

BUENAS PRÁCTICAS PREVENTIVAS EN EL USO DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN



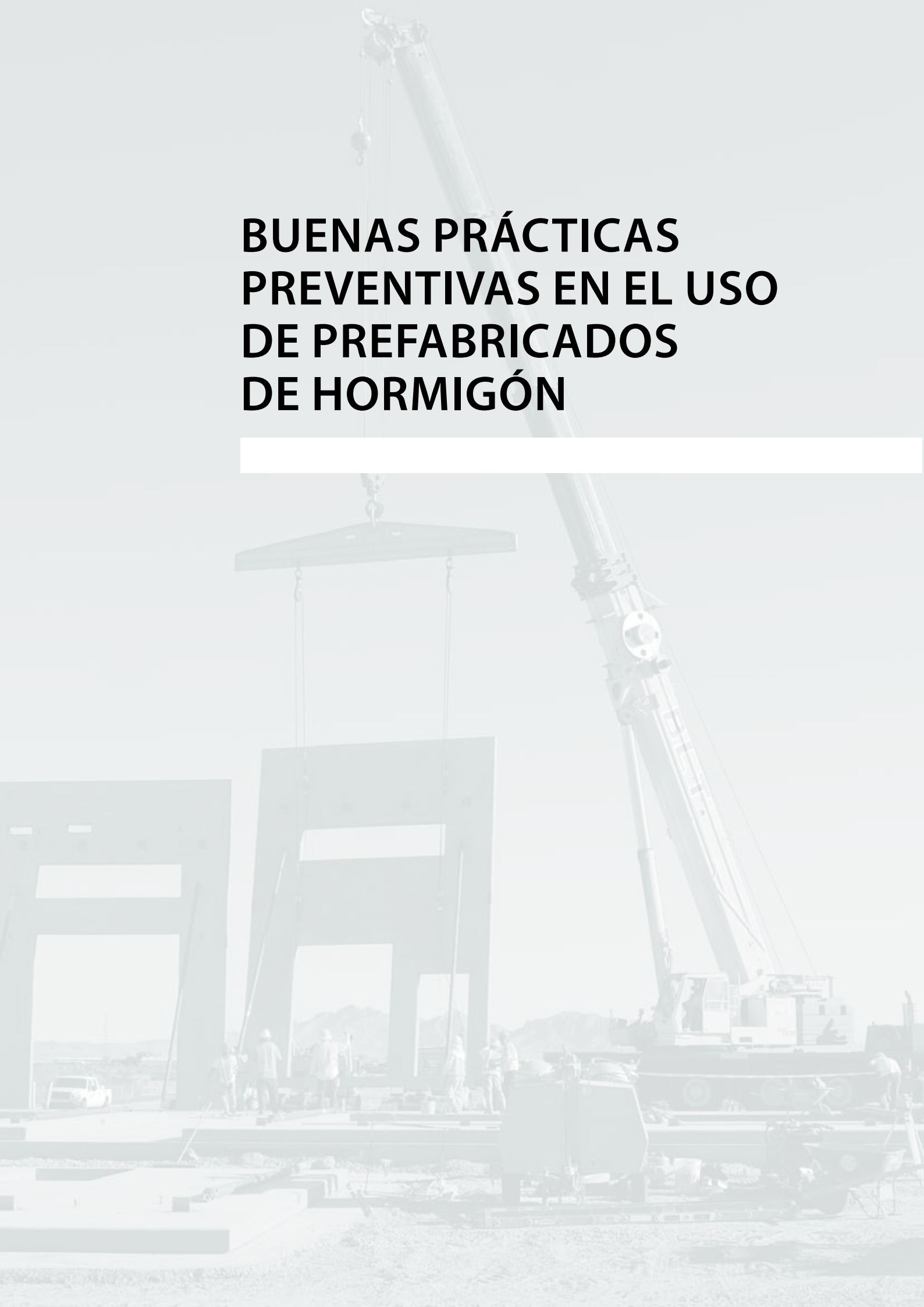
Instituto Regional de Seguridad
y Salud en el Trabajo
CONSEJERÍA DE EMPLEO,
TURISMO Y CULTURA

Comunidad de Madrid



FUNDACIÓN AGUSTÍN DE BETANCOURT

BUENAS PRÁCTICAS PREVENTIVAS EN EL USO DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN



Buenas prácticas preventivas en el uso de prefabricados de hormigón

Primera Publicación año 2012

Equipo de desarrollo y redacción del presente estudio:

Manuel Bartolomé Alonso, Técnico del IRSST de la Comunidad de Madrid

Carlos Arévalo Sarrate, ETSICCP de la UPM

José Pablo Pascual del Valle, AJP, Asesoría Técnica y Jurídica de Prevención SL

Editan:

Fundación Agustín de Betancourt de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo
Consejería de Empleo, Turismo y Cultura
Comunidad de Madrid

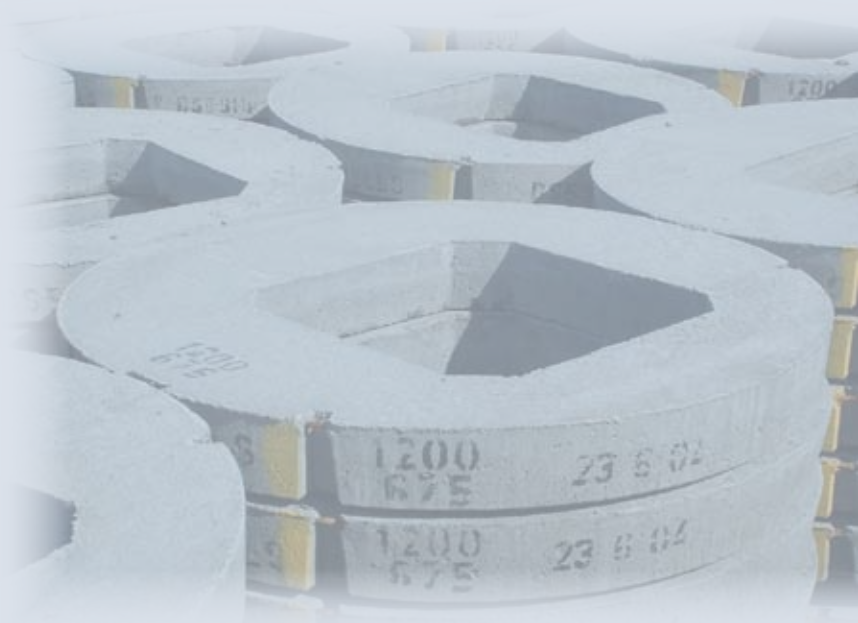
El Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo, colabora en esta publicación y no se hace responsable de los contenidos de la misma ni de las valoraciones e interpretaciones de sus autores. La obra recoge exclusivamente la opinión de su autor como manifestación de su derecho de libertad de expresión.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN - - - - -	5
2	ASPECTOS GENERALES RELATIVOS A LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS - - - - -	9
3	LA SINIESTRALIDAD COMO VÍA DE APRENDIZAJE EN EL EMPLEO DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN - - - - -	31
4	BUENAS PRÁCTICAS PREVENTIVAS RELATIVAS A LA UTILIZACIÓN DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN - - - - -	51
5	PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES A TRAVÉS DEL DISEÑO: ANÁLISIS COMPARATIVO DEL USO DE ELEMENTOS PREFABRICADOS FRENTE A LA EJECUCIÓN <i>IN SITU</i> - - - - -	63
6	ANEXO - - - - -	92

1

INTRODUCCIÓN





1.1. ANTECEDENTES

El **sector de la construcción**, al igual que el resto de actividades económicas, está sufriendo a nivel nacional la obligada **reestructuración** en todos sus ámbitos (planificación, metodología de ejecución, tácticas comercializadoras, etc., ..) con el fin de adaptarse a la situación económica actual.

En este sentido, y con un enfoque positivista, se puede interpretar dicha reestructuración como una **oportunidad** para cambiar ciertos **hábitos, tendencias y metodologías** que desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales han demostrado ser fuente de elevados índices de siniestralidad laboral.

Continuando con este planteamiento, una de las actividades que más accidentes genera en el sector es la **eje-**

cución *In situ* de diferentes estructuras a partir de hormigón, lo cual lleva de forma natural a proponer como alternativa el uso de elementos prefabricados para solventar las inconveniencias que desde diferentes puntos de vista (técnico, preventivo, económico, etc.) genera dicha actividad.

Si nos atenemos a los datos que ofrecen las estadísticas, año tras año las **caídas en altura** se posicionan como la causa del mayor número de accidentes de carácter grave o mortales, destacándose que únicamente en 2011 éste factor ha sido superado por los **aplastamientos** como causa de fallecimiento por accidente laboral en la construcción.

TABLA 1- NÚMERO DE ACCIDENTES GRAVES Y MORTALES EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN – AÑOS 2010-2011 (Fuente: Ministerio de Empleo y Seguridad Social)

SECTOR CONSTRUCCIÓN		2010		2011	
Nº TOTAL ACCIDENTES		100.542		75.136	
GRAVES	Total	72		159	
	Caídas a distinto nivel	17	24%	31	20%
MORTALES	Total	142		117	
	Aplastamientos	46	32%	58	47%
	Caídas a distinto nivel	64	45%	53	43%

De estos datos se deduce la importancia cuantitativa y cualitativa de esta causa, pudiéndose señalar que se trata de accidentes que se dan con cierta frecuencia, y que además, cuando se dan, lo hacen con una notable gravedad. A este respecto, a la metodología tradicional de ejecución *In situ* se le puede atribuir ser la fuente de este tipo de riesgos por sus características intrínsecas a la hora de implantarse y desarrollarse en obra.

Para establecer el esquema de desarrollo del trabajo, en la fase de planteamiento del mismo se tuvieron en cuenta las siguientes claves:

- Frente a la ejecución de estructuras *In situ* en el sector de la construcción, el uso de elementos prefabricados de hormigón se plantea como la **alternativa lógica** si se pretende implantar e implementar la **industrialización y estandarización** de los procesos en un sector que en numerosas ocasiones peca de un estancamiento en sus técnicas y metodologías,



1.2. CLAVES EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO

ofreciendo además características que los hace mucho más eficientes desde el punto de vista técnico-económico (versatilidad, eficiencia energética,...).

- Con el desarrollo del trabajo, se pretenden recopilar y desarrollar una serie de **buenas prácticas** en el uso de elementos prefabricados, las cuales no se han llevado a cabo hasta la actualidad, de tal manera que su empleo en obra se vea fomentado por el claro contraste y exposición de las ventajas que supone su utilización, ya sea desde el punto de vista técnico, económico o social.
- Por otro lado, y desde el punto de vista preventivo, se han de tener en cuenta que la Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece como uno de los principios de la acción preventiva **“Tener en cuenta la evolución de la técnica”** (artículo 15 de la Ley PRL 31/95). A este respecto, la generalización del uso de elementos prefabricados de hormigón se reivindica como un factor adecuado para el cumplimiento de dicho principio, ya que por múltiples factores se plantea como la “evolución técnica” a los sistemas tradicionales.

Además, se ha de tener en cuenta que los postulados legales (como es el caso de la edición de 2012 de la *Guía Técnica del INSHT relativa a obras de construcción*) inciden en la importancia de incorporar la prevención desde la **fase de proyecto**, a lo que contribuyen los elementos prefabricados, los cuales pueden ser diseñados bajo pedido e integrados en un proyecto global hecho a medida.

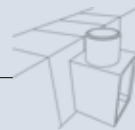
- En otro orden de cosas, está demostrado que el uso de elementos prefabricados, si bien a priori se puede pensar que exige un mayor desembolso económico, arroja unos índices de siniestralidad laboral objetivamente más bajos que los derivados del uso de métodos tradicionales, por lo que si se hace un balance a largo plazo en lo referente a la **rentabilidad económica** de su utilización las conclusiones apuntarán a un menor coste global del proyecto.

- Desde el punto de vista de la **utilidad** que se puede extraer del trabajo, con su ejecución se pretende establecer una serie de buenas prácticas preventivas que desarrollen la metodología a seguir en todas las etapas de su manejo en obras de construcción (desde la fabricación en taller de la estructura, pasando por el transporte de la misma a la obra y por último la colocación).
- A este respecto, las conclusiones del trabajo pretenden además arrojar un **análisis comparativo** entre la ejecución de estructuras *In situ* y el uso de elementos prefabricados desde varios puntos de vista: rentabilidad económica, plazos de ejecución, condiciones de seguridad, versatilidad, etc.; todo ello con el fin de ofrecer datos concluyentes que permitan decidir entre una estructura *In situ* y una prefabricada, con pleno conocimiento de las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.

2

ASPECTOS GENERALES RELATIVOS A LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS





2.1. CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Un **producto prefabricado de hormigón** es una pieza fabricada en una planta de producción fija, empleando hormigón como **material fundamental**.

Dicho elemento es el resultado de un **proceso industrial** realizado bajo un sistema de control de producción definido. Así, una vez fabricada y con todos los controles satisfechos, la pieza se puede almacenar hasta el momento de su entrega y colocación en obra donde, junto con otras piezas, conformarán el proyecto constructivo final.

Por lo tanto, se puede mostrar la **prefabricación** como la **industrialización de la construcción**, en la que elementos fabricados en serie en instalaciones fijas de alto rendimiento y con elevados niveles de control y calidad, conducen, no sólo a mejores acabados, sino también a mejores precios (**por las economías de escala y el empleo de medios y técnicas de producción especializados**) de los que puedan alcanzarse en realizaciones *in situ*.

Aunque cualquier tipo de edificio o construcción puede en principio prefabricarse, el campo de aplicación más lógico y competitivo de esta técnica se encuentra en la ejecución de aquellos proyectos que requieran estructuras con **luces o cargas importantes**. En otras ocasiones son distintos elementos los que nos pueden conducir a una estructura prefabricada como, por ejemplo, las **condiciones climatológicas** (en zonas muy frías, donde el hormigonado *in situ* se reduce a pocos meses al año), realizar la obra en **plazos cortos**, la **falta de mano de obra**, etc.

En el caso de los **edificios prefabricados**, los más frecuentes son, por un lado, las **naves industriales y agrícolas**; y por otro los **edificios de varias plantas** (con diferente destino: centros comerciales, oficinas, edificios docentes, museos, polideportivos, plazas de toros, edificios penitenciarios, viviendas,...). En general, los edificios se prefabrican con **elementos lineales** (pilares, vigas, viguetas y correas) y **de superficie** (losas huecas, vigas π , prelosas y elementos de fachada).

Por otro lado, también se utilizan frecuentemente elementos prefabricados en casi todas las **obras civiles** (vigas puente, marcos, bóvedas, etc.), así como en diferentes **elementos** relacionados con la construcción (tuberías, acequias y canales, traviesas, etc...) y **otro tipo de servicios** (nichos, fosas, etc.).

Por tanto, las diferentes **soluciones constructivas** mediante la utilización de productos prefabricados de hormigón son muy **versátiles** dado que se pueden utilizar en cualquier proyecto (edificación, complejo comercial, infraestructura civil,...) y en **cualquier momento** dentro de un proceso de construcción, aunque la mejor forma de optimizar resultados y sacarle todo el partido a las ventajas de esta solución es durante la fase de proyecto, es decir, **realizar el diseño de la obra pensando directamente en el uso de hormigón prefabricado**.

Al margen de todo lo anterior, se debe tener en cuenta que en la fase de fabricación, mediante el uso de técnicas de producción industrializadas y el uso de programas informáticos en el diseño y fabricación, se obtienen piezas con tolerancias dimensionales muy bajas y propiedades mecánicas totalmente garantizadas. Además, la baja relación agua/cemento utilizada en la fabricación de los hormigones empleados y la optimización de los métodos de compactación y curado confieren a los elementos prefabricados de hormigón unas excelentes propiedades en acabados, resistencia y durabilidad en comparación con otras formas de construcción tradicional.

En conclusión, la colaboración entre el prescriptor y el fabricante permite obtener la mayor optimización de recursos en todo el proceso constructivo; aspecto que hace de la **construcción industrializada** un método con gran proyección de futuro.



FIGURA 1 - PRINCIPALES ETAPAS DE UN PREFABRICADO DE HORMIGÓN



1 FABRICACIÓN



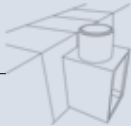
2 ALMACENAMIENTO



3 TRANSPORTE



4 MONTAJE



2.2. EJEMPLOS EN LA UTILIZACIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Sin ánimo de hacer un listado exclusivo, la industria del prefabricado ofrece soluciones para la realización de diversos tipos de actuaciones:

- Cerramientos.
- Cimentaciones.
- Elementos lineales (vigas, columnas, pórticos).
- Elementos para forjados (placas alveolares, prelosas, viguetas y bovedillas, casetones, etc.).
- Mobiliario urbano.
- Elementos para obra civil (estructuras de puentes y pasarelas, dovelas para túneles, marcos, muros de contención, pantallas acústicas, traviesas, etc.).
- Tuberías y canalizaciones.
- Pavimentación.
- Edificación modular.
- Otras soluciones específicas (postes eléctricos, depósitos, gradas, escaleras, etc.).

FIGURA 2 - EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

TIPO	EJEMPLO	SOLUCIÓN
CERRAMIENTOS		Placas de hormigón para cerramientos de naves
ELEMENTOS PARA FORJADOS		Placas alveolares

Fuente: www.grupoherrera.es



*TUBERÍAS
Y CANALIZACIONES*



Piezas de pozo de registro

EDIFICACIÓN MODULAR



Fuente: www.plataformaarquitectura.cl

Fases de montaje de una casa prefabricada

MOBILIARIO URBANO



Fuente: www.apuntesurbanos.com

Banco de hormigón prefabricado



OBRA CIVIL	 <i>Pilar circular de hormigón prefabricado</i> <i>Fuente: www.tecnyconta.es</i>	
	 <i>Puente sobre líneas férreas</i>	
	 <i>Túnel realizado con dovelas</i> <i>Fuente: www.esp.pujolweb.org</i>	
	 <i>Pantalla acústica prefabricada</i> <i>Fuente: www.prefabricadoshq.es</i>	



2.3. APORTACIÓN DE LOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

La industria del prefabricado de hormigón ha evolucionado hasta alcanzar unos niveles de competitividad y solvencia tecnológica notables: la calidad inherente al propio concepto de prefabricación (productos que se diseñan y fabrican en plantas industriales concebidas a tal efecto), un control más riguroso en todo el proceso (diseño, fabricación y ejecución), **la versatilidad** que ofrece el hormigón para adaptarse a casi cualquier forma o aplicación requerida, y el considerable aumento de la **rapidez de colocación** así como el control de los tiempos de montaje (que redundan favorablemente en la **economía** de la obra), son algunas de las ventajas que ofrecen los prefabricados. Pero a estas cualidades, podemos añadir aquéllas que proporciona el hormigón, material de construcción por excelencia y que permite unas mejoras de prestaciones en aspectos como la **eficiencia energética** a través de la alta inercia térmica del hormigón, el **aislamiento acústico** o la **resistencia al fuego**.

Conjugando estas **dos variables, hormigón** (material de construcción de mayor uso y potencial técnico) con la **prefabricación** (la mejor forma posible de llevarlo a cabo), se consigue ofrecer soluciones eficientes, pudiendo sustituir a procesos y técnicas más tradicionales, y obteniendo **soluciones constructivas sostenibles**.

Por otro lado, se ha de tener también en cuenta que actualmente el sector de la construcción en España se enfrenta a **nuevos retos debido a los problemas** de carácter global que afectan a nuestra sociedad, ya sean de carácter económico o bien de tipo medioambiental tales como el calentamiento global y las crecientes exigencias energéticas.

Con estas premisas, las nuevas edificaciones también deben concebirse para que nos protejan contra el cambio climático, mediante la búsqueda de nuevas **soluciones que sean sostenibles** y que además **aseguren los estándares** de la construcción y la calidad de vida de los usuarios dentro de estas construcciones.

Los elementos Prefabricados de Hormigón cumplen todos esos requisitos y se les considera como el método

constructivo del futuro (y por qué no, del presente): son la combinación perfecta entre el uso de una **materia prima** tradicional y una **constante innovación**, tanto en su composición como en su proceso productivo.

Como ventajas principales, a los prefabricados de hormigón se les atribuyen la **velocidad de ejecución** y un proceso productivo bajo **condiciones estables** y controladas; aspectos que permiten la optimización de materiales y recursos, así como una **mayor economía general** final.

Lo cierto es que estos productos tienen muchas más ventajas, algunas de las cuales ya se han apuntado: por ejemplo, la **resistencia contra el fuego**, la **durabilidad**, la **sostenibilidad** o la eficiencia acústica y energética gracias a la masa térmica de su principal material, el hormigón, que asegura la estabilidad de temperatura dentro de las construcciones, lo que contribuye a un ahorro energético general y a obtener un ambiente más agradable en el interior para los usuarios.

Cabe destacar que en materia de costes, los Prefabricados de Hormigón cuentan con la **ventaja principal de ser económicos** en las cuatro fases del ciclo de vida del producto:

- Producción: la materia prima es de fácil acceso y económica.
- Construcción: la necesidad de mano en obra, tiempo de ejecución y transporte se reducen.
- Uso: alta durabilidad de la construcción y disminución del consumo energético.
- Final de vida: es reciclable (ej. áridos procedentes del hormigón reciclable).

Estas características, entre otras, hacen que las construcciones conformadas con elementos Prefabricados de Hormigón sean las más eficientes frente a otras soluciones supuestamente alternativas.

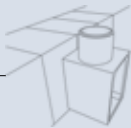


FIGURA XX - PRINCIPALES VENTAJAS DEL USO DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

VENTAJAS	
Se adaptan a los estándares de calidad y sostenibilidad exigidos actualmente en el sector de la construcción.	
Industrialización frente a artesanía e incertidumbre Las tecnologías avanzadas utilizadas en las plantas de hormigón prefabricado crean un producto de calidad (es decir, reducción de tolerancias, secciones de menor espesor, soluciones de ingeniería), en comparación con otros tipos de hormigón. Además, esta calidad puede ser comprobada antes de que una unidad se inserte en la estructura o en el lugar de trabajo.	
Estabilidad y control del proceso productivo: garantías en plazos y costes La estandarización de metodologías de montaje, así como la definición previa de los elementos que componen la estructura, permite que con un escaso margen de error se puedan definir los condicionantes de tiempo y coste.	



Reducción de plazos por la velocidad de ejecución

El último módulo de un edificio puede salir de fábrica antes incluso de haberse iniciado los trabajos de cimentación. Se construye **más rápido pero también más seguro** dado que las zonas y plataformas de trabajo se establecen con antelación y permiten una zona de trabajo más segura.



Rentabilidad económica global de la ejecución

La excelente calidad de producción en fábrica se une a que es un material relativamente barato. Además, los costes de reparación y mantenimiento de una estructura de hormigón son limitados.



Resistencia al fuego

El hormigón **no se quema**, la construcción de hormigón **evita la propagación** del incendio de un edificio a otro.



Durabilidad de las construcciones

Los egipcios y los chinos utilizaban una antigua forma de hormigón para edificios y estructuras que todavía existen hoy.





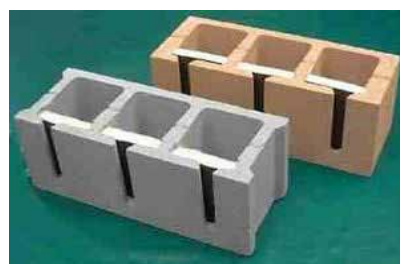
Flexibilidad de diseño

Los prefabricados de hormigón permiten una amplia gama de **acabados** superficiales, **colores** y **formas** especiales.



Eficiencia acústica y energética de las construcciones

El hormigón prefabricado como material tiene las propiedades intrínsecas de la inercia térmica, que permite una **temperatura más constante**, tanto en regiones frías como en calientes y el **mejor aislamiento acústico**.



