

PROYECTO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE 59 HABITAJES DE LLOGUER, 1 OFICINA i 58 APARCAMENTS. AV. MARIE CURIE – SECTOR Z GRANOLLERS.

DOCUMENTACIÓN DEL PROYECTO

El presente Proyecto se compone de los siguientes documentos

DOCUMENTO 1: PLANOS DE ADAPTACIÓN AL SISTEMA BSCP

- 1.- MEMORIA DEL PROYECTO DE INDUSTRIALIZACIÓN
- 2.- MEDIOS HUMANOS Y MECÁNICOS NECESARIOS PARA LA FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE DE PIEZAS
- 3.- INSTRUCCIONES DE FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE
- 4.- DIT 398
- 5.- FÓRMULAS EMPLEADAS EN LA CONFECCIÓN DEL PRESUPUESTO Y PRESUPUESTO
- 6.- PLANOS

DOCUMENTO 2: DISEÑO DE LAS PIEZAS DE HORMIGÓN

- 1.- MEMORIA DEL DISEÑO DE LAS PIEZAS
- 2.- PLANOS

DOCUMENTO 3: DISEÑO DE LOS MOLDES

- 1.- MEMORIA DE LOS MOLDES
- 2.- PLANOS

DOCUMENTO 4: NUDOS Y DETALLES CONSTRUCTIVOS

- 1.- MEMORIA DE LOS NUDOS Y DETALLES CONSTRUCTIVOS
- 2.- PLANOS

DOCUMENTO 5: ÓRDENES DE FABRICACIÓN DE PIEZAS

- 1.- MEMORIA DE LAS ÓRDENES DE FABRICACIÓN DE PIEZAS
- 2.- ÓRDENES DIARIAS DE FABRICACIÓN DE PIEZAS

DOCUMENTO 6: ÓRDENES DE APILAMIENTO Y TRANSPORTE DE PIEZAS

- 1.- MEMORIA DE LAS ÓRDENES DE APILAMIENTO Y TRANSPORTE DE LAS PIEZAS
- 2.- ÓRDENES DIARIAS DE TRANSPORTE DE PIEZAS

DOCUMENTO 7: ÓRDENES DE MONTAJE DE PIEZAS

- 1.- MEMORIA DE LAS ÓRDENES DE MONTAJE DE PIEZAS
- 2.- ÓRDENES DIARIAS DE MONTAJE DE PIEZAS

PROYECTO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE 59 HABITAJES DE LLOGUER, 1 OFICINA I 58 APARCAMENTS. AV. MARIE CURIE – SECTOR Z GRANOLLERS.

ÍNDICE DOCUMENTO 1:

1.- Memoria del proyecto de industrialización

1.1.- Memoria expositiva

1.1.1.- Antecedentes

- 1.1.1.1.- Propietario - Promotor
- 1.1.1.2.- Autor del Proyecto de Arquitectura
- 1.1.1.3.- Autor del Proyecto de Industrialización
- 1.1.1.4.- Objeto del Proyecto de Industrialización
- 1.1.1.5.- Condiciones de puesta en obra

1.2.- Programa

1.2.1.- Descripción del proyecto

1.2.2.- Superficies

1.3.- Plazos previstos en la fabricación, transporte y montaje

1.3.1.- Proceso de fabricación

1.3.2.- Plazo previsto en fabricación

1.3.3.- Proceso de transporte

1.3.4.- Plazo previsto en transporte

1.3.5.- Proceso de montaje

1.3.6.- Plazo previsto en montaje

2.- Medios humanos y mecánicos necesarios para la fabricación, transporte y montaje.

2.1.- Medios humanos

2.1.1.- Medios humanos en fabricación

2.1.2.- Medios humanos en transporte

2.1.3.- Medios humanos en montaje

2.2.- Medios mecánicos

3.- Instrucciones de fabricación, transporte y montaje.

3.1.- Control de fabricación

3.1.1.- Piezas de tabique

3.1.2.- Piezas de fachada

3.1.3.- Piezas de forjado

3.1.4.- Piezas de cubierta

3.1.5.- Control de los materiales a emplear

3.2.- Control del curado de las piezas

3.3.- Control del transporte

3.4.- Control de montaje

3.4.1.- Montaje de piezas de fachada y tabique

3.4.2.- Montaje de piezas de forjado y cubiertas

3.4.3.- Montaje de piezas de vigas

3.4.4.- Control de los materiales a emplear

3.5.- Control de calidad

3.5.1.- Fabricación de piezas

3.5.2.- Elementos de unión

4.- DIT 398

5.- Fórmulas empleadas en la confección del presupuesto orientativo y presupuesto orientativo

5.1.- Hipótesis para el cálculo del presupuesto orientativo

5.1.1.- Amortización de Moldes

5.1.2.- Grúas

5.1.2.1.- Grúas en fabricación

5.1.2.2.- Grúas en montaje

5.1.3.- Mano de obra

5.1.3.1.- Mano de obra en fabricación

5.1.3.2.- Mano de obra en montaje

5.2.- Presupuesto orientativo

6.- Planos

PROYECTO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE 59 HABITAJES DE LLOGUER, 1 OFICINA i 58 APARCAMENTS. AV. MARIE CURIE – SECTOR Z GRANOLLERS.

DOCUMENTO 1

1.- MEMORIA DEL PROYECTO DE INDUSTRIALIZACIÓN

1.1.- Memoria Expositiva

1.1.1.- Antecedentes

1.1.1.1.- Propietario – promotor

Se realiza el presente Proyecto de Industrialización de “59 viviendas de alquiler, una oficina y 59 plazas de aparcamiento en Granollers. Barcelona” por encargo de D. Jordi Mensa Pueyo, en nombre y representación de “CONSTRUCCIONES RUBAU, S.A.” como Gerente de la Unión Temporal de Empresas Promociones Surava SA - Rabassa Obres i Construccions SL U.T.E.(en adelante EL CONSTRUCTOR)

1.1.1.2.- Autor del proyecto de Arquitectura

El proyecto ha sido redactado por el arquitecto D. Victor Segui , en representación de “SEGUI ARQUITECTURA, S.L.” (en adelante el ARQUITECTO).

1.1.1.3.- Autor del Proyecto de Industrialización

El autor de este Proyecto de Industrialización es BSCP, Building System with Concrete Panel, con domicilio en C/ Corona Austral nº32, de Aravaca, Madrid (España) y CIF B-81.284.747, actuando como director del proyecto D. Mariano Robledillo Carmona.

El presente proyecto de industrialización con la documentación que le acompaña, junto con el proyecto de ejecución mencionado en el punto anterior, justifica el cumplimiento de la normativa vigente y aporta la correspondiente memoria de cálculo.

En general se han tenido en cuenta las prescripciones de las normativas vigentes. Como recordatorio se han tenido en cuenta las siguientes: “Norma básica de acciones en la edificación” (NBE-AE-88); “Instrucción de Hormigón estructural” (EHE); “Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado” (EF-96).

Se ha comprobado, de acuerdo con las condiciones de cálculo indicadas en el Informe Técnico del DIT 398, la estabilidad, resistencia y deformaciones admisibles, justificando la adecuación del Sistema para soportar los esfuerzos mecánicos que puedan derivarse de las acciones correspondientes a los estados últimos y de servicio, en las condiciones establecidas en la Normativa en vigor y para la situación geográfica

1.1.1.4.- Objeto del Proyecto de Industrialización

El objeto de este Proyecto de Industrialización es la fabricación, transporte y montaje de la “Obra Gris” de “59 viviendas de alquiler, una oficina y 59 plazas de aparcamiento en Granollers. Barcelona” a través del Sistema de construcción BSCP.

Definimos, a éstos efectos, como “Obra Gris” la que se proyecta específicamente para el Sistema de construcción BSCP, que junto con lo que se denomina “Obra Blanca”, forma el total de los capítulos de una obra. A estos efectos definimos como “Obra Blanca”, la consistente en el movimiento de tierras; la cimentación y el saneamiento; la realización del trasdosado de fachadas y cubiertas para su aislamiento térmico; la instalación de los materiales de acabado de los paramentos, es decir: pinturas, telas, papeles, solados, chapados y alicatados; y la realización de las instalaciones y las carpinterías.

Este Proyecto de Industrialización, está redactado:

- a) de conformidad con la arquitectura diseñada por “SEGUI ARQUITECTURA, S.L.”.
- b) Siguiendo las especificaciones del DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA Nº 398 concedido por el Instituto Eduardo Torroja de fecha 21 de diciembre de 2.002, el cual se transcribe íntegramente en el punto nº 4 de la presente memoria.

Está formado por los 7 documentos siguientes, que son los necesarios para que el Promotor, Arquitectos Superiores, Arquitectos Técnicos, Constructores y Fabricantes de piezas lleven a cabo el proceso constructivo para la edificación siguiente:

“59 viviendas de alquiler, una oficina y 59 plazas de aparcamiento en Granollers. Barcelona”.

- 1.- DOCUMENTO Nº 1: Memoria; Medios humanos y mecánicos necesarios para la fabricación, transporte y montaje de piezas; Instrucciones sobre el control de la fabricación, transporte y montaje de piezas; DIT Nº 398; Fórmulas empleadas para el cálculo del Presupuesto orientativo y Dibujo de los planos de adaptación del proyecto de Arquitectura al Sistema de construcción BSCP, y de los planos que indican la situación de las distintas piezas para incorporarlas por el ARQUITECTO al Proyecto de Ejecución y por el PROMOTOR a la documentación de promoción y venta de la edificación.
- 2.- DOCUMENTO Nº 2: Fichas de Fabricación de piezas: Diseño de las piezas de hormigón con todos los tubos y conductos de las instalaciones en el interior de cada pieza para incorporarlas por el ARQUITECTO al Proyecto de Ejecución y por el PROMOTOR a la documentación de promoción y venta de la edificación.
- 3.- DOCUMENTO Nº 3: Fichas de Fabricación de útiles y moldes: Diseño de todos los moldes necesarios, para que el FABRICANTE los fabrique y pueda realizar en ellos, con posterioridad, la fabricación de todas las piezas de que se componen las edificaciones previstas en el Proyecto de Industrialización.
- 4.- DOCUMENTO Nº 4: Fichas de definición de todos los nudos de unión de las distintas piezas diseñadas y de los detalles constructivos para que el ARQUITECTO pueda incorporarlas a las órdenes de la Dirección Facultativa - Arquitecto Superior y Arquitecto Técnico- y para que el FABRICANTE pueda realizar el montaje de las piezas.
- 5.- DOCUMENTO Nº 5: Fichas con las órdenes diarias de fabricación de las piezas que componen la "Obra Gris" con indicación de las piezas que sea preciso fabricar cada día y los moldes a utilizar para ello para una correcta organización de la obra por el CONSTRUCTOR y para una correcta organización del FABRICANTE en la fabricación de las piezas.
- 6.- DOCUMENTO Nº 6: Fichas con las órdenes diarias de apilamiento y transporte de piezas, para una correcta coordinación del FABRICANTE y el CONSTRUCTOR, para que lleguen a obra las piezas que se vayan a montar cada vez y en el mismo orden de montaje.
- 7.- DOCUMENTO Nº 7: Fichas con las órdenes diarias de montaje, para la coordinación del FABRICANTE y del CONSTRUCTOR en la obra.

Este Proyecto de Industrialización BSCP lo redacta, en el marco de lo establecido en el contrato de encargo de confección de Proyecto de Industrialización y su autorización de uso de fecha 24 de Abril de 2.006, y es propiedad exclusiva de BSCP, siendo la única Compañía autorizada a expedir copias para la construcción de cada edificación, aunque dos edificaciones sean idénticas pero estén situadas en lugares distintos a los previstos en el presente Proyecto de Industrialización.

1.1.1.5.- Condiciones de puesta en obra

La puesta en obra será supervisada por BSCP. Al final de la misma, BSCP emitirá un certificado acreditativo que la obra se ajusta al Proyecto de Industrialización y al Sistema definido en éste documento. Se adoptarán todas las disposiciones necesarias relativas a la estabilidad de las construcciones durante el montaje, a los riesgos de caída de cargas suspendidas, de protección de personas y, en general, se tendrán en cuenta las disposiciones contenidas en los reglamentos vigentes de Seguridad e Higiene en el Trabajo

1.2.- Programa

1.2.1.- Descripción del proyecto

El presente Proyecto de Industrialización es relativo a la construcción de “59 viviendas de alquiler, una oficina y 59 plazas de aparcamiento en Granollers. Barcelona”.

1.2.2.- Superficies

SUPERFICIES UTILES Y CONSTRUIDAS DE VIVIENDAS						
TIPO	TIPOLOGIA	S. UTIL TIPO	S. CONST.TIPO	CANTIDADES	S.ÚTIL TOTAL TIPOS	S. CONS.TOTAL TIPOS
A	1D+1b	44,58	47,86	1	44,58	47,86
B	2D+1b	62,98	66,49	4	251,92	265,96
C	2D+1b	61,88	64,59	2	123,76	129,18
D	1D+1b	44,58	47,19	2	89,16	94,38
E	2D+1b	63,97	67,37	1	63,97	67,37
F	2D+1b	60,93	65,25	1	60,93	65,25
G	2D+1b	60,55	67,92	8	484,40	543,36
H	2D+1b	60,36	66,49	24	1.448,64	1.595,76
I	2D+1b	60,85	67,61	16	973,60	1.081,76
TOTAL VIVIENDAS				59	3.540,96	3.890,88

TOTALES SUP. UTILES Y CONSTRUIDAS				UDS.	SUP. UTIL	SUP. CONSTRUIDA
VIVIENDAS				59	3.540,96	3.890,88
APARCAMIENTOS				58	1.142,11	1.234,76
TRASTEROS						
LOCALES				1	54,10	60,82
OTRAS DEPENDENCIAS						
ESPCIOS COMUNITARIOS					317,7	439,37
TOTAL					5.054,87	5.625,83

1.3.- Plazos previstos en la fabricación, transporte y montaje

1.3.1.- Proceso de fabricación

Para el cálculo de los plazos de tiempo de fabricación de todas las piezas se ha considerado que se realizará siguiendo el siguiente proceso de actividades:

1. Colocación, fijación a la mesa, y comprobación de las dimensiones, de los perfiles que delimitan las dimensiones de la pieza.
2. Aplicación del desencofrante: **ATENCIÓN DEBE SER UN DESENCOFRANTE EXENTO DE GRASAS Y ACEITES.**
3. Introducción de todos los elementos de que esta compuesto cada pieza (mallazos cortados a medida con los huecos necesarios realizados, pletinas y placas con los redondos de anclaje soldados, angulares con los redondos de anclajes soldados, tacos de porexpan de las dimensiones necesarias, conducciones cortadas a las medidas indicadas, omegas de izado, ec...).
4. Supervisión de la pieza.
5. En su caso realización de las correcciones indicadas en la supervisión de la pieza.
6. Supervisión, visto bueno y autorización del hormigonado de la pieza.
7. Hormigonado y vibrado de la pieza: **ATENCIÓN DADO QUE EL ESPESOR DE LAS PIEZAS ES MUY PEQUEÑO, EL TIEMPO DE VIBRADO DEBE SER MÍNIMO. NO DEBE INICIARSE ÉSTA ACTIVIDAD SIN QUE EL SUPERVISOR (técnico responsable de la fabricación) FIRME LA FICHA DE FABRICACIÓN INDICANDO QUE LA PIEZA SE AJUSTA A LAS ESPECIFICACIONES SEÑALADAS EN LA FICHA DE LA PIEZA. ADEMÁS, EN LA FICHA DE LA PIEZA SE INCLUIRÁ EL DÍA Y LA HORA DE HORMIGONADO Y EL NÚMERO DE LA AMASADA.** Todas las piezas fabricadas tendrán su ficha correspondiente, rellena de la forma antes indicada, las cuales serán entregadas, junto con los ensayos del hierro y el hormigón, realizados de conformidad con la EHE y por laboratorios homologados, a los representantes de BSCP.
8. Fratasado o acabado de la cara superior.
9. Retirada de los perfiles que limitan las piezas, y de los útiles para la realización de los huecos.
10. Limpieza de la pieza y eliminación de los tacos de porexpan.

