

Manual de la vivienda de hormigón
industrializada en sitio

Capítulo 11

Organización de obra



**PLATAFORMA
DEL HORMIGÓN**
Concretando un futuro sostenible

Vivienda de
Hormigón
Industrializada
en Sitio

Organización de obra

1. Introducción

El sistema constructivo de hormigón en sitio con encofrados industrializados combina conceptos logísticos de industrialización con tareas de ejecución en sitio. **El uso de este sistema se debe comprender como un proceso que involucra a todos los actores, desde la concepción de la idea hasta la puesta en régimen del proyecto terminado.** Para ello, un equipo gerenciador debe concentrar, planificar y asignar todas las tareas a desarrollar en el ciclo de vida completo de un proyecto hasta su concreción, con una visión que promueva el control del rendimiento de los procesos y su mejora. De esta forma, los elementos estratégicos se suman a los constructivos.

Durante todo este proceso es fundamental asegurar la excelencia técnica constructiva del proyecto y, al mismo tiempo, procurar la calidad estratégica en términos de factibilidad económica, financiera, corporativa, legal, reglamentaria, y de mercados. Para ello **se debe comenzar a planificar mucho antes que comience la construcción real, y continuar revisando y desarrollando planes hasta que finalice el proyecto.** Para aprovechar al máximo los beneficios que derivan de la implementación de este sistema, las etapas de diseño y construcción requieren de una planificación exhaustiva, y es posible que cada una deba revisarse a medida que se desarrolla la siguiente etapa. Procesos claramente definidos antes del arribo a obra brindan una hoja de ruta clara de cómo se debe trabajar y cuáles son los parámetros a tener en cuenta. Permiten además saber si el proceso constructivo se está desviando de lo planeado, y actuar a tiempo con las correcciones necesarias. Esta planificación comienza desde el diseño y ejecución de la infraestructura, incluyendo los procesos de presupuesto, estructura de desagregación de tareas, planificación y programación, aspectos sobre seguridad laboral y recursos humanos, logística, provisión de materiales y servicios, desarrollo de ingeniería, planos de detalle y permisos legales.

El objetivo de la optimización de procesos es reducir los riesgos, racionalizar las operaciones, mejorar la producción de los trabajadores, aumentar la eficiencia, utilizar los recursos de manera más efectiva y mejorar la garantía de calidad. Este conocimiento y control son determinantes para la eficiencia del proceso operativo, permitiendo alcanzar ahorros en recursos, dinero y plazos.

La planificación debe estar presente en las diferentes etapas del ciclo del proyecto, a saber:

- El diseño arquitectónico, estructural y de las instalaciones
- La organización de los procesos de obra
- El suministro de materiales, equipamiento y otros insumos
- La mano de obra
- Los procedimientos de control de calidad

2. Diseño arquitectónico, estructural y de instalaciones

2.1 Modulación, estandarización, simetría y repetición en el diseño

El concepto de modulación constituye una premisa fundamental en la aplicación del sistema. **Su incorporación desde el diseño permite combinar las ventajas de la estandarización con las de personalización. Como en otros sistemas industrializados, la productividad se maximiza cuando se adopta el concepto de modulación desde la etapa de proyecto.**

Aparte de facilitar la coordinación entre el proyecto y su ejecución, **la modulación elimina las adaptaciones particulares, minimiza las pérdidas de materiales, aumenta la productividad y, como consecuencia, aporta beneficios económicos tangibles.**

El mayor beneficio se observa en el uso de los moldes de encofrado, elemento fundamental del sistema. Al adoptar el diseño modular (y en consecuencia compatible con la modulación de los moldes), se minimiza o elimina la necesidad de piezas especiales, reduciendo el costo global de adquisición del equipo y facilitando su apli-

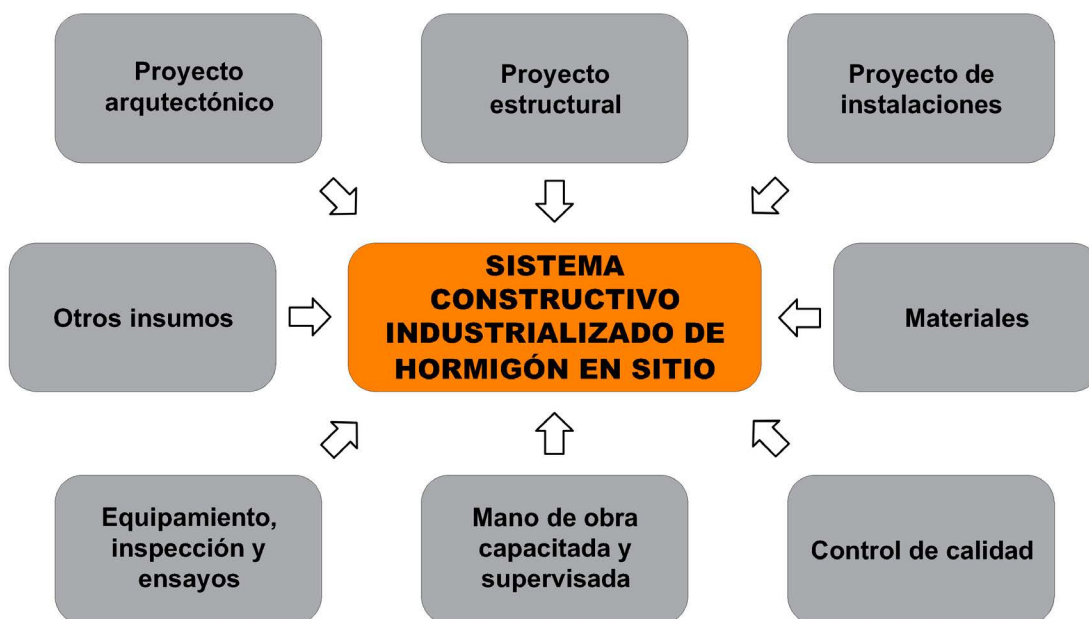


Figura 11.1. Factores de análisis para la planificación y organización del proceso constructivo.

cación en obra y reaprovechamiento en otros proyectos.