Realizando el **análisis desde un punto de vista global**, podemos enfocar las ventajas de la utilización de prefabricados de hormigón en el sector de la construcción teniendo en cuenta varios aspectos, algunos de los cuales se solapan:

● Aspectos Medioambientales:

- Utilización de recursos naturales.
- Menor producción de residuos.
- Soluciones ecológicas.
- Resistentes a agentes externos.
- Material reciclable.
- Industrial.
- Ahorro energético.
- Diseño inteligente.

● Aspectos Sociales:

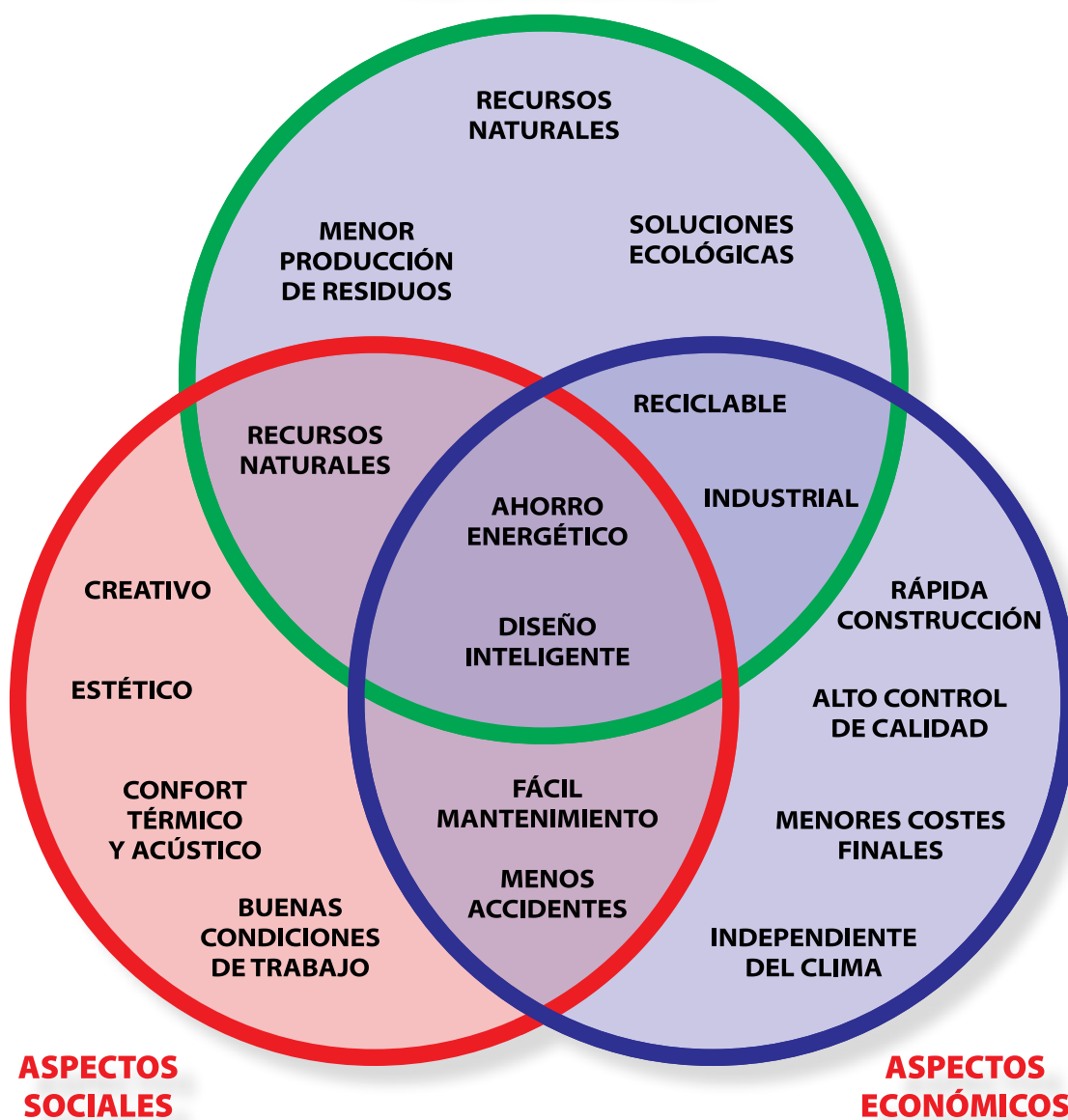
- Creativo
- Estético.
- Confort térmico y acústico.
- Buenas condiciones de trabajo.
- Fácil mantenimiento.
- Ahorro energético.
- Diseño inteligente.
- Menor número de accidentes laborales.

● Aspectos Económicos:

- Rápida construcción.
- Alto control de calidad.
- Menores costes finales.
- Independiente del clima.
- Material reciclable.
- Industrial.
- Fácil mantenimiento.
- Ahorro energético.
- Diseño inteligente.
- Menor número de accidentes laborales.



ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES





2.4. DESCRIPCIÓN BÁSICA DE PROCESOS EN EL USO DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Como ya se ha descrito anteriormente, se entiende como **producto prefabricado de hormigón** a toda la pieza fabricada con **técnicas industriales** en una planta de producción fija, empleando como material fundamental el hormigón.

Dentro de la prefabricación, podemos encontrar ejecución de proyectos mediante **soluciones integrales** (prefabricación de todos los elementos del proyecto), o **soluciones mixtas**. Lo más frecuente suele ser soluciones mixtas, pero tendiendo a prefabricar lo máximo posible. A modo de ejemplo, un elemento que es poco frecuente prefabricar son las zapatas.

Con carácter básico y no exclusivo, las **ETAPAS** que trascurren desde que se concibe y diseña el elemento prefabricado hasta su colocación en obra, son las siguientes:

ETAPA 1 - FABRICACIÓN EN PLANTA

Durante ésta fase, y de acuerdo con las especificaciones del cliente, inicialmente se procede a realizar el diseño/adaptación del **molde de la pieza** (en el caso de que la misma requiera unas características específicas determinadas por el cliente), o bien al inicio de la producción para aquellos casos en los que los requerimientos se pueden cubrir con unas especificaciones estandarizadas. En el primer escenario, y en el caso de que se deba proceder al diseño y fabricación del molde, esto puede ser llevado a cabo directamente por la propia empresa fabricante de prefabricados o bien, debido a sus peculiaridades técnicas, ser encomendada a una entidad especializada.

FIGURA 3 – ADAPTACIÓN DE MOLDE PARA FORMA ESPECÍFICA: PANEL DE FACHADA CON HUECO DE VENTANA



Al margen de quién fabrica el molde, y en previsión de facilitar la futura manipulación de la pieza, es en este momento de proyecto cuando también se procederá a planificar y dimensionar los **puntos necesarios de anclaje y manipulación** de acuerdo con la maquinaria prevista (y apropiada) para su manejo.

En resumen, durante la fabricación propiamente dicha, los pasos serán los siguientes:

- **Adaptación (o diseño y fabricación** para el caso de piezas exclusivas) de los moldes de la pieza.
- Tirado y tensado de trenzas de ferralla en las pistas de los moldes.
- Dosificación de áridos, cemento, agua y aditivos; y su posterior vertido sobre el molde.
- Curado.



FIGURA 4– DETALLE Y CESTA DE CACHAVAS PARA POSTERIOR IZADO DURANTE EL DESECOFRADO



FIGURA 5 – DOSIFICADORA PARA HORMIGÓN



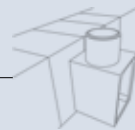
FIGURA 6 – VERTIDO DE HORMIGÓN SOBRE MOLDE



FIGURA 7 - EXTRACCIÓN DE DOVELA



(Fuente: www.icasorigue.com)



Una vez transcurridos los pasos descritos anteriormente, y por tanto fabricada la pieza y satisfechos todos los controles oportunos, la pieza ya está lista para su almacenamiento o bien para ser transportada a obra.

FIGURA 8 - DIFERENTES MOLDES PARA FABRICAR ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN



FIGURA 9 - PLANTAS DE FABRICACIÓN



ETAPA 2 - ALMACENAMIENTO

De acuerdo a lo expuesto, una vez fabricada la pieza existen **dos posibilidades** en lo referente a su destino:

- En primer lugar, que la misma sea **transportada directamente a la obra** para su montaje,
- O bien, que sea **almacenada en las instalaciones** de la planta de fabricación.

En este segundo caso, la planta de fabricación de prefabricados contará con **zonas habilitadas expresamente para tal fin** (parque de almacenamiento), por lo que

una vez determinado el modo de acopio (colocación exclusiva, apilado, paletización en el caso de pequeñas piezas,...), se irán acopiando hasta su transporte final a obra.

FIGURA 10 - DEPÓSITO DE DOVELAS



Para realizar el **movimiento de la pieza** desde la zona de fabricación hasta la de almacenamiento, y en función de las instalaciones existentes en la planta y de las propias características de la pieza, se suelen utilizar **vagones de transporte** o bien **puentes grúa**.

FIGURA 11 - VAGONES Y PUENTE GRÚA PARA EL TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN DE PIEZAS



Posteriormente, y ya en la zona de almacenamiento propiamente dicha, se procede normalmente a la manipulación y depósito de las piezas mediante puentes grúa, los cuales también se usan para su colocación y carga en los medios de transporte utilizados para su envío a obra.

FIGURA X12 - ALMACENAMIENTO DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN: PALETIZADOS Y MEDIANTE APILAMIENTO



ETAPA 3 - TRANSPORTE A OBRA

Como se ha descrito en la fase anterior, una vez fabricada la pieza, cabe la posibilidad de almacenar la misma o bien proceder directamente a su **transporte a obra** sin el paso por la zona de almacenamiento; por lo que en este segundo caso se procederá directamente a su colocación en el medio de transporte elegido (normalmente camiones especialmente diseñados para este tipo de piezas).



Durante el transporte, y con el fin de que no existan **problemas de estabilidad** durante el recorrido del trayecto, los vehículos destinados a este fin reúnen una serie de **características técnicas** que los hacen adecuados para este tipo de transporte.

Por otro lado, en los casos en los que por las características de las piezas (dimensiones, formas,...) sea preciso utilizar **vehículos especiales**, el transporte de aquellas requiere un conjunto de **permisos administrativos** independientes de cada una de las Comunidades Autónomas por donde trascurra la ruta, en los cuales se determinará el **itinerario obligatorio** a seguir, **gálibos** a respetar, así como los **horarios** y otra serie de condicionantes legalmente obligatorios. Del mismo modo, se deberán respetar las restricciones de circulación por carretera establecidas para el itinerario hasta la obra.

FIGURA 13 - TRANSPORTE DE VIGA PREFABRICADA DE HORMIGÓN



FIGURA 14 - EJEMPLO DE RESTRICCIONES A LA CIRCULACIÓN

DÍA			Vehículos que precisan autorización complementaria de circulación al superar los valores máximos de dimensiones o masas.
S	D	L	Prohibición de circular desde las 13:00 horas del sábado hasta las 02:00 horas del lunes.
2	3	4	
9	10	11	
16	17	18	
23	24	25	
VI	FE		Prohibición de circular desde las 13:00 horas de la víspera de festivo hasta las 02:00 horas del día siguiente al festivo. Festividad del Corpus Christi. Para la Comunidad de Castilla-La Mancha.
6	7	8	
VI	FE		Prohibición de circular desde las 13:00 horas de la víspera de festivo hasta las 2:00 horas del día siguiente al festivo. Esta restricción afecta a las comunidades de Murcia y La Rioja.
8	9	10	
Esta restricción no será de aplicación a vehículos que en función de su urgente utilización en labores de extinción de incendios, protección de medio ambiente, mantenimiento de las condiciones de vialidad de las carreteras y salvamentos de vidas humanas y que precisen hacerlo en régimen de transporte especial, tengan que ineludiblemente circular en el horario restringido. Para ellos los Ministerios de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, y de Fomento, y las Consejerías correspondientes de las Comunidades Autónomas comunicarán al Organismo Autónomo, Jefatura Central de Tráfico o al Centro de Gestión de Tráfico de la zona afectada, los vehículos y características del transporte especial, así como el itinerario que seguirán desde su origen hasta el lugar de destino.			
Estas restricciones también son de aplicación a los vehículos especiales que, aun no dedicándose al transporte de mercancías, precisan para su circulación una autorización complementaria de circulación.			
S (sabado) - D (domingo) - L (lunes) - VI (víspera de festivo) - FE (festivo) - PO (día posterior al festivo)			

Por último, se ha de señalar que, tanto en el caso de que las piezas se almacenen en planta como si son transportadas directamente a la obra, es importante volver a incidir que para la etapa de transporte se deben haber previsto en la fase de fabricación unos **puntos de anclaje específicos** para su futura **manipulación**, los cuales evitan de una manera sencilla los accidentes derivados de un mal manejo de las mismas por la falta de dichos puntos.

FIGURA 15 - DETALLE DE ANCLAJE Y BULONES PARA POSTERIOR MANIPULACIÓN



Igualmente, los **elementos de izado y sujeción** utilizados para la maniobra deben reunir las **características técnicas adecuadas a las piezas a manipular** de acuerdo a su reglamentación (resistencia, dimensiones,...).

FIGURA 16 - TIPOS DE GANCHO
(Fuente: www.logimarket.com.ar)





FIGURA 17 - CONJUNTO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GANCHO IZADO
(Fuente: www.iph.com.ar)

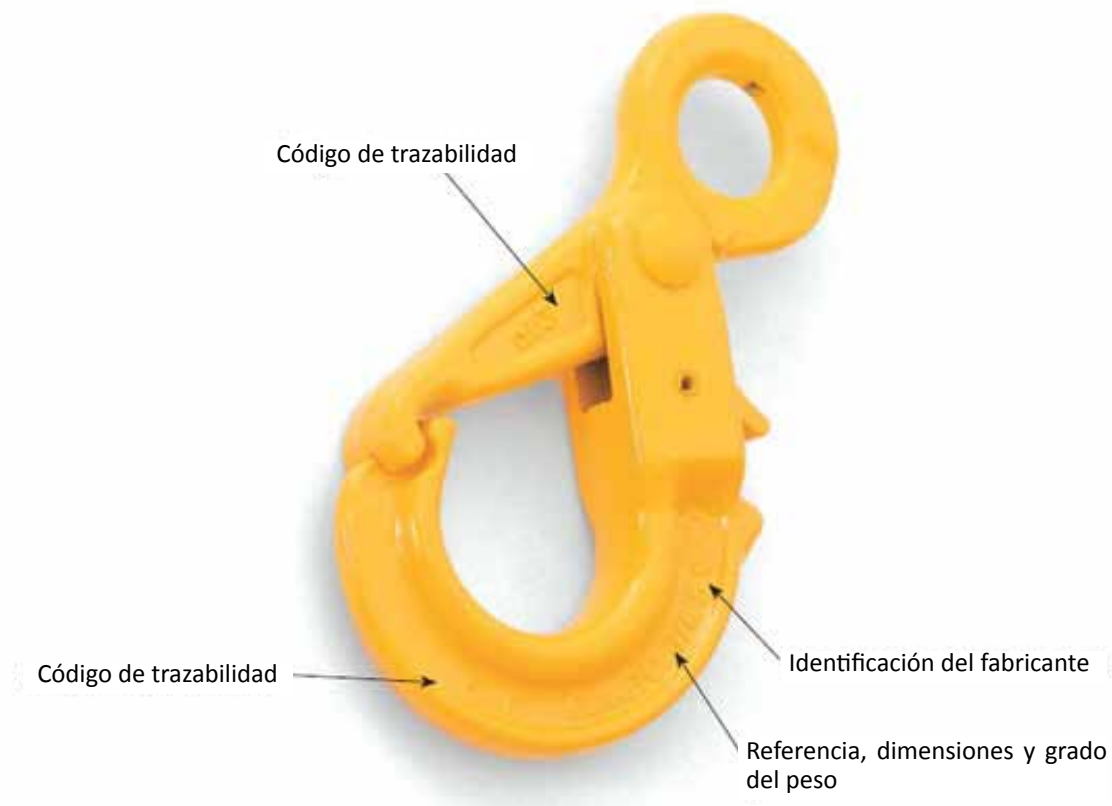


FIGURA 18 - ESLINGA DE CADENAS DE 4 RAMALES



FIGURA 19 - GRILLETES
(Fuente: www.logimarket.com.ar)



ETAPA 4 - MONTAJE EN OBRA

Como última etapa en la manipulación de elementos prefabricados de hormigón, tenemos el **montaje** de los mismos **en obra**.

Esta fase es el final del proceso productivo, y podemos considerarla como **la etapa más compleja** desde el punto de vista de la **prevención de riesgos laborales**, en la cual normalmente los trabajos se realizan a la intemperie, y que además precisa de una enorme dependencia de las exactitudes y calidades de los componentes ejecutados manipulados.

A este respecto, las principales actividades a desarrollar durante la etapa de montaje están considerablemente **mecanizadas**, requiriendo eso sí una **previsión y organización técnica** esmerada.

En cuanto a la **clasificación del montaje**, podemos diferenciar, ateniéndonos al **tipo**, dos categorías:

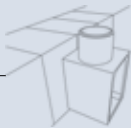
- Según el **grado de avance** en relación con la totalidad del proceso, entre los cuales podemos diferenciar:
 - Montaje de prueba.
 - Montaje previo o preensamblaje.
 - Montaje fundamental.
 - Montaje complementario.
- Según el **nivel de preensamblaje de los elementos** antes de ser colocados, entre los que están:
 - Montaje por elementos individuales.
 - Montaje con elementos ensamblados.
 - Montaje en bloques.
 - Montaje en un todo.

FIGURA 20 - MONTAJE PUENTE PREFABRICADO DE VIADUCTO



TABLA 2 - CLASIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE MONTAJE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Según el grado de avance en relación con la totalidad del proceso	Según el nivel de preensamblaje de los elementos antes de ser colocados
● Montaje de prueba.	● Montaje por elementos individuales.
● Montaje previo o preensamblaje.	● Montaje con elementos ensamblados.
● Montaje fundamental.	● Montaje en bloques.
● Montaje complementario.	● Montaje en un todo.



En cuanto a las diferentes **etapas** en que se divide la realización de los trabajos de **montaje** (colocación y sujeción de los elementos prefabricados), podemos establecer el siguiente orden cronológico:

TABLA 3 - ETAPAS DE LOS TRABAJOS DE MONTAJE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

1- Trabajos de preparación	2- Trabajos principales	3- Trabajos auxiliares
● Nivelación de la superficie de apoyo de la maquinaria en el terreno.	● Correcta colocación de los elementos para el montaje.	● Refuerzo o sujeción provisional de los elementos.
● Preparación de las vías de acceso.	● Programación del suministro.	● Protección de las juntas húmedas.
● Acondicionamiento de las áreas de almacenaje.	● Selección de la máquina de izado apropiada.	● Desmontaje de los medios auxiliares.
● Instalación de los equipos de montaje.	● Correcta elección de los útiles y medios auxiliares.	● Desmontaje de las instalaciones auxiliares.
● Preparación de los medios auxiliares.	● Máximo control y seguridad en las operaciones.	

FIGURA 21 - MONTAJE NAVE INDUSTRIAL PREFABRICADA



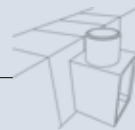
FIGURA 22 - MONTAJE DE NAVE INDUSTRIAL



3

LA SINIESTRALIDAD COMO VÍA DE APRENDIZAJE EN EL EMPLEO DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN





En este punto se desarrollan, teniendo en cuenta las fases en que se ha dividido el proceso desde la inicial fabricación hasta la final puesta en obra del elemento prefabricado, los **escenarios más significativos** en lo relativo a la **siniestralidad laboral** que se produce en la utilización de elementos.

En este sentido, se ha tratado de reflejar aquellas situaciones o condicionantes que en función de los datos estadísticos de los que se dispone (así como de las entrevistas mantenidas), se consideran las más relevantes en la generación de situaciones de riesgo que puedan derivar en accidentes laborales.

De acuerdo a lo indicado, a continuación se desarrollará el siguiente esquema:

Fase	Código	Problemática
Fabricación y almacenamiento	A.1	Trastornos músculo-esqueléticos en los trabajos de ferralla.
	A.2	Golpes y atrapamientos durante la manipulación de elementos prefabricados en planta de fabricación.
	A.3	Golpes y atrapamientos por movimientos de piezas en la zona de acopio.
	A.4	Caídas de altura en los acopios de elementos prefabricados.
	A.5	Golpes de calor durante la realización de trabajos específicos.
Transporte	B.1	Golpes y atrapamientos durante la manipulación de elementos prefabricados en la carga y descarga para el transporte.
	B.2	Caídas de altura en la descarga de los elementos prefabricados.
Montaje en obra	C.1	Golpes y atrapamientos durante la manipulación de elementos prefabricados durante la fase montaje.
	C.2	Caídas de altura en el montaje de los elementos prefabricados.
	C.3	Caídas de altura por desplome de la maquinaria utilizada en el montaje de los elementos prefabricados.
	C.4	Sobreesfuerzos.
	C.5	Contactos con líneas eléctricas aéreas.
	C.6	Derrumbe de la estructura del prefabricado durante la fase de montaje.

3.1. EJEMPLOS DE ESCENARIOS DE ACCIDENTES EN FASE DE FABRICACIÓN

	ESCENARIO/PROBLEMÁTICA
A-1	Trastornos músculo-esqueléticos en los trabajos de colocación de elementos de la pieza prefabricada (ferralla, ganchos, etc...)

Descripción del escenario

En la producción de piezas prefabricadas de hormigón, uno de los procesos es la fabricación y colocación de la **armadura metálica de ferralla y resto de elementos** que componen el esqueleto de la pieza, el cual dará robustez a la pieza y permitirá su posterior manipulación.

En el caso de plantas de fabricación de elementos con **formas estandarizadas**, normalmente parte de estos trabajos se encuentran **mecanizados** (hay máquinas que fabrican directamente la armadura). Sin embargo, en plantas donde se fabrican **elementos con formas variables** o adaptadas a los requerimientos del cliente, ésta tarea se suele realizar **manualmente** mediante la intervención de operarios que fabrican y colocan la estructura de ferralla.

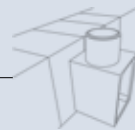
De todos modos, en prácticamente todos los casos, es necesaria la **intervención directa de trabajadores** para realizar la colocación exacta de determinadas piezas: anclajes, bulones, separadores, etc.; lo cual representa un trabajo muy exigente desde el punto de vista físico.

FIGURA 23 - TRABAJOS DE COLOCACIÓN DE COMPONENTES DE LA PIEZA



FIGURA 24 - TALLER DE ARMADURAS METÁLICAS
(Fuente: www.grupo-mln.com)





Causas habituales de este tipo de situaciones

En la aparición de los trastornos músculo-esqueléticos durante los trabajos de fabricación de la armadura de ferralla influyen múltiples factores, centrándonos en este caso en aquellos relacionados con las condiciones de trabajo como es el caso de los **sobreesfuerzos**, las **posturas forzadas** o mantenidas durante largos perio-

dos de tiempo, los **movimientos repetitivos**, la falta de descanso, el elevado ritmo de trabajo, el manejo manual de cargas, etc.

Dichos factores de riesgo, para el caso concreto de la fabricación de la armadura de ferralla, originan la aparición de lesiones músculo-esqueléticas, principalmente en los miembros superiores, y la espalda, en especial en la zona dorsolumbar.

	ESCENARIO/PROBLEMÁTICA
A-2	Golpes y atrapamientos durante la manipulación de elementos prefabricados en planta de fabricación

Descripción del escenario

La manipulación de las piezas prefabricadas se realiza con equipos de elevación de cargas especialmente diseñados para trabajar en planta (puentes grúa principalmente), eslingándose los prefabricados de varios puntos mediante piezas especiales y específicas.

El accidente se produce cuando la pieza realiza **movimientos imprevistos** y golpea (o atrapa, según el movimiento que realice) al trabajador que realiza la labor de posicionamiento manual de la pieza.