11. Limpieza del espacio donde se ha fabricado la pieza, una vez retirada para su montaje.

Dado que el inicio de hormigonado (actividad nº7 explicada anteriormente) tiene que, necesariamente iniciarse a primera hora de la mañana, para poder también iniciar el levantamiento de las piezas a primera hora de la mañana, es estrictamente necesario que el día anterior haya al menos 6 piezas con la primera actividad, reseñada anteriormente, realizada; y de ellas al menos tres con las seis primeras actividades, indicadas anteriormente, realizadas.

Esto permitirá que tres piezas estén listas para empezar el hormigonado; y otras tres listas para iniciar en ellas la actividad nº 2, a primera hora de la mañana.

1.3.2.- Plazo previsto en fabricación

El plazo previsto para la fabricación de las 1.669 piezas de hormigón, que constituyen este Proyecto de Industrialización, es de 143 días naturales.

Teniendo en cuenta que, del plazo previsto de fabricación de 143 días naturales, 103 días son laborables, la producción diaria media será de unas 16 piezas aproximadamente. A éstos efectos –fabricación de 16 piezas diarias por grupo de trabajo- una pieza compuesta por dos capas de hormigón y una de aislamiento, se cuenta como si se fabricara una pieza y media.

Considerando una zona de producción suficiente y la organización general del conjunto de la edificación el plazo de fabricación será de **143 días naturales o 103 días laborables.**

Se ha supuesto que habrá un grupo de trabajo en cada una de las posibles grúas destinadas a Fabricación .

Se ha considerado que las 16 piezas se fabrican en una jornada de ocho horas, sin embargo hay que tener en cuenta:

- a) Que hay piezas que tienen mas dificultad de fabricación que otras, por lo que la fabricación de las 16 piezas, que se indican en la fichas de fabricación diarias para cada día, habrá días que se realice en menos de ocho horas y otros en que se necesite un tiempo superior. **ES MUY IMPORTANTE EL CUMPLIMIENTO EXTRICTO DEL PROGRAMA: FABRICACIÓN DIARIA DE LAS PIEZAS INIDICADAS EN LAS FICHAS DE FABRICACIÓN CORRESPONDIENTE.**
- b) Que para facilitar la formación del personal durante la ejecución de la obra se considera que durante la primera semana el rendimiento es del 25 %. Es decir que en los primeros 5 días se fabricarán 5 piezas cada día.
- c) Que en la segunda semana se considera que el rendimiento es del 50 %. Es decir que entre los días 6 y 10 se fabricarán 10 piezas cada día.

- d) Que en la tercera semana se considerará que el rendimiento es del 75 %. Es decir que entre los días 11 y 15 se fabricarán 15 piezas cada día.
- e) Que será a partir del día 16 cuando se estima que se podrá alcanzar el rendimiento medio previsto en el proyecto.

En estos periodos no se consideran los días que necesariamente se perderán por causas ajenas al proyecto, como por ejemplo debido a:

- a) Condiciones climatológicas adversas;**
- b) Periodo inicial de formación del personal;**
- c) Rotación normal del personal;**
- d) Fallos del suministro de los elementos previstos para la fabricación de piezas (mallazos cortados de las dimensiones especificadas con los huecos realizados; tacos de porexpan de las dimensiones indicadas; omegas de izado; pletinas y placas con los redondos de anclaje previstos; angulares con los redondos de anclaje previstos; etc...)**
- e) Fallos en el mantenimiento de la maquinaria empleada (grúas, planta de hormigón, grupos eléctricos de soldar; cizallas eléctricas; cizallas manuales; soldadores de estaño; rotaflex, etc...)**

1.3.3.- Proceso de transporte

Para el cálculo de los plazos de tiempo de transporte de todas las piezas se ha considerado se realizará siguiendo el siguiente proceso consecutivo de actividades:

1. Comprobación por el supervisor de la pieza a transportar, del molde en el que se ha fabricado y la situación exacta en el mismo, así como la plataforma en el que se ha de cargar.
2. Enganche del útil de izado a la pieza.
3. Comprobación por el supervisor de la posición de la pieza a transportar en la plataforma.
4. Elevación y traslado de la pieza a su plataforma de transporte correspondiente.
5. Colocación de la pieza, también en horizontal, sobre la plataforma apoyada sobre durmientes de madera situados a 1/5 de la luz.
6. Transporte a pie de obra

1.3.4.- Plazo previsto en transporte

Debido a las especiales características de esta edificación y a los condicionantes de la misma no se han realizado órdenes de apilamiento y transporte, ya que en principio las piezas se montan directamente desde las zonas de fabricación.

1.3.5.- Proceso de montaje

Para el cálculo de los plazos de tiempo de montaje de todas las piezas se ha considerado se realizará siguiendo el siguiente proceso consecutivo de actividades:

1. Replanteo por el supervisor de la situación exacta de las piezas, pintando el contorno de todas y cada una de la piezas, para conocer su lugar exacto.
2. Enganche del útil de izado a la pieza.
3. Elevación y traslado de la pieza a su lugar exacto
4. El oficial soldador ayudado por el peón, situará la pieza en el lugar exacto ayudado de los útiles necesarios. **Es muy importante para conseguir los rendimientos previstos que antes de que llegue la pieza estén pintadas las cuatro caras en el sitio exacto donde se tiene que situar.**
5. Aplomado y nivelación de la pieza ayudándose mediante placas metálicas para la nivelación, de puntales y de tensores. Una vez sujeta la pieza la grúa ira a buscar otra pieza
6. Soldadura de la pieza a las adyacentes.
7. Colocación y soldadura de la armadura de las juntas.

Estas actividades son realizadas por el oficial soldador que en determinados momentos es ayudado por el peón.

8. Encofrado de las juntas verticales.
9. Hormigonado de las juntas. El hormigón de relleno de las juntas debe ser de las mismas características que el empleado en la fabricación de piezas: H-250 de 12 mm de tamaño máximo del árido y añadiendo a la masa superplastificante en la proporción del 2 % del peso del cemento.
10. Transcurrido un plazo inferior a 24 horas, desencofrado de las juntas y raspado con cepillo de púas del hormigonado de las juntas.
11. Remate de las juntas con mortero sin retracción.

12. Enlucido con una mezcla de yeso blanco y pegamento de escayola en proporción 75 a 25 %, o con mortero reparador, de las zonas de piezas cuyo acabado no responda a los criterios de calidad exigidos a la obra. Esta actividad se iniciará una vez que se termine la impermeabilización de la cubierta.

1.3.6.- Plazo previsto en montaje

El plazo previsto para el montaje de las 1.854 considerando las características propias de este proyecto, es de **148 días naturales**.

Considerando las características propias de este proyecto **La grúa 1** montará 959 piezas en **148 días naturales** y **la grúa 2** montará 895 piezas en un periodo de **142 días naturales** empleando dos grúas de las especificaciones que se mencionan con posterioridad.

En este periodo no se consideran los días que necesariamente se perderán por causas ajenas al proyecto, como por ejemplo debido a:

- a) **Condiciones climatológicas adversas;**
- b) **Periodo inicial de formación del personal, que se adaptará el ritmo de aprendizaje del personal de fabricación;**
- c) **Rotación normal del personal;**
- d) **Fallos del suministro de los elementos previstos para el montaje de piezas (pletinas y placas de nivelación; elementos; etc...)**
- e) **Fallos en el mantenimiento de la maquinaria empleada (grúas, grupos eléctricos de soldadura, cizallas eléctricas, rotaflex, etc...)**
- f) **Fallos de acoplamiento en los programas de fabricación, transporte y montaje por otras causas distintas a las indicadas.**

De cualquier forma los programas de fabricación y montaje hay que mantenerlos encajados constantemente, y por ello se ha considerado para facilitar la formación del personal durante la ejecución de la obra

- a) que durante la primera semana el rendimiento es del 25 %. Es decir que en los primeros 5 días se montarán 5 piezas cada día.
- b) Que en la segunda semana se considera que el rendimiento es del 50 %. Es decir que entre los días 6 y 10 se montarán 10 piezas cada día.
- c) Que en la tercera semana se considerará que el rendimiento es del 75 %. Es decir que entre los días 11 y 15 se montarán 15 piezas cada día.

- d) Que será a partir del día 16 cuando se estima que se podrá alcanzar el rendimiento previsto en el proyecto.

2.- MEDIOS HUMANOS Y MECÁNICOS NECESARIOS PARA LA FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE

Para el cálculo de los medios humanos y materiales necesarios para ejecutar la “obra gris”, hay que tener en cuenta que se trata de indicar los medios necesarios para que se puedan fabricar, transportar y montar unas 20 piezas diarias **formando una cadena de montaje.**

Igualmente hay que indicar que **para que la cadena de montaje funcione de forma continua no pueden fallar los suministros de los materiales, los medios humanos ni los medios mecánicos.** No obstante hay que considerar que estos fallos lo único que hacen es ampliar el plazo previsto de montaje, y por tanto aumentar el coste de la obra.

Debemos considerar que, tal y como en la industria se ha demostrado, **las cadenas de montaje funcionan al ritmo del eslabón mas débil,** que comúnmente se denominan actividades críticas. Se dice que una cadena de montaje funciona a su mejor rendimiento cuando no tiene ninguna actividad crítica. O lo que es lo mismo, cuando todas las actividades cuentan con los medios materiales, humanos y mecánicos –ni mas ni menos- que necesitan para ejecutarse, cada una de ellas, en los tiempos previstos.

No sirve de nada acelerar una actividad, o dotar de mas medios a una actividad, si al mismo tiempo no se aceleran todas. Pero lo que es claro es que si una sola se retrasa, se retrasan todas. Por ello hay que indicar que **la función fundamental del “Supervisor” si quiere conseguir los mejores rendimientos es mantener continuamente los tiempos previstos de cada actividad y dotar de los medios necesarios –humanos y materiales- para que ninguna actividad se retrase,** porque retrasaría a todas las demás.

En este sentido debemos decir que para que ello sea posible el “Supervisor” tiene que realizar las siguientes actividades:

- a) Prever todos los suministros antes de necesitarse.
- b) Tener maquinaria pequeña, útiles y repuestos en stock, previendo desperfectos o necesidades puntuales.
- c) Tener personal polivalente, capaz de sustituir en momentos puntuales unos por otros, y en especial las de los puntos críticos. La obra no se puede parar porque alguien se ponga enfermo.
- d) Supervisar y dar el visto bueno al hormigonado de todas las piezas.
- e) Replantear la situación exacta de las piezas en el montaje.

La realización de estas actividades es suficiente trabajo para que el Supervisor no tenga tiempo material de hacer nada más. Con todo y ello hay que asumir que algún día se producirán errores y que el plazo será mayor que el previsto. Sin embargo en cada momento se conocerá el retraso de la obra

Queremos señalar en éste momento que nuestra experiencia nos dice que existe la tendencia generalizada por parte de los “Supervisores” de creer que se pueden mejorar los rendimientos centrándose en mejorar algunas actividades del Proyecto de Industrialización. Nuestra experiencia nos dice, sin embargo, que como con toda seguridad se pueden mejorar los rendimientos de cada actividad es:

- a) Evitando el movimiento de la gente;
- b) Asegurando el suministro del material;
- c) Especializando a la gente idónea en cada actividad;
- d) Formando personas que en un momento determinado deban a suplir a otras;
- e) Etc..

Evidentemente no se quiere ocultar que quizás podrían encontrarse algunas soluciones que pudieran mejorar puntualmente el proyecto de industrialización, pero normalmente se suele ser mas eficaz, apuntando estas ideas para la realización del próximo proyecto, que pensando en la modificación puntual sobre la marcha. Esto no significa que se pongan impedimentos a la realización de cualquier cambio directamente en la obra, simplemente supone un aviso: **la mayor eficacia en la ejecución de la obra industrializada se consigue poniendo los medios necesarios para ejecutar el proyecto de industrialización de la forma que está concebido.**

2.1.- Medios humanos

La fabricación, transporte y montaje de la totalidad de las piezas previstas en este proyecto podría realizarse, tal y como se describe a continuación en un caso real, a modo de ejemplo, por un total de 16 personas: 11 en fabricación y 5 en montaje.

2.1.1.- Medios humanos en fabricación

Para el cálculo del personal necesario en fabricación, **se ha considerado que antes del inicio de la fabricación de cada pieza, al pie del molde, el oficial tiene todo el material -cortado y preparado de las dimensiones y formas previstas en la su ficha de fabricación-, los útiles para hacer los huecos y la maquinaria necesaria, para su fabricación de las dimensiones exactas indicadas en su ficha de fabricación, incluso con los mallazos cortados a su medida exacta y con los huecos que se indican, igualmente, en su ficha de fabricación.**

A la hora de analizar el personal necesario para la fabricación de la totalidad de las piezas que componen este Proyecto de Industrialización lo que habrá que hacer es estudiar las actividades a realizar, las personas necesarias en cada una de las tareas, el tiempo a emplear y encuadrar dichos tiempos para que el personal pueda desarrollar todo su trabajo sin tiempos muertos.

A continuación se indican las actividades a realizar y el personal necesario en cada una de ellas.

- **COLOCACIÓN DE MALLAZOS Y ELEMENTOS PREVISTOS EN CADA PIEZA:** Una cuadrilla formada por 2 oficiales soldadores y un peón pueden hacer, de media, una pieza cada media hora, aunque en el caso de piezas multicapa este tiempo será de 1 hora. Esto implica que para la fabricación de las piezas diarias se emplearan dos cuadrillas (A+B) formadas, cada una de ellas, por 2 oficiales y 1 peón durante un tiempo de 5 horas. En esta operación se incluye la colocación previa de desencofrante.
- **HORMIGONADO Y ENLUCIDO DE PIEZAS:** Teniendo en cuenta el recorrido de la grúa desde que coge el cubo en la planta hasta que lo devuelve, un oficial de segunda (C) y un peón (D) pueden verter, extender y vibrar, de media, una pieza cada 15 minutos, aunque en el caso de piezas multicapa este tiempo será de 30 minutos. A esta tarea hay que añadir el enlucido de las piezas, que tendrá que adaptarse a los tiempos de hormigonado. Por todo esto, el oficial (C) y el peón (D) hormigonaran y enluciran las piezas a fabricar diariamente en un plazo de 6 horas.

Es de vital importancia no hormigonar ninguna pieza sin que el supervisor de el visto bueno, después de comprobar que la pieza se ajusta a lo indicado en el plano correspondiente. Es obligatorio que el supervisor firme el plano de cada pieza indicando que ha dado el visto bueno a su hormigonado, el día y la hora de hormigonado y el número de amasadas empleadas para hormigonar la pieza.

- **PREPARACIÓN DE MALLAZOS:** Las dos cuadrillas (A+B), formadas cada una por dos oficiales y un peón, se encargarán de la búsqueda de los mallazos necesarios para la ejecución de las piezas a fabricar el día siguiente, colocándolos cerca del molde en el que se vaya a trabajar. En esta tarea emplearan algo más de 1 hora y será necesario en algunos casos la ayuda de la grúa.
- **PREPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS:** Las dos cuadrillas (A+B), formadas cada una por dos oficiales y un peón, se encargarán de la búsqueda de los elementos necesarios para la ejecución de las piezas a fabricar el día siguiente, colocándolos cerca del molde en el que se vaya a trabajar. En esta tarea emplearan algo más de 1 hora. Para cada pieza se utilizará una bolsa en la que se encontrarán todos los elementos incluidos en dicha pieza, esta bolsa llevará una indicación que coincida con la pieza a fabricar.
- **LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DE LOS MOLDES:** Un oficial de segunda (C) y un peón (D) irán preparando los moldes mediante la búsqueda y colocación de los perfiles necesarios y limpiando las bases de los moldes para que estas queden perfectamente listas para la fabricación de las piezas. El tiempo total empleado para la realización de esta operación será de, aproximadamente, 2 horas para el total de los moldes en los que se vaya a trabajar ese día.

Por tanto el personal necesario para la fabricación de las piezas será:

4 oficiales soldador (A+B)

1 oficial segunda (C)

3 peones (A+B+D)

A este personal hay que añadir:

1 gruísta

1 hombre en la hormigonera

1 supervisor

Esto hace un total de 11 personas por grúa, como en este caso cada día se fabrica en una grúa, no será necesario doblar el personal, ya que éste trabajará cada día en la correspondiente grúa.

El total de personal necesario para la fabricación de las piezas será de **11 hombres**.

2.1.2.- Medios humanos en transporte

Debido a las especiales características de esta edificación y a los condicionantes de la misma no existirá transporte, por lo que no se requerirá ningún tipo de personal.

