

243



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

EL CONCRETO HIDRAULICO II

Tesis Profesional

Que presenta:

ENRIQUE AGUILAR HERNANDEZ

Para obtener el Título de

INGENIERO CIVIL

Director de Tesis:

RAFAEL ABURTO VALDES

México, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E .

INTRODUCCION.	1
---------------	---

CAPITULO I. COMPACTACION.

1.1. Compactación del concreto.	3
1.2. Trabajabilidad y consistencia.	4
1.3. Métodos.	6-7
1.3.1. Manuales.	
1.3.2. Mecánicos.	
1.4. Vibrado.	7
1.5. Equipos de vibrado.	
1.5.1. Internos.	9-16
1.5.1.1. Vibrador de flecha flexible.	
a) Motor de gasolina.	
b) Motor eléctrico.	
c) Motor eléctrico en la cabeza.	
d) Vibrador de aire.	
1.5.1.1.1. Recomendaciones.	
1.5.1.1.2. Selección.	
1.5.1.1.3. Previsiones.	
1.5.2. Externos.	17-21
1.5.2.1. De cimbra.	
a) Rotatorios.	
b) Verticales.	
1.5.2.2. De superficie.	
a) Regla vibratoria.	
b) Tipo bandeja.	
1.5.2.3. Mesas vibratorias.	

1.6. Cimbra.	22
1.7. Falta y exceso de vibrado.	23

CAPITULO II. CURADO.

II.1. Curado del concreto.	24
II.2. Contenido de agua.	25
II.3. Temperatura.	26
II.4. Tiempo.	27
II.5. Métodos.	
II.5.1. Curados con agua.	28-32
II.5.1.1. Anegamiento o inmersión.	
II.5.1.2. Regado periódico.	
II.5.1.3. Cubiertas con materiales absorbentes.	
a) Costales de yute.	
b) Mantas de algodón y alfombras.	
c) Tierra o arena.	
d) Paja o heno.	
II.5.1.4. Vapor a presión atmosférica.	
II.5.2. Materiales selladores.	33-36
II.5.2.1. Películas impermeables.	
II.5.2.2. Membranas a partir de compuestos líquidos.	
II.6. Aspectos generales.	36

CAPITULO III. CONCRETO BOMBEADO.

III.1. Concreto bombeado.	38
III.2. Equipo.	39-46
III.2.1. Bombas de pistón.	

III.2.2.	Bombas neumáticas.	
III.2.3.	Bombas peristálticas.	
III.2.4.	Tuberías.	
III.2.4.1.	Tubo rígido.	
III.2.4.2.	Tubo flexible.	
III.2.5.	Accesorios.	
III.3.	Preparación de la línea.	47
III.4.	Dosificación.	47-52
a)	Bloqueo de filtro.	
b)	Bloqueo por fricción.	
III.4.1.	Agregado grueso.	
III.4.2.	Agregado fino.	
III.4.3.	Agregado ligero.	
a)	Grueso ligero.	
b)	Fino ligero.	
III.5.	Agua y revenimiento.	53
III.6.	Aditivos.	54
III.7.	Control de calidad.	55
III.8.	Consideraciones generales...	56

CAPITULO IV. CONCRETO LANZADO.

IV.1.	Concreto lanzado.	58
IV.2.	Mezclado seco.	59
IV.2.1.	De alta velocidad.	
IV.2.2.	De baja velocidad.	
IV.3.	Mezclado húmedo.	61
IV.4.	Propiedades.	62
IV.5.	Usos.	63
IV.6.	Agregados.	64
IV.7.	Diseño de mezclas.	65

IV.8. Aditivos.	66
IV.9. Equipo.	
IV.9.1. Planta.	67
a) Abastecimiento de aire.	
b) Abastecimiento de agua.	
IV.9.2. Boquilla.	70
IV.9.3. Lanzadoras.	71-77
IV.9.3.1. Lanzadoras de mezcla seca.	
A. Rueda de alimentación.	
B. Alimentación directa o por gravedad.	
C. Tambor rotatorio.	
IV.9.3.2. Lanzadoras de mezcla húmeda.	
IV.10. Técnicas para su uso.	78-80
IV.10.1. Refuerzo.	
IV.10.2. Juntas constructivas.	
IV.11. Cimbra.	81
IV.12. Algunas aplicaciones.	82-85
a) Reparación de estructuras de concreto.	
b) Reparación y refuerzo de estructuras de acero.	
c) Reparación de estructuras marítimas.	
d) Revestimientos para muros de contención.	
IV.13. Pruebas de calidad.	86
a) Resistencia.	
b) Adherencia.	
c) Prueba con martillo Schmidt.	
 CONCLUSIONES.	 88
 BIBLIOGRAFIA.	 91

INTRODUCCION .

En nuestro país como en muchos otros, el Concreto Hidráulico es uno de los materiales más ampliamente conocidos, utilizados y versátiles que existen dentro de la industria de la construcción. Es por ello que el ingeniero constructor necesita conocer todas las condiciones de tipo práctico, que se le presentarán al trabajar -- con un material tan cotidiano.

A lo largo del desarrollo de esta té debate, se ha pretendido conjuntar y valorar algunos de los aspectos prácticos más significativos en el uso productivo del concreto, con la idea de dar un fácil acceso a su conocimiento, sin los alcances de un análisis realmente profundo, ni aportar más conocimiento del que hasta ahora existe; -- salvo conseguir introducir y orientar al que pretende conocer acerca de los tópicos aquí tratados.

Sabemos que un concreto con la calidad requerida, se obtiene mediante un estricto control de cada uno de los componentes y procesos ejecutados para conformar al concreto terminado. Hemos de recordar la descripción realizada en el trabajo de té debate llamado, El Concreto Hidráulico I, efectuada por el Ing. Epifanio Hernández -- Hdez., y que funge como trabajo complementario al ahora expuesto.

El presente trabajo describe básicamente en sus dos primeros capítulos, los procesos de compactación y curado del concreto, que constituyen dos eslabones importantes en la manufactura del concreto colocado en el lugar de vaciado; en contrapartida, los dos capítulos restantes mencionan a los métodos de colocación conocidos como bombeo y lanzado de concreto.

Manteniendo el orden en secuencia de participación en el proceso de fabricación del concreto, ubicamos en primera instancia al compactado del concreto recién colocado, proceso en el se remoldea y elimina el aire atrapado de la mezcla, lográndose -- una mejor distribución y homogeneidad sobre el lugar donde es vaciado el elemento estructural requerido. A continuación se evitará la pérdida de agua de fraguado -- por evaporación, procediendo a practicar en su caso el curado del concreto, combatiendo así el agrietamiento de la superficie del concreto y salvaguardando las propiedades normalmente deseadas en todo concreto de calidad (resistencia, permeabilidad, etc.).

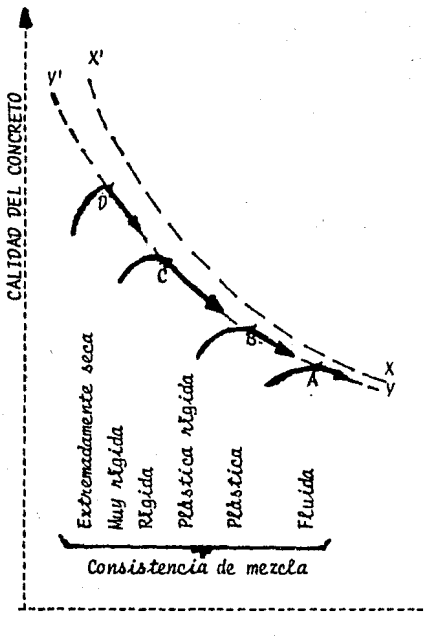
El bombeo y el lanzado del concreto se describen de manera muy similar, mencionando primeramente las características específicas que debe cumplir la proporción y calidad de los materiales de la mezcla, continuando con la descripción, funcionamiento y uso de los equipos mejor conocidos, y por último, las aplicaciones y recomendaciones pertinentes y más comunes a todo el sistema de colocación en conjunto.

CAPITULO I. COMPACTACION.

I.1. COMPACTACION DEL CONCRETO.

La compactación está dada por un remoldeo en el concreto fresco para eliminar el -- aire atrapado en éste, haciéndolo más denso y uniforme. Con la práctica de la compac -- tación se asegura la resistencia, la adherencia con el acero de refuerzo, la aparien -- cia y en general las propiedades requeridas en un concreto de calidad. Existe una -- amplia variedad de métodos para compactar el concreto, y su selección está en fun -- ción de la consistencia de la revoltura, y del tipo o condición del colado principal -- mente (considerando en su caso al aire incluido). El avance actual en la compacta -- ción ha permitido el trabajo con concretos de bajo contenido de agua, que los hace -- más económicos; y mayormente versátiles, por la gran variedad de condiciones en las que puede ser vaciado para posteriormente compactarse.

En el trabajo con un concreto seco y duro el esfuerzo de compactación deberá ser con -- siderablemente mayor, que el requerido para una mezcla más fluida (ver fig. I.1.). De manera general, en la siguiente gráfica se hace notar que, entre mayor sea el es -- fuerzo de compactación el concreto por utilizar podrá ser más seco y rígido, logránd -- dose economizar en cemento al disminuir la cantidad de agua (menor relación agua/c -- cemento). Se reducirá el contenido de agua en un concreto para mejorar su calidad, -- siempre y cuando, se cuente con el método y el equipo que cumpla con el esfuerzo de compactación necesario; calidad que disminuirá notablemente si el esfuerzo no es el -- adecuado.



- X-X' Totalmente compactado (sin aire atrapado)
- Y-Y' Grado normal de compactación
- A Sin esfuerzo de compactación
- B Bajo esfuerzo de compactación (vibrado ligero o varillado)
- C Esfuerzo medio de compactación (vibrado normal)
- D Esfuerzo elevado de compactación (vibrado más presión)

FIGURA 1.1.

I.2. TRABAJABILIDAD Y CONSISTENCIA.

El grado de facilidad para manejar, compactar y acabar al concreto fresco se le llama trabajabilidad; y dentro de estas características van implícitas propiedades como -- fluidez, moldeabilidad, cohesión y compactabilidad. Es así, como los cambios en las proporciones, granulometría y forma de los agregados, la cantidad de cemento, el uso de aditivos y la consistencia afectan directamente a la trabajabilidad de un concreto. Después de predeterminar los materiales y su dosificación para la fabricación de un concreto, el control de la trabajabilidad queda en manos de la consistencia. La consistencia en el concreto está dada por su capacidad para fluir de acuerdo con su con

tenido de agua. Las consistencias plásticas, rígidas-plásticas y rígidas son las más comúnmente trabajadas, ocupándose los ensayos de revenimiento y Vebe para la determinación de dicha consistencia. Los rangos de consistencia para pruebas de revenimiento y Vebe se muestran en la tabla de la fig.1.2. (el ensayo Vebe se utiliza principalmente para el análisis de la consistencia en mezclas rígidas).

REVENIMIENTO (cm.)	TIEMPO VEBE (seg.)	CONSISTENCIA
-----	18 a 32	Extremadamente seca
-----	10 a 18	Muy rígida
0.0-2.5	5 a 10	Rígida
2.5-5.0	3 a 5	Rígida plástica
8.0-10.0	0 a 3	Plástica
13.0-18.0	-----	Fluida

FIGURA 1.2.

La compactación por implementar estará dada por el grado de trabajabilidad de el concreto fresco, por lo que, no se permitirán niveles extremos de ésta. Así para mezclas poco trabajables, se requerirá un gran esfuerzo de compactación, que se traducirá en más o mayores equipos y tiempos de trabajo; por otro lado, las mezclas con exceso de trabajabilidad, además de aumentar su costo (por el uso de más cemento), podrá disminuir la calidad del concreto si se ocasionan fenómenos de inestabilidad y segregación, en los momentos en que se realiza la compactación. En obra son muy populares las mezclas fluidas y trabajables debido a su facilidad de manejo, pero será necesario controlarlas por medio de una supervisión constante de su dosificación y consistencia.

1.3. METODOS.

Los métodos de compactación se realizan a mano o mecánicamente de acuerdo con las características de la revoltura, y del tipo de elemento por vaciar pero sin perder de vista su costo.

1.3.1. MANUALES.

Los métodos ordinarios de compactación a mano, consisten en picar, aplanar y apisonar el concreto recién colocado con las herramientas apropiadas. Para consistencias fluidas un ligero varillado complementa la compactación recibida por efectos de la gravedad. Compactar mediante varillado o apisonado con una herramienta de mayor sección, son convenientes para consistencias plásticas. Las consistencias rígidas se compactarán apisonándolas por capas, hasta que una pequeña capa de mortero alcance la superficie indicándonos que se ha completado su compactación. El palmado se practica cerca de las superficies verticales con la cimbra, ayudando a traer una capa de mortero a la misma, produciendo una superficie más tersa.

Por lo general y dependiendo del tipo y tamaño de la construcción, la compactación a mano da resultados aceptables, pero debemos observar que se tendrán que trabajar con mezclas regularmente fluidas, compensadas con cemento para conservar la misma relación agua/cemento. En cuanto a compactar mezclas rígidas manualmente, puede resultar ser un proceso laborioso y aún costoso, que perderá su aplicabilidad en la medida en que el elemento por colar sea mayor.

1.3.2. MECANICOS.

La compactación por medios mecánicos que más se conoce y utiliza en la actualidad es la compactación por vibrado. El uso de vibradores de alta frecuencia permite trabajar con concretos (mezclas) más rígidos, y compactar con gran rapidez y eficiencia -- las demás consistencias. El vibrado consiguió reducir notablemente la mano de obra y obtener concretos de mayor calidad, y generalmente más económicos. Se pueden encontrar una gran variedad de formas y aparatos de compactación por vibrado, que están en contacto directo con el concreto fresco, o con el recipiente que lo porta, conocidos respectivamente como vibradores internos y vibradores externos.

Los vibradores internos son más eficientes, ya que toda la energía es transmitida al concreto, debiéndose utilizar los vibradores de superficie (externos), cuando la vibración interna sea impracticable, o los vibradores de cimbra (también externos), -- cuando los dos anteriores no puedan implementarse. La vibración interna y la externa pueden combinarse en elementos estructurales en obra, pero es más aplicable en los prefabricados. Cada uno de los equipos y procesos de compactación se describirán con detalle posteriormente.

1.4. VIBRADO.

Para poder comprender el fenómeno de vibrado efectuado en una masa de concreto fresco consideraremos; una primera etapa de licuación del concreto, en donde se pierde la fricción interna entre sus partículas (fricción que hacía sostenerse al concreto por sí mismo), y se comporta como un líquido con partículas gruesas suspendidas buscando su nivel inferior, para de esta manera densificarse. En una segunda etapa los impul

... adicionales eliminarán las burbujas de aire atrapado. Estas dos etapas conocidas como licuación y desaeración, suele ocurrir al mismo tiempo, pero la primera se manifiesta en un lugar más alejado del vibrador que la segunda. Estas dos etapas del vibrado son solo aplicables a los vibradores con movimientos armónicos, pero son muy similares en sus principios básicos a otros movimientos, como el producido por el vibrador de acción vertical por ejemplo.



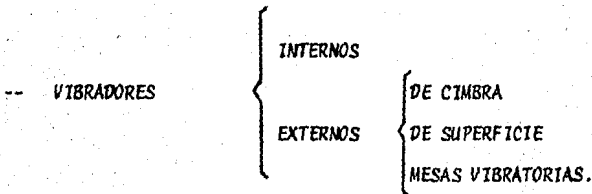
Movimiento descrito por un vibrador interno. Cuando el eje rotor ("péndulo"), cuyo centro de gravedad queda marcado por un punto blanco describe una vuelta completa en la pista de rodadura, el eje rotor solamente ha girado 1/4 vueltas alrededor de su propio eje. Por tal razón una velocidad de eje de 3000 RPM, dará una frecuencia de vibrado de 12 000 RPM.

FIGURA I.3.

Los volúmenes de aire atrapado en una mezcla varían entre 5 a 20%, dependiendo de la trabajabilidad de la mezcla y de las condiciones particulares del colado. Si -- aproximadamente cada 1% de aire atrapado reduce en 5% la resistencia, es importante no permitir grandes porcentajes de aire atrapado, que interferirán además con el desarrollo de las propiedades del concreto relacionadas con su densidad.

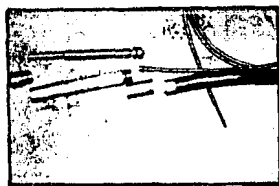
1.5. EQUIPOS DE VIBRADO.

Una clasificación de los vibradores para su tratado es:



1.5.1. INTERNOS.

Llamados así por sumergirse directamente en el concreto, se conoce también como --hurgadores o vibradores de corto alcance. La cabeza o caja vibradora (ver figuras 1.3. y 1.3.1), se introduce en el concreto, aprovechándose de el mismo concreto -- para disminuir el sobrecalentamiento del aparato. Estos vibradores constan de un motor al que va unida una flecha que trasmite sus rotaciones a un peso desequilibrado o excéntrico que va colocado en la cabeza; describiendo un movimiento armónico simple (evaluándolo en términos de frecuencia y amplitud).



Componentes de la cabeza de un vibrador interno .

FIGURA 1.3.1.

1.5.1.1. VIBRADOR DE FLECHA FLEXIBLE.

Consta de un motor que proporciona impulso a una flecha, que permite ser doblada -- cuando está en movimiento, dando una gran movilidad al vibrador (se comporta como una manguera de gran espesor que solo puede ser doblada en cierto rango). Al finalizar la flecha se encuentra la cabeza en donde es movido el excéntrico que provoca el movimiento vibratorio. Como medio de locomoción se usan eléctricos, neumáticos y de combustión interna, que tratan de ser ligeros y de fácil manejo.

a) MOTOR DE GASOLINA.

