



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE  
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

19  
2EJ

FACULTAD DE INGENIERIA

## FALLA DE ORIGEN

" Importancia del Vibrado y Curado  
del Concreto "

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

*Hector Badillo Rodriguez*

MEXICO, D.F.

1995



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL

AVENIDA DE

MEXICO

SEÑOR

HECTOR BADILLO RODRIGUEZ

Presente.

FACULTAD DE INGENIERIA

DIRECCION

60-1-094/95

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. VICTOR MANUEL LUNA CASTILLO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"IMPORTANCIA DEL VIBRADO Y CURADO DEL CONCRETO"**

**INTRODUCCION**

- I. VIBRADO DEL CONCRETO**
- II. PRACTICAS RECOMENDABLES**
- III. EL VIBRADO EN LOS DIFERENTES METODOS DE CONSTRUCCION**
- IV. PRODUCTOS PRECOLADOS**
- V. NECESIDAD DEL CURADO**
- VI. METODOS DE CURADO**
- VII. MATERIALES DE CURADO (SELLADORES)**
- VIII. CRITERIOS PARA DETERMINAR LA DURACION DEL CURADO**
- IX. EL CURADO EN LOS DIFERENTES METODOS DE CONSTRUCCION**
- X. APLICACIONES**
- XI. CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

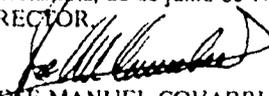
Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universidad, 26 de junio de 1995

EL DIRECTOR

  
ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP\*nl

**" A LA MEMORIA DE MI PADRE"**

DE QUIEN GUARDO LOS MAS GRATOS RECUERDOS Y QUE CON  
SU GRAN AMOR AL TRABAJO ME INCULCO DESEOS DE  
SUPERACION.

**" A MI MADRE"**

POR SU ABNEGADA LABOR AL LADO DE MI PADRE Y A QUIEN  
TODO LO DEBO.

A SILVIA

**ESPOSA Y COMPAÑERA**

A MI HIJO HECTOR

QUE ES LA MOTIVACION QUE ME IMPULSA A SEGUIR  
ADELANTE . PARA EL TODO MI AMOR Y CUANTO PUEDO SER.

**A MIS HERMANOS:**

ROBERTO

CRISTINA

ELISA

MARICELA

RUBEN

JOSEFINA

MARGARITA

YOLANDA

A LA "U.N.A.M"

EN ESPECIAL A MI QUERIDA FACULTAD DE INGENIERIA.

A MIS MAESTROS Y  
COMPAÑEROS

A MI DIRECTOR DE TESIS

ING VICTOR MANUEL LUNA CASTILLO

POR SU ACERTADA ORIENTACION EN EL DESARROLLO DE  
ESTE TRABAJO

## INTRODUCCION

Por medio de la presente edición quiero hacer notar la importancia del vibrado y curado de concreto en cualquier tipo de obra civil ya sea pequeña o grande, ya que muchas veces se pasan por alto estos dos conceptos no dándoles la importancia que se merecen.

Cuando el concreto fue inicialmente adoptado por la industria de la construcción, las recomendaciones consistían en colocarlo en capas relativamente poco profundas y con una consistencia muy seca, al grado que se le denominó tierra húmeda. Se compactaba mediante pesados pisonos y a costa de demasiada mano de obra.

El concreto en sí, tuvo sus primeros usos en cimentaciones, muros de contención, etc.

Con la aparición del concreto reforzado aparecieron secciones mucho más delgadas. Con ello, la necesidad de emplear concreto con una consistencia más plástica, ya que las mezclas demasiado secas presentaban dificultad para su colocación, bien fuese por lo estrecho de la cimbra o por la cantidad de acero de refuerzo confinada. Por tal motivo las mezclas plásticas adquirieron gran popularidad.

Se descubrió que el concreto fresco, aunque fuera seco y áspero adquiría propiedades completamente diferentes cuando se someta a Impulsos Vibratorios de alta frecuencia, mediante los cuales el concreto seco se convierte en plástico. Con esta innovación se tuvo una forma económica de consolidar concreto seco.

En relación al curado se puede decir que es un procedimiento mediante el cual se mantiene con la humedad necesaria el concreto, para que alcance sus propiedades sin sufrir agrietamientos en su superficie. Tales propiedades son resistencia a los esfuerzos, el congelamiento y descongelamiento, la impermeabilidad y estabilidad volumétrica; que se mejoran notablemente con la edad del concreto, siempre y cuando las condiciones de hidratación del cemento sean favorables.

Es importante evitar la evaporación excesiva del agua del concreto recién vaciado, la pérdida de agua también causa contracciones en el concreto y crea esfuerzos de tensión en la superficie seca, que dan como resultado agrietamientos en la superficie.

## PRIMERA PARTE

### CAPITULO I

#### VIBRADO DEL CONCRETO

##### VENTAJAS DEL VIBRADO

Las ventajas de la consolidación del concreto por vibrado incluyen: disminución del costo del concreto debido a la facilidad de colocación y a la reducción en el contenido de cemento; mayor densidad y homogeneidad del concreto; mayor resistencia; aumento de adherencia con el refuerzo; mayor adherencia en las juntas de construcción; mayor durabilidad y reducción de los cambios de volumen o contracciones. Las economías que se obtienen y las cualidades mejoradas del concreto están ahora también establecidas que el vibrado ha llegado a ser una práctica comúnmente aceptada en todos los tipos de obras de concreto. Son tantas las mejoras que pueden atribuirse a ésta innovación, que hacen que el vibrado sea uno de los más grandes avances en la tecnología del concreto.

##### EQUIPO DE VIBRADO

El equipo de vibrado puede dividirse en cinco categorías generales, cada tipo diseñado para satisfacer un propósito específico

- a) Vibradores de Inmersión, para introducirse directamente en el concreto.
- b) Vibradores de cimbra, para sujetarse a las cimbras o moldes.
- c) Reglas o Discos vibratorios, para aplicarse a las superficies de concreto.

d) Pisones de superficie.

e) Pisones y sacudidores de superficie.

Desde el principio se reconoció que la efectividad de los vibradores está íntimamente relacionada con su frecuencia de operación. Cuando se empezó a utilizar el vibrado, los resultados obtenidos con vibradores que operaban a frecuencias de unos pocos miles de ciclos por minuto fueron considerados como asombrosos. Sin embargo, se observó que con el incremento de la frecuencia del vibrador, su efectividad juzgada por el tiempo requerido para consolidar una cantidad determinada de concreto, aumentó en una proporción mayor.

Se encontró que la aceleración del vibrador es de gran importancia para juzgar su eficiencia. Puesto que en un movimiento armónico simple, la aceleración es directamente proporcional a la amplitud pero proporcional al cuadrado de la frecuencia, puede apreciarse fácilmente porque la elevada efectividad fué notoria cuando se aceleraron. Sin embargo, las dificultades en la producción de máquinas que soportaran y dieran buen servicio durante su operación a altas velocidades impuso límites superiores prácticos a las frecuencias empleadas.

La velocidad de los motores eléctricos del tipo de Inducción depende de la frecuencia de la corriente alterna y no puede exceder de 3,600 r.p.m. con corriente de 60 ciclos, a menos que se incremente la frecuencia por medio de transformadores. Estos son utilizados para producir corrientes de 180 ciclos, permitiendo una velocidad sincronizada de 10,800 r.p.m.. Los vibradores con motor en la cabeza eliminan algunas de las limitaciones de las máquinas de eje flexible.

Los vibradores impulsados por máquinas de gasolina, también usan el eje flexible para la transmisión de la potencia, con bandas y poleas engranadas entre el motor y el eje para mantener las velocidades del motor dentro de límites prácticos.

Los vibradores neumáticos o hidráulicos con motores de turbina, son capaces de producir frecuencias muy altas limitadas solo por la fricción de las partes en movimiento, el desgaste y la rotura de los cojinetes. Como una cuestión práctica su velocidad y eficiencia dependen del suministro constante y adecuado de aire o fluido a las presiones requeridas.

Los vibradores de aire comprimido ocasionalmente causan problemas, especialmente en tiempo frío por congelación del aire, a menos que se introduzcan gotas de alcohol dentro de la línea de aire, o se use aire seco. Los agentes anticongelantes del tipo del Glicol tienden a engomar las válvulas del vibrador.

## CIMBRAS

Como el vibrado hace que el mortero del concreto tenga momentaneamente una consistencia fluida, la presión hidrostática hará que fluyan considerables cantidades y si hay huecos o hendiduras en el forro, se perderá el mortero. Cuando ésto suceda, la pérdida de material puede ser tan grande que cause bolsas de piedra o filones de grava a lo largo de las hendiduras, deteriorando la apariencia y quizá debilitando la estructura. El grado de aceptabilidad de estos resultados varía con el carácter de la obra. Por la misma razón, la cantidad de mortero infiltrado o el ancho de las hendiduras entre los bordes de los tableros que son permisibles, dependen de la apariencia final deseada de la obra. En cualquier caso, es indeseable una infiltración considerable de mortero y por lo tanto deben prohibirse aberturas mayores que 1.5 mm entre tableros.

Las cimbras para pavimentos deben diseñarse y construirse para mantener la línea y al nivel cuando esten sujetas a la intensa acción de los vibradores.

## MEZCLAS.

El revenimiento, el contenido de arena, el tamaño máximo del agregado y la graduación de los agregados son los factores que afectan la eficiencia de una mezcla de concreto, y son los aspectos de la mezcla que influyen en la trabajabilidad de ésta. Los excesos de trabajabilidad son ineficientes y la mezcla debe ajustarse por razones de economía y de mejor calidad.

### a) Concreto Estructural.

Un revenimiento de 7.5 cm. es suficiente para un vibrado apropiado del concreto estructural en las cimbras. Es mejor vibrar en forma más completa que humedecer más el concreto, si se utiliza más vibrado, no solo se logra mejor calidad en la mano de obra, sino que la calidad del concreto puede mejorarse debido a que el contenido de agua puede disminuirse con un revenimiento menor. Realmente el concreto para losas y miembros estructurales pesados, puede colocarse satisfactoriamente con un revenimiento máximo de 5 cm. cuando se vibra satisfactoriamente. La oportunidad para obtener concreto de calidad superior y las posibilidades de una mezcla económica, pueden perderse si el moderno equipo de vibrado no se utiliza plenamente para colocar concreto con revenimientos bajos.

El exceso de arena en la mezcla incrementa innecesariamente la trabajabilidad e incrementa también la demanda de agua, de todas las mezclas de concreto deben usarse las mínimas cantidades posibles de arena.

Cuando el tamaño máximo del agregado aumenta la cantidad necesaria de arena para una trabajabilidad adecuada disminuya menos arena significa menos agua y cemento para la misma relación agua-cemento. Por esta razón, es deseable usar el mayor tamaño posible de agregado en cualquier concreto.

Como resultado del vibrado, el concreto que contiene agregado conveniente debe fluir desde la mezcla y rodear estrechamente las barras de refuerzo, sin que se vea afectado por el espaciamiento del refuerzo o el espacio libre entre las cimbras y sin deterioro de la calidad del concreto que se sitúa alrededor de las barras del concreto adyacente del que proviene.

Las mezclas que tienen un tamaño pequeño de agregado, arena en exceso y revenimiento moderadamente alto, son normalmente fáciles de colocar debido al exceso considerable de trabajabilidad. Estos concretos son muy populares entre los trabajadores y entre algunos supervisores. Hay por lo tanto una renuencia por parte de estos hombres a trabajar con concretos que tengan menos trabajabilidad. Con frecuencia es necesario forzarlos a probar con revenimientos más bajos; menos arena y agregados mayores, la experiencia ha demostrado que uno o todos estos cambios deben practicarse si se hace uso del moderno equipo de vibrado. Se recomienda que estos ensayos se hagan en cada obra porque con un razonable esfuerzo en la colocación del concreto, el vibrado debe ser tan efectivo que el exceso de trabajabilidad puede eliminarse mientras se mejora la calidad de la mezcla, sin aumentar apreciablemente los costos de colocación y vibrado del concreto. Donde hay congestión de acero de refuerzo, puede ser necesario agregado más pequeño y quizá otro incremento en el contenido de arena, pero los ensayos deben demostrar que una buena mano de obra en la colocación depende más del vibrado completo que de revenimientos mayores de 7.5 cm..

