

17  
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

-----  
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
A R A G O N

ASPECTOS FUNDAMENTALES DE  
CONCRETO LANZADO

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A :  
ALBERTO GONZALEZ DIAZ

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1992.



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.

## INDICE

	pag.
INTRODUCCION.....	1
<b>CAPITULO 1 APLICACION, MATERIALES Y DISEÑO</b>	
I.1 Aplicación general.....	9
I.2 Propiedades.....	13
I.3 Materiales.....	16
I.4 Acero de refuerzo.....	20
I.5 Diseño de mezclas.....	24
<b>CAPITULO 2 EQUIPOS</b>	
II.1 Instalaciones.....	32
II.2 La Lanzadora.....	36
II.3 La boquilla.....	45
II.4 Desgaste del equipo.....	50
II.5 Tendencias.....	51
<b>CAPITULO 3 PERSONAL CAPACITADO</b>	
III.1 Personal.....	52
III.2 Equipo de proyección.....	61
III.3 Factor ambiental.....	62
<b>CAPITULO 4 TECNICA</b>	
IV.1 Técnica del concreto lanzado.....	66
<b>CAPITULO 5 RESTAURACION Y EFECTOS EN INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b>	
V.1 Restauración en estructuras de acero.....	109
V.2 Restauración en estructuras de concreto.....	112

	pag.
V.3	Revestimiento de cables postensados.....116
V.4	Restauración de estructuras marítimas.....118
V.5	Revestimiento de muros de pilotes.....123
V.6	Estabilización de excavaciones.....123
V.7	Columnas y paredes auxiliares.....125
V.8	Concreto lanzado hacia arriba.....125
V.9	Revestimiento de tuneles.....127
V.10	Zapatas.....128
V.11	Concreto lanzado ligero estructural.....128
V.12	Concreto lanzado pesado.....131
V.13	Concreto lanzado resistente a la abrasión.....131
V.14	Efectos arquitectónicos.....132
V.15	Consideraciones Ingenteriles.....133

## CAPITULO 6 CONCRETO LANZADO REFRACTARIO

VI.1	Concreto lanzado refractario.....138
------	--------------------------------------

## CAPITULO 7 CONTROL DE CALIDAD

VII.1	Control de calidad.....148
-------	----------------------------

## CAPITULO 8 TECNOLOGIA DE COLOCACION DE ANCLAS

VIII.1	Introducción.....168
VIII.2	Perforación de barrenos.....171
VIII.3	Ancla.....172
VIII.4	Placas de apoyo o conexiones entre anclas.....176
VIII.5	Anclaje y fijación de anclas.....177
VIII.6	Errores que hay que evitar durante el anclaje.....185
VIII.7	Control de anclaje.....187

	pag.
<b>CAPITULO 9 ESPECIFICACIONES</b>	
<b>Especificaciones.....</b>	<b>191</b>
<b>CAPITULO 10 CONCLUSIONES</b>	
<b>Conclusiones.....</b>	<b>206</b>

---

## INTRODUCCION

## **OBJETIVOS.**

Este trabajo tiene por objetivo, crear interés hacia el desarrollo y la gran gama de aplicaciones que el CONCRETO LANZADO ha tenido en México y en los países más importantes, desde que la Allentown Cement Company patentó el mortero lanzado (GUNITE) hasta nuestros días.

También presenta las bases técnicas de trabajo y control de calidad para iniciar en conocimientos básicos al Ingeniero que requiera familiarizarse con el uso y aplicación del CONCRETO LANZADO.

Este procedimiento generalmente tiene que ser respaldado por otro sistema que lo haga más confiable y seguro, ya que en muchas ocasiones es usado donde se presentan presiones de roca y este como único medio de soporte resulta insuficiente. Por lo que el CONCRETO LANZADO como el convencional necesita de acero de refuerzo y con frecuencia también de colocación de anclaje. Por éste motivo se incluye en éste trabajo un capítulo de la TECNICA DE COLOCACION DE ANCLAS.

Es de sumo interés familiarizar al nuevo Ingeniero con las técnicas ya establecidas durante 82 años de desarrollo y hacerlo participe de lograr mejoras en las obras que requieran de ésta tecnología. Ya que el CONCRETO LANZADO ofrece ventajas muy marcadas sobre el concreto convencional, como lo es el tiempo de colocación y generalmente, la no necesidad de ademe.

## DESARROLLO.

El concreto lanzado ha venido a revolucionar las técnicas de excavación y soporte de obras subterráneas. Su aplicación en todo tipo de obras de Ingeniería Civil y Minería se extiende cada día mas.

El concreto lanzado (ACI-506-66), se define como "mortero o concreto conducido a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie determinada".

En 1909, la Allentown Cement Company patento el mortero lanzado como "GUNITE", y una máquina lanzadora "CEMENT GUN". Su empleo por primera vez se estima que fue en una obra subterránea en 1914, en la mina experimental de Brucetown, de la oficina de minas de Pittsburgh. Posteriormente se empleó como protección de superficies de roca, contra el deterioro por intemperismo y, en ocasiones, como medida de soporte temporal.

Sin embargo, ésta última función la ha cumplido en forma limitada ya que tiene tendencia ha desprenderse ante presión de roca, por mínima que ésta sea. Puede aplicarse en capas relativamente delgadas, 2.5 cm. (1"), las cuales en promedio suelen ser aún de menor espesor si se tiene en cuenta las irregularidades de la superficie de roca, que agravan el problema de la adherencia entre las capas. Además, lleva aparejadas contracciones excesivas y agrietamientos consiguientes debido al alto contenido de cemento que suele tener.

En la postguerra, los países del centro de Europa (Austria, Suiza y el norte de Italia) desarrollaron multitud de trabajos subterráneos en relación con obras hidroeléctricas y viales. En 1952, se usó con buenos resultados como el único medio de soporte y revestimiento de los túneles de presión y de otros en el desarrollo hidroeléctrico suizo de Maggia.

En los años siguientes surgió el empleo del concreto lanzado como resultado de la aparición de máquinas lanzadoras capaces de mover agregados hasta de 2.5 cm. (1"), de grueso y de mezclar en forma controlada los inertes y el cemento, y a raíz de la introducción de poderosos aditivos endurecedores y acelerantes de fraguado, que permitieron aplicar el nuevo concreto en superficies húmedas y aún en presencia de flujos de agua fuertes.

Entre 1953 y 1967 se demostró su bondad en numerosos proyectos subterráneos austriacos, suizos e italianos, en condiciones tan variadas como la prevención de aflojamiento de rocas químicamente y estructuralmente inestables; la estabilización del material heterogéneo producto de deslizamientos antiguos y de materiales blandos y húmedos; el soporte, combinado con anclas inyectadas, en excavaciones de terreno milonitizado de esquistos serfíticos muy húmedos que producen altas presiones de roca; y la excavación (del metropolitano milanés) en gravas no cementadas. Sólo en algunos de éstos casos se usó soporte adicional de marcos de acero (o de celosía de acero y concreto lanzado) y malla.

La experiencia sueca, en rocas más estables que las alpinas ha promovido el uso del concreto lanzado sin refuerzo, muchas veces aplicado solo en grietas y juntas de las masas de roca.

En 1960-62, Aliva, una firma suiza fabricante de equipo de lanzado, llevó sus máquinas y su técnica a Sudamérica, primero a Venezuela y después a Chile y Perú.

Para 1965, Japón ya se había incorporado al desarrollo de la nueva técnica.

En Norteamérica empieza a aplicarse hasta 1967, cuando la firma Mason, Dolmege y Stewart lo pone en práctica en un túnel ferroviario en Vancouver, Canada. Este retraso de Norteamérica en aceptar el concreto lanzado parece obedecer, por otra parte, a que no teniendo restricciones de acero, no se vio la necesidad de buscar un sistema de ademe más económico que los marcos de acero convencionales y, por la otra, que las experiencias con el mortero lanzado como soporte en excavaciones subterráneas habían sido, las más de las veces, negativas.

El concreto lanzado ha probado su efectividad en la prevención del aflojamiento de la roca en gran variedad de condiciones geológicas. Su uso particularmente útil en rocas blandas, ha sustituido a los métodos convencionales alpinos de ataque en galerías múltiples, al permitir, con igual seguridad, el avance a sección completa o a media sección y banqueo. En varios casos es viable y más expedito que el tablaestacado llevado adelante

del frente, en excavaciones subterráneas, donde éste sistema hubiera sido indispensable de no contarse con el concreto lanzado.

A lo largo de los años de experiencia, la variedad de los usos del concreto lanzado sigue aumentando. Hay dos clasificaciones, uno es; "MEZCLADO HUMEDO", y el otro; "MEZCLADO EN SECO". Este último es más satisfactorio y su uso está más generalizado. "GUNITE" se refiere solamente al proceso en seco.

### MEZCLADO EN SECO.

El procedimiento de mezclado en seco consiste en lanzar a presión una mezcla de cemento-arena, y a veces, gravillas clasificadas, cuyo tamaño y proporción varían según las necesidades requeridas del trabajo a efectuar.

Con frecuencia ésta mezcla es sólo un mortero, o sea, cemento-arena, en proporciones que varían, en volumen, entre 1:4 y 1:6.

El procedimiento usualmente empleado es el siguiente:

1.- Se mezcla perfectamente el cemento y la arena, el cemento empleado es el Portland normal, aunque también se usan de rápido endurecimiento, de alta resistencia o resistentes a los sulfatos, con diferentes arenas y gravas, ya sean naturales o artificiales.

2.- La mezcla cemento-arena se almacena en un recipiente mecánico presurizado por medio de aire, llamado "lanzadora".

3.- La mezcla se introduce en una manguera de descarga por medio de una rueda alimentadora o distribuidor que está dentro de la lanzadora.

4.- Este material se conduce por aire comprimido a través de una manguera de descarga a una boquilla especial. La boquilla está ajustada dentro de un múltiple perforado a través del cual se atomiza el agua bajo presión, mezclándose íntimamente con el chorro de cemento-arena.

5.- El concreto húmedo sale de la boquilla proyectado a alta velocidad sobre la superficie en que va a colocarse.

#### **MEZCLADO HUMEDO.**

La mayoría de los procesos húmedos del concreto lanzado se hacen con mortero premezclado o concreto especial. El diseño de mezcla y la consistencia del suministro son muy importantes en orden de surtir una mezcla con la trabajabilidad y plasticidad para ser bombeada a través de una manguera de diámetro pequeño. El problema más común es el diseño de la mezcla inapropiado o las variaciones de materiales las cuales causan bloqueos en la bomba o en la manguera.

La granulometría de la arena es la misma que la del proceso en seco y usualmente se agrega de un 20 a un 30 por ciento de gravilla, el contenido de cemento es de 6 sacos de cemento para

210 kg./cm<sup>2</sup> y 7 sacos para 350 kg./cm<sup>2</sup>, los aditivos reductores de agua usualmente se especifican en diseños que requieren revenimiento de 2.5 a 5cm.

### **CONCRETO DE ALTA Y BAJA VELOCIDAD.**

El uso de máquinas de mezclado seco, también se pueden clasificar en dos categorías: Concretos lanzados a "alta velocidad" y Concretos lanzados a "baja velocidad".

Los concretos lanzados a alta velocidad se producen usando una pequeña boquilla y una elevada presión de aire para producir además una mayor velocidad de impacto, con velocidades en las partículas de 90 a 120 m/s, dando por resultado un concreto lanzado muy bien compactado. Las variaciones que se tienen al colocar el concreto lanzado a alta velocidad son relativamente bajas.

El concreto lanzado a baja velocidad se produce usando una máquina de gran rendimiento y una manguera de gran diámetro con una boquilla amplia ( generalmente boquilla de paso ). El concreto lanzado por la técnica de baja velocidad no se compacta tan bien como el de alta velocidad, pero, sin embargo, exhibe características típicas del concreto lanzado; baja relación de agua-cemento, buena compactación en el lugar de aplicación, y alto contenido de cemento.

En la práctica el tipo de máquina que se usa depende del tipo de concreto que se requiere, pero cualquier máquina puede adaptarse

para obtener un mínimo de resultados satisfactorios. Las propiedades del concreto lanzado pueden modificarse cambiando las dimensiones de la boquilla, o el tamaño de la manguera.

# CAPITULO 1

— APLICACION, MATERIALES Y DISEÑO

## **I.1.APLICACION GENERAL.**

A diferencia del concreto convencional el cual primero se coloca y luego se compacta en una segunda operación, el concreto lanzado tiene la propiedad de que en el instante de ser colocado se compacta debido a la fuerza con la cual es proyectado desde la boquilla.

Se distingue del mortero aplicado manualmente o del aplanado por que hay una marcada diferencia entre ellos, el concreto lanzado es más denso, homogéneo, resistente e impermeable. También el concreto lanzado no se coloca ni es contenido por ningún molde y puede lanzarse sobre cualquier superficie vertical o por encima (al techo), lo que lo hace más económico que el convencional.

Tiene características impermeables aún en secciones delgadas, y puede usar aditivos para asegurar su impermeabilidad.

Un Ingeniero calificado con conocimientos y experiencia, debe decidir donde y cómo puede usarse el material, ya sea el trabajo de construcción o reparación.

El concreto lanzado puede usarse en:

**I.1.1. Estructuras nuevas** (especialmente en secciones plegadas o curvas), por ejemplo; techos, paredes, tanques presforzados,

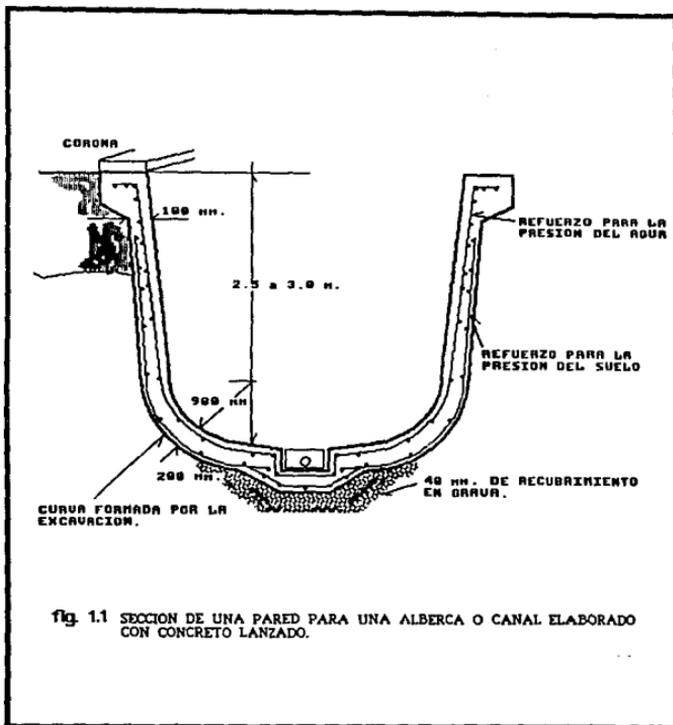
recipientes, albercas, túneles, alcantarillas de aguas negras, revestimiento de lumbreras o tiros (fig. 1.1).