Generalmente éste es más pesado que el eléctrico (en la fig.1.4.se demuestra que esto no es un impedimento), pero más independiente en cuanto al suministro de energía. Normalmente con una velocidad angular de 3 600 RPM., elevando ésta al nivel de frecuencia necesaria mediante una transmisión de banda en V, o por medio de engranajes.

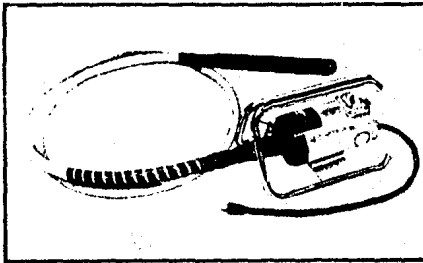


Vibrador portátil con motor de gasolina y flecha flexible, esta unidad pesa 9.7 kg.

FIGURA I.4.

b) MOTOR ELECTRICO.

Motores ligeros y frecuentemente de corriente monofásica de 100 o 220 voltios, de 60 ciclos por segundo. Con frecuencias fuera del concreto de 12 000 a 17 000 RPM., que se reducen a la quinta parte cuando el vibrador es sumergido en el concreto (La frecuencia se podrá aumentar por medio de engranajes).

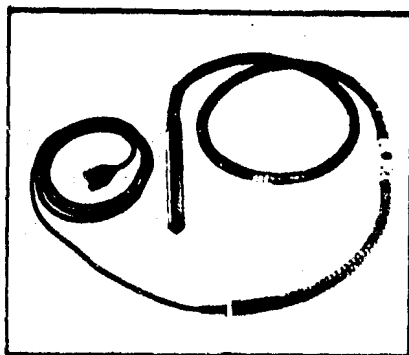


Vibrador de flecha flexible con motor eléctrico que se conecta a la corriente comercial.

FIGURA 1.5.

c) MOTOR ELECTRICO EN LA CABEZA.

No existe motor y flecha flexible separados, sino que en la cabeza se encuentra el motor, por lo que ésta es de un diámetro mínimo de 50 mm. El cable alimentador de energía es al mismo tiempo sostén para manipularlo (ver fig1.6.), vibrador que por sus características se ocupa para el trabajo con amplias secciones, y con acero de refuerzo más espaciado.



Vibrador de inmersión (interno) con motor en la cabeza, impulsado eléctricamente.

FIGURA I.6.

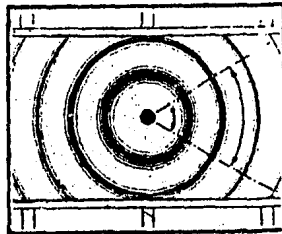
d) VIBRADOR DE AIRE.

Es por lo general utilizado con motor en la cabeza y en circunstancias que permitan fácilmente conseguir un compresor de aire. El motor de la cabeza suele ser de aspas, con baleros que sostienen a los excéntricos. Una presión constante, sin variaciones mantendrá una frecuencia uniforme de compactación.

1.5.1.1.1. RECOMENDACIONES.

De los vibradores de inmersión o internos todavía se conoce poco sobre sus efectos en el concreto fresco. Pero el Instituto Británico (ICSE) a partir de sus investigaciones, refiere requisitos mínimos de frecuencia en aproximadamente 3000 RPM., y aceleraciones de 4 g. dentro del concreto. En el mercado son comunes los vibradores --

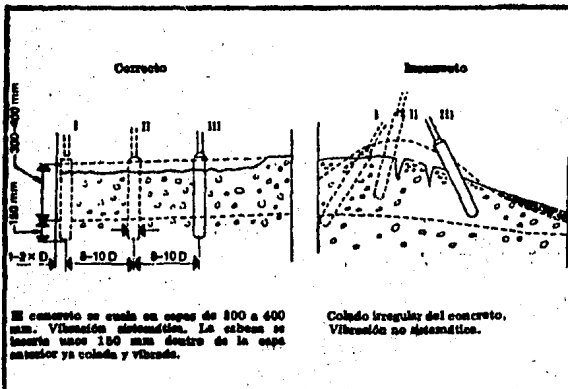
con 5 000 a 10 000 RPM., de frecuencia, aumentando el número de fallas mecánicas a mayores frecuencias.



Principio de la vibración interna.

FIGURA 1.7.

Estos vibradores no deberán ser usados para empujar al concreto lateralmente en los moldes porque causan segregación, incidente que no ocurrirá si se cuenta con un buen esquema de colado. El extremo vibratorio debe trabajar dentro del concreto para -- evitar fallas por sobrecalentamiento, así como de prever desgastes excesivos en las mangueras flexibles, por ser dobladas en ángulos muy pequeños.

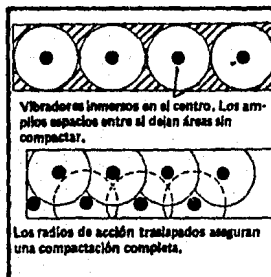


Uso del vibrador interno.

FIGURA 1.8.

El operador experimentado reconocerá al tacto del vibrador el tiempo necesario para la compactación completa del concreto, tiempo que oscilará entre 5 y 15 segundos. -- Un vibradorista competente notará claramente los cambios de frecuencia que marcan el estado de compactación del concreto; de esta manera percibirá que al introducir el vibrador, la frecuencia disminuirá y se reanudará, una vez que el concreto fresco -- haya sido compactado. El tiempo necesario de compactado por vibrado también puede ser verificado por la apariencia de la superficie, sacando el vibrador en el momento en que ésta, esté aparentemente horizontal y brillante, o cuando deja de aparecer sobre la superficie burbujas de aire atrapado.

El vibrador se introducirá rápidamente en la masa de concreto, y se sacará lentamente para evitar la compactación de la capa superior primeramente (retirándose a razón de 8 cm. por seg.). Se insertará en el concreto verticalmente o casi verticalmente, en puntos separados que oscilan entre 45 a 75 cm., pero cuidando que los radios de acción de el vibrador se traslapen para garantizar una compactación total (ver fig 1.9.). Durante la inserción, será necesario asegurarse que la penetración del vibrador cubra completamente o llegue a toda la capa colocada; pero no acercando la cabeza del vibrador a menos de 10 cm. del molde o cimbra para obtener una apariencia más uniforme.



Colocación correcta e incorrecta de un vibrador interno en el concreto.

FIGURA 1.9.

1.5.1.1.2. SELECCION.

Los vibradores de inmersión se emplean en todas las secciones en donde se tenga la facilidad para su manipulación e inserción, además de contar con el radio de acción adecuado, para cubrir la velocidad de colado con la debida efectividad de compactación. En la siguiente tabla (fig. I.10.), se dan los rangos de las características que son deseables en un vibrador interno, tomando en cuenta la consistencia de la mezcla, del elemento por colar, etc., y son válidos para cabezas vibratorias de forma redonda.

1.5.1.1.3. PREVISIONES.

En la compra de uno de estos vibradores, será necesario exigir al fabricante un catálogo en el que se detallen las dimensiones, pesos, frecuencias, etc., así como de la forma de operación, trato de fallas mecánicas, experiencias de uso, etc. Si se llevan a cabo los ajustes necesarios en cuanto a espaciamiento y tiempos de inserción, se recomienda elegir equipos de un tamaño mayor al requerido.

Es importante prevenir un mayor número de unidades de vibrado, que el necesario, para ocuparlos en el auxilio de la operación de colado, cuando alguno de los vibradores esté en el taller de reparación. En especial los vibradores son máquinas que trabajan bajo esfuerzos pesados y continuos, por lo que éstos, requieren de un mantenimiento muy superior al de cualquier otra máquina de construcción. Es debido a lo anterior que será necesario planear minuciosamente el número de vibradores y el mantenimiento, para efectos de presupuesto.

CARACTERISTICAS, COMPORTAMIENTO Y APLICACIONES DE LOS VIBRADORES INTERNOS						
Grupo	Dímetro de la cabeza, cm	Frecuencia recomendada, vibraciones por minuto cuando el vibrador está dentro del concreto	Amplitud recomendada, cm*	Radio de acción, aproximado cm**†	Velocidad de colado, aproximada m ³ /hr por vibrador ‡	Uso del vibrador
1	1.90 - 3.81	10,000 - 15,000	0.038 - 0.075	7.62 - 15.24	0.7646-3.82	En concreto plástico y fluido utilizado en elementos muy delgados y lugares estrechos. También puede emplearse para complementar vibradores grandes, especialmente en elementos preforzados en los que los cables y ductos causan obstrucción en las cimbras. Empleado también en la fabricación de muestras para pruebas de laboratorio.
2	3.17 - 5.71	9,000-13,500	0.05 - 0.10	12.70 - 25.40	2.29 - 7.64	En concreto plástico utilizado en muros delgados, columnas, vigas, pilotes prefabricados, losas delgadas y a lo largo de juntas de construcción. También puede emplearse para complementar vibradores grandes en áreas estrechas.
3	5.08 - 8.89	8,000 - 12,000	0.063-0.12	17.78 - 35.56	4.58 - 15.29	En concreto plástico duro (menos de 7.5 cm de revestimiento) para construcción general como muros, columnas, vigas, pilotes preforzados y losas pesadas. Vibración auxiliar adyacente a cimbras para concreto masivo y en pavimentos. Puede manejarse en cuadrillas para proporcionar vibración interna a todo lo ancho de losas de pavimento.

* trabajando al aire. † Es el promedio de los valores de la punta y del extremo posterior, con el vibrador

** Distancia desde el vibrador hasta donde el concreto es compactado completamente.

† El espacio de inerción supuesto es de 1 1/2 veces el radio de acción y el vibrador trabaja 2/3 del tiempo en que el concreto es colado.

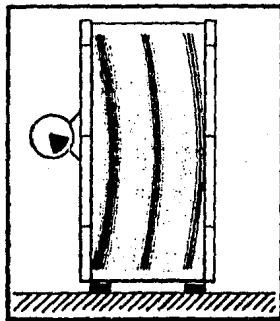
‡ Estos rangos reflejan no sólo la capacidad del vibrador, sino también diferencias en la trabajabilidad de la mezcla, grado deseado de eliminación de aire, y otras condiciones experimentales en la construcción.

FIGURA 1.10.

1.5.2. EXTERNOS.

1.5.2.1. DE CIMBRA.

Los vibradores de cimbra van adheridos rígidamente a los moldes por medio de mordazas o grapas, causando sacudimientos en el molde, através del cual las pulsaciones se distribuyen al concreto (ver fig.1.11.). La vibración por este medio es satisfactoria para miembros de secciones pequeñas, angostas o con mucho refuerzo; necesitándose un mayor esfuerzo de vibrado que para vibrado interno, debido a la absorción de energía por parte de la cimbra.



Principio del vibrado externo o de cimbra.

FIGURA 1.11.

Estos aparatos se operan generalmente a alta frecuencia y baja amplitud, para evitar las cimbras demasiado reforzadas, que las altas amplitudes y bajas frecuencias -- darían. Los moldes se calculan para resistir los esfuerzos y las deformaciones adicionales ocasionadas por parte de este tipo de vibradores, convirtiéndose en una tarea delicada, en la que el fabricante podrá intervenir (evitando su falla, la pérdida de lechada entre las juntas, etc.). Los rangos de separación entre vibradores --

de cimbra es de 1.5 a 2.5 m., pero es necesario el consejo directo del fabricante para distribuir con mayor facilidad el número de vibradores, su ubicación exacta y tamaño. Para el colado con vibradores de cimbra es indispensable colocar el concreto en capas de entre 10 a 30 cm. según sea el caso (de espesor), para lograr un avance más uniforme. Cuando se ocupa el vibrado de cimbra, el concreto así compactado es más propenso a exhibir oquedades, particularmente acentuadas en las partes superiores de los vaciados (cuando está por llenarse la cimbra), por lo que convendrá compactar los últimos 60 cm. del avance de colado a mano, o con vibración interna si es posible.

a) ROTATORIOS.

Con el mismo principio de movimiento que los vibradores internos, impulsan a la cimbra en los dos planos, uno en dirección de la cimbra y el otro, perpendicular a ésta. Existen modelos neumáticos o eléctricos que trabajan bajo frecuencias de 6 000 a 12 000 RPM. (ver fig. I.12.).



Vibrador externo, sujeto a la cimbra.

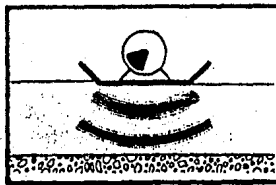
FIGURA I.12.

b) VERTICALES.

Con pulsaciones perpendiculares a la cimbra, se acelera por medio de un pistón en la misma dirección. Son operados neumáticamente, desarrollando frecuencias de 1 000 a 5000 vibraciones por minuto.

1.5.2.2. DE SUPERFICIE.

Los vibradores de superficie consisten básicamente, en una placa o pieza horizontal apoyada sobre guías (maestras), donde se montan una o más unidades vibratorias muy similares a las de cimbra, con motores neumáticos o eléctricos. Con impulsos de arriba hacia abajo, golpean sobre la superficie de concreto y lo compactan, además de lograr un buen acabado, porque también sirven de niveladoras. Son empleadas en la compactación de elementos de pequeña sección y gran superficie horizontal (losas).



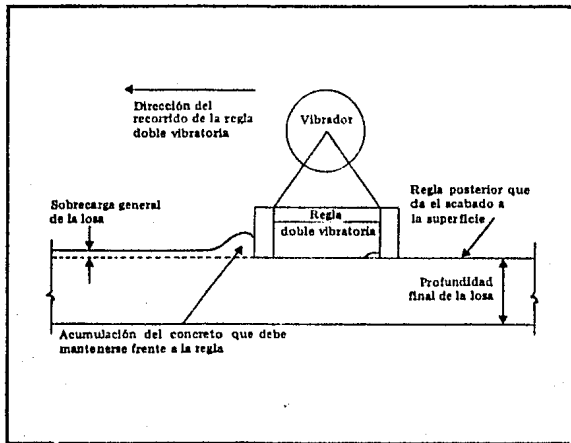
Principios de vibrado superficial.

FIGURA I.13.

a) REGIA VIBRATORIA.

Viga doble o sencilla se apoya sobre rieles al nivel deseado (ver fig. I.14.). Opera-

das mecánicamente en obras de gran magnitud, y a mano en pequeñas losas. Frecuencias de entre 3 000 a 6 000 RPM. son satisfactorias, pero en los trabajos con mezclas rígidas se requerirá de una mayor amplitud. Los vibradores de superficie no son efectivos más allá de una profundidad de 20 a 30 cm. dependiendo del tipo y tamaño.



Funcionamiento elemental de la regla doble vibratoria (externa).

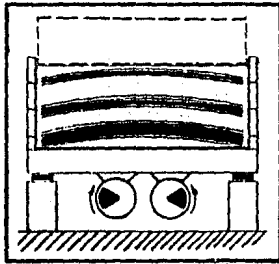
FIGURA I.14.

b) TIPO BANDEJA.

Aunque es muy similar a la regla vibratoria, en ésta no se le llega a dar el acabado necesario al concreto. Consta de una viga apoyada en sus extremos, sosteniendo a lo largo de ella, las bandejas o artesas que portan los excéntricos que las hacen vibrar para de esta manera golpear la superficie del concreto y compactarlo.

1.5.2.3. MESAS VIBRATORIAS.

Son del tipo de vibrador de cimbra, con la ventaja de que el molde en su totalidad se vibra uniformemente; consta básicamente de marcos (estructura de sostén), en los que se apoya la mesa, aislándose el contacto entre uno y otro por medio de resortes u otros medios (ver fig.1.15.).



Principios de la mesa vibratoria.

FIGURA 1.15.

Pueden operarse eléctrica o neumáticamente, y son ampliamente utilizadas para la ---
 manufactura de piezas precoladas. Se prefieren vibraciones de baja frecuencia y gran
 amplitud, que para mezclas rígidas se dan a 6 000 vibraciones por minuto y más de -
 0.13 mm. de amplitud. Dependiendo de la mezcla, son recomendables aceleraciones de
 entre los 3 a 10 g.

1.6. CIMBRA.

Las superficies obtenidas en el concreto, dependerán además de la propia compactación

, de la condición o estado de la cimbra. Tanto el vibrado interno, como el externo actúan contra la cimbra por medio de presiones hidrostáticas o por esfuerzos directos, respectivamente. Las cimbras deben en cualquier caso, ser completamente herméticas y capaces de guardar un buen comportamiento bajo cualquier sistema de esfuerzos. Conviene contar con un seguro sellado de cimbra, para evitar las pérdidas de mortero o pasta, que adicionalmente suelen causar vetas de arena y oquedades en la superficie del concreto, que en algunos casos debilitarán a la estructura. Los escurrimientos entre los tableros, juntas, partes inferiores, etc. serán prevenidos utilizando tornillos y no clavos, tiras plásticas entre juntas y terminando las superficies de contacto de la cimbra, más allá de los elementos rigidizantes (se recomiendan por lo menos 3 mm.).

Cuando la cimbra participe en el proceso de compactación (con vibradores de cimbra), aparte de cumplir con la resistencia requerida, será necesario que cumpla satisfactoriamente con la distribución de esfuerzos que sobre el concreto será necesario transmitir para la compactación. Por lo anterior, conviene adquirir en algunas ocasiones la cimbra apegada al diseño, para cumplir con los requisitos de vibrado.

1.7. FALTA Y EXCESO DE VIBRADO.

En gran medida la colocación y compactación de el concreto depende del conocimiento y experiencia de los trabajadores. La vibración hecha por operadores inexpertos es probablemente más peligrosa que la compactación a mano (dudosa), ya que existe el riesgo de no vibrar adecuadamente o vibrar demasiado.