2.1.3.- Medios humanos en montaje

A la hora de analizar el personal necesario para el montaje de la totalidad de las piezas que componen este Proyecto de Industrialización lo que habrá que hacer es estudiar las actividades a realizar, las personas necesarias en cada una de las tareas, el tiempo a emplear y encuadrar dichos tiempos para que el personal pueda desarrollar todo su trabajo sin tiempos muertos.

La organización de cada grupo de trabajo y sus correspondientes tareas será la siguiente.

1. **ENSAMBLAJE DE PIEZAS:** Con la grúa camión pueden montarse más de 20 piezas al día. Serían necesarias 2 personas (E+F) (oficial soldador y peón) y un gruista (G) para montar y ensamblar las 20 piezas de cada orden diaria de montaje; y soldar los elementos de unión de las piezas en un plazo de tiempo de 6 horas.
2. **LIMPIEZA Y ENGANCHADO DE PIEZAS PARA EL MONTAJE:** Un peón (H) puede hacer esta operación en 15 minutos por pieza. Es decir, realizará esta tarea holgadamente en las 6 horas previstas para el montaje de las piezas diarias.

3. ENCOFRADO Y HORMIGONADO O RELLENO DE JUNTAS: En 5 horas un oficial albañil (I) ayudado por el peón (F) que ayuda en el ensamblaje, pueden rellenar las juntas de las piezas que se están montando.
4. ENLUCIDO DE JUNTAS: En aproximadamente 3 horas, el oficial albañil (I) que se encarga de encofrar y hormigonar las juntas, puede enlucir y rematar dichas juntas de las piezas montadas. Hay que señalar en este punto que las juntas rellenas hay que rasparlas con cepillo de púas y enlucirlas con mortero sin retracción antes de las doce horas posteriores al relleno. De no ser así habría que picar las juntas para permitir la introducción de al menos 1 milímetro de mortero sin retracción para evitar la aparición de fisuras en la unión de las piezas.
5. REPLANTEO DEL MONTAJE DE LAS PIEZAS: La cuadrilla del montaje de las piezas (E+F) después de terminar el montaje dispondrá de 2 horas para realizar el replanteo de las piezas que hay que colocar al día siguiente. Es de suma importancia pintar con azulete los cuatro bordes de cada pieza, indicando las holguras. De no hacerse así al colocar la pieza encima y perder las referencias se cometerían demasiados errores que en algún caso no se podrían absorber.
6. LIMPIEZA DE LA ZONA DESPÚES DEL MONTAJE: Terminado el montaje de las piezas diarias a las 6 horas, el peón (H) y el gruista de montaje (G) se quedan sin hacer nada. Deben ser estas personas las que limpien la zona de montaje.

Por tanto el personal necesario para el montaje de las piezas será:

- 1 oficial soldador (E)
- 1 oficial albañil (I)
- 1 gruista de montaje (G)
- 2 peones (F y H)

Esto hace un total de 5 personas por grúa, como en este caso cada día se monta en una grúa, no será necesario doblar el personal, ya que éste trabajará cada día en la correspondiente grúa.

Por tanto el personal necesario para el montaje de las piezas será de **10 hombres**.

2.2.- Medios mecánicos

Para la fabricación, el transporte y el montaje de las piezas serán necesarios:

- a) Dos grúas torre del tipo “LIEBHERR 90 EC-B” de radio útil de 30 metros y altura bajo gancho de 26.40 metros capaz de levantar piezas de 6.000 kg. en un radio de 17.50 metros. Y “LIEBHERR 100 LC” de radio útil de 26.80 metros y altura bajo gancho de 39.10 metros capaz de levantar piezas de 6.000 kg. en un radio de 16 metros.

- b) Una o dos plantas de hormigón capaces de hacer amasadas continuas de 0,4 m³ cada 4-5 minutos;
- c) Los cuatro oficiales que introducen los elementos necesarios en las piezas tienen que disponer cada uno de:
- Manguera con enchufes eléctricos.
 - Grupo de soldadura .
 - Cizalla eléctrica.
 - Soldador de estaño, para los huecos en el porexpan.
 - Herramienta de mano necesaria.
- d) Los dos oficiales soldadores de montaje necesitarán:
- Manguera con enchufes eléctricos.
 - Grupo de soldadura.
 - Barras de uña.
 - Herramienta de mano necesaria.
- e) Los oficiales albañiles de fabricación y montaje necesitarán únicamente su herramienta de mano para realizar su trabajo.

3.- INSTRUCCIONES DE FABRICACIÓN, TRANSPORTE Y MONTAJE

Para la fabricación, transporte y montaje de las 1.854 piezas previstas en éste Proyecto de Industrialización, en las condiciones idóneas, el Constructor debe dotar a la obra de los medios necesarios para que estas instrucciones de fabricación, transporte y montaje, sean conocidas y aprendidas por todo el personal de la obra, tanto el de fabricación, como el de montaje de piezas. Podemos asegurar que el tiempo invertido en esta tarea será el que produzca la mayor rentabilidad.

Sólo el conocimiento y la concienciación de todo el personal, de que se deben cumplir estas instrucciones, harán posible que la obra se ejecute en las condiciones óptimas para conseguir la mejor calidad de la edificación prevista en éste Proyecto de Industrialización.

De nada servirá el esfuerzo realizado para confeccionar, a partir del Proyecto de Arquitectura, éste Proyecto de Industrialización, para conseguir que la vivienda proyectada tenga la mejor calidad posible, con el costo más bajo y el menor tiempo de ejecución, según los medios humanos, materiales y mecánicos considerados, si no se extrema el cuidado en el cumplimiento de éstas instrucciones de fabricación, transporte y montaje de piezas.

3.1- Control de Fabricación

La fabricación de todas las piezas de que se compone el Proyecto de Industrialización deberá realizarse siguiendo estrictamente el documento nº 5 del Proyecto de Industrialización denominado “Ordenes de Fabricación”. En él se indican las piezas que hay que fabricar cada día y en que molde.

El documento nº 2 del Proyecto de Industrialización denominado “Diseño de todas las piezas” está formado por tantos planos como piezas distintas tiene la edificación prevista. Cada pieza está numerada. La ficha de fabricación de cada pieza contiene todas las especificaciones necesarias para que pueda ser fabricada sin errores, indicando además exclusivamente en los moldes que debe fabricarse de conformidad con el documento nº 5: “Ordenes de Fabricación”.

Todas las piezas están identificadas con números de tres cifras seguidas de un guión, otra cifra, otro guión, otra cifra, otro guión y una última letra (A, B o C). El número de la pieza es tal que, cuando empieza por **1** indica que es una **viga metálica**, si empieza por **2** indica que es una pieza de **forjado**, si su primer dígito es **3** indica que es una pieza de **cubierta**, si empieza por **5** indica una pieza de **fachada**, y si comienza por **7** será una pieza de **tabique**.

El conjunto de las tres primeras cifras señalará el número del molde. La cifra después del primer guión indica la posición de la pieza en la edificación, la cifra después del segundo guión señala la planta o nivel en el que esta posicionada la

pieza y la ultima letra indica el portal dentro de la edificación donde se encuentra la pieza.

Por ejemplo, la pieza **704-1-1-A** es un tabique que se hace con el molde 704, que está colocada en la posición 1 de la planta baja y pertenece al portal “A”.

A fin de garantizar el cumplimiento de los controles a realizar durante el proceso de fabricación de cada pieza y dado que se fabrica mas de una pieza en un mismo molde, habrá que extremar la atención para que no se confundan los planos, ni las piezas a fabricar en cada momento.

El supervisor, no autorizará el hormigonado de ninguna pieza hasta no haber comprobado en dimensiones y en contenido, que la pieza se ajusta a las especificaciones indicadas en el plano a que corresponde.

Todas las piezas se fabrican a medida, según proyecto y las tolerancias de fabricación son las siguientes:

Expresada en cm la tolerancia, sobre una de las grandes dimensiones o sobre la diagonal de un panel es igual a:

$$\pm \frac{1}{8} \sqrt[3]{d} \text{ cm}$$

Siendo d la longitud de que se trate, medida en cm.

Expresada en cm la tolerancia sobre el espesor h es igual a:

$$- \frac{1}{8} \sqrt[3]{h} \text{ cm};$$

+0,50 cm

Se admite un defecto en la forma plana de:

$$\pm \frac{3L}{1000}$$

siendo L la altura del panel, medido en cm.

Los defectos de coplaneidad entre aristas opuestas deben ser tales que la distancia de un vértice del panel al plano determinado por los otros tres vértices sea inferior a 1/250 de la dimensión pequeña del panel.

Ejemplo: aplicando lo anterior a un panel típico del Sistema (L = 300 cm; b = 500 cm; h = 12 cm).

Tolerancias:

Sobre altura (300 cm) $\pm 0,84$ cm.

Sobre longitud (500 cm)	± 0,99 cm.
Sobre diagonal (580 cm)	± 1,04 cm.
Sobre espesor (12 cm) - 0,30 cm.	± 0,50 cm.
Forma plana	± 0,90 cm.
Coplanicidad	± 1,20 cm.

3.1.1.- Piezas de tabique.

Previamente a la colocación de los perfiles que delimitan la dimensión exterior de cada pieza de tabique se realizarán los siguientes controles o comprobaciones:

- Comprobación de que la pieza va a fabricarse en uno de los moldes indicados en el plano de la pieza, y en concreto en el molde indicado en la orden de fabricación del día a que corresponda.
- Comprobación de la planeidad de la base del molde.
- Comprobación de la limpieza de la base del molde.
- Comprobación de que la ficha de fabricación correspondiente del Proyecto de Industrialización existente junto al molde que se va a utilizar, es el de la pieza que se va a fabricar y de que son legibles las medidas; los elementos metálicos que hay que introducir en la pieza; los pasos y conducciones de instalaciones; y las especificaciones técnicas previstas de la pieza correspondiente.
- Comprobación de la cara de la pieza. No confundir las caras ya que influiría en la colocación de las instalaciones y en el acabado de las caras, ya que una puede ser lisa porque vaya a pintarse y otra rugosa porque vaya a alicatarse.

Colocados los perfiles y unidos a la base mediante gatos de unión para conformar el molde de la pieza, y previamente al hormigonado de cada una, se realizarán los siguientes controles de cada una de ellas, para asegurar la exactitud de la pieza fabricada con la proyectada:

- Comprobación de la posición de los perfiles metálicos que forman la dimensión exterior de la pieza, así como la dimensión de las diagonales. Hay que tener en cuenta que una pieza rectangular tiene las dos diagonales exactamente iguales.
- Imprimación con desencofrante sin contenido de aceites de las superficies que vayan a estar en contacto con el hormigón (base, perfiles de dimensionamiento de pieza y perfiles de útiles de formación de huecos y puertas de paso). Esto es muy importante ya que la utilización de desencofrantes oleosos o con contenidos de aceites haría saltar las pinturas. La aplicación del desencofrante se hará con un trapo o “fregona” para remover las partículas o polvo que pudieran haber quedado en el molde al desencofrar la pieza anterior. Esto no se consigue aplicando el desencofrante con pulverizador.

- c) Comprobación de la fijación de estos perfiles a la base del molde.
- d) Comprobación de la situación de los útiles necesarios para hacer los huecos de las piezas, (ventanas, puertas, etc..), si los hubiera, verificando que las distancias son las exactas.
- e) Comprobación de que los tipos de mallazos colocados son los especificados en el plano.
- f) Comprobación de la separación de los mallazos a las caras exteriores de las piezas.
- g) Comprobación de los conductos de instalaciones previstos, debiendo embutir las puntas de los tubos o conductos en los tacos de poliestireno expandido o prensado (porexpan). **Atención: si los conductos no están tapados (doblar la punta del tubo o introducir papel en las bocas de los tubos) al vibrar el hormigón, éste puede introducirse en su interior, pudiendo hacer imposible su utilización posterior.**
- h) Comprobación de los pasos de instalaciones o huecos de ventilación. Las rozas de fontanería estarán delimitadas por piezas de poliestireno expandido y prensado, por lo que también hay que comprobar la posición de dichas piezas.
- i) Comprobación de la colocación de los angulares para la unión de la pieza con las piezas de fachada, con las de los tabiques, con los forjados, con las escaleras y/o con las de las cubiertas.
- j) Comprobación de la colocación de los elementos de izado de la pieza.
- k) Comprobación de la situación de las puertas de paso u otros huecos.
- l) Comprobación de que se han tapado todas las conducciones, tubos, conductos y cajas, para evitar que al hormigonar, se introduzca hormigón dentro de ellas. Esto se consigue tapando las entradas con papel.
- m) Comprobación de la temperatura en el sitio donde se hormigona. **NO se debe** hormigonar por debajo de los 0°C sin utilizar anticongelante, estando prohibido el hormigonado por debajo de los 4°C bajo cero.
- n) Al verter el hormigón dentro de la pieza hay que tener en cuenta que primero hay que hacerlo sobre los tacos que forman los huecos y sobre los tubos de las instalaciones. De ésta forma se evitará que estas se muevan de su sitio.
- ñ) Comprobación del tiempo de vibrado del hormigón. Dado que el correcto vibrado de la pieza depende de la dosificación del hormigón, de la temperatura y de la humedad del ambiente, el tiempo de vibrado será el que indique en cada momento el director de obra.
- o) Comprobación del correcto frataseado de la cara superior de la pieza.

Si está previsto el acabado para pintar de la cara superior de la pieza, se realizará un acabado liso, bruñiéndola si fuese necesario, e incluso para un mejor acabado se pasaría, una vez iniciado el fraguado del hormigón, un “helicóptero”. Si la cara superior de la pieza fuera a llevar un revestimiento distinto, no sería necesario.

3.1.2.- Piezas de fachada.

Previamente a la colocación de los perfiles que delimitan la dimensión exterior de cada pieza de fachada se realizarán los siguientes controles o comprobaciones:

- a) Comprobación de que la pieza va a fabricarse en uno de los moldes indicados en el plano de la pieza, y en concreto en el molde indicado en la orden de fabricación del día a que corresponda.
- b) Comprobación de la planeidad de la base del molde.
- c) Comprobación de la limpieza de la base del molde.
- d) Comprobación de que la ficha de fabricación correspondiente del Proyecto de Industrialización existente junto al molde que se va a utilizar, es el de la pieza que se va a fabricar y de que son legibles las medidas; los elementos metálicos que hay que introducir en la pieza; los pasos y conducciones de instalaciones; y las especificaciones técnicas previstas de la pieza correspondiente.
- e) Comprobación de la cara de la pieza. No confundir las caras ya que influiría en la colocación de las instalaciones y en el acabado de las caras, ya que una puede ser lisa porque vaya a pintarse y otra rugosa porque vaya a alicatarse.

Colocados los perfiles y unidos a la base mediante gatos de unión para conformar el molde de la pieza, y previamente al hormigonado de cada una, se realizaran los siguientes controles de cada una de ellas, para asegurar la exactitud de la pieza fabricada con la proyectada:

- a) Comprobación de la posición de los perfiles metálicos que forman la dimensión exterior de la pieza, así como la dimensión de las diagonales. Hay que tener en cuenta que una pieza rectangular tiene las dos diagonales exactamente iguales.
- b) Imprimación con desencofrante sin contenido de aceites de las superficies que vayan a estar en contacto con el hormigón (base, perfiles de dimensionamiento de pieza y perfiles de útiles de formación de huecos y puertas de paso). Esto es muy importante ya que la utilización de desencofrantes oleosos o con contenidos de aceites haría saltar las pinturas. La aplicación del desencofrante se hará con un trapo o “fregona” para remover las partículas o polvo que pudieran haber quedado en el molde al desencofrar la pieza anterior. Esto no se consigue aplicando el desencofrante con pulverizador.
- c) Comprobación de la fijación de estos perfiles a la base del molde.