#### b) Concreto en Masa.

El desarrollo, el perfeccionamiento y el empleo de vibradores de inmersión de tamaño más grandes y más resistentes, han sido factores esenciales para permitir el proporcionamiento de mezclas de concreto en masa que realicen plenamente sus ventajas como: usar tamaños mayores, consistencias más rígidas y menores contenidos de mortero. Las mezclas de concreto en masa contienen piedra triturada o grava con tamaño máximo de 15 cm., contenidos de arena de 20% o menos respecto al total de agregados, revenimientos que varían de 2.5 a 6 cm y contenidos de cemento tan bajos como 110 kg/m<sup>2</sup>.

Estas mezclas son de bajo costo, generan relativamente poco calor durante la hidratación y consecuentemente experimentan pequeños cambios volumétricos al enfriarse, reducida contracción al secarse y poseen una mínima tendencia al agrietamiento.

#### c) Pavimentos de Concreto.

La naturaleza altamente mecanizada de los modernos métodos de vibrado y acabado de los pavimentos de concreto, permite pocas compensaciones para variación en la mezcla del concreto. Por lo tanto es necesario un control uniforme de la mezcla si se desea obtener resultados satisfactorios. El revenimiento normalmente debe de estar dentro del intervalo de 1.5 a 4 cm.

d) Pisos

En el caso de pisos de acabado monolítico, la mezcla se proporcionará de tal forma que la cantidad de agregado combina por saco de cemento sea tal que la pasta de cemento sobre llene ligeramente los vacíos en el agregado y que se lleve a la superficie pasta para producir el acabado deseado. En losas rugosas se colocará tan seco como pueda manejarse con un revenimiento máximo de 5 cm.

e) Concreto Ligero.

Las proporciones de las mezclas serán tales que produzcan un concreto que sea trabajable y que no se segregue durante la colocación y vibrado. Para prevenir la segregación, las mezclas deberán ser más rígidas que las empleadas frecuentemente en concreto de peso normal. El concreto ligero con revenimiento de 7.5 cm., es extremadamente trabajable y fluido y rara vez será necesario darle mayor revenimiento para operaciones normales de colocación; usualmente son adecuados menores revenimientos.

f) Concreto Pesado.

Las mezclas generalmente son ásperas y difíciles de consolidar, la sustitución de 15 a 20 % de cemento portland por material puzolánico finamente dividido, debe aumentar la trabajabilidad y reducir la segregación, con un incremento de la densidad. Desde el punto de vista de mayor facilidad en la colocación y consolidación, es deseable introducir un pequeño porcentaje de aire; sin embargo, el aire incluido disminuye ligeramente la densidad del concreto, aunque parte del aire se elimine por efecto del vibrado. El revenimiento en ningún caso excederá de 7.5 cm. y normalmente deber ser menor.

## CAPITULO II

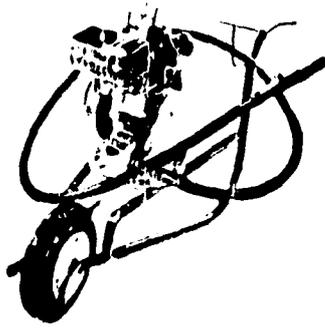
### PRACTICAS RECOMENDABLES

#### GENERALIDADES

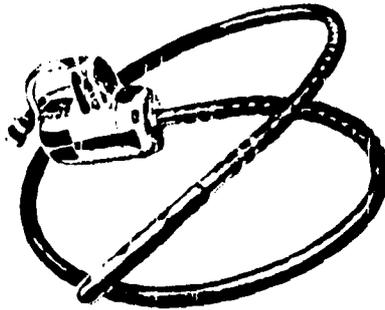
Cada obra debe planearse cuidadosamente, se dispondrá de un número adecuado de vibradores de capacidad suficientemente mayor que la necesaria para mantener la máxima rapidez de fabricación de concreto. Se dispondrá de bastante equipo de reserva para mantener plenamente la operación de colocación cuando algunos vibradores estén en reparación. Los vibradores operan bajo pesados esfuerzos y requieren mantenimiento al igual que cualquier maquinaria de trabajo pesado. Se tendrá una provisión para reemplazo de los vibradores que se retiran de servicio para mantenimiento o reparación.

Los vibradores de inmersión (Fig. No. 1) se emplearán en todas las secciones que sean suficientemente grandes para su inserción y manipulación. En colocaciones particularmente difíciles, o bajo ciertas condiciones, es deseable suplementar los vibradores internos con vibradores de cimbra o con reglas vibratorias. Algunos productos de concreto preesforzado, debido a su pequeño tamaño y a la congestión del acero, deben tener ambos sistemas de vibrado: de inmersión y externo.

Los vibradores de cimbra (Fig. No. 2) se usarán donde sea imposible emplear cualquier otro tipo, ya sea de inmersión o superficial, como en muros delgados con mucho refuerzo o en tubos y otros productos precolados de secciones pequeñas. La principal dirección de vibrado, debe estar en un plano horizontal. Los vibradores se operan a alta frecuencia y baja amplitud. La amplitud demasiado grande puede causar el movimiento de las cimbras de tal manera que se bombea aire al interior del concreto. El vibrado de pequeñas unidades precoladas se realizará montando las cimbras o moldes en una mesa vibratoria.



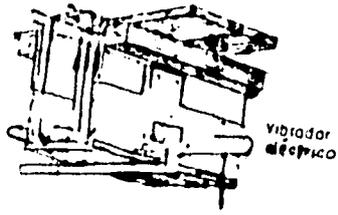
a)



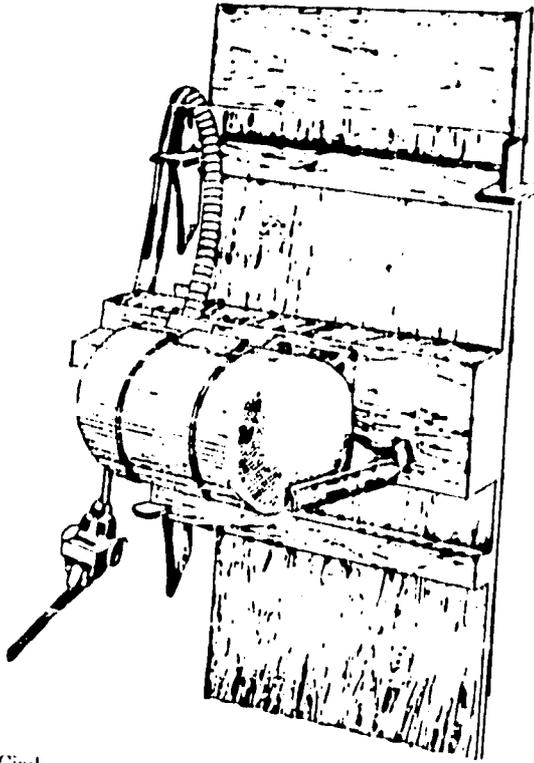
b)

Fig No 1  
Vibradores de Inmersión,

a) Motor de Gasolina  
b) Motor Eléctrico



a)



b)

Fig No 2  
Vibradores de Cimbra

Las reglas vibratorias (Fig No. 3), pueden usarse en pisos, banquetas y otras losas. Una regla consiste en un miembro horizontal de madera pesada con calza de acero, recta o curvada según el contorno de la superficie, en el que están montadas una o más unidades vibratorias. Usualmente se mueven a mano sobre superficie.

La consolidación por métodos anticuados como el paleteo manual o medios similares no son permitidos.

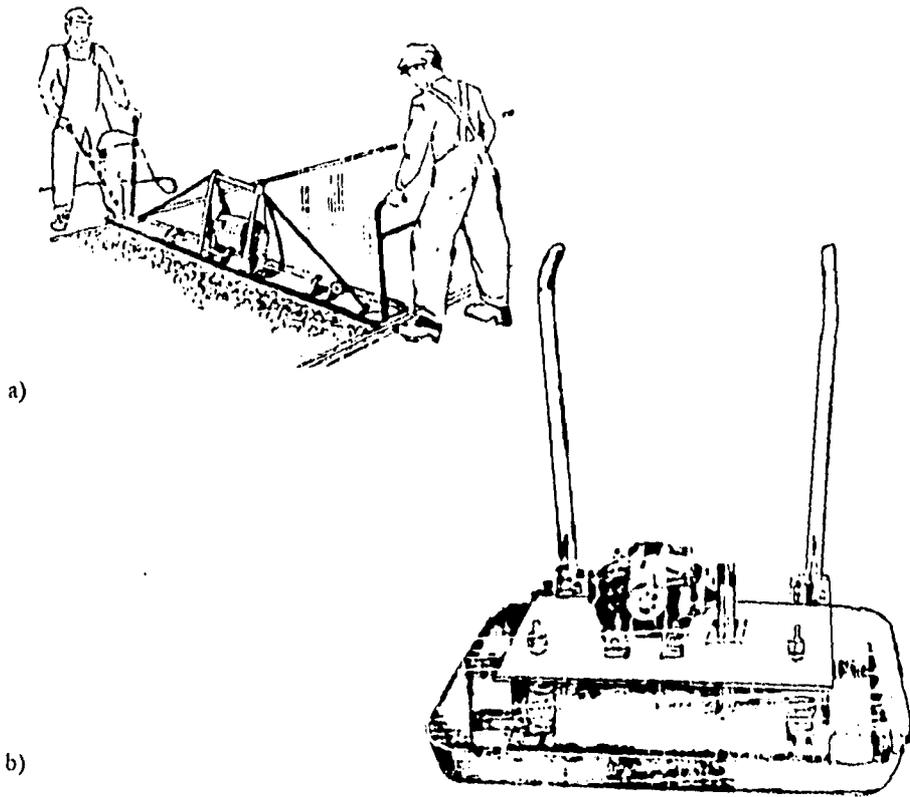


Fig. No. 3

Vibradores de Superficie; a) Regla Vibratoria  
b) Vibrador con Plato Rectangular

## MAGNITUD DEL VIBRADO.

Se tendrá cuidado para los vibradores que se usen para consolidar concreto se coloquen apropiadamente y que no se empleen para mover el concreto de las cimbras.

A mayor velocidad de operación del vibrador se requiere menos tiempo para la consolidación. El tiempo requerido para efectuar la consolidación completa es fácilmente apreciado por el operador experimentando mediante el "tacto" del vibrador o sea, la reanudación de la frecuencia de vibrado después del corto período de disminución de frecuencia en la primera inserción del vibrador, por la apariencia aplanada y brillante de la superficie, y porque deja de aparecer en la superficie el aire atrapado. El vibrado debe continuarse hasta que las partículas de agregado grueso ya no resalten sobre la superficie, pero no deben desaparecer. En caso de duda acerca de lo adecuado del vibrado, siempre deberá vibrarse más. El concreto bien proporcionado y de consistencia correcta no es fácilmente susceptible de sobrevibrarse.

Un requisito básico para la buena colocación es que si un vibrador se usa para ablandar la revoltura en el punto de descarga, entonces uno o más vibradores adicionales se emplearán para realizar las funciones de densificación, homogeneización y acabado superficial del concreto en las cimbras.

El objeto de permitir que el vibrador penetre completamente através de la capa que se está colocando y dentro de la capa inferior, es unir completamente las dos capas.