La falta de vibrado es la más común, pero podrá implementarse el vibrado adicional - cuando se tengan dudas acerca de la efectividad de un primer vibrado. Los efectos - de la falta de vibrado son comúnmente los más perjudiciales para un concreto, por la cantidad de oquedades o aire atrapado, que repercutirán directamente sobre su resistencia. El exceso de vibrado suele ocurrir en áreas pequeñas, al dejar-sumergido el vibrador por descuido o ignorancia; el sobrevibrado causa segregación, vetas de arena, pérdida de aire incluido a propósito y daños en cimbra con vibradores anclados - a ésta.

CAPITULO II. CURADO.

II.1. CURADO DEL CONCRETO.

Se denomina como curado del concreto, al proceso de conservar en la mezcla apenas colocada, el contenido de agua necesario y la temperatura favorable para lograr la completa hidratación de los materiales cementantes que componen al concreto, en un cierto periodo de tiempo.

El proceso de curado, es el último en la manufactura del concreto y es de vital importancia para el pleno desarrollo de las propiedades comúnmente deseadas en un concreto de calidad (resistencia, durabilidad, permeabilidad, etc.). El curado del concreto no será totalmente necesario, cuando las condiciones de humedad y temperatura sean tales que, no permitan o compensen la evaporación del agua de mezclado.

II.2. CONTENIDO DE AGUA.

La disminución en el contenido de agua de mezclado en el concreto, se debe a la presencia de fenómenos de absorción y evaporación, que se presentan durante la colocación y fraguado del mismo. La absorción por su parte, puede ser combatida saturando previamente la cimbra o recipiente donde se vierta el concreto, así como de prevenir una cantidad de agua extra de mezclado, para compensar la absorbida por los agregados. En cuanto a la evaporación debida a fenómenos del medio ambiente; tales como, temperatura y velocidad del aire, humedad relativa, absorción del calor solar, etc.-

podrá ser controlada por los métodos de curado que más adelante se describirán.

La evaporación excesiva del agua de fraguado, además de disminuir la cantidad de --- agua de hidratación necesaria, ocasiona contracciones plásticas por secado en la superficie del concreto, que se traducen en agrietamientos que atentan contra la resistencia en dicha zona. Es por ello que aunque el agua de dosificación para una mezcla sea generalmente mayor que la combinable químicamente con el cemento, se deberá prever la pérdida de agua por efectos de evaporación.

Existe un método gráfico para la estimación de la rapidez de evaporación, en función de la medida de los parámetros que se muestra en las gráficas de la fig. II.1. Si la combinación de estas condiciones rebasa el $1.0 \text{ kg/m}^2/\text{hr.}$ de rapidez de evaporación, se deberá recurrir a su control aplicando algún método de curado (para emplear la gráfica, no se requiere más que seguir las líneas punteadas del ejemplo).

II.3. TEMPERATURA.

La temperatura más favorable para el curado del concreto se encuentra entre los 15 - y 36 grados centígrados. Las temperaturas extremas aceleran o retardan el desarrollo de resistencia, porque las altas temperaturas tornan más rápida e intensa la reacción entre agua y cemento, mientras que la reacción disminuye y retrasa para las bajas temperaturas.

Pruebas de laboratorio demuestran que a 10°C. o menos, la resistencia a edad temprana

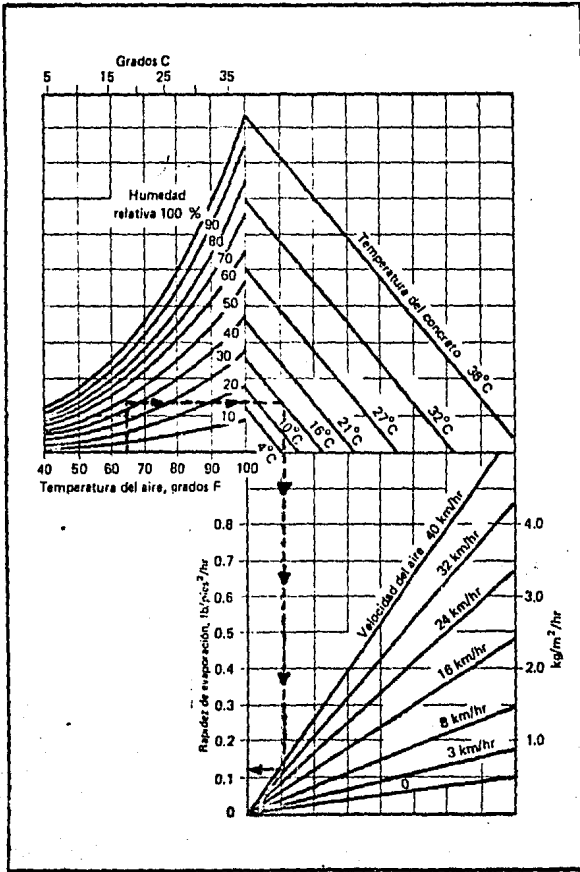


FIGURA II.1.

na se retrasa, y pierde resistencia final a temperaturas de congelación; Esto último surge por las expansiones perjudiciales, al convertirse el agua en hielo, causando separaciones entre las partículas sólidas que reducen la adherencia a todas las edades. En cambio un curado a 66 °C. aplicado en un corto período de tiempo provocará una mayor resistencia inmediata, pero una menor resistencia final, que la obtenida en un curado a menor temperatura y en un período más largo. Cuando se manejen grandes masas de concreto, deberá verificarse que el calor de fraguado generado no eleve la temperatura a extremos en que cause agrietamientos indeseables. En general no -- convendrá exponer en ningún período de tiempo a la masa de concreto a temperaturas -- que pongan en peligro la resistencia de diseño, cuando menos, hasta que el concreto haya obtenido por lo menos el 75 % del F_d de diseño (7 días).

II.4. TIEMPO.

El tiempo de curado varía de acuerdo con las condiciones para cada caso en particular y del método de curado elegido. Así tenemos especificaciones que marcan como su ficientes para cemento portland normal 7 días de curado bajo condiciones normales. -- Para el caso de un cemento de resistencia rápida se necesitan 4 días, por ejemplo, -- para un cemento con alto contenido de alúmina, convendrá saturar la superficie del -- concreto por las primeras 8 horas y completamente húmeda por otras 16, ya que éste -- tipo de cemento llega a elevar hasta 30°C la temperatura del concreto. En cuanto a -- los cementos de bajo calor de fraguado para retardar el endurecimiento, requerirán -- de un tiempo de curado no menor de 14 días.

II.5. MÉTODOS.

La gran variedad de métodos existentes se pueden clasificar en dos grandes grupos: - Aquellos en que se añade agua para compensar la pérdida por efectos de evaporación, - y los que previenen ésta pérdida de humedad con sellados de superficie. Conocidos - respectivamente como, curados con agua y curados con materiales selladores.

II.5.1. CURADOS CON AGUA.

Para seleccionar un curado con agua será muy importante sopesar los costos por disponibilidad de agua, mano de obra, etc. que determinarán si es o no factible su aplicación. El tipo de curado con agua elegido, deberá cumplir con un aporte continuo - de agua, en cantidad adecuada y libre de materias contaminantes que puedan actuar en perjuicio del concreto; cuidando también las temperaturas extremas en el agua, que - puedan interferir con el proceso de fraguado. Los curados con agua se pueden subdividir en: Anegamiento o inmersión, regado periódico, cubiertas con materiales absorbentes (permanentemente saturados) y vapor a presión atmosférica.

II.5.1.1. ANEGAMIENTO O INMERSION.

Este método se utiliza principalmente donde se pueda crear o exista un estanque, y se emplea comúnmente en el curado de losas de todo tipo. Cuando se puede sumergir todo el elemento, resulta ser el método de curado más eficiente, pero en la práctica es - muy restringido su uso, por la imposibilidad de aplicar este procedimiento a piezas de concreto desplantadas en el lugar (se usa con mayor frecuencia en elementos pre -

fabricados). Si éste curado es suspendido o interrumpido, el agua estancada será desalojada sin brusquedad para evitar erosionar la superficie del concreto. El agua de curado mantendrá una variación de temperatura no mayor de 11°C con respecto a la registrada en el concreto, para evitar esfuerzos causados por la diferencia de temperatura.

II.5.1.2. REGADO PERIODICO.

Es recomendable que en la aplicación de este método, se disfrute de un clima templado y se consiga el agua necesaria a un costo razonable. Es de vital importancia, que en su implementación no se permita en ningún momento, dejar secar la superficie del concreto, y evitar la erosión de la superficie debida a la fuerza de chorro de agua. Los regados constantes o intermitentes se implementan por medio de simples mangueras a empleando boquillas o aspersores especiales para cada caso en particular.

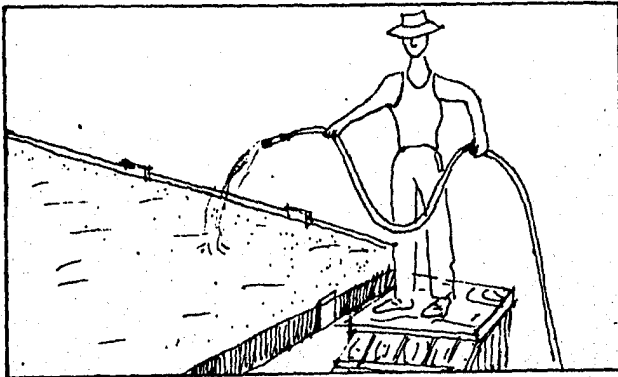
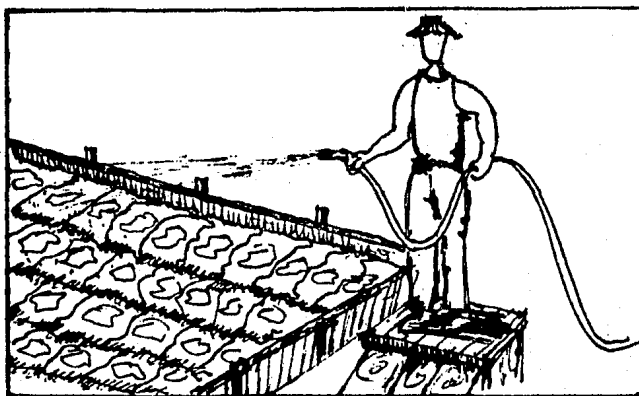


FIGURA II.2.

Los aspersores estáticos o de tipo giratorio son especialmente útiles en el curado de losas o elementos horizontales, no requiriendo el empleo constante de personal; mientras que para elementos inclinados o verticales es recomendable el uso de la manguera de chorro, teniéndose especial cuidado para evitar el secado de la superficie por descuido o negligencia de la gente encargada del curado.



Curado con la saturación constante se costales de yute .

FIGURA II.3.

II.5.1.3. CUBIERTAS CON MATERIALES ABSORBENTES (PERMANENTEMENTE SATURADOS).

Cada uno de los materiales que se describirán a continuación, retienen el agua nece-

saría sobre la superficie del concreto bajo saturaciones periódicas de los materiales depositados sobre ésta, y se ocupan para el curado de superficies tanto horizontales como verticales. Es necesario que estos materiales, no sequen dentro del período de curado, porque pueden absorber el agua necesaria de fraguado en el concreto, sin embargo convendrá remover el material ya seco después del tiempo necesario de curado, para que el concreto seque lentamente. Los materiales elegidos tendrán que estar libres de sustancias dañinas para el concreto, y en su caso, sustancias que puedan decolorarlo (para fines de un acabado aparente).

a) COSTALES DE YUTE.

Se lavarán escrupulosamente para eliminar sustancias como azúcar o fertilizantes, -- práctica que los hará más absorbentes. En su colocación es importante traslapar un costal con otro en cuando menos la mitad de su ancho, para retener mejor la humedad y evitar que se levanten los costales por el viento o lluvia. Conviene dar un tratamiento especial a los costales de yute, para alargar su vida útil, cuidándolos de la putrefacción y previniéndolos contra el fuego.

b) MANTAS DE ALGODÓN Y ALFOMBRAS.

Son más eficientes que los costales, al retener durante más tiempo el agua. Debido a su mayor masa, las mantas deberán aplicarse cuando el concreto tenga un mayor grado de endurecimiento, pero esencialmente su manejo es igual al curado con costales de yute.

c) TIERRA Y ARENA.

La tierra generalmente es utilizada para curar pequeñas losas o pisos, tratando de evitar las sustancias solubles que puedan dañar al concreto y las partículas mayores de 25 mm.. La arena limpia es ocupada cuando se tengan que realizar trabajos sobre el elemento por curar, evitando de esta manera las manchas y raspaduras. La arena como material de curado, podrá ser suplantada por aserrín en caso de tenerlo más a la mano (aserrín con bajo contenido de ácido tánico).

d) PAJA O HENO.

Este material es el menos recomendable (que anteriores), pero será una solución de curado cuando sea fácilmente adquirido. La paja debe colocarse en capas de 15 cm. de espesor por lo menos, o cubrirse con alguna malla par evitar que el viento la remueva. Este tipo de curado no se aplica a concretos con acabado aparente, porque de coloran la superficie.

II.5.1.4. VAPOR A PRESIÓN ATMOSFERICA.

Este tipo de curado es ampliamente utilizado en unidades prefabricadas en planta o en obra, y es un método que se vale del vapor de agua para crear un ambiente de humedad y temperatura de manera tal que, acelera el proceso de hidratación y endurecimiento en el concreto por curar. Al concreto curado con vapor, es posible poder utilizarle en pocas horas después de su fabricación, evitando el problema del almacenamiento prolongado de las piezas y los retrasos. El contacto íntimo entre vapor y elemento-

se consigue, ya sea en un cuarto especial o por medio de lonas de plástico que mantengan al flujo de vapor en contacto constante con la pieza.

El curado con vapor que se realiza en obra, consiste en la espera de un fraguado inicial que se da en aproximadamente 2 horas (sin embargo esperar de 4 a 5 horas dará una mayor resistencia temprana). Posteriormente un incremento de temperatura con vapor; a continuación, un período de máxima temperatura constante y por último, la disminución de temperatura con una variación máxima de 20°C por hora. El tiempo de curado normalmente no rebasa las 24 horas, pero la suspensión del curado puede determinarse con la utilización del esclerómetro o martillo Schmidt. Se ha observado que la resistencia a edades tempranas como ganancia, y la mínima pérdida de resistencia última, se han registrado a temperaturas de entre 55 a 90°C , cuidando siempre que dichas temperaturas suban o bajen lentamente.

El curado de especímenes de control de laboratorio, generalmente se mantienen en un rango de temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa de 100%.

11.5.2. MATERIALES SELLADORES.

Son recubrimientos que impiden la pérdida de agua por evaporación, constituyendo una barrera mecánica de hojas o membranas de diferentes materiales. Se pueden aplicar a más tempranas edades que en otro tipo de métodos, pero lo más importante de su empleo, es que evita toda posibilidad de secado de la superficie del concreto por negligencia o descuido que suele ocurrir con los curados con agua. El curado por este medio es de fácil implementación, y son recomendables para su uso en zonas con temperaturas extremas y en los trabajos con concreto estructural masivo. Los materiales.

selladores se pueden subdividir en : Películas impermeables y membranas a partir -- de compuestos líquidos.

11.5.2.1. PELÍCULAS IMPERMEABLES.

Su colocación debe ser inmediata y cubriendo el total de la zona por curar sin dañar la superficie. Se necesita mantener la película bien sujeta a sus bordes para que - el aire no la levante, colocando a lo largo de sus orillas franjas de tierra o arena , tiras de madera, tiras especiales de plástico (ensambladoras), etc. de manera tal - que, combinándolas se puedan asegurar tanto las superficies horizontales como las -- verticales. Las películas impermeables causan decoloración en el concreto (moteado) , que puede minimizarse tratando de colocar la película plana y sin arrugas, o haciendo regados periódicos bajo ésta.

Las cubiertas son de plástico o papel impermeable (ASTM C 171). La película plástica deberá tener 0.10 mm. de espesor, usándose blanca para reflejar los rayos solares y la negra en clima frío para absorber calor, siendo la transparente la de menor costo , y que permite inspeccionar la superficie del concreto (ver siguiente figura).

Al igual que la película plástica, el papel impermeable se consigue en diferentes -- colores y debe ser de peso ligero. El papel impermeable se fabrica con dos hojas de papel kraft unidas con un adhesivo bituminoso e impermeabilizadas con fibras, aparte de ser tratadas para evitar contracciones al secarse o expansiones al mojarse. Las rasgaduras debidas al uso, son facilmente detectables, sosteniendo al papel contra - la luz, y se reparan con parches de papel o usando doble película.

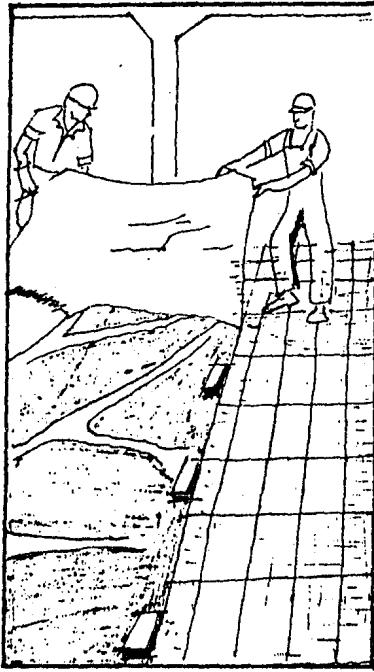


FIGURA II.4.