Muchas minas en el mundo usan el concreto lanzado como algo natural. Proporciona una solución adecuada a las galerías y tiros con agua, techos sueltos (especialmente cuando se usan anclas empotradas en el techo), grietas y vetas inestables. El uso del concreto lanzado ha facilitado la construcción de obras con formas caprichosas e irregulares, por su gran plasticidad, sencillez de la cimbra necesaria y perfecta adherencia en diversos materiales.

**I.1.2. Recubrimientos de; mampostería de ladrillo, concreto, piedra, acero para protección o presentación, acero estructural (para proporcionar resistencia al fuego y proteger su capacidad de resistencia).**

Una solución muy frecuente al problema de restaurar la mampostería defectuosa, consiste en recubrir con concreto lanzado toda la estructura. En el caso de arcos de puente que se están derrumbando, frecuentemente la única solución práctica es la construcción de un nuevo arco con concreto lanzado abajo de éste, combinando con una inyección a presión de los tímpanos y coronamiento.

**I.1.3. Reparación de estructuras de concreto tales como puentes, revestimiento de tanques, presas, túneles, torres de enfriamiento, chimeneas y estructuras marítimas. Reparaciones generales de concreto descascarado en edificios antiguos de concreto reforzado.**



**Reparaciones de estructuras de concreto y mampostería dañadas por los sismos o incendios.**

Frecuentemente se deterioran las estructuras de concreto reforzado como resultado de la oxidación del refuerzo y del descascamiento del recubrimiento de concreto por causa del contenido de sulfuros y sales que el aire y el agua de lluvia pueden tener.

El concreto fresco también puede repararse con concreto lanzado cuando la construcción original ha tenido alguna falla, por ejemplo; los efectos "faltos de material" o de apariencia de panal de abeja donde sea presentado la segregación del agregado, pueden eliminarse por cortes y reponerse con concreto lanzado con el fin de asegurar la resistencia de diseño en columnas, vigas, pisos, etc.

**I.1.4. Revestimientos refractarios de chimeneas, hornos, calentadores, cúpulas, etc.**

**I.1.5. Revestimientos resistentes a la abrasión en almacenes de carbón y agregados, tolvas y vertedores.**

**I.1.6. Construcción de casas habitación sin duda alguna, la aplicación más interesante es la construcción de casas-habitación empleando paneles tridimensionales de alambre de acero (panel "W").**

El panel "W" es un nuevo concepto como componente estructural en la construcción. El panel está formado por un marco tridimensional de alambre de acero que lleva un alma de espuma sintética que

proporciona propiedades técnicas y acústicas, está colocado al centro, de tal manera que deja ambas caras del marco al descubierto donde posteriormente, al tiempo de la edificación se aplica el mortero, convirtiéndose en un sistema de construcción rápido, de bajo costo y alta calidad.

**I.1.7. Aplicaciones en el medio rural** una de las más frecuentes aplicaciones en el medio rural es el control de la erosión en desmontes, taludes y terrenos abancalados, es fácil evitar con éste procedimiento peligrosos deslizamientos, que suelen ser costosos y difíciles de reparar.

La construcción de balsas, piscinas y depósitos de agua, es otra de las frecuentes aplicaciones, así también como la construcción de colectores, túneles, silos, estaciones depuradoras, etc. Recientemente se ha empezado a utilizar en la construcción de naves y edificios agrícolas, sirviéndose de unos económicos moldes de cartón o fibrocemento que se usan como "encofrado per-dido".

## **1.2. PROPIEDADES.**

El concreto lanzado aplicado correctamente es un material estructural versátil, que posee una gran durabilidad y una excelente adherencia con el concreto, mampostería, acero, madera y otros materiales. Estas propiedades favorables dependen de una correcta planeación, supervisión, habilidad de colocación y atención continua

del equipo del concreto lanzado.

**I.2.1. Relación agua-cemento ("in situ");** Está comprendida entre 11 y 13 litros de agua por saco de cemento, que será la cantidad necesaria para satisfacer la hidratación química. En general las propiedades físicas del concreto lanzado, son comparables con aquellas del concreto convencional de la misma composición. Los valores más frecuentemente reportados para la resistencia a los 28 días están dentro de los límites de 150-300 kg./cm<sup>2</sup>, aunque en otros casos se ha llegado a superar estos límites con equipo a alta velocidad.

Una mezcla diseñada para colocarse por métodos tradicionales, puede mostrar hasta un incremento de aproximadamente del 30% en resistencia si se aplica como concreto lanzado, esto es debido a que se logra una mejor compactación y el empleo de una relación agua-cemento más baja.

**I.2.2. Contracción por secado;** Depende de las proporciones de mezcla empleadas, pero generalmente se encuentra entre el rango de 0.06 y 0.10 por ciento.

**I.2.3. Adherencia;** Una de las ventajas más notables del concreto lanzado es la capacidad de éste para adherirse con firmeza a una gran variedad de materiales. La adherencia que logra con concreto, tabique o piedra apropiadamente limpia, es más resistente que el material al cual se le aplica.

**I.2.4. Densidad;** La fuerza de aplicación por medio de aire comprimido y el efecto de forjado en frío de las partículas más grandes, da por resultado una masa más densa e impermeable con un mínimo absoluto de aire incluido.

**I.2.5. Resistencia a la compresión;** Alta resistencia, dureza y resistencia a la abrasión del material son atribuibles a dos factores; el método de colocación y la adicción de una cantidad apropiada de agua. La resistencia última a la compresión que ha sido probada es de 710 kg./cm<sup>2</sup> o en ocasiones más alta, a los 28 días.

**I.2.6. Resistencia a la absorción;** La calidad de densidad e impermeabilidad del proceso seco, le permite soportar condiciones las cuales ordinariamente destruyen o dañan al concreto. El concreto lanzado ha sido utilizado exitosamente en estructuras sujetas ha ácidos, álcalis, agua de mar, y ciertos humos corrosivos.

**I.2.7. Expansión;** Las características de expansión del procedimiento seco, son casi idénticamente similares a las del acero a bajo carbón, lo que permite flexibilidad y minimiza el agrietamiento.

**I.2.8. Resistencia al fuego;** Pruebas de laboratorio efectuadas ampliamente sobre losas, le dan (al proceso seco) un extraordinario comportamiento ante la presencia de fuego, presentándose daños por mucho menores que en el concreto convencional.

**I.2.9. Acabado;** El fraguado parcial se puede "cortar o redondear"

a la línea final o curva requerida. La superficie también puede quedar con el lanzamiento instantáneo para dar un acabado de lanzado natural; aplanado, o pulido con herramientas de acero, madera o hule dependiendo del acabado deseado.

**I.2.10. Cimbras;** El concreto lanzado puede ser colocado en contra de superficies sin ninguna cimbra y conformará cualquier irregularidad de la superficie. El espesor puede ser desde 1 cm. hasta 25 o 30 cm. o más si llega a ser necesario.

### **I.3. MATERIALES.**

**I.3.1. Cemento;** El cemento portland debe cumplir los requisitos de calidad respectivos de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) C1 y C2. Si el concreto lanzado está expuesto a suelos o agua freática que contengan elevadas concentraciones de sulfatos disueltos, deberán usarse cementos resistentes a los sulfatos tipo 5. Cuando las exigencias estructurales requieran alta resistencia rápida, se preferirá el empleo de un cemento portland de endurecimiento rápido.

El cemento alto en alúmina es un cemento de endurecimiento rápido, que generalmente se prefiere al cemento portland, para usos en que se requiere resistencia a ciertos ácidos. Sin embargo, su uso puede requerir ciertas precauciones debido a su prematuro alto calor de hidratación; esto incluye una limitación al tamaño de la revoltura, limpieza frecuente de la lanzadora y de los tubos

(especialmente en días húmedos y calurosos), el uso de la arena más seca de lo normal y un terminado rápido aplanado con una llana. También, las marcas difieren apreciablemente en composición y rendimiento, reflejando diferencias en las materias primas y en los procedimientos de manufactura.

I.3.2. **Agregados;** La arena para el concreto lanzado debe satisfacer lo requisitos de la NOM C-111 para los agregados. Generalmente deberá especificarse un graduado "zona 2" de 5mm a fino, pero puede usarse arena más gruesa.

Puede usarse arena que no cumpla con la granulometría anterior si las pruebas preliminares establecen que proporciona buenos resultados. Asimismo la arena empleada para acabados, recubrimientos rápidos y ciertos usos especiales, puede ser más fina que la de la granulometría, sin embargo, debe tenerse en cuenta, que las arenas más finas originan una mayor contracción por secado y las arenas más gruesas dan más rebote.

Para secciones de varios centímetros de espesor, puede ser ventajosa la incorporación de agregados más gruesos en la mezcla, siempre que se cuente con un equipo adecuado para lanzarlo. Cuando se usen agregados más gruesos, deberán satisfacer los requisitos requeridos por las normas.

Deberán desecharse los sobretamaños o los de forma aplanada, ya que es posible que ocasionen taponamientos en la manguera.

No es conveniente utilizar agregados ligeros cuya densidad en condición de saturada y superficialmente seca, sea menor de 2.2. Tampoco debe emplearse grava cuyo coeficiente volumétrico sea inferior a 0.15. Los agregados pesados más comunes son baritas cristalinas, en la proporción de 110 a 120 kg. por metro cúbico de concreto, dependiendo de su calidad. Algunos agregados pesados apropiados podrán usarse solamente con cemento de alúmina elevada.

I.3.3. Agua; El agua para el mezclado y curado deberá ser limpia y libre de sustancias que puedan ser dañinas al concreto o al acero (limo y materia orgánica, álcalis y otras sales minerales disueltas). Cuando la apariencia es un factor importante, el agua para curar también deberá estar libre de sustancias que puedan dejar manchas. En la NOM C-122, se indican los requisitos de calidad que debe cumplir el agua que se emplea en la elaboración de concreto.

I.3.4. Aditivos; Puede ser deseable incluir aditivos al concreto lanzado para usos y condiciones de colocación especiales. Empleando con cuidado los aditivos pueden producir resultados muy satisfactorios, pero algunos aditivos que han sido satisfactorios en el concreto convencional pueden no ser útiles para el concreto lanzado.

Acelerantes; Cuando se requiere de el desarrollo de un fraguado rápido o una resistencia prematura, bajo algunas condiciones podrá usarse el cloruro de calcio u otro aditivo acelerante aprobado (aluminatos, silicatos). Nunca deberá usarse el cloruro de calcio en una cantidad mayor del 2% en escama, o 1.5% anhídrico por peso

del cemento, excepto cuando se necesite un "fraguado de destello" para obturar filtraciones. Aún en éste último caso, cuando existe acero de refuerzo, es preferible usar acelerantes apropiados basados en aluminosilicatos o carbonatos.

Los aditivos que contengan cloruro de calcio no deberán usarse en concreto lanzado expuesto al agua de mar o al agua que contenga sulfatos, o en concreto lanzado que esté en contacto con acero presforzado o en donde aquél recubra metales disimilares (como aluminio y acero), en contacto entre sí.

Retardadores y otros aditivos reductores de agua; En un clima caliente, si se desea dar un acabado al elemento, se recomienda el empleo de un retardador en la mezcla. El empleo de ellos puede evitar la presencia de juntas frías, obteniendo así propiedades impermeables, como Vandex o Deepseal, que pueden ser usadas en el concreto lanzado, especialmente para formar juntas impermeables durante el colado.

Aditivo espumante; Ciertos aditivos espumantes, que reducen la tensión superficial del agua e incrementan su habilidad humectante, pueden usarse con algún efecto para reducir el porcentaje de rebote. Estas sustancias frecuentemente se usan en unión con acelerantes; pudiéndose obtener éstas características pre-mezclando estos aditivos.

Los colores; Generalmente se emplean sólo en recubrimientos rápidos, que se completan en una operación para evitar variaciones

en el color y efecto de la línea oscura en las juntas al reanudar el trabajo al día siguiente. Es necesario una gran habilidad en la aplicación, para obtener un buen acabado coloreado. Para un mejor acabado se prefieren las arenas de roca triturada, pues con ellas se obtienen los mejores resultados en los acabados.

Ceniza de combustible pulverizada (PFA); puede usarse para reemplazar parte del cemento, para absorber agua, como plastificante, impermeabilizante y también para incrementar la resistencia a la ruptura, pero no puede usarse como sustituto del cemento, en más del 15% en peso de éste. Debe tomarse en cuenta que con éste aditivo se obtiene una mezcla más oscura.

Agentes inclusores de aire; No se usan a menos que tengan propiedades impermeables adicionales.

-----Mezclado; Los aditivos solubles deberán disolverse primero en agua antes de añadirse a la mezcla. Los aditivos generalmente se mezclan en un tambor o tanque con agua y la solución se bombea a la boquilla. Los polvos insolubles se mezclan con el cemento antes de que éste se mezcle con el agregado.

#### **1.4. ACERO DE REFUERZO.**

Como en el concreto reforzado normal, se emplea el acero de refuerzo en el concreto lanzado para resistir los esfuerzos estructurales o de temperatura. Deberá calcularse la cantidad de refuerzo

de acuerdo a lo indicado en el Reglamento de Construcción del Distrito Federal (en caso de estar en él) y deberá cumplir con las NOM B-290. Por lo general, se usa una tela de malla de acero, soldada eléctricamente, cuyo peso y tipo dependen de las circunstancias peculiares de cada caso.

Es una práctica general tomar una forma de tejido de malla, de cualquier espesor de concreto lanzado mayor de 25 mm.

No se recomiendan los siguientes tipos de refuerzo ya que tienden a producir problemas de rebote:

- a) Varillas torcidas.
- b) Varillas corrugadas.
- c) Mallas de metal desplegado.
- d) Malla cerrada de alambre de gallinero.

**I.4.1. Refuerzo de fibra;** Se ha llevado a cabo experimentos satisfactorios con fibra de vidrio, filamentos cortos de polipropileno y fibras de acero usadas como refuerzo integral, dispersadas aleatoriamente, mezclados integralmente con el concreto lanzado, investigando una cantidad de usos para evaluar la utilidad de los diferentes tipos de fibras y diferentes características que pueden impartir al material en conjunto. Estos usos incluyen el recubrimiento de frentes de muelles marítimos para absorber los daños por impacto.

