



ASOCIACION
ARGENTINA del
HORMIGON
ELABORADO



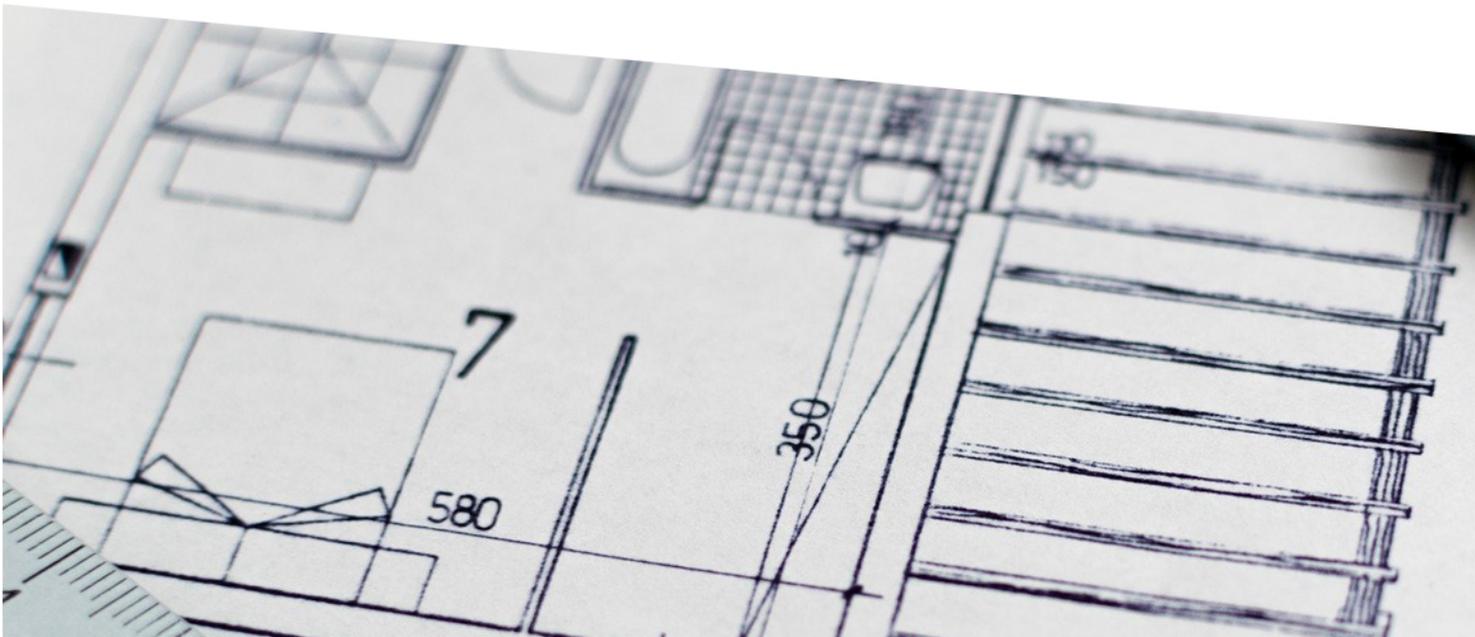
1



**HORMIGÓN
ARQUITECTÓNICO**

Criterios Básicos

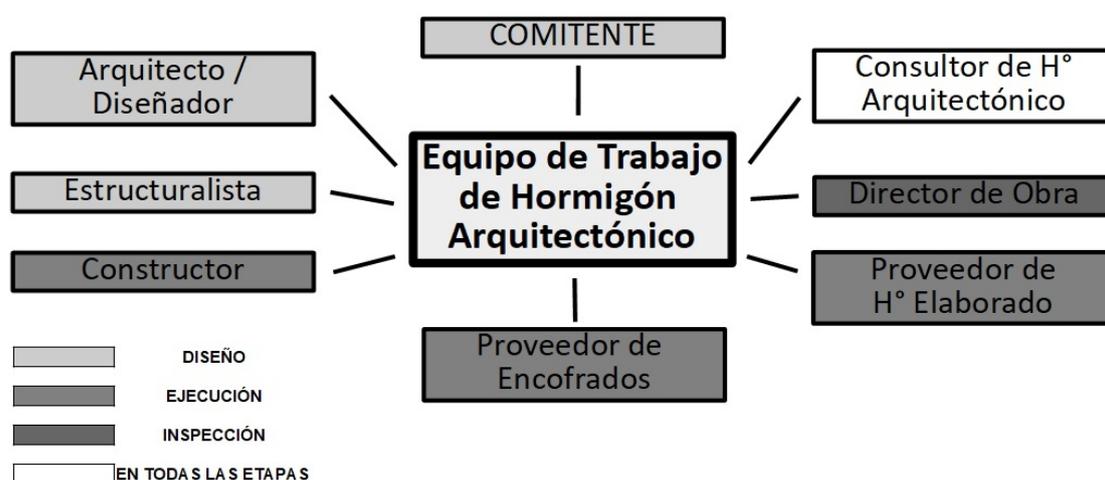
**Diseño y Ejecución
de un Proyecto de H°Arq°**



Criterios Básicos - Diseño y Ejecución de Proyectos con Hormigón Arquitectónico (H°Arq°)

Como parte de una iniciativa de la AAHE que tiene por objetivo principal la difusión y el uso del Hormigón Arquitectónico (H°Arq°), este documento pretende enfatizar la organización y coordinación necesarias para poder obtener los mejores resultados.

Sugerimos el siguiente esquema de equipo de trabajo, intentando describir la coexistencia/interacción de participantes con conocimiento y experiencia sobre las variables más relevantes, que influyen en el resultado final en un proyecto con Hormigón Arquitectónico.



Pudiendo, dentro de este esquema, un mismo profesional o persona cubrir más de uno de los roles de experto en el tema.

Comitente: Dueño o desarrollador del proyecto.

Diseñador: Arquitecto o profesional encargado del diseño.

Estructuralista: Ingeniero calculista o profesional responsable o a cargo del cálculo estructural.

Constructor: Empresa constructora que incluye los roles de Jefe de Obra o Contratista.

Proveedor de Encofrados: Empresa proveedora de sistemas o componentes y sus elementos accesorios, como desencofrantes.

Proveedor de H° Elaborado: Empresa a cargo del suministro del H° Elaborado categoría Arquitectónico, preferentemente miembro de la AAHE.

Director de Obra: Profesional a cargo de la Dirección de Obra o Inspección, rol muchas veces compartido con el de Proyectista.

Consultor de H° Arquitectónico: Profesional especialista para brindar consultoría/asesoramiento técnico en todas las etapas del proyecto. Este rol muchas veces es cubierto por algún profesional del estudio de arquitectura / proyectista / dirección de obra.

Para reducir la brecha entre lo esperado y lo alcanzado en un proyecto con H°Arq°, compartimos algunas recomendaciones que surgieron como determinantes en las entrevistas realizadas a arquitectos, diseñadores, proveedores de sistemas de encofrados, constructores, contratistas y dueños.

En todo proyecto de construcción los diseñadores realizan estudios de visuales, de comportamientos térmicos, acústicos, de reflexión/absorción de la luz, asoleamiento, vientos, características específicas de materiales de cerramiento de espacios, e inclusive deben evaluarse aspectos claves en el uso y mantenimiento de la estructura y el proyecto en su conjunto.