II.5.2.2. MEMBRANAS A PARTIR DE COMPUESTOS LÍQUIDOS.

Al igual que las películas, los compuestos líquidos (químicos) forman una membrana que impide la pérdida de humedad por evaporación. Compuestos que consisten en ceras, resinas y solventes de volatilidad elevada a temperatura ambiente. (ASTM C 309). El momento correcto para aplicar estos compuestos, es cuando el agua desaparece de la superficie del concreto, recomendándose dos aplicaciones entre sí perpendiculares, en lugares con la ventilación y seguridad adecuada. En función de las condiciones de cada curado, se pueden encontrar compuestos transparentes, pigmentados blancos y negros, etc., para absorber calor, reflejar la luz o hacer visible a la estructura. En

Los casos en que se requiera de adherencia posterior sobre la superficie para recubrimientos, capas adicionales de concreto, etc., las membranas de curado de este tipo, deberán demostrar que el compuesto no representa ningún obstáculo o que puede ser fácilmente removible.

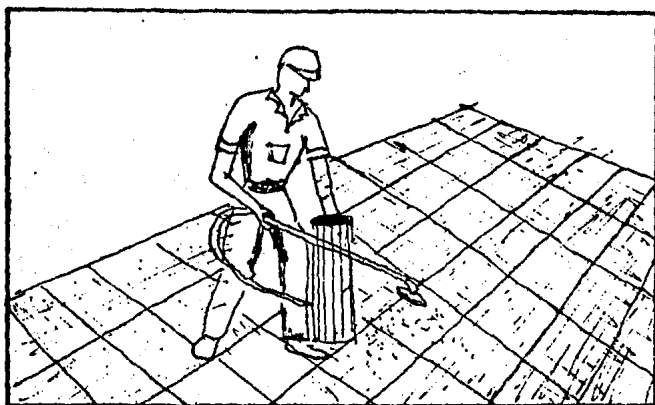


FIGURA II.5.

II.6. ASPECTOS GENERALES.

La dificultad para poder controlar cada una de las condiciones del curado como son la temperatura, y la humedad principalmente, hacen que solo bajo condiciones de laboratorio se logren establecer en forma general, el procedimiento más efectivo.

En la práctica el tipo de curado por implementar, así como la duración de mismo --- tienen que compararse contra factores tanto económicos, como de efectividad. En el

Lugar de construcción, además de hacer un análisis profundo de todas las variables - por considerar para seleccionar el método deseado de curado, se deberá contar con la mano de obra debidamente calificada bajo una supervisión técnica constante.

El ACI propone exigir por parte de la supervisión, especímenes de curado bajo condiciones de obra, que tendrán que alcanzar por lo menos el 85% del F_c conseguido por los especímenes curados bajo condiciones de laboratorio; que en caso de no cumplirse se deberán obtener corazones para conocer la calidad de el concreto ya colocado. Por otra parte, los cilindros curados en obra podrán establecer el tiempo de remoción de las cimbras, por reflejar la influencia de las condiciones ambientales sobre las propiedades del concreto colocado.

CAPITULO III. CONCRETO BOMBEADO.

III.1. CONCRETO BOMBEADO.

Se dice que un concreto es colocado por bombeo, cuando éste es transportado a través de una tubería a presión, depositándolo en el lugar de trabajo (colado o vaciado).- La principal ventaja de bombear el concreto radica en que se puede hacer llegar a diversos puntos de un área extensa, en sitios congestionados o inaccesibles, y proporcionar un flujo más uniforme de concreto. En la siguiente figura se pueden -- observar tres diferentes sistemas de colocación por bombeo; en 1.- bomba estacionaria (remolque) y pluma de distribución, 2.- bomba integrada a camión olla y pluma, - 3.- unidad pluma con bomba integrada (fig.III.1.).

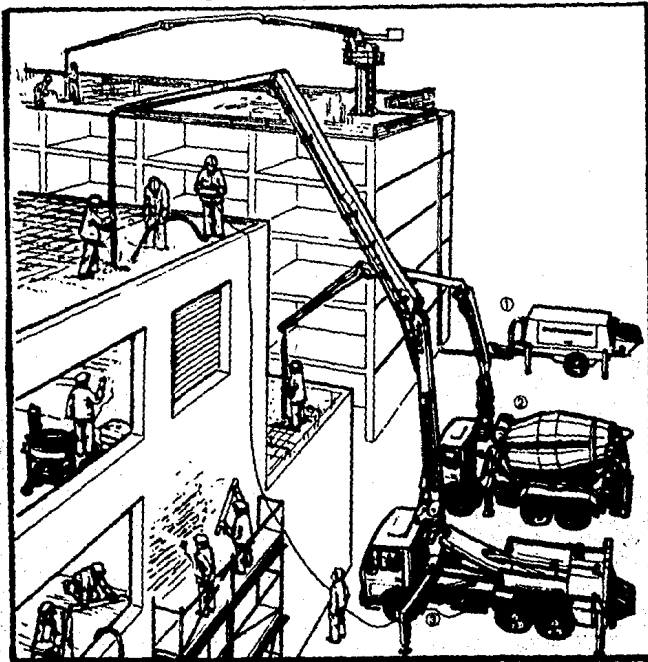


FIGURA III.1.

Este método de colocación es actualmente uno de los más fructíferos, propiciado por los progresos obtenidos en el campo del bombeo y en la introducción de nuevas y mejores tuberías. Con equipos que suministran desde 8 hasta 70 m³/hora, y alcances efectivos de 91 a 305 m. horizontalmente y de 30 a 90 m. verticalmente.

El transporte de concreto por bombeo es particularmente adecuado en aquellos casos, en los que no exista espacio dentro de la construcción para organizar algún otro esquema de transporte y distribución de concreto.

III.2. EQUIPO.

III.2.1. BOMBAS DE PISTON.

Constan fundamentalmente de una tolva receptora (normalmente equipada de aspas de remezclado), válvulas de entrada y salida, y un pistón con su funda o camisa (cilindro). Su funcionamiento es el siguiente; el pistón sujeto a una vuela inicia su retro-arranque (ver fig.III.2), en tal posición la válvula de salida se cierra y abre la de entrada, cayendo por gravedad y succión el concreto al cilindro. Al llenarse la funda se inicia el movimiento contrario, abriéndose la válvula de salida y cerrándose la de entrada, empujando el pistón a él concreto hacia la válvula de salida y depositarlo en la tubería y mantenerla siempre llena.

Va sea por medio de motores de gasolina, diesel o eléctricos, se mueven las vuelas que impulsan al pistón. Estos aparatos logran abastecer con un flujo más uniforme de concreto cuando cuentan con dos pistones que se combinan para realizar movimien-

tos contrarios. En la actualidad la bomba de pistón es la de uso más común, y suelen transportarse en remolques especiales, camiones u ollas con sistema integrado.

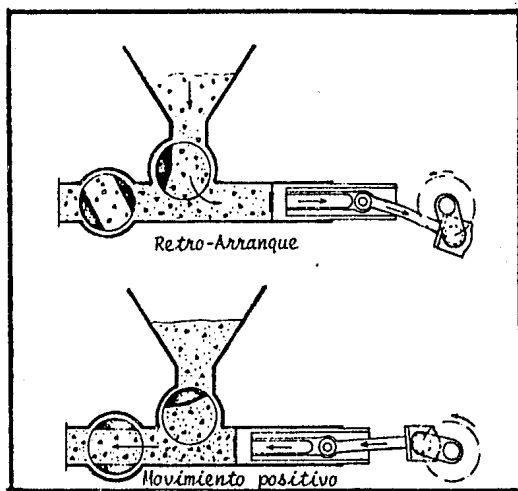


FIGURA III.2.

III.2.2. BOMBAS NEUMATICAS.

Un tanque de presión, un compresor o alimentador de aire y en algunos casos un depósito de aire comprimido, conforman básicamente lo que es una bomba neumática (ver fig. III.3). Inicia su función al ser alimentado el tanque de presión con concreto premezclado y cerrarse herméticamente, posteriormente por arriba de éste tanque se inyecta aire a presión para transportar el concreto por el ducto conectado en la parte inferior, y que llevará a éste hasta su lugar de vertido; en el lugar de la colocación final, una caja de descarga liberará el aire y no permitirá que la mez-

cla segregue; acto seguido se agrega nuevamente concreto al tanque de presión para repetir el ciclo.

Por lo general Estas bombas son de poca capacidad, por lo que, en obras grandes se recurre a un gran número de tanques y depósitos de aire comprimido, pero siempre --- darán un flujo menos uniforme de concreto, que el proporcionado por otros métodos.

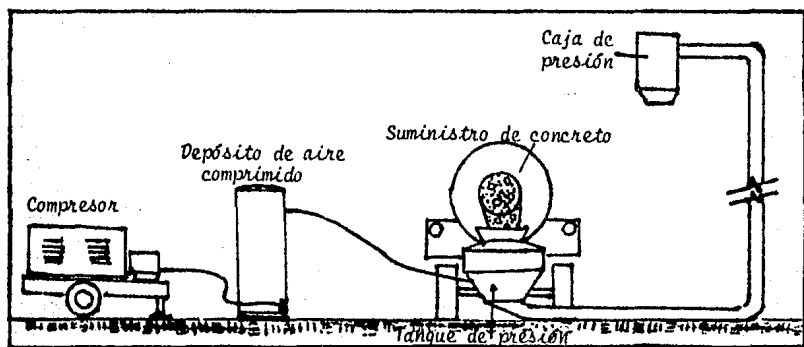


FIGURA III.3.

III.2.3. BOMBAS PERISTÁLTICAS (O DE RETACADO).

Consta de una tolva con tres aspas remezcladoras, tubo flexible, cámara de bombeo, rodillos e impulsor. El concreto colocado en la tolva (premezclado), se desplaza --- haciendo girar las aspas hasta llegar al tubo flexible conectado en la parte inferior de la tolva, y que recorre la cámara de bombeo en todo su perímetro. Dentro de

Esta cámara de bombeo se mueven unos rodillos giratorios que impulsan o exprimen el concreto de la manguera de succión a la manguera de distribución o salida; esta cámara se mantiene al alto vacío (660 mm. de Hg.), para asegurar que excepto cuando ejerza presión el rodillo, el tubo o manguera tenga la forma cilíndrica requerida (la recuperación de la forma del tubo, provee una succión que favorece al flujo de concreto desde la tolva hasta el propio tubo), para que el flujo de concreto sea continuo. Comúnmente son pequeñas bombas portátiles montadas sobre un camión que suministra el concreto por medio de una pluma plegable.

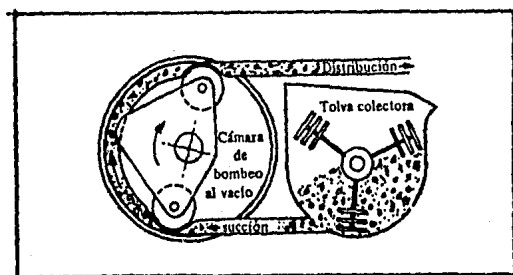


FIGURA III.4.

III.2.4. TUBERIAS.

Los sistemas de bombeo utilizan tuberías rígidas y flexibles, pero generalmente una combinación de tubos rígidos y flexibles. La capacidad para transportar el concreto por un sistema de tubos, está en función del tipo de mezcla, longitud efectiva de la línea, altura y distancia de vertido, diámetro y rugosidad del tubo.

III.2.4.1. TUBO RIGIDO.

Son fabricados en acero, plástico o aluminio con diámetros de entre 8 a 20 cm. En la siguiente tabla se muestran los diferentes diámetros de tuberías existentes, y algunos datos para su operación. Tuberías cortas y de bajos calibres, serán muchas veces preferibles para su instalación debido a su fácil manejo; así un operario logrará manipular una tubería terminal de vertido llena de concreto (como máximo), de 3 m. de longitud y 13 cm. de diámetro, que pesa 124 kg. aproximadamente.

Diámetro del tubo, mm		D.E. 78.2 mm Col. 14	D.E. 102 mm Col. 14	D.I. 102 mm	D.I. 127 mm	D.I. 152.4 mm	D.E. 178 mm 3.97 mm	D.I. 203.2 mm
Área de la sección transversal, cm ²		41.4	78.5	81.3	126	163	220	324
Tamaño máximo nominal del agregado, cm	Mezcla rica	2.5	2.5	3.8	5.1	5.1	7.6	7.6
	Mezcla pobre	1.9	1.9	2.5	3.8	3.8	5.1	7.6
Volumen de concreto por 30.5 m de tubo, m ³		0.1	0.3	0.3	0.5	0.7	0.8	1.1
Longitud de tubo por m ³ de concreto, m.		191	102	85.5	61.0	41.8	33.9	23.8
Peso del concreto por tramo de 3.1 m de tubo, kg		30.3	55.6	59.5	82.6	133.5	166.2	236
Descarga, en m ³ /hora para el promedio de velocidades indicados, m/seg**	0.3	4.5	8.4	9.2	14	20	24.4	35.1
	0.6	9.2	17	18	28	40.4	50	71
	0.9	14	25	27	41.2	60.3	74	—
	1.2	18.3	33	35	55	78.3	—	—

-- Las capacidades en el último renglón se calculó con la fórmula ordinaria de hidráulica $Q=A \cdot V$, la capacidad de la bomba se determinará consultando la factura original.

-- D.E.=diámetro exterior; D.I.=diámetro interior; peso vol. concreto= 2 400 kg/m³.

FIGURA III.5.

Las tuberías de aluminio presentan ventajas en su utilización debido a su ligereza. pero no es recomendable su uso, porque llegan a producirse reacciones químicas entre el álcalis del cemento portland, y las partículas de aluminio producto del des-

gaste de la tubería; reacciones que producen gas hidrógeno expansivo, produciendo -
 oquedades que atentán contra la resistencia del concreto.

III.2.4.2. TUBO FLEXIBLE.

Fabricado en hule, plástico o metal flexible estriado, y se preferirán los diámetros
 de 5 a 8 cm. por presentar menor tendencia a torcerse que los de 10 a 13 cm, excep-
 to en los tramos finales donde se utilizan grandes diámetros para facilitar el mane-
 jo del conducto, y lograr una mejor distribución de concreto. Este conducto se con-
juna con secciones de tubo rígido en curvas y conexiones, y en algunos casos es re-
 ducido su uso porque presenta una mayor resistencia al flujo.

III.2.5. ACCESORIOS.

Las uniones de tuberías, son uno de los accesorios más importantes en un sistema de-
 bombeo, y deben ser diseñados para resistir los esfuerzos ocasionados por trabajar
 como apoyo a lo largo de la línea (impidiendo el desalineamiento de las tuberías), -
 y soportando los manejos de su instalación; Esto es especialmente importante cuan-
 do se trata con tramos ascendentes (o decendente), mayores de 30 m. y tuberías de -
 más de 15 cm. Es un requisito indispensable que las uniones permitan un fácil ren -
 plazo para evitar mover varias secciones de tubo y sustituir solo una de ellas, --
 cuidando siempre que funcionen como contracciones u obstáculos que aumenten la resis-
tencia al flujo.

Para tuberías mayores de 15 cm. se usan comunmente uniones de doble barra, y uniones

BOMBA DE CONCRETO MONTADA SOBRE CAMION, CON CAPACIDAD HASTA DE 75 M³/HR., CON PLUMA REPARTIDORA.

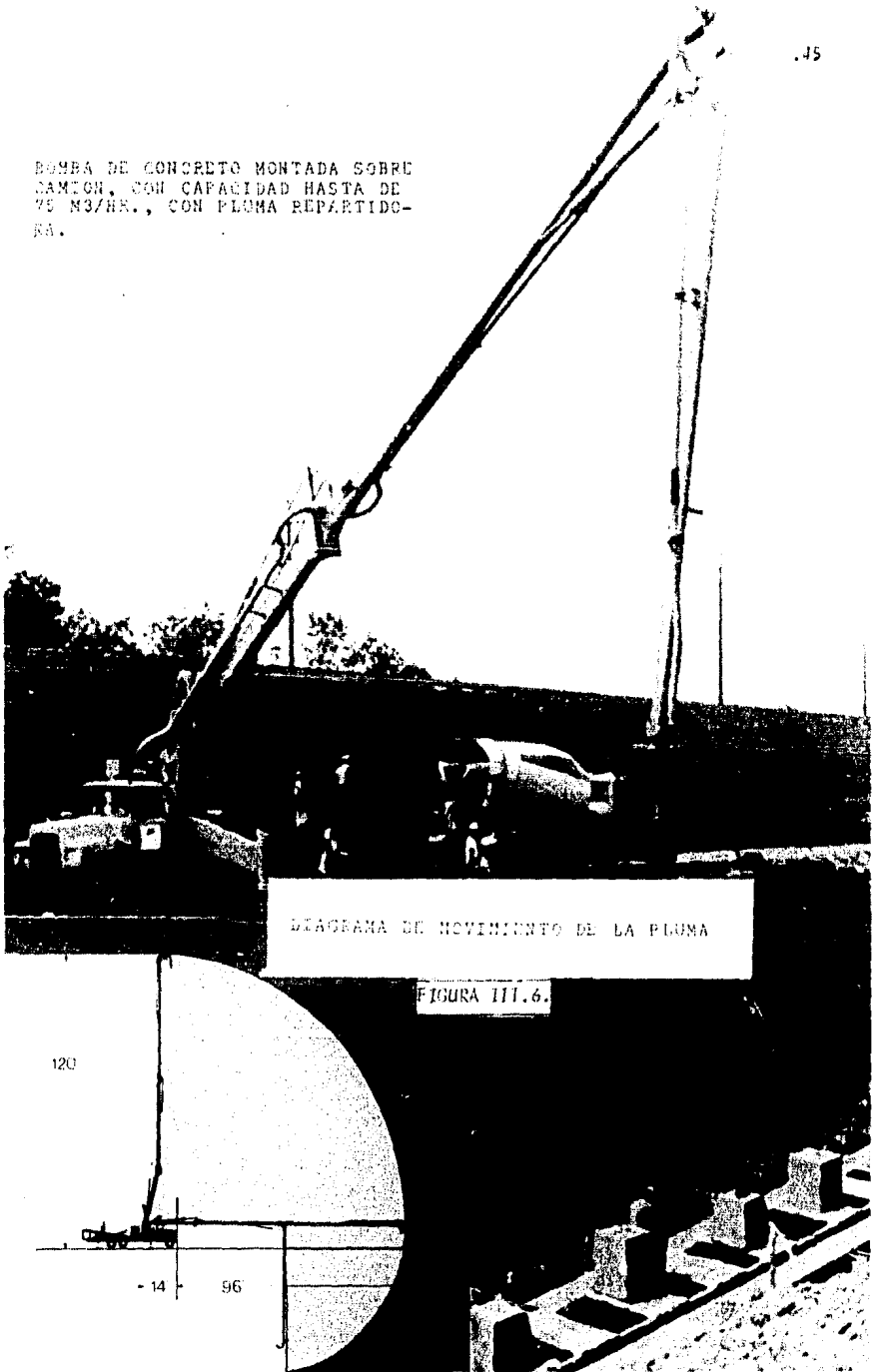
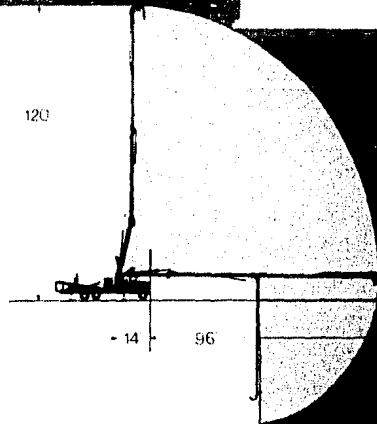


DIAGRAMA DE MOVIMIENTO DE LA PLUMA

FIGURA III.6.



estriadas para diámetros menores; excepto por su peso y tamaño, las uniones de doble barra presentan las mayores ventajas, permitiendo desalineamientos considerables, - una rápida y fácil instalación, etc.