Las ventajas de la modulación se trasladan a las diferentes etapas del proceso constructivo:

- Ayuda al trabajo de los diseñadores, los que basan su labor en elementos compatibles entre sí.
- Simplifica la coordinación de proyectos, gracias a la reducción de la variedad de medidas.
- Se reduce el costo en la adquisición de moldes al prescindir de la fabricación de paneles especiales y facilitar la adaptación de estos equipos en otros proyectos posteriores, también modulados.
- Se incrementa la productividad en el montaje de encofrados debido al menor número de tipos de paneles.
- El costo de las terminaciones, como pisos y revestimientos, es menor gracias al menor número de cortes de piezas.
- Se facilita el desarrollo de nuevos productos.

Otros conceptos que deben acompañar a la modulación desde el diseño y que aumentan la productividad en todas las etapas son:

- Estandarización de vanos.
- Estandarización de soluciones, asegurando volumen de repetición por tipo, evitando adaptaciones y piezas auxiliares.
- Simetría y repetición

En el Capítulo 3 de este manual se presentan con mayor detalle los criterios recomendados para la modularización correcta de proyectos con este sistema.

2.2. Estudio del equipo de encofrados utilizar

Como se mencionó anteriormente, es indispensable que el proceso de diseño y la documentación técnica de obra tenga en cuenta, desde el inicio, el encofrado a ser utilizado. La evaluación más completa para la elección del tipo y proveedor del encofrado a utilizar contempla aspectos técnicos y económicos:

a. Análisis técnico

- Productividad:
 - » Facilidad de montaje y desmontaje
 - » Compatibilidad con mano de obra contratada
 - » Necesidad de formación intensiva
- Transporte:
 - » Necesidad de máquinas para transporte
- Características del sistema:
 - » Compatibilidad con sistemas trabajados por la constructora
 - » Peso de paneles
 - » Número de piezas sueltas
 - » Durabilidad / Reutilización
 - » Modulación y repetición horizontal y vertical
- Relaciones con otros subsistemas:
 - » Compatibilidad con necesidades de subcontratos de revestimientos internos
 - » Compatibilidad con necesidades de subcontratos de revestimientos externos
 - » Facilidad para colocación de carpinterías
 - » Facilidad para fijación o embutido de instalaciones según metodología elegida
- Seguridad:
 - » ¿El sistema proporciona los elementos necesarios para la seguridad de los operarios?
 - » ¿El sistema necesita costos adicionales para cumplir todos los requisitos de seguridad?
 - » ¿El sistema requiere cuidados específicos necesarios durante la operación?
- Riesgos de decisión:
 - » ¿La constructora está preparada para la utilización del sistema?
 - » Posibilidad de utilizar el sistema en su mayor potencial de aprovechamiento

b. Análisis económico

- Prestación:
 - » Cobertura nacional
 - » Plazo de entrega compatibles con las necesidades de la constructora y la obra
 - » Disponibilidad del proveedor de equipos de mantenimiento

- » Disponibilidad del proveedor de asistencia en el inicio del montaje
- » Garantía de provisión posterior de piezas adicionales o de reposición
- Comercialización:
 - » ¿El proveedor ofrece posibilidad de alquiler?
- Formación:
 - » ¿El proveedor ofrece formación a los equipos de trabajo?
- Riesgos de decisión:
 - » ¿El costo del sistema es compatible con las posibilidades de la constructora?
 - » ¿Existe una incidencia importante en los costos de mantenimiento?
 - » ¿Existe una incidencia importante en los costos de transporte?

Las empresas proveedoras de encofrados realizan un proyecto de encofrado con la ingeniería completa requerida, e incluso un montaje de prueba del equipo en obra para corregir eventuales desvíos. Según el tipo de proyecto y la repetición de unidades, la ingeniería preverá las piezas que repetirán su uso en cada unidad, y las que requieren repetir su existencia según la secuencia de actividades de cada ciclo (por ejemplo, puntales, elementos de seguridad, etc. que requieren un uso en simultáneo en ciclos sucesivos).

El número de reutilización de cada molde depende de las particularidades del equipo de encofrado de cada proveedor, así como el del tipo de uso y cuidado en obra:

- Grado de formación de mano de obra
- Resistencia del material del encofrado
- Desmoldante utilizado
- Cuidados en el montaje, desmontaje y transporte de los moldes
- Mantenimiento general de la obra
- Limpieza de los encofrados luego de cada desmontaje

En el Capítulo 2 de este Manual se desarrollan con detalle los aspectos atinentes a los encofrados.

2.3 Estudio del hormigón a utilizar y armadura

Partiendo de los conceptos básicos de proyectos modulados y con elementos de ejecución “repetida”, el diseño arquitectónico ayuda a elaborar un diseño estructural que sea viable con el sistema, de rápida ejecución, seguro y económico.

En la etapa de diseño estructural se define la especificación técnica para el hormigón a utilizar en la ejecución de la obra, teniendo en cuenta aspectos de proyecto, ambiente de exposición de la estructura y clima en el sitio de implantación, ubicación de la obra, requisitos especiales a ser cumplidos en la elaboración y entrega del hormigón por el proveedor, entre otros aspectos. Los tipos de hormigón que se eligen en el sistema industrializado de hormigón en sitio son hormigones convencionales de consistencia fluida a muy fluida, u hormigones autocompactantes, y en ocasiones, menos frecuentemente, hormigones livianos (baja densidad) de tipo celular (espumoso) o con agregados livianos (baja masa específica).

Teniendo en cuenta las características del sistema constructivo (repetitividad, velocidad), es conveniente que el hormigón sea provisto por plantas industriales elaboradas de hormigón, con procesos controlados desde la materia prima hasta la entrega del producto. La planta puede estar dentro o fuera de la obra.

En función a lo determinado en el diseño estructural, se definirán las mallas a utilizar en cada sector de la obra dependiendo exclusivamente de la verificación estructural. El uso de mallas electrosoldadas ofrece ventajas debido a su mayor rapidez de ejecución de los trabajos en obra, máxima adherencia, mayor resistencia y mejor control de fisuras.

En el mercado nacional se ofrecen mallas estándar y mallas especiales. Estas últimas se realizan a pedido del cliente con la especificación particular de las medidas de los paños, la separación y diámetro de las barras. Con el uso de estas mallas se reduce el tiempo de armado en obra, se reduce el consumo de acero y se reduce el espacio de armado y acopio. Con respecto a la

logística, se pueden programar entregas parciales según planificación y ritmo de obra.

En el Capítulo 1 de este Manual se desarrollan en detalle los aspectos atinentes a la tecnología de los hormigones y la armadura de refuerzo para este sistema constructivo.