La revibración del concreto previamente colocado es benéfica porque reacondiciona las partículas de agregado, y elimina el agua atrapada bajo el agregado y el acero de refuerzo, obteniéndose el contacto pleno entre mortero y agregado grueso o entre acero y mortero. El concreto resultante es más resistente e impermeable.

Debe hacerse todo lo posible para que no endurezca la superficie de la capa de concreto previamente colocado, de tal manera que las capas sucesivas puedan amalgamarse por el proceso de vibrado. Sin embargo, pueden presentarse ocasiones, aún en los proyectos mejor planeados, en que debido a circunstancias imprevisibles el concreto se haya endurecido en la capa inferior en tal forma que no pueda penetrar el vibrador aunque dicho concreto permanezca fresco (inmediatamente después del fraguado inicial). En estos casos se puede obtener la adherencia entre las capas inferior y superior por un vibrador sistemático y completo del nuevo concreto en contacto con el viejo.

El temor de que el vibrado transmitido directamente al acero de refuerzo (Fig. No. 4) sea dañina parece infundada, aún cuando parte del acero este embebido en concreto parcialmente endurecido. Aunque esto no quiere decir que el sistema de refuerzo sea usado regularmente para transmitir vibrado al concreto, algunas veces es útil emplear dicho sistema para vibrar sean inaccesibles, y el operador del vibrador no debe temer que el contacto entre el vibrador y el refuerzo cause daño.

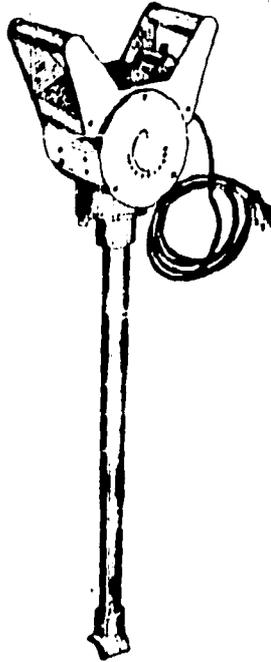


Fig. No. 4

Vibrador para Armaduras

#### EFEECTO EN EL AIRE INCLUIDO.

Un amplio vibrado, el necesario para realizar la consolidación completa del concreto estructural más complicado y aún el vibrado extra que hace desaparecer los huecos de las burbujas de aire, no deberá dañar el sistema de vacíos de aire que ahora se sabe es esencial para la mejor durabilidad, siempre que el concreto contenga al menos una cantidad de aire incluido. Durante el intenso y prolongado vibrado, se perderá más de la mitad del contenido inicial de aire. No obstante, muchos ensayos y mediciones microscópicas han demostrado que el sistema de vacíos que permanece no se altera en cuanto a su capacidad para mejorar la durabilidad bajo condiciones de congelación y deshielo.

La eliminación del aire en el concreto no debe ser un factor que inhiba la realización de todo el vibrado que parezca ser benéfica. Resultados más pobres se han obtenido como consecuencia de alguna restricción en la magnitud del vibrado, por temor a sobre vibrar, eliminar el aire o dañar por revibración, que los resultados obtenidos o que se puedan obtener al llevar a cabo un vibrado indudablemente amplio.

#### HUECOS POR LAS BURBUJAS DE AIRE.

El grado al cual éstas imperfecciones comunes en superficies de concreto son objetables depende de consideraciones que requieren sean analizadas en otro estudio. Sin embargo, es apropiado puntualizar aquello que esta relacionado:

- 1) Es casi imposible eliminarlos de superficies cuya cimbra tiene una inclinación hacia el interior.
- 2) Se pueden hacer mínimos usando mezclas adecuadamente proporcionadas, con agregados bien graduados, cuidadosamente colocadas y consolidadas en capas poco profundas de 30 cm. o menos.
- 3) Pueden eliminarse considerablemente en superficies con cimbra vertical mediante vibración adicional, que pueda llegar a ser hasta el doble de la requerida normalmente solo para consolidación y prevención de bolsas de piedra. El vibrado puede incrementarse, haciendo las inserciones del vibrador más cercanas, profundas y en mayor número.
- 4) El vibrado de las cimbras ayuda materialmente a reducirlas.

#### SOBRE VIBRADO.

Ya que se ha recomendado un vibrado completo e intenso, hay alguna relación en cuanto a la posibilidad de sobre vibrado.

Existe la posibilidad de sobre vibrado, pero es muy improbable en mezclas bien proporcionadas con agregados de peso normal. Si ocurre el sobre vibrado, será inmediatamente evidente para un operador experimentado o para el inspector. La superficie del concreto tendrá una apariencia espumosa debido a la acumulación de muchas burbujas pequeñas de aire y el agregado grueso se asentará abajo de la superficie. Estos resultados ocurren con más facilidad cuando el concreto esta demasiado húmedo, y la corrección apropiada es reducir el revenimiento y no el vibrado, hasta que la evidencia de sobre vibrado desaparezca con la magnitud de vibrado considerada como necesaria para consolidar el concreto y eliminar los defectos por las burbujas de aire.

También es bueno recordar que hay muy pocas imperfecciones en la mano de obra de colocación del concreto, que no puedan corregirse con vibrado adicional. El uso apropiado del vibrado debe permitir la colocación y consolidación del concreto en sitios difíciles y con revenimientos comparativamente bajos. El alto revenimiento no asegura buenos resultados; de hecho facilita la segregación y los resultados son insatisfactorios. El vibrador de concreto es una herramienta notable con gran potencial para hacer práctico el uso de concreto de bajo revenimiento. Estos concretos de bajo revenimiento dan la mejor calidad y mayor economía que generalmente se han obtenido. Se recomienda se haga pleno uso de los vibradores para ganar esos beneficios sin temor a el sobre vibrado.

## REVIBRADO.

El revibrado (fig No. 5), puede definirse como el vibrado retardado del concreto previamente colocado y consolidado. Puede realizarse durante la colocación de capas sucesivas de concreto cuando el vibrado en la capa superior del concreto fresco se transmiten a la capa inferior que esta parcialmente endurecida. Los beneficios que se atribuyen el revibrado incluyen: la mejoría de la resistencia a la compresión y a la adhesión, reducción de bolsas de piedra, desprendimiento de la agua atrapada bajo las barras horizontales de refuerzo, y eliminación del aire y bolsas de agua. El revibrado es más efectivo al final del lapso en que el vibrador en operación puede penetrar por su propio peso en el concreto y lo hace de nuevo momentáneamente plástico.

Varios ensayos realizados han demostrado que esas mejorías resultan en un concreto parcialmente endurecido algunas veces después de transcurridas varias horas del colado. Las temperaturas anormales y el uso de aditivos alteran el lapso posterior a la colocación para el cual el revibrado es más efectivo. Sin embargo; en una obra expuesta de concreto, en la cual la apariencia es importante, debe tenerse cuidado en evitar que los vibradores penetren a través del concreto fresco hasta el interior de una capa inferior de concreto parcialmente endurecido. Si esto se permite puede aparecer en la superficie una línea ondulada de demarcación entre las capas. Aunque la calidad del concreto no se afecta, la línea ondulada será objetable desde el punto de vista de la apariencia.

Considerando la única objeción antes anotada, y siempre que el concreto se vuelva plástico bajo este vibrado, el revibrado no es dañino y puede ser benéfico.

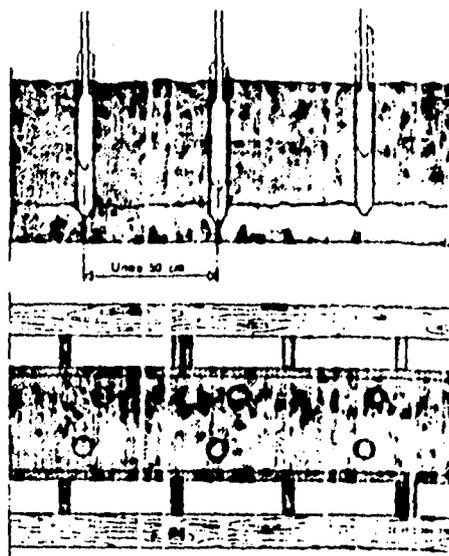


Fig. No. 5

**Método de Revibrado:** La aguja del vibrador debe introducirse verticalmente en la masa recién puesta en obra, a intervalos regulares (de unos 50 cm.) y penetrará un poco en la capa precedentemente colocada, a fin de asegurar su enlace. La aguja se retirará lentamente para que el hueco dejado vuelva a cerrarse.

#### USO DE RETARDANTES.

Hay ocasiones en que la consolidación se obtiene mejor si se usa un aditivo retardante del fraguado para retrasar el proceso de endurecimiento. Por ejemplo, en una colocación particularmente difícil en clima caliente, donde hay peligro de una "junta fría" entre capas sucesivas, es deseable ampliar el tiempo en que pueda hacerse una junta satisfactoria.

#### CARACTERÍSTICAS DE LOS VIBRADORES

**Vibradores de flecha flexible:** éste tipo de vibrador es el de mayor uso. comúnmente el excéntrico (fig No. 6a) está accionado por un motor de gasolina (fig. No. 6b).

El vibrador accionado por motor eléctrico (Fig No. 6c), una flecha flexible va del motor eléctrico a la cabeza del vibrador en donde hace girar el peso excéntrico. Generalmente el motor es universal de 110 volts, monofásico, 60 ciclos por segundo. La frecuencia de este tipo vibrador es bastante alta cuando opera libre, generalmente del orden de 12,000 a 17,000 vibraciones por minuto. Sin embargo cuando operan dentro del concreto la frecuencia se reduce a una quinta parte.

El vibrador accionado por un motor de gasolina; la velocidad del motor es usualmente cerca de 3,600 ciclos por minuto (60 ciclos por segundo). Se utiliza una transmisión de banda (v) o de engranes para aumentar esta velocidad una flecha flexible va a la cabeza del vibrador, a pesar de que son más grandes y volúmenes que los eléctricos son muy útiles cuando se carece de energía eléctrica comercial.

Vibrador del tipo de motor eléctrico en la cabeza: estos vibradores han aumentado su popularidad en los últimos años (Fig. No. 7). Puesto que el motor está en la cabeza del vibrador, no existe el problema de manejar separadamente el motor y el accionador flexible. Un robusto cable eléctrico, que sirve también como agarradera, entra en la cabeza vibratoria, éstos vibradores son generalmente de por lo menos 5 cm. (2" o) Se fabrican en dos diseños; uno utiliza un motor universal y el otro utiliza uno trifásico de 180 ciclos por segundo (llamado de "alto ciclaje"). Para éste último la corriente se proporciona usualmente con un generador de motor de gasolina portátil. Sin embargo, en su lugar puede utilizarse la energía comercial haciéndolo pasar por un convertidor de frecuencia. Este diseño de vibrador utiliza un motor de inducción, el cual no sufre si no una ligera disminución de velocidad al sumergirse en el concreto y puede hacer girar una masa excéntrica mas pesada y por lo tanto desarrolla una fuerza centrífuga mayor que la generada por los de tipo motor universal en la cabeza del mismo diámetro.