Cuando un diseño incorpora el uso del **H°Arq°**, además de los requerimientos del usuario, tecnologías disponibles y medio, sugerimos tener presente la siguiente secuencia y situaciones específicas:

1. Poner en conocimiento del cliente/comitente/dueño las características valorables de H°Arq°, como material y como parte integral del diseño arquitectónico. Puede pensarse simplificada al H° como una piedra en estado líquido que adoptará la forma y superficie que se imagine y que en un período determinado adquirirá una consistencia sólida y cuyas principales fortalezas serán:

- DURABILIDAD
- FLEXIBILIDAD DE DISEÑO
- BAJO MANTENIMIENTO
- ENVEJECIMIENTO SUPERFICIAL SIN DETERIORO
- INFINIDAD DE TEXTURAS POSIBLES

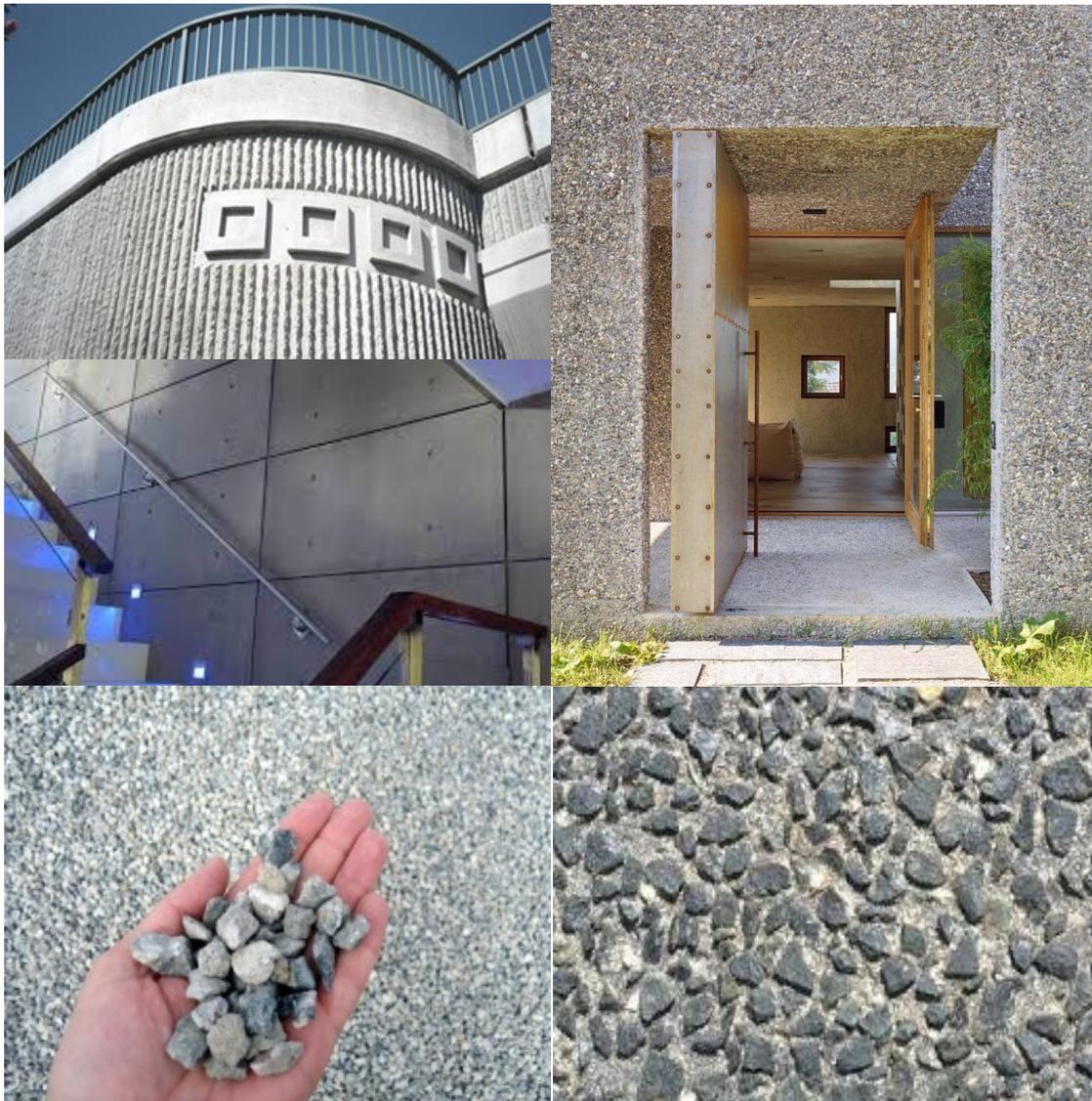
Y que estas propiedades intrínsecas del material, combinadas con alternativas de encofrados y terminaciones, permiten ampliar los límites de lo alcanzable para el cliente y los profesionales intervinientes, conjugando la geometría de la pieza con componentes tales como:

- ENCOFRADOS CON TABLAS CRUDAS (o saladas, como se denominan en algunos mercados)

- ENCOFRADOS CON TABLAS CEPILLADAS
- ENCOFRADOS CON TABLAS MACHIMBRADAS
- ENCOFRADOS CON FENÓLICOS
- ENCOFRADOS CON FENÓLICOS CON FILM
- SUPERFICIE IMPRESA
- AGREGADO EXPUESTO
- TEXTURIZADOS
- COLOREADOS
- CON INSERTOS O IMPRONTAS

Todas estas opciones y la combinación entre ellas dan como resultado un sin número de posibilidades de diseño, ejecución, acabado superficial y colores.

2. Definir qué tipo de terminación se requiere, teniendo en cuenta las distintas texturas posibles y la reutilización de los moldes.



3. Poner en conocimiento del cliente cuales son las posibilidades de terminación mediante renderizados, maquetas, realidad virtual, realidad aumentada, portfolios o visitas a obras (propias o de terceros). Entendemos que es la manera más eficiente de afinar las expectativas definitivas de cada uno de los participantes del proyecto, achicando la “brecha” anteriormente mencionada.
4. Poner especial atención en la geometría y complejidad constructiva de los elementos estructurales y constructivos (en especial su modo de llenado, la forma en la que vamos a eliminar el aire, el tamaño máximo de agregado/separación entre armaduras y/o recubrimiento), conjugando las necesidades arquitectónicas y estructurales de la obra y estudiando los encuentros en las diferentes etapas constructivas.
5. Cuando no se dispone de una experiencia previa en este tipo de proyectos, sugerimos contar con los servicios de un Consultor de H°Arq°, que provea asesoramiento profesional desde la etapa de diseño, cubriendo fundamentalmente aspectos como:
 - a) Especificación de las características de los Hormigones Elaborados (H°E°) categoría Arquitectónico de las diferentes piezas estructurales (materias primas especiales, consistencia del material, tipo de hormigón, autocompactabilidad, retracciones, colores y pigmentos, etc)
 - b) Sistemas de encofrados
 - c) Llenado de las piezas definiendo secuencia, forma, velocidad de llenado, altura de vertido y tiempos dependiendo de la condición climática
 - d) Desmoldantes adecuados para cada tipo de superficie y posición
 - e) Sistemas de curado
 - f) Desencofrado (edades, formas y tratamientos posteriores)
6. Recomendamos dar importancia al estudio de la compatibilización de encuentros con otros materiales de cerramiento, pisos, carpinterías, etc. Son frecuentes los encuentros de tres o más planos geométricos distintos con diferentes materialidades (tabiques, vigas, losas y muros con carpinterías, solados y revestimientos), por lo cual es conveniente resolver detalladamente los mismos, utilizando todos los soportes digitales o gráficos necesarios. Dentro de estas posibilidades es importante considerar los movimientos relativos que pueden tener materiales con coeficientes de dilatación térmica diferentes, ya que luego pueden generar fisuración de piezas o elementos, afectando estética y/o estructuralmente y también económicamente a los proyectos.