2.4 Estudio de las instalaciones

Durante la etapa de diseño se debe definir la forma de ejecutar las instalaciones: embutidas en los muros, previstas por fuera de los mismos, o una combinación entre ambas posibilidades. Las ventajas y particularidades de cada caso se explican en el Capítulo 5 de este Manual.

En cualquier caso, es objeto del equipo de diseño hacer un exhaustivo análisis de las interferencias entre las distintas instalaciones, y entre las mismas y los elementos de hormigón con sus encofrados correspondientes, a fin de realizar todas las previsiones necesarias. Las mismas deben ser correctamente documentadas y detalladas, incluyendo al menos a:

- Pases para instalaciones que requieren diámetros considerables, como desagües cloacales y pluviales.
- Posibles cruces de diferentes instalaciones y resolución más conveniente para la ejecución y uso posterior.
- Instalación de gas: revisión de los recorridos de la instalación de gas a fin de dejar los negativos necesarios. Observar la interacción con las otras instalaciones, revisando las distancias mínimas, y con los elementos estructurales. Tener en cuenta además que las inspecciones de gas requieren inspecciones previas a la finalización de la obra, lo que puede condicionar el ritmo de avance en la construcción si no se armonizan la programación de obra con tales condiciones.
- Aire acondicionado: la inclusión de una preinstalación desde el proyecto es fundamental en este sistema constructivo, previendo los trabajos previos necesarios (colocación de

cajas de pase, previsión de rejillas y de cielorrasos o cajones), lo que redundará además en un ahorro importante a la hora de instalar el equipo, sin retrabajos adicionales.

La posibilidad de uso de kits pre-armados, preparados en el sitio de obra (in-house) o fuera de ella (externa), acelera el proceso de ejecución de las instalaciones con elementos industrializados. Si bien al momento de la elaboración de este manual no se identifican en Argentina proveedores nacionales de kits eléctricos o sanitarios, el concepto de pre-armado sí es aplicable como posibilidad en el contexto de la obra (in-house), en cuyo caso un grupo de operarios pueden prepararlos en un espacio reservado para ser luego montados como parte de los ciclos de trabajo.

2.5 Estudio de la posibilidad de uso de paneles tipo Concrehaus®

Al combinar el sistema industrializado de ejecución en sitio con los paneles industrializados de EPS se logra una tecnología y solución integral en única etapa. A las ventajas relacionadas a la industrialización del sistema (rapidez, mejoras en los procesos y la calidad de la construcción) se le agrega la posibilidad de incorporar la aislación térmica en el mismo proceso de colado de hormigón, simplificando las tareas y logrando un alto nivel de aislación, satisfaciendo simultáneamente los requerimientos estructurales y de cerramiento.

El panel es muy versátil, permite realizar cortes, uniones, fijar instalaciones o refuerzos antes de colocar los moldes de encofrado y hormigonar. No es necesario modular la obra a los paneles, ya que los mismos se fabrican con la altura necesaria y un ancho estándar de 1,20 m que se ajusta a las medidas necesarias a partir de cortes y uniones en obra, por lo que prácticamente no se generan desperdicios de material; al mismo tiempo sirven como soporte de las instalaciones, lo que optimiza las tareas.

3. Organización de los procesos de obra

3.1 Proyecto y logística del espacio de la obra

La organización de un obrador comprende el conjunto de elementos y disposiciones convenientes para la ejecución de la obra prevista, en las mejores condiciones posibles.

Dado que este método constructivo promueve una elevada sistematización de los procesos, para lograr reducciones de costos y mejoras en la productividad se debe prestar atención en proporcionar una planificación y costos adecuados para la instalación en el sitio de construcción del conjunto del obrador, ubicaciones de almacenamiento de material cerca de los frentes de servicio, y toda la infraestructura necesaria según la planificación de la obra y las características propias del sistema constructivo.

La sincronización de los distintos subsistemas que van a interactuar en la obra se debe reflejar en el proyecto y logística del obrador. Una correcta distribución de las vías de acceso, espacios de acopio de materiales, oficinas y sanitarios produce una disminución de tiempos "muertos" y maniobras equivocadas, conformando un factor importante para la economía y rapidez. La reducción de movimientos innecesarios, la elección acertada de las instalaciones, la sistematización y el orden son factores imprescindibles en la organización de la obra.

El manejo y almacenamiento de los materiales es un punto muy importante, ya que éstos son susceptibles a verse afectados por las condiciones bajo las cuales son resguardados, ocupan espacios relativamente grandes, y su consumo puede o no ser uniforme. Su administración en obra requiere que los procesos estén muy bien definidos, y que exista seguimiento y trazabilidad en todas las etapas para poder garantizar los suministros. La falta de espacio o el mal almacenamiento pueden ocasionar daños en el material, lo que afectará directamente a los costos de la obra por necesidad de recompra de material, extensión en el plazo de ejecución, entre otras circunstancias.