- d) Comprobación de la situación de los útiles necesarios para los huecos de las piezas, (ventanas, puertas, etc..), si los hubiera, verificando que las distancias son las exactas.
- e) Comprobación de que los tipos de mallazos colocados son los especificados en el plano.
- f) Comprobación de la separación de los mallazos a las caras exteriores de las piezas.
- g) Comprobación de la perfecta colocación y dimensiones de la capa de poliestireno expandido de aislante entre los dos mallazos. **Atención: para la unión de las dos capas de hormigón al poliestireno expandido todas las trabas metálicas deben ser introducidas en la misma dirección. Errores en la introducción de éstos trozos metálicos en distintos sentidos, provocarán fisuras en las piezas.**
- h) Comprobación de los conductos de instalaciones previstos, debiendo embutir las puntas de los tubos o conductos en los tacos de poliestireno expandido o prensado. **Atención: si los conductos no están tapados (doblar la punta del tubo o introducir papel en las bocas de los tubos) al vibrar el hormigón, éste puede introducirse en su interior, pudiendo hacer imposible su utilización posterior.**
- i) Comprobación de los pasos de instalaciones o huecos de ventilación.
- j) Comprobación de la colocación de los angulares para la unión de la pieza con la solera de cimentación, con las piezas de fachada, tabique, forjado y/o con las de cubierta.
- k) Comprobación de la colocación de los elementos de izado de la pieza.
- l) Comprobación de la situación de las ventanas, puertas-ventanas u otros huecos.
- m) Comprobación de que se han tapado todas las conducciones, tubos, conductos y cajas, para evitar que al hormigonar, se introduzca hormigón dentro de ellas. Esto se consigue tapándolos con papel para evitar la entrada del hormigón.
- n) Comprobación de la temperatura en el sitio donde se hormigona. **NO se debe hormigonar** por debajo de los 0°C sin utilizar anticongelante, estando prohibido el hormigonado por debajo de los 4°C bajo cero.
- ñ) Hay que considerar que algunas de estas piezas de fachada son multi-capas (tres capas: hormigón –poliestireno - hormigón) y por tanto:
 - 1.- Primero se colocará en la posición indicada el tubo 40x40x4 (L=100 mm) apoyado en el mallazo inferior. Este elemento se sostiene en el mallazo

mediante los redondos que lo atraviesan, los cuales han de ser atados al mallazo inferior.

- 2.- Una vez atado el tubo 40x40x4 se hormigonará la parte inferior del molde y se vibrará.
- 3.- Después se colocará la capa de poliestireno, y a continuación se cubrirá la capa de poliestireno con la lámina de polietil antihumedad (e=0,02mm), **(es importantísimo que el polietil este siempre entre el poliestireno y la última capa de hormigón, tal y como aparece en el detalle de cada una de las piezas que lo llevan)**.
- 4.- Seguidamente se colocarán las trabas metálicas tal y como se indica en los detalles de los planos de las piezas **(atención: las trabas metálicas tienen que ir todas en la misma dirección. Errores en la introducción de éstos trozos metálicos en distintos sentidos, provocarán fisuras en las piezas.)**.
- 5.- Y por último se colocan los tubos y las instalaciones en la última capa después se hormigonará y se vibrará.

Al verter el hormigón dentro de la pieza, en ésta última capa, hay que tener en cuenta que primero hay que hacerlo sobre los tacos que forman los huecos y sobre los tubos de las instalaciones. De ésta forma se evitará que estas se muevan de su sitio.

- o) Comprobación del tiempo de vibrado del hormigón. Dado que el correcto vibrado de la pieza depende de la dosificación del hormigón, de la temperatura y de la humedad del ambiente, el tiempo de vibrado será el que indique en cada momento el director de obra.
- p) Comprobación del correcto frataseado de la cara superior de la pieza.

La cara que sea el exterior de la vivienda siempre será la inferior del molde y por tanto si está previsto el acabado para pintar de la cara superior de la pieza, se realizará un acabado liso, bruñiéndola si fuese necesario e incluso se daría un acabado liso con helicóptero. Si la cara superior fuera a llevar un revestimiento distinto no sería necesario un acabado tan liso de esta cara de la pieza.

3.1.3.- Piezas de forjado.

Previamente a la colocación de los perfiles que delimitan la dimensión exterior de cada pieza de forjado se realizarán los siguientes controles o comprobaciones:

- a) Comprobación de que la pieza va a fabricarse en uno de los moldes indicados en el plano de la pieza, y en concreto en el molde indicado en la orden de fabricación del día a que corresponda.

- b) Comprobación de la planeidad de la base del molde.
- c) Comprobación de la limpieza de la base del molde.
- d) Comprobación de que el plano correspondiente del Proyecto de Industrialización existente junto al molde que se va a utilizar, es el de la pieza que se va a fabricar y de que son legibles las medidas; los elementos metálicos que hay que introducir en la pieza; los pasos y conducciones de instalaciones; y las especificaciones técnicas previstas de la pieza correspondiente.
- e) Comprobación de la cara de la pieza. No confundir las caras ya que influiría en la colocación de las instalaciones, herrajes de unión con piezas verticales y en el acabado de las caras.

Colocados los perfiles y unidos a la base mediante gatos de unión para conformar el molde de la pieza, y previamente al hormigonado de cada una, se realizaran los siguientes controles de cada una de ellas, para asegurar la exactitud de la pieza fabricada con la proyectada:

- a) Comprobación de la posición de los perfiles metálicos que forman la dimensión exterior de la pieza, así como las medidas de las diagonales de la figura que forma la pieza.
- b) Imprimación con desencofrante sin contenido de aceites de las superficies que vayan a estar en contacto con el hormigón (base, perfiles de dimensionamiento de pieza y perfiles de útiles de formación de huecos y puertas de paso). Esto es muy importante ya que la utilización de desencofrantes oleosos o con contenidos de aceites haría saltar las pinturas. La aplicación del desencofrante se hará con un trapo o “fregona” para remover las partículas o polvo que pudieran haber quedado en el molde al desencofrar la pieza anterior. Esto no se consigue aplicando el desencofrante con pulverizador.
- c) Comprobación de la fijación de estos perfiles a la base del molde.
- d) Comprobación de la situación de los útiles necesarios para los huecos de las piezas, (pasos de instalaciones, rejillas, saneamiento, etc..), si los hubiera, verificando que las distancias son las exactas.
- e) Comprobación de los tipos de mallazos colocados en la pieza.
- f) Comprobación de la separación de los mallazos a las caras exteriores de las piezas.
- g) Comprobación de la colocación de los angulares y pletinas de unión con las piezas de fachada y con las de tabiques.
- h) Comprobación de la colocación de los angulares de unión con los otros forjados.
- i) Comprobación de la colocación de los elementos de izado de la pieza.

- j) Comprobación de la temperatura en el sitio donde se hormigona. **NO se debe** hormigonar por debajo de los 0°C sin utilizar anticongelante, estando prohibido el hormigonado por debajo de los 4°C bajo cero.
- k) Al verter el hormigón dentro de la pieza hay que tener en cuenta que primero se hace sobre los tacos que forman los huecos para evitar que estos se desplacen al verter todo el hormigón. De ésta forma se evitará que estas se muevan de su sitio.
- l) Comprobación del tiempo de vibrado del hormigón. Dado que el correcto vibrado de la pieza depende de la dosificación del hormigón, de la temperatura y de la humedad del ambiente, el tiempo de vibrado será el que indique en cada momento el director de obra.
- m) Comprobación del correcto frataseado de la cara superior de la pieza. Esta prohibido, para conseguirlo, espolvorear dicha cara con cemento, ya que ello sería el causante de que aparezcan costras en la pieza.

No es necesario el acabado liso superior de estas piezas porque siempre van a ser revestidas por la impermeabilización o cubrición del forjado.

3.1.4.- Piezas de cubierta.

Previamente a la colocación de los perfiles que delimitan la dimensión exterior de cada pieza de cubierta se realizarán los siguientes controles o comprobaciones:

- a) Comprobación de que la pieza va a fabricarse en uno de los moldes indicados en el plano de la pieza, y en concreto en el molde indicado en la orden de fabricación del día a que corresponda.
- b) Comprobación de la planeidad de la base del molde.
- c) Comprobación de la limpieza de la base del molde.
- d) Comprobación de que la ficha de fabricación correspondiente del Proyecto de Industrialización existente junto al molde que se va a utilizar, es el de la pieza que se va a fabricar y de que son legibles las medidas; los elementos metálicos que hay que introducir en la pieza; los pasos y conducciones de instalaciones; y las especificaciones técnicas previstas de la pieza correspondiente.
- e) Comprobación de la cara de la pieza. No confundir las caras ya que influiría en la colocación de las instalaciones, herrajes de unión con piezas verticales y en el acabado de las caras.

Colocados los perfiles y unidos a la base mediante gatos de unión para conformar el molde de la pieza, y previamente al hormigonado de cada una, se realizaran los

siguientes controles de cada una de ellas, para asegurar la exactitud de la pieza fabricada con la proyectada:

- a) Comprobación de la posición de los perfiles metálicos que forman la dimensión exterior de la pieza, así como las medidas de las diagonales de la figura que forma la pieza.
- b) Imprimación con desencofrante sin contenido de aceites de las superficies que vayan a estar en contacto con el hormigón (base, perfiles de dimensionamiento de pieza y perfiles de útiles de formación de huecos y puertas de paso). Esto es muy importante ya que la utilización de desencofrantes oleosos o con contenidos de aceites haría saltar las pinturas. La aplicación del desencofrante se hará con un trapo o “fregona” para remover las partículas o polvo que pudieran haber quedado en el molde al desencofrar la pieza anterior. Esto no se consigue aplicando el desencofrante con pulverizador.
- c) Comprobación de la fijación de estos perfiles a la base del molde.
- d) Comprobación de la situación de los útiles necesarios para los huecos de las piezas, (pasos de instalaciones, rejillas, saneamiento, etc..), si los hubiera, verificando que las distancias son las exactas.
- e) Comprobación de los tipos de mallazos colocados en la pieza.
- f) Comprobación de la separación de los mallazos a las caras exteriores de las piezas.
- g) Comprobación de la colocación de los angulares y pletinas de unión con las piezas de fachada y con las de tabiques.
- h) Comprobación de la colocación de los angulares de unión con las otras cubiertas.
- i) Comprobación de la colocación de los elementos de izado de la pieza.
- j) Comprobación de la temperatura en el sitio donde se hormigona. **NO se debe** hormigonar por debajo de los 0°C sin utilizar anticongelante, estando prohibido el hormigonado por debajo de los 4°C bajo cero.
- k) Al verter el hormigón dentro de la pieza hay que tener en cuenta que primero se hace sobre los tacos que forman los huecos para evitar que estos se desplacen al verter todo el hormigón. De ésta forma se evitará que estas se muevan de su sitio.
- l) Comprobación del tiempo de vibrado del hormigón. Dado que el correcto vibrado de la pieza depende de la dosificación del hormigón, de la temperatura y de la humedad del ambiente, el tiempo de vibrado será el que indique en cada momento el director de obra.

m) Comprobación del correcto frataseado de la cara superior de la pieza.

No es necesario el acabado liso superior de estas piezas porque siempre van a ser revestidas por la impermeabilización o cubrición de la cubierta.

3.1.5.- Control de los materiales a emplear

Realizadas las comprobaciones señaladas anteriormente hay que tener en cuenta que el hormigón que se utilizará para el hormigonado de las piezas tendrá 250 kg/cm² de resistencia característica.

El hormigón se realizará con el 2 % de superplastificante de forma que puedan desmoldearse las piezas al cabo de dos horas y levantar al día siguiente de fabricadas.

Para garantizar la resistencia del hormigón que se está empleando en la fabricación se tomarán aleatoriamente, por laboratorio homologado externo, tres probetas semanales las cuales se romperán a compresión por el procedimiento homologado.

Para la fabricación se utilizaran:

- a) Hormigón de 250 kg/cm² dosificado en central o en planta automatizada a pie de obra, y se utilizará un hormigón que cumpla con las especificaciones marcadas en la “Instrucción de Hormigón Estructural EHE” .;
- b) Poliestireno expandido y prensado de 50 mm. de espesor (para la fabricación de piezas multicapa de fachadas);
- c) Poliestireno expandido y prensado (huecos para unión de piezas verticales) de la máxima densidad existente en el mercado;
- d) Separadores para las armaduras;
- e) Tubo para paso de conducciones eléctricas;

Los elementos metálicos a utilizar se encuentran perfectamente definidos en el Documento 2 dentro del apartado de Suministros Metálicos.

Igualmente para garantizar el acero que se utiliza en la fabricación de las piezas, deberá exigirse el suministro por proveedor homologado.

CEMENTO

Se utilizan cementos CEM I O CEM II- 42.5, de alta resistencia inicial que cumple con las especificaciones fijadas en la “Instrucción de Hormigón Estructural EHE”, en función de la clase general de exposición ambiental en que se encuentra ubicado el edificio.

ÁRIDOS

Los áridos podrán ser naturales o de machaqueo y deben cumplir las prescripciones fijadas en la “Instrucción de Hormigón Estructural EHE”.

AGUA

El agua cumplirá las prescripciones fijadas en la “Instrucción de Hormigón Estructural EHE”.

MALLAZOS ELECTROSOLDADOS

Se utilizan mallazos de calidad B 500 T, de diámetros según proyecto.

ESTRIBOS Y REFUERZOS

El armado estándar y el armado de refuerzo se estudia en cada caso, para soportar todos los refuerzos. Estructurales, cargas puntuales, de tracción, de izado y colocación, refuerzo de bordes, etc. (Fig. 7)

Acero: B-500S o B-500SD
Límite elástico: $f_{yk}=5100\text{Kg/cm}^2$
Armado de refuerzo: Barras corrugadas.

Los estribos en general son elementos normalizados de fabricación de calidad B 500 SD y se pueden utilizar elementos especiales no normalizados.

CACHABAS ESTRUCTURALES

Son redondos de conexión entre piezas.

CACHABAS Y ELEMENTOS DE IZADO

Son elementos que permiten manipular los paneles desde el momento de su desencofrado hasta su colocación en obra. Básicamente son redondos del 12 doblados en forma de “U”, con patillas, en los que se enganchan los elementos de izado.

ANCLAJES

Las placas son de acero S-275-JR (A-42b) con patillas B 500 S de los que existe una serie normalizada para anclajes de unión e izado de paneles. Además pueden ser anclajes no normalizados.

3.2.- Control del curado de las piezas

El hormigón empleado al llevar superplastificante permitirá que las piezas puedan retirarse los perfiles metálicos que forman el molde al cabo de dos horas, y puedan ser izadas al cabo de 24-48 horas

Los útiles de izado, tanto los que se colocan en el interior de la pieza como los que se colocan en la maquinaria de izado, han sido calculados para que las piezas puedan ser levantadas del molde a las 24-48 horas de haberse realizado el hormigonado.

La pieza se dejará en el molde durante 24-48 horas si la temperatura es superior a los 15º, y debe evitarse la exposición al sol durante éste periodo. La exposición al sol puede producir fisuras superficiales.

Transcurridos éstos tiempos de fraguado, con la grúa, se enganchará la pieza de las omegas de izado, para levantarla de la mesa de forma horizontal, con los útiles indicados en el documento nº 3.

Una vez separadas las piezas de los moldes se cargarán las piezas en las plataformas para transportarlas a la obra, donde se montarán directamente en su ubicación final dentro de la edificación. Esto elimina la necesidad de apilar las piezas en la fabricación y en el montaje.

Para el control del curado, en el lateral de cada pieza se escribirá el número de ella y el día en que se fabricó.

3.3.- Control del transporte

El día indicado para el transporte de la pieza, esta se coge con la grúa torre en horizontal y se coloca, también en horizontal sobre el camión apoyada sobre durmientes de madera situados a 1/5 de la luz.

Es importante seguir en todo momento las instrucciones de las órdenes de transporte tanto en lo referente a las piezas a transportar cada día como a la posición de dichas piezas en el camión, ya que dicha posición afecta directamente al orden posterior de montaje.

3.4.- Control de Montaje

Para un control correcto del montaje de piezas, éste debe realizarse siguiendo escrupulosamente el documento nº 7 del Proyecto de Industrialización denominado "Órdenes de Montaje". En este documento se indica tanto el orden total de las 1.854 piezas que hay que montar como el orden de montaje diario. Para que esto sea posible es necesario seguir las prescripciones del documento nº 5 del Proyecto de Industrialización denominado "Órdenes de Fabricación", en el cual se indica de

manera cronológica el proceso diario de la fabricación y el molde en el que se realizan cada una de las piezas.