FIGURA 25 - PUENTE GRÚA EN LA ZONA DE ALMACENAMIENTO DE LA FÁBRICA



Este tipo de situaciones se suelen dar en la fase de **posicionamiento del elemento**, ya sea para colocarlo en el medio de transporte o en la posición de almacenamiento.

Por otro lado, de distinta forma aunque con parejo resultado, los accidentes por atrapamiento también se dan durante la realización de las labores de **desmoldado de las piezas**, cuando dicha pieza se desprende de los elementos de sujeción a los que está fijada y atrapa (o golpea en el mejor de los casos) al trabajador que realiza las labores de desmoldado.

FIGURA 26 - MEDIO DE MANIPULACIÓN PARA MARCOS PREFABRICADOS



Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa principal de este tipo de accidentes es debida a que los **elementos de anclaje** no se han **fijado correctamente**, por lo que al recibir tensión procedente del peso de la pieza se sueltan, y la pieza se voltea golpeando (o atrapando, según el movimiento que realice) al trabajador que realiza la labor de posicionamiento de la pieza.

FIGURA 27 - PUNTOS DE ANCLAJE PARA MANIPULACIÓN: BULÓN Y SISTEMA ROSCADO



Igualmente, la incorrecta fijación del anclaje puede ser debida también a la **falta de especificidad** del elemento de sujeción utilizado, el cual, por la diversidad de piezas fabricadas en la planta es **utilizado indistintamente** para la manipulación de todas ellas debido a la problemática que supone el cambio de la misma de acuerdo a la pieza a manipular.

FIGURA 28 - DETALLE DE BULONES



Del mismo modo, tal circunstancia también se puede producir como consecuencia del **mal estado de conservación de los elementos de sujeción y elevación**, los cuales, al recibir el peso de la pieza, se rompen y producen el golpeo o atrapamiento del trabajador que realiza su guiado.

FIGURA 29 - DESMOLDADO DE PREFABRICADO



	ESCENARIO/PROBLEMÁTICA
A-3	Golpes y atrapamientos por movimientos de piezas en el acopio.

Descripción del escenario

Una vez finalizada la fabricación de las piezas, si éstas no se trasladan directamente a la obra son llevadas a zonas habilitadas expresamente para tal fin (parques de almacenamiento).

En el caso de grandes piezas, la disposición de las mismas se realizará principalmente en función de su forma, por lo que especialmente en el caso de piezas con **formas redondeadas** la estabilidad del acopio es fundamental para evitar el derrumbe del mismo.



FIGURA 30 - ACOPIO EN 6 ALTURAS DE TUBOS PREFABRICADOS



En este contexto, se dan situaciones en las que **debido a la manipulación que exige dicho acopio** (aporte de nuevas piezas, retirada de alguna de ellas, ...), se producen **accidentes por el derrumbe de parte o del total del depósito**, los cuales, debido a la entidad de las piezas que se manejan causan daños de extrema gravedad e incluso la muerte del operario que los sufre.

FIGURA 31 - ACOPIO DE PILOTES PREFABRICADOS



operaciones indicadas anteriormente de aportación de nuevas piezas o extracción de alguna de las depositadas se derrumba el conjunto.

Entre otras causas, también se puede apuntar que en ocasiones el almacenamiento de las piezas se realiza directamente sobre el **terreno**, el cual **no cuenta con la resistencia suficiente** para soportar las cargas que se le transmiten, por lo que se deforma y hace que un conjunto de acopio que a priori pudiese ser estable se convierta en inestable con la posibilidad de derrumbe.

Al margen de lo anterior, las cuñas y calzos de madera que normalmente se utilizan para sujetar las piezas, al estar sometidos a los rigores de la intemperie terminan por deteriorarse, por lo que de nuevo hacen inestable el conjunto del acopio.

FIGURA 32 - CUÑAS DE SEPARACIÓN EN ACOPIO DE PILOTES



Causas habituales de este tipo de accidentes

La principal causa de este tipo de accidentes se debe buscar en la **metodología del acopio** utilizada para las piezas.

Respecto a dicha metodología, se ha observado que en numerosos casos el **número de capas acopiadas es excesivo**, alcanzándose grandes alturas que debilitan la estabilidad del acopio, por lo que cuando se realizan las

ESCENARIO/PROBLEMÁTICA

A-4

Caídas de altura en los acopios de elementos prefabricados

Descripción del escenario

Con el fin de realizar la **sujeción o suelta de la pieza** de los mecanismos usados para su manipulación durante las labores de posicionamiento, se dan situaciones en las cuales los operarios deben acceder a zonas de almacenamiento que, en ocasiones y debido al acopio de piezas, pueden llegar a tener alturas susceptibles de ser consideradas como zonas de trabajos en altura.

Para el **acceso** a dichas zonas de trabajo con altura, se utilizan medios auxiliares (normalmente **escaleras manuales**), aunque en numerosas ocasiones se da la situación de que los operarios acceden directamente trepando por los elementos acopiados.

FIGURA 33 - ACOPIO DE PILOTES PREFABRICADOS



Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa principal de este tipo de accidentes es que en numerosas ocasiones **no existen** (o **no se utilizan**) unos medios específicos para realizar el acceso y descenso a los puntos de trabajo en la zona de acopio.

Además, y dado que los elementos prefabricados no se diseñan para trabajar directamente sobre ellos, normalmente no disponen de elementos de protección para el tipo de trabajos planteado.

Al margen de la anterior, se ha de tener en cuenta que por la altura a la que se accede, y en el caso de que ésta supere los 2 metros, los trabajos tendrán la consideración legal de «trabajos en altura», por lo que de acuerdo a lo establecido en el artículo 19 de la Ley 31/95 de PRL, los trabajadores contarán con formación en la materia, la cual *“deberá estar **centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador, adaptarse a la evolución de los riesgos y a la aparición de otros nuevos y repetirse periódicamente, si fuera necesario**”*.



ESCENARIO/PROBLEMÁTICA

A-5

Golpes de calor y trastornos músculo esqueléticos durante la realización trabajos específicos.

Descripción del escenario

Para la realización de determinados trabajos, es precisa la **utilización de equipos de trabajo** que por su propia naturaleza pueden provocar golpes de calor y/o trastornos músculo esqueléticos en los operarios que las llevan a cabo.

En este sentido, uno de los ejemplos más claros es el equipo que se utiliza para llevar a cabo trabajos de **pulido de las piezas prefabricadas**, lo cual se realiza mediante chorro de arena a presión.

Causas habituales de este tipo de accidentes

En el caso que exponemos, la realización de los trabajos durante jornadas con **altas temperaturas** expone al trabajador a unas condiciones de fuerte deshidratación que pueden llegar a provocar golpes de calor.

Por otro lado, la realización de dichos trabajos de forma continuada provoca que debido a la tensión muscular continuada se produzcan lesiones musculares de tipo crónico, ya que la **posición del trabajador es más o menos sostenida** a lo largo de su jornada laboral.

FIGURA 34 - PULIDO DE PREFABRICADO POR CHORRO DE ARENA



FIGURA 36 - POSICIÓN DURANTE LOS TRABAJOS DE PULIDO



FIGURA 35 - EQUIPO PARA PULIDO DE PREFABRICADO



3.2. EJEMPLOS DE ESCENARIOS DE ACCIDENTES EN FASE DE TRANSPORTE

	ESCENARIO/PROBLEMÁTICA
B-1	Golpes y atrapamientos durante la manipulación de elementos prefabricados en la carga y descarga para el transporte

Descripción del escenario

El **transporte de las piezas** de hormigón prefabricado hasta la obra supone uno de los puntos críticos en lo relativo a la seguridad del proceso, teniendo como momentos clave las fases de **carga y descarga de las piezas** prefabricadas.

FIGURA 37 - CARGA DE VIGA DELTA EN CAMIÓN DE TRANSPORTE



En dichas fases, la **manipulación de las piezas** prefabricadas para su colocación en los vehículos de transporte se realiza mediante **equipos y maquinaria de elevación de cargas**, eslingándose los prefabricados de varios puntos específicos mediante elementos concretos para éstas labores hasta el posterior posicionamiento y deslingado sobre la plataforma de transporte.

FIGURA 38 - VEHÍCULO PARA EL TRANSPORTE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS



Una de las situaciones problemáticas en esta fase se da durante el **guiado de las piezas prefabricadas**, ya que en no pocas ocasiones éstas labores se realizan directamente por los operarios, produciéndose accidentes por golpeo o atrapamiento por las piezas.

FIGURA 39 - GUIADO DE CARGA



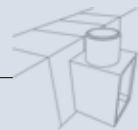


FIGURA 40 - TRABAJOS DE CARGA DE CAMIÓN



Causas habituales de este tipo de accidentes

Entre las causas principales de este tipo de accidentes, podemos destacar como fundamental la **falta de uso de elementos auxiliares adecuados** para la manipulación de las piezas, en especial **cuerdas o cables de guiado**, sin los cuales los operarios se ven obligados a realizar el guiado de forma manual.

En este sentido, se debe tener en cuenta que para los trabajos de carga y descarga, los operarios encargados de su realización deben contar con **formación específica**, la cual abarque entre otros los riesgos y medidas preventivas relativas a la manipulación de cargas y a trabajos en altura.

ESCENARIO/PROBLEMÁTICA	
B-2	Caídas de altura en los trabajos de carga y descarga de los elementos prefabricados.

Descripción del escenario

Tanto en las operaciones de **carga de las piezas** prefabricadas en el vehículo para su transporte a obra, como en aquellas que se realizan para la **descarga en obra** de las mismas, los operarios han de alcanzar la parte superior de la pieza con el fin de **enganchar (y posteriormente desenganchar) la carga** a los elementos de izado (eslingas, anclajes, etc.).

FIGURA 41 - REMOLQUE ESPECIAL PARA EL TRANSPORTE DE PIEZAS



En el caso de las **operaciones de carga**, los operarios acceden a las piezas para su enganche (y fijación de medios de guiado) mediante la utilización de un medio auxiliar (normalmente escaleras manuales). Es este el punto crítico, ya que se dan situaciones en las que el **medio auxiliar utilizado no es el correcto por la altura a la que se debe acceder, o bien está en malas condiciones**; por lo que se producen accidentes por **caída en altura del operario**.

FIGURA 42 - ESCALERA PARA EL ACCESO A LA COTA SUPERIOR DE LA PIEZA Y MANIPULACIÓN DE LA MISMA



Para las **operaciones de descarga**, se da la misma situación que en el caso anterior, ya que los operarios también deben acceder a la parte superior de la carga para su enganche a los elementos de izado y manipulación. Para llevar a cabo dicho acceso, los operarios suelen uti-

lizar medios auxiliares (normalmente escaleras, con los problemas de adecuación indicados), o bien **trepan por los laterales del vehículo**, que normalmente no están acondicionados para realizar este tipo de maniobras ya que no disponen de accesos específicos para este tipo de situaciones.

Del mismo modo, se dan situaciones en las que los operarios encargados de la descarga se mantienen en la parte superior de la carga durante las operaciones, exponiéndose a la caída y/o golpeo debido a movimientos imprevistos de las piezas.

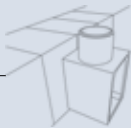
FIGURA 43 - TRABAJOS DE DESCARGA DE LOSAS PREFABRICADAS CON TRABAJADORES SOBRE LA CARGA



Causas habituales de este tipo de accidentes

En estas situaciones, la causa principal de este tipo de accidentes ha de buscarse en la **falta de utilización de medios auxiliares adecuados** para acceder a los puntos de enganche de los elementos prefabricados para su manipulación, ya que, frente a la utilización de **escaleras manuales** aseguradas en la parte superior para garantizar la estabilidad, de forma habitual los operarios trepan directamente a dichos puntos de anclaje.

Realizando un análisis más exhaustivo, podemos identificar como causa original la **falta de formación** preventiva específica por parte de los operarios encargados de la operación y sus supervisores, así como una **carencia de procedimientos** específicos para la realización de estos trabajos, en los que se determine cómo hacer la operación, así como qué medios auxiliares se deberán utilizar y qué controles se deben realizar sobre los mismos.



3.3. EJEMPLOS DE ESCENARIOS DE ACCIDENTES EN FASE DE MONTAJE

	ESCENARIO/PROBLEMÁTICA
C-1	Golpes y/o atrapamientos durante la manipulación de elementos prefabricados durante la fase montaje.

Descripción del escenario

Para las labores de montaje de las piezas prefabricadas, la manipulación de las mismas se realiza mediante la utilización de **maquinaria de elevación de cargas** especialmente diseñada (grúas autopropulsadas básicamente), eslingándose los prefabricados de varios puntos concretos mediante piezas específicas.

El accidente se produce cuando la pieza realiza **movimientos imprevistos** y golpea (o atrapa, según el movimiento que realice) al trabajador que ejecuta la labor de posicionamiento manual de la pieza.

Este tipo de situaciones se dan en la fase de **colocación del elemento** en su punto definitivo.

Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa principal de este tipo de accidentes se debe a que los **elementos de anclaje** no se han **fijado correctamente** o **no son específicos** de la pieza que tienen que soportar, por lo que al recibir tensión procedente del peso de la pieza alguno de ellos se suelta o rompe, volteándose la pieza y golpeando (o atrapando,) al trabajador que realiza la labor de posicionamiento.

FIGURA 44 - POSICIONAMIENTO DE ELEMENTOS PREFABRICADOS



Igualmente, tal circunstancia también se puede producir como consecuencia del **mal estado de conservación de los elementos de sujeción y elevación**, los cuales, al recibir el peso de la pieza, se rompen y producen el golpeo o atrapamiento del trabajador que realiza su guiado.

Además, debe añadirse que la realización de los trabajos de montaje en combinación con **condiciones climato-lógicas adversas** (principalmente **viento**) es otra de las principales causas de este tipo de accidentes.

FIGURA 45 - MONTAJE DE MUROS PREFABRICADOS



	ESCENARIO/PROBLEMÁTICA
C-2	Caída de altura en el montaje de los elementos prefabricados.

Descripción del escenario

Los trabajos de colocación de las piezas prefabricadas en su posición definitiva, exigen en muchos casos la **presencia de trabajadores** en la cercanía del punto de inserción de las mismas. Dado que la construcción de obras mediante la utilización de elementos prefabricados se realiza normalmente para grandes infraestructuras, normalmente **los trabajos se han de realizar a gran altura**.

Para el **acceso** al punto de trabajo (así como para la propia **realización de los trabajos**), los operarios utilizan plataformas elevadoras o lo hacen mediante plataformas de andamio, teniendo que utilizar posteriormente un arnés de seguridad que enganchan en algún elemento de la estructura al tener que realizar movimientos que comprometen su estabilidad sobre la estructura de montaje.

De mismo modo, en trabajos realizados en **obras de edificación** cada vez más se tiende a la utilización de elementos prefabricados, y como sucede en lo anteriormente descrito, se dan situaciones en las que los trabajos se realizan a gran altura mediante la utilización de medios auxiliares (plataformas elevadoras o andamios) y/o sistemas anticaída anclados a puntos fijos o bien a líneas de vida dispuestas al efecto.

FIGURA 46 - TRABAJOS DE FORRADO DE BALCONES



En este contexto, se origina la situación en la que, debido a la **diversidad de los movimientos** necesarios para la ejecución de los trabajos, en ocasiones el punto de anclaje no es el correcto o directamente no se realiza dicho anclaje, produciéndose la caída del trabajador.



Causas habituales de este tipo de accidentes

La causa inicial de este tipo de accidentes se debe a la **ausencia de puntos específicos** para el **anclaje** a lo largo de todo el proceso de montaje de las piezas de prefabricados. Del mismo modo, se dan situaciones en las que no se han planificado puntos específicos de **anclaje para el desembarco** desde los medios de acceso a la zona de trabajo.

FIGURA 47 - TRABAJADOR DIRIGIENDO TRABAJOS DE MONTAJE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS



FIGURA 48 - MONTAJE DE VIADUCTO



Por tanto, al no existir puntos de anclaje específicos durante todas las fases de trabajo, se dan situaciones en las cuales por la peculiaridad de los trabajos los operarios están por momentos **sin ningún tipo de protección frente al riesgo de caída**.

FIGURA 49 - CÁNCAMOS DE ANCLAJE
(Fuente: www.logimarket.com.ar)



Actualmente, el mercado ofrece soluciones para la problemática planteada, por lo que todo parte de una falta de previsión previa al inicio de los trabajos, así como una definición de los **puntos de anclaje en la fase de encargo** a la planta de fabricación.

ESCENARIO/PROBLEMÁTICA

C-3

Caídas de altura por desplome de la maquinaria utilizada en el **montaje de los elementos prefabricados**

Descripción del escenario

Una vez llegado el momento del montaje del prefabricado, para su manipulación normalmente se utilizarán **grúas fijas** existentes en la obra o bien **grúas autopropulsadas** expresamente desplazadas para las tareas.

En este contexto, se dan situaciones en las que, durante el movimiento de la pieza, la grúa se desploma provocando daños de carácter material y humano.

Causas habituales de este tipo de accidentes.

Como causas habituales de este tipo de accidentes, se puede esgrimir en primer lugar un **dimensionamiento inadecuado de las grúas** utilizadas para el manejo de las piezas, haciéndose uso de grúas con limitaciones técnicas sobrepasando el máximo momento de carga admisible.

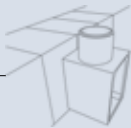
Por otro lado, el inadecuado **posicionamiento de las grúas** en el terreno (o bien un fallo del mismo) de acuerdo con sus instrucciones de uso, en función de la carga a elevar y de la longitud de la pluma provoca el desplome de las mismas durante las operaciones de montaje de las piezas prefabricadas.

Otro de los factores que provoca este tipo de accidentes es la **falta de condiciones meteorológicas** adecuadas durante la realización de los trabajos (principalmente fuerte viento), lo cual provoca la falta de control de los movimientos de las piezas por balanceo.

Por último, en muchas ocasiones el **manejo de las grúas** se encomienda a personal no especializado, lo cual provoca que ante la falta de conocimiento de las limitaciones técnicas de la grúa, se lleve a ésta a situaciones límite que producen su desplome.

FIGURA 50 - TRABAJOS DE MANIPULACIÓN Y POSICIONAMIENTO DE PIEZAS PREFABRICADAS





	ESCENARIO/PROBLEMÁTICA
C-4	Sobreesfuerzos en la manipulación manual de piezas

Descripción del escenario

La colocación en obra de las piezas prefabricadas, en el caso de unidades de grandes dimensiones, se realiza de forma generalizada mediante la utilización de maquinaria y elementos auxiliares diseñados al efecto. El problema se plantea para aquellas **pequeñas piezas** en las que sus dimensiones y peso permiten que sean **manipuladas manualmente** por el personal de obra, lo cual, por la repetitividad, dimensiones, peso y tipo de movimientos que se realizan som causa de accidentes (normalmente leves) relacionados con sobreesfuerzos, los cuales derivan principalmente en trastornos musculo esqueléticos.

este sentido, la reiteración de determinados movimientos y posturas, así como la inadecuada manipulación de cargas, son elementos clave para que se produzcan accidentes de este tipo o bien que se produzcan dolencias crónicas relacionadas con ellos.

FIGURA 52 - COLOCACIÓN DE PREFABRICADOS MEDIANTE ELEMENTO AUXILIAR



FIGURA 51 - COLOCACIÓN DE PREFABRICADOS MANUALMENTE



Causas habituales de este tipo de accidentes

Como causa evidente de este tipo de situaciones se debe apuntar la **no disposición** en obra (o **no utilización** por parte de los operarios) de maquinaria o dispositivos específicos para el manejo de las piezas.

Unido a lo anterior, está la **falta de formación específica** de los trabajadores en la **manipulación de cargas**. En



ESCENARIO/PROBLEMÁTICA

C-5

Contactos con **líneas eléctricas aéreas**.

Descripción del escenario

El momento que se puede considerar como clave en el montaje de las grandes piezas de prefabricados de hormigón se produce durante la fase de desplazamiento de la pieza hasta su ubicación definitiva. Para ello, normalmente se utilizan grúas que en su despliegue son capaces de alcanzar grandes alturas.

En este punto, se dan situaciones en las que existen **líneas eléctricas aéreas en el entorno de las zonas de trabajo**, las cuales pueden llegar a ocasionar graves consecuencias si no se tiene en cuenta o se infravalora su potencial para producir descargas eléctricas.

FIGURA 53 - TRABAJOS DE MONTAJE EN PRESENCIA DE LÍNEAS ELÉCTRICAS ÁEREAS



En este sentido, se debe recordar que no es necesario el contacto directo para que se produzca una descarga eléctrica, sino que la proximidad puede producir descargas por el denominado **arco eléctrico**. A este respecto, indicar que cuanto mayor es la tensión mayor es la posibilidad de que se produzca el arco.

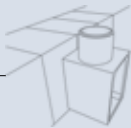
FIGURA 54 - DISTANCIAS LÍMITE DE LAS ZONAS DE TRABAJO

Distancias límite de las zonas de trabajo (Real Decreto 614/2001)					
U_n (kV)	D_{PROX-1} (cm)	D_{PROX-2} (cm)	U_n (kV)	D_{PROX-1} (cm)	D_{PROX-2} (cm)
≤ 1	70	300	45	148	300
3	112	300	66	170	300
6	112	300	110	210	500
10	115	300	132	330	500
15	116	300	220	410	500
20	122	300	380	540	700
30	132	300			

U_n = Tensión nominal de la instalación (kV)
 D_{PROX-1} = distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm)
 D_{PROX-2} = distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo (cm)

Causas habituales de este tipo de accidentes.

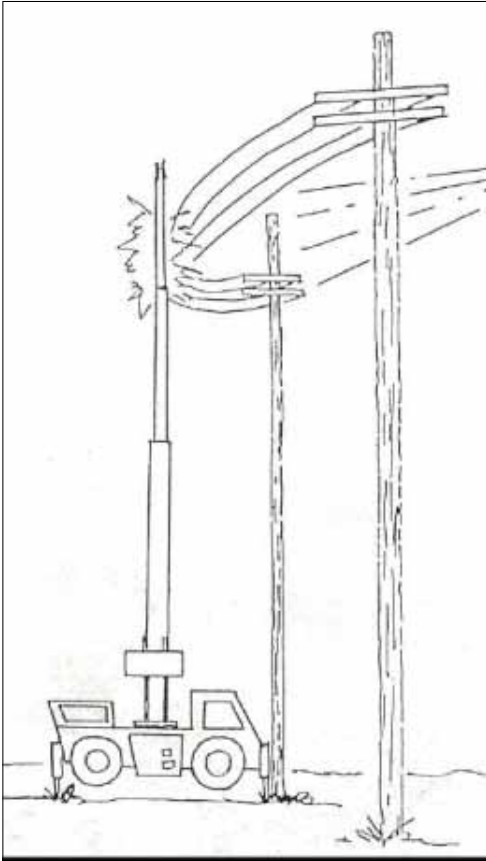
Cuando en la realización de trabajos de montaje de elementos prefabricados exista la presencia de líneas eléctricas aéreas y éstas no se puedan desviar o cortar su suministro, el **contacto directo o proximidad** de partes de la grúa con los cables del tendido lo podemos achacar en primer lugar a la **falta de medidas de balizamiento y señalización** de las zonas de trabajo. En este sentido, la instalación de **elementos de delimiten las zonas seguras de trabajo** (por ejemplo pórticos) será imprescindible para aquellos trabajos que se realicen en presencia de líneas eléctricas aéreas.



Por tanto, ante la presencia de líneas aéreas la **falta de planificación de las distancias de trabajo** (principalmente las zonas trabajos en proximidad), se puede indicar como otra de las causas de este tipo de accidentes.

En el mismo sentido, otra de las causas que provoca este tipo de accidente es que, aun habiendo tenido en cuenta las distancias de seguridad para la realización de los trabajos (zona de peligro y distancias de proximidad), no se previeron la **interferencia de elementos meteorológicos** (especialmente el **viento**), por lo que debido a la oscilación del tendido los cálculos iniciales de distancias no son válidos.