En términos generales los accesorios utilizados en un sistema de bombeo para concreto son :

- Uniones rígidas.
- Uniones giratorias y distribuidores rotatorios.
- Válvulas para retroceso de flujo y cambio de dirección.
- Tablillas, rodillos y otros, como protección del ducto y refuerzo del sistema.
- Uniones extrafuertes, para conducción vertical y para áreas peligrosas.
- Contrapesos para bombeo inclinado.
- Equipo de limpieza.

En el mercado se ofrece una extensa variedad de accesorios y sistemas de colocación (ver fig. III.1.). Sin embargo existirán casos en los que éstos sistemas no puedan ser del todo viables, optando según el caso, por la colocación de un sistema de tubos estacionarios de manera tal que, se abarque la totalidad de área de vaciado en secuencia lógica, y se puedan ir desmontando los tramos de tubería que así lo requieran. En un sistema de tubos estacionarios se necesita de válvulas de desvío para los diferentes ramales, uniones adecuadas, y accesorios adicionales para el apoyo y sujeción de la tubería (fijado).

III.3. PREPARACION DE LA LINEA.

Es estrictamente necesario en cualquier caso, lubricar la tubería de un sistema de tubos para bombear concreto, introduciendo un mortero o lechada bien dosificados. Este mortero creará una capa delgada a lo largo de las paredes del tubo, que hará desplazarse al concreto a una misma velocidad (teórica) uniforme, desarrollándose así una menor fuerza de resistencia al movimiento; contribuirán a reducir la fuerza de resistencia al flujo también, el uso de menor número de cambios de dirección y uniones posible y el cálculo apropiado de los diámetros de tubería. La lubricación de tubería ayudará a reducir los efectos de fricción y de remezclado en los cambios de dirección en la tubería, siempre y cuando, se cumplan los requisitos de dosificación para concreto bombeable (ver dosificación).

Por ejemplo, 0.4 m^3 de mortero lubricarán una tubería de 15 a 20 cm. de diámetro - en aproximadamente 305 m. de longitud de tubería, cantidad que disminuirá considerablemente, si la tubería es vertical o de menor diámetro; Este mortero en ningún caso formará parte del colado. Por otra parte, una buena instalación, limpieza y desmontaje del sistema de tubos, conseguirá que no proliferen las superficies asperas y las deformaciones en los tubos, que incrementan la resistencia al movimiento.

III.4. DOSIFICACION.

La clave en la dosificación de una mezcla bombeable se reduce al control de la calidad de cada uno de los ingredientes del concreto, pero también será importante cuidar las operaciones de mezclado y colocado, con gente con los conocimientos y la experiencia necesaria.

La dosificación del concreto bombeable está directamente relacionada con los fenómenos de fricción y segregación que ocurren dentro de la tubería. La dosificación está dirigida a evitar los dos tipos de bloqueo más comunes:

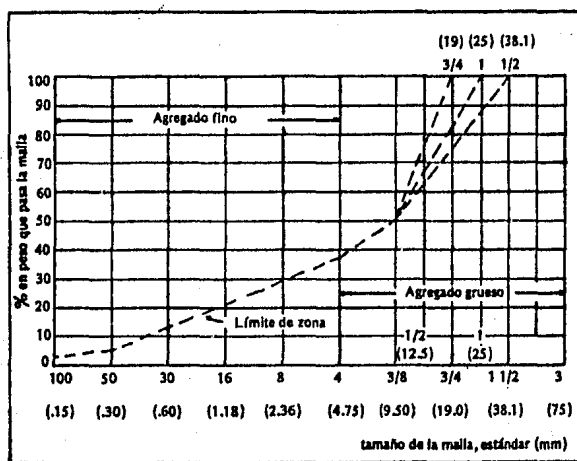
i) Bloqueo de filtro.- es el caso en donde se requiere la cantidad de finos necesaria, que permita a la fase de agua transmitir la presión a todo el demás cuerpo del concreto para que éste no se estanque en la tubería; en otras palabras, el concreto deberá solo tener cavidades pequeñas o intrincadas para proporcionar la fricción -- interna necesaria, para contrarrestar la resistencia al movimiento ofrecida por la tubería. Es factible encontrar este problema en mezclas con una granulometría irregular (muy escalonada).

ii) Bloqueo por fricción.- si el contenido de finos es demasiado alto en una mezcla, significa un aumento en la superficie de sólidos, y por tanto una mayor resistencia a la fricción por vencer, fricción que podrá ser o no vencida por la presión de la bomba. Este tipo de falla es más común en mezclas con proporciones deficientes con altas cantidades de finos (polvo triturado o ceniza volante).

III.4.1. AGREGADO GRUESO.

La presencia de partículas de agregado grueso de tamaño excesivo en el concreto, para fines de bombeo, suele ser un problema cotidiano, por lo que es necesario contar con una buena selección de éstos agregados o en su defecto mallas seleccionadoras. - Para fines de colocación por bombeo el TMA. (tamaño máximo de agregado), es limitado a $1/3$ del diámetro de la tubería para agregados de forma angulosa, y a $2/5$ del diámetro para agregados redondos, consiguiéndose un menor número de obstrucciones del ducto.

Para las gravas, la uniformidad granulométrica se requerirá en todo momento, pudiendo en algunos casos, combinar tamaños intermedios de grava para conseguir dicha granulometría. La uniformidad granulométrica (no escalonada) disminuirá la probabilidad de un bloqueo de filtro (fig. III.7.).



=FIGURA III.7.

Economizar en cemento con mayores cantidades de agregado grueso no es una medida sana, porque provocará problemas de bombeo, segregación y mezclas de difícil distribución y acabado. En la siguiente tabla, se muestran los volúmenes de agregado en función del TMA., observándose que entre mayor sea éste, considerablemente menor será el volumen de grava por ocupar. En los casos en que se trabajen con gravas angulosas, es recomendable prever una mayor cantidad de mortero lubricante en la línea, ya que éstos agregados presentan una mayor superficie por cubrir.

Tamaño máximo de agregado (TMA).	Volumen de agregado grueso por unidad para diferentes módulos de finura .			
Pulg.	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.60
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72

FIGURA III.8.

III.4.2. AGREGADO FINO.

El comportamiento de un concreto bombeable es semejante al de un fluido que transporta partículas gruesas en suspensión, esto es la mezcla de arena, cemento y agua transportan al agregado grueso en suspensión (teórico). Es entonces muy importante que sea a los agregados finos (arenas), a los que mayor importancia se dé, en la dosificación de cualquier concreto bombeable. Las pruebas de laboratorio indican que se deben observar con especial cuidado a las arenas que atraviesan las mallas más finas, consideradas a partir de atravesar la malla #4 cumpliendo con ASTM. Por ejemplo, para tuberías menores de 15 cm. son satisfactorios del 15 al 30% de finos que atraviesen la malla # 50 y del 5 al 10% la malla #100. Cantidades excesivas de finos requerirán de una mayor cantidad de agua, con las obvias consecuencias.

La gráfica anterior (fig.III.7.) y la que ahora presentamos (fig.III.9), muestran los valores recomendados de retención de porcentajes de material en cada malla. Aunque difícilmente en la práctica se pueden lograr con exactitud los porcentajes descritos, es recomendable que exista una tendencia hacia la curva superior (fig.III.9) en la que se obtienen arenas más finas (ASTM).

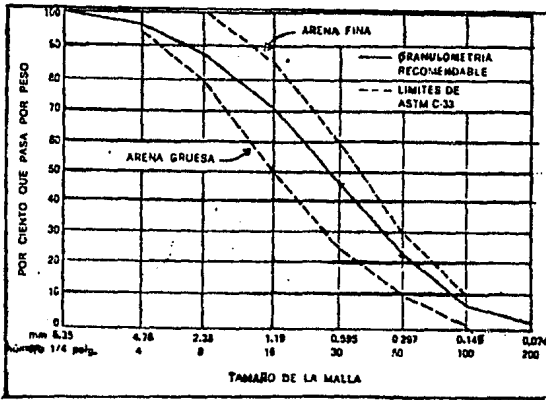


FIGURA III.9.

Un parámetro que por experiencia ha podido controlar la bombeabilidad de un concreto es el módulo de finura (valor empírico que se obtiene con la sumatoria de los porcentajes retenidos en cada malla, divididos entre 100), mejorándose la bombeabilidad cuando este valor es más reducido. Un módulo de finura de 2.75 como promedio es recomendable (ASTM), pero para lograr su efectividad, será necesario cumplir con los porcentajes de material que pasen las mallas más finas, #50 y #100. Ya en la tabla de la fig. III.8. se muestran los volúmenes de agregado grueso en función del módulo de finura, volumen que aumenta considerablemente cuando el módulo de finura disminuye (cuando se incluyen más finos), compensándose de esta manera.

III.4.3. AGREGADOS LIGEROS.

Estos materiales son usados para la fabricación de concretos ligeros de aplicación estructural, pero presentan condiciones de absorción que los vuelve parte de un manejo especial (absorción debida a las porosidades que los hacen más ligeros). En el

agregado ligero el porcentaje de absorción varía de entre 5 a 20% en peso a presión atmosférica, pero este porcentaje aumentará si al agregado se le somete a mayores presiones, lo que ocurre cuando el concreto es colocado por bombeo; entonces es de vital importancia presaturar estos materiales para evitar la pérdida de fluidez en el mortero lubricante de la línea.

a) AGREGADO GRUESO.

En función del tipo de material y en base a la experiencia, el agregado grueso ligero se saturará en montones o tolvas, con 2 a 3 días de rociado que penetren a todo el material; el rociado se detendrá y continuará nuevamente cuando aparezca y desaparezca el agua de saturado respectivamente, deteniéndose hasta que la humedad iguale o exceda la absorción promedio de 24 horas (ASTM). Para efectos del control de revenimiento el agregado se dejará escurrir de 2 a 4 hrs. antes de emplearlo. Disminuir la cantidad de agregado grueso hasta en una tercera parte del volumen original es recomendable, cuando se pierda el control sobre el revenimiento (comportamiento dentro de la tubería), incrementando para este caso la cantidad de arena, como compensación y para mejorar el comportamiento de la mezcla.

b) AGREGADO FINO.

La previa saturación de estos agregados, se realiza de manera instantánea en comparación con la del agregado grueso, pero se cuidarán mejor las cantidades de agua proporcionadas, porque un exceso en el contenido de agua hará desaparecer las partículas más finas. La arena se puede saturar en tambores mezcladores con las terceras partes del agua para emplear en el concreto, operación que dura 5 minutos. El agua absorbida y el agua de superficie en las partículas de arena, deberá ser con

controlada antes de su dosificación por peso, para poder cumplir con el volumen absoluto de arena especificada.

III.5. AGUA Y REVENIMIENTO.

El agua y el revenimiento se interrelacionan estrechamente para conseguir la mejor mezcla bombeable, regularmente una mezcla plástica de revenimiento entre los 8 a 13 cm. redituará en los mejores resultados. Los revenimientos bajos resultan impracticables, mientras que los altos provocan segregación, sangrado y fuertes contracciones. Es primordial conseguir la consistencia requerida para el concreto, por medio de un buen proporcionamiento o dosificación de los materiales, y no tratando de solventar las diferencias con mayores cantidades de agua que solo conseguirán elevar el costo del concreto. Siempre la consistencia en función del revenimiento debe ser controlada bajo condiciones de trabajo, para obtener el concreto previamente especificado (para colocar por cualquier método).

III.6. ADITIVOS.

En algunos casos son una solución muy acertada, porque en lugar de cambiar la relación o tipo de componentes de la mezcla estándar (que repercute en el costo y en las propiedades físicas de dicha mezcla), el agente aditivo tiene la capacidad, por sí solo, de mejorar la bombeabilidad de una mezcla; sin tener que recurrir a agregados especiales o al aumento en el contenido de cemento. Los aditivos son seleccionados en función del tipo de concreto y con los beneficios que se pretendan conseguir:

i) Reductores de agua.- reducen la viscosidad efectiva en toda la mezcla sin incrementar la segregación o el sangrado. Se usa en mezclas con elevadas condiciones de fricción, como lo son, las mezclas con alto contenido de cemento.

ii) Incluidores de aire.- incrementan la cohesión interna en mezclas relativamente pobres de concreto, reduciendo la segregación y el sangrado; eliminando también - los efectos de bloqueo de filtro (ver dosificación en III.4. a)).

iii) Minerales finamente divididos.- evitan también los efectos de bloqueo de filtro sin incrementar tanto la fricción en la tubería, que ocasiona la inclusión de cemento extra. Consistentes en puzolanas o cenizas volantes, se usan además para corregir deficiencias de graduación del agregado.

III.7. CONTROL DE CALIDAD.

No puede ser aceptada una mezcla para su colocación por bombeo, si no es previamente probada bajo condiciones de campo, por lo que, es indispensable probarla bajo condiciones reales de trabajo de la bomba, la distribución de tubos con alturas y distancias máximas consideradas, etc. El no contar con un aparato o pieza especial de laboratorio para comprobar la adaptación de un concreto al bombeo, hace que las pruebas de campo a escala total, sean el único medio con el que se cuente para ahorrar tiempo, dinero y esfuerzo; creando confianza en el sistema de colocado, y el poder lanzar nuevas propuestas para lograr una mejor eficiencia.

Las normas del ASTM. exigen muestras de concreto premezclado para su colocación

por bombeo, tomadas antes de su entrada a la bomba y después de salir, omitiendo el primer y último 15% del total de concreto surtido; ésto se realiza con la intención de revelar los cambios en las características de la mezcla, después de haber sido bombeada. Así pues, el revenimiento, contenido de aire, y en general todas las características en un concreto pueden ser detectadas, y en su caso ser corregidas.



FIGURA III.10.

III.8. CONSIDERACIONES GENERALES.

** Una planeación adecuada de todo el sistema de bombeo, se traducirá en ahorros-- de tiempo y costos de manejo. Para su aplicación es conveniente contar con un buen control del abastecimiento de concreto, ubicación de la bomba, distribución de las líneas, secuencia de colado y operación del sistema.

** La bomba seleccionada debe estar localizada cerca del colado (lo posible), y en un terreno que permita sostener a los camiones alimentadores.

** En principio la bomba debe operarse sin concreto para verificar que todas las -- piezas móviles trabajan adecuadamente. Cuando se haya recibido el concreto, resulta benéfico hacer funcionar la bomba lentamente para llenar las líneas, y hacer que el concreto se mueva uniformemente. Cuando ocurra una demora en la entrega del concre to por reparación u otros factores, no se detendrá la bomba, sino que se aminorará su funcionamiento, de tal forma que, el concreto sea mantenido en movimiento.

** Es esencial que exista siempre una comunicación muy estrecha entre el operador de la bomba con el abastecedor de concreto y con la cuadrilla de colocación.

** En grandes colados de concreto, se recomiendan líneas alternas de rápida conexión, sin descuidar que deben ir perfectamente apoyadas; también se recomienda el contar con un equipo de reserva de energía, para remplazar al equipo adicional por si ocurriese alguna avería.

** Ya casi para terminar el vaciado de concreto, se detiene la bomba y se inserta un émbolo o aditamento que force a salir al concreto de toda la línea con el fin de limpiarla. El aditamento se empuja con aire o agua (cuidando que ésta última no derrame sobre el colado); ya removido el concreto de la tubería, ésta debe limpiarse en su totalidad e inmediatamente, así como el demás equipo.