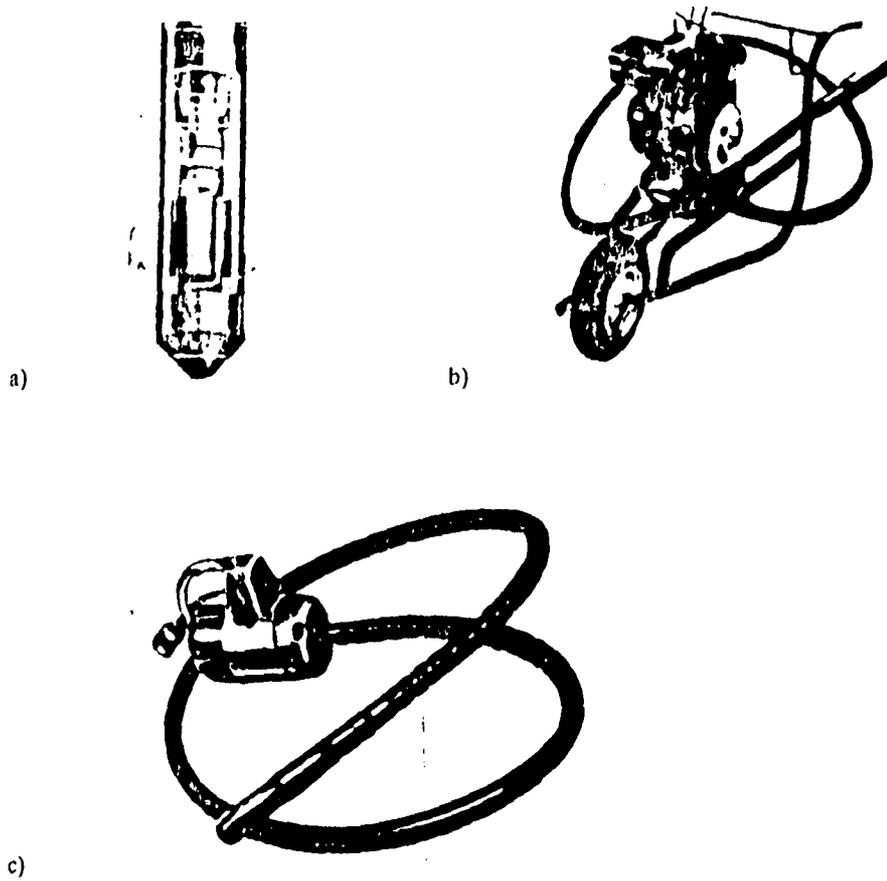


Figura No. 6

Vibradores de flecha flexible:

- a) Excéntrico
- b) Tipo accionado por motor de gasolina
- c) Tipo accionado por motor eléctrico.

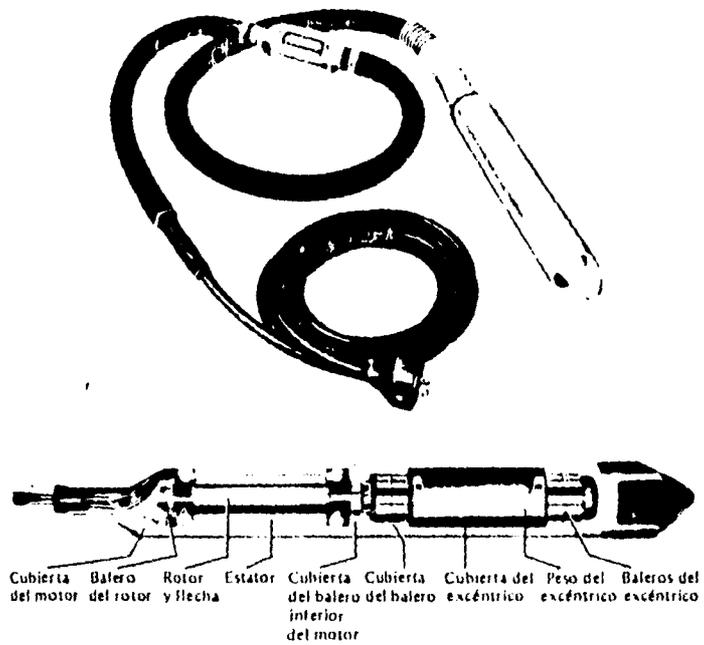


Figura No. 7

Vibrador eléctrico con motor en la cabeza; vista externa (arriba) y construcción interna de la cabeza (abajo)

Vibrador de Aire: los vibradores de aire (Fig No. 8 ) son accionados por aire comprimido, y el motor de aire se halla generalmente dentro de la cabeza del vibrador. El de tipo de aspa ha sido el más común, con el motor y el elemento excéntrico sostenidos por baleros. Hay también modelos sin baleros que requieren menos mantenimiento. Existen además algunos modelos con flecha flexible operados por aire, en los cuales el motor de aire se halla fuera de la cabeza. Los vibradores de aire se recomiendan, cuando el aire comprimido es la fuente de energía más disponible. La frecuencia depende en gran parte de la presión del aire. Por lo tanto la presión del aire debería mantenerse siempre al nivel adecuado (recomendando por el fabricante).

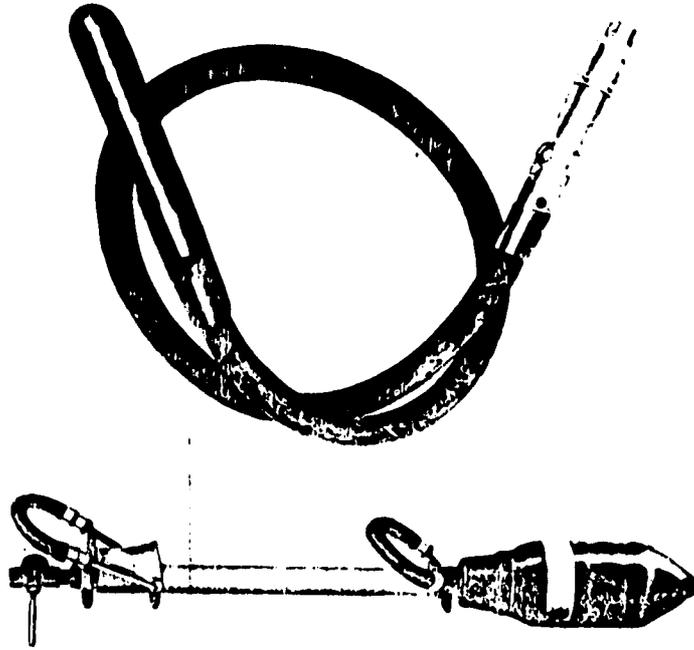


Figura No. 8

Vibrador de aire para construcciones comunes (arriba) y para concreto masivo (abajo).

Selección de un vibrador interno para la obra.

El principal requisito para un vibrador interno es su efectividad para consolidar el concreto. Deberá tener un radio de acción adecuado y deberá lograr una "licuefacción profunda", así como aerear el concreto.

El radio de acción y por lo tanto el espaciamiento de las inserciones, depende no solamente de las particularidades del vibrador, sino la trabajabilidad de la revoltura.

Información que proporciona el fabricante.

El catálogo del fabricante deberá incluir las dimensiones físicas (longitud y diámetro), peso total de la cabeza del vibrador, momento excéntrico, frecuencia en el aire, frecuencia aproximada dentro del concreto y la fuerza centrífuga en estas dos frecuencias.

El catálogo deberá incluir también otros datos necesarios para la conexión y operación de los vibradores. Para vibradores eléctricos deberán proporcionarse los requisitos de voltaje, amperaje y calibre de cable conductor. Para vibradores de aire deberán fijarse los requisitos de aire comprimido en  $\text{kgf/cm}^2$  ( $\text{lbs/plg}^2$ ) y  $\text{m}^3/\text{min}$  ( $\text{ft}^3/\text{min}$ ), lo mismo que las dimensiones de la tuberías o mangueras. Para unidades accionadas por motor de gasolina deberán proporcionar la velocidad.

Mantenimiento de los vibradores.

El mantenimiento preventivo es un sistema organizado de inspecciones, ajustes, reparaciones y re acondicionamiento.

El equipo vibrador debe recibir un mantenimiento preventivo si se desea que opere con toda efectividad y se quiera evitar la suspensión del trabajo.

Este requisito comprende atención a ciertas unidades, las cuales necesitan vigilancia diaria y otras que han menester de servicio e intervalos menos frecuentes, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

Programa de mantenimiento preventivo.

Se recomienda llevar tarjeta de archivo que contenga los datos de uso y requisitos de servicio del fabricante y de la lista de partes y accesorios. Deberá contener parte o todo lo siguiente:

a) Marca, Número de serie y fecha de compra.

b) Requisitos de voltaje y amperaje para vibradores eléctricos, volumen de aire por consumir en el caso de vibradores de aire, dimensiones mínimas de cables o de tubería y alguna otra información pertinente.

d) Hojas con descripciones precisas del servicio del equipo incluyendo todas sus partes. Se enumeran las piezas susceptibles de desgaste y las sujetas a lubricación e inspección, si como los lubricantes adecuados y la frecuencia con la que debe aplicarse.

La siguiente tabla es una hoja de servicio que puede usarse tratándose de un vibrador de eje flexible. Debe establecerse un programa sujeto a calendario, a partir de la fecha en que el vibrador ya revisado, se deja en la bodega.

Modelo de hoja de servicio para un vibrador de eje flexible.

Modelo .....		Núm de Serie .....	
Fecha de compra .....		Fecha de revisión del equipo en bodega .....	
Una estimada, horas por día .....			
Parte	Frecuencia de mantenimiento preventivo		
	Limpieza e inspección	Lubricante	Reparación
<b>Motor eléctrico</b>			
Filtro	.....	.....	.....
Escobillas	.....	.....	.....
Arrancador	.....	.....	.....
Armadura y campo	.....	.....	.....
Baterías	.....	.....	.....
<b>Eje flexible</b>			
Eje	.....	.....	.....
<b>Cabeza vibratoria</b>			
Balaje	.....	.....	.....
Baterías	.....	.....	.....
Cambio de aceite	.....	.....	.....

## CAPITULO III

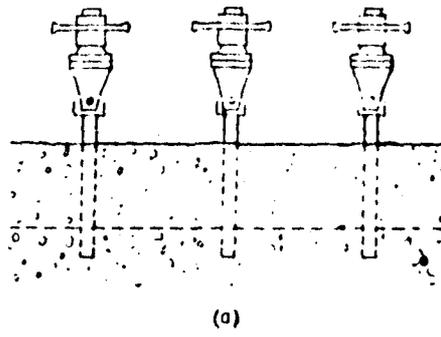
### EL VIBRADO EN LOS DIFERENTES MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN

#### CONCRETO ESTRUCTURAL

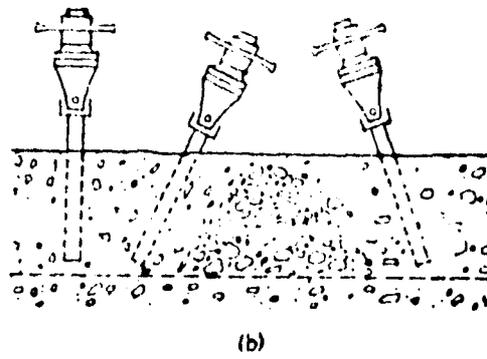
Para la mayoría del concreto estructural, el vibrado se realiza con más eficacia por medio de vibradores estandar de inmersión, ya sean de eje flexible o contruidos con el motor en el interior de la cabeza. El funcionamiento de los tipos comerciales más comunes actualmente disponibles es generalmente satisfactorio cuando están bien conservados y tienen la potencia conveniente. El vibrado efectivo es el resultado de la disipación dentro del concreto de una cantidad de energía suficiente para fluidizarlo con rapidez y consolidarlo. Para el funcionamiento de los vibradores de inmersión en concreto estructural se recomienda una velocidad mínima de 7000 r p m.

El uso satisfactorio se asegura mejor cuando el vibrador penetra en el concreto recién colocado:

- 1) Verticalmente (Fig No 9), cuando el concreto tiene suficiente profundidad para introducir la cabeza vibratoria; de otro modo, puede inclinarse hacia la horizontal, cuando sea necesario, en tal forma que la cabeza opere en posición completamente ahogada.
- 2) Que entre bien en la capa de abajo (si la hay)
- 3) Hay espaciamientos regulares frecuentes, lo suficientemente cercanos para asegurar la consolidación completa.
- 4) Con tiempo suficiente (de 5 a 10 seg ordinariamente) en cada penetración para la completa consolidación en toda la profundidad



(a)



(b)

Fig No 9

- a) Forma correcta de vibrar el concreto
- b) Forma incorrecta de vibrar el concreto

Los vibradores de cimbra son útiles en la consolidación de concreto de tubos procolados y unidades estructurales, miembros preesforzados, revestimiento de túneles, y como suplementarios del vibrado interno en localidades normalmente congestionadas por el acero, donde el concreto no puede colocarse directamente pero debe fluir a otra posición, o donde el vibrador interno no puede introducirse. En cualquier uso de los vibradores de cimbra es importante evitar el excesivo vibrado en un lugar determinado. Los vibradores deben moverse en cuanto sea necesario para mantenerlos operando precisamente abajo de la superficie del concreto y no en áreas vacías de las cimbras.