FIGURA 55 - OSCILACIÓN DEL TENDIDO POR EFECTO DEL VIENTO



ESCENARIO/PROBLEMÁTICA	
C-6	Derrumbe de la estructura del prefabricado durante la fase montaje .

Descripción del escenario

En el caso concreto que se expone en las fotografías, los trabajos que se estaban realizando consistían en la **colocación de una viga prefabricada** tipo artesa, de aproximadamente 46 m de longitud, en uno de los vanos entre pilas de un viaducto.

Para la instalación de dicha viga se estaban utilizando dos grúas autopropulsadas, asiendo la pieza por ocho puntos (cuatro en cada extremo).

La **sucesión de acontecimientos** fue la siguiente: una vez situada la viga sobre los apoyos, y dada por finalizada la maniobra de colocación, cuatro operarios accedieron a dicha viga (dos por cada extremo) para proceder a desenganchar los amarres de las grúas.

El accidente se produjo cuando en este momento la viga se **desestabilizó en su apoyo** sobre una de las pilas, cayendo al suelo y partiéndose en dos partes.

Este tipo de situaciones se dan en la fase de **colocación del elemento** en su punto definitivo.

FIGURA 56 - SITUACIÓN FINAL DE LA VIGA DESPLOMADA



Causas habituales de este tipo de accidentes

La principal causa de este tipo de accidente se debe principalmente a la **falta de un procedimiento de trabajo** exclusivo.

En este sentido, la falta del mismo provoca una serie de situaciones que, de forma individual o en su conjunto, llevan a que se produzca el accidente:

- Inestabilidad de la pieza por trabajadores subidos a la misma en determinados momentos.
- Falta de control de precisión en la colocación del elemento prefabricado de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- Falta de control en la adecuación de los complementos requeridos para la instalación: apoyos de neopreno, cuñas y puntales de nivelación, etc.
- Maquinaria de manipulación inadecuada a los requerimientos técnicos de los elementos a manipular.
- Falta de control de los elementos de anclaje y de su correcta fijación de la pieza que tienen que soportar.

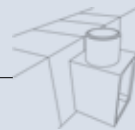
Además, debe añadirse que la realización de los trabajos de montaje en combinación con **condiciones climáticas adversas** (principalmente **viento**) es otra de las principales causas de este tipo de accidentes.

Por último, hay que apuntar la posibilidad de fallo estructural de la pieza por defectos en la misma no apreciados durante su montaje, lo cual es causa posible en algunos accidentes, en los que al tensionarse la pieza, durante la elevación, se produce su fractura.

4

**BUENAS
PRÁCTICAS
PREVENTIVAS
RELATIVAS A LA
UTILIZACIÓN DE
PREFABRICADOS
DE HORMIGÓN**





4.1. RECOMENDACIONES PARA LAS PLANTAS DE FABRICACIÓN

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Dentro de este apartado de **plantas de fabricación** se incluye el análisis preventivo del conjunto de actividades que es preciso ejecutar desde el inicial replanteo de los moldes hasta el almacenamiento de la pieza terminada. De esta manera, se incluyen tanto las tareas de configuración del molde, ferrallado e instalación de piezas para su manipulación, hormigonado y desencofrado, así como el almacenamiento de la pieza.

Por tanto, para la fabricación de elementos prefabricados se debe pasar por una serie de procesos:

- Configuración del molde adaptándolo a los requerimientos de la pieza.
- Colocación de la estructura de la pieza: ferralla y demás elementos de la misma (elementos de izado para el desencofrado, elementos para la posterior manipulación, etc.).
- Hormigonado y vibrado de la pieza.
- Desencofrado del elemento prefabricado.
- Almacenamiento en zona de acopio.

Respecto al almacenamiento de las piezas, en este apartado se considera que una vez fabricadas van directamente a la zona de acopio, contemplando en el apartado específico la alternativa de que las mismas sean cargadas en los vehículos correspondientes y transportados directamente a obra para su montaje.

RECOMENDACIONES PREVENTIVAS EN RELACIÓN CON LAS DIFERENTES ACTIVIDADES A EJECUTAR

En las plantas de fabricación de elementos prefabricados habrá que tener en cuenta los siguientes **aspectos preventivos**:

- En primer lugar, y con el fin de prevenir sobreesfuerzos y trastornos músculo esqueléticos, los trabajadores contarán con **formación específica** en la manipulación manual de cargas.
- En este sentido, la formación incidirá en el uso y correcta utilización de los dispositivos mecánicos dispuestos para el movimiento de cargas, así como de los equipos de protección individual establecidos para ello. Como complemento de esto, los trabajadores recibirán información sobre ejercicios a realizar con el fin de fortalecer la musculatura y atenuar las consecuencias de la exposición a movimientos repetitivos, así como pautas para evitar la realización de los trabajos adoptando posturas forzadas.
- Desde el punto de vista organizativo, se procurará acortar la duración de los procesos que requieran movimientos repetidos, así como dotar a los trabajadores de medios y utensilios adecuados desde el punto de vista ergonómico.
 - Para la manipulación de las piezas en planta, se deberán utilizar componentes certificados y dimensionados de acuerdo a las características de peso y forma de la pieza. Para ello, se recomienda tener en depósitos **diferenciados y etiquetados** los posibles elementos a utilizar con el fin de que no se produzcan errores a la hora de su elección y que sean específicos para las características de la pieza a manipular.

FIGURA 57 - BIDONES DE DEPÓSITO DE ELEMENTOS DE IZADO Y MANIPULACIÓN

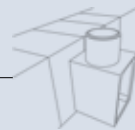


- En lo relativo a los medios y elementos de izado y manipulación (grúas, eslingas, ganchos,...), se recomienda establecer un **procedimiento de mantenimiento y revisión periódica** con el fin de detectar aquellas partes y componentes que pudiesen estar en mal estado de conservación.
- Con el fin de evitar atrapamientos en la zona de acopio debido a derrumbes de los materiales depositados, situación que se agudiza en el caso de elementos con formas redondeadas, no se establecerán acopios para **alturas superiores a 3 hileras** en el caso de dichas formas redondeadas. En el caso de otras formas, deberá estudiarse y establecerse con carácter previo la altura máxima de acopio. En ambos casos, la aportación de nuevas piezas o la retirada de alguna de ellas deberá respetar los límites establecidos.

En el mismo sentido, con el fin de garantizar la estabilidad de la estructura del acopio, éste se deberá realizar sobre **terrenos estables y con la resistencia adecuada para soportar las cargas previstas**, por lo que la adecuación y estabilización previa del mismo es fundamental.

Por otro lado, los **materiales intermedios de separación de piezas** (cuñas, calzos, separadores, etc.) que se utilicen en el acopio deberán estar en buenas condiciones, debiendo ser reemplazados aquellos que por las condiciones ambientales que soportan o bien a consecuencia del uso estén deteriorados.

- En el caso de que sea preciso **acceder a la parte superior de los acopios** para la realización de enganches, desenganches, acondicionamiento o bien otro tipo de trabajo; se contará con un protocolo para estas situaciones, en el cual se especifiquen los medios auxiliares a utilizar así como los medios colectivos e individuales a tener en cuenta para ello.
- Por último, para aquellos trabajos que necesariamente deben ser realizados en **condiciones de intemperie** mediante la utilización de equipos que con **altas temperaturas** supongan un alto riesgo de desvanecimiento por golpe de calor, desde el punto de vista organizativo deberán establecerse medidas para acortar la duración de dichos procesos, así como tener en cuenta la **evolución de la técnica** con el fin de aplicar alternativas a dichos puestos de trabajo en la fabricación de prefabricados de hormigón.



4.2. RECOMENDACIONES PARA EL TRANSPORTE DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Con el fin de que los elementos prefabricados lleguen a su punto de destino en obra, será necesario realizar su **transporte**, lo cual se lleva a cabo mediante la utilización de vehículos que reúnen una serie de **características técnicas** que los hacen adecuados para este tipo de transporte. En este sentido, se darán situaciones en las que los vehículos deban disponer de particularidades más restrictivas por las **características de las piezas** (dimensiones, formas,...) o del **itinerario** (gálidos, anchura,...).

En general, las operaciones básicas que comprende el transporte de prefabricados consisten en:

- Carga en el vehículo.
- Transporte por carretera.
- Descarga en obra.

Respecto a la descarga del vehículo, los aspectos a contemplar desde el punto de vista preventivo para el desarrollo de esta actividad serán tratados en el apartado de acopio.

RECOMENDACIONES PREVENTIVAS EN RELACIÓN CON LAS DIFERENTES ACTIVIDADES A EJECUTAR

En el transporte de elementos prefabricados desde la planta de fabricación hasta la obra habrá que tener en cuenta los siguientes **aspectos preventivos**:

Normas generales:

- Los operarios encargados de la realización de los trabajos de carga y descarga deben contar con

formación específica, la cual abarcará entre otros los riesgos y medidas preventivas relativas a la manipulación de cargas y a trabajos en altura.

- Para evitar la caída en el ascenso y descenso a la cabina del vehículo se deberán mantener limpios los estribos y utilizar siempre calzado antideslizante.
- Para el acceso a la plataforma de carga se utilizarán las escaleras del camión si éste dispone de ellas, o en su defecto una escalera manual de las dimensiones adecuadas a la altura de la carga.
- Para enganche/desenganche o atado de piezas, en el caso de que se utilice escalera manual ésta se colocará de frente al punto de trabajo.
- Se deberán emplear durmientes, bastidores o maderas adecuadas a las características de la pieza o piezas a transportar, de manera que se garantice su estabilidad; todo ello de acuerdo a las indicaciones establecidas por el fabricante.
- Durante la carga y descarga de piezas pesadas en el camión, el conductor permanecerá fuera de la cabina y alejado de la zona de maniobras.
- No se sobrecargará el vehículo por encima de la carga autorizada.
- Se deberán establecer los mecanismos de control adecuados con el fin de asegurarnos de que el vehículo dispone actualizados los diferentes documentos exigibles legalmente: ITV, seguros, permiso de circulación,...
- La conducción del vehículo se realizará de manera prudente, respetando las normas de circulación y a una velocidad moderada (ajustada a los límites establecidos). En este sentido, los giros y curvas deberán realizarse a baja velocidad, la cual se adecuará a las condiciones de la carretera.



- El vehículo encargado de realizar el transporte deberá disponer de las operaciones de mantenimiento establecidas por el fabricante con el fin de evitar cualquier fallo mecánico.
- De forma básica, antes de empezar el recorrido el conductor se asegurará del estado de los frenos, neumáticos, faros, gasolina, aceite y agua; por lo que es recomendable establecer **protocolos para este tipo de revisiones**. En el mismo sentido, antes del inicio de la marcha se revisará la estabilidad de la carga con el fin de detectar posibles desplazamientos de la misma.
- En el caso de que el vehículo se incendie, se apartará en la medida de lo posible de las zonas de paso y se cortará el encendido del motor. Si el fuego se acerca al depósito de combustible, los ocupantes se alejarán rápidamente del vehículo dando aviso a los equipos de emergencia.
- El vehículo no se podrá conducir bajo los efectos del alcohol, medicación o cualquier sustancia psicotrópica que pueda afectar a la percepción del riesgo o tener efectos somníferos.

- Cuando el transporte que se realice sea de **cubiertas nervadas**, las piezas estarán apiladas máximo en dos alturas.
- En el caso concreto de **paneles**, siempre se recomienda usar bastidores para su transporte.

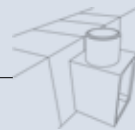


Carga de los camiones:

- Las **cargas deben estar centradas**, asegurando las mismas con cables u otros elementos certificados que eviten que deslicen o caigan. Las piezas se atarán con eslingas certificadas transversales formando una carga conjunta y unida al camión para evitar el desplazamiento de la misma.
- El apoyo en la caja del camión se hará de forma que la carga apoye en las proximidades de los ejes delantero y trasero, colocando **cuñas de madera** para evitar golpes en caso de holguras.
- Como norma general, los apoyos se dispondrán a 0,4-1 m de los extremos en el caso de las piezas pretensadas, colocándose bajo ganchos en el caso de vigas armadas.
- En el caso de **pilares**, para más seguridad se puede utilizar el agujero del bulón para el atado de piezas entre sí.
- Si las piezas son **peraltadas**, la carga máxima será de 5 peraltadas aligeradas. En el caso de transportes especiales, el número máximo es de 3 y se recomienda usar refuerzo en forma de U sobre las vigas en la zona central atornillado a las mismas. Para evitar golpes se colocarán tacos de madera en cumbrera.

Otras normas de seguridad complementarias:

- Para las operaciones de guiado se emplearán **cuerdas o cables** con el fin de evitar que los operarios realicen el guiado de forma manual. En especial, para estas operaciones se vigilarán las condiciones atmosféricas, deteniéndose los trabajos ante situaciones de fuerte viento.
- La manipulación de las piezas se realizará asegurando el enganche al menos por dos puntos, o bien aquellos que determine el fabricante para los trabajos de manipulación de la pieza.
- Se controlará que los operarios no se suban a la parte superior de la carga para realizar los trabajos de enganche/desenganche de elementos de izado o guiado, para lo cual se deberán de utilizar medios auxiliares adecuados (normalmente escaleras de longitud suficiente).



4.3. RECOMENDACIONES EN LA DESCARGA, ACOPIO Y MANIPULACIÓN DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Una vez llega a la obra el transporte con la partida de elementos prefabricados, existen dos posibilidades:

- Tener que descargar el material para su **acopio intermedio**.
- Realizar el **montaje directamente** desde el medio de transporte hasta su posición definitiva en la estructura. En este segundo caso, una vez que llega el elemento prefabricado se traslada mediante medio auxiliar de elevación (habitualmente grúa autopropulsada, en función de las dimensiones de la pieza) al punto de ubicación definitivo en obra.

RECOMENDACIONES PREVENTIVAS EN RELACIÓN CON LAS DIFERENTES ACTIVIDADES A EJECUTAR

En la **descarga, acopio y manipulación de elementos prefabricados** en obra habrá que tener en cuenta los siguientes **aspectos preventivos**:

- Tal y como se ha indicado, una vez llevado a obra el prefabricado puede ser montado directamente o bien acopiado temporalmente. En ambos casos, una medida preventiva básica que atañe a la organización del trabajo es que las tareas de descarga, acopio y manipulación de los elementos prefabricados se realicen con la **menor cantidad de movimientos del material** en obra.
- Por otro lado, previamente a la realización de los trabajos hay que asegurarse del **buen estado y capacidad de carga**, tanto de la grúa como de todos los elementos auxiliares de elevación (ganchos, eslingas, etc...).
- En cualquier caso, siempre deberán seguirse las **instrucciones** que suministra el propio **fabricante** para

la descarga, acopio y manipulación de los elementos prefabricados.

- Por otro lado, además de las medidas preventivas de carácter general correspondientes a acopios, maquinaria y equipos de izado o elevación, se deben tener en cuenta las específicas indicadas a continuación:
 - Para evitar **colisiones**:
 - El lugar en el que se realicen las actividades indicadas estará **libre de obstáculos y de líneas eléctricas** contra las que las máquinas o la carga puedan colisionar, estando adecuadamente **acotado y señalizado**.
 - Si la existencia de **líneas eléctricas es inevitable**, se garantizará el paso de vehículos, controlando que las máquinas y la carga estén alejadas de las mismas la **distancia de seguridad** especificada en cada caso.
 - En caso de **interrupción del suministro eléctrico**, se deberá tener constancia de la interrupción del mismo a través de la compañía eléctrica antes de iniciar los trabajos. Del mismo modo, deberá conocerse **con precisión el tiempo** en que dicho suministro estará interrumpido.
 - Se **señalarán las zonas de acceso y delimitarán las zonas de posicionamiento** de vehículos para operaciones de descarga.
 - Para evitar **caídas de elementos**:
 - Se realizará un correcto uso de los equipos y útiles de elevación, revisando su carga portante y estado, **de acuerdo a las instrucciones del fabricante**.
 - Se **comprobará periódicamente** (dejando constancia del control efectuado) el **buen estado de uso** de todos los útiles de elevación.
 - No se permitirá la **presencia de operarios diferentes** a quienes participan directamente en la



realización de los trabajos, en las áreas de descarga, acopio y manipulación de elementos prefabricados. Existirá **prohibición** expresa de que el personal permanezca **debajo de las cargas**.

- La descarga, acopio y manipulación de elementos prefabricados se realizará únicamente empleando el sistema y los útiles especificados por el fabricante, siguiendo sus instrucciones de uso y manipulación.
- En la operación de **enganche de las piezas** para su manipulación, debe comprobarse la seguridad de la conexión realizada. Una vez los elementos empiecen a ser izados, y los cables de la grúa se tensen, se **comprobará nuevamente** la seguridad del amarre.
- Los apoyos de los elementos prefabricados durante su manipulación y acopio se realizarán según las **indicaciones de los planos de montaje o de acopio y manipulación** y las instrucciones que, a tal efecto, suministrará el fabricante.
- El **centro de gravedad** de la pieza estará **por debajo del punto de tiro** para su elevación y traslación a lugar definitivo o, en caso contrario, se dispondrá del utillaje preciso que asegure su estabilidad.
- El **manejo de las grúas** será realizado por personal **debidamente formado y oficialmente acreditado**, que tendrá siempre a la vista la carga suspendida y, en caso contrario, las maniobras será dirigidas por un **operario señalista** que supla dicha falta de visibilidad.
- El movimiento de la carga se realizará **sin balanceos ni movimientos bruscos**.
- No se soltará la unión del elemento prefabricado de la grúa hasta que aquél esté debidamente **estabilizado en su posición definitiva** de descarga o de acopio.
- En caso de **fuerte viento o lluvia considerable** se **detendrán las operaciones** de montaje, cambiando a otros trabajos que no ofrezcan riesgo.

○ Para evitar **atrapamientos entre elementos**:

- El **guiado de las cargas** siempre se realizará con **elementos auxiliares**, normalmente cuerdas de guiado, y nunca colocando las manos ni el propio cuerpo del operario para ello, a fin de evitar el posible atrapamiento

de las extremidades o del cuerpo entre el elemento prefabricado que se pretende colocar y otros previamente colocados.

- El **ensamblaje** será realizado por **personal especialmente adiestrado** para ello, teniendo los conocimientos adecuados.
- Se utilizarán guantes de protección siempre, incluso en el guiado.

○ Para evitar **caídas a distinto nivel**:

- La **colocación** de los elementos prefabricados y el **desenganche** de los mismos de los cables que los unen a las grúas, se realizará por los operarios **desde plataformas estables de trabajo**.
- Si la plataforma de trabajo es una **plataforma elevadora** se utilizará **arnés de seguridad** y prolongador de seguridad estando enganchado el trabajador a la misma.
- En caso de que por la especificidad de los trabajos sea preciso **salir de la plataforma**, el operario utilizará dos prolongadores de seguridad y siempre estará atado con uno de ellos anclado (**arnés con doble anclaje**).
- Los **puntos de enganche** para arnés de seguridad serán **específicos** y capaces de facilitar el movimiento y la actividad del operario de modo seguro.





- En **ningún caso** los operarios se situarán **sobre la carga** a izar y mover, **ni debajo** de ella.
- Los trabajos que se realicen dentro de los considerados como trabajos en altura (altura superior a 2,00 m), sólo podrán efectuarse con la ayuda de medios auxiliares y de protección adecuados (plataformas elevadoras, líneas de vida, anclajes, ...).
- Para evitar **atrapamientos y caídas por desplome de la maquinaria**:
 - La **estabilización de las grúas** se realizará de acuerdo con sus **instrucciones** de uso y **en función de la carga** a elevar y la **longitud de pluma** a disponer.
 - El reparto de la carga desde las grúas al terreno se realizará sobre **terreno firme y competente**, evitando cargar sobre los bordes de terraplenes y excavaciones, respetando la distancia de seguridad de 2,00 m al borde del talud. También se evitará circular y cargar sobre terrenos sueltos o no suficientemente estables.
 - Se **delimitará la zona de posicionamiento de la grúa** de forma que sirva de referencia para la llegada de camiones.
 - Para evitar riesgo de golpeo a elementos ya colocados, el **movimiento de las cargas se realizará a suficiente altura** y en las operaciones de aproximación a elementos ya colocados se emplearán **cuerdas de guiado** y las velocidades de descenso o aproximación serán a una **velocidad adecuada**.
 - Para la realización de cualquier izado y movimiento de los elementos prefabricados, se **controlará que la velocidad del viento** es admisible para la realización de dichos trabajos.
 - El **terreno del área de acopio** será competente para **resistir las cargas** de los elementos acopiados.
 - Podrán utilizarse **durmientes de madera** para evitar el hundimiento de las patas de nivelación de la máquina.





4.4. RECOMENDACIONES EN LA COLOCACIÓN Y MONTAJE DE ELEMENTOS PREFABRICADOS EN OBRA

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

La colocación de elementos prefabricados se realiza, generalmente, con la **ayuda de grúas** fijas o autopropulsadas y, en la mayor parte de los casos, el elemento prefabricado se desplazará mediante operaciones de izado y desplazamiento, desde el vehículo que lo transporta hasta su ubicación definitiva en la obra.

En algunos casos, las maniobras de montaje se realizan desde el lugar en que está acopiado el elemento prefabricado hasta su ubicación definitiva en la obra.

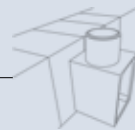
RECOMENDACIONES PREVENTIVAS EN RELACIÓN CON LAS DIFERENTES ACTIVIDADES A EJECUTAR

En la **colocación y montaje de elementos prefabricados** en obra, además de las medidas preventivas de carácter general correspondientes a zonas de acopio, maquinaria, equipos de izado o elevación; habrá que tener en cuenta los siguientes **aspectos preventivos**:

● MONTAJE DE ELEMENTOS VERTICALES PREFABRICADOS (PILARES, PILAS, MUROS)

- Con el fin de evitar posteriores caídas a distinto nivel durante el montaje, la fijación en la pieza de **elementos auxiliares para el montaje** (bulón de izado, etc.) y de elementos de fijación de **líneas de vida o enganche** del arnés de los operarios (cuando así sea necesario), se deberá realizar **previamente al comienzo de los trabajos**, cuando la pieza está en el suelo.
- Del mismo modo que en el caso anterior, la instalación de los anclajes de los **sistemas de arriostramiento y cables**, y de los **anclajes para dispositivos de fijación de puntales** se realizará con carácter **previo al montaje**.

- La **retirada de bulones de enganche** se realizará mediante la ayuda de **cuerdas de retirada**, tanto del pasador de seguridad como del bulón, para alturas inferiores a 6,00 m o bien mediante el uso de **plataformas elevadoras**.
- La **retirada de los elementos de arriostramiento** se realizará mediante **plataformas elevadoras**.
- La descarga, elevación y colocación del elemento prefabricado, se realizará empleando únicamente el **sistema y útiles indicados por el fabricante**, siguiendo sus instrucciones de uso y manipulación. En este sentido, se recomienda establecer un **procedimiento específico** para este trabajo en el que se recoja todo lo relativo a fases y medios a utilizar, así como las medidas preventivas a implantar en cada una de ellas.
- Las **eslingas y útiles de elevación** se **revisarán periódicamente** antes del inicio de los trabajos.
- Los **elementos de arriostramiento** (cables o puntales) se **balizarán para que sean bien visibles** y evitar choques contra ellos de máquinas, vehículos o personas que puedan, además de sufrir daños propios, derribar el arriostramiento y el elemento arriostado.
- En los **movimientos del elemento** prefabricado en **posición horizontal**, la dirección del tiro, siempre debe formar un ángulo mayor de 60° con la horizontal.
- Los **puntos de suspensión del elemento** prefabricado en horizontal estarán entre 0,5 y 1,0 m del borde o a la distancia indicada en los planos e instrucciones de montaje suministrados por el fabricante.
- El movimiento de carga se realizará **sin balanceos ni movimientos bruscos**.
- En todo caso el manejo de las grúas será realizado por **personal debidamente formado** que tendrá



siempre a la vista la carga suspendida, y en caso contrario, las maniobras serán dirigidas por otro **operario señalista con formación específica** que supla dicha falta de visibilidad.