El material empleado en éste último caso, fue refuerzo de filamentos de polipropileno, que tiende a proporcionar muy buenas propiedades cohesivas y elásticas de la amalgama, pero no mejora la rigidez a la flexión del elemento estructural a proteger; el refuerzo de las fibras de acero, por otra parte, se ha integrado con éxito al concreto lanzado para formar revestimientos en túneles y muros contra explosiones. Ha sido posible incluir hasta un 6% por peso de fibra fina de acero de 25 mm. de longitud (0.25 mm. de diámetro) en la mezcla original de arena y cemento; una proporción mayor a ésta ocasiona problemas de bloqueo, y cualquier proporción menor no produce resultados favorables. En el caso de filamentos de polipropileno puede introducirse más fibra en función al volumen. Las fibras de vidrio son compatibles con el cemento portland ordinario, pero sólo hasta hace poco se ha contado con ésta; a pesar de su inclusión satisfactoria en concretos y morteros, usando las técnicas tradicionales de moldeo, se han experimentado dificultades al incluir suficiente fibra de vidrio en el concreto lanzado para impartir alguna mejoría en sus propiedades físicas. Sin embargo, puede decirse que se continua experimentando y que se han tenido logros alentadores.

La fibra de acero tiene una desventaja, de que su inclusión en la mezcla puede ocasionar un desgaste fuerte de ciertas partes de la maquinaria y de las mangueras, y bloqueo ocasional de "nido de pájaro", que suele ser muy difícil de eliminar.

Sin duda el concreto lanzado reforzado con fibra puede encontrar muchas aplicaciones especiales, ya que ofrece cuando menos

un material moldeable con excelente resistencia a la compresión y resistencia a la tensión por flexión, puede afectar profundamente otros aspectos de la Ingeniería Civil y de los sistemas actuales de construcción.

**I.4.2. Ferro-concreto lanzado;** Las estructuras tradicionales de ferrocemento están compuestas por varias capas de malla de alambre firmemente unidas entre sí y rellenas con mortero de cemento aplicado a mano; proceso laborioso, que consume mucho tiempo. Lanzando el mortero dentro de las mallas, usando un respaldo, ya sea sólido o poroso, el mortero puede ponerse en su lugar con extrema rapidez y un máximo de compactación, llamándose al laminado resultante ferro-concreto lanzado.

De ciertos sistemas de ferro-concreto lanzado, se dice que se han producido resultados sorprendentes, de resistencias a los esfuerzos a la compresión, superiores a los 1020 kg/cm<sup>2</sup>. Aparte de estos resultados es poco lo que se conoce, ya que estos sistemas siguen estando bajo la protección de patente. Las áreas donde el ferro-concreto lanzado parece haber encontrado una fácil aplicación, comprende la construcción de barcos (en Irán se han construido lanchas rápidas de patrulla de ferro-concreto lanzado hasta de 25 m. de eslora en fecha reciente, que se han terminado en un tiempo récord) y, sorprendentemente, en el precolado de unidades en que pueden producirse pisos ligeros, unidades de techos o cubiertas ocupando un mínimo de espacio, con la ventaja adicional de que pueden lograrse formas curvas con economía.

## I.5. DISEÑO DE MEZCLAS.

La calidad del concreto lanzado depende de la calidad de los materiales que lo componen, de la granulometría de los agregados, de la relación agua-cemento (gráfica 1.1 y 1.2) y del grado de compactación.

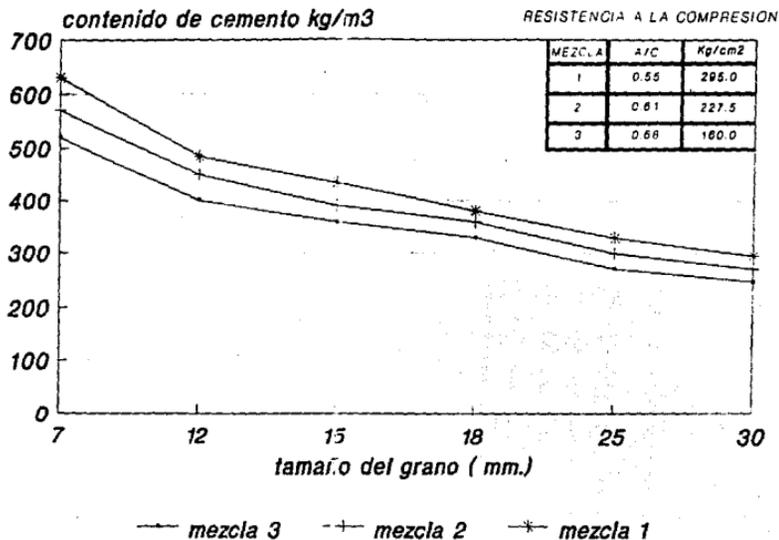
El agregado debe cumplir con las NORMAS OFICIALES MEXICANAS y estar bien graduado. Así puede obtenerse compactación óptima, máxima densidad, impermeabilidad, resistencia a la compresión y mínimo rebote. El agregado compuesto por partículas alargadas y aplanadas o el que contiene partículas astillables no da buena compactación y requiere corrección de las mezclas en los contenidos de agua y cemento.

Es el agregado grueso el que da estructura a la mezcla y el que compacta al amartillarla con presiones de 3 a 5 kg./cm<sup>2</sup>.

El contenido de cemento viene determinado por los requisitos de resistencia y por el tamaño máximo del agregados. Requisitos exagerados de resistencia implica un alto contenido de cemento, lo que da lugar a contracciones y agrietamientos también excesivos.

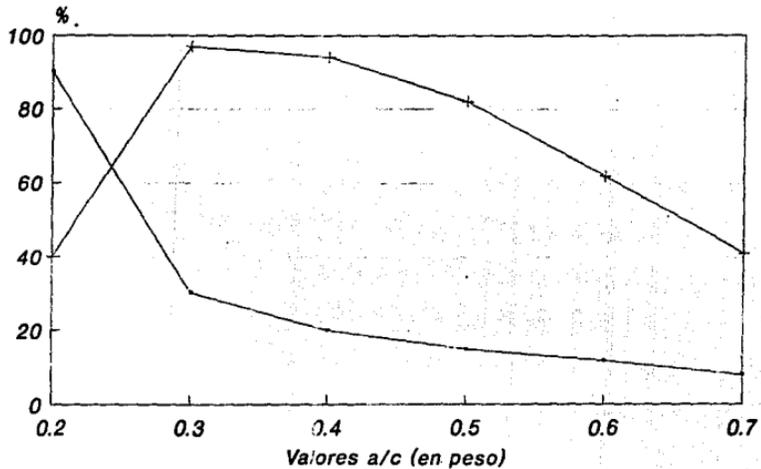
Es interesante anotar que la pasta ya aplicada suele tener un mayor contenido relativo de cemento que la mezcla seca y una relación agua-cemento más baja que la del concreto normal, debido

### RELACION TAMAÑO DE GRANO-CEMENTO-CALIDAD (DROGSLER)



gráfica 1.1

### RELACION AGUA-CEMENTO en función de otras características



— relación de rebote    + resistencia a comp.

gráfica 1.2

al rebota o desperdicio, el cual está formado principalmente por grava y en menor grado por arena y lechada que se desprenden de la pasta por el impacto del chorro.

El agua como se ha mencionado antes, debe ser limpia y estar libre de limo y materia orgánica, álcalis y otras sales minerales disueltas. La relación agua-cemento óptima para lograr la máxima resistencia se presenta en el punto de máxima densidad. El objetivo debe ser entonces colocar el material en la consistencia estable más húmeda posible, o sea, en el punto de abolsamiento o cedencia incipiente. El operador o lanzador, puede darse cuenta que se ha alcanzado ese punto cuando aparece en la superficie del concreto fresco un lustre de humedecimiento ligero.

Los aditivos energéticos, endurecedores y acelerantes del fraguado, producidos en la Europa alpina, y cuyo uso se ha extendido por el resto del mundo, dan al concreto lanzado una de sus características más apreciables, al poder aplicarse en terreno húmedo o mojado y el poder controlar fuertes filtraciones de agua.

Los principales ingredientes activos son: aluminato de sodio, potasio y calcio e hidróxido de calcio como catalizadores debe verificarse la compatibilidad del acelerante con el cemento empleado; sus ingredientes pueden variarse (en sus proporciones relativas) para adaptarlos a los cuatro componentes principales del cemento portland.

Las dosificaciones de aditivo varían normalmente entre el

2 y el 6% del peso del cemento.

El aditivo permite aumentar el espesor de las capas de concreto lanzado; el fraguado rápido y el endurecimiento que provoca, le da al revestimiento resistencia para soportar toneladas a las pocas horas de aplicado; reduce además el rebote.

En las primeras aplicaciones, cuando el espesor es muy delgado, se suele emplear más aditivo para lograr una alta adhesividad aún a costa de una resistencia a la compresión más baja hasta de un 30% que el concreto no acelerado). Las capas posteriores pueden llevar menos aditivo y su detrimento en la resistencia a la compresión será insignificante.

Un fraguado inicial de 1 1/2 horas y uno final de 12 horas son los que se especifican normalmente, pero éstos tiempos son demasiado largos, sólo útiles para trabajos de recubrimiento.

Si se quieren dominar filtraciones de agua y soportar el terreno de poca cohesión, se requieren de tiempos de fraguado inicial y final muy cortos. Para el túnel de drenaje profundo de la Ciudad de México, se ensayaron pastas de mortero con distintos aditivos y cementos, se lograron tiempos de 30 a 120 seg.

Se requiere de mayor atención para asegurar la uniformidad de la granulometría, el mezclado y el paso de la mezcla hacia la máquina lanzadora a través de ésta. El producto final es muy sensible a variaciones en las mezclas por segregación, irregula-

ridades en la alimentación y el agua, descuidos en la dirección y orientación del lanzado, y en la distancia de la boquilla a la superficie de aplicación.

**I.5.1. Dosificación y mezclado;** Se acostumbra agrupar los agregados en tres fracciones para ser mezclados, de 19 a 9.5 mm (3/4" a 3/8"), de 9.5 mm. (3/8") a menor de la malla N° 4 y arena. La humedad de los agregados ya dosificados antes de mezclarse con el cemento debe estar comprendida entre el 3 y el 6%. La dosificación de los agregados y el cemento debe hacerse por peso en una mezcladora o revoladora adecuada. El tiempo de mezclado debe ser de 2 minutos.

Hay que aprovechar la tendencia natural del agregado ha drenar, por ser granular y permeable, para mantener la humedad dentro de los límites dichos. El drenaje es siempre más difícil en la arena que en la grava , ello se evidenció en los agregados utilizados en el drenaje profundo de la Ciudad de México, en los que fue difícil, en época de lluvia, bajar el contenido de humedad a menos del 8%, a pesar de que la arena se almacenaba en grandes pilas con facilidades de drenaje en la parte inferior; esto ocasiono frecuentes taponaduras de las tuberías de 30 cm. (12") de diámetro por donde se descargaba el agregado desde la superficie hasta el nivel del túnel. En algo pudo mejorarse ésta condición almacenando el agregado cerca de las bocas de descarga, esparciendolo antes de usarlo.

Mezclas muy húmedas de agregados y cemento provocan taponaduras en las mangueras o tuberías de conducción y aumentan las velocidades

de hidratación a niveles inaceptables. Mezclas muy secas dan problemas de no uniformidad de humedecimiento en la boquilla, lo que aumenta el polvo durante el lanzado y reduce la compactación.

El agregado utilizado en el drenaje profundo de la Ciudad de México, se surtió en las diferentes lumberas, donde se iba ha emplear en forma dosificada, es decir, hecha ya la mezcla de agregado grueso (40%) y arena (60%). La mezcla se hizo en una mezcladora de turbina en la misma planta donde se trituraba el agregado grueso; éste fue producto de Andesitas de un banco próximo a la planta. La arena fue en una tercera parte a la mitad, producto de la trituración del agregado grueso, y el resto fue arena de uno de los bancos del poniente de la ciudad.

Hay diversos sistemas en el procedimiento de mezcla seca de transportación y mezcla de agregados y cemento a pie de obra. Los más conocidos son los de la National Concrete Machinery de Lancaster, Penn., de la Card Corporation de Denver, Col., y de la Stabilator AB de Suecia.

Los carros tolva y mezcladores de gusano de ésta última casa, se usaron en número de 45 en la obra del drenaje profundo de la Ciudad de México, con muy buenos resultados.

El paso de los gusanos está diseñado para suministrar mezclas de 1 a 3 y de 1 a 4 de cemento-agregados y es posible variar su velocidad de revolución para ajustar las mezclas.

A las tolvas van adosados vibradores eléctricos para facilitar el vaciado de los materiales hacia los gusanos para limpiarlos cada vez que se vacian las tolvas y evitar así los atascamientos y alteraciones en la dosificación.

El aditivo acelerante en polvo se debe añadir a la mezcla seca cuando esta entra en la máquina lanzadora; es recomendable el uso de alimentadores mecánicos, de preferencia los de tornillo, ya que los de vibrador se atascan fácilmente. Si el aditivo es líquido se debe mezclar antes con el agua, antes de descargarla en la boquilla lanzadora. En la obra de la Ciudad de México, el aditivo en polvo se alimento en escudilla a mano directamente sobre el gusano alimentador y el aditivo en líquido se mezcló con el agua y se alimento a la boquilla mediante bombas dosificadoras de diseño especial también de la Stabilator AB.

La tabla que sigue muestra la relación cemento-agregados a la resistencia mínima especificada a la compresión. Estas cifras se dan como guía general únicamente y están del lado pesimista. En cada caso deberá hacerse una evaluación del por ciento de rebote esperado en condiciones de campo, naturaleza de los minerales y experiencia del operador de concreto lanzado.

tabla relación cemento-agregados, T.F. Ryan.

mezclado por volumen.	mezclado por peso.	mezcla resultante in situ.	resistencia minima especifica da a los 28 dias. (kg/cm <sup>2</sup> ).	Usos
1:6.5	1:6	1:4.1	214	recubrimien
1:5.5	1:5	1:3.6	244	tos, secc.
1:5	1:4.5	1:3.5	265	gruesas
1:4.5	1:4	1:3.2	285	universal
1:4	1:3.5	1:2.8	316	alta
1:3.4	1:3	1:2	428	resistencia
1:2.2	1:2	1:1.2	428	aplicacion refractaria normal

## CAPITULO 2

-- EQUIPOS.