En revestimiento de túneles, los vibradores de cimbra se emplearán solo para movimientos laterales y de asentamiento vertical y consolidación de la bóveda de concreto, y no para movimientos longitudinales. Para ser más efectivos deben fijarse a uno de los puntos cuartos superiores, cerca del extremo del tubo de conducción del concreto, y su operación debe estar bien coordinada para vibrar brevemente durante la descarga del concreto en el arco, cuando el arco está casi lleno, e inmediatamente antes de que la línea de descarga se mueva hacia atrás. Después de suspender la descarga y retirar la tubería, el vibrado causará el asentamiento y el flujo del concreto a la parte del arco que no se ha llenado.

Una forma efectiva para vibrar concreto alrededor del arco excepcionalmente intenso o congestionado consiste en pegar el vibrador de cimbra al acero. Es muy duro para el equipo tratar de vibrar el acero pegándole un vibrador de inmersión. Aunque muchos han sugerido posibles daños a la adherencia, por el vibrado transmitido a través del acero en un concreto parcialmente fraguado en sus capas inferiores; pero tras un cuidadoso examen, se ha encontrado que muchos de esos temores son infundidos. Aparentemente la amplitud disminuye tanto que ningún daño se hace; de cualquier manera solo ocurre un revibrado benéfico.

Lo adecuado de un vibrado se juzga principalmente por la apariencia superficial. La incrustación de agregado grande, la nivelación de la revoltura en general, el mezclado aparente del perímetro de la revoltura junto con el concreto previamente colocado, y la suspensión general del escape de grandes burbujas de aire atrapado, son evidencias y pasos esenciales para asegurar un vibrado adecuado. La consolidación completa se asegura solo cuando se buscan y obtienen pruebas de que el vibrado es correcto. Particularmente importante es el vibrado a una profundidad y espaciamiento adecuados.

#### LOSAS DE CONCRETO.

Las losas delgadas, tales como banquetas y pisos, se consolidan mejor por medio de vibradores de superficie. Se recomienda que las reglas vibratorias en todas las losas de espesores menores de 20 cm. y que éstas reglas se usen en losas de espesores entre 20 y 30 cm. en combinación con el vibrado interno. Las losas de mayor espesor se pueden consolidar con vibradores de inmersión. Los bordes de las reglas, o de los rieles en los que se apoyan las reglas, se asentarán exactamente en el nivel apropiado de 3 a 6 mm. sobre el nivel de acabado, dependiendo del espesor de la losa.

Los elementos vibratorios deben ser del tipo de baja frecuencia y alta amplitud, que operen a velocidades de 3,000 a 4,500 r.p.m.. Si la velocidad es ajustable, se usará al máximo en la primer pasada y el mínimo en la segunda.

#### CONCRETO EN MASA.

El concreto en masa se consolida mejor con vibradores de inmersión de alta velocidad. La frecuencia de los vibradores para consolidar concreto en masa no deber ser menor de 6,000 r.p.m., cuando están sumergidos en el concreto, para cabezas vibratorias mayores de 10 cm. de diámetro. La frecuencia mínima de los vibradores con cabeza de 10 cm. de diámetro o menores, deber ser de 7,000 r.p.m.. Los vibradores pueden ser impulsados por aire comprimido o por electricidad. Si son impulsados por aire, se tendrá cuidado en asegurar una presión adecuada para mantener la velocidad de vibrado requerida. La velocidad de vibrado puede verificarse fácilmente por medio de un tacómetro de lengüeta fijada a la superficie de la cimbra, cerca del vibrador, o en el asa del vibrador cuando está sumergido en el concreto.

Para manejar con efectividad grandes volúmenes de concreto en masa dentro de la cimbra es necesario trabajar con un patrón sistemático que guía al personal de colocación. El vibrador se introducirá en la posición posible, más cerca a la vertical en la parte superior o cerca de la parte superior de la pila de concreto que resulta de la descarga del cubo. Dependiendo del tamaño de la pila puede ser necesario que dos o más vibradores, igualmente espaciados alrededor del perímetro, se usen simultáneamente para fundirla. Después de fundida, la masa se vibrará a la profundidad de las capas requeridas por vibración sistemática de las áreas traslapadas. Los puntos de inserción pueden distanciarse de 45 a 75 cm. . El vibrador no se cambiará de sitio hasta que el concreto esté completamente consolidado; entonces se extraerá lentamente para asegurar la obturación del hueco resultante de la inserción del vibrado. El tiempo de vibrado varía de 5 a 20 segundos por punto de aplicación.

#### PAVIMENTOS GRUESOS

Para pavimentos de 30 cm. o más de espesor, es necesario el vibrado interno para asegurar la consolidación adecuada en toda la profundidad de la losa. Los vibradores deben fijarse a un marco, en la parte posterior del extendedor, o en un medio de transporte separado que también mueve a las cimbras del pavimento, o puede unirse a un marco adelante de la primera cerca del acabador. Los vibradores se dispondrán de tal forma que operen solo durante su movimiento hacia adelante y todos arrancarán y se pararán simultáneamente.

El tamaño y espaciamento de los vibradores dependerá principalmente de las características de la mezcla y el espesor del pavimento. En general puede usarse un espaciamento entre vibradores de 75 cm. o del doble de la profundidad de la losa, el que sea menor. Las cabezas vibratorias se han empleado con buenos resultados en la consolidación de losas con espesor hasta de 60 cm. colocadas en una sola capa, y es probable que con especial atención al tamaño, a la frecuencia y al espaciamento entre los vibradores, pueden consolidarse adecuadamente losas más gruesas.

También se pueden obtener resultados satisfactorios usando tubos vibratorios para pavimentos. Cada unidad vibratoria consiste en un motor y dos tubos horizontales de 1.5 m. de largo aproximadamente, perpendiculares al eje del pavimento. Los tubos están suspendidos abajo del motor en tal forma que pueden mantenerse cerca de la profundidad media de la losa, sin que se sumerja el motor. Los tubos vibradores utilizables en la actualidad son completamente adecuados para losas hasta de 45 cm. de espesor.

#### PAVIMENTOS DELGADOS.

Para pavimentos de 20 cm. o menos de espesor, la muestra frontal de la máquina de acabado, si está apropiadamente ajustada, ejerce un esfuerzo de compactación que puede ser suficiente para la parte interior de la losa cuando se use una mezcla de concreto bien proporcionada de unos 4 cm. de revenimiento. Si es necesario aplicar consolidación adicional, se puede usar los vibradores de superficie de los tipos de reglas o discos o de cuadrillas montadas de cabezas vibratorias internas, ya sean de operación manual o fijadas al extendedor, se usarán a lo largo de las cimbras.

El esfuerzo de compactación que proporciona la máquina de acabado no es adecuado para asegurar un concreto denso de todas las condiciones, especialmente para losas de 20 a 30 cm. de espesor o para revenimientos de 4 cm. o menores. En este caso es recomendable el uso de reglas vibratorias (Fig. No. 10) o de los discos vibratorios o de grupos montados de cabezas vibratorias de inmersión. Los elementos vibrantes de las reglas serán del tipo de baja frecuencia y alta amplitud. Deberán sincronizarse y operarse a una velocidad mínima de 3,500 r.p.m. y no se apoyarán ni tocarán las cimbras.

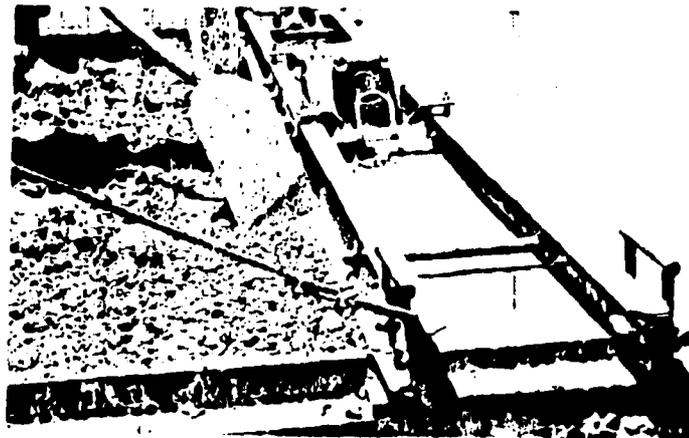


Figura No. 10

Regla Vibratoria

#### PAVIMENTOS REFORZADOS

Las losas reforzadas presentan problemas especiales de vibrado. Se acostumbra colocar los pavimentos reforzados en dos capas, con el refuerzo colocado en la parte superior de la primera capa. Generalmente la primera capa es más gruesa que la segunda, así que el refuerzo está arriba del centro de la losa.

Cuando la capa del fondo tiene suficiente espesor para permitir su aplicación se emplearán las técnicas de vibrado interno previamente descritas. Algunas veces es posible usar los vibradores de tubo o los vibradores de cabeza orientados horizontalmente en la capa superior. Cuando la losa es demasiado delgada para permitir el vibrado interno, deberán emplearse vibradores de superficie en la capa de arriba.

## CAPITULO IV

### PRODUCTOS PRECOLADOS

#### GENERALIDADES.

En la fabricación de diversos productos precolados de concreto, los vibradores de cimbra son los que se emplean más frecuentemente, aunque también se emplean vibradores internos y de superficie. Además del vibrado, existen varios métodos de apisonado, prensado, percusión, cilindreo y rotación que permiten obtener la compactación deseada y la colocación satisfactoria. Estos diversos métodos se usan en la fabricación de una amplia variedad de productos de concreto precolado como: bloques, ladrillos, losas, canales, guarniciones, lasas, tejas, losetas, tabiques, postes, tubos de irrigación, tubos de presión, tubos para albañal y viguetas.

#### BLOQUES DE CONCRETO.

Las máquinas actuales para la fabricación de bloques de concreto varían en complejidad y en capacidad de producción desde las máquinas para bloques individuales que requieren de un considerable esfuerzo manual hasta las máquinas superautomáticas que requieren solo la técnica de oprimir botones correctamente.

Las máquinas para fabricación de bloques de concreto operan a frecuencia que varían entre 1,800 y 7,200 r.p.m. A bajas frecuencias, son usuales amplitudes de aproximadamente 1.6 a 3.2 mm, en cambio para altas frecuencias las amplitudes son normalmente menores de 1.3 mm. Muchas máquinas para bloques operan entre 4 y 6 ciclos por minuto. En cualquier máquina, el control del producto final se ve muy afectado por cambios en las proporciones de las mezclas de concreto en la amplitud de vibrado y en la longitud del periodo de vibrado.

## TUBOS DE CONCRETO.

Los tubos precolados de concreto se hacen por una variedad de métodos, incluyendo el apisonado automático, compresión por medio de un "cabezal obturador" giratorio, vibración, centrifugación con vibrado, y compactación. Las baldosas para irrigación, drenes y tubos para alcantarillas suelen hacerse por apisonado o por el proceso de cabezal obturador a menos que sean de diámetro mayor de 1.80 m. . Los tubos de tamaño mayor suelen hacerse por algún proceso de vibrado (Fig. No. 11). El tubo de agua de alta presión se hace por vibrado o por centrifugación.



Figura No. 11

Colocación del vibrador: Cimbra para tubería.