- El **movimiento en vertical del elemento** prefabricado se realizará mediante un **bulón pasante en la parte superior**, acorde al peso y altura de aquél, con un pasador de seguridad para evitar que dicho bulón pueda deslizarse y salirse del elemento prefabricado.
- En caso necesario, para el izado vertical del elemento prefabricado se podrá utilizar una **grúa con doble cabrestante o dos grúas**, que engancharán simultáneamente el elemento: una grúa lo levantará mediante el anclaje lateral hasta que el elemento esté en posición vertical, y la otra enganchará a la cabeza del elemento para izar el mismo.
- El elemento prefabricado **no se soltará de la grúa hasta que se haya asegurado su estabilidad**, mediante cuñas y con el arriostramiento diseñado por el fabricante (vientos o apuntalamientos) por encima del centro de gravedad.
- Las **cuñas y arriostramientos no se retirarán** hasta que el hormigón de relleno del cáliz (o vainas) haya endurecido, recomendándose no hacerlo antes de transcurridas 12 horas desde el hormigonado o relleno de vainas salvo que exista un procedimiento que especifique otro tiempo diferente.
- Para evitar riesgos de golpeo en elementos ya montados, los desplazamientos de cargas se realizarán a **suficiente altura**, o bien su **guiado se realizará mediante dos cuerdas auxiliares**.
- En la **retirada de los bulones de enganche** mediante cuerdas auxiliares, el tiro de las mismas será lo más sesgado posible para evitar el desenganche brusco e incontrolado del bulón.
- Durante la retirada del bulón de enganche nadie debe permanecer en la **zona de posible caída del mismo**.
- **MONTAJE DE ELEMENTOS HORIZONTALES PREFABRICADOS (VIGAS, DINTELES, JÁCENAS, VIGUETAS, CORREAS)**
 - Con el fin de evitar posteriores caídas a distinto nivel durante el montaje, cuando la pieza esté en el suelo se instalarán en su ubicación definitiva, y **previamente al comienzo de los trabajos**, los dispositivos de fijación de las barras portacables de seguridad, de las líneas de vida o de seguridad y las barandillas.
 - La **instalación de las placas de neopreno, el posicionamiento de las vigas y su desenganche** se realizará desde **plataformas elevadoras**.
 - La **descarga, elevación y colocación** del elemento horizontal se realizará empleando únicamente el **sistema y útiles especificados por el fabricante**. En este sentido, se recomienda establecer un **procedimiento específico** para este trabajo en el que se recoja todo lo relativo a fases y medios a utilizar, así como las medidas preventivas a implantar en cada una de ellas.
 - Las **eslingas y elementos de elevación** se **revisarán periódicamente** antes del inicio de los trabajos, lo cual deberá ser verificado.
 - Los **movimientos** se realizarán **sin balanceos ni movimientos bruscos**.
 - La **dirección de los tiros** siempre debe formar un ángulo mayor de 60° con la horizontal. Si el elemento horizontal tiene dos puntos de elevación, estarán a una distancia de cada uno de los bordes inferior a la décima parte de la longitud de la viga o a la distancia indicada en los planos de montaje e instrucciones de montaje suministrados por el fabricante.
 - En caso de que existan **tres o cuatro puntos de elevación**, se utilizará un **dispositivo que asegure un tiro uniforme** de todos los puntos.
 - El **manejo de las grúas** será realizado por **personal especializado**, que tendrá siempre la carga suspendida a la vista; y en caso necesario, otro **operario señalista con formación específica** dirigirá las maniobras.
 - No se **desenganchará la viga** hasta que se haya **asegurado y estabilizado** la misma en su posición definitiva.
 - Para evitar el golpeo a elementos ya montados, los **desplazamientos del elemento horizontal** se realizarán a **suficiente altura**, o bien el guiado de las cargas se hará mediante **cuerdas auxiliares**.
 - Si los elementos horizontales no se colocan directamente desde el camión a su emplazamiento definitivo, deberán **apilarse en zona firme y plana, apoyados sobre durmientes de madera a 0,25 m del extremo, sin punto de apoyo intermedio**. En todo caso se respetaran los apoyos indicados en los planos de montaje y las instrucciones suministradas por el fabricante.



- Siempre que se tire de **varios puntos de suspensión**, se deberá asegurar antes del izado, que **la carga se soporta por igual entre todos y cada uno de los puntos**.
- **MONTAJE DE PLACAS O LOSAS PREFABRICADAS (PLACAS DE ENCOFRADO PERDIDO, PLACAS Y LOSAS DE FORJADO, LOSAS ALVEOLARES)**
 - Se recomienda que el **montaje de las placas desde las vigas** se realice empleando la utilización de **líneas de vida** ancladas a las propias vigas debidamente estabilizadas o sistemas alternativos igualmente seguros.
 - **Previamente** al inicio de los trabajos, se procederá a la **instalación de las protecciones** diseñadas para el montaje:
 - **Redes horizontales** y barandillas perimetrales incorporadas a pilares o vigas.
 - **Líneas de vida** y anclajes de **arnés de seguridad**.
 - La **colocación de los apoyos de neopreno** se realizará mediante el uso de **plataformas elevadoras**.
 - El **acceso** a los distintos niveles se realizará mediante **plataformas andamiadas de escalera**.
 - La **descarga, elevación y colocación** de la placa se realizará empleando únicamente el **sistema y útiles especificados por el fabricante** y convenientemente certificados.
 - Las **eslingas y útiles de elevación** se **revisarán periódicamente antes del inicio de los trabajos**, conforme a las indicaciones del fabricante.
- El **movimiento** se realizará **sin balanceos ni movimientos bruscos**.
- En los **movimientos de la placa**, la dirección del tiro siempre debe formar un ángulo mayor de 60°. Se recomienda el uso de guardacabos.
- En el caso de uso de **pinzas de apriete**:
 - Los **vuelos serán los especificados por el fabricante** en función de la geometría de la losa alveolar y de las pinzas de apriete disponibles.
 - Si las pinzas son **telescópicas**, el alargue será simétrico, y el tiro se hará desde **dos extremos de las zonas telescópicas**.
 - Si están en **posición plegada**, el tiro se hará desde **las orejetas de la zona fija**.
 - En todo caso, el manejo de la placa y los puntos de apoyo o elevación serán los indicados en los planos de montaje y en las **instrucciones de montaje suministradas por el fabricante**, quien deberá considerar la tracción que el izado introduce en la placa en el punto de elevación de la misma.
- En el caso de **tiro mediante puntos de anclaje**, éstos se situarán entre **40 y 60 cm del borde**:
 - En todo caso el manejo de la placa y los puntos de apoyo o elevación serán los indicados en los planos de montaje e **instrucciones de montaje suministradas por el fabricante**, teniéndose en cuenta la tracción vertical que el izado introduce en la placa en el punto de elevación de la misma.
- El **manejo de las grúas** será realizado por **personal especializado** que tendrá siempre a la vista la carga suspendida y en caso contrario, las maniobras serán dirigidas por otro **operario señalista con formación específica**.
- Para evitar riesgos de golpeo de elementos ya montados, los **desplazamientos de las placas** se realizarán a **suficiente altura** o bien el guiado de las cargas se realizará **con la ayuda de dos cuerdas auxiliares**.
 - En todo caso se seguirán las indicaciones del plano de montaje y las instrucciones suministradas por el fabricante.
 - No se colocará un paquete de placas sobre otro.
- En el caso de **izado desde puntos de suspensión**, debe asegurarse que **la carga se reparte por igual** entre todos y cada uno de los puntos.



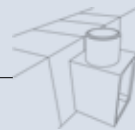


- No se apilarán palets sobre las placas.
 - Se evitará el **hormigonado desde altura excesiva**, para no golpear las placas con el propio hormigón, teniendo precaución para no acumular hormigón sobre una placa o sobre una pequeña superficie de placas.
 - Se debe **verter el hormigón sobre las vigas y extender luego sobre las placas** de modo que sobre ésta se deposite solamente el espesor previsto del hormigón.
- MONTAJE DE PANELES DE CERRAMIENTO PREFABRICADOS
- **Antes de los trabajos**, se realizará la **previsión de los anclajes y líneas de vida de seguridad**, sobre pilares y vigas.
 - Se hará uso de **plataformas elevadoras** para los trabajos de **fijación y anclaje de los paneles**, así como para soltar las sujeciones de las grúas.
 - La **descarga, elevación y colocación de las placas** se realizará empleando únicamente los **sistemas y útiles especificados por el fabricante**, siguiendo sus instrucciones de uso y manipulación.
 - Las **eslingas y útiles de elevación se revisarán periódicamente**.
 - Siempre que sea posible, los **trabajos de fijación y anclaje del cerramiento**, así como la **liberación de sujeciones a las grúas**, se realizarán **desde el interior de la estructura que se está cerrando**, aproximándose al borde con la protección de la línea de vida anclada a dicha estructura.
 - En los **movimientos de las placas**, la dirección del tiro siempre debe formar un ángulo mayor de 60° con la horizontal.
 - El **movimiento** se realizará **sin balanceos ni movimientos bruscos**.
 - El **manejo de las grúas** será realizado por **personal especializado**.
 - No se debe soltar el panel de la grúa hasta que se haya asegurado su estabilidad.
 - Los **paneles se apilarán** de acuerdo a las **instrucciones de manipulación suministradas por el fabricante**.
 - Por ejemplo, si las condiciones (espacio de la obra, pendiente y estabilidad del terreno, etc.) lo permiten, se apilarán ordenadamente pudiéndose reali-
- zar el apoyo sobre durmientes, con un máximo, en altura, de 5 niveles, o bien sobre útiles específicos. Esta última opción es recomendable en el caso de paneles verticales; cuando sea necesario, dichos paneles deben sujetarse a los útiles, y éstos a su vez deberán anclarse al terreno cuando sea necesario.
 - En todo caso se seguirán las indicaciones del plano de montaje y de la instrucción de montaje suministradas por el fabricante.
 - Los **paneles deben ser dirigidos mediante cuerdas auxiliares**.
 - Los **trabajos de soldadura y montaje** deben realizarse desde **plataformas elevadoras móviles**, cuando sea necesario, se hará uso del arnés de seguridad, para lo que se habrán previsto puntos de anclaje y líneas de vida.
 - Antes de **desenganchar un elemento de sus vigas**, se habrá asegurado su estabilidad mediante **anclaje o soldadura**.

5

**PREVENCIÓN
DE RIESGOS
LABORALES
A TRAVÉS DEL
DISEÑO: ANÁLISIS
COMPARATIVO
DEL USO
DE ELEMENTOS
PREFABRICADOS
FRENTE A LA
EJECUCIÓN *IN SITU***





5.1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principios básicos de la **Directiva 92/57/CEE** se basa en la **integración de la prevención en la fase de diseño**. Así, dicha norma, no sólo **reconoce** (haciendo referencia a la elaboración del proyecto materia de seguridad y salud en obras) **la vinculación entre los accidentes de trabajo del sector y las decisiones y planificación llevadas a cabo en la fase de proyecto** sino que incluyó en su exposición de motivos la necesidad de “reforzar la coordinación entre las distintas partes que intervienen ya desde la fase de proyecto...”.

De esta forma, y si bien los citados principios ya resultaban vinculantes para la gestión empresarial en materia preventiva al establecerse en el Art.6 de la Directiva Marco, la **Directiva 92/57/CEE extiende su aplicación al proceso de diseño de la futura obra que llevan a cabo el proyectista y la propiedad de la misma**. A este respecto, la pretensión del legislador comunitario no es otra que lograr que la **organización, la planificación y el diseño de la actividad productiva de la obra** que, por definición, efectúa el proyectista en esta etapa, **se vea influenciada por prioridades preventivas**.

En el ámbito nacional, la Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de Prevención de Riesgos Laborales, tanto en su exposición de motivos como reiteradamente en su articulado, introduce la necesidad de **integrar la actividad preventiva en los sistemas de gestión de las empresas**. También el posterior R.D. 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el R.D. 39/1997, Reglamento de los Servicios de Prevención y el R.D. 1627/1997, disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, reproduce el concepto de integración de la prevención de riesgos laborales en el conjunto de actividades de la empresa y en todos sus niveles jerárquicos, debiendo **proyectarse en los procesos técnicos, en la organización del trabajo y en las condiciones que éste se preste**.

Aún más, tal es la preocupación del legislador en este ámbito, que la citada Ley 54/2003 añade, en forma de modificación del R.D.L 5/2000, de 4 de agosto, Texto Refundido de la Ley de Infracciones y Sanciones de Orden

Social, la tipificación de **infracción grave el incumplimiento de la obligación de integrar la prevención de riesgos en la empresa a través de la implantación y aplicación de un plan de prevención, con el alcance y contenido establecidos en la normativa de prevención de riesgos laborales**.

Esta necesidad de integración de la prevención de riesgos en todos los sectores empresariales, trasladada a la **construcción**, aparece recogida en el R.D. 1627/1997 tanto en la fase de ejecución de obra como en la fase de redacción de proyecto. El legislador ya había previsto, específicamente para el sector de la construcción, **la obligatoriedad de considerar la prevención en el estadio inicial de cualquier obra: en las fases de concepción, estudio y elaboración del proyecto constructivo, como así queda recogido en el artículo 8 del citado R.D.**

Dentro del sector de la construcción, son varias las actuaciones preventivas que se pueden acometer ya desde la fase de diseño, a través del proyecto, para la mejora de los niveles de seguridad durante la fase de construcción de la futura obra. La finalidad de estas actuaciones tendrá como objetivo la eliminación de riesgos en las diferentes actividades y unidades de la futura obra y la mejora de los niveles de protección frente a los riesgos que no se hayan podido evitar. Estas actuaciones pueden agruparse en cinco aspectos:

- La definición de **procesos y soluciones constructivas intrínsecamente seguras**.
- La previsión y anticipación de utilización de **equipos de trabajo que integren la seguridad**.
- La **programación** y planificación de las actividades para **evitar concurrencias** e interferencias que impliquen los riesgos.
- La definición de **protecciones colectivas integradas** en el proceso productivo.
- La propuesta de **materiales seguros** y medioambientalmente sostenibles.

Una de las propuestas que tradicionalmente se ha considerado como **solución constructiva más segura** es la de la **sustitución de elementos de obra ejecutados In situ** en su emplazamiento definitivo **por elementos pre-fabricados** en industrias fijas y que tras su traslado por medios de transporte convencionales o especiales a la obra son colocados mediante equipos de elevación en su posición definitiva de trabajo.

A continuación, vamos a analizar de forma general esta afirmación atendiendo a las variables por las que usualmente se determina la valoración de los riesgos laborales. La **probabilidad** de que se materialice un riesgo y la **gravedad del daño** en caso de materializarse ese riesgo.

Sin duda, y a priori, la **disposición de mano de obra** necesaria para el montaje de elementos prefabricados resulta **inferior** a la que se necesitaría para la conformación de esos mismos elementos In situ en la obra.

A la hora de **valorar un riesgo, la exposición** es uno de los factores a tener en cuenta, por lo que esta reducción de la mano de obra en los procedimientos con prefabricados revertirá en una reducción del nivel de riesgo de este procedimiento constructivo.

Otra ventaja habitual de la construcción con elementos prefabricados respecto a la ejecución In situ es la **reducción de los plazos** de ejecución. Esta reducción resulta evidente únicamente al considerar que para poner en servicio o para realizar una construcción de hormigón In situ por fases, ha de pasar un determinado período necesario para el fraguado y endurecimiento del hormigón de cada fase antes de ejecutar la siguiente.

Estos períodos no son necesarios en las estructuras prefabricadas. Las piezas de hormigón que se disponen en

la obra ya tienen la resistencia necesaria para ponerlas en servicio y asumir las cargas a las que van a estar expuestas.

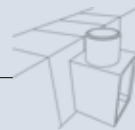
Traducido en factores de riesgo, la reducción del plazo de trabajo supone también una **reducción de la exposición a los riesgos** laborales de ese trabajo.

Otra consideración que marca importantes diferencias entre la ejecución de una unidad de obra de hormigón In situ frente al prefabricado es que en la primera se ponen en uso muchos más materiales y medios auxiliares (ferralla, encofrados, hormigón, herramientas eléctricas, andamios y plataformas de trabajo, equipos de elevación, maquinaria y vehículos para transporte y puesta en obra de encofrados, armaduras y hormigones,...). En el caso de la puesta en obra de elementos prefabricados los medios materiales son mucho más reducidos, basta considerar los vehículos de transporte, los equipos de elevación y puesta en obra y los propios elementos prefabricados. Por ello, los factores de riesgo debidos a la maquinaria, herramientas y medios auxiliares en el caso de la construcción In situ son mucho más amplios que en la construcción prefabricada; es decir **el número de riesgos a considerar es muy superior para la ejecución de elementos de hormigón In situ**.

Sin embargo, en todo este análisis estamos obviando una consideración importante. En esta comparación únicamente **consideramos los trabajos que se ejecutan en el recinto del centro de trabajo de la obra** de construcción. Sin embargo, en el caso de los prefabricados, la construcción de estos elementos también tiene sus riesgos; riesgos que aquí no consideramos y que tienen lugar en las fábricas donde se construyen estos elementos prefabricados y los riesgos, también laborales, que

FIGURA 58 - FABRICACIÓN DE PLACAS ALVEOLARES EN PLANTA.





tienen lugar en el transporte entre el lugar de producción y la obra donde se van a emplazar.

Por otra parte, la exposición a los riesgos de la construcción industrializada es muy inferior a la que suponen los procesos de ejecución de una obra *In situ*. Las afecciones del entorno son diferentes; la construcción en proceso fabril no presenta las condiciones de riesgos del entorno que supone la obra. Los procesos están mecanizados y los puestos de trabajo están más controlados.

En todo caso, como ya se ha anticipado, en este estudio únicamente se analiza la comparativa preventiva entre la ejecución de unidades de obra *In situ* frente a la ejecución con elementos prefabricados derivada de los trabajos en el centro de trabajo de la obra de construcción.

Dado el extendido empleo de soluciones prefabricadas en gran parte de las unidades de obras de construcción centraremos el próximo estudio comparativo en dos casos:

● CASO 1: MURO DE CONTENCIÓN

Solución 1: MURO *IN SITU*

Solución 2: MURO DE PANELES PREFABRICADOS VERTICALES

● CASO 2: FORJADO DE PLANTA DE EDIFICIO

Solución 1: FORJADO *IN SITU*, LOSA DE HORMIGÓN

Solución 2: FORJADO DE PLACAS ALVEOLARES PREFABRICADAS

5.2. METODOLOGÍA

En primer lugar, para el análisis comparativo entre los procedimientos constructivos *In situ* y prefabricados deberemos establecer una metodología de valoración lo más objetiva posible.

Los métodos habituales de evaluación de los riesgos de la guía para la evaluación de riesgos el INSHT, basados en una matriz de Probabilidad * Consecuencias (P*D) para el análisis de los riesgos laborales de los puestos de trabajo presentan algunas limitaciones para su aplicación en las obras de construcción.

1. La primera es que estos métodos tienen una aplicación eficiente sobre empresas en servicio y puestos de trabajo existentes, basándose en la observación del puesto de trabajo. Es decir son evaluaciones de riesgo a posteriori. En la construcción, este análisis resulta imposible, ya que las "evaluaciones de riesgo" han de realizarse a priori. Este hándicap es el que afecta en la elaboración de los documentos preventivos aplicables al sector de la construcción, tanto el Estudio de Seguridad de los proyectos en mucha mayor medida, como en el Plan de Seguridad y Salud elaborado en aplicación del Estudio por el empresario.

2. La segunda es que estos métodos de evaluación de riesgos son de fácil aplicación a puestos de trabajo fijos y repetitivos, es decir, que no estén afectados por entornos cambiantes y donde las condiciones del trabajo se mantienen en el tiempo. De esta forma, la propia guía del INSHT para la Evaluación de Riesgos prevé que la misma deberá rehacerse en los puestos de trabajo en los que se detectase un cambio en las condiciones de trabajo.

Esta premisa es de difícil aplicación a los puestos de trabajo de las obras de construcción ya que no son puestos de trabajo fijos y el entorno es cambiante en períodos de tiempo muy cortos.

A pesar de ello resulta necesario establecer alguna metodología de valoración de estos riesgos para poder realizar la comparación entre dos procedimientos de trabajo distintos para una misma unidad de obra y dado que las posibles desviaciones de aplicar una metodología determinada afectarían por igual a los dos procesos, los resultados se verían igualmente afectados en los dos. Por ello, en este documento **se utilizará una matriz similar a la empleada en la guía para la evaluación**



de riesgos publicada por el INSHT pero **ampliando y concretando los criterios de valoración** de los dos factores de estudio (probabilidad y consecuencia) para aproximar los resultados a la casuística real de las características laborales de las obras de construcción.

Las **premisas de partida** de esta metodología son:

- Análisis de las actividades que se realizan únicamente en el centro de trabajo de la obra.
- Se considera que no hay condiciones de contorno por coactividades que implementen o magnifiquen los riesgos derivados de concurrencias.
- Se analizan todas las actividades de la unidad de obra de forma independiente, pero no los puestos de trabajo.

Descripción del procedimiento de identificación y valoración de los riesgos.

Para la realización de esta comparativa se seguirá una secuencia de varias fases. En cada fase se realizará la comparación entre el procedimiento de ejecución In situ y el procedimiento de ejecución con elementos prefabricados.

Las fases de desarrollo de la comparativa serán las siguientes:

1. En la primera fase se realizará una **descripción** de los procedimientos de ejecución.
2. En la segunda fase se realizará la descripción de la **problemática preventiva**; identificando los riesgos en cada fase y asignando los valores de ponderación de las dos variables.
3. En la tercera fase se realizará la **evaluación de los riesgos** de cada actividad como suma de los valores de los riesgos obtenidos en la fase anterior.
4. Posteriormente se realizará una interpretación de los resultados con **análisis particulares** de algunos riesgos especiales.
5. Finalmente se analizarán, en un apartado independiente, consideraciones de otra índole, especialmente en cuanto a **plazos y coste** de los dos procedimientos comparados.

Matriz de valoración: Probabilidad * Consecuencias; P*D

Se establecen para ambas variables 5 escalones de valoración, con puntuaciones de menor a mayor entre el 1 y el 5.

Probabilidad (P)	Consecuencias (D)
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5

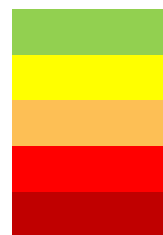
de 1 a 5

de 6 a 10

de 11 a 15

de 16 a 20

de 21 a 25



Para la asignación de las valoraciones se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

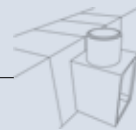
PROBABILIDAD:

Criterios:

Tiempo de exposición (T)	Bajo (B)	Alto (A)
Nº de trabajadores expuestos (N) en cada tarea	1	>1
Condición del trabajo (C)	Favorable (F)	Desfavorable (D)

- **Tiempo de exposición:** El criterio para determinar el tiempo de exposición se fundamentará en si el riesgo se presenta de forma puntual durante los trabajos o es una situación continuada durante la ejecución de la actividad a valorar.

- **Condición de trabajo:** La pauta para la determinación de si la condición de trabajo de una tarea resulta favorable o desfavorable frente a un riesgo se fundamentará en la posibilidad de establecer en base al procedimiento de trabajo un adecuado control de la misma, a través de la instalación de protecciones colectivas o de la procedimentación o automatismo de las actividades, lo que determinará que la condición es favorable o de lo contrario, lo cual se considerará desfavorable frente a ese riesgo.



Estos criterios se combinarán, ponderándose según los valores de la tabla siguiente:

T	N	C	PONDERACIÓN
BAJO	1	Favorable	1
		Desfavorable	3
	>1	Favorable	2
		Desfavorable	4
ALTO	1	Favorable	3
		Desfavorable	4
	>1	Favorable	4
		Desfavorable	5

En cuanto a las consecuencias, únicamente se consideran los daños a la salud provocados por el posible accidente sin considerar el número de trabajadores expuestos, ya que esta variable está incluida en el apartado anterior.