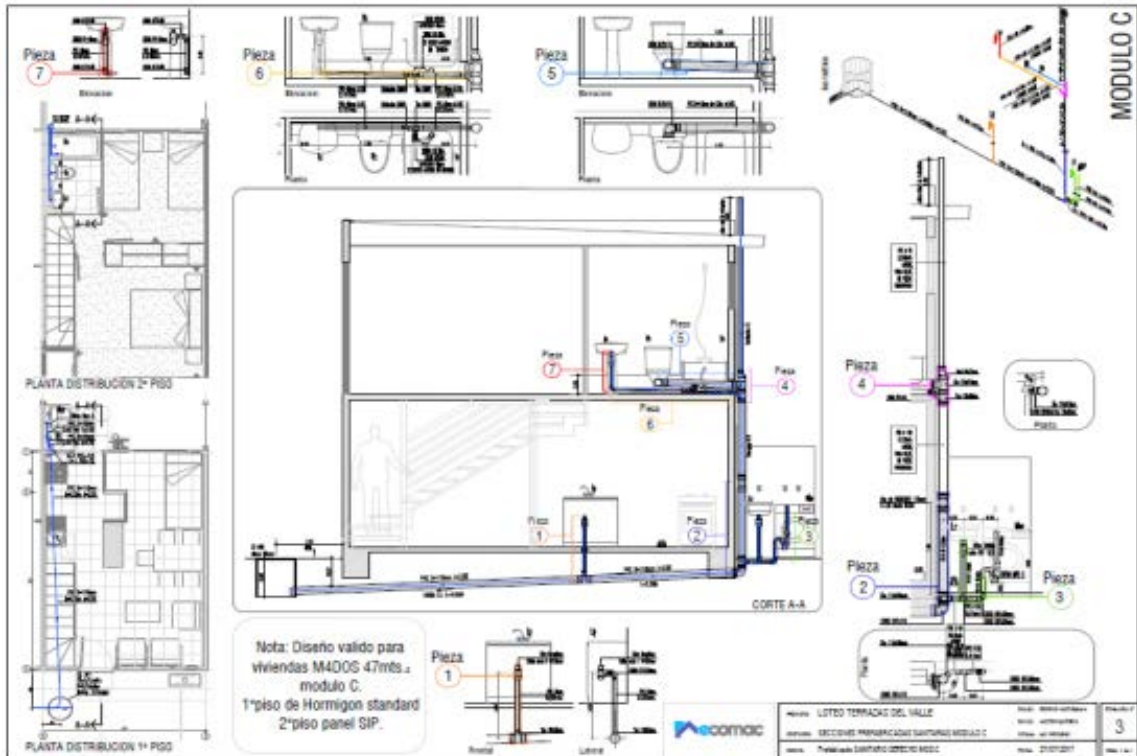


Figura 11.2. Kits pre-armados para instalaciones hidrosanitarias (cada kit se identifica con línea de color contrastante y una leyenda del tipo "Pieza #").

Fuente: Ing. Jaime Miranda, ECOMAC Chile, en Seminario de Industrialización en sitio para Proyectos Habitacionales de Hormigón Armado "De la Teoría a la Práctica" ICH-CCHC (Chile), 2019.

En ciertos proyectos, especialmente en localizaciones distantes de centros urbanos principales o en obras de mayor escala, existe la posibilidad de instalar un pequeño laboratorio de ensayos dentro de la obra, cuya planificación debe incluir estructura y personal técnico. En obras de escala chica o mediana, puede ser resuelto sin mayor problema con un servicio externo de ensayo.

3.2 Organización de trabajos

Desde la etapa de proyecto se estudiarán los detalles de cada proceso, el encadenamiento entre los mismos, y la necesidad de recursos físicos situados en el tiempo y el espacio. Su planificación acompañará todo el proceso, incluyendo:

- Tareas preliminares
- Tareas de ejecución de obra gruesa:
 - » Hormigón
 - » Acero
 - » Encofrados

- Tareas complementarias:
 - » Instalaciones
 - » Impermeabilización
 - » Aislaciones
 - » Cubiertas
 - » Carpinterías
 - » Revestimientos
 - » Otros

Para garantizar la gestión de los plazos de cada obra, la empresa debe desarrollar procedimientos y herramientas para la planificación física y el seguimiento de su progreso, asegurando la finalización de cada etapa en la fecha programada. Este planteamiento puede ser desarrollado en un cronograma dividido en tres niveles:

a. Cronograma físico de obra a largo plazo. Línea de balance. Calendario de contrataciones estratégicas

- Definición del plan estratégico de la obra y la interferencia entre las diferentes actividades técnicas.

- Visión de todo el trabajo: enfoque de plazo de entrega al cliente y el establecimiento de secuencia de trabajos.
- Definición de la línea base y la curva "S" (% físico a realizar en cada período).
- Mapeo de limitaciones estratégicas y definición de planes para su mitigación y eliminación.
- Definición de la estrategia de compras y contratación de los elementos críticos de la obra, y establecimiento de plazos de hitos para el cierre de los respectivos contratos.
- Definición de logística de entrega.
- Definición de actividades de validación, como montaje del primer módulo o inspecciones en el proveedor de encofrados.

b. Cronograma físico de obra a mediano plazo. Cronograma de hormigonado. Cronograma de compras y contrataciones por sistemas.

- Definición del plan para cumplir las metas en un período definido.
- Definición de compras y contratos del período establecido, necesarios para el cumplimiento de las metas.
- Definición de acciones para eliminar desviaciones detectadas en el período anterior con el fin de mantener el objetivo de tiempo de entrega de la obra.
- Definición de los equipos e infraestructura necesaria para llevar a cabo los procesos, incluido el ensayo de hormigón.

c. Cronograma físico de obra a corto plazo. Cronograma de hormigonado. Cronograma de compras y contrataciones por sistemas

- » Planificación de cada equipo, considerando el ritmo deseado.
- » Planificación de entregas de hormigón y alquiler de equipos para hormigonado.

- » Metas diarias con definición de horas locales de inicio y finalización para cada actividad.
- » Definición de las secuencias de producción de los equipos, así como los puntos de control y finalización.

En ámbitos de aplicación de este sistema se emplea el término CICLO al período de tiempo entre el retiro de un equipo de encofrados y la finalización del siguiente hormigonado de ese mismo juego. Para el cumplimiento del ciclo es necesario que cada equipo de trabajo tenga claro cuál es su meta por hora o por día. Cualquier retraso dentro de un ciclo no se recupera fácilmente y afecta a todas las tareas secuenciadas en el mismo. El cumplimiento del macro-cronograma de la obra está vinculado a esta etapa constructiva, y su retraso impacta fuertemente en el tiempo de entrega de las unidades; por tal motivo se recomienda que para cada tipo de producto (casa, edificios) se defina el ciclo y se establezca la estrategia de acción de los equipos de producción, considerando:

- Productividad del equipo por unidad.
- Dimensionamiento del equipo.
- Secuencia de producción, incluidas las actividades de montaje de equipos de protección y transporte de encofrados y accesorios.
- Recursos necesarios para cada equipo (equipos, herramientas y accesorios).

Se presenta a continuación un esquema "típico" de la planificación de actividades y tiempos requeridos en una obra con este sistema constructivo:

1. COLOCACIÓN DE MALLA EN LOS MUROS, incluyendo las actividades de trazado de ejes e instalación de refuerzo de muros. Esta actividad se debe hacer, por lo menos, un día antes de los trabajos de ensamble de equipo.
2. COLOCACIÓN DE INSTALACIONES EN MUROS. Al igual que la actividad anterior, esta tarea debe llevar un adelanto de por lo menos 1 día con la actividad de encofrado. Esta labor la hacen los contratistas eléctricos, hidrosanitarios y de instalaciones especiales del proyecto.