** Cuando la colocación es hacia arriba, es imprescindible el uso de válvulas de contra flujo para no dañar a la bomba. Para colados a 15 m. o más por debajo del nivel de la bomba, es necesario el uso de válvulas liberadoras de aire que eviten la formación de bolsas de aire o vacío.

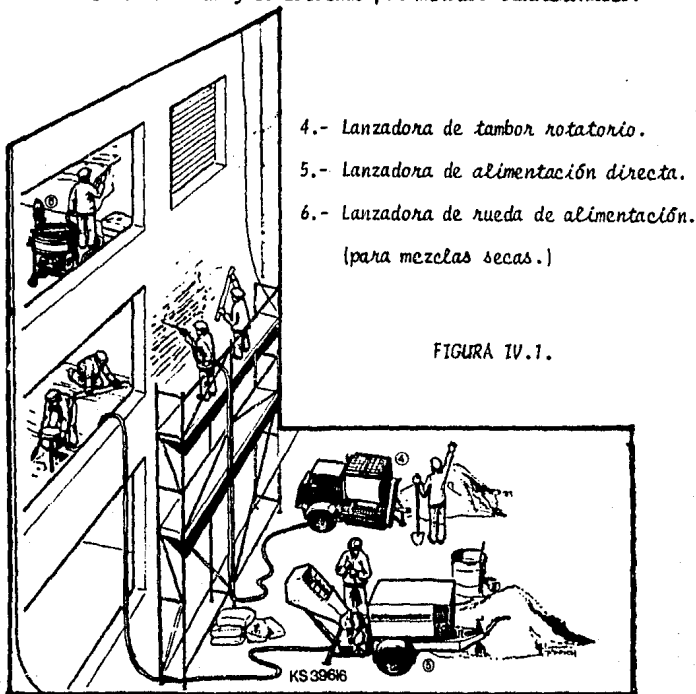
CAPITULO IV. CONCRETO LANZADO.

IV.1. CONCRETO LANZADO.

Es un concreto con agregados finos o mortero, conducido por un ducto y proyectado neumáticamente a gran velocidad sobre una superficie determinada. El concreto proyectado en forma de chorro contra la superficie de trabajo se impacta y compacta contra la misma, obteniéndose un concreto con excelentes características; dentro de las que destacan su excelente adherencia con la mayoría de los materiales, su permeabilidad (por el alto grado de compactación que registra), además de contar con todas las cualidades de un concreto colocado por métodos convencionales.

En la mayoría de los casos, para determinar en dónde y cómo se puede utilizar este sistema de colocación es necesario recurrir a un técnico especializado, con los suficientes conocimientos y experiencia en su uso. Su sencilla implementación estimula su uso en un gran número de construcciones y reparaciones hasta en las áreas más inaccesibles; resultando en ocasiones ser un concreto más económico que el convencional, debido al ahorro en cimbra, mano de obra, uso de pequeñas plantas portátiles de mezclado, mayor velocidad de colocación, etc. Reportes del ACI. de 1927, ya se describen casas construidas a base de concreto lanzado, desde entonces ha proliferado su uso con el desarrollo (E.U.) de equipos más sofisticados de alta producción, capaces de colocar un excelente concreto lanzado, a un ritmo de 15 a 18 m³/hr. con una sola boquilla, o más de 20 m³/hr. con equipos dobles que utilizan boquillas más pequeñas. Con el desarrollo de los equipos de alta capacidad, junto con los nuevos diseños de estructuras, han disminuido la brecha económica -

entre el concreto lanzado y el colocado por métodos tradicionales.



IV.2. MEZCLADO SECO.

Procedimiento de lanzamiento que cumple con una serie de pasos que se refieren a continuación :

I) Mezcla de cemento y arena (mezcla seca).

II) Se introduce la mezcla seca en un recipiente o receptor llamado lanzador.

- iii) Un distribuidor o sistema alimentador dentro de la lanzadora, introduce a la mezcla en la tubería de descarga, siempre ayudada por aire a presión.
- iv) Cemento y arena son conducidos por el ducto a presión, y descargados a una boquilla especial, en donde se unen íntimamente agua y mezcla seca; el agua llega a la boquilla por presión, y con un múltiple perforado atomiza a la mezcla.
- v) La mezcla ya hidratada sale de la boquilla para ser proyectada sobre la superficie de trabajo.

IV.2.1. DE ALTA VELOCIDAD.

Se consigue esta alta velocidad de salida de concreto, con una combinación de altas presiones de aire, mangueras de poco diámetro y pequeñas boquillas, de manera tal que, las velocidades de impacto sean mayores (aproximadamente 90 a 120 m/seg.), consiguiéndose un concreto excelentemente bien adherido y compactado. Dadas sus características, este tipo de lanzadoras son de baja capacidad.

IV.2.2. DE BAJA VELOCIDAD.

El proceso de mezclado seco de baja velocidad, se genera ocupando una lanzadora de gran rendimiento, boquillas amplias y grandes tamaños de tubería. El concreto resultante de este tipo de sistema de lanzado, cumple con cierta eficiencia con las características requeridas en un concreto lanzado, como son, la baja relación agua-cemento, adecuada compactación, etc.; pero no se logra la misma compactación que la alta velocidad consigue. Dentro de cierto rango, cualquier máquina lanzadora podrá

adaptarse a las necesidades y tipo de concreto lanzado requerido; modificando el tamaño de mangueras y boquilla, variar la presión, etc.

IV.3. MEZCLADO HUMEDO.

Este tipo de lanzadoras se reduce a un bombeo de alta velocidad, en donde no se obtienen las propiedades específicas de la colocación natural de un montero, teniendo se deficiencias en su compactación. Son lanzadoras de gran capacidad comumente, e impulsan al concreto (mezcla húmeda) por medio de aire a presión, de un depósito premezclador a el ducto de transporte, hasta desembocar en la boquilla.

IV.4. PROPIEDADES.

Propiedades como la adherencia a un gran número de materiales, gran resistencia y baja permeabilidad aún en secciones delgadas (y las encontradas en el concreto normal), hacen al concreto lanzado un material de mucha aplicación práctica; incrementándose sus beneficios, si es planeado y supervisado adecuadamente.

La mejorable compactación, la baja relación agua-cemento, hacen que el concreto obtenido mediante este método, aumente notoriamente su resistencia hasta en un 30% en comparación con los obtenidos por los métodos tradicionales. Son comunes resistencias para este tipo de concretos de entre 200 a 500 kg/cm², dependiendo de las condiciones para cada caso, consiguiendo resistencias de 700 kg/cm² o más, con el uso de lanzadoras de mezclas secas de alta velocidad.

La adherencia con el concreto mismo, por parte del concreto lanzado, en una super-

ficie previamente limpiada, humedecida y hecha áspera, será el de un lodo denso y cohesivo que penetra irregularmente en dicha superficie. Posteriormente el concreto se mantiene adherido por efectos combinados de cohesión, succión e intrusión; - ocurrido lo anterior, la mezcla en el lugar reacciona químicamente uniéndose con la superficie de concreto donde fué lanzada. Pastas ricas en cemento actúan por acción capilar o intrusión forzada por los poros y fisuras de la superficie, incrementándose la adherencia.

Es recomendable que se evite la adherencia con la madera de cimbra, cubriéndola con papel o polietileno; recordar también que no logra adherirse a acero recubierto de zinc, y que con el aluminio presenta corrosión electrolítica. Su adherencia con -- manposteriorias de todo tipo es buena, teniendo que saturar la superficie de ésta para mejorar la unión.



FIGURA IV.2.

IV.5. USOS.

i) Aplicaciones estructurales.- muy útil en secciones plegadas o curvas, tales como, techos, paredes, t nques preesforzados, albercas, túneles, alcantarillas, etc. y en general en cualquier tipo de estructura.

ii) Recubrimientos.- quizá una de sus mayores aplicaciones; uso sobre mamposterias de tabique, concreto, piedra, o con acero como protección, refuerzo o presentación.

iii) Reparaciones.- en estructuras de concreto, tales como, puentes, tanques, túneles, presas, estructuras marítimas, etc. dañadas o afectadas por sismo e incendio. También repara estructuras metálicas corroidas o dañadas por incendio.

iv) Revestimientos refractarios.- en hornos, calentadores, chimeneas, etc.

v) Revestimientos resistentes a la abrasión.- ocupados en lugares de mucho movimiento con constantes interacciones con el revestimiento, como en almacenes de agregado o carbón, vertedores, t lvas, estructuras marítimas, etc.

IV.6. AGREGADOS.

En la gráfica siguiente, se muestran las curvas granulométricas con los límites requeridos para las arenas del concreto lanzado; marcando una zona ? de "5 mm. a fino" con la posibilidad de incluir arenas más gruesas. Con pruebas preliminares que demuestren su buen funcionamiento, podrán utilizarse arenas que no cumplan con la -- granulometría anterior, teniendo siempre en cuenta que el mayor uso de finos podrá

augmentar la contracción por secado (uso de más agua), mientras que arenas más gruesas de equipos de mayor capacidad.

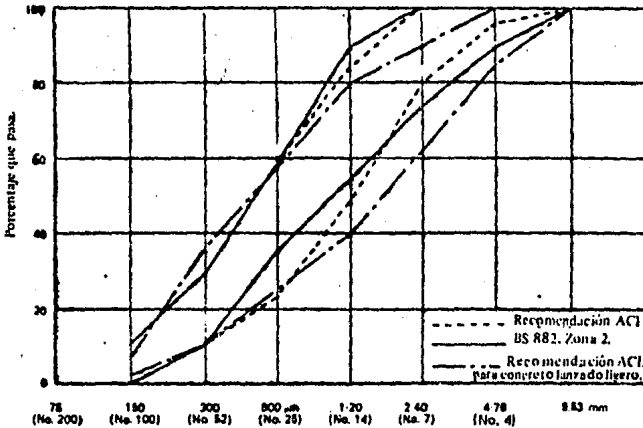


FIGURA IV. 3.

El módulo de finura para la mezcla de concreto lanzado, varía de 2.4 a 3.2, con no más de un 2% de material que atraviese la malla #200. Un operador experimentado probará la arena, simplemente oprimiéndola dentro de su puño verificando si demuestra abrasividad al tacto, el contener o no partículas suaves, ni exceso de limo o polvo. Para evitar la formación de costras de mortero dentro de la tubería, deberá de conservarse la arena en un rango de humedad de entre 5 a 8% como máximo; caso contrario, es la de una arena muy seca, que propiciará la separación excesiva entre cemento y arena, excluyendo el mínimo de adherencia entre ellos. Para conservar la humedad óptima en la arena, será necesario almacenarla en donde se pueda cubrir de la lluvia o las inundaciones, y en los casos más desfavorables de almacenamiento,

cubrir las con lonas plásticas sobre plataformas de fácil drenado. Una medida práctica para cumplir con la humedad requerida, es la mezcla de arenas húmedas con secas:

IV.7. DISEÑO DE MEZCLAS.

Los diseños de mezclas para concreto lanzado son actualmente encontrados empíricamente, pero es importante hacer notar que los mejores concretos se aseguran con arenas bien graduadas. En la siguiente tabla (fig. IV.4), se presentan diferentes valores para la dosificación de un concreto con fines de lanzado, y sirven como guía (se encuentran del lado de la seguridad). Se observa que en la columna de la mezcla resultante in situ, los efectos que el rebote (se explica a continuación) tiene sobre el material ya colocado, encontrando un concreto más rico en cemento pero menos económico; es entonces importante cuantificar y controlar el porcentaje de rebote in situ, a partir de las condiciones de trabajo, tales como, materiales, experiencia del operador, etc.

Usos.	Mezcla por volúmen.	Mezcla por peso.	Mezcla resultante in situ (por peso)	Resistencia mínima a compresión (28 días) (kg/cm ²).
Recubrimientos de sección gruesa.	1:6.5	1:6.0	1:4.1	210
	1:5.5	1:5.0	1:3.6	240
	1:5.0	1:4.5	1:3.5	260
Universal.	1:4.5	1:4.0	1:3.2	280
Alta resistencia.	1:4.0	1:3.5	1:2.8	310
	1:3.4	1:3.0	1:2.0	420
Solo aplicaciones refractarias normales.	1:2.2	1:2.0	1:1.2	420

FIGURA IV.4.

El fenómeno de rebote, se presenta en mayor o menor medida en el uso del concreto-lanzado, y se entiende como el material que no se adhirió ni compactó sobre la superficie de trabajo repelido por la cimbra, el refuerzo o el mismo concreto, salpicándose fuera del área de colocación. La totalidad del material de rebote lo constituyen los agregados y se presenta en mayor proporción, cuando se trabaja con secciones delgadas; en secciones más gruesas este fenómeno disminuirá por el trabajo de colchón que representa el concreto. Los porcentajes de material de rebote varían dependiendo de: En primer lugar de la habilidad del lanzador, del tipo de superficie, eficiencia de hidratación, relación agua-cemento, granulometría, velocidad en boquilla, ángulo y distancia de impacto, espesor de la sección. Es evidente que el analizar, controlar y corregir cada uno de estos factores, redundará en una mayor eficiencia y economía en la colocación de un concreto por lanzado.

En función del tipo de superficie el material de rebote será como sigue:



SUPERFICIE	% DE MATERIAL DE REBOTE.
Piso o losa	5 a 15%
Muros verticales	15 a 30%
Plafones	25 a 50%

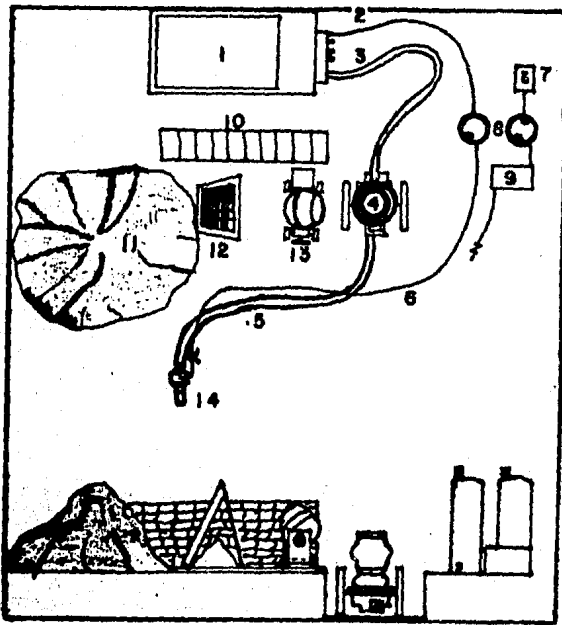
IV.3. ADITIVOS.

En algunos casos es conveniente emplearlos. El aditivo espumante reduce la tensión superficial de la mezcla, haciéndola más humectante; consiguiendo reducir la cantidad de rebote de material. También existen aditivos colorantes para acabados, impermeabilizantes, etc. que resaltan o mejoran las características del concreto.

IV.9. EQUIPO.

IV.9.1. PLANTA .

Aquí llamamos planta a los medios con que se suministra a la máquina lanzadora, el agua, el aire a presión y los materiales en cantidades y proporción adecuados. La distribución de una pequeña planta para lanzar concreto se muestra a continuación.

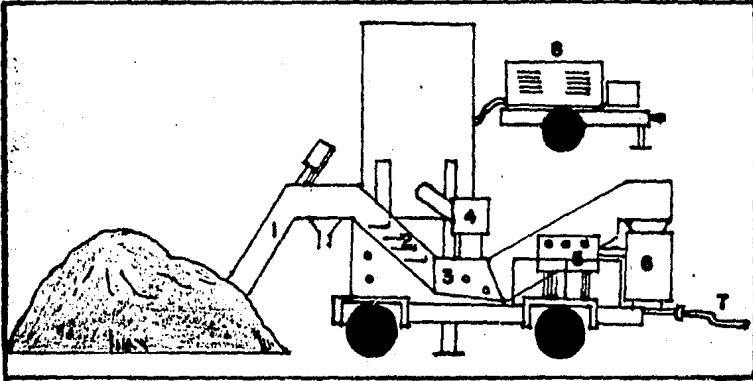


- 1.- Compresor de aire.
- 2.- Manguera $\varnothing=20$ mm. (aire).
- 3.- Manguera $\varnothing=50$ mm. (aire).
- 4.- Máquina lanzadora.
- 5.- Manguera con material $\varnothing=30$ a 50 mm.
- 6.- Manguera $\varnothing=20$ mm. (agua).
- 7.- Alimentación de agua.
- 8.- Tanques de alta presión.
- 9.- Bomba de agua.
- 10.- Cemento.
- 11.- Arena.
- 12.- Cribadora.

FIGURA IV.5.

Nota: - Los diámetros mostrados son solo válidos para el ejemplo.
 - Los números 7, 8 y 9 se presentan como otra alternativa para el suministro de agua.

Es común que para plantas de gran rendimiento, la misma planta se integre a la lanzadora para facilitar sus operaciones y permitir una movilidad constante. (ver - fig. IV.6.)



- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.- Elevador de arena. | 5.- Consola del operador. |
| 2.- Secador de arena. | 6.- Lanzadora. |
| 3.- Mezclador dosificador continuo. | 7.- Manguera de salida de material. |
| 4.- Medidor automático de cemento. | 8.- Compresor móvil. |

FIGURA IV.6.

El abastecimiento de mezcla (mezcla seca o húmeda), es suministrada a mano o con camiones olla según sea el caso.

a) ABASTECIMIENTO DE AIRE.