## II. 1. INSTALACIONES

**II.1.1. Distribución de la planta;** La función básica de una planta de concreto lanzado (fig. 2.1) es suministrar los materiales, el aire y el agua a la boquilla en las proporciones correctas y a una presión apropiada de trabajo.

Las máquinas de producción verdaderamente grandes pueden fabricar 9 metros cúbicos de mezcla por hora, que parece ser el límite que un operador de boquilla puede manejar correctamente; algunos equipo pueden mantener ocupados a dos operadores de boquilla.

Los equipos mayores generalmente son atendidos por camiones mezcladores de concreto que llevan la mezcla seca a la obra y la alimentan por medio de un transportador de la unidad.

**II.1.2. Suministro de aire;** Todo el proceso depende de un adecuado suministro de aire comprimido. No solamente debe suministrar el compresor un volumen suficiente de aire a la presión correcta, si no que ésta presión, no debe tener fluctuaciones. El aire suministrado a la lanzadora debe estar seco y libre de aceite. La mayoría de las lanzadoras están equipadas con secadores; sin embargo, en condiciones muy húmedas, se requiere de secadores de aire adicionales. El aire húmedo le puede ocasionar que el vapor de agua se condense dentro de la lanzadora, tapándola, al adherirse gradualmente capas de cemento.

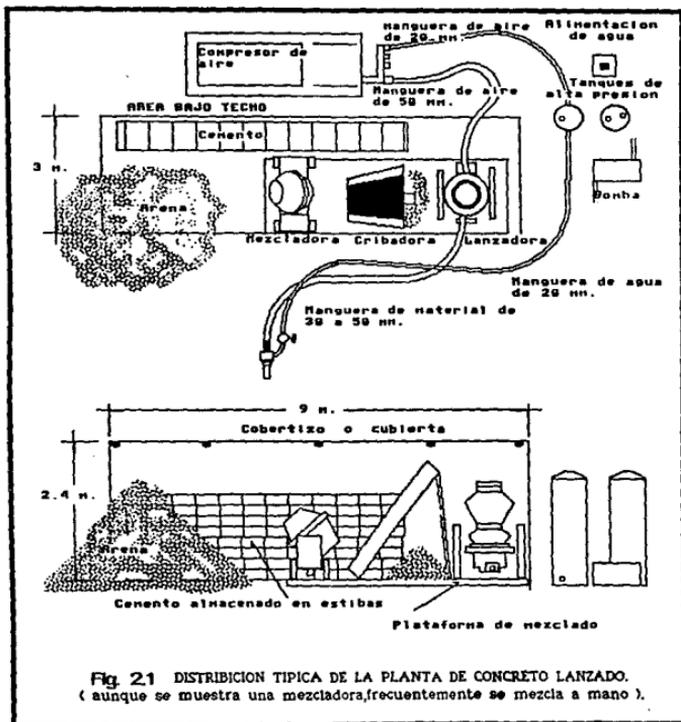


Fig. 21 DISTRIBUCION TIPICA DE LA PLANTA DE CONCRETO LANZADO.  
 ( aunque se muestra una mezcladora, frecuentemente se mezcla a mano ).

Para una disposición normal de la lanzadora se requiere de una capacidad del compresor no menor de 7000 lts./min.. Para el empleo de concreto lanzado en estructuras, por ejemplo, para 250 mm. en muros, se necesita de un compresor con una capacidad de 10000 a 17000 lts./min. dependiendo del tipo de lanzadora. Los vendedores de equipo de concreto lanzado tienden a proporcionar los volúmenes libres de funcionamiento del compresor para sus máquinas, pero siempre es mejor tener algo de volumen extra a la mano.

La presión normal de funcionamiento (la verdadera presión de aire a la salida de la lanzadora) medida con un manómetro colocado cerca de la salida, es generalmente de 2.45 a 2.86 Kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la presión de alimentación es de 5.61 a 7.14 Kg/cm<sup>2</sup>. Las presiones de funcionamiento están relacionadas con la longitud de la manguera y la altura de la boquilla arriba de la lanzadora. Deben incrementarse en aproximadamente 0.02 Kg/cm<sup>2</sup> por metro de longitud de manguera y por 0.5 Kg/cm<sup>2</sup> por metro de altura arriba de la lanzadora. La altura máxima a la cual puede entregarse con seguridad el concreto lanzado es de unos 100 metros arriba de la lanzadora.

**II.1.3. Suministro de agua;** El agua llega a una válvula instalada en la boquilla a través de una línea ligera flexible, de alta presión. Siempre que sea posible, ésta línea se conectará directamente a la alimentación principal, siempre que ésta alimentación tenga una presión no menor de 4.08 Kg/cm<sup>2</sup>. Cuando tenga que proveerse de presión adicional, se lleva a cabo usando ya sea una bomba

accionada por motor (motor de aire, eléctrico o de petróleo) alimentada del abastecimiento y que normalmente descarga a un tanque de presión para romper los impulsos, o usando tanques fijos de aire presurizados.

II.1.4. **Mangueras;** Todas las mangueras a utilizar deberán ser de alta presión. La mayoría de los fabricantes de equipo suministran mangueras listas para ser usadas y lo mejor es servirse de ellas. Las mangueras para el material podrán ser de tipo; anti-estáticas o conductoras y conectadas a tierra; la formación electrostática en la boquilla puede ser desagradable y aún peligrosa.

Generalmente se requiere de aproximadamente de 30 metros de manguera de material como longitud mínima para producir una "alimentación" confiable en la boquilla. Un punto que debe observarse estrechamente es el de la concordancia de la manguera de alimentación y los coples; si un motor tiene una entrada de 25mm. de diámetro, no es aconsejable conectarlo a un compresor con una línea de manguera de 12 o 20 mm. de diámetro. La línea de alimentación que es muy pequeña dará por resultado un control inadecuado de la lanzadora o, en caso de ser posible el control, promoverá la congelación de las válvulas y las aspas del motor; deberán de evitarse las expansiones adiabáticas a través de los coples, válvulas y accesorios. Las mangueras o conexiones de mayor diámetro que el de las líneas no ofrecen problemas en éste aspecto pero son estorbosas e incómodas.

## II.2. LA LANZADORA.

La lanzadora deberá escogerse de acuerdo con el tipo y cantidad de concreto lanzado que se necesite. Su rendimiento debe ser de manera que suministre a la boquilla una corriente regular, uniforme, vigorosa y sin pulsaciones.

Los agregados de 20 y aún de 25 mm. usados para las secciones gruesas de lanzamiento, pueden acomodarse solamente en las máquinas grandes. Estas máquinas también pueden ser usadas como una alternativa de una bomba convencional de concreto, en cuyo caso se usa una boquilla en forma de zapato o de tolva receptora.

### II.2.1. Lanzadoras de mezcla seca.

Existen diversos tipos y marcas de lanzadoras que operan con diferentes mecanismos, pero el principio básico es el mismo; esto es: alimentar mezcla seca a una cámara en la cual por medio de aire a alta presión se conduce a través de una manguera.

Los diversos tipos de lanzadora se pueden dividir en 4 sistemas típicos:

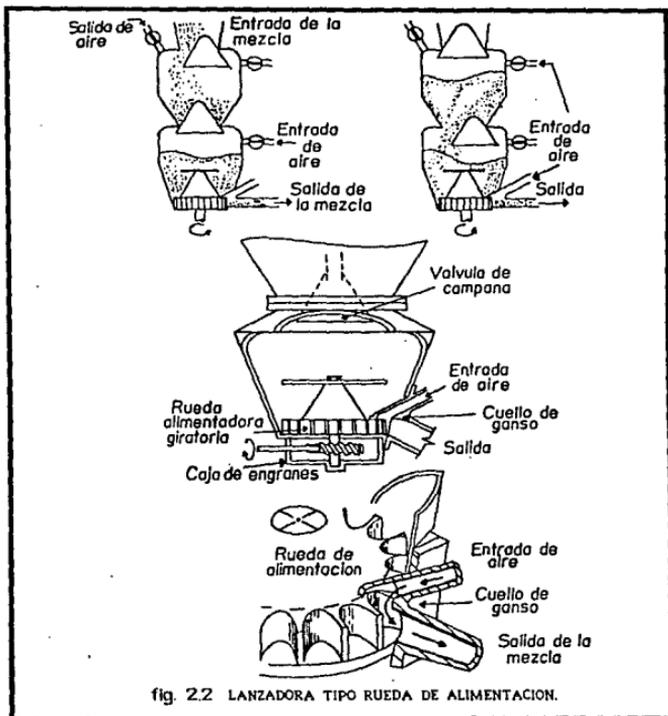
- 1.-Tipo de rueda de alimentación.
- 2.-Tipo de alimentación directa.
- 3.-Tipo de tambor rotatorio.
- 4.-Tipo de rueda alimentadora adaptada al "Boulder".

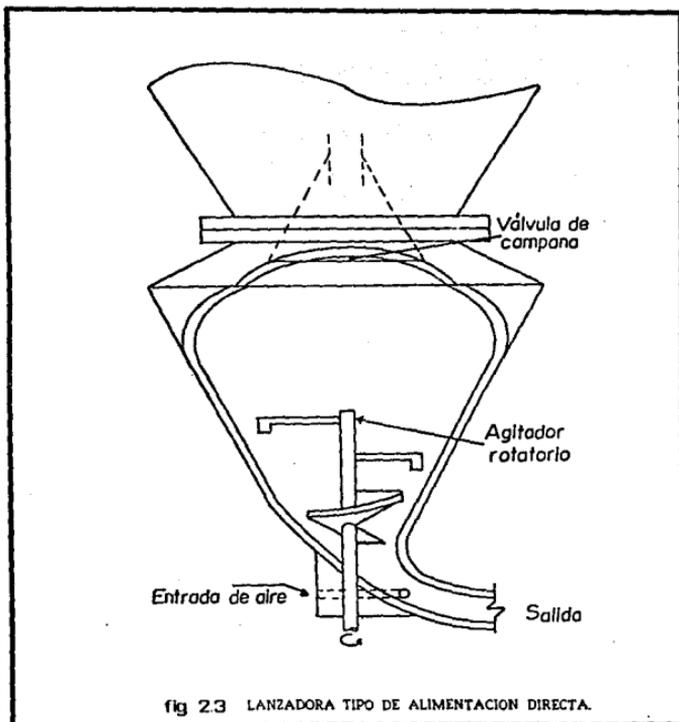
**II.2.1.1. Tipo de rueda de alimentación;** Son máquinas con doble cámara; la cámara superior actúa como un cierre neumático para alimentar el material a la cámara inferior en la cual se mantiene una presión elevada de aire. El proceso de transferir material de la cámara superior a la cámara inferior se conoce como "conmutación" y debe efectuarse de tal forma que no se presenten fluctuaciones de presión del suministro.

El material de la cámara inferior cae alrededor de una rueda de alimentación giratoria, la cual mueve porciones de material alrededor de sus rayos hasta que cada una de ellas se encuentre frente a su salida. En este punto la porción de material está dentro de la cavidad de la rueda y libre por dos partes como se aprecia en la figura 2.2 esto es, está abierta al flujo de aire que llega a través del aditamento conocido como "cuello de ganso" a elevada presión y abierta también a la salida por donde es conducida a través de la manguera hasta la boquilla.

**II.2.1.2. Tipo de alimentación directa;** Estas lanzadoras son máquinas de cámara doble o sencilla que se alimentan en forma directa (fig. 2.3); El material en la zona o cámara inferior se mantiene en movimiento por las aspas de un agitador pasando hacia el estrechamiento del cono invertido. En este estrechamiento está un conducto por el cual penetra el aire a alta presión empujando el material hacia la salida.

**II.2.1.3. Tipo de tambor rotatorio;** Estas máquinas de diseño más avanzado ofrecen ventajas sobre las otras aún cuando su costo de





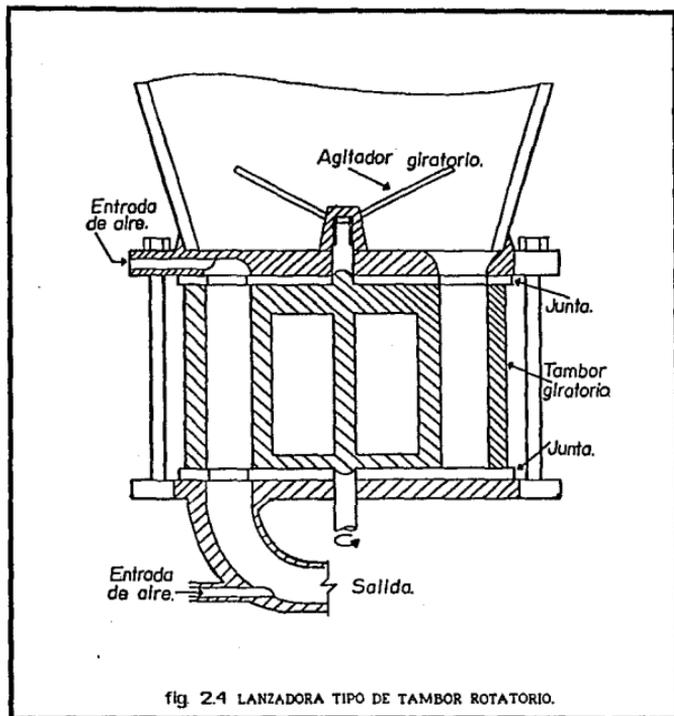
operación tiende a ser más elevado debido básicamente a la mayor cantidad de superficies de desgaste.

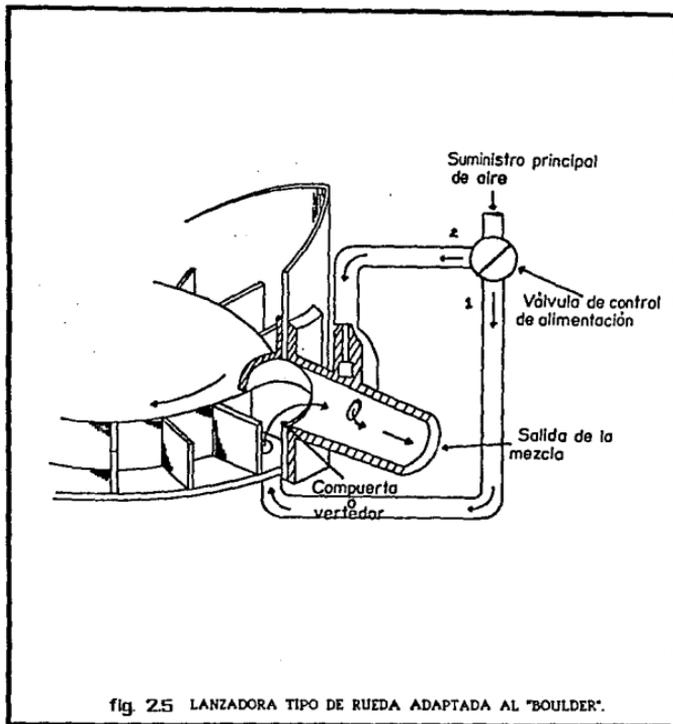
Consiste básicamente en una tolva y un tambor giratorio (fig.2.4), el tambor consta de un número de cámaras cilíndricas colocadas entre dos placas perfectamente planas y paralelas; al girar el tambor, cada cámara, a su vez, se carga con material que cae desde la parte superior, se sella al pasar por un área aislada y se descarga al colocarse bajo la presión de aire de arriba que fuerza al material hacia la salida, en donde otra inyección de aire proyecta la mezcla dentro de la manguera, después se limpia la cámara pasando por una salida de escape y regresa al área de carga para repetir el ciclo.