Para el control diario del montaje el encargado del mismo debe disponer:

- a) Planos correspondientes del documento nº1 del Proyecto de Industrialización denominado “Planos de adaptación al sistema BSCP”;
- b) Planos de las piezas que se van a montar en el día que están en el documento nº2 del Proyecto de Industrialización denominado “Diseño de las piezas de hormigón”;
- c) Planning de fabricación y montaje que se incluye en el presente documento;
- d) Orden de transporte correspondiente para verificar las piezas a montar;
- e) Orden general de montaje que se incluye en el presente documento;
- f) Órdenes diarias de montaje que se incluyen en el presente documento;
- g) Planos de los nudos y detalles constructivos correspondientes a las piezas que se van a montar en el día que están en el documento nº 4 del Proyecto de Industrialización denominado “Nudos y detalles constructivos”;

Hay que señalar que es absolutamente necesario que se monten cada día las piezas previstas. Ni una mas ni una menos.

Previamente a iniciar el montaje de las piezas hay que nivelar perfectamente (diferencia de nivel más menos 5 mm) las placas de anclaje en la cimentación que servirán para soldar a ellas las piezas de fachadas y tabiques y los útiles de unión que subirán por los rebajes de las piezas verticales donde apoyan los forjados del nivel 1.

3.4.1.- Montaje de piezas de fachada y tabique

Debido a las particulares especificaciones de esta obra, las piezas se montarán directamente desde la zona de fabricación correspondiente. Las piezas serán enganchadas por la grúa torre de las omegas de montaje, deslizando suavemente la pieza en el montón hasta colocarla en posición vertical, para una vez así colocarla en su posición definitiva dentro de la planta correspondiente.

Previamente a aplomar las piezas, se realizará el replanteo de todas ellas comprobando la exacta posición de cada pieza, marcando sobre la pieza inferior la situación de las cuatro caras de las piezas que se van a posicionar.

En todo momento será necesario seguir las instrucciones del documento nº 4 del Proyecto de Industrialización denominado “Nudos y detalles constructivos” para comprobar el tipo de nudo que se está realizando.

Estas piezas se colocan aplomadas, niveladas y soldadas:

- a) a las placas de anclaje de cimentación; y
- b) entre sí a las placas de anclaje o angulares previstos al efecto en cada pieza vertical y mediante los mallazos salientes y los útiles de unión.

Para ayudar a conseguir el aplomado de cada pieza se utilizarán, al menos, dos puntales y un tensor por pieza.

Para conseguir la perfecta nivelación superior de estas piezas, sobre las que se apoyarán las piezas del nivel de forjado superior o de cubierta, se calzarán si fuese necesario con pletinas metálicas.

Realizada la soldadura en las juntas, éstas se hormigonan de la forma siguiente:

- a) Se encofran con tablero fenólico sin “latiguillos” o “perrillos”;
- b) Se hormigonan con hormigón de 250 kg/cm² de resistencia realizado con el 2 % del peso del cemento de superplastificante y con 12 mm de tamaño máximo del árido;
- c) Se desencofra antes de las 24 horas y se lija, todavía húmeda, la junta 2-3 mm. Muy importante esta operación ya que transcurridas 24 horas el hormigón estaría tan duro que no podría lijarse; y
- d) Se rematan:
 - 1.- Las juntas interiores con mortero sin retracción. Este remate con mortero sin retracción garantiza la unión de piezas exenta de juntas y de fisuras. Esta solución garantiza la unión de piezas con absoluta continuidad; y
 - 2.- Las juntas exteriores es necesario dejarlas marcadas y rehundidas para evitar entradas de aguas. Estas juntas se rematarán con un mástic de sellado en posesión de los certificados conforme a la norma UNE 53622.

3.4.2.- Montaje de piezas de forjados y cubiertas

Estas piezas se colocan apoyadas sobre las piezas de tabiques y/o fachadas inferiores, así como en vigas, siendo autorresistentes.

Previamente a soldar las piezas de forjados y cubierta:

- a) entre si mediante los mallazos salientes y los útiles de unión; o
- b) a las vigas mediante los angulares metálicos colocados al efecto en las piezas; o

- c) a las piezas inferiores uniendo, los angulares que incorporan las piezas de cubierta a los angulares que llevan las piezas de tabique o fachadas, se controlará la nivelación entre sí de ellas. Si las piezas de forjado o cubierta al apoyarlas sobre las piezas de fachada o tabique no quedaran niveladas, se nivelarían utilizando puntales y calzándolas con placas metálicas, hasta conseguir su perfecta nivelación. Solo entonces se procedería a soldar entre si las piezas de forjado o cubierta con las de fachada o tabique. Consultar el documento nº 4 del Proyecto de Industrialización denominado “Nudos y detalles constructivos” para comprobar el tipo de nudo que se está realizando.

Realizada la soldadura de todas las juntas, se hormigonan las que así estén previstas, y se rellenan con mortero de cemento los huecos que alojan angulares en su cara interior.

Se rematan las juntas inferiores interiores con mortero sin retracción que garantiza la continuidad de las piezas exentas de fisuras.

3.4.3.- Montaje de vigas

Estas piezas van apoyadas en unos rebajes que tienen las piezas verticales. Estas vigas irán soldadas directamente a una placa existente en el rebaje de la pieza vertical definida para tal efecto.

Si las vigas al apoyarlas sobre las piezas de fachada o de tabique no quedaran niveladas, se nivelarían calzándolas con placas metálicas, hasta conseguir su perfecta nivelación. Solo entonces se procedería a soldar. Consultar el documento nº 4 del Proyecto de Industrialización: “Nudos y detalles constructivos”.

3.4.4.- Control de los materiales a emplear

Para el montaje se utilizaran:

- a) Pletinas para nivelación de las piezas
- b) Trozos de redondo y pletinas para soldar las juntas;
- c) Mortero de cemento sin retracción para nivelación, regulación y apoyo de las piezas a las que se encomienden resistir esfuerzos estructurales.
- d) Tablero fenólico para encofrar las juntas;
- e) Hormigón de 250 Kg/cm², tamaño máximo del árido 12 mm con el 2 % del peso del cemento de superplastificante, para el relleno de las juntas ;
- d) Mortero sin retracción para rematar las juntas interiores;

- e) Silicona acrílica para rematar las juntas exteriores en posesión de los certificados que acrediten el cumplimiento de la norma UNE 53622.
- f) Puntales.
- g) Tensores. Es necesario un tensor y dos puntales para aplomar una pieza, ayudándose con una plomada.
- h) La soldadura que se necesita para el montaje y los electrodos, son ácidos: Rutilo de 2,5 a 4 mm.

El control a realizar de estos materiales será sobre el propio proveedor y la garantía de los materiales que suministra.

Morteros

En la unión horizontal de los paneles prefabricados se utilizan morteros sin retracción o de retracción controlada tipo Tecno Grout II o Sika Grout (o similar), para transmitir las cargas verticales sobre la base de la cimentación o forjado.

Mezclado con agua presenta una masa fluida.

Resistencia a compresión a 28 días : > 40 N/mm³.

Densidad de mezcla seca: 2,3 gr/cm³.

Sin retracción.

No agresivo al hormigón y al acero.

Impermeable: resiste al agua.

Elementos de sellado

Para dar la estanqueidad a las juntas por la cara exterior se utiliza masilla adhesiva monocomponente, a base de poliuretano de elasticidad permanente y de gran adherencia o siliconas que estarán en posesión de la marca Aenor y serán del tipo F-25.

Composición: Elastómero monocomponente a base de poliuretano.

Densidad aproximada: 1.2 kg/l.

Dureza Shore A: (a 18 días, 23°C) 25-35.

Módulo E (a 23°C) aprox.: 5kg/cm² para un alargamiento de 100 %.

Alargamiento a la rotura: (a 28 días, 23°C) 400 %

Alargamiento en servicio: 25 %

Recuperación elástica: > 90 % (a 28 días, 23°C)

Temperatura de servicio:

- En seco: -20 a +70°C
- En húmedo: hasta + 50°C.

Juntas horizontales entre paneles

La unión horizontal entre paneles, se realiza a través de las acanaladuras que llevan las piezas que comprenden anclajes metálicos embebidos parcialmente en dichas piezas, que se sueldan entre sí a través de porciones metálicas, con posterior hormigonado de la acanaladura. La junta es retacada con morteros sin retracción para asegurar la continuidad estructural y transmitir las cargas verticales uniformemente sobre el apoyo. La junta horizontal, además, debe cumplir con los requisitos de estanqueidad, para lo cual se sellan con mastic por la cara exterior.

Tienen un espesor nominal de 10 mm con tolerancia de -5 mm a + 10 mm.

Juntas verticales entre paneles

La unión vertical de los paneles prefabricados se realiza a través de las armaduras embebidas parcialmente en dichas piezas, que se sueldan entre sí a través de placas metálicas, con posterior hormigonado de la unión, y practicándose a dicho hormigonado un rebaje superficial en sus partes vistas antes de la culminación de su fraguado, enluciendo éste rebajado, una vez fraguado el hormigón, con mortero de cemento sin retracción en la parte interior del edificio y sellándolo con mastic en exteriores.

La junta vertical entre piezas geoméricamente es plana.

Para cumplir los requisitos de estanqueidad de juntas se sellan con mastic por la cara exterior.

Tienen un espesor nominal de 10 mm, con tolerancia de - 5 mm a + 10 mm.

Uniones entre varias piezas

Las uniones entre las diferentes piezas ya sean horizontales o verticales se harán según se define en los dos puntos anteriores.

Aislamientos

Los aislamientos térmicos y acústicos definidos por el Director del Proyecto, se incorporan a las diferentes piezas de forma que el conjunto cumpla los requisitos dados por la Normativa de Aislamiento Acústico NBE-CA-88 "CONDICIONES ACÚSTICAS DE LOS EDIFICIOS" y por la Norma "NORMA BASICA DE LA EDIFICACIÓN NBE CT-79 CONDICIONES TÉRMICAS DE LOS EDIFICIOS". Los

aislamientos tienen la particularidad de colocarse por la cara exterior de las piezas para aprovechar mejor la inercia de los elementos y evitar los puentes térmicos que se podían producir al realizar un trasdosado por el interior.

3.5.- Control de calidad.

3.5.1. Fabricación de piezas

3.5.1.1 Materias primas

Existe un control de calidad en la recepción de los materiales que se suministran:

- Los áridos seguirán la normativa “Instrucción de Hormigón estructural EHE”.
- Los cementos seguirán la normativa “RC-97 instrucción para la recepción de cemento” y además estarán certificados por una marca de calidad.
- Los aceros según la norma UNE-36068-94 están certificados por sello de calidad AENOR.
- Mallas según UNE 36092/96, deberán estar certificados por el sello de calidad AENOR.
- Cuando el hormigón sea suministrado a obra desde una central de hormigón preparado, ésta deberá disponer de Control de producción y estará en posesión de un Sello o Marca de calidad oficialmente reconocido, por lo que, para este caso, no será necesario realizar el control de recepción en obra de sus materiales componentes.

Existe un plan de autocontrol reflejado en el Proyecto de Industrialización para cada obra y un control externo por laboratorio acreditado, que comprende los siguientes controles y ensayos, realizados cada 3 meses:

Cementos: Resistencia, Pérdida al fuego, Residuo Insoluble, Cloruro.

Agua: Sulfatos, cloruros, Aceites y Grasas, Hidratos Carbono, PH.

Acero: Características Ponderales, Ensayo Tracción.

Áridos: Granulometría y los ensayos complementarios marcados por la EHE.

3.5.1.2 Hormigones

Los hormigones tanto los realizados en obra como los suministrados a obra desde una central de hormigón preparado se controlarán según los criterios establecidos en la EHE, para el control estadístico. En la recepción del hormigón se solicitará el correspondiente albarán, debiendo ser realizados los ensayos por un Laboratorio externo acreditado. Para la realización del control se establecen los siguientes parámetros:

- Lote:
Hormigón suministrado realizado en obra en una semana.
- Extensión del lote:
50 m³
- Número de amasadas a controlar:
3 amasadas por lote.
- Número de probetas por amasada:
3 probetas para rotura a 24 horas.
3 probetas para rotura a 7 días.
3 probetas para rotura a 28 días.

3.5.1.3 Aceros

Los aceros se controlarán según los criterios establecidos en la EHE, para el control a nivel normal. En la recepción del acero se solicitará el correspondiente Certificado de Garantía del Fabricante, debiendo ser realizados los ensayos por un Laboratorio externo acreditado. Para la realización del control se establecen los siguientes parámetros:

- Partidas:
Material suministrado a obra de una sola vez, de la misma designación y procedencia.
- Lote:
40 toneladas de acero de $\varnothing \leq 10$ mm.
40 toneladas de acero de $\varnothing > 10$ mm.
- Extensión del lote:
40 toneladas.

En cada lote se realizarán los siguientes ensayos:

- Dos comprobaciones de sección equivalente.
- Dos comprobaciones de características geométricas de los resaltos.
- Dos comprobaciones de doblado-desdoblado.

En el transcurso de la obra se determinará al menos en dos ocasiones en una probeta de cada diámetro de cada suministro:

- Limite elástico
- Carga de rotura

- Alargamiento

3.5.1.4 Construcción de las piezas

En la ejecución de los paneles se controla:

- Las dimensiones de los encofrados.
- Las armaduras y esperas.
- Disposición de pasamuros y cajeados
- Disposición de los conductos de instalaciones y elementos de unión de las mismas.
- Control de hormigonado y vibración.
- Verificación de presencia de fisuras y control de detalles.

El resultado de la inspección de cada pieza se refleja en las fichas “Pautas de Control” del Plan de Calidad, con los datos obtenidos en el Control de Ejecución, así como la trazabilidad.

3.5.2 Elementos de unión

3.5.2.1. Morteros de asiento de los paneles

En la unión horizontal de los paneles con el forjado o con la viga de apoyo se utiliza un mortero fluido sin retracción o retracción controlada para que las cargas verticales se transmitan uniformemente sobre la base de la cimentación o forjados. El suministrador del mortero presentará certificado de calidad del Fabricante.

3.5.2.2 Ganchos de unión y anclajes

Están realizadas con barras corrugadas de acero de calidad B 500s y placas. El control de las mismas se realiza conjuntamente con el control del acero de las armaduras de las placas.

Una vez construidas las pacas se realizan los controles siguientes:

- Aspecto general y acabados.
- Control geométrico de la placa y dimensiones.

- Soldaduras.

Estos controles se hacen de acuerdo con la norma NBE EA-95 “Estructuras de Acero en Edificación”.

3.5.2.3 Materiales para sellados de juntas

Los fabricantes de estos materiales deben aportar los certificados referidos a la elasticidad, retracción, adherencia, durabilidad y compatibilidad con los elementos de soporte conforme a la norma UNE 53622,

4.- DIT 398.

A continuación se transcribe literalmente la Decisión nº 398 adoptada por el INSTITUTO EDUARDO TORROJA, para conceder al “Sistema industrializado BSCP para la construcción de edificios de hormigón armado” el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA de acuerdo con los estatutos de la Unión Européenne pour l’Agrément technique dans la construction (UEAtc).

Dicha decisión fue adoptada el 21 de diciembre de 2002.

De conformidad con ésta decisión la puesta en obra sera supervisada por BSCP. Al final de la misma, BSCP emitirá un certificado acreditativo de que la obra se ajusta al Proyecto de Industrialización y al Sistema definido en la mencionada decisión de concesión del DIT 398.

INSTITUTO EDUARDO TORROJA	MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS NO TRADICIONALES DE CONSTRUCCIÓN DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA	398
	Sistema industrializado BSCP para la construcción de edificios con elementos de hormigón armado	CONCESIÓN 
C/SERRANO GALVACHE, S/N 28033 MADRID España	Propietario: BSCP, Building System with Concrete Panel, S.L. Domicilio Social: c/ Corona Austral, 32 28023 - Madrid España	C.D.U.: 66.948 Systèmes de Construction Building System

MUY IMPORTANTE

El DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA, constituye, por definición, una apreciación técnica favorable, por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico. No tiene por sí mismo, ningún efecto administrativo, ni representa autorización de uso, ni garantía.

Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiera, es preciso el conocimiento íntegro del Documento, por lo que éste deberá ser suministrado por el titular del mismo, en su totalidad.

La modificación de las características de los productos o el no respetar las condiciones de utilización, así como las observaciones de la Comisión de Expertos, invalida la presente evaluación técnica.

Cualquier reproducción de este Documento debe ser autorizado por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Este Documento consta de 19 páginas.