En la fabricación de tubo centrifugado el contenido unitario de agua del concreto depende de los materiales, del equipo y de la experiencia del fabricante. En este método de fabricación de tubos, el concreto se coloca en un molde horizontal que gira a baja velocidad, y la velocidad se incrementa a un valor muy alto, tal que la fuerza centrífuga compacta al concreto y expulsa el exceso de agua. La mejor velocidad de rotación para obtener el concreto más denso aparentemente se encuentra por tanteos. Los valores varían desde una velocidad periférica de 150 m.p.m. para tubo de 15 cm. a 915 m.p.m. para tubos de 1.52 m.

El concreto usado en la fabricación de tubos de concreto vibrador debe tener un revenimiento entre 5 y 7.5 cm. En éste proceso las cimbras se vibran continuamente conforme se coloca el concreto. Los vibradores de cimbra que se usan normalmente se activan por aire o electricidad y pueden fijarse rigidamente al molde exterior ligeramente abajo de la altura media, o moverse hacia arriba conforme progresa el llenado.

En moldes para tubo de concreto, los vibradores de cimbra deben trabajar cuando menos 8,000 r.p.m.. Otro proceso empleado en la fabricación de tubos de concreto consiste en compactar el concreto simultaneamente por una fuerza centrífuga, una vibración de alta frecuencia y un rodillo de acero. El concreto de revenimiento nulo empleado en éste proceso cae dentro de los moldes en capas cuando el molde gira a una velocidad periférica de aproximadamente 152 m.p.m. para tubo de 76 cm. y 30 m.p.m. para tubo de 46 cm., con anillos neumáticos que consolidan las partes superiores del molde. El rodillo de acero corre longitudinalmente por el interior del molde y suministra una compresión máxima de compactación de 726 kg., también se emplean variaciones de esos procedimientos.

## SEGUNDA PARTE

### CAPITULO V

#### NECESIDADES DEL CURADO

##### GENERALIDADES

El curado es el proceso mediante el cual se mantiene un contenido húmedo satisfactorio y a una temperatura favorable en el concreto durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que puedan desarrollarse las propiedades deseadas de concreto de calidad. La resistencia potencial y la durabilidad del concreto se desarrollarán totalmente solo si ésta se cura en forma adecuada durante un periodo apropiado antes de entrar en servicio.

##### CONTENIDO DE HUMEDAD SATISFACTORIO

La cantidad de agua de mezcla en el concreto, al momento de su colocación, es normalmente más alta que la que puede combinarse químicamente con el cemento. La pérdida de agua de mezclado por evaporación y por absorción de los agregados, de las cimbras o de la sub-base puede reducir el agua a una cantidad menor al nivel necesario para obtener una hidratación adecuada del cemento. La evaporación se puede controlar por medio de una protección y un curado apropiado; los efectos de secado por absorción se reducirán usando agregados húmedos, cimbras no absorbentes y humedeciendo la sub-base.

Una indicación de que la pasta está perdiendo agua es el surgimiento de grietas debidas a la contracción plástica en la superficie del concreto, aproximadamente cuando éste se encuentra listo para recibir su acabado final. La aparición de éstas grietas indican la necesidad de tomar medidas correctivas inmediatas para prevenir que sigan formándose.

#### TEMPERATURA FAVORABLE.

La prueba indicada que cuando el concreto se mantiene a temperaturas más elevadas durante el fraguado y endurecimiento inicial, las resistencias a edades posteriores son menores que las de los concretos similares curados a más bajas temperaturas durante este período inicial. El evitar que el concreto adquiera temperaturas elevadas durante el curado no solo ayudará a reducir la cantidad de agrietamientos durante el enfriamiento, sino que también proporcionará mayores resistencia a edades posteriores.

La temperatura del concreto al ser colocado se ve afectada por el aire circundante, por la absorción del calor solar, por el calor de hidratación del cemento y por la temperatura inicial de los materiales. La evaporación del agua de mezclado o de curado en la superficie del concreto puede producir un efecto de enfriamiento muy significativo, lo cual resulta benéfico mientras la evaporación sea menor que la que se necesita para originar agrietamientos.

El concreto se expande cuando su temperatura aumenta y se contrae cuando ésta disminuye. Es deseable mantener una temperatura razonablemente uniforme en toda la mesa del concreto.

## CAPITULO VI

### METODOS DE CURADO

#### GENERALIDADES

Existen dos sistemas generales para mantener la presencia de la cantidad de agua requerida para la hidratación, la cual es suministrada inicialmente por el agua de mezclado del concreto:

- 1) Creando un ambiente húmedo por medio de la aplicación continua o frecuente de agua a base de anegamiento, rocíos, vapor o materiales de recubrimiento saturados de agua, como mantas de algodón o yute, tierra, arena, aserrín y paja o heno.
- 2) Previniendo la pérdida de agua de mezclado del concreto por medio de materiales selladores, como hojas de papel o plástico impermeables o aplicando un compuesto líquido para formar membranas de curado al concreto recién colocado. Debe tenerse cuidado en asegurar que los materiales de recubrimiento saturados no se sequen y absorban agua del concreto.

#### CURADO CON AGUA

En cada obra en particular deberán tomarse en consideración los aspectos económicos del método seleccionado para el curado con agua, pues la disponibilidad del agua, la mano de obra y los materiales de curado, así como los implementos para llevar a cabo el trabajo en cuestión, influyen en la selección de dicho método. Este debe proporcionar el total de agua que satisfaga los requerimientos de la mezcla y en donde la apariencia sea un factor importante; el agua deberá carecer de sustancias que manchen o decoloren el concreto.

#### ANEGAMIENTO O INMERSIÓN.

El método de curado con agua más completo pero menos utilizado consiste en la inmersión total en agua de la unidad de concreto terminada. El anegamiento se usa en ocasiones para losas tales como piso de puentes, alcantarillas, pavimentos, techos planos o en cualquier lugar en donde se pueda crear un estanque de agua a base de un dique o borde de tierra impermeable o de otro material en el borde de la losa, también se puede usar en lugares donde exista una corriente de agua, como en una alcantarilla. Debe evitarse que el agua anegada sea liberada repentinamente o fuera de tiempo pues esto podría dañar al concreto. Por ejemplo, si el agua anegada se fuga, la losa no obtendrá el curado apropiado; por otra parte, el agua podría ablandar el suelo sustentante o dañar otra construcción u objetos. El agua de curado no debe estar más de 11 °C más fría que el concreto, debido a los esfuerzos por cambios de temperatura que se originarían, con el agrietamiento consiguiente.

#### ROCÍOS O RIEGO DE AGUA.

El riego o el rocío de agua por medio de boquillas o dispositivos de riego proporciona un excelente curado cuando la temperatura se encuentra bastante por arriba del grado de congelación. En los casos en donde las temperaturas superiores a las atmosféricas normales son permisibles, como en el curado de productos elaborados en una planta, se usa vapor a presión atmosférica, el cual, si es controlado en forma adecuada, mantiene una película de humedad sobre las superficies del concreto durante el curado. Los dispositivos de riego giratorios resultan efectivos cuando no existe el problema de que el agua se escurra fuera del área por curar. La desventaja del riego es el costo del agua, a menos que exista un suministro disponible tan amplio que justifique el costo del bombeo. El riego intermitente no es aceptable si en los intermedios se seca la superficie del concreto. Debe tenerse cuidado de que no ocurra erosión en la superficie.

#### MANTAS DE ESTOPA, ALGODÓN O YUTE.

Las mantas de estopa, algodón o yute, al igual que otras cubiertas de materiales absorbentes, conservan el agua en la superficie, ya sea horizontal o verticalmente. Las mantas de estopa no deben tener ningún recubrimiento o cualquier otra sustancia que pueda resultar perjudicial para el cemento o le cause decoloración. Las mantas de estopa nuevas deben enjuagarse con agua para remover las sustancias solubles y hacerlas más absorbentes.

Las mantas de algodón o yute retienen el agua durante más tiempo que las de estopa y con menos riesgo de que el curado resulte inadecuado. Usualmente, antes de colocar las mantas de algodón húmedas y más pesadas, se aplica un curado inicial con estopa ligera u hojas impermeables durante algunas horas.

#### CURADO CON TIERRA.

El curado con tierra húmeda ha sido usado en forma efectiva, tanto en trabajos comparativamente pequeños de losas o pisos como en la pavimentación de carreteras. La tierra debe estar libre de partículas mayores de una pulgada y no debe contener materias orgánicas u otras substancias que puedan dañar al cemento, retardante o destruyendo sus propiedades de fraguado.

#### ARENA Y ASERRÍN.

En la misma forma que el curado con tierra, se utilizan arena y aserrín húmedos y limpios. Para el curado no debe usarse aserrín de maderas que contengan demasiado ácido tánico, como el de la encina, pero otros tipos de madera resultan aceptables. Estos materiales granulares limpios resultan especialmente útiles en obras en donde los carpinteros y los trabajadores encargados de colocar las cimbras tienen que trabajar sobre la superficie pues éstas cubiertas ayudan a protegerla contra marcas y manchas.

#### PAJA O HENO.

También puede usarse heno o paja húmedos para efectuar el curado, pero siempre existe el riesgo de que el viento se los lleve, a menos que se aseguren con tela de alambre, estopa u otros medios. También existe el peligro de incendio si se permite que la paja se seque. Tales fibras vegetales pueden causar decoloración en la superficie, la cual durará varios meses después de concluido el curado. La capa debe ser de por lo menos 15 cm. de espesor.

#### CUARADO CON VAPOR.

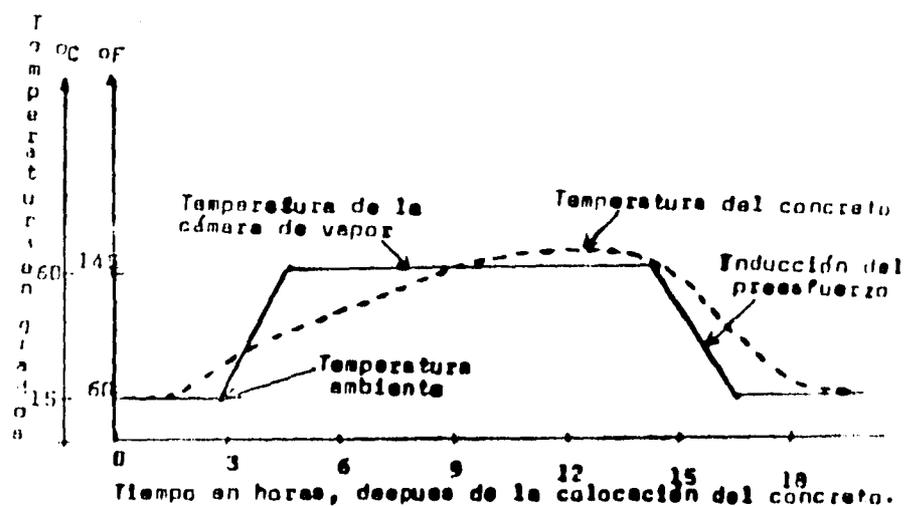
El curado con vapor, a la presión atmosférica, se utiliza ampliamente en la producción del concreto precolado y preesforzado. Se ha estudiado mucho el efecto de éste curado acelerado sobre las características a largo plazo, como las resistencia a la compresión, la durabilidad, la contracción y el flujo plástico, la pérdida de preesfuerzo, etc.; también se han hecho otros estudios sobre la

determinación del ciclo óptimo para el proceso de curado con vapor. Por último deben considerarse las cuestiones de enfriamiento, liberación del preesfuerzo y los efectos térmicos, aunque en estos casos la mayor parte de la información y de los procedimientos ha sido proporcionada por las plantas de precolado; pues en esta fase la investigación realizada en el laboratorio es época.

El curado con vapor ha sido una de las técnicas que han hecho posible la producción de elementos de concreto preesforzado en forma económica, permitiendo la utilización diaria de las cimbras; también se ha hecho factible acortar el tiempo entre la fabricación y el montaje, eliminando en gran parte la necesidad de grandes almacenamientos o inventarios.