En general estas máquinas son más robustas y portátiles que los otros tipos, puede considerarse como las más empleadas en México y un ejemplo de ellas son la Aliva y la Reed.

La mayor ventaja que presentan es que requieren un mínimo de atención mientras trabajan y que en este sistema se pueden emplear agregados gruesos sin temor al acuañamiento o atascamiento entre ellos.

II.2.1.4. Tipo de rueda alimentadora adaptada al "boulder"; Esta máquina se diferencia generalmente de la lanzadora de alimentación de rueda normal, en que la rueda solamente necesita suministrar parcialmente la mezcla contenida en el alimentador del material a la boquilla. En la figura 2.5, se ilustra el trabajo básico del





sistema; el volumen diferencial entre los suministros de aire (1) y (2) proporciona los medios de regular el flujo del material a la boquilla.

Este sistema está especialmente adaptado para materiales refractarios y da por resultado un control muy sensible.

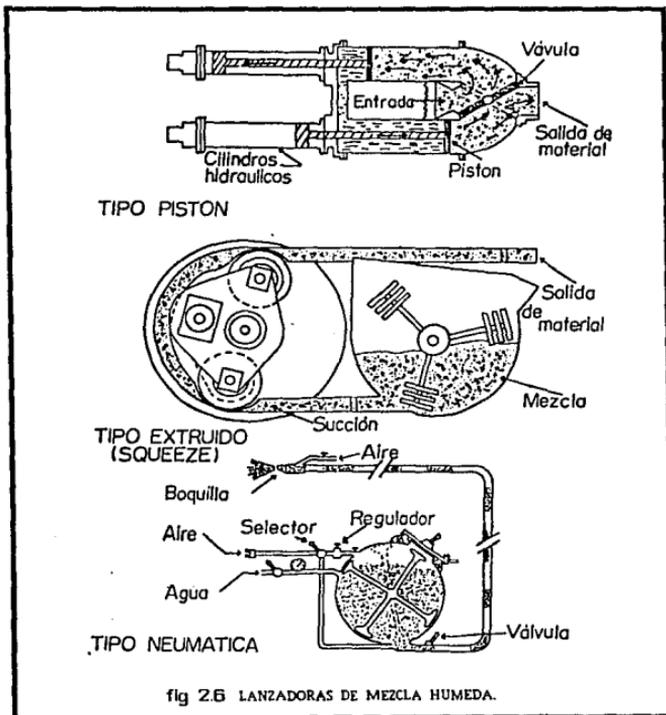
#### II.2.2. Lanzadoras de mezcla húmeda.

Las lanzadoras de mezcla húmeda (fig. 2.6), son simples bombas de concreto que transportan concreto de bajo revenimiento hasta la boquilla, donde se inyecta aire para acelerar las partículas y proyectarlas hacia la superficie.

Para este tipo de trabajos se emplean 3 tipos de bombas:

a) de pistón, b) extruido (squeeze) y c) neumáticas.

Las bombas de pistón y las de extruido, requieren de una consistencia de concreto más húmeda que las alimentadas neumáticamente, en particular cuando el concreto debe transportarse largas distancias. En los casos, en los cuales la longitud de la tubería sea mayor de 30 m. y el concreto sea de bajo revenimiento (3 a 5 cm.) es conveniente inyectar aire a la tubería para facilitar el transporte y llegue el concreto con mayor velocidad a la boquilla.



Debido a la necesidad de "lubricación" en la tubería, el concreto debe tener un revenimiento mínimo de 3 a 5 cm, por lo que se producen mayores rebotes que en el caso de la mezcla seca en la cual se trabaja con "cero" de revenimiento.

Con éste tipo de lanzadoras, no es posible emplear aditivos "superacelerantes" que se usan en la mezcla seca y por lo tanto es difícil aplicarlo en superficies verticales y casi imposible en bóvedas o plafones motivo por el cual éste método de lanzado prácticamente no se emplea en túneles.

Vale la pena mencionar la existencia de lanzadoras tan grandes que se montan en camiones y que son capaces de colocar hasta 50 toneladas de concreto en el término de una hora a una distancia de 300 m. Sus fabricantes están de acuerdo que no existe una buena compactación por ser conducido el material seco en tubos de 150 mm. de diámetro y a baja presión, pero sí, en que la introducción de una sobrealimentación de aire a presión elevada en la boquilla, como en el lanzamiento de mezcla húmeda, puede producir concreto que se acerque a la compactación del concreto lanzado normal.

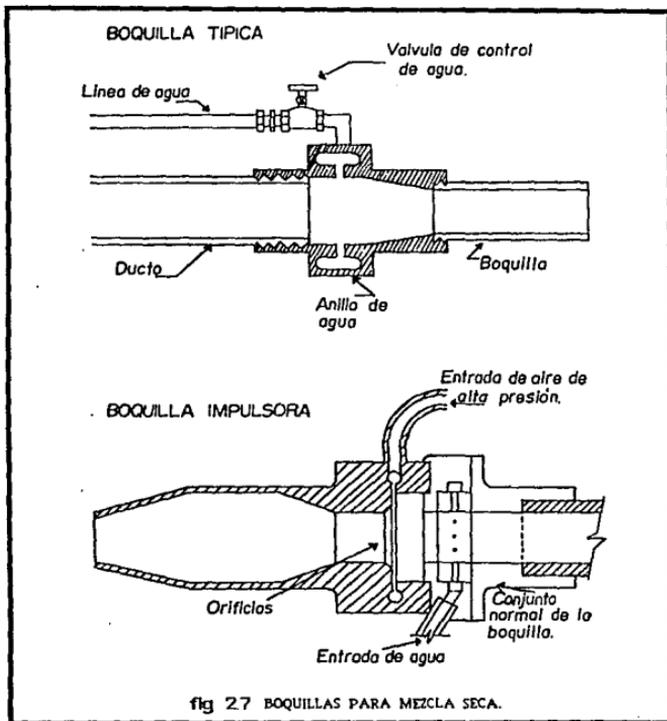
### **II.3. LA BOQUILLA.**

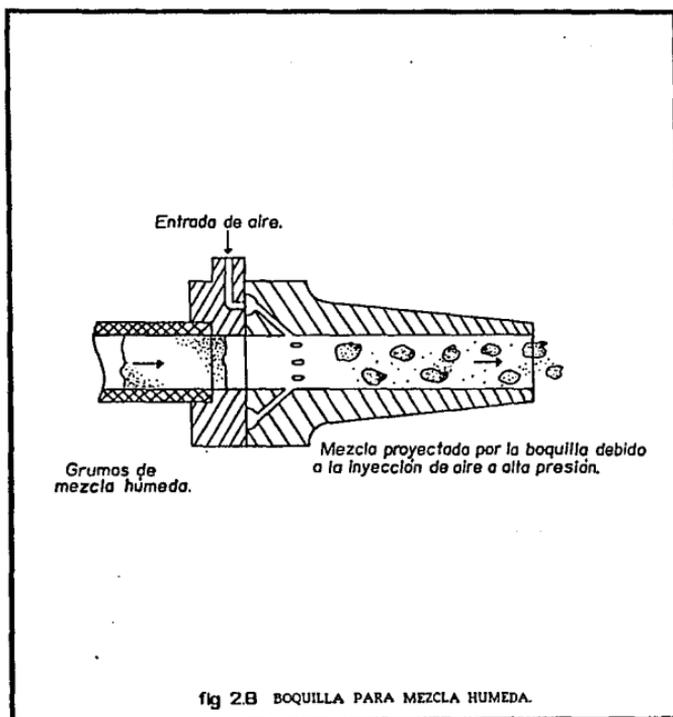
El funcionamiento de la boquilla es el de convertir la corriente entrante de material mezclado en seco, en mortero humedecido que transite a suficiente velocidad para ser dirigido con exactitud a un punto específico, a cierta distancia, en donde se producirá un impacto sobre la superficie y se quedará ahí pegado. El mezclado

Intimo del agua y del material se conoce en el ramo del concreto lanzado como "hidratación", en un sentido completamente diferente al que tiene la palabra en su significado común como combinación química de cemento y agua.

Las boquillas (fig. 2.7 y 2.8) varían mucho en su diseño y no deberán intercambiarse entre uno y otro tipo de máquina. Todas retienen sus dispositivos básicos para suministrar un flujo variable, agua orientada radialmente, los que pueden ser: un anillo perforado de bronce, hule, acero, o una roldana ranurada, una roldana de hoja de expansión, etc. Un buen dispositivo envolverá la mezcla en un chorro de agua, debiendo estar diseñado de tal manera que el lanzador pueda regular fácil y rápidamente el flujo de agua.

La boquilla contiene una conexión que se ajusta a la línea de agua que alimenta el dispositivo de distribución de agua; este último es removible normalmente pero a veces es una parte permanente del cuerpo. Existen variaciones considerables en la conexión del cuerpo a la punta de la boquilla reemplazable -clips, roscas integrales, etc.- La punta de la boquilla está generalmente hecha o recubierta de hule para lograr uniformidad en los resultados, facilidad de la limpieza y prevención al desgaste. Un chorro de concreto lanzado desgastaría un espesor de 3 mm. de punta de boquilla de acero en un día, mientras que una punta de hule durará por espacio de una semana o más.





El diseño de la punta de la boquilla es un área de investigación continua.

Es deseable que la boquilla cumpla eficientemente sus propósitos, pero el hecho de que hasta un 20% o más del material que pasa a través de ella esté destinado a caer en la superficie como material de rebote sin humedecer, o sólo parcialmente humedecido, apremia a los fabricantes del equipo de concreto lanzado para producir boquillas de formas más eficientes.

Se ha encontrado que la inducción de turbulencias, vórtices o expansiones Venturi pueden reducir el porcentaje de rebote y producir un mejor concreto lanzado. Ciertos tipos de extremos de boquillas, especialmente el tipo "Hamm" (o sus variaciones, como el tipo Boulder 500) de hecho, producen mejores resultados cuando la manguera de entrega es de más de 40 mm. de diámetro, siempre que el rendimiento sea suficiente; pero para el concreto lanzado a alta velocidad, no vale la pena considerar boquillas especiales. El desarrollo de boquilla más reciente es el tipo "impulsor", que contiene un suministro adicional de aire. Las boquillas de ese tipo reducen el porcentaje de rebote, incrementan el rendimiento y mejoran los resultados a un costo ligeramente incrementado por el consumo de aire.

#### II.4. DESGASTE DEL EQUIPO.

El desgaste del equipo del concreto lanzado depende de la velocidad y del régimen de suministro de los materiales a través de la boquilla. Puede desarrollarse un desgaste severo a velocidades y regímenes de producción altos, no sólo de las piezas que entran en contacto con los materiales proyectados, tal como las boquillas, mangueras de material, cojinetes de desgaste, etc., sino que también del mecanismo de impulsión de la máquina lanzadora. El equipo de mezclado en seco es generalmente más sensible al desgaste que el equipo de mezcla húmeda, ya que las velocidades de las partículas y la abrasión son mayores en el proceso en seco. Basándonos en los registros de desempeño, parece ser que el desgaste severo del equipo de mezclado en seco ocurre a presiones de aire que exceden los 5 kg/cm<sup>2</sup> (70 psi) en la máquina de concreto lanzado. El desgaste del equipo debe considerarse desde un punto de vista económico al seleccionar la presión de aire. En la práctica, el régimen de suministro de material realmente controla la economía de operación del concreto lanzado y de las piezas componentes o máquinas que deben repararse y reemplazarse según sea necesario.

El desgaste del equipo también depende del tamaño y angularidad del agregado grueso, y de la mantención del equipo. Se puede esperar un desgaste mayor cuando se usa agregado grande y molido. La limpieza regular, la reparación y la lubricación reducen el desgaste en el equipo e incrementa su vida de servicio.

## II.5. TENDENCIAS.

La maquinaria para el concreto lanzado está aún en etapa de desarrollo y los nuevos aditamentos, materiales e innovaciones, están cambiando continuamente. La tendencia actual está orientada hacia la especialización de una máquina destinada a cierto uso (refractario, gran rendimiento, etc.), en vez del desarrollo de una máquina universal. Estas máquinas especializadas están siendo automatizadas lo más posible y resistentes dispositivos electro-neumáticos han eliminado en algunos casos a todo el personal, excepto al operador de la boquilla.

## CAPITULO 3

-- PERSONAL CAPACITADO.

### **III.1. PERSONAL**

Debido a que la calidad del concreto lanzado depende básicamente de los operadores, es necesario que estos se sujeten a un aprendizaje y reciban instrucciones precisas para operar las máquinas. El sobrestante o Cabo debe tener cuando menos dos años de experiencia como lanzador, y su lanzador deberá haber trabajado como aprendiz cuando menos por espacio de seis meses, con experiencia en trabajos de naturaleza semejante al trabajo que se vaya a desarrollar.

La experiencia del lanzador deberá demostrarse probando su habilidad recubriendo tableros de prueba como parte del programa de prueba antes de darle el visto bueno para hacerse cargo de algún trabajo.

**Elementos de una cuadrilla de lanzado:**

- 1 Lanzador
- 1 Operador de chiflón (aprendiz de lanzador)
- 1 Operador de lanzadora
- 1 Operador de mezcladora
- 1 Sobrestante

Varios peones que ayuden al movimiento de la manguera, colocar andamios, mezclado, colocación de malla, etc.

### III.1.1. Funciones del lanzador.

1.-Asegurarse que la boquilla esté en buenas condiciones de operación, que no presente desgaste, que el forro esté fijo, que los chorros de agua estén libres y no tengan obstrucciones, que las mangueras no tengan incrustaciones y estén colocadas correctamente, incluyendo sus conexiones.