DECISIÓN NÚM. 398

LA DIRECTORA DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN
EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto nº 3.652/1963, de 26 de diciembre, de la Presidencia del Gobierno, por el que se faculta al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para extender el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA de los materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales de construcción utilizados en la edificación y obras públicas, y de la Orden nº 1.265/1988, de 23 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, por la que se regula su concesión,
- considerando la solicitud formulada por la Sociedad BSCP, Building System with Concrete Panel, S.L., para la concesión de un DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA **al Sistema Industrializado BSCP para la construcción de edificios con elementos de hormigón armado,**
- en virtud de los vigentes Estatutos de la Unión Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAtc)

- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETCC, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, en sesiones celebradas el día 26 de noviembre de 2002,

DECIDE:

Conceder el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 398 al **Sistema industrializado BSCP para la construcción de edificios con elementos de hormigón armado**, bajo las siguientes condiciones:

CONDICIONES GENERALES

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA avala exclusivamente el Sistema constructivo propuesto por el peticionario, debiendo para cada caso, de acuerdo con la Normativa vigente, acompañarse del correspondiente proyecto técnico, llevarse a término mediante la dirección de obra correspondiente y ejecutarse la obras (fabricación, transporte y montaje de todas las piezas de hormigón armado) mediante el correspondiente proyecto de industrialización que BSCP confecciona para cada obra concreta.

El proyecto de industrialización citado anteriormente vendrá suscrito, en cada caso, por BSCP, que justificará el cumplimiento de la normativa en vigor, aportando la correspondiente memoria de cálculo y la documentación gráfica en la que se detallen la geometría y tolerancias de todas y cada una de las piezas, la de las juntas, y, especialmente, las condiciones de conexión entre las piezas entre sí.

En general, se tendrán en cuenta las prescripciones de las normativas vigentes. Como recordatorio se citan las siguientes: “Norma básica de acciones en la edificación” (NBE-AE-88); “Instrucción de Hormigón estructural” (EHE); “Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado” (EF-96).

CONDICIONES DE CÁLCULO

En cada caso el Propietario comprobará, de acuerdo con las condiciones de cálculo indicadas en el Informe Técnico de este Documento, la estabilidad, resistencia y deformaciones admisibles, justificando la adecuación del Sistema para soportar los esfuerzos mecánicos que puedan derivarse de las acciones correspondientes a los estados últimos y de servicio, en las condiciones establecidas en la Normativa en vigor y para la situación geográfica.

CONDICIONES DE PUESTA EN OBRA

La puesta en obra será supervisada por BSCP. Al final de la misma, BSCP emitirá un certificado acreditativo que la obra se ajusta al Proyecto de Industrialización y al Sistema definido en éste documento. Se adoptarán todas las disposiciones necesarias relativas a la estabilidad de las construcciones durante el montaje, a los

riesgos de caída de cargas suspendidas, de protección de personas y, en general, se tendrán en cuenta las disposiciones contenidas en los reglamentos vigentes de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

VALIDEZ

El presente Documento de Idoneidad Técnica número 398, es válido durante un período de cinco años a condición de:

- que el Propietario no modifique ninguna de las características del producto indicadas en el presente Documento de Idoneidad Técnica,
- que el Propietario realice un autocontrol sistemático de la producción tal y como se indica en el Informe Técnico,
- que anualmente se realice un seguimiento, por parte del Instituto, que constate el cumplimiento de las condiciones anteriores, visitando, si lo considera oportuno, alguna de las realizaciones más recientes,
- con el resultado favorable del seguimiento, el IETCC emitirá anualmente un certificado que deberá acompañar al DIT, para darle validez.

Este Documento deberá, por tanto, renovarse antes del 21 de diciembre del año 2007.

Madrid, 21 de diciembre de 2002

**LA DIRECTORA DEL INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA**

M.^a del Carmen Andrade

INFORME TÉCNICO

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Sistema constructivo amparado por distintas patentes desarrolladas por BSCP que permite la construcción de edificios con elementos de hormigón armado fabricados mediante sistemas industriales y de forma racionalizada, según el tipo de obra, en taller o a pie de obra.

El sistema de BSCP es de junta seca, puesto que las uniones entre los distintos elementos del sistema se realiza mediante anclajes metálicos (figuras 1, 2, 3 y 4) embebidos parcialmente en dichos elementos, que se sueldan entre sí a través de anclajes metálicos, lo que proporciona gran rapidez de montaje y ejecución de la obra. Los apoyos entre los distintos elementos se regularizan mediante una capa de mortero sin retracción con posterior hormigonado de la unión entre anclajes, y practicándose a dicho hormigonado un rebaje superficial en sus partes vistas antes de la culminación de fraguado, enluciendo este rebaje, una vez fraguado el hormigón, con mortero de cemento sin retracción en la parte interior del edificio y sellándolo con mastic en exteriores.

El sistema BSCP, al desarrollar cada proyecto de arquitectura mediante un proyecto de industrialización específico, es un sistema completamente abierto, ya que permite la combinación con otros sistemas constructivos tanto tradicionales como no tradicionales.

Los elementos constituyentes del sistema una vez montados en obra constituyen la estructura o parte de ella, por cuanto pueden ser complementados con otra estructura de elementos metálicos o de hormigón armado, el cerramiento exterior y las divisiones interiores.

Los elementos que componen el sistema BSCP son:

- a) Paneles portantes verticales: Elementos de hormigón armado interiores y exteriores. Estos elementos trabajan verticalmente y resisten los esfuerzos horizontales que se transmiten en su alineación. Se fabrican de 10 a 24 cm de espesor, alturas usuales de 2 a 4 m y longitud variable hasta 10 m.
- b) Paneles no portantes verticales: Elementos de hormigón armado interiores y exteriores. Estos elementos no tienen ninguna función estructural. Se fabrican de 4 a 10 cm de espesor, alturas usuales de 1 a 4 m y longitud variable hasta 10 m.
- c) Paneles de forjados: Elementos de hormigón armado destinados a construir los forjados -horizontales o inclinados-. Son elementos destinados a soportar las cargas verticales que se originan en el tablero de cada piso o en la cubierta. También cumplen las funciones de transmitir y distribuir las cargas horizontales a los elementos portantes verticales. Estos elementos se unen transversalmente (figura 5) de forma que la unión es capaz de transmitir las cargas verticales que se producen en uno de ellos a los adyacentes.

Los tres tipos anteriores admiten alternativas de fabricación con aislamiento incorporado, y se preparan para recibir directamente el material de acabado tanto exterior como interior o bien pueden quedar por una o por las dos caras como hormigón visto con cualquier textura. El aislamiento incorporado no es objeto del presente Documento.

- d) Vigas: Elementos semiprefabricados de hormigón armado destinados a realizar las vigas en el supuesto de existir una estructura complementaria de hormigón. Estos elementos tienen una segunda fase de hormigonado “in situ” de la cabeza de compresión, junto con el hormigonado de los pilares. Figura 6.
- e) Escaleras: Elementos de hormigón armado destinados a la realización de las escaleras. Estas piezas son autoportantes y se fabrican para soportar las cargas a ellas encomendadas. Se preparan con la formación del peldañado para recibir directamente el material de solado por la cara superior y para recibir directamente el material de acabado (pintura normalmente) por la cara inferior.

Todos los elementos que componen el sistema, además de incorporar los anclajes de unión y elevación, llevan previstos los pasos de conducciones, tanto vertical como horizontalmente, incorporan los conductos de las instalaciones y los elementos necesarios para dar continuidad a los conductos de instalaciones en las uniones. Figura 7.

2. COMPONENTES DEL SISTEMA

2.1. Piezas

Piezas de hormigón armado correspondientes a los elementos definidos en el apartado anterior.

Se fabrican a medida, según proyecto y las tolerancias de fabricación son las siguientes:

Expresada en cm la tolerancia, sobre una de las grandes dimensiones o sobre la diagonal de un panel es igual a:

$$\pm \frac{1}{8} \sqrt[3]{d} \text{ cm}$$

Siendo **d** la longitud de que se trate, medida en cm.

Expresada en cm la tolerancia sobre el espesor **h** es igual a:

$$- \frac{1}{8} \sqrt[3]{h} \text{ cm};$$

+0,50 cm

Se admite un defecto en la forma plana de:

$$\pm \frac{3L}{1000}$$

siendo L la altura del panel, medido en cm.

Los defectos de coplaneidad entre aristas opuestas deben ser tales que la distancia de un vértice del panel al plano determinado por los otros tres vértices sea inferior a 1/250 de la dimensión pequeña del panel.

Ejemplo: aplicando lo anterior a un panel típico del Sistema (**L** = 300 cm; **b** = 500 cm; **h** = 12 cm).

Tolerancias:

Sobre altura (300 cm)	± 0,84 cm.
Sobre longitud (500 cm)	± 0,99 cm.
Sobre diagonal (580 cm)	± 1,04 cm.
Sobre espesor (12 cm)	± 0,50 cm.
	- 0,30 cm.
Forma plana	± 0,90 cm.
Coplaneidad	± 1,20 cm.

2.2 Juntas horizontales entre paneles

La unión horizontal entre paneles, se realiza a través de las acanaladuras que llevan las piezas que comprenden anclajes metálicos embebidos parcialmente en dichas piezas, que se sueldan entre sí a través de porciones metálicas, con posterior hormigonado de la acanaladura (figura.1). La junta es retacada con morteros sin retracción para asegurar la continuidad estructural y transmitir las cargas verticales uniformemente sobre el apoyo. La junta horizontal, además, debe cumplir con los requisitos de estanqueidad, para lo cual se sellan con mastic por la cara exterior.

Tienen un espesor nominal de 10 mm con tolerancia de -5 mm a $+ 10$ mm.

2.3. Juntas verticales entre paneles

La unión vertical de los paneles prefabricados se realiza a través de las armaduras embebidas parcialmente en dichas piezas, que se sueldan entre sí a través de placas metálicas, con posterior hormigonado de la unión, y practicándose a dicho hormigonado un rebaje superficial en sus partes vistas antes de la culminación de su fraguado, enluciendo éste rebajado, una vez fraguado el hormigón, con mortero de cemento sin retracción en la parte interior del edificio y sellándolo con mastic en exteriores. (Figuras 3 y 4).

La junta vertical entre piezas geoméricamente es plana.

Para cumplir los requisitos de estanqueidad de juntas se sellan con mastic por la cara exterior.

Tienen un espesor nominal de 10 mm, con tolerancia de $- 5$ mm a $+ 10$ mm.

2.4. Uniones entre varias piezas

Las uniones entre las diferentes piezas ya sean horizontales o verticales se harán según se define en los dos puntos anteriores. Figura 2.

2.5. Aislamientos

Los aislamientos térmicos y acústicos definidos por el Director del Proyecto, se incorporan a las diferentes piezas de forma que el conjunto cumpla los requisitos dados por la Normativa de Aislamiento Acústico NBE-CA-88 “CONDICIONES ACÚSTICAS DE LOS EDIFICIOS” y por la Norma “NORMA BASICA DE LA EDIFICACIÓN NBE CT-79 CONDICIONES TÉRMICAS DE LOS EDIFICIOS”. Los aislamientos tienen la particularidad de colocarse por la cara exterior de las piezas para aprovechar mejor la inercia de los elementos y evitar los puentes térmicos que se podían producir al realizar un trasdosado por el interior.

3. PIEZAS-MATERIALES

3.1. Hormigones

Se utiliza un hormigón dosificado en central o en planta automatizada a pie de obra, y se utilizará un hormigón que cumpla con las especificaciones marcadas en la “Instrucción de Hormigón Estructural EHE”.

CEMENTO

Se utilizan cementos CEM I o CEM II- 42.5, de alta resistencia inicial que cumple con las especificaciones fijadas en la “Instrucción de Hormigón Estructural EHE”, en función de la clase general de exposición ambiental en que se encuentra ubicado el edificio.

ÁRIDOS

Los áridos podrán ser naturales o de machaqueo y deben cumplir las prescripciones fijadas en la “Instrucción de Hormigón Estructural EHE”.

AGUA

El agua cumplirá las prescripciones fijadas en la “Instrucción de Hormigón Estructural EHE”.

3.2 Armaduras

MALLAZOS ELECTROSOLDADOS

Se utilizan mallazos de calidad B 500 T, de diámetros según proyecto.

ESTRIBOS Y REFUERZOS

El armado estándar y el armado de refuerzo se estudia en cada caso, para soportar todos los refuerzos. Estructurales, cargas puntuales, de tracción, de izado y colocación, refuerzo de bordes, etc. (Fig. 7)

Acero: B-500S ó B-500SD

Límite elástico: $f_{yk}=5100\text{kg/cm}^2$

Armado de refuerzo: Barras corrugadas.

Los estribos en general son elementos normalizados de fabricación de calidad B 500 SD y se pueden utilizar elementos especiales no normalizados.

CACHABAS ESTRUCTURALES

Son redondos de conexión entre piezas.

CACHABAS Y ELEMENTOS DE IZADO

Son elementos que permiten manipular los paneles desde el momento de su desencofrado hasta su colocación en obra. Básicamente son redondos del 12 doblados en forma de “U”, con patillas, en los que se enganchan los elementos de izado.

ANCLAJES

Las placas son de acero S-275-JR (A-42b) con patillas B 500 S de los que existe una serie normalizada para anclajes de unión e izado de paneles. Además pueden ser anclajes no normalizados.

4. ELEMENTOS DE UNIÓN Y SELLADO

4.1 Morteros

En la unión horizontal de los paneles prefabricados se utilizan morteros sin retracción o de retracción controlada tipo Tecno Grout II o Sika Grout (o similar), para transmitir las cargas verticales sobre la base de la cimentación o forjado.

Mezclado con agua presenta una masa fluida.

Resistencia a compresión a 28 días : > 40 N/mm³.

Densidad de mezcla seca: 2,3 gr/cm³.

Sin retracción.

No agresivo al hormigón y al acero.

Impermeable: resiste al agua.

4.2. Elementos de sellado

Para dar la estanqueidad a las juntas por la cara exterior se utiliza masilla adhesiva monocomponente, a base de poliuretano de elasticidad permanente y de gran adherencia o siliconas que estarán en posesión de la marca Aenor y serán del tipo F-25.

Composición: Elastómero monocomponente a base de poliuretano.

Densidad aproximada: 1.2 kg/l.

Dureza Shore A: (a 18 días, 23 °C) 25-35.

Módulo E (a 23 °C) aprox.: 5kg/cm² para un alargamiento de 100 %.

Alargamiento a la rotura: (a 28 días, 23 °C) 400 %

Alargamiento en servicio: 25 %

Recuperación elástica: > 90 % (a 28 días, 23 °C)

Temperatura de servicio:

- En seco: -20 a +70 °C
- En húmedo: hasta + 50 °C.

5. FABRICACIÓN DE PIEZAS

5.1. Ubicación

La fabricación de las piezas puede realizarse en taller o en obra.

5.2. Documentos para fabricación

- *Fichas de fabricación de piezas:*

Estas fichas son los documentos específicos que definen cada pieza y permite la fabricación de la misma. En este documento deberá reflejar todas las características de cada pieza (codificación, dimensiones, tolerancias, armaduras, anclajes, etc.). Las fichas de fabricación, como documentos que definen la construcción del edificio, incorporadas en el documento 2 del Proyecto de Industrialización se incorporarán a la documentación de la Dirección de obra y al Libro del Edificio que el promotor, en cumplimiento de la vigente ley de Ordenación de la Edificación, entregará al final de obra a los usuarios finales.

- *Fichas de fabricación de útiles y moldes:*

Son fichas que se recogen en documento nº 3 del Proyecto de Industrialización e indican los moldes y útiles necesarios para fabricar y alzar las piezas.

- *Órdenes diarias de fabricación:*

Son fichas que se recogen en el documento nº 5 del Proyecto de Industrialización y que indican las piezas que hay que fabricar cada día y en qué lugar.

5.3 Proceso de fabricación

El proceso de fabricación de una pieza, consta de los siguientes pasos:

- Limpieza del molde.
- Aplicación del desencofrante.
- Replanteo del utillaje sobre plataforma.
- Armado y colocación de anclajes.
- Hormigonado y vibrado.
- Curado.
- Desmoldeo e izado

6. CONTROL DE CALIDAD

6.1 Fabricación de piezas

6.1.1 Materias primas

Existe un control de calidad en la recepción de los materiales que se suministran:

- Los áridos seguirán la normativa “Instrucción de Hormigón estructural EHE”.
- Los cementos seguirán la normativa “RC-97 Instrucción para la recepción de cemento” y además estarán certificados por una marca de calidad.
- Los aceros según la norma UNE-36068-94 están certificados por sello de calidad AENOR.
- Mallas según UNE 36092/96, deberán estar certificados por el sello de calidad AENOR.
- Cuando el hormigón sea suministrado a obra desde una central de hormigón preparado, ésta deberá disponer de Control de producción y estará en posesión de un Sello o Marca de calidad oficialmente reconocido, por lo que, para este caso, no será necesario realizar el control de recepción en obra de sus materiales componentes.