El suministro de aire a presión requerido es de vital importancia para el logro de

buenos resultados en el empleo del concreto lanzado. El aire por usar deberá estar libre de aceite y seco, por lo que, los equipos cuentan con secadores para tal fin, pero en ambientes muy húmedos son imprescindibles secadores adicionales; el aire seco permitirá regular la humedad en la mezcla seca, impidiendo la formación de costras de cemento dentro de la línea conductora. Aunque los fabricantes den un mínimo de volumen de aire para la operación de las lanzadoras, es conveniente siempre contar con un volumen extra y absorber las fluctuaciones importantes (regularmente no menor de $0.12 \text{ m}^3/\text{seg.}$).

Las presiones requeridas para el buen funcionamiento de una lanzadora, estarán determinadas por la longitud de la manguera y la altura de la boquilla con respecto a la lanzadora, variando regularmente de 5.6 a 7.1 kg/cm^2 ; presión que se incrementará en 0.02 kg/cm^2 por cada metro de manguera y 0.04 kg/cm^2 por cada metro de altura por encima de la lanzadora. Se ha logrado colocar un concreto lanzado de buena calidad, hasta 100 m. de altura con respecto a la lanzadora como máximo.

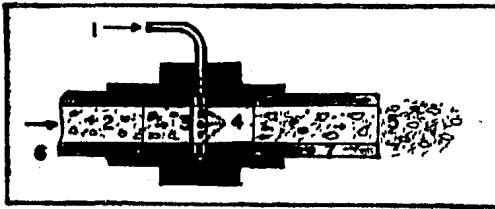
b) ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Si la línea externa de abastecimiento de agua llega con una presión de no menos de 4.1 kg/cm^2 , podrá conectarse directamente al sistema. En caso de cumplirse con la mínima presión requerida, esta se dará por medio de una bomba de agua contando también con tanques presurizados (ver fig. IV.5.).

IV.9.2. BOQUILLA.

Es en la boquilla donde se da la hidratación (mezclado íntimo de agua y material,

no referido a la combinación química), Encontrándose aquí los flujos de material - seco y agua para conformar al mortero que a continuación saldrá expulsado al área de trabajo. Toda boquilla cuenta con una entrada especial como conexión que ajusta con la línea de agua, permitiendo el regular su flujo mediante una válvula de paso. En la fig. IV.7.3. se observa el anillo perforado o en algunos casos roldana ranurada, presentando perforaciones radiales para de ésta manera suministrar un flujo variable y radial de agua, y atomizar la mezcla con la mayor eficiencia posible (punto 4 de la misma figura). La boquilla tipo Boulder es más eficiente cuando se trabaja con mangueras de más de 4 cm. de diámetro, y se muestra a continuación.

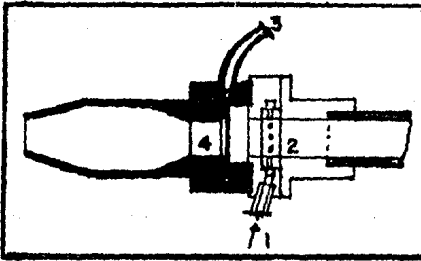


- | | |
|---|--|
| 1.- Entrada de agua. | 4.- Área de hidratación. |
| 2.- Mezcla suspendida en corriente de aire. | 5.- Mezcla proyectada por la boquilla. |
| 3.- Anillo perforado para salida de agua. | 6.- Manguera de material. |
| | 7.- Punta de boquilla de hule y desmontable. |

FIGURA IV.7.

Todavía se sigue tratando de reducir por parte de los proveedores, los porcentajes de material no humedecido dentro de la boquilla que llega a ser 20% o más, cooperando de ésta manera al aumento del problema de rebote; se ha visto últimamente - que turbulencias y vórtices creados dentro de la boquilla aumentan la hidratación y disminuyen el rebote de material.

La boquilla tipo Impulsor (fig.IV.8) es una innovación que permite una mayor eficiencia de hidratación, además de dar mayor velocidad de salida a el concreto; pero se necesita de un suministro adicional de aire a presión que aumentará su costo de operación. En general para los concretos lanzados por el procedimiento de alta velocidad no es conveniente el uso de boquillas especiales.



- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1.- Entrada de agua. | 3.- Entrada de aire a alta presión. |
| 2.- Conjunto normal de boquilla. | 4.- Orificios . |

FIGURA IV.8.

La punta de cualquier boquilla es la zona, donde se da la uniformidad al chorro de concreto para obtener los mejores resultados, y donde se presenta el mayor desgaste de esta pieza. La punta de la boquilla generalmente es desmontable del demás cuerpo, y se fabrica en hule o recubierta de hule, para facilitar la limpieza y prevenir el desgaste. El hule usado en la boquilla dará una mayor duración y economía a las puntas de boquilla.

IV.9.3. LANZADORAS.

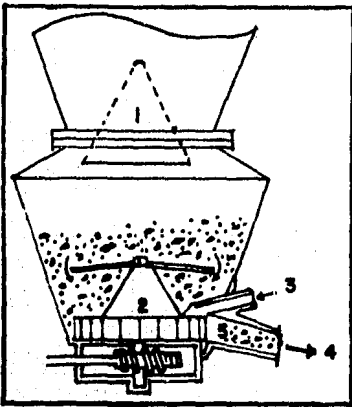
La selección de una lanzadora está en función del tipo de concreto lanzado requerido

y el volumen por manejar. El rendimiento de la lanzadora debe ser tal que, mantenga un flujo uniforme y continuo de material en la boquilla. Cuando se trabaje con grandes secciones por colar y se utilicen agregados de hasta 25 mm. es necesario ocupar de preferencia lanzadoras grandes.

IV.9.3.1. LANZADORAS DE MEZCLA SECA.

Todas las máquinas lanzadoras de este tipo, se basan en un principio común que consiste en abastecer de mezcla seca a un depósito para después llevarla hacia la manguera conductora por medio de aire a presión; pero los mecanismos de funcionamiento de cada una en particular es diferente, por lo que, se clasificarán en tres sistemas básicos que se mencionan a continuación:

A. RUEDA DE ALIMENTACION.

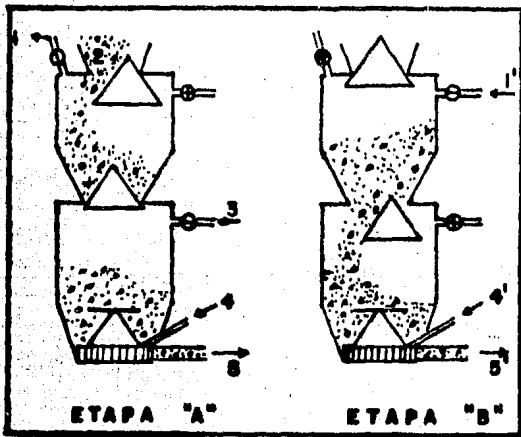


- 1.- Válvula de campana.
- 2.- Rueda alimentadora giratoria.
- 3.- Entrada de aire.
- 4.- Salida de mezcla seca.
- 5.- Cuello de ganso.

FIGURA IV.9.

Es una lanzadora que proporciona un flujo constante de mezcla seca, logrado a partir de mantener una presión constante, valiéndose de dos cámaras de las que está provista. En la fig. IV.9. se observa que la cámara inferior cuenta con una rueda giratoria que alimenta a la manguera de transporte con una porción de mezcla igual a la de la cavidad de la rueda que se encuentre frente a la manguera; Esta porción de mezcla es ayudada a salir por medio de aire a presión, que se introduce por el aditamento llamado cuello de ganso.

El proceso llamado "comutación" se muestra en la fig. IV.10., y consiste en mantener por medio de la cámara superior, la presión costante que necesita la cámara inferior. La eficiencia en el uso de este aparato, dependerá de la habilidad para operar y alimentar la lanzadora, así como de mantenerla en buen estado.

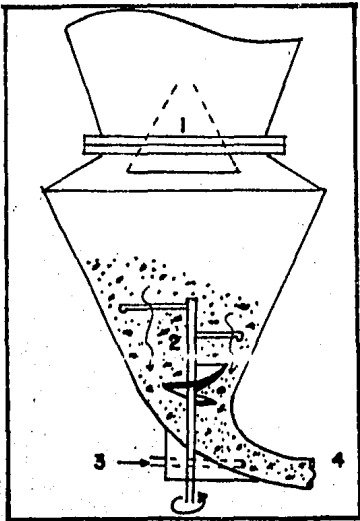


- 1.- Salida de aire.
- 2.- Entrada de mezcla seca.
- 3.- Entrada de aire = 1'.
- 4.- Entrada de aire = 4'.
- 5.- Salida de mezcla = 5'.
- Válvula cerrada.
- ⊖ Válvula abierta.

FIGURA IV.10.

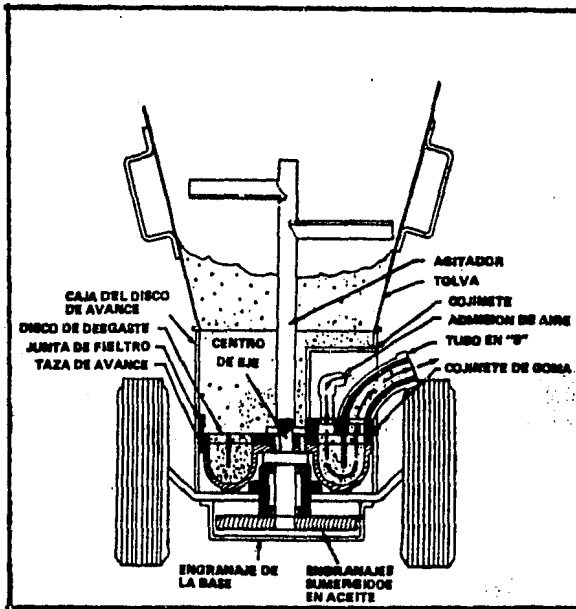
B. ALIMENTACION DIRECTA O POR GRAVEDAD.

Este aparato posee controles muy parecidos a los de la lanzadora anteriormente descrita, pero esta lanzadora puede contar con una o dos cámaras, no siendo de primordial importancia el mantener una presión constante. En la fig.IV.11., se muestra el funcionamiento básico de la lanzadora, y se observa que el material cae por gravedad y es conducido al estrechamiento de cono invertido por medio de un agitador rotatorio. Un conducto de aire a presión es introducido justo en el estrechamiento, y es alineado con la salida, para llevar al material seco que va cayendo por gravedad a la línea conductora. Dadas su características, la lanzadora deberá ser limpiada escrupulosamente de preferencia después de cada día de trabajo.



- 1.- Válvula de campana.
- 2.- Agitador rotatorio.
- 3.- Entrada de aire a presión.
- 4.- Salida de material seco.

FIGURA IV.11.

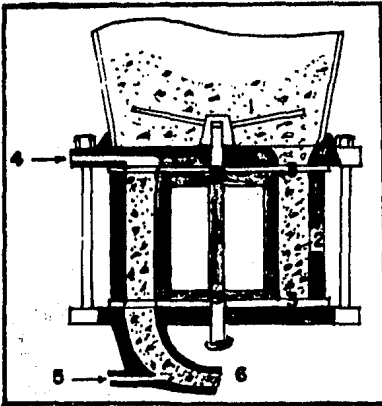


lanzadora de alimentación directa o tipo gravedad.

FIGURA IV.12.

C. TAMBOR ROTATORIO.

La lanzadora de tambor rotatorio, consta de una serie de cámaras cilíndricas que -- viajan dentro de un tambor, donde rotan circularmente; el tambor a su vez está con-- finado por dos placas circulares paralelas que sirven como tapa. Con la alimenta-- ción por la parte superior, se va cargando cada cilindro por gravedad al pasar, y descarga a su vez, cuando pasa por el área aislada donde coinciden, la entrada de aire a presión y la manguera de salida de material; posteriormente el mismo cilin-- dro regresa a cargarse de mezcla seca y repetir el ciclo. (ver fig. IV.13.). Una -- alimentación adicional colocada inmediatamente a la descarga dará mayor impulso a



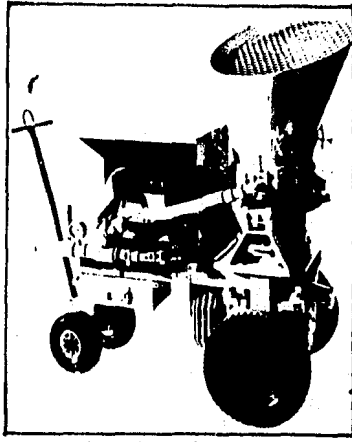
- 1.- Agitador giratorio.
- 2.- Tambor giratorio.
- 3.- Juntas de unión.
- 4.- Entrada de aire a presión.
- 5.- Entrada de aire a presión.
- 6.- Salida de mezcla seca.

FIGURA IV.13.

a la mezcla y llevarla hasta la boquilla. El sellado del tambor con las dos placas que sirven de tapadera resulta un problema común a esta máquina, por lo que se usan juntas de hule grueso como empaque y así disminuir el desgaste que aquí se presenta; se recomienda no trabajar con agregados muy finos que puedan infiltrarse entre las placas de sellado.

Las máquinas lanzadoras de tambor rotatorio, son diseñadas para abastecer grandes volúmenes de mezcla, por lo que no se ocuparan para lanzados de alta velocidad, -- pudiendo usar agregado hasta de 25 mm. sin temor a dañar a la máquina. Este tipo de lanzadoras requiere de un mínimo de atención cuando trabaja, por lo que se usan cuando se cuenta con una planta automática de suministro de material, lo que hace pensar en un sistema automático de lanzado. Su bajo costo de operación se compensa con los incrementos en su costo de mantenimiento, propiciado por el gran número de superficies de desgaste localizadas dentro de la lanzadora.

A continuación se muestra una máquina de tambor rotatorio Aliva, muy común en el -- mercado.



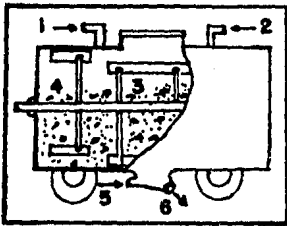
Lanzadora de tambor rotatorio

FIGURA IV.14.

IV. 9.3.2. LANZADORA DE MEZCLA HUMEDA.

Su diseño es un área de investigación continua, pero un modelo básico que se aproxima a dar un concreto lanzado se muestra en la fig.IV.15., y consta de un tanque en donde se fabrica el concreto que a continuación se presuriza para dar salida al concreto; en la saliente del tanque se conecta una alimentación de aire para transportar al concreto (húmedo) hasta su destino final.

Al igual que el concreto colocado por bombeo (capítulo anterior), la manguera necesitará lubricación para hacer pasar mezclas de concreto con revenimientos de 3.5 cm. como promedio. La mezcla húmeda en la boquilla, llega a desarrollar velocidades símilares a las adquiridas por las mezclas secas, por lo que es posible trabajar en plafones. Existen sistemas de pistón que rara vez se logran ocupar en superficies verticales como concreto lanzado.



- 1.- Entrada de aire.
- 2.- Entrada de agua.
- 3.- Paletas giratorias.
- 4.- Mezcla húmeda.
- 5.- Entrada de aire.
- 6.- Salida de mezcla húmeda.

FIGURA IV.15.

IV.10. TECNICAS PARA SU USO.

IV.10.1. REFUERZO.

En los casos en que el concreto lanzado necesite acero de refuerzo para soportar esfuerzos estructurales o de temperatura, conviene tomar en cuenta un espacio mínimo de separación para la penetración del concreto entre el refuerzo, y formar un solo elemento. En la práctica son de uso muy común las mallas de acero electrosoldado, tratando de evitar las varillas corrugadas, mallas de metal desplegado y las varillas torcidas que ocasionan mayores problemas de rebote de material. En la fig. IV.16.1. se muestra una sección amplia para colocar por lanzado, que se puede efectuar en dos pasos, o en uno solo como se muestra en fig.IV.16.2, pero nunca se permitirá que se coloque el refuerzo como en fig.IV.16.3., cuando sea en un solo paso.

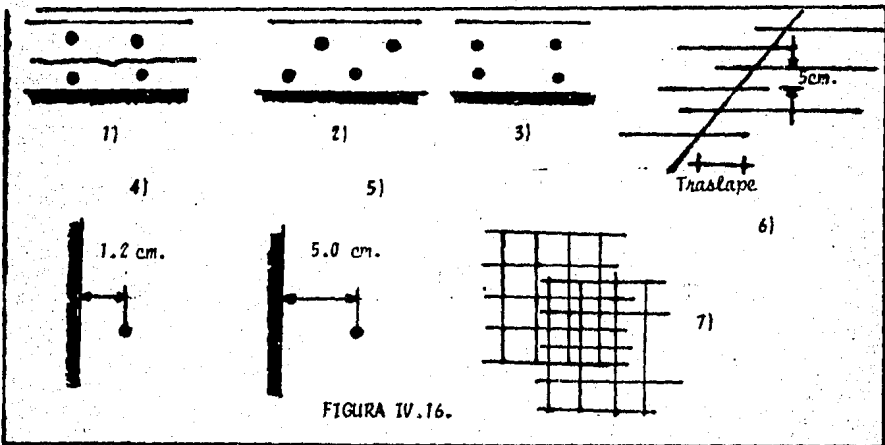


FIGURA IV.16.

Son necesarios los espaciamientos entre varillas de no menos de 5 cm., recomendándose 6.5 cm. de separación generalmente (fig.IV.16.6). Es conveniente para la penetración del concreto, que el refuerzo guarde una distancia mínima a la cimbra de - 1,2 cm., y de 5 cm. cuando se utilice agregado hasta de 25 mm. (fig.IV.16.4 y 5.). En la fig.IV.16.7. se observa el traslape mínimo necesario entre dos mallas, que es de 1 1/2 cuadros para producir el efecto de trama.