2.-Asegurarse que la superficie donde se aplicará el concreto esté limpia, libre de polvo, lechada, grasa, etc. (excepto la cimbra que se haya recubierto con aceite para moldes)

3.-Asegurarse que se recibe el chorro de mezcla en un flujo regular a la presión correcta y uniforme.

4.-Regular el control del agua para asegurar una compactación adecuada del concreto lanzado, procurar bajo porcentaje de rebote y ausencia de revenimiento.

5.-Dirigir adecuadamente el chorro de material sobre las superficies a cubrir, según marcan las especificaciones técnicas.

6.-Dirigir el chorro de concreto hacia las esquinas en una secuencia sensible, para tener la seguridad de que se llenen los rincones con concreto sano y que todo el refuerzo esté embebido en él sin formación de bolsas de arena.

7.-Dirigir al operador de la lanzadora de acuerdo con sus necesidades y detener el trabajo cuando se presente alguna deficiencia en el abastecimiento.

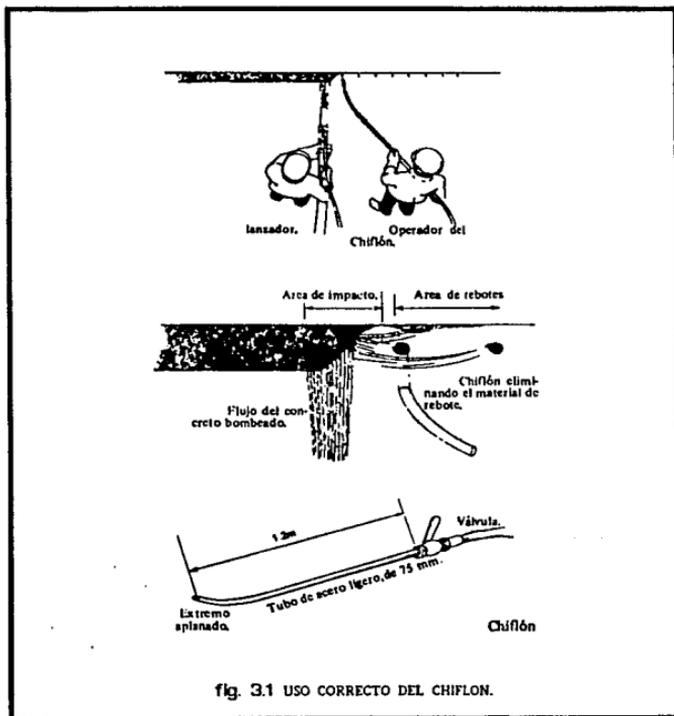
8.-Eliminar cualquier bolsa de arena que se forme y cualquier área que tenga corrimientos de concreto o depresiones.

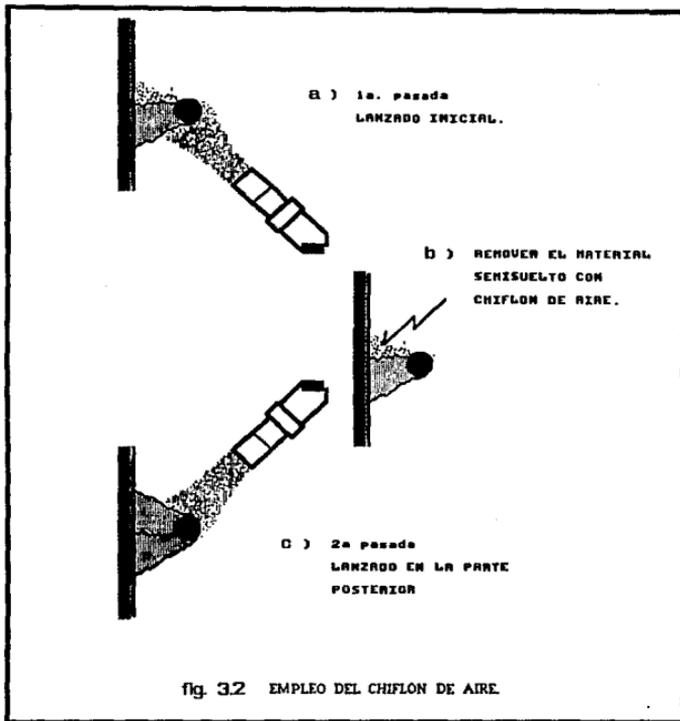
9.-Disparar el concreto con el espesor, alineamiento y superficie requeridos.

### III.1.2. Operador del "chiflón".

1.-Ayudar al lanzador con el tubo de "chiflón" de aproximadamente 1.2 m. de longitud y cuando menos de 20 mm. de diámetro. Equipado con una válvula para eliminar por medio de soplado los rebotes de la superficie de trabajo, que están atrás del acero de refuerzo y en los rincones (fig. 3.1 y 3.2).

2.-Ayudar al lanzador en cualquier otra forma, por ejemplo, en el caso de cambiarse las mangueras de lugar, eliminar las bolsas de arena, aplanar las superficies de concreto lanzado, eliminar el material de rebote, cuidar de que no se presenten problemas tales como fugas, bloqueos, movimiento de las reglas maestras, etc., y actuar como mensajero y emisor de señales.





### **III.1.3 Operador de la máquina lanzadora.**

1.-Asegurarse de que la lanzadora esté en perfectas condiciones de trabajo.

2.-Regular el suministro de la mezcla de la lanzadora de acuerdo con las necesidades del boquillero en cuanto a presión y volumen.

3.-Asegurarse de que el suministro de mezcla no tenga pulsaciones o que de alguna forma deje de ser regular (fig. 3.3).

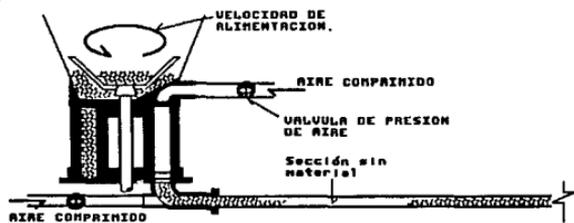
4.-Asegurarse, revisando cuidadosamente todas las conexiones, que no se pierda aire en las mangueras o en la lanzadora.

5.-Dirigir al operador de la mezcladora según las necesidades y rechazar cualquier mezcla que se haya dejado por más de dos horas sin utilizar (una hora si la arena estaba húmeda) o cualquier otra mezcla que considere no satisfactoria.

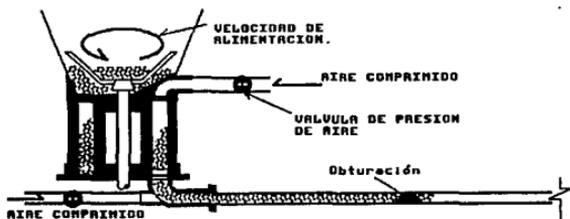
6.-Sopletear todas las mangueras de material al detenerse el trabajo y vaciar la lanzadora si la interrupción dura más de una hora.

### **III.1.4. Operador de la mezcladora.**

1.-Asegurarse de que la mezcladora esté limpia y en óptimas



a) VELOCIDAD DE ALIMENTACION DEMASIADO LENTA



b) VELOCIDAD DE ALIMENTACION DEMASIADO RAPIDA

fig. 33 OPERACION INAPROPIADA DE UNA MAQUINA LANZADORA

condiciones mecánicas, ésta deberá ser limpiada diariamente.

2.-Mezclar el cemento y la arena en las proporciones previamente calculadas.

3.-Mezclar por lo menos durante un minuto, ya sea se use mezcladora de tambor o de olla.

4.-Rechazar cualquier cemento insano, que se aprecie de mala calidad o arena con un contenido de humedad mayor del 10 por ciento.

5.-Por medio de un cribado cuidadoso, tener la seguridad de que no existen agregados grandes, pedazos de costales de cemento, escamas de cemento o cualquier otro tipo de material que pudiera bloquear la manguera si se deja entrar a la lanzadora ya sea de la revoladora o de los montones de material mezclado.

6.-Asegurarse que el cemento esté almacenado cerca y a la mano de la máquina, sobre una tarima que tenga cuando menos 150 mm. arriba del nivel del piso y bajo techo.

7.-Asegurarse de que la arena se almacene bajo techo y bajo lonas, de tal manera que pueda drenarse libremente.

#### **III.1.5. Sobrestante.**

El sobrestante tiene la obligación y la responsabilidad de

la terminación satisfactoria del trabajo y actuar como coordinador y director del trabajo.

Coordinación: Para la obtención de una buena coordinación en el concreto lanzado, se requiere de una organización correcta del trabajo, siendo responsabilidad del sobrestante, quien debe programar el trabajo de acuerdo a las necesidades y asegurarse que todo el equipo trabaje sin dificultades, tomando las precauciones necesarias y previendo las eventualidades.

Es un caso muy frecuente que a causa del ruido que genera el compresor o al retumbar la boquilla o simplemente la distancia, es imposible comunicarse por medio de la voz; por lo que se hace necesario comunicarse por medio de señales, el lanzador que es el que tiene mayor necesidad de comunicación con los demás, debe ponerse de acuerdo en el tipo de señales a utilizar y su interpretación.

El operador de la lanzadora solo hace señales al lanzador para prevenirlo cuando va a proporcionar la presión o cuando va a detenerse la lanzadora por cierto tiempo.

En casos extremos en que la cuadrilla de lanzado no pueda ver al lanzador se necesitara de un radio bidireccional, de silbidos o la colocación de un individuo de señales.

### III.2. EQUIPO DE PROTECCION.

El lanzador necesita de protegerse de los rebotes y de las nubes de polvo de cemento. Las piezas individuales de rebote pueden pegar en el boquillero a una velocidad de 150 km/h o más, por lo que es muy importante que el lanzador use anteojos de seguridad para su protección.

El tipo de anteojos más popular son los de plástico que se amarran alrededor, desechables, debido a que se recubren eventualmente con concreto lanzado o con lechada de cemento y es antieconómico limpiarlos. Resulta más conveniente considerar que se usarán un par de anteojos al día, por lanzador. Los anteojos de vidrio tienen una mayor duración si se limpian con frecuencia pero proporcionan una visión borrosa debido a que se opacan por medio de las partículas que se adhieren. Los anteojos de vidrio no son recomendables a menos que se compruebe que sus cristales son antichoque y que no se empañan en el interior.

En ambientes interiores y cerrados se requiere de ventilación para la salud y comodidad del lanzador. Ocasionalmente es suficiente un pañuelo húmedo sobre la nariz y la boca, pero tan pronto el polvo se convierte en un problema, deberá suministrarse respiradores. Los protectores de respiración contra atomizadores de pintura, son adecuados, pero es necesario cambiar frecuentemente los filtros. Una solución mejor que se usa con ventajas en cualquier trabajo desarrollado en un ambiente cerrado (túneles, chimeneas, hornos)

es llevar una línea ligera de aire a través de un equipo especial de cabeza.

Se recomienda guantes impermeables de ajuste flojo; también casco protector bien ajustado, tanto para proteger la cabeza como para evitar que caiga cemento en el cabello. El mejor uniforme es un traje de calderero, que se ajusta firmemente al cuello y con los pantalones de ajuste flojo que caigan sobre unas botas de hule (fig. 3.4).

Solamente el lanzador y el operador del chiflón necesitan equipo protector de ésta naturaleza, el operador de la lanzadora y todo el personal que este expuesto al polvo y a las partículas de la mezcla puede usar también anteojos o cualquier otro método de protección menos exigente.

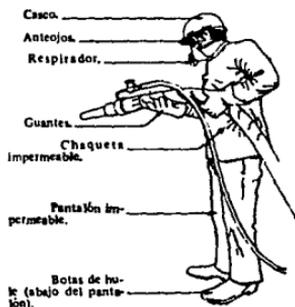
En todos los andamios de más de 5 m. de altura, y en todos los andamios volantes, el lanzador deberá usar un arreo de seguridad.

### **III.3. FACTOR AMBIENTAL**

**III.3.1. Viento;** Es imposible producir un buen concreto lanzado en lugares expuestos al viento o a corrientes fuertes de aire. Si existe alguna posibilidad de que se presenten vientos, aunque sean moderados, deberán tomarse precauciones para proteger la



(a) Casco de ventilación forzada.



(b) Un lanzador con ropa y equipos adecuados.

fig. 3.4 EQUIPO DE PROTECCION.

boquilla, el chorro y la superficie que vaya a tratarse, para impedir que el cemento y los finos sean sacados por el viento fuerte del chorro. A la intemperie, a veces puede ser suficiente un cono de metal ligero colocado sobre la punta de la boquilla en su extremo.

Los vientos y las corrientes también originan fisuras por contracción debido al enfriamiento rápido del concreto fresco lanzado; a este respecto, los vientos son tan perjudiciales como los rayos solares directos.

III.3.2. Lluvia; El concreto lanzado fresco en lugares expuestos debe protegerse contra la lluvia, como el concreto lanzado tiene una relación agua-cemento baja, es muy absorbente del agua cuando está fresco; por ello, cuando se precipite una fuerte lluvia sobre el concreto lanzado fresco, puede ocasionar deslizamientos o escurrimientos o, cuando menos, reducirá su esfuerzo final.

Frecuentemente es necesario colocar pantallas y una protección eficiente para eliminar el viento y la lluvia en lugares expuestos.

III.3.3. Polvo; Puede generarse una gran cantidad de polvo con el proceso del concreto lanzado; por ésta razón, no deberá dejarse ninguna maquinaria delicada en las cercanías, o bien deberá sacarse fuera del área de trabajo. Deben tomarse precauciones para eliminar el polvo y los pedazos volátiles de rebote.

**No deberá usarse el concreto lanzado sin la debida protección  
en lugares que tengan tránsito intenso.**

## CAPITULO 4

— TECNICA

#### IV.1. TECNICA DEL CONCRETO LANZADO.

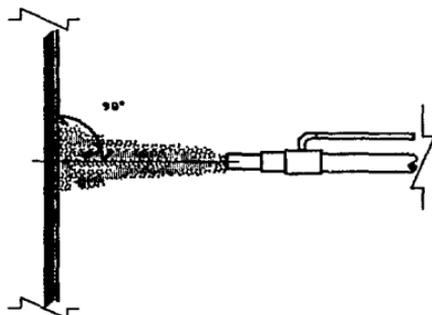
Las técnicas de colocación y procedimientos para aplicar el concreto lanzado afectan enormemente la calidad y el rebote de los materiales en el sitio de trabajo. El rebote no sólo produce pérdida de material, sino que también puede quedar depositado si se emplean técnicas de colocación deficientes. El confinamiento del material pobre en cemento ( laminaciones ) produce una gran disminución de la resistencia y durabilidad final del concreto lanzado. Además, mientras mayor es el porcentaje de rebote, mayor es la probabilidad de confinamiento.