Incidente	1
Leve	2
Grave	3
Muy grave	4
Mortal	5

CONSECUENCIAS

5.3. COMPARATIVA

CASO 1. MURO DE CONTENCIÓN

COMPARACIÓN ENTRE MURO EJECUTADO IN SITU Y MURO EJECUTADO CON PANELES VERTICALES PREFABRICADOS

La unidad a ejecutar consiste en un muro de contención de tierras del estribo de un puente de una infraestructura lineal. En el estudio se consideran los aspectos diferenciadores entre las unidades ejecutadas *in situ* y las modificaciones con elementos prefabricados. Así, no consideraremos la ejecución de la zapata (en nuestro caso encepado de los pilotes) que si es común para ambos procedimientos, con la diferencia de que en el caso de los procedimientos *in situ* el encepado se realiza a priori y en el proceso con muros prefabricados, la zapata se ejecuta a posteriori de la colocación de los muros como unión de todos los elementos o paneles prefabricados.

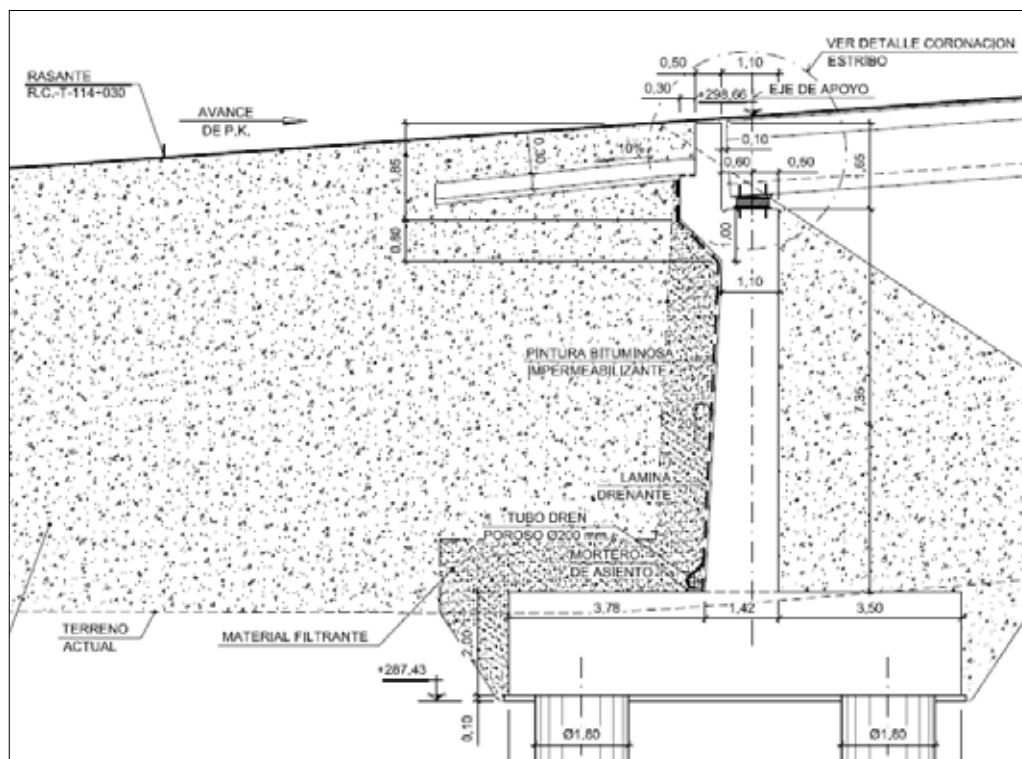
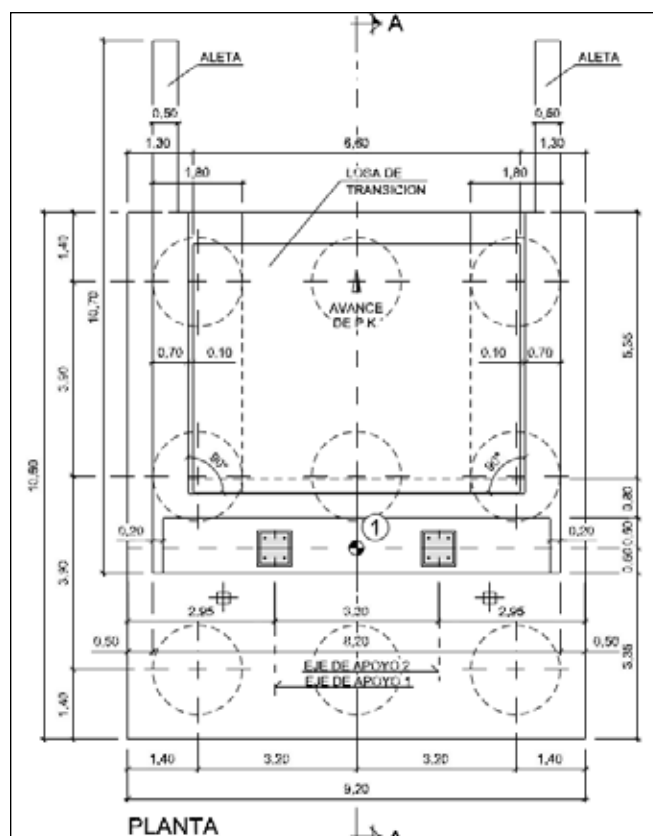
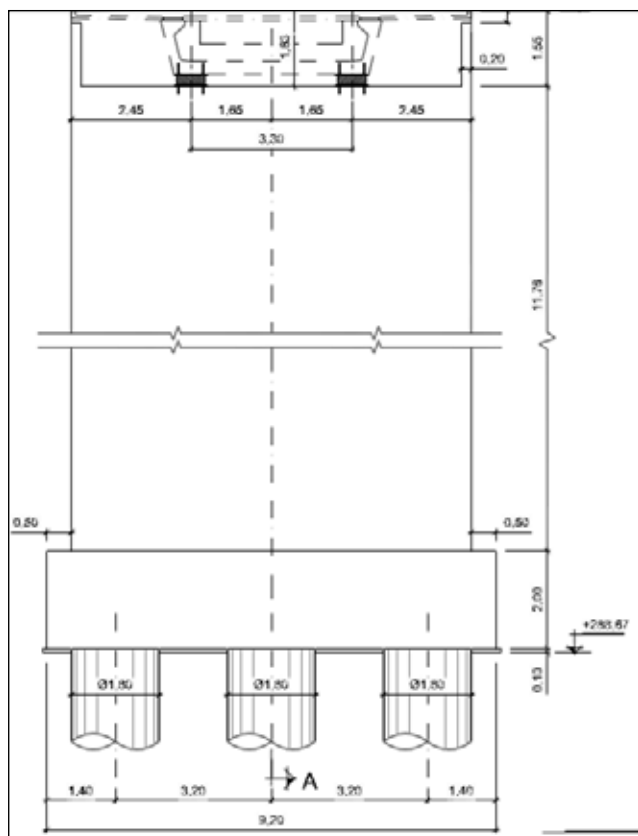
La diferencia fundamental entre los dos procesos, que es la que analizaremos en este comparativo, radica en la

ejecución de los alzados. En el caso *in situ* su ejecución consiste en el montaje de armaduras, encofrado y hormigonado del muro. Habría que añadir la parte de aletas laterales, cargadero y espaldín.

En el caso prefabricado, los alzados completos y aletas estarían conformados con elementos prefabricados y únicamente habría que **ejecutar *in situ* la viga cargadero y el espaldín**. Estas dos pequeñas unidades *In situ* se ejecutarían una vez rellenado el trasdós del muro hasta la cota de emplazamiento. En el caso de los muros *In situ*, El espaldín también se ejecuta en una fase posterior. Por ello esta pequeña unidad, igual en los dos procedimientos, tampoco se analiza en esta comparación.

Tampoco analizaremos en esta comparativa ni la impermeabilización ni el relleno del trasdós, actividades similares para ambos procedimientos.

FIGURA 59 - PLANTA, ALZADO Y PERFIL DEL MURO ANALIZADO





DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS POR FASES

MURO IN SITU	ALZADOS PREFABRICADOS
	
Materiales: Ferralla Hormigón Maquinaria y Medios auxiliares: Encofrados y elementos de arriostramiento Madera de encofrar Grúa y/o Grúa cargadora Puntales de apeo Cables de atirantamiento Escaleras de mano Andamios. Plataforma elevadora de personal Soportes y plataformas de trabajo Mesa de corte Taladros portátiles Grupo electrógeno Bomba de hormigón Vibrador de hormigón Desencofrante	Materiales: Paneles Prefabricados autoportantes Maquinaria y Medios auxiliares: Grúa móvil autopropulsada Puntales y cable de atirantamiento para apeo. Plataforma elevadora de personal Cuñas y U metálica para ajuste y unión entre paneles. Para la ejecución del cargadero y espaldín, se utilizarían medios para ejecución In situ de estructura de hormigón. Dada su entidad no son necesarios medios auxiliares para trabajos en altura y el hormigonado se realiza por vertido mediante canaleta.

S-1. Descarga y acopio de paneles de encofrado, armaduras, puntales y elementos auxiliares. Será necesaria la descarga y acopio de todos los materiales necesarios para la construcción del muro; desde los elementos constructivos, armaduras, hasta los elementos de encofrado y medios auxiliares necesarios para la ejecución (encofrados modulares, maderas, puntales, andamios, escaleras de mano, mesa de corte circular, taladros portátiles,...)



P-1. Descarga y acopio de los paneles prefabricados. Los paneles prefabricados son trasladados dependiendo de sus tamaños en transportes especiales. En obra se acopian próximos al punto de montaje y por orden en función del orden de montaje. Los paneles prefabricados se estroban de los puntos indicados y dimensionados por el fabricante.



S-2. Montaje de una cara de encofrado. Es necesario disponer de uno de los paramentos del encofrado. Previamente se taladrarán en la cimentación unos orificios para introducir unas barras que ejerzan de tope del encofrado. Los paneles de encofrado se montarán a nivel del suelo por tramos y se izarán con grúa. Cada tramo deberá apuntalarse para evitar la caída de los elementos de encofrado durante el trabajo. Será necesario el acceso en altura para la unión de cada módulo en altura. A cada encofrado se le aplica un producto desencofrante para facilitar su extracción.





S-3. Armado del muro. A continuación se realiza la colocación del armado del muro. Dadas las dimensiones se utilizan barras largas de ferralla y dada la zona de trabajo se necesitan medios auxiliares para trabajos en altura. Se dispondrán andamios que cubren toda la zona a armar o por tramos, moviendo el andamio sobre la solera de la cimentación.



S-4. Montaje de la segunda cara de encofrado. Realizado el montaje de la armadura se dispondrá la segunda cara del encofrado. Se taladrarán en la cimentación unos orificios para introducir unas barras que ejerzan de tope del encofrado. Los paneles de encofrado se montarán a nivel del suelo por tramos y se izarán con grúa. Cada tramo deberá apuntalarse. Será necesario el acceso en altura para la unión de cada módulo en altura. Se colocarán las barras roscadas *dywidag* para el arriostramiento entre las dos caras del encofrado.



P-2. Montaje de paneles prefabricados. Dependiendo del tamaño, la operación de posicionamiento en vertical de los paneles se realiza con dos grúas o con una única grúa utilizando cable y pluma auxiliar. Se iza de la parte superior mientras se mantiene la inferior en suspensión para evitar deterioros de las piezas.

Los paneles se montan en su posición sobre una pequeña solera de hormigón de limpieza y regularización. Esta solera además será suficientemente resistente para soportar las cargas puntales de los paneles. Los paneles son autoportantes pero se apuntalan y atirantan para evitar su caída por golpes en el montaje de otros paneles o por acciones del viento.

Es necesario el ajuste y nivelación de cada panel, por lo que antes de soltarse de la grúa se comprueba su verticalidad, acuñando donde resulte necesario. En la parte superior de la unión se colocan piezas metálicas en forma de U invertida para la unión de los paneles.



S-5. Montaje de las plataformas de hormigonado.



Aunque lo ideal es realizar el montaje de las plataformas de hormigonado de forma solidaria al encofrado, en ocasiones estos elementos auxiliares para realizar el hormigonado del muro se realizan a posteriori. Estos trabajos se realizarán con plataformas elevadoras o desde andamios. Si se ha utilizado el andamio continuo para el armado del muro puede utilizarse este para la colocación del encofrado y como plataforma de trabajo para el hormigonado.

S-6. Hormigonado del muro. El hormigonado se realiza con bomba de hormigón o mediante cubo de hormigonado desde las plataformas de trabajo. Se utiliza vibrador de aguja para el vibrado del hormigón.



P-3. Ejecución de viga cargadero. Una vez impermeabilizado y rellenado el trasdós se ejecuta la viga cargadero. El análisis independiente en este procedimiento se realiza porque en el caso del muro In situ, esta puede realizarse de forma simultánea a la ejecución del muro. El trabajo consiste en el encofrado del trasdós (el propio panel hace de encofrado frontal), el armado de la viga y el hormigonado. En esta fase se necesita proteger el frontal del muro para el armado y el hormigonado de la viga.





S-7. Desencofrado. El desencofrado se realiza de forma inversa al encofrado, retirando previamente las plataformas de trabajo instaladas. Se realiza por tramos, de la misma forma que el encofrado; cada tramo, una vez eslingado, de la grúa se le retiran los elementos de arriostramiento y se retira al suelo. Es necesario realizar la limpieza de los encofrados para posteriores utilizaciones.



PROBLEMÁTICA PREVENTIVA. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS POR ACTIVIDAD

Para la identificación de los riesgos de cada actividad constructiva utilizaremos el listado de riesgos publicado por la Guía para la evaluación de riesgos del INSHT.

	RIESGOS
1	Caída a distinto nivel
2	Caída al mismo nivel
3	Caída de herramientas y materiales de altura
4	Caída de objetos en manipulación
5	Caída de objetos desprendidos
6	Pisadas sobre objetos
7	Choques contra objetos inmóviles
8	Choques contra objetos móviles
9	Atrapamiento
10	Atrapamiento por o entre objetos
11	Golpes y cortes por objetos y herramientas

12	Proyección de fragmentos y partículas
13	Sobreesfuerzos
14	Contactos Térmicos
15	Contactos eléctricos
16	Exposición a sustancias nocivas o tóxicas
17	Contacto con sustancias causticas o corrosivas
18	Explosiones
19	Incendios
20	Exposición a radiaciones
21	Atropellos o golpes con vehículos

Recordamos los criterios de ponderación de los riesgos en cuanto a la probabilidad y consecuencias que vamos a utilizar como criterios de valoración.

PROBABILIDAD (P)	T	N	C	Valor
	b	1	f	1
			d	3
		>1	f	2
			d	4
	a	1	f	3
			d	4
		>1	f	4
			d	5

CONSECUENCIA (D)	Incidente	1
	Leve	2
	Grave	3
	Muy grave	4
	Mortal	5
		Valor



A continuación se indican y ponderan los riesgos en cada fase de cada uno de los dos procedimientos constructivos.

MURO IN SITU	(T)	(N)	(C)	P	C	TOTAL
S-1. Descarga y acopio de paneles de encofrado, armaduras, puntales y elementos auxiliares.						
Caída de personas al mismo nivel	a	1	d	4	1	4
Caída de objetos en manipulación	b	1	d	3	3	9
Pisadas sobre objetos	b	>1	d	4	2	8
Choque contra objetos inmóviles	b	1	f	1	1	1
Choque contra objetos móviles	a	1	d	4	3	12
Atrapamiento por o entre objetos	a	1	d	4	2	8
Golpes y cortes por obj. Herram.	a	1	f	3	2	6
Sobreesfuerzos	b	1	f	1	2	2
Atropellos o golpes con vehículos	a	1	f	3	5	15
TOTAL S-1						65
S-2. Montaje de una cara de encofrado (trasdós)						
Caída a distinto nivel	a	1	d	4	4	16
Caída al mismo nivel	a	1	d	4	2	8
Caída de herram. y materiales	a	1	d	4	2	8
Caída de objetos en manipulación	a	1	f	3	5	15
Pisadas sobre objetos	b	>1	f	2	2	4
Choque contra objetos inmóviles	a	1	d	4	1	4
Choque contra objetos móviles	a	1	f	3	3	9
Atrapamiento por o entre objetos	b	1	f	1	2	2
Golpes y cortes por obj. y herr.	a	1	f	3	2	6
Sobreesfuerzos	b	1	f	1	2	2
Contactos eléctricos	b	1	d	3	5	15
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL S-2						94
S-3. Armado del muro.						
Caída a distinto nivel	b	1	d	3	4	12
Caída al mismo nivel	a	1	d	4	2	8
Caída de herram. y materiales	b	1	d	3	2	6
Caída de objetos en manipulación	a	>1	d	5	2	10
Pisadas sobre objetos	a	1	d	4	2	8
Choque contra objetos inmóviles	b	1	d	2	2	4
Choque contra objetos móviles	b	1	f	1	3	3
Atrapamiento por o entre objetos	b	>1	d	3	5	15
Golpes y cortes por obj. y herr.	a	1	d	4	2	8
Sobreesfuerzos	a	1	d	4	2	8
Contactos eléctricos	b	1	d	3	4	12
Exposición a radiaciones	b	1	d	3	3	9
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL S-3						108

S-4. Montaje de la segunda cara de encofrado (intrados) y plataformas de hormigonado						
Caída a distinto nivel	b	1	d	3	4	12
Caída al mismo nivel	b	1	d	3	2	6
Caída de herram. y materiales	a	1	d	4	2	8
Caída de objetos en manipulación	a	1	f	3	5	15
Pisadas sobre objetos	b	1	f	1	2	2
Choque contra objetos inmóviles	a	1	d	4	1	4
Choque contra objetos móviles	b	1	f	1	3	3
Atrapamiento por o entre objetos	b	1	f	1	2	2
Golpes y cortes por obj. y herr.	a	1	f	3	2	6
Sobreesfuerzos	b	1	f	1	2	2
Contactos eléctricos	b	1	d	3	5	15
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL S-4						80
S-5. Hormigonado del muro						
Caída a distinto nivel	a	>1	f	4	4	16
Caída al mismo nivel	b	1	f	1	2	2
Caída de herram. y materiales	b	1	f	1	2	2
Pisadas sobre objetos	b	1	f	1	2	2
Choque contra objetos inmóviles	a	1	d	4	1	4
Choque contra objetos móviles	b	1	f	1	3	3
Golpes y cortes por obj. y herr.	b	1	f	3	2	6
Sobreesfuerzos	b	1	f	1	2	2
Contactos eléctricos	b	1	d	3	5	15
Contacto con sust. Caust. y corros.	a	>1	d	5	3	15
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL S-5						72
S-6. Desencofrado						
Caída a distinto nivel	b	1	d	3	4	12
Caída al mismo nivel	b	1	d	3	2	6
Caída de herram. y materiales	b	1	f	1	2	2
Caída de objetos en manipulación	a	>1	f	4	5	20
Pisadas sobre objetos	a	1	d	4	3	12
Choque contra objetos inmóviles	b	1	d	3	2	6
Choque contra objetos móviles	b	>1	f	2	3	6
Atrapamiento por o entre objetos	a	1	f	3	2	6
Golpes y cortes por obj. y herr.	a	1	f	3	2	6
Sobreesfuerzos	b	1	f	1	2	2
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL S-6						83

TOTAL MURO IN SITU**502**



ALZADOS PREFABRICADOS	(T)	(N)	(C)	P	C	TOTAL
P-1. Descarga y acopio de los paneles prefabricados.						
Caída de personas al mismo nivel	b	1	f	1	1	1
Caída de objetos en manipulación	b	1	f	1	5	5
Pisadas sobre objetos	b	>1	d	4	2	8
Choque contra objetos inmóviles	b	1	d	2	2	4
Choque contra objetos móviles	a	>1	d	5	3	15
Atrapamiento por o entre objetos	b	1	d	3	2	6
Golpes y cortes por obj. y herra.	a	1	f	3	2	6
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL P-1						50
P-2. Montaje de paneles prefabricados.						
Caída a distinto nivel	b	>1	f	2	4	8
Caída al mismo nivel	b	1	f	1	2	2
Caída de herra. y materiales	b	1	d	3	3	9
Caída de objetos en manipulación	a	>1	f	4	5	20
Pisadas sobre objetos	b	>1	f	2	2	4
Choque contra objetos inmóviles	a	1	f	3	2	6
Choque contra objetos móviles	a	>1	d	5	3	15
Atrapamiento por o entre objetos	b	1	d	3	4	12
Golpes y cortes por obj. y herra.	b	1	d	3	2	6
Proyección de fragm. o partículas	b	>1	d	4	2	8
Sobreesfuerzos	b	1	f	1	2	2
Atropellos o golpes con vehículos	b	>1	f	2	5	10
TOTAL P-2						102
P-3. Ejecución de viga cargadero (encofrado, armado, hormigonado)						
Caída a distinto nivel	b	1	f	1	5	5
Caída al mismo nivel	a	1	d	4	3	12
Caída de objetos en manipulación	a	1	d	4	3	12
Pisadas sobre objetos	a	>1	d	5	2	10
Choque contra objetos inmóviles	b	1	d	3	1	3
Choque contra objetos móviles	a	1	f	3	3	9
Atrapamiento por o entre objetos	a	1	f	3	2	6
Golpes y cortes por obj. y herr.	a	>1	d	5	3	15
Sobreesfuerzos	a	1	d	4	2	8
Contactos eléctricos	b	1	d	3	5	15
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL P-3						100
TOTAL ALZADOS PREFABRICADOS						252



VALORACIÓN DE LOS RIESGOS

Como resumen de las distintas actividades que componen la unidad de obra de ejecución de un muro tanto por método *in situ* como con elementos verticales (paneles) prefabricados, se recogen en la siguiente tabla las valoraciones sumadas de las diferentes fases.

EJECUCIÓN DE MURO <i>IN SITU</i>		EJECUCIÓN MURO PANELES PREFABRICADOS	
S-1. Descarga y acopio de paneles de encofrado, armaduras, puntales y elementos auxiliares.	65	P-1. Descarga y acopio de los paneles prefabricados.	50
S-2. Montaje de una cara de encofrado (trasdós)	94	P-2. Montaje de paneles prefabricados	102
S-3. Armado del muro.	108	P-3. Ejecución de viga cargadero (encofrado, armado, hormigonado)	100
S-4. Montaje de la segunda cara de encofrado (intrados) y plataformas de hormigonado	80		
S-5. Hormigonado del muro.	72		
S-6. Desencofrado.	83		
TOTAL	502	TOTAL	252

En su conjunto, **la ejecución de un muro con alzados prefabricados supone una importante mejora en aspectos preventivos respecto a la ejecución *in situ***; obteniéndose un porcentaje de mejora **cercano al 50 %** (49,8 %).

La actividad, dentro de la ejecución de muros *in situ*, que en su conjunto presenta una mayor valoración de riesgos ponderada es la del **armado del muro**.

En el caso de la ejecución con paneles prefabricados, es esta actividad, la que presenta una mayor ponderación de la suma de riesgos. Destaca dentro de la misma el **riesgo de caída** de objetos en manipulación, correspondiendo fundamentalmente a la caída de los propios paneles. En este apartado se considerarían tanto el riesgo durante el montaje de cada panel como el de la posible caída de otros paneles por golpes durante el montaje o por efectos de fuertes vientos. Por ello, aunque los paneles son autoportantes es fundamental el **apuntalamiento y atirantamiento** de cada panel tras su montaje.

CONSIDERACIONES DE OTROS FACTORES

Consideraciones económicas

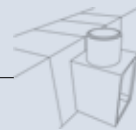
En el caso de los muros de paneles prefabricados se obtiene de forma general una importante reducción del

volumen de hormigón, estimada de media en **una reducción del volumen de hormigón de un 53%**. Esta reducción es proporcional a la altura del muro a considerar, haciendo la sección de un muro nervado óptima para alturas elevadas.