3. TRASLADO Y COLOCACIÓN DE PASARELAS O MENSULAS (primera hora de la mañana) con los elementos propios de cada sistema que permiten el encofrado en altura, traslado de personal y equipos con seguridad dentro del proyecto.

4. RETIRO DE ELEMENTOS DE ENSAMBLE (primera hora de la mañana, casi en simultáneo con la anterior), incluyendo tornillería, pines, corbatas, alineadores y demás elementos que permiten el ensamble del equipo.

5. TRASLADO DE ENCOFRADO Y ARMADO EN SITIO (a continuación de lo anterior y durante la mañana de la jornada). Prever sitios de almacenaje temporal dentro de la obra, dado que no siempre el ensamble y montaje se realiza en el mismo orden.

6. PLOMADA Y NIVELACIÓN (primera hora de la tarde) para el trabajo de ajuste final y verificación de parámetros antes del hormigonado.

7. COLOCACIÓN DE MALLA E INSTALACIONES EN MUROS (de la primera hora de la tarde, por alrededor de unas 2 a 3 horas), comprendiendo la instalación de refuerzo de placa e instalaciones técnicas. Esta actividad se realiza simultáneamente con la actividad anterior.

8. HORMIGONADO (durante el último período de la tarde). Una vez verificados todos los aspectos técnicos y arquitectónicos de la unidad a ejecutar se procede al hormigonado.

En esta secuencia debe corroborarse la “coherencia” entre el tiempo requerido para alcanzar la resistencia mínima de desencofrado, con el transcurrido entre la hora de finalización del hormigonado en una jornada y el inicio de desencofrado en la jornada siguiente. Un atraso en el proceso de fraguado y ganancia de resistencia en el hormigón retrasa la programación general y el avance de obra.

3.3 Control de la documentación

Para garantizar la correcta ejecución de la obra se recomienda que esté disponible la documentación en su versión correcta y actualizada, lo que comprende esencialmente a:

- Proyecto de organización y ejecución de obra de construcción, diagrama de Gantt, camino crítico, curva de inversiones.
- Proyecto de infraestructura (agua, desagües, alumbrado público, pavimentación, drenaje, otros).
- Diseño arquitectónico ejecutivo del edificio.
- Diseño estructural.
- Diseño de encofrados, incluyendo proyecto de apuntalamiento y protecciones colectivas.
- Proyectos de los subsistemas (instalaciones, carpinterías, revestimientos, cubiertas, entre otros).

3.4 Costos y planeamiento financiero de las contrataciones

La gestión del costo de la obra se basa en presupuestos distribuidos a lo largo del tiempo de acuerdo con la planificación de obra prevista, completando el cronograma con los gastos estimados. El control estricto de los gastos y un análisis constante del saldo disponible conforman una metodología de seguimiento de los costos de la obra. Es importante que la empresa establezca índices que controlen estos costos, como por ejemplo:

Los datos recopilados alimentarán una base de datos para retroalimentar la información del sistema de gestión de la empresa, así como promover mejoras en diversos procesos, como suministros, diseño, construcciones y presupuestos. Los mismos informes de gestión que incluyen información sobre el desempeño físico de la obra pueden incorporar aspectos sobre el rendimiento de costos. Así, es posible evaluar si el costo incurrido es consistente con el avance real de los servicios, verificar el impacto de las variaciones y planificar las acciones para reducir las pérdidas ya identificadas.

En relación a las contrataciones se observa como una buena práctica en este sistema la centralización de compras y contratos estratégicos, como encofrados, hormigón y acero, con el fin de asegurar la disponibilidad efectiva a la hora programada.

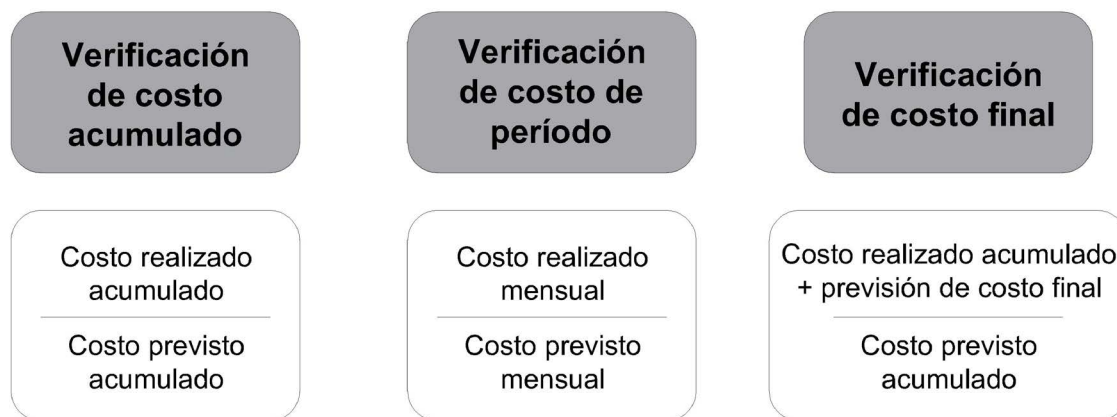


Figura 11.3. Índices para el control de costos en la ejecución de proyectos.

4. Materiales, equipamiento y otros insumos para los procesos de obra

4.1 Compra, recepción, control y acopio de materiales

Para un aprovechamiento efectivo de los altos índices de productividad que proporciona este sistema se recomienda definir pautas para asegurar que los recursos necesarios para el desarrollo de la obra estén disponibles de manera oportuna y en la calidad necesaria. Es importante que las rutinas de compra de materiales y contratación de los servicios estén claramente establecidas y generalizadas entre todas las partes interesadas. También debe ser aclarado el grado de influencia de cada uno en el proceso y la comunicación entre las partes en cada etapa. Este proceso muy bien definido permite a las empresas constructoras asociarse con sus proveedores, realizando contratos de suministro total con entregas parciales y programadas.

El equipo de compras y acopio de materiales debe tener pleno conocimiento del proyecto a ejecutar y los materiales requeridos, así como también debe tener conocimientos acerca de la evaluación de proveedores, la situación del mercado en cuanto al recurso necesario, su disponibilidad, las condiciones de pago y entrega, y cualquier otro punto influyente sobre la política de compra y gestión de la obra a construir.