**IV.1.1 Ángulo;** Al aplicar el concreto lanzado en superficies planas, la boquilla debe sostenerse en forma perpendicular a la superficie. El no dirigir el chorro de concreto lanzado a 90 grados con respecto a la superficie de aplicación produce un rebote excesivo y una disminución de la compactación (fig. 4.1 a). Un control inadecuado de la dirección de la boquilla durante de la aplicación, también produce grandes variaciones en la resistencia en el sitio de trabajo.

La única excepción de apuntar la boquilla en forma perpendicular a la superficie ocurre al proyectar en una esquina interior (fig. 4.2) o cuando sea necesario evitar trabajar debajo de roca potencialmente riesgosa. En las esquinas interiores debe de proyectarse sosteniendo la boquilla en el plano que bisecta el ángulo de intersección de las dos superficies. Esta técnica minimiza la

cantidad de rebote atrapada en la esquina. A medida que la esquina se llena, una superficie curva se desarrolla y disminuye progresivamente hacia las superficies planas adyacentes. Puede aplicarse capas subsecuentes empleando el ángulo de boquilla de 90 grados con respecto a la superficie haciendo girar la boquilla a lo largo del radio de curvatura de la esquina. Las esquinas exteriores (vértices) son recubiertos sosteniendo la boquilla en forma perpendicular a la superficie y construyendo la capa de concreto lanzado en un lado y luego en el otro lado de la esquina (fig. 4.3).

**IV.1.2. Distancia;** La distancia óptima entre la superficie de aplicación y la boquilla de lanzado es normalmente de 1 m. (3 pies). Sostener la boquilla a una distancia superior de 1 m. (fig. 4.1 b) aumenta el rebote, disminuye la compactación y, por lo tanto, reduce la resistencia. Si la boquilla se sostiene a menos de 1 m., no sólo aumenta el rebote, sino que también el operador de la boquilla se ve expuesto a las partículas rebotantes. Sin embargo, el sostener la boquilla más cerca de la superficie tiene la ventaja de permitir al operador de la boquilla inspeccionar la superficie y colocar el concreto lanzado más minuciosamente y de éste modo mejorar la calidad general del trabajo. Esto requiere que la velocidad y el régimen de suministro de material sean reducidos bajo aquellos niveles empleados normalmente con el fin de controlar el rebote, reducir el peligro de las partículas rebotantes y reducir el esfuerzo a que se ve sometido el operador de la boquilla debido a la alta contrapresión. En la práctica, la boquilla se sostiene generalmente de 1 a 2 m. (3-6 pies) de la superficie, particularmente al aplicar el concreto lanzado en galerías de avance donde



a ) ANGULO DE LANZADO.

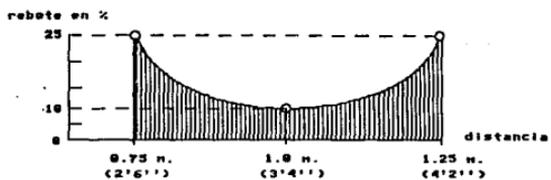


fig. 4.1 b ) EFECTO DE LA DISTANCIA DE LANZADO EN EL REBOTE.

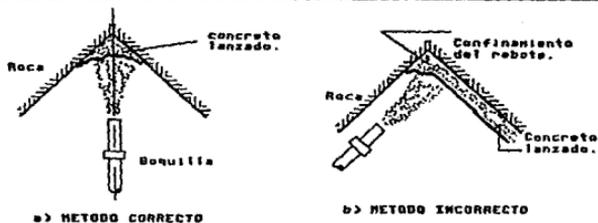


fig. 4.2 APLICACION DE CONCRETO LANZADO EN ESQUINAS INTERIORES.

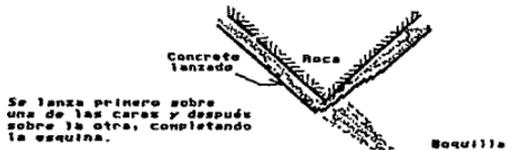


fig. 4.3 APLICACION DE CONCRETO LANZADO EN ESQUINAS EXTERIORES (VERTICES).

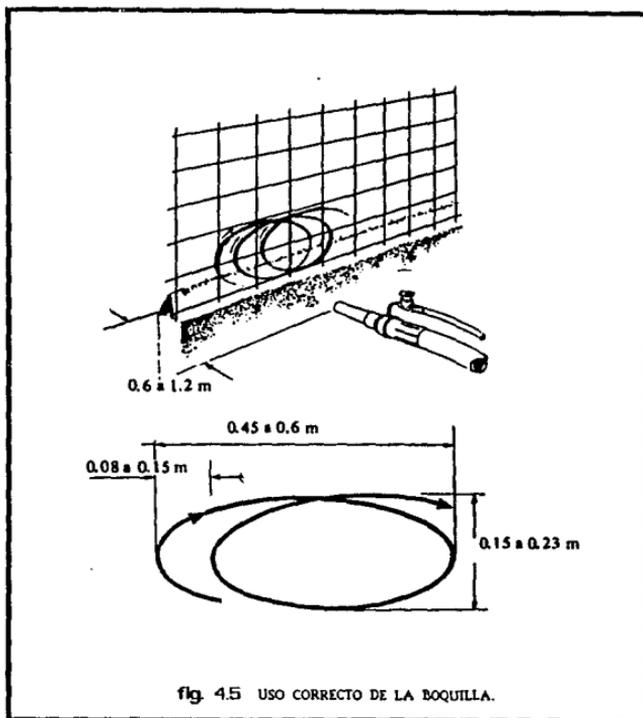


fig. 4.4 ANGULO DE LANZADO.

el proceso es limitado, el peligro de caída de rocas es grande y los regímenes de suministro de material son muy altos.

**IV.1.3. Movimiento;** La boquilla no debe dirigirse hacia un punto determinado por períodos muy largos ya que esto produce una intensificación del rebote y dificultades para obtener un grosor uniforme. Un movimiento estable sistemático circular o elíptico de la boquilla a lo largo de la superficie, constituye una buena técnica de aplicación (fig. 4.5). El mover la boquilla rítmicamente en una serie de curvas cerradas (loops) producirá un concreto uniforme con un mínimo de rebote. El no mover consistentemente la boquilla dará como resultado áreas bien compactadas adyacentes a áreas pobremente compactadas. La curva cerrada (loop) que el operador de la boquilla efectúa, debe tener entre 45-60 cm. (18-24 pulgadas) de ancho y entre 15-20 cm. (6-9 pulgadas) de alto.

**IV.1.4. Control del agua;** En el proceso de mezcla seca, el operador de la boquilla debe de agregar la cantidad correcta de agua a los materiales en la corriente de aire a medida que ellos pasan a través de la boquilla. Para hacer esto, él vigila continuamente el concreto lanzado fresco impactado y ajusta el agua para producir una superficie sedosa y brillante. Si se añade demasiada agua, la superficie se verá húmeda y rizada y el concreto lanzado se correrá. Si se añade muy poca agua, la superficie parecerá granular, la corriente de material será polvorienta y habrá un rebote excesivo. La colocación demasiado seca también reducirá la fuerza de compresión hasta en un 40%. Un operador de boquilla experimentado, puede juzgar la cantidad correcta de agua observando la uniformidad del



color. El aspecto más importante del control del agua en la boquilla es la prevención de grandes variaciones en el contenido de agua en los materiales. Estas variaciones, particularmente si involucran contenidos muy bajos de agua, producirá laminaciones indeseadas en la capa de concreto lanzado. El operador de la boquilla debe ajustar la cantidad de agua para obtener la consistencia deseada y debe asegurarse que esta consistencia se mantenga realizando ligeros ajustes a la válvula de entrada de agua y aplicando concreto lanzado solamente cuando el flujo de material a la boquilla sea uniforme y parejo.

Para un diseño de mezcla dado, el porcentaje de rebote es inversamente proporcional a la relación agua-cemento. A medida que el contenido de agua aumenta, el concreto lanzado se hace más plástico y receptivo a las partículas que llegan por la corriente de material. El concreto lanzado colocado con altos contenidos de agua reduce los costos del material y producción. Sin embargo, la cantidad de agua debe de controlarse para prevenir el desprendimiento del concreto lanzado. Los contenidos de agua altos pueden incrementar la contracción volumétrica del concreto lanzado. Esta consideración es extremadamente importante cuando el concreto lanzado se emplea en revestimientos delgados, ya que su capacidad se reduce enormemente debido a las grietas producto de la contracción.

**IV.1.5. Fijado de refuerzo;** Cuando se cubren dos o más emparrillados de refuerzo, el exterior no debe fijarse directamente frente al emparrillado posterior, debiendo escalonarse para permitir que

el emparrillado posterior pueda recubrirse sin ninguna interferencia (fig. 4.6 a). Es mejor usar el sistema de doble recubrimiento, donde el emparrillado posterior se encontrará ya embebido en la primera capa de concreto lanzado, la cual es cepillada y humedecida, sobre la cual se coloca el segundo emparrillado de refuerzo sin importar ya la posición y se aplica la segunda capa de concreto lanzado (fig. 4.6 b).

Siempre que sea posible las varillas no deberán empalmarse o colocarse una junto de otra, sino que deberá haber una longitud entre ellas como lo marcan las normas, separando las varillas cuando menos, 50 mm. En general, las varillas paralelas no deberán colocarse a menos de 65 mm. de distancia entre sí (fig. 4.6 c).

Quando se usen arenas en el concreto lanzado, las varillas deberán mantenerse, cuando menos, a 12 mm. de la pared de la cimbra, y ésta distancia deberá incrementarse a 50 mm. cuando se usen agregados de 20 mm.

El emparrillado deberá traslaparse 1 1/2 cuadros en ambas direcciones para proporcionar un efecto de trama (fig. 4.6 d).

La figura 4.7 muestra los diversos métodos normales para fijar el emparrillado. En ciertos casos, por ejemplo en la reparación de túneles y muros marítimos, puede ser necesario usar anclas de expansión, anclas inyectadas de diferente tipos de patente y anclas profundas inyectadas, con objeto de asegurar la malla y otros refuerzos.

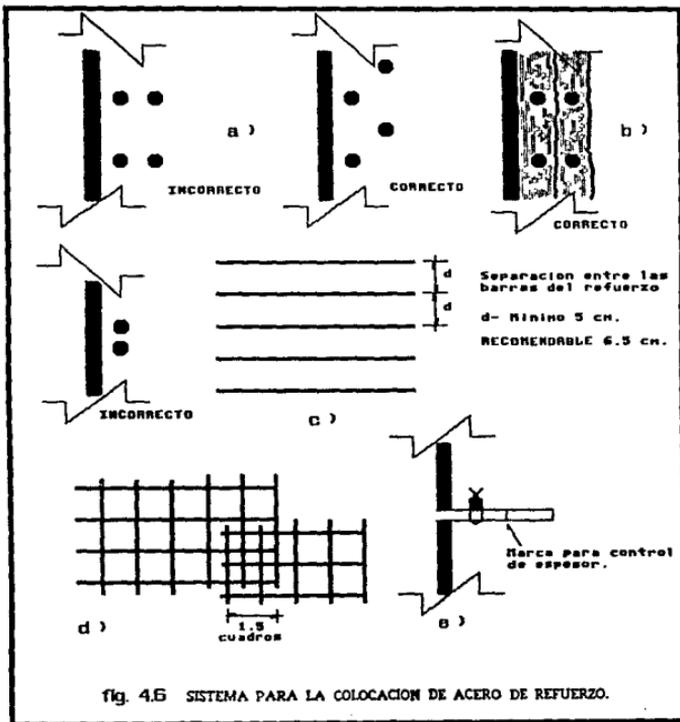
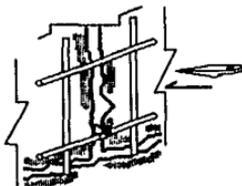
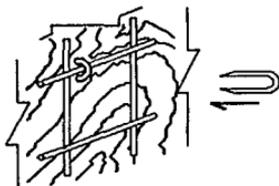


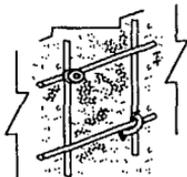
fig. 4.6 SISTEMA PARA LA COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO.



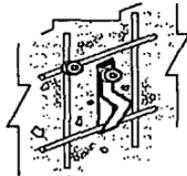
**Gancho fijador para mampostería, tabique o roca fisurada.**



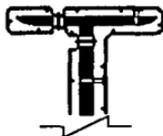
**Grapas para madera.**



**Para concreto o roca, tornillos con rondanas o clavos que se fijan sobre taquetes.**



**Perros colocados alternativamente por medio de disparos con clips flexibles y rondanas.**



**Acero fijado perforaciones hechas a disparos o agujeros perforados a través del miembro.**

**fig. 4.7 ANCLAJE DE REFUERZO EN DIFERENTES SUPERFICIES.**

**IV.1.6. Almacenado de los agregados;** No es necesario que los agregados estén perfectamente secos: de hecho, ciertos agregados refractarios y ligeros necesitan humedecerse previamente, pero los montones deberán estar donde puedan drenar libremente y no ser inundados por agua freática. Esto se aplica especialmente a la arena, que deberá mantenerse en su condición óptima, cubriéndolo con lonas, permitiendo en esta forma, que el viento circule por el montón, pero impidiendo que la lluvia la humedezca.

El contenido máximo de humedad en la arena debe estar comprendido entre el 5% y el 8%. Si la arena está demasiado húmeda, bloqueará la manguera y formará capas de mortero dentro de la lanzadora; pero si la arena está demasiado seca, el cemento no se adherirá a los granos de arena al mezclarse, lo cual producirá una separación excesiva en la manguera.

Cuando la arena que se va a emplear está demasiado húmeda, generalmente no es práctico tratar de secarla, siendo mejor mezclar la arena húmeda con arena seca suministrada especialmente para ese fin, o adicionarle cenizas volantes (máximo 15% del peso del cemento).

**IV.1.7. Dosificación;** Se prefiere y se recomienda la dosificación por peso, pero la dosificación por volumen es adecuada si ocasionalmente se calibra el equipo por peso. Frecuentemente los agregados ligeros se dosifican mejor por volumen, ya que su densidad depende mucho del grado de humedad que tengan.