7. Atender al diseño y confección de los planos de encofrado (ver las recomendaciones del documento “Criterios básicos - Encofrados para un proyecto de Hormigón Visto o Arquitectónico”):

Prestar atención a los siguientes puntos:

- Secuencia de armado y desencofrado
 - Ubicación de pases y plenos necesarios, verificar secciones adecuadas
 - Diseño de partes estructurales, uniones y encuentros de vigas, tabiques, columnas, losas, parasoles, etc.
 - Cantidad de acero en los puntos de intersección, “crushes”
 - Estudio de encofrados, uniones de piezas, tablas, placas, formas de unión y sujeción
 - Complejidad de llenado y conveniencia de etapas (p.ej.: tabiques y parasoles)
 - Estudiar la presión del hormigón sobre los encofrados, especialmente en el caso de los hormigones autocompactantes donde muchas veces por la mayor velocidad de llenado se pueden generar presiones que llegan a la ruptura/apertura de los mismos
8. En los proyectos con H°Arq° es necesario aumentar los cuidados en la consolidación del H°E°, no sólo por las implicancias que tiene en la pérdida de resistencia (por heterogeneidad, aire ocluido/atrapado, etc) y de durabilidad (alta porosidad, permeabilidad por falta de compacidad) como en cualquier estructura de hormigón convencional, sino en este caso particular por las consecuencias que tiene en el aspecto y acabado final de la pieza. La consolidación del H°E° es el proceso de llenado total de los moldes en forma compacta envolviendo completamente armaduras e insertos que estuvieran alojados dentro de la pieza.

En el caso de los H°E° autocompactables, como su denominación lo indica se compactan por sí mismos, pero en las otras consistencias la consolidación debe ser efectuada mediante el vibrado, en general interno o de inmersión (vibradores de aguja) y en algunas piezas se recomienda vibrado externo (plantillas vibratoras, vibradores de placa, etc.). En los casos de vibrado, la frecuencia de vibración es función fundamentalmente de la pieza a consolidar y tipo de hormigón vertido. Para el caso de los vibradores de aguja otras variables a definir son el diámetro de la aguja, la distancia entre aplicaciones y tiempo de cada aplicación, siendo los tres función de las dimensiones de la pieza a consolidar. Tanto una sub-aplicación como una sobre-aplicación de vibrado son contraproducentes, al igual que el contacto de la aguja del vibrador con las armaduras e insertos.

La consolidación inadecuada del hormigón fresco en los encofrados de una estructura de H°A°, genera patologías como “nidos de abejas”, segregaciones (sub o sobre-vibrado), exudaciones (sobre-vibrado) y puede ser uno de los factores que contribuya a la existencia de burbujas en la superficie que estuvieron contacto con los encofrados.

En relación con estas burbujas, recomendamos el estudio del tema por parte del consultor o profesional a cargo de los detalles de diseño y ejecución del H°Arq° junto a los proveedores de H°E° y del sistema de encofrados y desmoldantes, en la siguiente secuencia:

- a) H°E° Categoría Arquitectónico (consistencia, aire incorporado, cohesión, temperatura, tipo y base química del aditivo, tipo de cemento, adiciones y agregados)
- b) Desmoldante (base química, espesor película, temperatura de encofrado, momento de aplicación, etc)
- c) Ejecución (vibrado o no, tipo de vibrado, altura de llenado, temperatura ambiente, etc)

Es altamente recomendable tanto para el éxito de un proyecto de H°Arq°, como para la evaluación del proceso de consolidación y la verificación de la presencia de burbujas en superficie la ejecución de un sector o tramo de prueba piloto a escala real como se indica en el punto 14.



9. Planificar el modo de llenado, desde donde se empezará a llenar, cuáles son los elementos estructurales prioritarios, tiempos y secuencia de vibrado, prioridades de secuencia y tiempos para evitar juntas. Estudiar la forma y continuidad de las coladas posteriores.

10. Capacitar a los contratistas sobre temas críticos como vibrado, encofrados, desmoldantes, desencofrado, secuencia de llenado, rellanos de espera (área donde el personal de Dirección de Obra y de otros gremios como sanitarios, electricistas, etc., podrán verificar el desarrollo del hormigonado sin entorpecer la tarea).