Se han hincado con éxito pilotes de concreto preesforzado, curados con vapor, después de solo un día de fabricados. Es esencial adoptar un ciclo adecuado para el curado con vapor; el ciclo óptimo generalmente aceptado (Gráfica No. 1) es:

- a) Un período de demora de 3 o 4 horas que el concreto llegue a su fraguado inicial; durante este período el concreto se debe de proteger para evitar su secado.
- b) Un período de calentamiento, con una elevación de temperatura de 22 a 33 C (40 a 60 F) por hora, hasta una temperatura de 63 a 70 C (145 a 160 F).
- c) Un período de vaporización de seis horas, de 63 a 70 C.
- d) Un período de enfriamiento (con el concreto todavía cubierto); durante este período, las partes expuestas del refuerzo se enfrían más rápido que el concreto, estirándolo. También, las cimbras de acero se enfrían más rápido, así como las porciones exteriores del concreto, induciendo esfuerzos de tensión en el elemento de concreto. Por esta razón en muchos productos el núcleo interior puede conservar su calor por un lapso considerable, es necesario inducir el preesfuerzo durante el período de enfriamiento, cubriendo nuevamente las unidades para permitir una relación de enfriamiento más lenta y uniforme.
- e) Un período de exposición a intemperie (eliminando las cubiertas para la vaporización). Este puede ser un período crítico en cuando a la contracción en la superficie, los agrietamientos y la durabilidad, ya que el concreto está tibio y húmedo. A temperaturas por arriba del punto de congelación, puede ser conveniente aplicar el curado con agua a algunos productos, inmediatamente después de exponerlos a la intemperie; las primeras horas son las más críticas.



Gráfica No. 1: Ciclo típico de curado con vapor (a presión atmosférica).

#### CURADO DE CONCRETO EN AUTOCLAVE.

El Alemania Oriental y en Japón se están haciendo muchos estudios sobre el tratamiento de elementos de concreto preesforzado en autoclave, en tamaños hasta de 15 m. de longitud y un metro de diámetro para segmentos de pilotes. Este tratamiento aumenta substancialmente la resistencia, en Japón se están obteniendo resistencias de 700 kg/cm<sup>2</sup> (10,000 lb/plg<sup>2</sup>) con las mezclas convencionales para concreto preesforzado. La contracción se elimina casi totalmente.

La relajación de esfuerzos aumenta, en las primeras pruebas realizadas se obtuvo una relajación de esfuerzos hasta del 20% durante el tratamiento en autoclave.

El flujo plástico del concreto aumenta. Sin embargo, esto no parece muy grave, debido al corto tiempo de curado a alta temperatura.

La corrosión de los tendones también es una cuestión de importancia. La temperatura alta acelera la corrosión y el factor pH se neutraliza aparentemente; sin embargo esto requiere de mayores estudios, los resultados estudiados indican que no es un problema serio.

## CAPITULO VII

### MATERIALES DE CURADO (SELLADORES)

#### GENERALIDADES

Los materiales selladores en hojas o membranas colocadas sobre el concreto, a fin de reducir la pérdida de agua de mezclado. A pesar de que los materiales selladores no son necesariamente tan efectivos como la aplicación de agua durante todo el período de curado, existen ventajas en su utilización, las cuales las hacen preferibles bajo muchas condiciones. Por ejemplo, si la humedad queda encerrada, existen menos probabilidades de que el curado sea deficiente debido a la negligencia de no mantener húmedo el recubrimiento. Además, los materiales selladores son menos costosos, más fáciles de manejar y pueden ser aplicados antes que otros materiales muchas veces sin curado inicial.

#### PELÍCULA PLÁSTICA

La película plástica es ligera y puede aplicarse tan pronto como el agua libre haya desaparecido de la superficie. Existe disponible en espesores de 13 micras y más, y en hojas transparentes, blancas o negras. Las blancas son más caras, pero ofrecen un considerable reflejo de los rayos del sol, mientras que las transparentes tienen poco efecto sobre la absorción del calor. Debe tenerse cuidado en no rasgar la película plástica o interrumpir la continuidad del curado. La película plástica reforzada con fibra de vidrio es más durable y tiene menos probabilidades de romperse.

El concreto arquitectónico o de color sujeto a exámenes críticos debe curarse por otros medios, pues la condensación de humedad en la cara inferior de la película plástica lisa crea una distribución no uniforme de agua en el concreto, permitiendo el desplazamiento de sustancias solubles, lo cual usualmente originan una apariencia jaspeada. Esto puede no tener consecuencias serias en pavimentos, losas de techos, aceros y cunetas, puede prevenirse anegando ocasionalmente la parte inferior de la película.

En su aplicación, la película plástica debe ser colocada sobre la superficie húmeda del concreto fresco tan pronto como sea posible, teniendo cuidado de que no dañe la superficie y de que cubra todo el concreto expuesto. Debe ser colocada y cargada de manera tal que permanezca en contacto con el concreto durante el tiempo de curado específico. En superficies planas, como pavimentos, la película debe extenderse más allá de las orillas de la losa en por lo menos el doble del espesor de ésta. A lo largo de todas las orillas y las juntas de la película, deberán colocarse hileras de arena o tierra, o bien, tablas de maderas, a fin de retener la humedad en el concreto y evitar que el viento penetre debajo de la película y la levante. En lugar de este procedimiento resulta aceptable y generalmente más económico usar una tira delgada de película plástica a lo largo de las orillas verticales, colocándolas sobre la hoja en la superficie horizontal y asegurando todas las orillas con hileras de arena o tiras de madera. Cuando esta cubierta debe removerse, la tira se puede jalar fácilmente, dejando libre la hoja horizontal, la cuál puede ser enrollada sin que alguna rasgadura o pliegue dañe la superficie. Esto también se aplica cuando se usa papel impermeable.

#### **PAPEL IMPERMEABLE.**

Esté compuesto por dos pliegos de papel kraft unidos entre sí por medio de un adhesivo bituminoso y reforzado con fibras. La mayoría de los pliegos de papel para curado han sido tratados a fin de reducir su expansión y compactación al humedecerse o secarse.

Este papel se aplica de la misma manera que la película plástica. El papel impermeable se puede usar varias veces, mientras retenga la humedad eficientemente. Las rasgaduras son fácilmente detectables y pueden repararse con un parche de papel pegado con una goina impermeable o con cemento bituminoso.

#### **COMPUESTOS LÍQUIDOS PARA FORMAR MEMBRANAS DE CURADO.**

Los compuestos que consisten esencialmente en ceras, resinas, hule clorado y solventes muy volátiles a temperatura atmosférica se utilizan en gran medida para el curado de concreto. Su fórmula debe ser tal que proporcione un sellado total poco después de la aplicación y no debe ser perjudicial para la pasta de cemento Portland. Algunas veces se agregan pigmentos blancos o grises al compuesto para que refleje los rayos del sol y para hacer que dicho compuesto sea visible en la estructura y pueda inspeccionarse. Los compuestos de curado no deben usarse en superficies que vayan a recibir concreto adicional, a menos que se haya demostrado que la membrana puede removerse satisfactoriamente antes de efectuar la aplicación subsecuente, o que dicha membrana pueda servir en forma eficiente como base para la aplicación.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Los compuestos líquidos para forrar membranas de curado generalmente deben aplicarse cuando el agua, libre de la superficie ha desaparecido y no se observa ningún brillo de agua, pero antes de que el compuesto líquido de curado pueda ser absorbido por los poros superficiales del concreto. Sin embargo, bajo ciertas condiciones climatológicas adversas, en donde puedan formarse agrietamientos por contracción plástica del concreto fresco, tal vez sea necesario aplicar el compuesto inmediatamente después de la operación final de acabado y antes de que el agua libre de la superficie desaparezca completamente, para prevenir la formación de grietas.

A menos que la fórmula contenga algún agente tixotrópico para prevenir los asentamientos, los compuestos pigmentados deberán agitarse para asegurar la distribución uniforme del pigmento durante la aplicación del compuesto.

## CAPITULO VIII

### CRITERIOS PARA DETERMINAR LA DURACIÓN DEL CURADO

Los factores económicos deben considerarse al decidir cuando terminar el curado; los beneficios del curado se comparan contra factores tales como costo, disponibilidad de los medios de curado, necesidad de pronto acceso o protección de una superficie durante las operaciones constructivas subsecuentes y comportamiento deseado

Normalmente, se utiliza la resistencia para medir la calidad relativa de un concreto. Una resistencia específica se logra en el menor tiempo posible con un curado continuo. Cuando el curado se interrumpe antes de obtener la resistencia deseada, el curado subsecuente, ya sea por medio de fuentes naturales, como lluvia, o por aplicaciones artificiales de humedad permitiendo obtener mayores ganancias en resistencia, pero con mayor lentitud que tratándose del curado continuo

La resistencia del concreto se juzga probando vigas o cilindros estandar elaborados en el campo y curados bajo condiciones específicas controladas, usualmente en un laboratorio. Para establecer el tiempo de terminación del curado, o el tiempo para el descimbrado, se usan muestras de prueba elaboradas en el campo y curadas lo más parecido posible al concreto que representan. Estas muestras reflejan que condiciones atmosféricas sobre las propiedades del concreto.

No debe resultar sorprendente el hecho de que existan algunas diferencias en la duración del curado para diferentes tipos de concreto. En cada caso, la duración de curado recomendable se basa en aquello que resulta práctico y sin embargo, suficiente

## CAPITULO IX

### EL CURADO EN LOS DIFERENTES MÉTODOS DE CONSTRUCCION

#### PAVIMENTOS Y OTRAS LOSAS COLOCADAS SOBRE EL TERRENO

Las losas colocadas sobre el terreno incluyen los pavimentos de carreteras y aeropuertos, los recubrimientos de canales, las losas de estacionamientos, las calles, las aceras y las losas inferiores de edificios. La losas poseen una elevada relación del área superficial expuesta al volumen de concreto y sin un curado inicial apropiado, la pérdida de humedad debida a evaporación puede ser tan rápida y excesiva que origine agrietamientos por contracción plástica y además, tener efecto negativo sobre la resistencia, la resistencia a la abrasión y la durabilidad del concreto. Para prevenir una pérdida de humedad excesiva del concreto fresco, deberá humedecerse el terreno de antemano o sellarse por medio de una barrera contra vapores y después de terminada la losa, efectuar el curado lo antes posible

El tipo de curado elegido afectará la variación de temperatura del concreto; por lo tanto, los métodos de curado recomendables deben ser aquellos que tiendan a minimizar las variaciones de temperatura iniciales bajo las condiciones normales

#### Procedimientos de Curado

Una vez terminadas las operaciones finales y tan pronto como el concreto no se dañe, toda la superficie del concreto recién colocado deberá tratarse de acuerdo a un método, o a una combinación de los métodos de curado con agua o de sellado descritos anteriormente

En caso de que comiencen a formarse agrietamientos por contracción plástica, el concreto debe curarse inicialmente por medio de riego o rocíos o por la aplicación de materiales selladores. Las superficies expuestas de la losa deben cubrirse totalmente y mantenerse húmedas o selladas hasta que el concreto esté lo suficientemente firme como para permitir que una persona camine sobre él sin dañarle

#### Duración del Curado:

Para temperaturas ambiente superiores a 40 C el periodo mínimo de curado recomendable para todos los procedimientos es de siete días, o el tiempo necesario para obtener el 70% de la resistencia a la compresión o a la flexión especificada; si el concreto se coloca a una temperatura ambiente de 4 C inferior deben tomarse en cuenta precauciones para prevenir se dañe por congelamiento.

### ESTRUCTURAS Y EDIFICIOS.

Dentro de las estructuras y edificios de concreto se incluyen: muros, columnas, losas y vigas y otras partes de los edificios, a excepción de las losas colocadas sobre el terreno. También se incluyen pequeñas zapatas, muros de contención, cubiertas de puentes, pasamanos, cubiertas de alcantarillas y túneles. No se incluye el concreto masivo, el concreto prefabricado y construcciones especiales.