Hacer un análisis del cronograma de ejecución y de todas las operaciones permite establecer una previsión en cuanto a las fechas en las cuales se debe tener el material en sitio y las cantidades que deben ser recibidas. Se recomienda que la empresa establezca herramientas internas (procedimientos, listados de especificaciones, entre otras) para evitar errores y consecuentes interrupciones de las actividades de construcción debido a la falta de algún material.

El proceso de suministro debe ser alimentado por las premisas definidas en la planificación física de los trabajos, y se puede formalizar en un cronograma de compras y contratación acorde con los plazos del proceso constructivo. La rutina para solicitar, aprobar y formalizar compras y contratos debe ser clara y puede ser objeto de normativa interna de la empresa.

Es importante definir el proceso de acuerdo a los tipos de compras y contratos, tales como:

- Materiales de construcción
 - » Fabricantes
 - » Distribuidores
- Prestadores de servicios
 - » Subcontratistas
 - » Especialidades de ingeniería
 - » Laboratorios
 - » Consultoría

- Equipos de construcción
 - » Transporte vertical y horizontal
 - » Medición y prueba
 - » Laboratorios de pruebas
- Equipamiento para producción
 - » Material de oficina, equipo informático y de comunicaciones
 - » Limpieza y mantenimiento
 - » Otros.

El control de calidad de los insumos de la construcción debe estar incluido en el sistema de gestión de la obra. Se deben establecer procedimientos documentados para guiar al equipo responsable en la recepción de materiales, las actividades de verificación necesarias, incluyendo la definición previa de los criterios de aceptación, re-muestreo y ensayo. Cuando corresponda se deben confeccionar los certificados de calidad requeridos para la recepción de los materiales.

La distribución y transporte de materiales dentro de la obra debe planificarse de manera que la ganancia en productividad del sistema no se pierda en las etapas del proceso constructivo; de la misma manera, se debe planificar el almacenamiento de los materiales. Para eso no sólo es fundamental contar con un espacio propicio para guardar los insumos, sino también designar a una persona que lo maneje y se encargue de realizar la distribución.

El aseguramiento de la calidad de los procesos y resultados finales de la obra están estrechamente ligados con la negociación, compra y buena gestión de los materiales a utilizar. Sin lugar a dudas un descuido en este proceso puede afectar no sólo la calidad del resultado, sino también los costos y los plazos de ejecución, por tener que comprar materiales adicionales, atrasos y tener que realizar retrabajos en ciertas actividades.

4.2 Encofrados

La recepción del encofrado debe realizarse teniendo presente las siguientes pautas generales: Inmediatamente después de la descarga, realizar un inventario de lo remesa.

- Las piezas deben almacenarse de acuerdo con sus tamaños para una mejor organización.
- Los moldes deben colocarse sobre tablas de madera o pallets.
- No se deben apilar más de 20 paneles en altura.
- El almacenamiento debe realizarse en un lugar limpio con piso.
- El representante de encofrados debe presenciar la descarga.



Figura 11.3. Gestión de los materiales.

Además de monitorear su recepción, se recomienda establecer en el sitio los métodos para la identificación, seguimiento y almacenamiento de encofrados.

Por otro lado, estos equipos necesitan cuidados específicos para asegurar su disponibilidad de acuerdo con la planificación realizada como, por ejemplo:

- Definición de actividades de limpieza, incluidos los productos y herramientas permitidos, así como su periodicidad.
- Definición de procesos de control de accesorios a ser incorporados durante el montaje, hormigonado y desmontaje.
- Definición de puntos de inspección de equipos y los criterios para su uso correcto.
- Definición de la necesidad de preparación inicial del encofrado o para cada uso, como la aplicación del desmoldante. En este caso, los productos recomendados deben ser explícitos y coherentes con el material del encofrado y el tipo de hormigón.

Una buena práctica al recibir los encofrados es ensamblar el juego completo de moldes (equipo de encofrado) con el fin de identificar cualquier necesidad de ajuste o complementación antes del inicio de la construcción. La validación del conjunto de encofrado en obra es una excelente oportunidad para probar la secuencia de producción planificada para cada equipo y también para identificar las condiciones de traslados en actividades de montaje y desmontaje.

4.3 Hormigón

En obras de media y gran envergadura, con ciclos de producción optimizados (diarios), un elevado consumo de hormigón puede conducir a la necesidad de montaje de una planta elaboradora en el sitio de obra. Esta planta funcionará según las necesidades definidas en el proyecto, y se complementará con ensayos de control ejecutados en el sitio de obra, en un laboratorio dispuesto a tal fin. En el caso más frecuente se recurre a plantas elaboradoras instaladas fuera de la obra, cuya operación está a cargo de un productor especializado, siendo preferentemente plantas del tipo "Modo 1" (Ref Norma IRAM 1666). En ambas situaciones es indudablemente importante asegurar el cumplimiento de los requisitos fijados por la norma IRAM 1666 para la elaboración de hormigón, así como racionalizar los medios de transporte del hormigón dentro de la obra.

Es imprescindible tener en cuenta una especificación certera del tipo (o tipos) de hormigón a utilizar en la obra, teniendo presente que la tecnología actual de los hormigones ofrece un espectro muy amplio de soluciones para todo tipo de circunstancias y necesidades, en cuanto a: prestaciones mecánicas y de durabilidad, edades de habilitación, condiciones de colocación rigurosas, geometrías complejas de encofrados y secciones estrechas esbeltas, densidad de armaduras y requisitos de terminación, entre muchas otras condiciones. El desconocimiento de algunas de estas variables y su impacto sobre la prestación del hormigón deriva en pedidos que se realizan casi exclusivamente por clase resistente, asentamiento y tamaño máximo del



Figuras 11.5 a 11.7. Recepción de encofrados en obra y almacenamiento temporario.

agregado grueso, obviando el resto de aquellas que pueden impactar sustancialmente sobre la dosificación del hormigón. Asimismo, una especificación incompleta imposibilita al productor de hormigón lograr una provisión que cumpla todas las expectativas de su cliente, y puede acarrear contrapuntos entre las partes.

Para identificar los aspectos que componen una especificación completa del hormigón a utilizar en la estructura y evitar malos entendidos con el proveedor, se sugiere utilizar la planilla propuesta por la norma IRAM 1666, cuyo contenido se reproduce como anexo del Capítulo 1 de este manual. Este registro permite asentar en forma completa y certera los requisitos solicitados por el usuario del hormigón, las prestaciones del producto a entregar, y así como realizar un seguimiento fehaciente y claro de la gestión de compra, lo que redundará en menores conflictos con los proveedores.