11. Desarrollar pliegos de Condiciones y Características del H°E°, con el soporte del Consultor en H°Arq°.
12. Asegurar la inamovilidad y ubicación definitiva de las instalaciones eléctricas, cajas, bocas, centros, domótica, instalaciones sanitarias, etc. Estudiar las ubicaciones de luminarias y artefactos y forma de anclaje de los mismos (p.ej.: cazoletas para artefactos embutidos).
13. Sugerimos elaborar junto al Consultor de H°Arq° un sistema de recomendaciones al contratista de H° (cartelería y folletos con recomendaciones).
14. Es muy importante proyectar un sector/tramo de prueba piloto (a escala real en lo posible), que permita evaluar la diferencia entre lo proyectado y lo obtenido al desencofrar. Esta prueba piloto permitirá la evaluación del desempeño de los encofrados y desmoldantes, altura y velocidad de llenado, vibrado, curado, etc., y como todas estas variables impactan en el acabado superficial, permitiendo definir las limitaciones del material, constructivas y profesionales.
15. Tener presente que el material siempre representará un desafío y podrá generar una sorpresa al desencofrar. Se aconseja predefinir un Plan B, con la asistencia del Consultor de H°Arq° para el acabado de superficies y el perfilado o rectificación de aristas y buñas, para el caso de no obtener resultados plenamente satisfactorios.

Recomendaciones en la etapa de EJECUCIÓN

Concientizar y entrenar al personal respecto del tipo de superficies con las que se trabajará, su cuidado previo y posterior.

Sugerimos ejecutar como primer paso la prueba piloto 1:1, que puede ser una pieza estructural que no quede a la vista, o que si no alcanza las características de acabado superficial deseadas pueda revestirse, o que al no estar en un área tan visible pueda repararse. En esta pieza o estructura se validarán el acabado superficial alcanzado con el tipo de H° Arq° adquirido, los encofrados, los desmoldantes, la forma de llenado, vibrado si fuera necesario, desencofrado y curado.

1. Usar encofrados, puntales y sujeciones en un todo de acuerdo a las recomendaciones del documento **“Criterios básicos - Encofrados para un proyecto de H°Arq°”**
3. Es conveniente no mezclar tablas o placas usadas con nuevas, ya que al desencofrar serán muy notorias las variaciones superficiales, dado que puede haber diferencias de absorción incluso utilizando desmoldantes

4. Sugerimos designar un responsable de la limpieza durante y posteriormente al armado de la superficie del molde. Deberá verificar que las cabezas de los clavos no queden expuestas (enrasado con tablas o fenólicos) y corroborar el uso de los separadores definidos y su posición adecuada a cada situación.

En este punto y dada la importancia de los separadores (tanto entre las armaduras y el encofrado como entre barras para asegurar tanto el correcto colado como la uniformidad superficial), es que recomendamos atender a la correcta colocación y distribución de estos elementos sencillos y económicos, por esos mismo muchas veces no apreciados en todo su valor.

Resumiendo, del correcto uso de los separadores dependen en parte diversas propiedades y características que se pretenden del hormigón, tanto en la etapa de colado como en el desencofrado y su posterior vida útil: alineamiento de barras consecutivas, mantenimiento de espesores de recubrimiento, protección de la carbonatación y preservación del acero de la oxidación que lo destruye, prevención de nidos de abeja y otros defectos de llenado y, en el caso del H°Arq°, obtención de la calidad superficial que se pretende con esta técnica.





Es importante evitar que las armaduras permanezcan mucho tiempo apoyadas directamente sobre el encofrado ya que la aparición de óxido superficial en las barras, si bien no es perjudicial desde el punto de vista estructural, si lo es desde el punto de vista estético al “manchar” las superficie del encofrado y esto después al colar el hormigón fresco pasará al mismo y luego al desencofrar aparecerán manchas muy difíciles de remover.

