elementos puede provocar un siniestro y supone un riesgo que se debe tener en cuenta.



Puente colgante. Detalle de los macizos de anclaje.

Son muy sensibles a las fuerzas de la naturaleza.