Los ensayos de control de calidad en obra completan el proceso de controles del hormigón durante su elaboración y transporte. En el momento de la recepción se toman pequeñas muestras representativas del total y se realizan los ensayos requeridos según lo establecido en el Reglamento CIRSOC 201, la norma IRAM 1564 (sólo en el caso de hormigones celulares espumosos) o el Reglamento CIRSOC 202 (sólo en el caso de hormigones livianos con agregados ligeros). La aceptación para iniciar la descarga y colocación del hormigón en los encofrados, así como la habilitación del retiro de encofrados (desencofrado), debe ser avalada por resultados previos de los ensayos respectivos que demuestren conformidad con los requisitos especificados para tales tareas.



Figuras 11.8 a 11.9. Instalación de una planta elaboradora dentro de la obra en un proyecto habitacional con este sistema.



Figuras 11.10 a 11.11. Transporte interno del hormigón y almacenamiento de materiales para una planta en la obra.

Como cualquier sistema constructivo que utilice hormigón, los técnicos encargados de los ensayos deben estar presentes durante el hormigonado. Los informes con los resultados de cada ensayo deben mantenerse como registros de calidad, además del control de trazabilidad, contemplando los lugares donde se vertió cada lote de hormigón.

4.4 Equipamiento de mediciones, inspección y ensayos

El equipamiento para el control de calidad en la recepción debe encontrarse en condiciones de uso adecuadas y estar calibrados o verificados de acuerdo con los requisitos de las normas de ensayo aplicables.

Durante la planificación se debe elaborar una lista de equipos que incluya los siguientes datos:

- Nombre y denominación de equipo
- Marca / Modelo / Número de serie
- Si se requiere calibración o verificación periódica
- Frecuencia de calibración o verificación (según corresponda)
- Fecha de la última calibración o verificación (según corresponda)
- Condición de aptitud: "Equipo Apto" / "Equipo No apto"

Todos los equipos deben contar con una identificación unívoca. Cualquier anomalía detectada en el funcionamiento de los equipos de control debe ser registrada y comunicada a la jefatura y a la dirección de obra, para proceder a su revisión y eventual reparación, incluyendo recalibración o nueva verificación.

El uso de equipos con características y/o precisión inadecuada puede afectar negativamente la ejecución del trabajo, ofreciendo información errónea en la toma de decisiones. En tal sentido, es importante invertir en tecnologías de control adecuadas, conformes con las normas técnicas respectivas y que ofrezcan prestaciones que sean compatibles con el nivel de productividad de la obra.

5. Mano de obra capacitada y supervisada

5.1 Capacitación de mano de obra

Aunque el uso de este sistema no requiere de mano de obra especializada, sí es necesario brindar una formación mínima a los equipos de trabajo para asegurar un uso correcto del sistema, especialmente en lo relativo a encofrados, su interacción con otros subsistemas y las premisas que hacen parte del desarrollo del proyecto con este sistema. Se recomienda que las empresas establezcan programas con capacitación de los operarios, los mandos medios y el equipo de gerencia y dirección.

Todos los equipos deben conocer desde el comienzo el sistema constructivo, los tiempos de entrega, la programación, metas a cumplir (diarias, semanales y mensuales), y las tareas a realizar por cada una de las cuadrillas. Esta información, junto con los conocimientos propios del sistema serán impartidos durante los primeros días de obra, cuando se realizarán prácticas con el equipo de encofrados. Durante este plazo, los responsables de la obra deben identificar las destrezas de cada uno de los trabajadores para conformar equipos de trabajo o cuadrillas eficientes.

Se debe prestar especial atención a los operarios que trabajan con los encofrados, ya que deben recibir formación específica para el reconocimiento, montaje, desmontaje, limpieza y almacenamiento de las piezas.

Durante todo el proceso constructivo es fundamental contar con un control y supervisión permanente del personal.

Como aproximación, una cuadrilla básica de trabajo se compone de los siguientes roles:

- Capataz general
- Responsable de pañol / depósito en obrador
- Operadores de equipos de movimiento vertical y horizontal (oficial y ayudantes)
- Desarmadores: cuadrilla especializada en el desencofrado y para dar apoyo al momento de realizar el aplome y nivelación final de encofrados.
- Montadores: cuadrilla especializada en el montaje y ajuste del equipo.

- Armadores: cuadrilla encargada del manejo de mallas, barras de acero para el armado y encofrado.
- Ejeros: encargados del armado de talones y malla preliminar, instalación de conductos para la instalación eléctrica e hidrosanitaria (si es aplicable), trazado de ejes, montaje de negativos en placas y muros, montaje de elementos adicionales para juntas. Esta cuadrilla trabaja interviene en la jornada previa al hormigonado, durante el pre-ensamble de elementos estructurales requeridos, colocación de distanciadores, pre-ensamble de refuerzo de dinteles, instalación de fundas de corbatas, entre otras tareas.
- Limpieza de encofrados y aplicación de desmoldante
- Limpieza de obra: personal requerido para retirar el sobrante de material luego del desencofrado del equipo y poder entregar la zona limpia a la cuadrilla de remates.
- Resanadores para aplicación de mortero para sello de perforaciones de distanciadores y otros ajustes post-desencofrado y antes de las tareas de terminación.

5.2 Seguridad ocupacional

Las cuestiones de seguridad en el trabajo, además de la formación del equipo en cuanto a riesgos y acciones para evitar accidentes, son aspectos de importancia central.

El dimensionamiento y detalle de las protecciones colectivas se debe realizar en la etapa de definición del diseño de encofrados, ya que no se recomiendan adaptaciones y sobrecargas no previstas en la estructura del encofrado. La solución de estos imprevistos puede generar también altos costos adicionales y retrasos en el cierre del ciclo.

En el caso de utilizar andamios, bandejas y demás elementos, los mismos deben estar dimensionados para contemplar el ciclo de montaje del molde y desmolde simultáneamente, por lo que debe ser duplicado en cantidad al juego de encofrado.

Tabla 11.1. Cuadrilla típica para obra húmeda para un proyecto con unidades de 60 m² de superficie.
Fuente: EIDICO Vivienda.