5. Recomendamos designar un responsable de la supervisión de la limpieza de los fondos de encofrados, y emplear aspiradoras y/o imanes para el caso de restos de alambres y clavos.
6. Barrer, juntar y limpiar restos de cañerías, tornillería e instalaciones.
7. Evitar realizar cortes de maderas sobre la superficie del encofrado. Ver la posibilidad de disponer de una mesa de corte en un sitio de obra distinto o una planta anterior.
8. Respetar los sistemas de encofrado, no mezclar puntales metálicos y de madera. Esto podría generar variaciones diferenciales y movimientos de la estructura del molde.
9. Verificar al reutilizar tablas y placas si tienen perforaciones de usos anteriores.
10. Verificar el alineamiento correcto de paneles y aristas finales, ya que suelen quedar los cortes mal realizados o fuera de línea.
11. Coordinar con el proveedor y con quien será el responsable de la recepción del material (ver documento “Criterios Básicos - Programación de Recepción de Hormigón Elaborado (H°E°) la logística en los alrededores de la obra y en la obra misma, el lugar de espera de los camiones, el lugar para lavado de los mismos, el sitio para ubicación adecuada de la bomba, etc.
12. Respetar la planificación o secuencia de llenado y sus tiempos asociados.

13. Uso de desencofrantes adecuados (ver documento “**Criterios básicos - Encofrados para un proyecto de H°Arq°**”).

En el caso de no emplear lámina o formliner, es imprescindible el empleo de desencofrante, para lo cual deben seguirse las orientaciones del Consultor de H°Arq° y/o del fabricante del desencofrante para definir:

- a) Tipo de equipamiento para aplicación.
- b) Espesor de la película o tasa de aplicación.
- c) Tiempo mínimo antes de hormigonado.

Para definir estas variables se deben tener en cuenta

- d) Absorción de las caras a tratarse con desencofrante (madera, fenólico con o sin revestimiento, metal o plástico).
- e) Geometría de la pieza a hormigonar (p. ej.: un tabique es muy diferente del caso de una losa o viga de baja altura).
- f) Temperatura ambiente (aplicación previa al hormigonado). Tipo de aditivos empleados en el H°Arq° recibido.

14. Usar herramientas adecuadas y en condiciones; siempre contar con reemplazos inmediatos para las mismas.

Para el caso de hormigones que requieran vibrado, deben preverse al menos dos equipos de herramientas de vibrado.

Contar con tableros y alargues eléctricos en condiciones y con reemplazos ante el caso de fallas imprevistas. Considerar la posición de los mismos, sin entorpecer el tránsito del personal, la bomba y/o herramientas.

15. Recomendamos una reunión previa al hormigonado para revisar (ver documento “**Criterios básicos – Programación de Recepción de H°E°**”):

- Roles más importantes y ubicación en las diferentes etapas
- Secuencia de llenado
- Definición de responsable de vibrado, repasando secuencia y forma de vibrado
- En el caso de barrio cerrado/country/parque industrial, definir responsable de coordinación en puerta de acceso para coordinar obra-vigilancia-espera de moto-hormigoneros.
- Acabado superficial y/o curado

16. Es conveniente mantener el espacio ordenado y cuidados en el llenado.

Conservar las circulaciones libres y disponer accesos al encofrado de manera franca y segura.

17. Aconsejamos tener planificado un espacio para dejar las herramientas, de permanencia para el personal de los otros rubros participantes (electricistas, sanitarios, etc), rellano de espera y rellano de servicio.

18. Tener preparados los anclajes de los próximos encofrados.

19. Planificar los tiempos de desencofrado y los cuidados de las superficies terminadas, atendiendo a:

- Tiempos y tipos de curado.
- Cuidados especiales en etapas posteriores al desencofrado.
- Protección de los paramentos una vez desencofrados contra impactos en zonas de tránsito de personal, herramientas y equipos (utilizar cartón, film, plástico con burbujas, etc.) hasta la entrega final.
- Prohibición de apoyar objetos.
- Prohibición de escribir en las superficies.

20. Prever las sujeciones necesarias para implementar los elementos de seguridad obligatorios al realizar el proyecto (anclajes, pantallas, etc).