Para el fijado de acero de refuerzo sobre la superficie por cubrir, se cuenta con un sinnúmero de anclas, ganchos, grapas, tornillos, etc., para cada tipo de trabajo por realizar (ver fig.IV.17.).

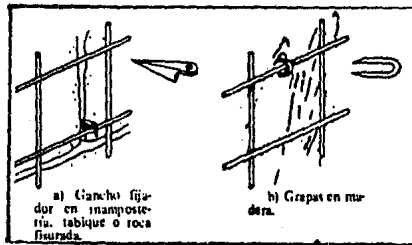


FIGURA IV.17.

IV.10.2. JUNTAS CONSTRUCTIVAS.

Las juntas constructivas o juntas de trabajo, se deben tomar en cuenta para cuidar que se integren las masas de concreto lanzadas en diferentes días o tiempos, con alguno de los métodos que a continuación se presentan.

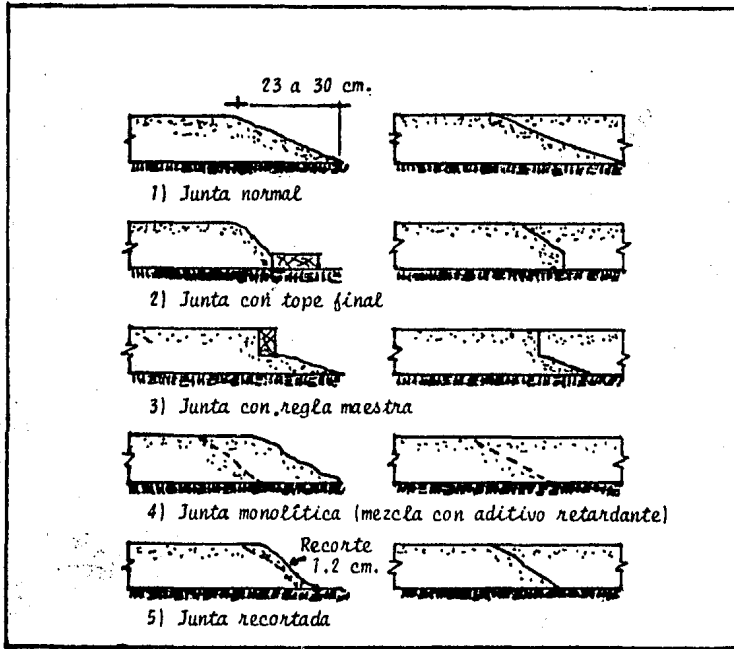


FIGURA IV.18.

1) En la fig. IV.18.1. se muestra la junta normal o diaria, que se realiza antes de dar por terminado el lanzado que continuará posteriormente. Esta junta se dejará en toda la orilla que sea continuada, dándole forma de cuña con un ancho de 23 a 30 cm. para espesores hasta de 7.5 cm. (espesores mayores tendrán un ancho proporcional). La superficie inclinada debe ser cepillada para remover la nata y el material de rebote, cuando presente la dureza necesaria, no aplanando ni cortando la superficie. Cuando se reanuden los trabajos la superficie debe humedecerse para poder continuar con el lanzado (en caso de necesitarse se usará algún aditivo adhesivo).

2) Un trabajo de junta más regular es obtenido, procediendo como se muestra en las

figs. IV.18.2 y 3 . Las juntas 1, 2 y 3 serán más eficientes si se añade algún agente de unión.

3) El uso de una mezcla con fraguado retardado por medio de aditivos (junta 4), es apropiada si se cuenta con la experiencia necesaria para manejarla. Un día de fraguado retardado permitirá encontrar al concreto de la junta en estado plástico, - ideal para obtener una junta más homogénea.

4) La junta #5 se usa principalmente en trabajos marítimos. Esta junta se obtiene igual que la junta #1, pero a ésta se le recortará la superficie inclinada para remover la contaminación por sal, que pudiera hacer fallar a la junta.

IV.11. CIMBRA.

Cuando el concreto lanzado es aplicado en superficies horizontales y por encima de ésta, es necesario el uso de cimbra de diseño normal. En estructuras verticales o casi verticales cimbres de poca resistencia estructural, debido a que el concreto lanzado se autosustenta hasta alturas considerables. Sobre superficies reforzadas que sirvan como cimbra, solo será necesario una regla maestra (como en el recubrimiento de taludes, túneles, etc.). Para superficies verticales una cimbra de madera contrachapada ligera de 8 mm. de espesor, es suficiente (ver fig. IV.19.), pero en algunos casos se usan cartones rígidos; el problema de utilizar cimbra muy ligera, es el de poder controlar y evitar las vibraciones durante el lanzamiento.

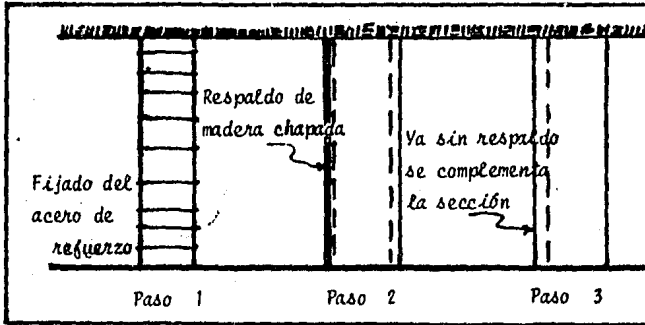


FIGURA IV.19.

Cimbras que consistan en un triplay de sección amplia y bien fijado, podrán controlar los inconvenientes del trabajo con techos o muros de extensa curvatura. Para casos especiales, la malla de metal desplegado muy cerrada es usada como cimbra, colocándose después del refuerzo y formando parte de él al ser lanzado el concreto.

Aún en cimbras bien aceitadas se han presentado dificultades para el descimbrado - cuando se usa concreto lanzado, es por ello conveniente usar membranas de papel - o plástico que actúen como separador.

IV.12. ALGUNAS APLICACIONES.

a) REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.

En la reparación del concreto reforzado, es necesario remover todo el concreto débil que rodea al acero para reparar la estructura que presente corrosión o daño en éste. Dependiendo de la importancia de el daño, la reparación se podrá hacer de la -

siguiente manera:

- Cubrir con una capa de concreto lanzado en donde se requiera, si el elemento no se encuentra muy dañado.

- Si el daño es grave, es conveniente apuntalar o sostener en su posición al elemento, para proceder a colocar acero de refuerzo adicional (si es el caso), cubriéndolo inmediatamente con una capa de concreto lanzado.

- Daños en tramos cortos son analizados profundamente para verificar su magnitud, proponiendo según el caso, cubiertas adicionales de concreto o el uso de cementos especiales.

- Básicamente se usará el concreto lanzado como recubrimiento para el acero de tensión, y como concreto adicional para el de compresión, cuidando siempre el equilibrio de la estructura.

b) REPARACION Y REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE ACERO.

Si por los efectos de corrosión o desgaste un elemento metálico ha perdido su capacidad de resistencia, se procederá a cuantificar el acero que ha sucumbido, para poder calcular el refuerzo necesario que se tendrá que colocar (adicional) y reparar la estructura; sin olvidar el recubrimiento de concreto lanzado como medio de fijación y recubrimiento (ver el ejemplo de la figura IV.20.).

La viga "T" de la fig. IV.21. se preesforzó con alambre Freyssinet, y se ocupa para

reparar vigas de acero corroidas o dañadas por incendio. En la misma fig.IV.21. se muestra un tanque preesforzado cubierto con concreto lanzado; Esta solución usa un forro cilíndrico o lámina de acero como molde, para el preesfuerzo.

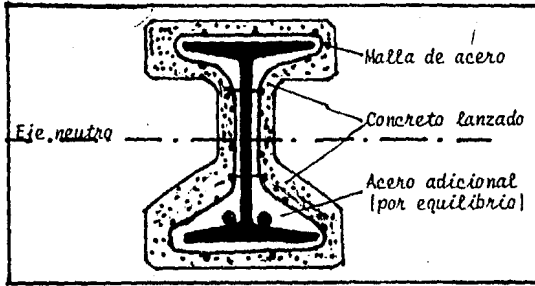


FIGURA IV.20.

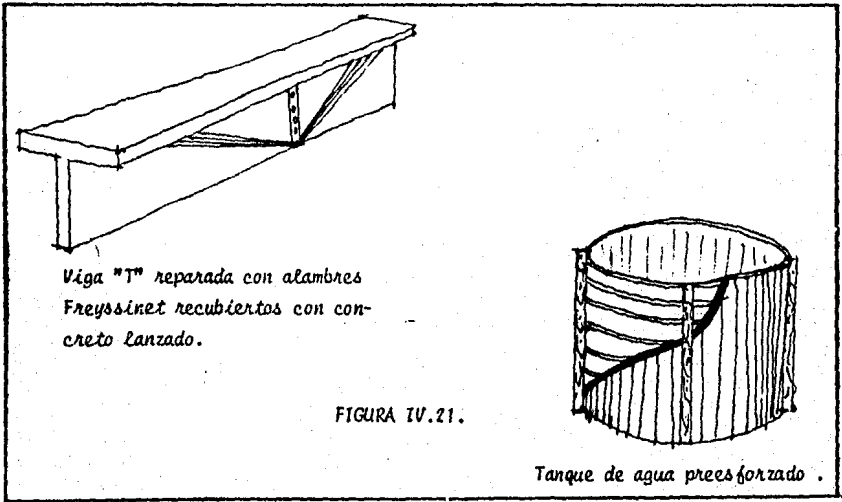


FIGURA IV.21.

c) REPARACION DE ESTRUCTURAS MARITIMAS.

Las estructuras marítimas requieren de un constante mantenimiento, porque sufren de ataque de sales, acción de oleaje, etc. Para la reparación de estructuras de concreto de este tipo, es necesario llegar hasta encontrar material sano. Por ejemplo, en pleno lecho marino entre las marcas de alta y baja marea, una reparación en el lugar se atenderá lavando escrupulosamente la superficie de concreto dañada con agua dulce y se necesitará de un cemento de fraguado rápido para su recubrimiento.

Los muros de mampostería de bloques de roca con corazón de concreto son comunes en este tipo de estructuras, por su durabilidad; en ocasiones suelen desprenderse bloques completos de roca de la mampostería, que pueden ser sustituidos por espesor igual de concreto lanzado.

d) REVESTIMIENTOS PARA MUROS DE CONTENION.

En la fig. IV.22. se muestra el recubrimiento de concreto lanzado para un muro de pilotes, que actúan como tablaestacas en excavaciones de terrenos poco resistentes. Es también muy utilizado este método en muros de contención tipo ICOS (misma figura).

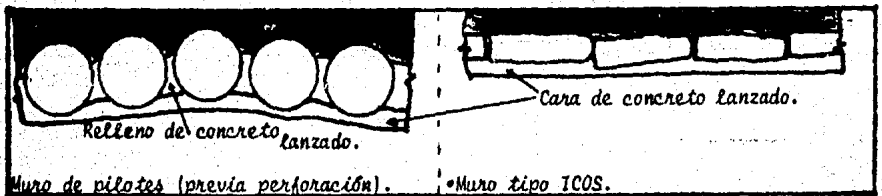


FIGURA IV.22.

IV.13. PRUEBAS DE CALIDAD.

a) RESISTENCIA.

Los valores de la resistencia en el concreto lanzado son frecuentemente elevados, debido a su alto grado de compactación, alto contenido de cemento (mezcla más rica in situ, por efectos del rebote de material), y a la baja relación agua-cemento que siempre se maneja. La resistencia a la compresión equivalente a la obtenida en un cilindro para concreto normal, rebasa muchas veces los 700 kg/cm^2 a la compresión y 40 kg/cm^2 a tensión. El uso de pequeñas muestras para concreto lanzado tienden a exagerar su resistencia aparente.

b) ADHERENCIA.

Más que una prueba, es una demostración de que el concreto lanzado cumple con la adherencia necesaria con la base de sustento (superficie de trabajo). Esta prueba consiste en jalar un pedazo de pared o base, a 10 días de edad de haber sido lanzado; teniendo que demostrar que la adherencia del concreto con la superficie antes expuesta es mayor que la de la base del material (ver fig. IV.23.). La adherencia toma una especial importancia cuando se trabaja con revestimiento de túneles, recubrimientos resistentes a la abrasión, etc. Una resistencia de 10 kg/cm^2 de valor de adherencia será aceptable para fines estructurales.

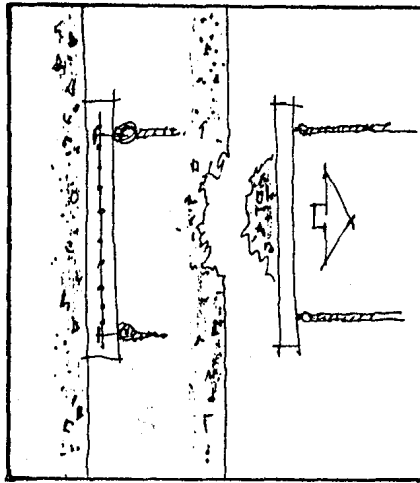


FIGURA IV.23.

c) PRUEBA CON MARTILLO SCHMIDT (ESCLEROMETRO).

Martillo de prueba de superficie que es utilizado en el concreto lanzado, para determinar su resistencia aproximada y los lugares huecos que son comunes en este tipo de colocación de concreto. Los datos de prueba obtenidos por el esclerómetro, podrán ser considerados como valores relativos de resistencia del elemento in situ. Con este aparato suelen comprobarse la sanidad estructural de elementos de concreto que han sido dañados por el fuego, la erosión, etc.

CONCLUSIONES .

Valorando cada uno de los temas aquí expuestos, observamos que sin duda, es una tarea ardua y de mucha responsabilidad para el ingeniero constructor poder controlar, manejar y cuidar cada una de las variables que presenta el Concreto Hidráulico en su elaboración, colocación y acabado final. Desde éste punto de vista, es inperdonable que se ignoren los procedimientos o métodos prácticos por instrumentar en campo, y peor aún, los perjuicios causados por el descuido o la negligencia.

Es importante recordar que los temas aquí descritos, no han sido desarrollados con la minuciosidad de un detalle profundo, teniendo por tanto que recurrir a una bibliografía más especializada, y a profesionales con la debida experiencia, para resolver los problemas que presenten mayor complejidad. Sin embargo se intenta a lo largo de la investigación, introducir y orientar objetivamente a cada uno de los temas abordados. A continuación se refieren los puntos de vista más significativos a cada tema :

I.- la compactación del concreto se ha visto beneficiada e innovada por el uso cada vez más generalizado del vibrado, procedimiento que ha permitido el manejo de mayores volúmenes de concreto por su eficiencia de compactado, poder hacer uso de mezclas más rígidas y por tanto económicas, haber abatido los costos por mano de obra, y lo más importante, es dada la posibilidad de producir elementos de concreto con menor sección y mayores cantidades de acero de refuerzo.

II.- Las normas o especificaciones básicas que refieren al curado de concreto, no son tomadas en muchos casos con la seriedad que amerita el problema. En general y aún bajo las condiciones más benévolas, es necesario siempre prever y en su caso pronosticar la pérdida de agua de fraquado por evaporación, para asegurar que en ningún caso deje de practicarse el curado cuando así sea necesario.

III.- En la práctica de la edificación se puede ver claramente que el manejo de -- nuevos esquemas de colocación de concreto, como en el caso del bombeo, permiten en contrar nuevas fórmulas, para que en muchos trabajos se pueda remplazar a los tradicionales métodos de colocación; resultando ser en muchos casos el método más eficiente y económico. Lo anterior es todavía más cierto cuando en obras de mediana - magnitud, los lugares de vaciado son totalmente inaccesibles, sin embargo el análisis de todas las posibilidades es primordial para que finalmente, sea elegido el - sistema de colocación apropiado.

IV.- El panorama al que se enfrenta la colocación del concreto es amplio, y será - positivo tomar en cuenta todas las opciones para lograr el objetivo pretendido. El concreto lanzado en nuestro país, es en su mayoría, solo utilizado en construcciones tales como, túneles, canales, recubrimiento de taludes, etc., y en general en obras de gran magnitud; pero es factible que su aplicación se extendiese fácilmente , sabiendo aprovechar las características de que goza. Es también necesario recordar que este sistema de colcado, muchas veces descrito como un arte, requiere de un conocimiento profundo de cada uno de sus componentes, y contar con el personal adecuado para encontrar los mejores resultados.

Finalmente es necesario recalcar que existe una extensa y bien investigada reglamentación, acerca de cada uno de los parámetros manejados en el uso del concreto, constituyendo una guía que el buen criterio sabrá valorar y en su caso hará cumplir; bajo las condiciones en que se presente cada trabajo en particular. Solo en función de lo anterior es factible alcanzar o sobrepasar los niveles de calidad, que actualmente se observan en nuestras construcciones.

BIBLIOGRAFIA.

COMPACTACION DEL CONCRETO
(ACI 309-72)
Traducción: Emilo Molina
1983, IMCYC

CURADO DEL CONCRETO
(ACI 308-81)
Traducción: Emilo Molina
1983, IMCYC

COLOCACION DEL CONCRETO POR METODOS DE BOMBEO
(ACI-304)
Traducción: Sr. José Galván
1974, IMCYC

CONCRETO LANZADO
T.F. Ryan
Traducción: Raúl Huerta M.

CONSTRUCCION Y CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS DE CONCRETO
Faradji, Marcos J.
1973, IMCYC

MANUAL DEL CONCRETO FRESCO
Comité conjunto del concreto armado
1975, Caracas

EL CONCRETO EN OBRA, TOMOS I y II
Traducción: Emilo Molina
1982, IMCYC

PUBLICACION BIMESTRAL IMCYC, NUMEROS 85, 140, 142, 150, 153, y 154