Existe un plan de autocontrol reflejado en el Proyecto de Industrialización para cada obra y un control externo por laboratorio acreditado, que comprende los siguientes controles y ensayos, realizados cada 3 meses:

Cementos: Resistencia, Pérdida al fuego, Residuo Insoluble, Cloruro.

Agua: Sulfatos, cloruros, Aceites y Grasas, Hidratos Carbono, pH.

Acero: Características Ponderales, Ensayo Tracción.

Áridos: Granulometría y los ensayos complementarios marcados por la EHE.

6.1.2 Hormigones

Los hormigones tanto los realizados en obra como los suministrados a obra desde una central de hormigón preparado se controlarán según los criterios establecidos en la EHE, para el control estadístico. En la recepción del hormigón se solicitará el correspondiente albarán, debiendo ser realizados los ensayos por un Laboratorio externo acreditado. Para la realización del control se establecen los siguientes parámetros:

- Lote:
Hormigón suministrado realizado en obra en una semana.
- Extensión del lote:
50 m³

- Número de amasadas a controlar:
3 amasadas por lote.
- Número de probetas por amasada:
3 probetas para rotura a 24 horas.
3 probetas para rotura a 7 días.
3 probetas para rotura a 28 días.

6.1.3 Aceros

Los aceros se controlarán según los criterios establecidos en la EHE, para el control a nivel normal. En la recepción del acero se solicitará el correspondiente Certificado de Garantía del Fabricante, debiendo ser realizados los ensayos por un Laboratorio externo acreditado. Para la realización del control se establecen los siguientes parámetros:

- Partida:
Material suministrado a obra de una sola vez, de la misma designación y procedencia.
- Lote:
40 toneladas de acero de $\varnothing \leq 10$ mm.
40 toneladas de acero de $\varnothing > 10$ mm.
- Extensión del lote:
40 toneladas.

En cada lote se realizarán los siguientes ensayos:

- Dos comprobaciones de sección equivalente.
- Dos comprobaciones de características geométricas de los resaltos.
- Dos comprobaciones de doblado-desdoblado.

En el transcurso de la obra se determinará al menos en dos ocasiones en una probeta de cada diámetro de cada suministro:

- Limite elástico
 - Carga de rotura
 - Alargamiento

6.1.4 Construcción de las piezas

En la ejecución de los paneles se controla:

- Las dimensiones de los encofrados.

- Las armaduras y esperas.
- Disposición de pasamuros y cajeados
- Disposición de los conductos de instalaciones y elementos de unión de las mismas.
- Control de hormigonado y vibración.
- Verificación de presencia de fisuras y control de detalles.

El resultado de la inspección de cada pieza se refleja en las fichas “Pautas de Control” del Plan de Calidad, con los datos obtenidos en el Control de Ejecución, así como la trazabilidad.

6.2 Elementos de unión

6.2.1. Morteros de asiento de los paneles

En la unión horizontal de los paneles con el forjado o con la viga de apoyo se utiliza un mortero fluido sin retracción o retracción controlada para que las cargas verticales se transmitan uniformemente sobre la base de la cimentación o forjados. El suministrador del mortero presentará certificado de calidad del Fabricante.

6.2.2 Ganchos de unión y anclajes

Están realizadas con barras corrugadas de acero de calidad B 500S y placas. El control de las mismas se realiza conjuntamente con el control del acero de las armaduras de las placas.

Una vez construidas las pacas se realizan los controles siguientes:

- Aspecto general y acabados.
- Control geométrico de la placa y dimensiones.
- Soldaduras.

Estos controles se hacen de acuerdo con la norma NBE EA-95 “Estructuras de Acero en Edificación”.

6.2.3 Materiales para sellados de juntas

Los fabricantes de estos materiales deben aportar los certificados referidos a la elasticidad, retracción, adherencia, durabilidad y compatibilidad con los elementos de soporte conforme a la norma UNE 53622.

7. ALMACENAMIENTO

El acopio de las piezas se realizará en pilas en horizontal sobre tablones de madera.

7.1 Documentos para el almacenamiento

- Órdenes diarias de apilamiento:

Son fichas que se recogen en el documento nº 6 del Proyecto de Industrialización y que indican las piezas que hay que apilar cada día y en qué lugar.

8. TRANSPORTE DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS

El transporte de las piezas se hará en horizontal sobre tablones de madera.

La manipulación para carga y descarga, se realizará en función de las cachabas de izado, o de los anclajes situados en su parte superior.

Las piezas de $L \leq 4,50$ m, se podrán manipular, como mínimo, con dos puntos de enganche; para piezas de $4,50 \text{ m} < L < 7$ m, se manipulará con tres puntos y para $L \geq 7$ m, con cuatro puntos.

Cuando la manipulación de las piezas se haga con las cachabas, las cifras anteriores se incrementarán en una unidad.

Para la manipulación de los paneles también se podrá utilizar cualquier tipo de anclaje comercial que cumpla con los requisitos de seguridad necesarios.

8.1 Documentos para el transporte

- Órdenes de transporte:

Son fichas que se recogen en el documento nº 6 del Proyecto de Industrialización y que indican las piezas que hay que transportar cada día, en qué orden y al lugar concreto que van a la obra.

9. RECEPCIÓN EN OBRA

El acopio en obra, se realizará en horizontal sobre tablonos de madera.

10. MONTAJE

10.1 Trabajos previos

Previamente al montaje de los paneles se habrá realizado la estructura que soportará las cargas transmitidas por los paneles (viga de gran canto, cimentación corrida, muro, etc.). Sobre dicha estructura se sitúan las placas metálicas de conexión a unir a la estructura de transición con los paneles prefabricados.

Para el inicio del montaje se procederá al replanteo de la planta de piezas sobre la cimentación o estructura de transición, estableciendo un reparto de juntas, que nos permita absorber los posibles errores de ejecución de la obra “in situ”.

Se reflejará sobre plano toda la información anterior, quedando de esta forma establecido el criterio de montaje, medidas de juntas, etc.

Este criterio de montaje, con las tolerancias admitidas, se arrastrará hacia arriba, en la ejecución vertical de la obra.

10.2 Montaje de piezas de fachada o de elementos exteriores

Enganchado el panel correctamente, se llevará a su zona de montaje, señalizada por el panel inferior que siempre será visible, o en su caso, por las marcas de replanteo si es un panel de arranque.

Con barras de uña se llevará a su sitio, estableciéndose el siguiente orden de operaciones:

1. Posicionamiento en planta.
2. Establecer la cota superior del panel y nivelar su borde superior mediante calzos metálicos.
3. Realizar el plomo transversal o de caras.
4. Comprobar el plomo de cantos.
5. Colocar puntales y puntear los anclajes.

Realizado el montaje de varias piezas, se procede a iniciar la ejecución de todas las juntas y nudos de la forma descrita en los apartados correspondientes, simultaneándolo con el montaje.

El relleno, remate de las juntas y la colocación del cordón de poliuretano en fachadas es una de las operaciones más importantes de la obra ya que determina el acabado y continuidad de las superficies.

La unión de las piezas prefabricadas se realizará siguiendo los detalles realizados para cada caso en los que se deberá describir precisamente la colocación de cada uno de los elementos que intervengan en la unión.

El error de plomo de cara (transversal) de un panel no debe ser superior a 6 mm (sobre la generatriz media).

El error de posición (descentramiento) entre las caras colindantes de dos paneles superpuestos debe ser inferior a 15 mm.

Se considera como error de ejecución de carácter excepcional, cualquiera de los errores de plomo y posición que no esté dentro de las tolerancias anteriores.

Si tales defectos se presentan durante la ejecución, deberán repetirse los cálculos para la justificación del funcionamiento de los paneles interesados.

Los errores excepcionales de juntas horizontales, si no existiesen condicionantes de tipo estético que no pudiesen resolver, necesitan un tratamiento mucho más cuidado de relleno e inspección directa del mismo por técnicos de BSCP.

En el aspecto estético, tanto las juntas horizontales como verticales, admiten tratamientos de corte o recrecido con mortero de resinas epoxi; con muestras previas aceptadas por la Dirección Facultativa.

10.3 Documentos para el montaje

- Uniones:

Son fichas que se recogen en el documento nº 4 del Proyecto de Industrialización y que indican como hay que realizar las uniones de cada pieza con las adyacentes. Estas fichas se incorporarán a la documentación de la Dirección de la obra y al Libro del Edificio que el Promotor, en cumplimiento de la vigente Ley de Ordenación de la Edificación, entregará a los usuarios finales.

- Órdenes de montaje:

Son fichas que se recogen en el documento nº 7 del Proyecto de Industrialización y que indican las piezas que hay que montar cada día y en qué orden.

11. MEMORIA DE CÁLCULO

Los edificios construidos con el Sistema constructivo BSCP se conciben, a estos efectos, como estructuras formados por grandes elementos verticales que se constituyen al agruparse los paneles prefabricados. La unión entre elementos prefabricados es articulada de forma que la rigidez transversal de cada elemento vertical es despreciable.

Para dar estabilidad a los edificios es necesario que se dispongan paneles en dos direcciones de forma que, además de recibir las cargas de los forjados, proporcionan la estabilidad transversal del edificio en dos direcciones, junto con los posibles arriostramientos existentes en cada planta y estudiando, en cada caso, la transmisión de las cargas horizontales a través del forjado o posibles arriostramientos.

En el caso de que la estructura prefabricada se genere a partir de una estructura portificada, deberá tenerse en cuenta para el dimensionamiento el trabajo conjunto del panel-viga.

Los apoyos de los forjados en los paneles se consideran isostáticos de forma que no se transmite ningún momento de empotramiento a los mismos.

Para la obtención de los esfuerzos de diseño de los paneles se tendrán en cuenta todas las posibles excentricidades de cálculo de la transmisión de esfuerzos, efectos térmicos, imperfecciones, etcétera, dadas en las “Directrices comunes de la UEAtc para la apreciación técnica de procedimientos de construcción a base de paneles pesados prefabricados”. También se deberán tener en cuenta las fases de izado de la mesa de fabricación, transporte y montaje.

Los paneles, una vez obtenidos todos los esfuerzos, se dimensionarán según la instrucción EHE.

Las uniones entre los elementos prefabricados se dimensionarán para soportar los esfuerzos generados en el cálculo. Los anclajes soportan los esfuerzos rasantes y el mortero transmite los esfuerzos de compresión.

12. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

Con el Sistema BSCP, protegido por las patentes de su propiedad, se están construyendo edificios desde la constitución de la sociedad en 1995. Hasta la fecha de solicitud del Documento de Idoneidad Técnica, se pueden citar, como referencia, las siguientes obras:

- Centro penitenciario en Curtis (A Coruña) de 50.000 m² construido en 1996.
- Centro penitenciario en Alama (Pontevedra) de 50.000 m² construido en 1996.
- 270 Núcleos Básicos Evolutivos en Uruguay de 36 m² cada uno entre los años 1998 y 2002.
- Centro Comercial de Fuerteventura de 6.000 m² terminado en 2002.
- Edificio de viviendas para jóvenes en Mataró (en construcción) de 2.800 m².
- Edificio de 30 viviendas, locales y garajes en Bilbao (en construcción) de 5.700 m².

El IETcc ha realizado diversas visitas a obras, así como una encuesta a los usuarios, todo ello con resultados satisfactorios.

13. ENSAYOS

En el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) se han realizado los ensayos descritos en el Informe nº 17.886-1 de este Centro.

13.1 Ensayo del elemento panel

a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento mecánico de un panel sometido a las cargas verticales de los elementos superiores del edificio, considerándose una posible excentricidad según marca la normativa vigente.

b) Disposición del ensayo

El panel prefabricado de 0,10 m de espesor, 1,00 m de ancho y 2,50 m de altura, se colocó perfectamente acoplado entre los platos de una prensa hidráulica y se le aplicó una carga repartida, a todo lo ancho del panel, mediante un perfil metálico y con unas excentricidades estimadas de 2 cm.

Para medir las deformaciones transversales se dispuso de una escalilla en la mitad de la altura del panel para controlar y medir el incremento de la flecha en dicho punto a lo largo del ensayo. La lectura de dicha escalilla se efectuó mediante un aparato topográfico.

La prensa fue accionada por un dinamómetro AMSLER PM-103, que dispone de control sobre la velocidad de aplicación de la carga en escalones de 100 kN, siendo la velocidad de aplicación de 50 kN/min.

c) Resultados obtenidos

A lo largo del ensayo el pandeo del panel fue apenas apreciable hasta que se alcanzaron los 700 kN de carga, con una lectura de flecha de 0,5 mm. La carga se fue incrementando hasta llegar a un máximo de 1.400 kN con una lectura de deformación de 2,6 mm. A partir de ese momento, se empezó a producir la pérdida de carga y el aumento de pandeo que se alcanzó durante el ensayo fue de 20 mm.

La carga última teórica de rotura que, aplicada sobre el panel produciría su rotura, es muy difícil de determinar, por cuanto viene directamente ligada a la longitud de pandeo a considerar, en el caso de que, teóricamente, el pilar sea estudiado en voladizo, la carga teórica de rotura sería de 250 kN y, para el caso de considerarla biapoyada, este valor teórico de rotura sería de 600 kN, valores inferiores al obtenido en el ensayo.

13.2 Ensayo a flexión de dos losas de forjado

a) Objeto del ensayo

Ensayo verificado para evaluar el grado de transmisión de esfuerzos a través de la junta de unión (fig. 5) de dos losas prefabricadas independientes al mismo tiempo que el estudio del comportamiento mecánico de dichas losas sometidas a un esfuerzo de flexotracción.

b) Disposición del ensayo

El conjunto está formado por los dos paneles de 0,18 m de espesor, 0,70 m de ancho y 4 m de longitud por panel, biapoyados y unidos entre sí mediante la junta descrita en el punto 2.2 (fig. 5). Solamente a una de las dos losas se le aplicó el pórtico de carga, con la disposición que se muestra en la figura 8, con objeto de ser ensayado el conjunto hasta la rotura. Para la realización del ensayo se utilizó un gato AMSLER de 200 kN de capacidad accionado por un dinamómetro AMSLER PM-103.

Para la lectura de las flechas, se colocaron cuatro flexímetros a cinco centímetros de los extremos de cada una de las losas, con una precisión de lectura de una centésima de milímetro. Durante el ensayo un sistema de adquisición de datos registraba los valores de carga y deformación. Antes de llegar a la carga de rotura del conjunto se procedió a la retirada de los flexímetros.

c) Resultados obtenidos

La carga última teórica de rotura de losa, de acuerdo a las condiciones de carga a las resistencias características del hormigón y del armado de la misma, es de 55,5 kN.

De los gráficos en los que se representa la flecha obtenida para cada uno de los puntos controlados en las losas en función de la carga aplicada, se ve que para los flexímetros situados a ambos lados de la junta, la curva carga-deformación es la misma curva, y las gráficas de los puntos extremos nos indican que ambas losas se están deformando por la acción de la carga transmitida.

Al llegar a la carga de 63,0 kN se procedió a la retirada de los flexímetros incrementándose, a continuación, la carga; a simple vista se veía que ambas losas se deformaban al unísono hasta un valor de carga de 145,5 kN, momento en que se produjo la rotura de la junta de unión e, inmediatamente, a continuación la rotura de la losa sobre la que se estaba cargando. La losa que no estaba cargada directamente no se rompió y volvió a su situación de antes del ensayo.

El ensayo nos muestra que la junta cumple la misión de transmitir las cargas a la losa adyacente y que su comportamiento mecánico de las losas ha sido conforme con las previsiones del modelo de cálculo previstas.