Rol	Administrativos	Oficiales	Ayudantes	
Capatáz general	1			
Responsable de pañol / depósito en obrador	1			
Operadores de equipos de movimiento vertical y horizontal	1			
Auxiliares de Operadores de Equipos - Enganchadores			1	14 a 17 operarios
Desarmadores y montadores		3 a 4	3 a 4	
Armadores		1 a 2	1	
Ejeros e instaladores: talones, malla preliminar, conductos de instalaciones, separadores, negativos, elementos adicionales para juntas		2	2	
Limpieza encofrados y resanadores			2	
Limpieza de obra			1	
SUBTOTALES	3	6 a 8	10 a 11	

Tabla 11.2. Cuadrilla típica para obra húmeda para un proyecto con unidades de 130 m² de superficie.
Fuente: FICEM, 2021.

Rol	Adminis- trativos	Oficiales	Ayudan- tes	
Capatáz general	1			
Responsable de pañol / depósito en obrador	1			
Operadores de equipos de movimiento vertical y horizontal	1			
Auxiliares de Operadores de Equipos - Enganchadores			2	
Desarmadores		2	2	18 operarios
Montadores		2	2	
Armadores		1	1	
Ejeros: talones, malla preliminar, conductos de instalaciones		1	1	
Ejeros: separadores, negativos, elementos adicionales para juntas			2	
Limpieza encofrados			2	
Resanadores		1	1	
Limpieza de obra			1	
SUBTOTALES	3	7	14	

Se recomienda que un ingeniero de seguridad participe en la fase de evaluación del proyecto y de la elección del proveedor de encofrados, de modo que se verifiquen y soliciten los requisitos legales antes de que se cierre la compra.

6. Control de calidad

6.1 Tareas de control

Este sistema requiere un control de calidad continuo y riguroso, teniendo en cuenta la importancia de su ejecución secuenciada y ordenada. Desde el inicio de la planificación de la obra se deben contemplar las tareas de control en los diferentes campos:

- Control de materiales
- Control de servicios contratados
- Control de personal
- Control de procesos críticos relacionados a la calidad

- Control de seguridad, limpieza y mantenimiento de la obra

En relación a los encofrados, las tareas de control tienen un papel muy importante tanto en el momento del proyecto y fabricación de los moldes como en su uso durante el proceso constructivo. La secuencia de control se divide en los siguientes pasos:

- Validación de proyectos por un profesional que conoce el sistema y el proceso de producción.
- Seguimiento del montaje y desmontaje de los moldes con el proveedor, antes del envío a la obra, con el objetivo de evaluar si las condiciones contratadas satisfacen las necesidades de producción.
- Montaje y desmontaje de encofrado en el momento de la recepción en obra, para

asegurar que se cumplan las condiciones y características del equipo contratado.

- Seguimiento de la ejecución de las primeras unidades hasta la retirada del apuntalamiento permanente, con el fin de evaluar si las soluciones cumplen con las especificidades del proyecto, o la ejecución de un prototipo para una evaluación completa de todas las soluciones dadas al sistema constructivo.
- Validación / revisión del proyecto mediante análisis crítico tras la ejecución de una unidad modelo.

Para realizar un seguimiento de los plazos durante la construcción se recomienda que la empresa establezca un sistema de mediciones rutinarias del progreso físico de los servicios realizados en el período, considerando paquetes de trabajo previstos en los respectivos horarios. A partir de ahí será posible evaluar el impacto de posibles desviaciones de los resultados globales definidos.

A partir del análisis de los datos generados por el propio sistema de gestión, los resultados de auditorías internas o externas, encuestas de satisfacción y percepción del cliente o incluso del equipo, es posible identificar los puntos donde se necesita realizar un ajuste o revisar aspectos que puedan mejorar su desempeño.

No existe un sistema de gestión eficaz sin tomar acciones correctivas y preventivas. Por tanto, es importante establecer los pasos que debe seguir cada uno para identificar problemas reales o potenciales, investigar sus causas y proponer las acciones necesarias para prevenir su ocurrencia.

Las acciones deben implementarse de manera controlada y su efectividad debe evaluarse posteriormente para asegurar que se haya eliminado o reducido la posibilidad de que ocurra un problema sustancial.

6.2 Análisis de datos y mejora continua

Para que un sistema de gestión se adapte a las necesidades del sistema constructivo y garantice la calidad de la obra es necesario que esté abierto a ajustes con un enfoque de mejora continua.

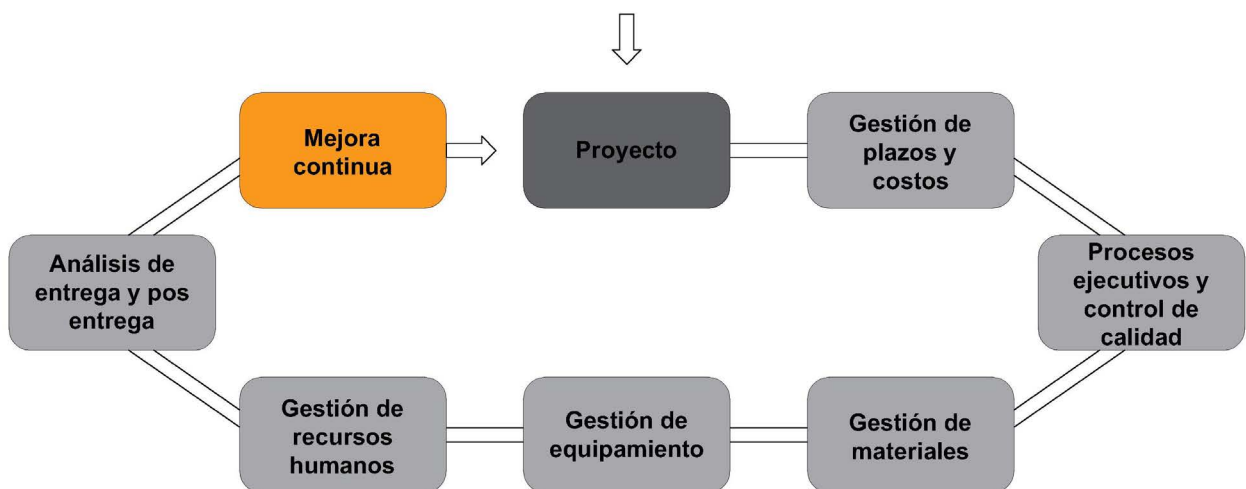


Figura 11.10. Secuencia de etapas para la mejora continua en proceso.