#### Procedimiento curado:

Cuando se requiera curar las superficies interiores después de remover las cimbras, deberá aplicarse ya sea un compuesto líquido para formar una membrana de curado, o un rocío de agua suficiente para mantener la humedad.

#### Duración y Protección del Curado:

En temperaturas por arriba de los 4 C, el curado debe ser continuo por un mínimo de 7 días o durante el tiempo necesario para obtener el 70% de la resistencia a la compresión o a la flexión especificada, el periodo que resulte más corto. Para algunos elementos estructurales, como las columnas, los cuales están compuestos de concreto de alta resistencia (420 kg/cm<sup>2</sup> o mas) los periodos de curado se pueden aumentar hasta 28 días o más con el fin de permitir el desarrollo de la resistencia potencial del concreto.

### CONCRETO MASIVO.

Se define como concreto masivo: cualquier volumen grande de concreto colocado en la obra, de dimensiones lo suficientemente grandes como para requerir que se tomen medidas para hacer frente a la generación de calor y a los cambios de volumen consiguientes, con el fin de minimizar su agrietamiento.

Se utiliza muy frecuentemente en pilotes, contra fuertes presas, cimentaciones pesadas y otras construcciones masivas similares. El contenido de cemento varía normalmente entre 119 y 237 kg/m<sup>2</sup>. El concreto masivo también se aplica en vigas y columnas masivas, en donde se requiere una alta resistencia, un alto contenido de cemento y agregados de dimensiones moderadas. En estos casos, el control de la temperatura asume una importancia considerable debido al calor generado en esas grandes masas.

#### CONTROL DE LA TEMPERATURA.

En estructuras no reforzadas de grandes dimensiones, como presas, en donde el criterio de diseño es tal que se hace necesario establecer una temperatura razonablemente estable y uniforme en toda la masa tan pronto como resulte posible hacerlo después de la colocación, particularmente para evitar agrietamientos, la temperatura interna durante la hidratación no debe subir más de 11 C por encima del promedio anual de temperatura ambiente. Para lograr esto se requiere utilizar un sistema de enfriamiento dentro de la masa de concreto. El uso de un cemento con poco calor de hidratación, o de un contenido de cemento reducido en combinación con una puzolana, son medidas efectivas para reducir la evolución del calor.

#### MÉTODOS Y DURACIÓN DEL CURADO.

Se recomienda el curado con agua para mantener continuamente húmedas las superficies de concreto masivo horizontales o inclinadas no cimbradas. A este efecto, puede usarse riego de agua, arena húmeda o mantas empapadas con agua. Se puede permitir el uso de un compuesto líquido para formar membranas de curado, siempre y cuando la superficie no sea una junta de construcción

El curado debe iniciarse tan pronto como el concreto haya endurecido lo suficiente como para prevenir que su superficie se dañe. En secciones masivas no reforzadas que no contengan puzolana, el curado deber continuar por no menos de dos semanas. Donde se haya incluido puzolana como cementante, el curado no debe durar menos de tres semanas. En juntas de construcción el curado deberá prolongarse hasta que la colocación del concreto vuelva a iniciarse o hasta que termine el período de curado requerido.

## TERCERA PARTE

### CAPITULO X

#### APLICACIONES

Las aplicaciones de los vibradores son mucho muy variadas y van de acuerdo al tipo de características de finalidad del miembro estructural que se pretende vibrar.

a) Concreto plástico, trabajable en miembros muy delgados y sitios confinados y para fabricación de especímenes para ensayos de laboratorio. Conveniente como auxiliar de vibradores más grandes en trabajos preesforzados donde muchos cables y ductos causan congestiones en las cimbras.

Tipo de Vibrador: Cabeza de Inmersión de operación manual  
Frecuencia mínima recomendable: 9,000 r p m  
Elemento vibratorio: Longitud 34.3 cm.; Diámetro 2.2-4.4 cm  
Capacidad de consolidación: 1.5-3.8 m<sup>3</sup> /hrs.

b) Concreto plástico, trabajable en muros delgados, columnas, trabes, pilas precoladas, pisos y techos ligeros, cubiertas ligeras de puentes y a lo largo de las juntas de construcción.

Tipo de Vibrador: Cabeza de Inmersión de operación manual  
Frecuencia mínima recomendable: 9,000 r p m  
Elemento vibratorio: Longitud 25.4-50.8 cm.; Diámetro 4.8-6.4 cm.  
Capacidad de consolidación: 3.8-15.3 m<sup>3</sup> /hrs.

c) Concreto plástico con menos de 7.5 de revenimiento en construcción general tal como: muros, columnas, trabes, pilas precoladas, pisos pesados, cubiertas de puente y losas de techo. Vibración auxiliar adyacente para cimbras de concreto masivo y pavimentos.

Tipo de Vibrador: Cabeza de inmersión de operación manual.  
Frecuencia mínima recomendable: 7,000 r.p.m.  
Elemento vibratorio: Longitud 25.4-71.1 cm.; Diámetro 6-7.6 cm.  
Capacidad de consolidación: 11.5-19.1 m<sup>3</sup>/hrs.

d) Equipo de vibradores para pavimentos, pueden unirse a un marco en la parte posterior del extendedor o en un carro separado o en un marco adelante del primer escantillón del acabador.

Tipo de Vibrador: Cabeza de inmersión montados en grupo.  
Frecuencia mínima recomendable: 7,000 r.p.m.  
Elemento vibratorio: Longitud 25.4-71.1 cm.; Diámetro 6-7.6 cm.  
Capacidad de consolidación: Depende del número de vibradores.

e) Concreto estructural y en masa de 0-5 cm. de revenimiento depositando hasta 1.5 m en construcción pesada, en cimbras relativamente abiertas. en casas de máquinas, pilas de puentes, cimentaciones y para vibración auxiliar, en construcción de cortinas, cerca de las cimbras y alrededor de objetos ahogados y acero de refuerzo.

Tipo de Vibrador: Cabeza de inmersión de operación manual.  
Frecuencia mínima recomendable: 7,000 r.p.m.  
Elemento Vibratorio : 30.5=45.7 cm. de Long. y Diámetro 7.9-11.4 cm.  
Capacidad de consolidación: 19.1-26.8 m<sup>3</sup>/hrs.

f) Concreto en masa con agrgado de 15.2 cm. depositando en incrementos hasta 60 m<sup>3</sup>. En cortinas de gravedad, grandes pilas, muros masivos, etc. Se requieren dos o más vibradores que operen simultaneamente para fluidizar y consolidar incrementos de concreto de 3.0 m<sup>3</sup> o mayor volumen depositado a la vez en la cimbra.

Tipo de Vibrador: Cabeza de inmersión de operación manual. Se ha hecho uso algunas veces de equipos montados de grandes vibradores para consolidación de concreto en masa.  
Frecuencia mínima recomendable: 6,000 r.p.m.  
Elemento Vibratorio: Longitud 20.3-48.3 cm ; Diámetro 14-17.2 cm.  
Capacidad de consolidación: 19.1-38.2 m<sup>3</sup>/hrs.

g) Pavimentos de concreto para toda la profundidad de la losa dependiendo del número de unidades, profundidad de inmersión, etc.

Tipo de Vibrador: Tubo de inmersión, unido a máquina pavimentadora.

Frecuencia mínima recomendable: 5,000 r.p.m.

Elemento Vibratorio: Longitud hasta 7.6 m , los tubos vibratorios para pavimentos pueden consistir de cinco unidades separadas que cubren anchos de losa de 7.5m. Diámetro 7.5 cm.

h) Superficie de carreteras y pavimentos de aeropuertos, losas menores de 30 cm. de espesor, superficies de concreto en masa. El vibrador de superficie para pavimentos está unido al extendedor o a la acabadora. Si el pavimento es reforzado, se sujeta al extendedor o a la acabadora cuando operan en la capa superior.

Tipo de Vibrador: De superficie; Disco o Reglas.

Frecuencia mínima recomendable: 3,000 r.p.m.

Elemento Vibratorio Longitud hasta 12.82 m. de largo y 45 cm. de ancho.

l) Superficies expuestas al desgaste de concreto con 5 cm. de revenimiento en pisos pesados, rampas, plataformas, losas de puentes y losas de cubiertas, también se usa para cibrar superficies de concreto expuestas al desgaste para integrarlas con agregado graduado ya sea metálico o natural y para obtener superficies duras.

Tipo de Vibrador: De superficie; Disco giratorio.

Frecuencia mínima recomendable: 1,800 r.p.m.

j) Productos de concreto, como tubos, bóveda de tumbas, unidades de mampostería, cimbras en plantas de productos y masas vibrantes. Usados frecuentemente para aplicar vibración en áreas inaccesibles a la vibración interna, en construcciones como revestimiento de túneles o en cimbras congestionadas como miembro de concreto preesforzado.

Tipo de Vibrado: Externo para sujetarse o encadenarse a la cimbra. Estos vibradores varían desde menos de 11 kg. a más de 90 kg. de peso. Los ligeros son convenientes para usarse en cimbras de masas pequeñas como bóvedas de sepulcros y tubos hasta 91 cm. de Diámetro . Los más grandes se usan apropiadamente en máquinas de bloques de albañilería.

## CAPITULO XI

### CONCLUSIONES

Para terminar la presentación de éste trabajo quiero hacer mención acerca de la idea equivocada de que para muchos trabajos de ingeniería civil se empleen métodos anticuados, como por ejemplo para la compactación del concreto el picado a base de varillas o con un tubo y para curar cualquier superficie de concreto se emplea el método de rocío de agua pero se dan riegos completamente separados que en muchas ocasiones se alcanza a secar la superficie de concreto recién colada haciendo por esto que el método no tenga su eficiencia real, teniendo así una calidad de mano de obra muy baja.

La finalidad de mi estudio es precisamente señalar que el método para compactar concreto más eficiente es el vibrado.

Existe en el mercado gran variedad de vibradores los cuales se elegirán de acuerdo a las necesidades particulares de cada obra, obteniendo así una calidad de mano de obra muy elevada con respecto a los procedimientos ortodoxos empleados

Lo mismo sucede con el procedimiento de curado ya que los fabricantes nos ofrecen gran variedad de productos; dependiendo de la finalidad se escogerá el más apropiado para cada trabajo.

Si hacemos un correcto uso de éstos dos conceptos, la calidad de nuestros trabajos será siempre muy alta.

No pretendo exagerar al decir que muchas veces no se le presta la debida atención a éstos conceptos ya que se consideran muy latosos para su ejecución o muy caros, lo cual es erróneo, puesto que no requieren gran cantidad de mano de obra ya que con uno o dos operarios cuando mucho es más que suficiente para la correcta operación de los vibradores, así como la aplicación adecuada de los productos de curado

Aún considerando que fuese verídico lo de que es muy costoso hacer uso de éstos conceptos para ofrecer la calidad de nuestros trabajos bien podemos efectuar una inversión que de cualquier forma se amortizará con la ejecución de nuestro trabajo

## BIBLIOGRAFIA

Tratado de Construcción  
Antonio Miguel Saad

Consolidación del Concreto  
Instituto Mexicano del Cemento y Concreto

Prontuario de Maquinaria para la Construcción  
Hever Gubany Hinrichsen

Tecnología de la Construcción  
G Baud

Práctica Recomendable para el Curado del Concreto  
Inst Mexicano del Cemento y del Concreto.

Construcción de Estructuras de Concreto Preeforzado  
Ben C. Gerwick Jr

Pre Recomendable para Compactación del Concreto  
Inst Mexicano del Cemento y del Concreto.

Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado.  
ACI 318-71 IMCYC

Métodos Planeamiento y Equipos de Construcción  
R.L. Penilfoy