13.3 Ensayo de aptitud de empleo del Sistema

a) Objeto del ensayo

Se trata de estudiar el comportamiento mecánico de las juntas de unión entre paneles, los cuales están sometidos a las cargas verticales de los elementos superiores del propio edificio, considerando una posible excentricidad, más los pesos y sobrecargas del forjado correspondiente al nivel de las juntas.

b) Disposición del ensayo

La estructura estudiada ha sido un pórtico formado, en ambos lados, por dos paneles de fachada de 0,15 m de espesor, 1,00 m de ancho y 2,50 m de altura, unidos en la zona inferior a sendas zapatas mediante soldadura entre los elementos metálicos embebidos en las zapatas y los correspondientes de los paneles, según describe el Sistema. Sobre los paneles se recibió el forjado constituido por una losa de hormigón armado de 0,18 m de canto, 1 m de ancho y 4 m de longitud. El forjado se unió a los paneles mediante la soldadura entre los elementos metálicos embebidos en los paneles y las losas, posteriormente, se rellenaron las juntas horizontales de unión de la zapata con el panel y el panel con la losa con mortero de asiento sin retracción.

A continuación se colocaron dos paneles de 0,90 m de altura, 0,15 m de espesor y 1,00 m de ancho, unidos mediante soldadura de los elementos embebido en dichos paneles con los existentes en la losa del forjado, según define el Sistema. Por último, se rellenó la junta horizontal del panel superior con la losa del forjado, con un mortero sin retracción.

El esquema del ensayo corresponde a la figura 9.

El pórtico se ancló de la Nave de Ensayo por medio de unas varillas preparadas al efecto en el momento de colocar la zapata. Dichas varillas, soldadas a placas y embutidas en el hormigón, descolgaban por la parte inferior de la zapata y, atravesando la losa de la nave de ensayos por las perforaciones de que ésta dispone, se fijaron a la misma por medio de placas. Con ello se evitó el movimiento del pórtico durante el ensayo.

Antes de aplicar la carga sobre los paneles, se cargó el forjado con 6,0 kN/m² materializando la carga repartida por medio de bloque de hormigón. Se mantuvo esta carga durante 24 horas tras las cuales se midieron los desplazamientos originados.

A continuación se aplicó la carga sobre los paneles por medio de gatos hidráulicos. Sobre el panel superior se colocaron dos gatos con capacidad máxima cada uno de ellos de 600 kN. Los ejes de los dos gatos estaban sobre un plano paralelo al plano medio del panel y desplazado con relación a él, con lo que se consiguió aplicar la carga con una excentricidad de 3 cm. Con el fin de repartir las cargas sobre el borde del panel, los gatos apoyaban sobre un palastro macizo de acero de 4 cm de espesor y 12 cm de ancho que se encontraba a todo lo largo del borde superior de aquel.

Para evitar el pandeo del panel superior durante la aplicación de la carga se dispuso, a cada lado del panel, un perfil metálico retacado contra él, que evitaba los movimientos en el sentido perpendicular al plano del panel.

La carga se aplicó por medio de un dinamómetro AMSLER PM-103, que dispone de control de velocidad de carga, en escalones de 100 kN, hasta llegar a 1.100 kN. La velocidad de aplicación de carga fue de 50 kN/min.

Durante el ensayo se utilizaron cuatro flexímetros, con precisión de lectura de una centésima de milímetro, con lo que se obtuvieron las flechas que se iban produciendo en el centro del vano del forjado y en el punto medio del panel inferior, en dirección perpendicular a su plano. Con el tercero y cuarto flexímetro se midió el movimiento del panel inferior en relación con el superior o, lo que es lo mismo, el aplastamiento de la junta.

c) Resultados obtenidos

La carga última teórica de rotura que aplicada sobre el panel inferior produciría su rotura, según se especifica en el Informe 17.886-1, sería de 900 kN. En el ensayo se llegó a 1.100 kN sin producirse la rotura, verificándose que el panel superior transmite las cargas verticales al panel inferior y la correcta transmisión de carga a través de la junta de unión entre el forjado y el panel.

Los valores obtenidos han sido conformes con las previsiones del modelo de cálculo prevista por el propietario.

14. EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE EMPLEO

Las piezas prefabricadas de hormigón del Sistema BSCP constituyen el cerramiento, los forjados y la estructura o parte de la estructura del edificio.

Para estabilidad del edificio, es necesario disponer de suficientes elementos embebidos metálicos, junto con la correcta soldadura de los mismos. Es necesario, además, que se dispongan paneles o alineaciones de pórticos en las dos direcciones para resistir los empujes del viento o del sísmico, si los hubiera.

Al estar previsto en el Sistema la posible incorporación del aislamiento térmico y acústico por su cara exterior, de acuerdo con lo definido por el arquitecto director del proyecto, de forma que el conjunto aislamiento-piezas de hormigón cumplan los requisitos exigidos por la normativa vigente.

El comportamiento ante el fuego se justificará en cada caso, debiendo establecerse los recubrimientos de armadura que garanticen la estabilidad y resistencia al fuego exigida en la normativa en vigor. Del mismo modo, se protegerán los anclajes para cumplimentar la resistencia exigida.

Verificándose en el Manual de Fabricación la existencia del Control de Calidad, que comprende:

1. Un sistema de autocontrol por el cual el fabricante comprueba la idoneidad de las materias primas, proceso de fabricación y control del producto en obra.
2. Comprobación externa del hormigón y acero por Laboratorios Acreditados.

Y considerando que los métodos de desarrollo del proyecto, fabricación de paneles, junto con la puesta en obra de la misma está contrastada por la práctica y los ensayos, se estima favorablemente, en este DIT, la idoneidad de empleo del Sistema propuesto por el propietario.

EL PONENTE

Tomas Amat Rueda
Dr. Ingeniero de Caminos, C. Y P.

15. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS (1)

Las principales observaciones de la Comisión de Expertos, celebrada en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja el día 26 de noviembre de 2002, fueron las siguientes:

- En cumplimiento de la Ley de Ordenamiento en la Edificación, L.O.E., la utilización del Sistema requiere, para cada caso, de un proyecto técnico, junto con su correspondiente Dirección de la obra, además del Proyecto de Industrialización.
- Al ser un sistema de industrialización de piezas de hormigón el proyecto, además de incorporar la definición de todas las instalaciones, deberá prever la continuidad de éstas a través de todas las piezas.
- Para la viabilidad del Sistema, será preciso disponer, en cada caso que se fuera a aplicar, una memoria técnica de cálculo estructural que justifique adecuadamente la buena respuesta y los coeficientes de seguridad exigibles a los elementos estructurales que se vayan a montar, incluyendo las uniones entre ellos y las tolerancias aplicables, así como las soluciones a adoptar para el caso de que hubiere juntas de dilatación, debiéndose prever la correcta unión de la losa del forjado a los paneles en las dos alineaciones o direcciones, mediante las uniones de los elementos metálicos, para garantizar la transmisión de los empujes horizontales que se produjera sobre el edificio, a ambas alineaciones, además del cumplimiento de los Controles de Calidad definidos en el capítulo 6.
- Para la viabilidad del Sistema es primordial que, en la puesta en obra de los paneles, se controle y verifique la correcta planeidad y verticalidad de los mismos, vigilando que el mortero de unión rellena perfectamente las juntas horizontales en toda su longitud.
- Igualmente, durante el período de ejecución de las obras, se verificará la correcta ejecución de las uniones y soldaduras que se realizarán, en todo caso, por soldadores homologados.
- Se prestará especial atención al correcto enfrentamiento en placas embebidas, y la correcta protección de los anclajes, tanto a la acción de la corrosión como del fuego.
- Para evitar el riesgo de condensaciones, se recomienda prestar atención al conjunto del cerramiento conforme a las Normas Básicas de la Edificación NBE.
- Los recubrimientos mínimos de las armaduras se estudiarán y justificarán en cada caso, y, esencialmente, en situaciones ambientales agresivas o cuando sea necesaria una Resistencia al Fuego determinada.
- En el caso de que el edificio pueda estar sometido a esfuerzos sísmicos horizontales apreciables, ténganse en cuenta los incrementos de dichos empujes, por la consideración de la excentricidad adicional de la acción sísmica y

estúdiase particularmente los comportamientos de las uniones metálicas, poniendo atención por la baja ductilidad de estos tipos de edificios apantallados.

- Dado que la estanquidad del Sistema se confía al sellado de las juntas, deberá comprobarse, especialmente, que la naturaleza del material sellado dispuesta es la requerida y que su puesta en obra se adecua a las condiciones fijadas por el fabricante y en este documento, debiéndose realizar posteriormente un mantenimiento del mástico de sellado.

(¹) La Comisión de Expertos estuvo integrada por los siguientes organismos y entidades:

Bureau Veritas Español, S.A.

Consejo General de los Colegios de Arquitectura Técnica.

CPV-CEP IBÉRICA.

Dragados Obras y Proyectos, S.A.

Laboratorio de Ingenieros del Ejército (LABINGE)

S.G.S. Tecnos.

Universidad Politécnica de Madrid.

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

5.- FÓRMULAS EMPLEADAS EN LA CONFECCIÓN DEL PRESUPUESTO ORIENTATIVO Y PRESUPUESTO ORIENTATIVO.

5.1.- HIPÓTESIS PARA EL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ORIENTATIVO:

Para el cálculo del presupuesto orientativo se han considerado:

- a) rendimientos medios en diversos puntos de la geografía española; y
- b) costes y precios facilitados por el promotor de la obra.
- c) tipo de fase a realizar.

5.1.1.- AMORTIZACIÓN DE MOLDES:

Los moldes están formados por perfiles metálicos sobre tableros fenólicos, donde se fabricarán las piezas. El coste total de los moldes necesarios para la fabricación de las 1.681 piezas de hormigón (no se consideran las 24 piezas de escalera que se fabrican con un molde diferente) se ha estimado en 35.000 €

El coste de este conjunto de elementos que formarán los distintos moldes será la suma del coste del tablero fenólico (13,82 €/m²) y el de los perfiles metálicos (0,51 €/kg).

Con este tipo de molde se fabricarán las piezas de forjados, cubiertas, fachadas y tabiques.

Considerando una amortización de 1.681 puestas (total de piezas de forjados, cubiertas, fachadas y tabiques).

$$\frac{35.000,00 \text{ €}}{1.681 \text{ piezas}} = 20,82 \text{ €/pieza}$$

Las piezas de escalera se fabricaran con unos moldes especiales cuyo coste, aproximado, es de unos 900 euros cada uno.

Considerando que se emplea 1 molde en la fabricación de las 21 unidades de escalera tipo 401, la amortización por pieza será de:

$$\frac{900,00 \text{ €}}{21 \text{ piezas}} = 47,37 \text{ €/pieza}$$

Considerando que se emplea 1 molde en la fabricación de las 3 unidades de escalera tipo 402, la amortización por pieza será de:

$$\frac{900,00 \text{ €}}{3 \text{ piezas}} = 300,00 \text{ €/pieza}$$

No se consideran las 149 unidades de perfiles metálicos porque ya vienen preparados de la fábrica y van directos al montaje.

5.1.2.- GRÚAS:

5.1.2.1.- Grúas en fabricación:

Para la fabricación de las piezas el constructor dispondrá de una o dos grúas torre, en función del tipo de fabricación que decida realizar y del espacio de producción existente, de las siguientes características:

LIEBHERR 90 EC-B de radio útil de 30 metros y altura bajo gancho de 26.40 metros capaz de levantar piezas de 6.000 kg. en un radio de 17.50 metros.

LIEBHERR 100 LC de radio útil de 26.80 metros y altura bajo gancho de 39.10 metros capaz de levantar piezas de 6.000 kg. en un radio de 16 metros.

El plazo previsto para la fabricación de las 1.705 piezas de hormigón, que constituyen este Proyecto de Industrialización, es de 143 días naturales.

Teniendo en cuenta que, del plazo previsto de fabricación de 143 días naturales, 103 días son laborables, la producción diaria media será de unas 16 piezas aproximadamente.

Considerando una zona de producción suficiente y la organización general del conjunto de la edificación el plazo de fabricación será de **143 días naturales o 103 días laborables**.

La repercusión del tiempo de grúa por pieza en fabricación será de:

$$\frac{103 \times 8 \text{ horas}}{1.705 \text{ piezas}} = 0,483 \text{ horas / pieza}$$

5.1.2.2.- Grúas en montaje:

El plazo previsto para el montaje de las 1.854 piezas, que constituyen este Proyecto de Industrialización, considerando las características propias de este proyecto, es de **145 días naturales o 103 días laborables** empleando dos grúas torre de las especificaciones que se mencionan con posterioridad.

Para la fabricación de las piezas el constructor dispone de dos grúas torres modelos:

LIEBHERR 90 EC-B de radio útil de 30 metros y altura bajo gancho de 26.40 metros capaz de levantar piezas de 6.000 kg. en un radio de 17.50 metros.

LIEBHERR 100 LC de radio útil de 26.80 metros y altura bajo gancho de 39.10 metros capaz de levantar piezas de 6.000 kg. en un radio de 16 metros.

La repercusión del tiempo de grúa por pieza en fabricación será de:

$$\frac{103 \times 8 \text{ horas}}{1.854 \text{ piezas}} = 0,444 \text{ horas / pieza}$$

5.1.3.- MANO DE OBRA:

5.1.3.1.- Mano de obra en fabricación:

A la hora de analizar el personal necesario para la fabricación de la totalidad de las piezas que componen este Proyecto de Industrialización lo que habrá que hacer es estudiar las actividades a realizar, las personas necesarias en cada una de las

tareas, el tiempo a emplear y encuadrar dichos tiempos para que el personal pueda desarrollar todo su trabajo sin tiempos muertos.

Por tanto el personal necesario para la fabricación de las piezas será:

4 oficiales soldador (A+B)

1 oficial segunda (C)

3 peones (A+B+D)

A este personal hay que añadir:

1 gruísta

1 hombre en la hormigonera

1 supervisor

Esto hace un total de 11 personas por grúa, como en este caso cada día se fabrica en una grúa, no será necesario doblar el personal, ya que éste trabajará cada día en la correspondiente grúa.

El total de personal necesario para la fabricación de las piezas será de **11 hombres**.

Considerando jornadas de 8 horas y un periodo de fabricación de 103 días laborables, el número total de horas a repercutir por cada pieza será de:

$$\frac{103 \times 8 \times 11 \text{ horas}}{1.705 \text{ piezas}} = 5,316 \text{ horas - hombre / pieza}$$

5.1.3.2.- Mano de obra en montaje:

A la hora de analizar el personal necesario para el montaje de la totalidad de las piezas que componen este Proyecto de Industrialización lo que habrá que hacer es estudiar las actividades a realizar, las personas necesarias en cada una de las tareas, el tiempo a emplear y encuadrar dichos tiempos para que el personal pueda desarrollar todo su trabajo sin tiempos muertos.

Por tanto el personal necesario para el montaje de las piezas será:

1 oficial soldador (E)

1 oficial albañil (I)

1 gruísta de montaje (G)

2 peones (F y H)

Esto hace un total de 5 personas por grúa, como en este caso cada día se monta en una grúa, no será necesario doblar el personal, ya que éste trabajará cada día en la correspondiente grúa.

El total de personal necesario para el montaje de las piezas será de **5 hombres**.

Considerando jornadas de 8 horas y un periodo de montaje de 103 días laborables, el número total de horas a repercutir por cada pieza será de:

$$\frac{103 \times 8 \times 5 \text{ horas}}{1.854 \text{ piezas}} = 2,222 \text{ horas - hombre / pieza}$$

5.2.- PRESUPUESTO ORIENTATIVO:

La realización del presupuesto orientativo de la “obra gris” del Proyecto de Industrialización de 59 habitajes de lloguer, 1 oficina i 58 aparcaments en Av. Marie Curie – Sector Z - Granollers, se desglosa en los siguientes capítulos:

1.- Presupuesto Orientativo de Ejecución Material..... 583.418 €

Este presupuesto orientativo se desglosa en los siguientes apartados:

a) Perfiles metálicos – Vigas (100);

b) Piezas de forjados (200);

c) Piezas de cubiertas (300);

d) Piezas de fachadas (500);

e) Piezas de tabiques (700);

f) Resumen del Presupuesto Orientativo de Ejecución Material.

2.- Coste orientativo de la obra Gris..... 741.760 €

Este es el coste medio de la obra, incluyendo los honorarios de BSCP por la confección del Proyecto de Industrialización y autorización de su uso considerando:

a) rendimientos medios en distintos puntos de la geografía española; y

b) costes y precios facilitados por el promotor.

Este importe incluye el coste de la fabricación, el transporte y el montaje de todas las piezas incluidas en este documento, así como la amortización de grúas y moldes en fabricación, y no incluye el IVA, ni ningún otro concepto no especificado.

Aravaca (Madrid), a 31 de julio de 2.006