Aparte de la reducción del volumen de hormigón, se observa que para las mismas solicitaciones de cálculo **se reducen notablemente los armados principales en un 27%**.

Aparte de la disminución de acero ante solicitaciones de cálculo, en muros convencionales, debe disponerse en obra de armadura de arranque dejando esperas para **conectar con el muro**, teniendo en cuenta la cuantía de acero que hay que colocar para solape entre armaduras. Toda esta cuantía de arranque y solape no es necesaria en muros nervados, reduciendo sustancialmente el % de acero.

De forma general, podríamos asegurar **que las ventajas económicas de la ejecución de muros prefabricados** frente a muros de hormigón se observan a partir de una determinada altura de muro **2,5 m a 3 m**; aumentando estas ventajas con la altura del muro hasta un determinado punto, en torno a 9 m, en los que el aumento de nervios y contrafuertes del muro prefabricado puede contrarrestar el incremento de los costes de ejecución del muro *in situ*.



A pesar de ello resulta difícil la aplicación de un criterio general para la comparación económica real de una unidad de obra *In situ* frente a la solución prefabricada, ya que en esta valoración influyen **criterios particulares de las empresas** (disponibilidad y costes de la mano de obra, medios materiales y humanos propios, relaciones y convenios con empresas prefabricadoras,...), **criterios de las empresas prefabricadoras** (tipología de prefabricados que ofrecen, proximidad a las obras,...) y **criterios técnicos y productivos** (nº de prefabricados iguales o similares, características y dimensiones,...). De esta forma, la comparación únicamente resulta real cuando se toman datos de obras realmente ejecutadas y se analizan los costes de la solución de la unidad de obra *In situ* proyectada y la solución ejecutada cuando se ha cambiado a solución prefabricada.

Para los muros de nuestro ejemplo y partiendo de los datos de los proyectos inicial (muro *in situ*) y proyecto modificado (muros prefabricados) de una **obra real** observamos la siguiente comparativa económica realizada teniendo en cuenta los dos estribos de una estructura:

	COSTE REAL DE PROYECTO	DIFERENCIA
MURO <i>IN SITU</i> (Proy. INICIAL)	97.661,63 €	--
MURO PREFABRICADO (Proy. MODIFICADO)	70.560,53 €	- 27.101,10 €
		- 27,75 %

Consideraciones de plazo

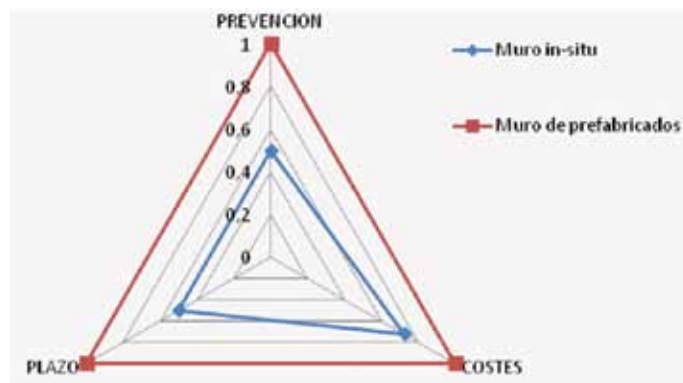
En cuanto a los plazos de ejecución, la opción de ejecución de un muro prefabricado también resulta mucho más ventajosa que la ejecución *in situ*. Independientemente de que esta consideración ya se ha tenido en cuenta en la valoración de los riesgos, ya que el tiempo de exposición se ha tomado como un criterio de ponderación dentro de la probabilidad (P), esta característica suele ser un importante criterio de decisión en muchas obras acuciadas por problemas de plazos de ejecución.

En general, podríamos decir que el ahorro de plazos de la ejecución de un muro **prefabricado** frente al mismo muro ejecutado *in situ* sería de una tercera parte. Al considerar los elementos comunes de la ejecución de la zapata de cimentación y el relleno de la cuña del trasdós esta diferencia se reduciría, pudiendo establecerse finalmente en **un ahorro de plazo del 50%**.

RESUMEN LA COMPARACIÓN

Considerando los tres factores expuestos, preventivo, costes y plazos, exponemos esquemáticamente las comparaciones de los tres factores.

		MURO <i>IN SITU</i>	MURO DE ALZADOS PREFABRICADOS
SEGURIDAD	VALOR RIESGO	502	252
	VENTAJA	--	50,20 %
AHORRO	VALOR COSTE	97.661,63 €	70.560,53 €
	VENTAJA	--	27,75 %
PLAZO	VALOR PLAZO	1	0,5
	VENTAJA	--	50 %





CASO 2. LOSA-FORJADO DE EDIFICACIÓN

COMPARACIÓN ENTRE LOSA EJECUTADA *IN SITU* Y LOSA EJECUTADA CON PLACAS ALVEOLARES PREFABRICADAS

Esta unidad consiste en la ejecución de una losa de una edificación dotacional. La comparativa se establece únicamente en esta unidad de obra, sin entrar a considerar la ejecución de los pilares, que también podrían realizarse *In situ* o prefabricados, utilizándose esta tipología habitualmente para el caso de ejecución de losas de placas alveolares.

En la ejecución de losas prefabricadas con placas alveolares y al nivel de esta comparativa si consideraremos el montaje, también con elementos prefabricados, de las vigas entre pilares que sirven de apoyo para las placas alveolares.

Las losas alveolares son un elemento superficial plano de hormigón pretensado, con canto constante, aligerado mediante alveolos longitudinales

Para adaptarse perfectamente a las diferentes condiciones de trabajo a las que puede estar sometida la losa alveolar, existen gran variedad de cantos, de los cuales los más usuales están entre los 12 cm y 50 cm

La aplicación de la losa alveolar como forjado es, sin duda, su aplicación más importante y a la que se dedican, con diferencia, el mayor número de metros cuadrados producidos.

Para que un conjunto de losas pueda considerarse como un forjado, es necesario darle una continuidad transversal que establezca la colaboración de unas con otras para que se redistribuya la carga entre ellas, se permita su actuación como diafragma y se aseguren las condiciones de aislamiento y estanqueidad requeridas. Esto se consigue macizando con hormigón la junta entre dos losas alveolares, cuyo perfil lateral es tal que permite la formación de una llave que obliga a trabajar conjuntamente a ambas losas.

Además de las ventajas antes reseñadas, su uso como forjado presenta otras muchas, como pueden ser:

- **Apenas incorporan material *in situ*:** Éste se reduce al hormigón para el macizado de las juntas. En ciertos casos, podría requerirse capa de compresión con armadura adicional.

- **Simplicidad en el transporte y acopio:** Ya que sólo hay un único componente, se elimina el doble transporte y el consiguiente acopio necesario cuando también hay piezas de entrevigado, por lo que la descarga en obra se agiliza.

- Se trata de un **elemento autoportante**: La resistencia de la losa será suficiente, en general, para soportar su peso propio, el peso del hormigón vertido sobre ella y la sobrecarga de ejecución. Esto hace que se pueda prescindir de las sopandas, dando rapidez, seguridad, comodidad, limpieza y economía a la ejecución de la obra.

- Es posible prescindir de **la capa de compresión**. Se calcula en ese caso la losa para que además de autoportante sea autorresistente, pudiendo trabajarse sobre ella inmediatamente con carácter provisional y con carácter definitivo en cuanto el hormigón de las juntas haya adquirido la resistencia necesaria.

En nuestra comparativa no eliminaremos la capa de compresión de hormigón *In situ* sobre las placas alveolares. La capa de compresión llevará asociada la colocación previa de un mallazo sobre las placas alveolares y armadura de negativos en la zona de apoyos.

Las losas continuas tienen la ventaja de su gran simplicidad pero poseen **un peso propio muy elevado**. Para realizar el hormigonado, requieren siempre de un encofrado completo.



DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS POR FASES

LOSA DE HORMIGÓN <i>IN SITU</i>	LOSA DE PLACAS ALVEOLARES
	
● Materiales: ○ Ferralla ○ Hormigón ● Maquinaria y Medios auxiliares: ○ Paneles de encofrado ○ Madera de encofrar ○ Grúa y/o Grúa cargadora ○ Puntales de apeo ○ Escaleras de mano ○ Andamios. ○ Plataforma elevadora de personal ○ Mesa de corte ○ Taladros portátiles ○ Grupo electrógeno ○ Bomba de hormigón ○ Vibrador de hormigón ○ Ménsulas y plataformas de trabajo ○ Protecciones de borde y líneas de vida.	● Materiales: ○ Jácenas y placas alveolares prefabricadas ○ Mallazo de armadura ○ Hormigón (capa compresión) ● Maquinaria y Medios auxiliares: ○ Grúa móvil autopropulsada ○ Plataforma elevadora de personal ○ Protecciones de borde y líneas de vida ● Para la ejecución de la capa de compresión se utilizarían medios para ejecución In situ de estructura de hormigón. Dada su entidad no son necesarios medios auxiliares para trabajos en altura ni elementos de encofrado, apuntalamiento y apeo. El hormigonado se realiza por vertido mediante bombeo.



S-1. Descarga y acopio de encofrado, armaduras, puntales y elementos auxiliares. Será necesaria la descarga y acopio de todos los materiales necesarios para la construcción de la losa; desde los elementos constructivos, armaduras, hasta los elementos de encofrado y medios auxiliares necesarios para la ejecución (puntales, riostras, sopandas, maderas, andamios, escaleras de mano, mesa de corte circular, taladros portátiles,...).



P-1. Descarga y montaje de jácenas prefabricadas.

En la mayor parte de los casos, una buena planificación implicaría que la colocación de las jácenas se realizará sin acopio en obra; es decir desde el transporte se colocarán directamente en obra. Para ello, el transporte deberá estar coordinado para que coincida con el orden de montaje.

Como elementos auxiliares para el posicionamiento de las jácenas sobre los pilares se utilizarán plataformas elevadoras de personal.



S-2. Montaje de puntales, sopandas y paneles de encofrado fenólico. Se comienza disponiendo los puntales de apeo junto con las sopandas, unidas al puntal anterior y al último puntal en montaje. Los tipos de puntales y sopandas varían de cada fabricante, así como la disposición de elementos auxiliares de arriostramiento entre puntales o mejora de apoyo de los mismos con trípodes.



Son múltiples los sistemas de conexión entre puntales y sopandas, dependiendo de los fabricantes. El habitual, las sopandas disponen de pequeños casquillos que se introducen en el puntal hueco. La cuadrícula de montaje depende del cálculo del número de puntales por superficie en función de la carga de construcción prevista.

Dependiendo de la altura de cada nivel resulta necesario utilizar medios auxiliares para realizar el montaje de las sopandas y puntales.



P-2 Descarga y montaje de placas alveolares. Al igual que para las jácenas, una buena planificación implicaría que la colocación de las placas alveolares se realiza sin acopio en obra; es decir desde el transporte se colocarán directamente en obra. Los medios auxiliares para la colocación serán una grúa de tonelaje adecuado a las cargas y alcances necesarios y los elementos auxiliares de elevación. En este caso los balancines con pinzas de aprensión son los mejores sistemas de elevación ya que mejoran la puesta en obra.



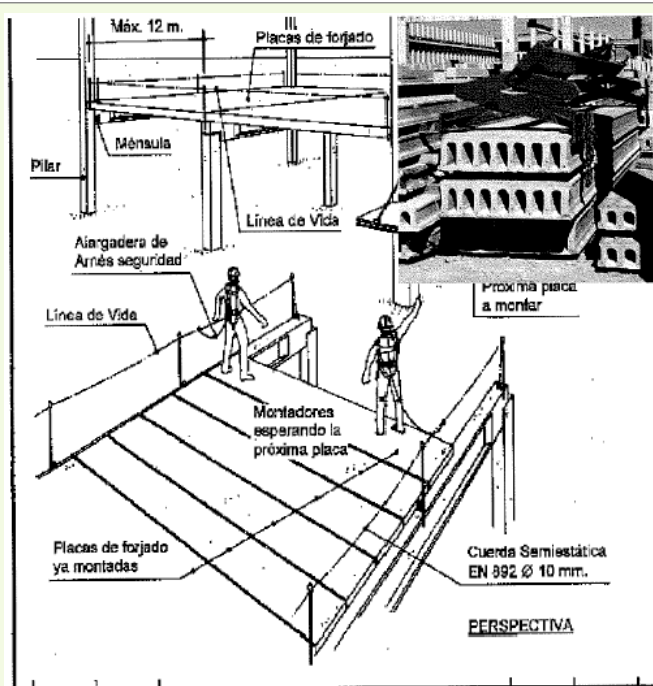
Para el montaje de las placas de inicio será necesario disponer líneas de vida, con puntos de anclaje previstos en los pilares y jácenas de la estructura.

Debe anteponerse la protección colectiva a la individual, por ello en los extremos de las placas alveolares y las placas finales de borde deberán incorporar protecciones de borde (barandillas), bien integradas en el propio prefabricado o mediante barandillas tipo sargento colocadas antes del izado y colocación de la placa

En todo caso, durante la colocación, para recibir las placas los operarios utilizarán arnés de seguridad. Las líneas de vida estarán previstas con soportes en las jácenas y pilares de la estructura.

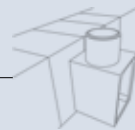
S-3. Montaje de encofrado continuo de la losa. Sobre las sopandas se realiza el montaje de los tableros fenólicos de encofrado.

En esta complicada fase para la prevención los sistemas de protección a emplearse suelen ser redundantes, disponiendo además de una línea de vida para poder trabajar en el borde del encofrado en montaje, una red horizontal bajo el entablado y soportada en los puntales, las llamadas redes bajo forjado (en la actualidad, este tipo de redes no cuentan con una norma aprobada para su certificación).



Al igual que los bodes de la losa o forjado, los huecos estarán protegidos con protecciones de borde, integradas de forma que no interfieran en los trabajos de colocación de mallazo y hormigonado de la capa de compresión de hormigón.





S-4. Armado de la losa. A continuación se dispone la armadura de la losa y el encofrado del borde de la losa. Resulta importante mantener un pasillo lateral en el encofrado que conforma el encofrado de la losa para garantizar una protección de borde eficaz y así disponer de una pasarela de desplazamiento para los trabajadores.

La armadura se suministra con grúas móviles o grúa torre y se monta manualmente. Para el montaje de la armadura superior resulta necesario disponer pasarelas para caminar sobre las armaduras.



Previamente será necesario haber dispuesto de accesos a la losa, que en un primer nivel podrán ser escaleras manuales, pero a medida que avanzamos habrá que disponer otros medios auxiliares de acceso.



S-5. Hormigonado de la losa. El hormigonado se realiza con bomba de hormigón. Para esta actividad resulta importante la disposición de plataformas sobre la armadura.

Durante el hormigonado se preverán las protecciones de los bordes y de los huecos de la losa para fases posteriores

P-3. Montaje de mallazo y armadura de negativos.

El mallazo y la armadura se suministran con grúa sobre la losa ya conformada con las placas alveolares, una vez terminado todo un nivel. El mallazo y las armaduras de negativos se montan manualmente sobre las placas. Se dispone una pequeña tabica de encofrado en los bordes de cada nivel. Todo el perímetro está protegido con barandillas perimetrales.

P-4. Hormigonado de capa de compresión.

El hormigonado se realiza con bomba de hormigón o con cubilote, cuidando de no realizar sobrecargas puntuales. Todo el perímetro está protegido con barandillas perimetrales.

S-6. Desencofrado y reapuntalado. El desencofrado se realizará de forma sistemática, de manera que al retirar los puntales se retirarán simultáneamente las sopandas y los tableros de encofrado soportados. Se evitará así que paneles no apuntalados se desprendan de forma incontrolada.

En el desencofrado es importante que en el nivel anterior estén dispuestas las protecciones de borde a que nos referíamos en el apartado anterior.

La solución habitual pasa por la disposición de redes tipo horca, complementándose la protección con la disposición de protecciones de borde embebidas en la losa.



Riesgo de caída por falta de protección colectiva e individual

Para continuar con niveles superiores en la ejecución de forjados de losas continuas resulta necesario reapuntalar los niveles inferiores para asumir la carga de la ejecución de las losas de niveles superiores.



PROBLEMÁTICA PREVENTIVA. ANÁLISIS DE RIESGOS POR FASES

Para la identificación de los riesgos de cada actividad constructiva utilizaremos el listado de riesgos publicado por la Guía para la evaluación de riesgos del INSHT

Recordamos los criterios de ponderación de los riesgos en cuanto a la probabilidad y consecuencias que vamos a utilizar como criterios de valoración.

	RIESGOS
1	Caída a distinto nivel
2	Caída al mismo nivel
3	Caída de herramientas y materiales de altura
4	Caída de objetos en manipulación
5	Caída de objetos desprendidos
6	Pisadas sobre objetos
7	Choques contra objetos inmóviles
8	Choques contra objetos móviles
9	Atrapamiento
10	Atrapamiento por o entre objetos
11	Golpes y cortes por objetos y herramientas
12	Proyección de fragmentos y partículas
13	Sobreesfuerzos
14	Contactos Térmicos
15	Contactos eléctricos
16	Exposición a sustancias nocivas o tóxicas
17	Contacto con sustancias causticas o corrosivas
18	Explosiones
19	Incendios
20	Exposición a radiaciones
21	Atropellos o golpes con vehículos

PROBABILIDAD (P)	T	N	C	Valor
	b	1	f	1
			d	3
		>1	f	2
			d	4
	a	1	f	3
			d	4
		>1	f	4
			d	5

CONSECUENCIA (D)	Incidente	1
	Leve	2
	Grave	3
	Muy grave	4
	Mortal	5
		Valor

A continuación se indican y ponderan los riesgos en cada fase de cada uno de los dos procedimientos constructivos.



LOSA IN SITU	(T)	(N)	(C)	P	C	TOTAL
S-1. Descarga y acopio de encofrado, armaduras, puntales y elementos auxiliares						
Caída de personas al mismo nivel	a	1	d	4	1	4
Caída de objetos en manipulación	b	1	d	3	3	9
Pisadas sobre objetos	b	>1	d	4	2	8
Choque contra objetos inmóviles	b	1	f	1	1	1
Choque contra objetos móviles	a	1	d	4	3	12
Atrapamiento por o entre objetos	a	1	d	4	2	8
Golpes y cortes por obj. y herram.	a	1	f	3	2	6
Sobreesfuerzos	b	1	f	1	2	2
Atropellos o golpes con vehículos	a	1	f	3	5	15
TOTAL S-1						65
S-2 y S-3. Montaje de puntales, sopandas y paneles de encofrado fenólico						
Caída a distinto nivel	a	>1	d	5	4	20
Caída al mismo nivel	a	1	d	4	2	8
Caída de herrs. y mat. de altura	a	>1	d	5	2	10
Caída de objetos en manipulación	a	1	d	4	3	12
Pisadas sobre objetos	b	>1	f	2	2	4
Choque contra objetos inmóviles	a	1	d	4	1	4
Choque contra objetos móviles	a	1	f	3	3	9
Atrapamiento por o entre objetos	b	1	f	1	2	2
Golpes y cortes por obj. y herram.	a	1	f	3	2	6
Sobreesfuerzos	a	1	d	4	2	8
Contactos eléctricos	b	1	d	3	5	15
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL S-2 y S-3						103
S-4. Armado de la losa.						
Caída a distinto nivel	b	1	f	1	5	5
Caída al mismo nivel	a	>1	d	5	3	15
Caída de herram. y mat. de altura	b	1	f	1	2	2
Caída de objetos en manipulación	b	>1	f	2	3	6
Pisadas sobre objetos	a	1	d	4	2	8
Choque contra objetos inmóviles	b	1	f	1	2	2
Choque contra objetos móviles	b	1	f	1	3	3
Atrapamiento por o entre objetos	b	>1	f	2	3	6
Golpes y cortes por obj. y herram.	a	1	d	4	2	8
Sobreesfuerzos	a	1	d	4	2	8
Exposición a radiaciones	b	1	d	3	3	9
Contactos eléctricos	b	1	d	3	4	12
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL P-3						89

S-5. Hormigonado de la losa.						
Caída a distinto nivel	b	1	f	1	5	5
Caída al mismo nivel	a	>1	d	5	2	10
Caída de herram. y materiales	b	1	f	1	3	3
Pisadas sobre objetos	a	1	d	4	2	8
Choque contra objetos inmóviles	b	1	f	1	2	2
Choque contra objetos móviles	a	>1	d	5	3	15
Golpes y cortes por obj. y herram.	b	1	f	3	2	6
Proyección de fragmentos y part.	a	>1	d	5	2	10
Sobreesfuerzos	a	>1	f	4	2	8
Contactos eléctricos	b	1	d	3	5	15
Contacto sust. causticas yorros.	a	1	d	4	3	12
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL S-5						99
S-6. Desencofrado y reapuntado.						
Caída a distinto nivel	b	1	d	3	4	12
Caída al mismo nivel	b	1	d	3	2	6
Caída de objetos en manipulación	a	>1	f	4	3	12
Caída de objetos desprendidos	a	>1	d	5	3	15
Pisadas sobre objetos	a	1	d	4	2	8
Choque contra objetos inmóviles	a	1	d	4	1	4
Choque contra objetos móviles	a	1	f	3	3	9
Atrapamiento por o entre objetos	b	1	f	1	2	2
Golpes y cortes por obj. y herram.	a	1	f	3	2	6
Sobreesfuerzos	a	1	d	4	2	8
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL S-6						87
TOTAL LOSA IN SITU						443



PLACAS ALVEOLARES	(T)	(N)	(C)	P	C	TOTAL
P-1. Descarga y montaje de jácenas prefabricadas						
Caída de personas a distinto nivel	a	>1	f	4	5	20
Caída de personas al mismo nivel	b	1	f	1	2	2
Caída de objetos en manipulación	a	>1	f	4	5	20
Pisadas sobre objetos	b	1	f	1	2	2
Choque contra objetos inmóviles	b	1	f	1	2	2
Choque contra objetos móviles	a	1	f	3	3	9
Atrapamiento por o entre objetos	a	1	f	3	3	9
Golpes y cortes por obj. y herra.	b	1	f	1	2	2
Sobreesfuerzos	b	1	f	1	2	2
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL P-1						73
P-2. Descarga y montaje de placas alveolares.						
Caída de personas a distinto nivel	a	>1	d	5	5	25
Caída de personas al mismo nivel	b	1	f	1	2	2
Caída de herra. y mat. de altura	a	1	f	3	3	9
Caída de objetos en manipulación	a	>1	f	4	5	20
Pisadas sobre objetos	b	1	f	1	2	2
Choque contra objetos móviles	a	1	f	3	3	9
Atrapamiento por o entre objetos	a	1	d	4	3	12
Golpes y cortes por obj. y herra.	b	1	f	1	2	2
Sobreesfuerzos	b	1	f	1	2	2
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL P-2						88
P-3. Montaje de mallazo y armadura de negativos.						
Caída a distinto nivel	b	1	f	1	5	5
Caída al mismo nivel	a	>1	d	5	2	10
Caída de herra. y mat. de altura	b	1	f	1	2	2
Caída de objetos en manipulación	b	>1	f	2	3	6
Pisadas sobre objetos	a	1	d	4	2	8
Choque contra objetos inmóviles	b	1	f	1	2	2
Choque contra objetos móviles	b	1	f	1	3	3
Golpes y cortes por obj. y herra.	a	1	d	4	2	8
Sobreesfuerzos	a	1	f	3	2	6
Exposición a radiaciones	b	1	d	3	3	9
Contactos eléctricos	b	1	d	3	4	12
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL P-3						76

P-4. Hormigonado de la losa de compresión						
Caída a distinto nivel	b	1	f	1	5	5
Caída al mismo nivel	a	>1	f	4	2	8
Caída de herra. y materiales	b	1	f	1	3	3
Pisadas sobre objetos	a	1	f	3	2	6
Choque contra objetos inmóviles	b	1	f	1	2	2
Choque contra objetos móviles	a	>1	f	4	3	12
Golpes y cortes por obj. y herra.	b	1	f	3	2	6
Proyección de fragmentos y part.	b	>1	f	2	2	4
Sobreesfuerzos	a	>1	f	4	2	8
Contactos eléctricos	b	1	d	3	5	15
Contacto sust. causticas yorros.	a	1	d	4	3	12
Atropellos o golpes con vehículos	b	1	f	1	5	5
TOTAL P-4						86
TOTAL PLACAS ALVEOLARES						323



VALORACIÓN DE LOS RIESGOS

Como resumen de las distintas actividades que componen la unidad de obra de ejecución de una losa tanto por método *in situ* como con elementos prefabricados, se recogen en la siguiente tabla las valoraciones sumadas de las diferentes fases.

EJECUCIÓN DE LOSA <i>IN SITU</i>		EJECUCIÓN DE LOSA CON PLACAS ALVEOLARES	
S-1. Descarga y acopio de encofrado, armaduras, puntales y elementos auxiliares	65	P-1. Descarga y montaje de jácenas prefabricadas	73
S-2 y S-3. Montaje de puntales, sopandas y paneles de encofrado fenólico	103	P-2. Descarga y montaje de placas alveolares	88
S-4. Armado de la losa	89	P-3. Montaje de mallazo y armadura de negativos	73
S-5. Hormigonado de la losa	99	P-4. Hormigonado de la losa de compresión	86
S-6. Desencofrado y reapuntalado	87		
TOTAL	443	TOTAL	323

Como resulta evidente, las actividades de mayor riesgo en la ejecución de la losa tradicional corresponden al montaje del apeo y encofrado de la losa. En el caso de la ejecución de la losa con placas prefabricadas alveolares, la actividad de mayor riesgo es la colocación de las citadas placas, donde los riesgos de caída de altura y caída de elementos en manipulación tienen la valoración más negativa.

En la ejecución de la losa *in situ*, los mayores riesgos corresponden también a los de caída a distinto nivel durante la ejecución del apeo y **entablado de la losa**.

En su conjunto, la ejecución de la losa con placas alveolares ha resultado con más de un **27% de mejora** en cuanto a los aspectos de **seguridad**.

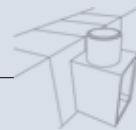
el caso real del cambio del proyecto a la obra de una a otra solución.

En algunos cuadros de precios consultados, la comparación entre el **precio de placas alveolares y forjados de losas** macizas **resulta ventajoso para la solución prefabricada**. Sin embargo en esta comparación habría que añadir a la solución de las placas alveolares el precio de las jácenas, bien *in situ*, ó como hemos considerado en nuestro ejemplo, también prefabricadas.

CONSIDERACIONES DE OTROS FACTORES

Consideraciones económicas

Para esta unidad, la comparación entre soluciones reales *in situ* y soluciones prefabricadas resulta más complicada que en el caso de los muros verticales, ya que no suelen realizarse para un mismo proyecto un análisis de los costes reales de las dos soluciones. No suele producirse



Ejemplo de base de precios

M² de losa alveolar de hormigón pretensado para forjado de canto 20 + 5 cm y 3 kN m/m de momento flector último, apoyado directamente; relleno de juntas entre placas, zonas de enlace con apoyos y capa de compresión de hormigón armado, realizados con hormigón HA25/B/12/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, acero B 500 S, cuantía 4 kg/m², y malla electrosoldada ME 20x20 Ø 55 B 500 T 6x2,20 UNE EN 10080; altura libre de planta de hasta 4 m. Sin incluir repercusión de apoyos ni pilares.

Total (€/m²): **69,96**

NOTA: No se han considerado las vigas jácenas.

M² de forjado de losa maciza de hormigón armado, horizontal, canto 24 cm, realizado con hormigón HA-25/B/20 fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 22 kg/m²; encofrado de madera; altura libre de planta de entre 4 y 5 m. Sin incluir repercusión de pilares.

Total (€/m²): **80,36**

Para nuestra comparación vamos a considerar los datos de dos proyectos diferentes pero de características similares para las losas de forjado en cuanto a espesores, luces y uso de los edificios analizados en los que se realizaron soluciones de losa maciza de hormigón en un caso y forjado de placas alveolares en el otro.

Coste del forjado (€/m ²)	COSTE DE LA OBRA	DIFERENCIA
FORJADO DE LOSA DE HORMIGÓN ARMADO SOBRE PILARES DE HORMIGÓN	121,01	
FORJADO DE PLACAS ALVEOLARES DE HORMIGÓN PRETENSADO	139,45	18,44
		15,23 %

Los resultados nos muestran que la solución *in situ* resultó un **15% más barata** que la solución de las placas prefabricadas.

Consideraciones de plazo

En lo referente al plazo, hemos distinguido entre las diferencias que supone el realizar forjados *in situ* y prefabricados, puesto que es donde las diferencias de plazo son más acusadas. Los forjados *in situ*, acarreamos mayor volumen de trabajo en obra y su duración media la estimamos entre **12 y 15 días por planta**.

Los forjados prefabricados ofrecen una mayor rapidez de colocación en obra. Contamos con necesitar una semana, **5 días laborables**, por planta para los forjados ejecutados con placas alveolares

Como resumen de las ventajas de las placas alveolares se pueden citar:

- Buena distribución de cargas y reparto transversal
- Corto tiempo de ejecución
- Permite ahorro de encofrado, ferralla y hormigón de obra.
- Mayor seguridad en obra al poder caminar por toda la superficie de las placas
- Alta resistencia al fuego. Hasta 120 minutos con recubrimientos normales
- Soporta grandes luces con poco canto
- No es necesario usar capa de compresión en obra
- Mejor aislamiento acústico que el forjado tradicional
- Necesidad de mano de obra inferior al forjado tradicional

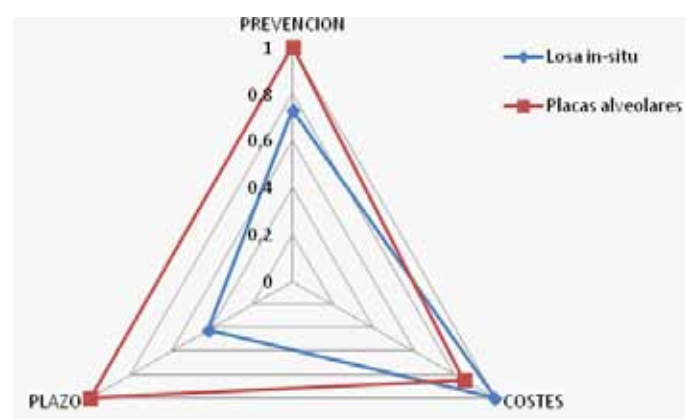


Los forjados *In situ*, pese a su mayor peso, mayor canto y consumo de encofrado, aportan una mayor libertad y flexibilidad de cara a modificaciones en el proyecto y singularidades. Su mayor peso y compacidad aportan una buena resistencia térmica y acústica.

RESUMEN LA COMPARACIÓN

Considerando los tres factores expuestos, preventivo, costes y plazos, exponemos esquemáticamente las comparaciones de los tres factores.

		LOSA IN SITU	LOSA CON PLACAS ALVEOLARES
SEGURIDAD	VALOR RIESGO	443	323
	VENTAJA	--	57,00 %
AHORRO	VALOR COSTE	121,01 €/m ²	139,45 €/m ²
	VENTAJA	15,00 %	--
PLAZO	VALOR PLAZO	1	0,417
	VENTAJA	--	58,30 %



A red square containing a white number 6.

6

ANEXO



MARCAO CE EN LOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Los prefabricados de hormigón son estructuras modulares con atribuciones estructurales que influyen directamente sobre la integridad y la seguridad de los edificios (viviendas, oficinas, naves industriales, etc.) y obras civiles (puentes, túneles, muros, etc.) donde son empleados.

A este respecto, el **marcado CE** para productos de construcción, reglamentado a través de la Directiva Europea 89/106/CEE (y su posterior modificación Directiva 93/68/CEE), es un requisito indispensable para la libre comercialización y uso de un producto en todos los países de la Unión Europea, estableciendo unos niveles mínimos de seguridad por debajo de los cuales no puede situarse ningún fabricante.

La intención del marcado es permitir la libre circulación del producto en toda la Unión Europea y que los Estados Miembros no puedan legislar de forma diferente a lo establecido en la normativa europea, aunque pueden dictar condiciones adicionales para el uso de tales productos en la ejecución de obras construidas con ellos.

Marcado CE

Símbolo que indica que un producto es conforme con los requisitos esenciales de las Directivas que le son de aplicación. Igualmente, garantiza que el fabricante ha tomado todas las medidas oportunas para garantizar el cumplimiento de las mismas en los productos comercializados.

La **Directiva de Productos de Construcción** (DPC) establece que los productos de construcción deben ser apropiados para obras que, en su totalidad y en sus partes aisladas, sean adecuadas para su uso. Los requisitos esenciales que deben satisfacer las obras a las que se incorporan los productos y que, por tanto, influyen en las características técnicas de los mismos son:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.

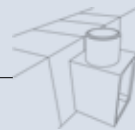
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

Según se establece en la DPC, todos aquellos productos que influyen en al menos uno de los requisitos enunciados, deben llevar el marcado CE, el cual asegura que cumplen con las especificaciones técnicas que sobre el producto se han considerado exigibles por el conjunto de países europeos.

El **marcado CE certifica que los productos son conformes con normas de transposición de normas armonizadas**, es decir, normas establecidas por organismos europeos de normalización de acuerdo con mandatos conferidos por la Comisión de las Comunidades Europeas con arreglo a los procedimientos establecidos en la Directiva que se transpone.

El marcado CE **lo efectúa el fabricante o responsable del producto en el mercado** en base al sistema de certificación que se indique en la norma o documento que corresponde a su producto. Estos sistemas vienen impuestos en función de las características del producto, siendo **el sistema 4 el menos exigente** (autocertificación) y **el 1+ el más exigente**.

En el caso de los **productos prefabricados de hormigón con carácter estructural**, el sistema que les afecta es el 2+, que además de las tareas que ha de realizar el fabricante, implica la participación de un Organismo externo (Organismo Notificado), tareas que se expondrán detalladamente más adelante. En este caso, las garantías asociadas al marcado CE vienen avaladas por el hecho de que el producto lleva este marcado, que hay un Organismo externo que certifica el producto, emitiendo el Certificado CE de conformidad, y que el fabricante, en una declaración CE de conformidad, asume que ha cumplido todos los requisitos reglamentarios para poder poner ese marcado CE sobre el producto. Todo ello permite presuponer que el producto sale de la fábrica satisfaciendo todos los requisitos que la reglamentación vigente le exige.



En España, la transposición de la DPC a través del Real Decreto 1630/1992 (y su posterior modificación R.D. 1328/95), obliga a disponer del marcado CE a aquellos productos con Norma armonizada a partir de la fecha de entrada que se establezca. La diferencia fundamental de una Norma armonizada con cualquier otra Norma Europea es que, al final de cada una, incluye el anexo ZA. Dicho anexo contiene el mandato bajo el que se prepara la Norma, se especifican los apartados de la Norma donde se hace referencia a las características requeridas para los productos por ese Mandato dado bajo la DPC, define el sistema de evaluación de la conformidad aplicable a esas características, con los controles que debe realizar directamente el fabricante o un Organismo Notificado, define el etiquetado o marcado y determina los datos que el fabricante debe proporcionar.

Debe dejarse claro que en ningún caso se puede considerar el marcado CE como una marca de calidad, ni una marca de origen en la Unión Europea, simplemente declara la conformidad de un producto, estableciendo un nivel mínimo de exigencias para poder asegurar que se cumplen los requisitos esenciales.

Procedimiento general de marcado CE

La evaluación de la conformidad representa el conjunto de operaciones que debe acometer el fabricante para comprobar y estar en condiciones de garantizar que, los productos que salen de la línea de producción, con la fiabilidad estadística propia de los métodos de ensayo y de control establecidos en la norma armonizada, satisfacen los requisitos de la misma y que cumplen con las prestaciones declaradas por el fabricante.

Estas operaciones suponen la asunción de la responsabilidad, por parte del fabricante, de la conformidad con la norma armonizada de los productos que pone en el mercado y, por lo tanto, de su idoneidad como producto de construcción destinado a ser incorporado como elemento estructural en las obras de edificación o de ingeniería civil.

Los resultados de los ensayos/cálculos de tipo, una vez comprobada su fiabilidad durante el control de producción, son los valores que el fabricante debe declarar en la información que acompaña al marcado CE. Estos valores son lo que el comprador o usuario final va a utilizar para decidir la idoneidad del producto según el uso previsto en el proyecto, y son igualmente los de referencia en las intervenciones de las autoridades competentes en la vigilancia de mercado. El sistema de verificación de la conformidad de los prefabricados de hormigón con

carácter estructural es el sistema 2+. En el sistema 2+ el fabricante está obligado a presentar su sistema de control de producción en fábrica a un tercero (Organismo Notificado), para que sea certificado por éste, en base a una inspección inicial de la fábrica y del propio control del producción en fábrica y de la vigilancia, evaluación y aprobación continua del control de producción en fábrica mediante auditorías anuales periódicas.

Control de producción en fábrica

Para asegurarse de que el producto que sale de la fábrica es el inicialmente diseñado y que se pueden garantizar los valores declarados que acompañan al Marcado CE, el fabricante debe someter su producción a un control siguiendo para ello los procedimientos y operaciones establecidos en la Norma correspondiente: UNE-EN 13369.

Tareas del fabricante: generalidades y responsabilidades

El fabricante es cualquier persona física o jurídica responsable de la fabricación de un producto con vistas a su comercialización en el mercado comunitario por cuenta propia. Aunque varios fabricantes de componentes puedan contribuir en el producto final, sólo la entidad legal responsable de la fabricación específica del producto de construcción es el fabricante, según la DPC.

La DPC no requiere que el fabricante esté establecido en el **Espacio Económico Europeo** (EEE), ni requiere que un fabricante de un país de fuera del EEE tenga un representante autorizado en el EEE.

El representante autorizado es la entidad legal expresamente designada por el fabricante, legalmente autorizada para actuar en su nombre dentro del EEE, y que no debe confundirse con el importador. Éste último es cualquier entidad legal que coloque un producto de un país externo en el EEE, y es responsable por ley de asegurar que se han cumplido todos los requisitos legales aplicables para el producto en el mercado del EEE.

El fabricante puede diseñar y fabricar el producto, aunque también puede encargar su diseño, fabricación, montaje, embalaje, procesamiento o etiquetado a un tercero. En el caso de una subcontratación, el fabricante debe mantener el control global sobre el producto y asegurarse de proporcionar la información necesaria para cumplir las responsabilidades que aquí se establecen.

Asimismo, el fabricante que subcontrata total o parcialmente sus actividades no puede declinar en ningún caso su responsabilidad, delegándola en otros (por ejemplo,



en un representante autorizado, un distribuidor, un subcontratista, etc.), asumiendo la responsabilidad exclusiva y absoluta de la conformidad de su producto con la DPC.

El fabricante está obligado a conocer tanto el diseño como la fabricación del producto para poder asumir la responsabilidad sobre el mismo y su cumplimiento con todas las disposiciones de la DPC. Esto se aplica tanto si el fabricante realiza todas las fases operativas, como si subcontrata alguna de ellas. En el caso de que sea el cliente el que proporcione el diseño, será éste responsable de su adecuación a la Norma que lo afecte.

El fabricante es, por tanto, responsable de la conformidad del producto en el instante en que es puesto en el mercado. Sin embargo, no tiene la responsabilidad de asegurar que la información que acompañe al producto al salir de la fábrica, siga la cadena de suministro. No obstante, es conveniente facilitar la información que permita a todos los interesados comprobar que dicha información corresponde de forma correcta al producto (mediante el uso de un código, un número de lote, etc.), ya que la trazabilidad del mismo podría ser requerida por las autoridades responsables de la vigilancia de mercado.

Asimismo, la responsabilidad del fabricante recaerá sobre cualquier persona que cambie el uso previsto del producto de forma que le sean de aplicación otros requisitos esenciales o bien que se le modifique o se le reconstruya de forma sustancial (creando así un producto nuevo) con vistas a su comercialización en el mercado comunitario.

Aplicación del marcado CE a los productos prefabricados

El primer paso que debe realizar el fabricante es averiguar si su producto está dentro del objeto y campo de aplicación de alguna de las normas.

En este sentido, el capítulo 1 de cada una de las normas define el alcance de la misma. La verificación de este punto es fundamental pues depende todo el proceso posterior. Puede resultar que un producto quede aparentemente dentro del alcance de una norma, pero analizando detenidamente el campo de aplicación quede excluido y por tanto, no tenga que llevar el marcado CE. Es el caso, por ejemplo, de las losas alveolares de canto superior a 500 milímetros que están fuera del objeto y campo de aplicación de la norma correspondiente.

UNE-EN 1168:2006 Placas alveolares: la norma europea UNE-EN 1168 especifica los requisitos y los criterios básicos de comportamiento, así como los valores mínimos cuando proceda, para las losas alveolares prefabricadas, hechas de hormigón pretensado o armado de densidad normal, según la Norma Europea EN 1992-1-1:2004.

UNE-EN 12794:2005 Pilotes de cimentación: esta norma especifica la terminología, los requisitos, los criterios básicos de funcionamiento, los métodos de ensayo y la evaluación de la conformidad que serán de aplicación a los pilotes de cimentación prefabricados de hormigón elaborados en fábrica para su uso en trabajos en obra civil y edificación y puestos en obra por medio de impacto, vibración, presión u otras técnicas adecuadas. Esta norma se puede aplicar también a los productos fabricados *In situ* en plantas temporales, cumpliendo lo establecido en la norma sobre 'Control de producción en fábrica' de la norma UNE-EN 13369:2004 y se protege adecuadamente contra las inclemencias meteorológicas.

UNE-EN 12843:2005 Mástiles y postes: ésta establece los requisitos para los postes prefabricados de hormigón (o mástiles), bien de una pieza o compuestos de varios elementos, armados y/o pretensados como elementos estructurales: pueden ser huecos o macizos, y pueden recibir o incluir componentes adicionales (por ejemplo, crucetas, plataformas, etc.), insertos y conectores. Pueden conectarse elementos adicionales a los elementos de poste.

UNE-EN 13224:2005 Elementos para forjados nervados: establece los requisitos, las prestaciones básicas y la evaluación de la conformidad para elementos prefabricados para forjados nervados fabricados con hormigón de peso normal, armado o pretensado, empleados en forjados o tejados. Los elementos constan de una placa superior y uno o más (generalmente dos) nervios que contienen la armadura longitudinal principal; también pueden constar de una placa inferior y nervios transversales. En el Anexo informativo A de la UNE-EN 13224 se muestran algunos ejemplos de los elementos prefabricados amparados por la norma.

UNE-EN 13225:2005 Elementos lineales estructurales: aquí se especifican los requisitos, los criterios básicos de comportamiento y la evaluación de la conformidad para elementos prefabricados lineales (tales como columnas, vigas y marcos) de hormigón de peso normal armado o pretensado, empleados en la construcción de estructuras de edificios y otras obras de ingeniería civil, a excepción de los puentes. Esta norma no cubre la capacidad de carga autoportante determinada mediante ensayo.

— [101] —



- Disposiciones con las que el producto es conforme
- Condiciones específicas aplicables al uso del producto (por ejemplo, las disposiciones relativas a la utilización en ciertas condiciones).
- Número del certificado de control de producción en fábrica asociado.
- Nombre y cargo de la persona facultada para firmar la declaración en nombre del fabricante o de su representante autorizado.

La declaración se debe acompañar de un certificado de control de producción en fábrica, emitido por el Organismo Notificado que debe incluir, además de los datos citados anteriormente:

- Nombre y dirección del Organismo Notificado.
- Número del certificado de control de producción en fábrica.
- Condiciones y periodo de validez del certificado, si procede.
- Nombre y cargo de la persona facultada para firmar el certificado.

Este documento representa la responsabilidad ante terceros por parte del fabricante, de que ha colocado el marcado CE de forma correcta, que cumple con las especificaciones de la Norma y que ha aplicado correctamente el sistema de evaluación de la conformidad que le afecta.

Marcado CE y etiquetado

El marcado CE lo pone el fabricante cuando tiene todos los datos y documentos que le permiten asegurar que cumple con los requisitos de la norma, es decir:

- Que tiene los ensayos iniciales de tipo,
- Que ha realizado y documentado el control de producción obteniendo resultados que le permiten confirmar los resultados obtenidos en los ensayos iniciales de tipo,
- Que un organismo notificado le ha vigilado dicho control y
- Que el mismo organismo le ha extendido el certificado de conformidad del control de producción mencionado.

Por todo ello, la responsabilidad del marcado CE recae en **primer lugar sobre el propio fabricante y en segundo lugar sobre el organismo que le hace la inspección** inicial, el seguimiento del control y le extiende

el certificado de conformidad del control de producción.

El símbolo del marcado CE a estampar debe ser conforme con la Directiva 93/68/CE y se exhibirá considerando la jerarquía de preferencia: en el propio producto, en una etiqueta adherida a él, en el embalaje, en la documentación comercial que le acompaña (por ejemplo, en el albarán de entrega) e incluso, en la página web del fabricante.

Consecuencias de la certificación

- **Para el fabricante:** le permite despegarse del competidor ilícito. El establecimiento de procedimientos y pautas de trabajo suele repercutir en la realización de las tareas con mayor calidad.
- **Para el proyectista y el director de obra:** los productos certificados y las empresas acreditadas proporcionan un umbral de entrada que supone una seguridad razonable de una calidad mínima garantizada.
- **Para el constructor:** sus motivaciones son esencialmente las mismas que las del fabricante.
- **Para el controlador:** es quizá uno de los más directos beneficiarios de la certificación de productos y de la acreditación de empresas. El controlador tiene como objetivo que la obra no presente problemas de mala calidad. En definitiva, es el único sistema para evitar que la obra se transforme en un laboratorio.
- **Para el asegurador:** puede aceptar un cierto porcentaje de fallos siempre que no rebase el que él ha tenido en cuenta en sus estimaciones actuariales para el establecimiento de las pólizas.
- **Para el usuario:** aunque la intervención del usuario en el proceso constructivo sea prácticamente inexistente, debe sin embargo aceptarse que es la persona que disfruta o padece la buena o mala calidad alcanzada. En ese sentido el usuario debería estar interesado en la generalización de los sistemas de certificación, pues tiene a su disposición productos con una seguridad mínima garantizada.

Útiles de carga y descarga

En lo relativo a los útiles de carga y descarga, a los cuales es de aplicación lo dispuesto en el *Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas*, se debe tener en cuenta que los mismos dispondrán de marcado CE.

AGRADECIMIENTOS

Con el fin de agradecer la colaboración desinteresada ofrecida por distintas personas y entidades en la aportación de información para desarrollar el contenido del presente documento, a continuación se detallan las referencias de las mismas.



INDAGSA (GRUPO ORTIZ)
Contacto: Miguel Ángel García Montserrat
Tel. 91 343 16 00
Fax: 91 345 39 00
www.indagsa.com



GRUPO RODIO KRONSA S.A
Contacto: Carlos Cano
c/ Velázquez, 50 – 7º Planta
28001 Madrid
Tel.: 917 817 169
Fax: 915 613 013
www.rodiokronsa.es



PRECON
www.cemolins.es/precon



ANDECE (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón)
Paseo de la Castellana 226, Entrep. A
28046, Madrid
Tlf: 91 323 82 75, Fax: 91 315 83 02
www.andece.org



Instituto Regional de Seguridad
y Salud en el Trabajo
CONSEJERÍA DE EMPLEO,
TURISMO Y CULTURA

Comunidad de Madrid



FUNDACIÓN AGUSTÍN DE BETANCOURT