La figura 4.8, nos muestra una caja típica de dosificación para producir una mezcla de 1:3.5 por volumen; puede hacerse una serie de estas cajas, cada una que corresponda a diferentes mezclas y marcarlas claramente como tal. La caja ilustrada de 120 litros se llena con arena que después se mezcla con un bulto de cemento. Las dimensiones de la caja están basadas en la presunción de que un bulto de 50 kg de cemento Portland ordinario contiene apenas algo menos de 35 litros. Se considera que lo anterior sucede empleando arena húmeda. La arena con un contenido de humedad entre 5 y 8% puede abundar del 20 al 30% arriba del volumen suelto seco por peso unitario y una mezcla de 1:3.5 dosificada en esta forma, usando arena húmeda, puede muy bien ser equivalente a una mezcla de 1:3 usando arena seca. Esta mezcla se coloca después en la lanzadora y se proyecta en su lugar, pero debido a la presencia del rebote, que puede ser desde un 5 hasta un 50%, la mezcla que llega podrá tener proporciones de 1:2.5. Entonces con una mezcla por volumen de 1:3.5 se espera tener una mezcla colocada en el lugar de 1:2.5. Es esencial que lo anterior se tome en cuenta al redactar las especificaciones; incluyendo que debe dejarse una tolerancia apropiada de acuerdo con la naturaleza del trabajo y el porcentaje que se espere de rebote.

**IV.1.8. Mezclado;** El equipo de mezclado deberá ser capaz de mezclar completamente la arena y el cemento de manera que los granos de arena se recubran por completo en una cantidad suficiente para mantener un suministro constante al lanzador. La mezcla deberá cribarse para impedir la inclusión de piedras, costras de la revolvedora, pedazos de costales de cemento, etc. El mezclado a

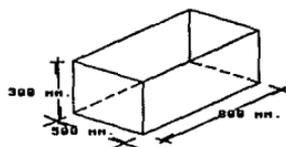


fig. 4.B CAJA DE ACERO O MADERA PARA DOSIFICACIONES.  
( las dimensiones son interiores ).

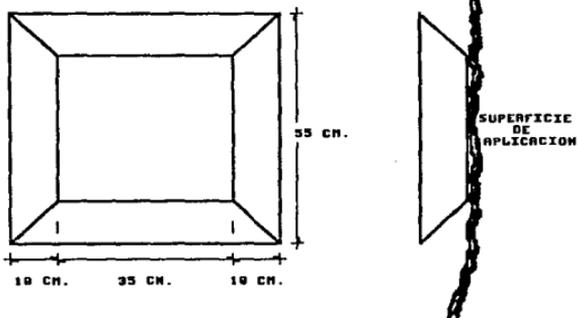


fig. 4.16 TABLERO DE PRUEBA ( artesa de madera ).

mano es bastante aceptable siempre que sea económico y se recomienda para mezclas de materiales ligeros y refractarios.

Las cribas de malla de alambre tejido varían desde un 6x2 mm. hasta cribas cuadradas vibratorias de 20 mm. dependiendo del tipo de trabajo y las especificaciones del agregado.

**IV.1.9. Colocación;** El lanzador deberá elegir la boquilla más apropiada para el trabajo, suponiendo de que está satisfecho con la lanzadora y el material, empezará de acuerdo al siguiente orden:

1.-Revisará que los tubos estén vacíos, conectándolos directamente al suministro de aire equipado con manómetro de presión; la mayoría de las lanzadoras están equipadas con una toma cerca del manómetro, para este propósito. Conectará el aire y de acuerdo con el manómetro determinará si los tubos están vacíos o no, si el manómetro muestra una lectura de 0.714 Kg/cm<sup>2</sup>. los tubos están sucios; si la lectura es superior a 1.428 Kg/cm<sup>2</sup>. los tubos tienen mucha incrustación. Los tubos sucios deberán limpiarse doblándolos, torciéndolos o golpeándolos ligeramente y sopleteándolos; los tubos de acero solamente pueden limpiarse con un desincrustador especial para tubos.

2.-Conecte los tubos sin dobleces y con la menor cantidad de curvas posibles.

3.-Examine el patrón producido por el dispositivo de distribución de agua con la válvula del agua abierta, habiendo quedado

desconectada, de ser posible, la punta de la boquilla, y teniendo cuidado de mantenerla hacia abajo para impedir que el agua fluya de regreso al material de la manguera.

4.-Examine el "abanico" producido afuera de la punta de la boquilla por el dispositivo de distribución de agua con el aire comprimido que pasa a través de la boquilla a la máxima presión de trabajo. Los dispositivos de distribución de agua que estén defectuosos deberán limpiarse o reponerse. Una presión insuficiente de agua, diagnosticada por la producción de un "abanico" hueco o un simple chorrito de agua con la llave completamente abierta, deberá remediarse incrementando la presión de agua.

El lanzador está ahora listo para iniciar su trabajo. Si está lanzando sobre concreto deberá sopletear el área con un soplete de aire-agua para humedecer la superficie. Esta técnica es aconsejable cuando se lanza sobre madera, arcilla, tierra, roca o acero.

La manguera se conecta a la salida de la lanzadora y ya se puede empezar la operación.

El lanzador mantendrá la boquilla hacia abajo, con el suministro de agua completamente abierto, estando ya en condiciones de efectuarse la mezcla con el material. Al llegar el flujo de material, rápidamente se regulará el suministro de agua y dirigirá el chorro hacia la zona de trabajo, regulando posteriormente el agua según se vaya necesitando, manteniendo la boquilla entre 0.6 y 1.2 m. de la superficie de trabajo y moviéndola rítmicamente

en una serie de vueltas de lado a lado y de arriba hacia abajo para lograr la uniformidad en el material colocado.

En caso de que se desviara súbitamente el flujo del material de la boquilla, indicando un bloqueo parcial o un desgaste en la punta de la boquilla, o que el "abanico" de agua sea asimétrico, deberá detenerse el trabajo y la parte defectuosa deberá limpiarse o reponerse.

El curso del trabajo se encuentra ahora en manos del lanzador y éste debe de dirigir al operador de la lanzadora para regular el suministro (velocidad del motor), incrementando o reduciendo presión. La velocidad a la cual pueda trabajar el lanzador regulará el tiempo necesario para el trabajo y su habilidad y minuciosidad determinarán la calidad del trabajo.

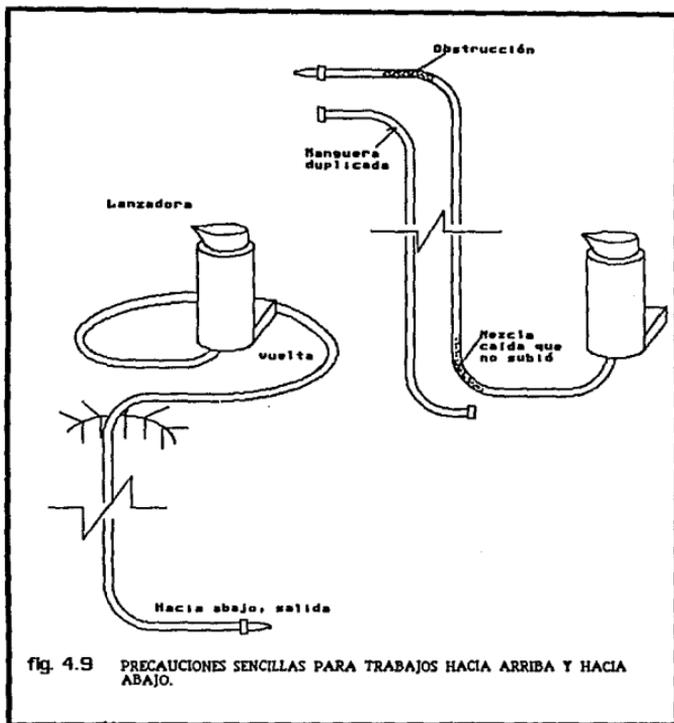
**IV.1.10. Lanzamiento vertical;** Cuando el punto de colocación esté a cierta altura , las mangueras deberán sopletarse antes de parar el trabajo pues de otra manera la revoltura en las mangueras caerá hacia abajo hasta el extremo inferior al faltar presión y ninguna presión que se aplique será capaz de moverla. Esta situación se presentará en cualquier caso en que exista una obstrucción en cualquier lugar de la parte superior de la manguera. Es una buena práctica duplicar la manguera con objeto de mantener una continuidad en el trabajo mientras que la manguera obturada se vacía.

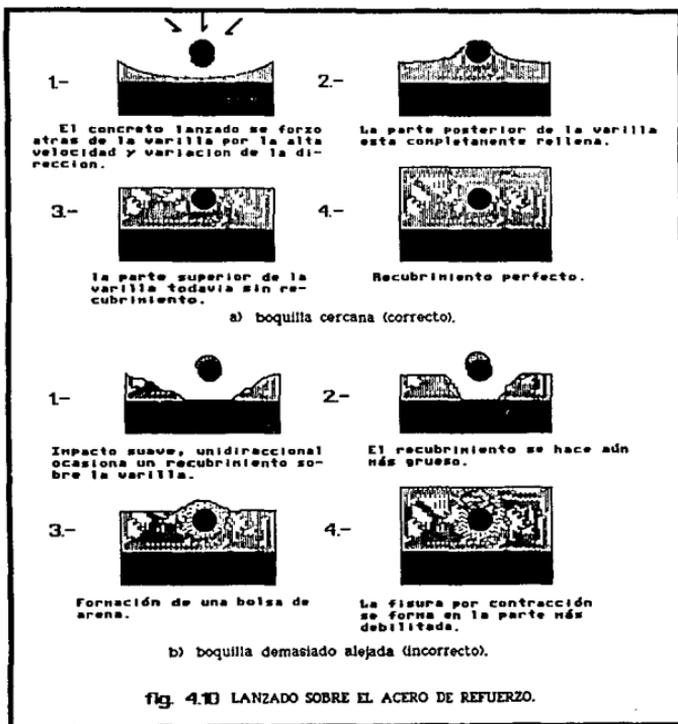
En forma semejante, para el trabajo hacia abajo, en que la obturación no es tan factible, es mejor efectuar una "vuelta" en

la manguera para impedir pulsaciones. Esta vuelta permite que la revoltura quede suspendida correctamente en la corriente de aire (fig. 4.9).

**IV.1.11. Encajonamiento;** El encajonamiento de las barras de refuerzo de acero con concreto lanzado debe llevarse a cabo cuidadosamente para evitar la formación de bolsas de agregados no cementados detrás de las barras (fig. 4.10). Para evitar la formación de éstas bolsas, la boquilla debe sostenerse lo suficientemente cerca de la barra de refuerzo como para forzar el material alrededor y detrás de la barra. El frente de la barra debe permanecer esencialmente limpio y libre de acumulación de material hasta que la barra completa se haya encajonado. Si la boquilla se sostiene muy atrás, se acumulará el material en la parte frontal de la barra, incrementando efectivamente el diámetro de la misma y produciendo por lo tanto, el desarrollo de bolsas de agregados no cementados en la zona protegida detrás de la barra.

Muchos usuarios recomiendan que la barra de refuerzo se inyecte desde dos direcciones (fig.3.2). Esto constituye un procedimiento simple y efectivo, pero nuevamente no debe permitirse la formación de acumulación en la parte delantera de la barra. Estas acumulaciones se remueven eficazmente con un chiflón, el cual puede emplearse también para soplar el rebote entrampado desde atrás de las barras (fig. 3.1). Al emplear el proceso de mezcla en seco, el concreto lanzado debe aplicarse con un alto contenido de agua, esto permite que el concreto lanzado fluya detrás de las barras y evita el entrampamiento del rebote.





El concreto lanzado no debe aplicarse a través de dos capas de armadura, sino que se requiere de aplicaciones separadas para cada capa. El concreto debe de cubrir cuando menos 50 mm. (2") las barras de acero cuando el revestimiento está completo.

**IV.1.12. Rebote;** El rebote es una dificultad que se encuentra al usar el concreto lanzado. Es muy raro encontrar un lanzador que haya aprendido a controlar el rebote del material en cualquier condición.

El material de rebote son agregados que no se adhieren al respaldo donde se lanza el mortero, al refuerzo o a la capa de concreto lanzado en sí y que rebotan fuera del área de colocación en forma suelta. La proporción inicial de material de rebote es alta si el chorro se dirige contra la cimbra o el refuerzo; sin embargo la formación de una capa de colchón sobre la forma (ayudada por un ligero exceso inicial de contenido de agua) reduce notablemente la cantidad de material de rebote. Por lo tanto, las secciones gruesas tienen los porcentajes más bajos de material de rebote y las secciones delgadas, los más altos de todos.

El porcentaje de material de rebote en cualquier situación depende de:

LA EFICIENCIA DE HIDRATACION:   {.\*.presión del agua  
                                          .\*.lanzador  
                                          .\*.diseño de la boquilla

LA RELACION AGUA-CEMENTO:      {\*.diseño de la mezcla  
                                           .\*.lanzador

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO:    {\*.agregado más grueso = a  
                                           más rebote

VELOCIDAD EN LA BOQUILLA:        {\*.capacidad del compresor  
                                           .\*.tamaño de la boquilla  
                                           .\*.lanzador

ANGULO Y DISTANCIA DE IMPACTO:    {\*.límites de acceso  
                                           .\*.lanzador

ESPESOR DE APLICACION:            {\*.especificaciones de  
                                           trabajo  
                                           .\*.lanzador

Como es posible apreciar en las causas que generan un rebote,  
 gran parte depende de la habilidad del Lanzador.

PORCENTAJES TIPICOS DE REBOTE.

Superficie	Material de rebote
	( % )
Fisos y losas _____	5 al 15
Muros verticales o con pendiente _____	15 al 30
Trabajos con plafones _____	25 al 50

La reducción del material de rebote es una consideración primordial en la eficiencia y la economía. El análisis de la composición del material de rebote muestra que, en general, no estaban suficientemente cubiertos con cemento, o bien, estaban insuficientemente mojados en la boquilla; pero el hecho de que se presentan rebotes aún con máquinas revolventoras húmedas, muestra que el mezclado apropiado y la humectación no forman una solución completa.

Recientemente se ha descubierto que para reducir el rebote de partículas, hay que elevar la presión del agua (más de 7.14 kg/cm<sup>2</sup>) con el objeto de asegurar una hidratación adecuada del material, las boquillas intensificadoras para alinear y compactar el chorro, aditivos para reducir la tensión superficial e incrementar las propiedades humectantes y el adiestramiento del lanzador acerca del efecto que pueda tener sobre el por ciento de material de rebote, la variación de la distancia de disparo o la velocidad de la boquilla. En teoría, ninguna boquilla, cualquiera que sea su tamaño deberá estar a más de 1.2 m. ni a menos de 0.60 m. del punto de impacto. Sin embargo, ciertos trabajos se han ejecutado desde distancias de más de 1.8 m. de distancia, pero no existen registros de su porcentaje de rebote.

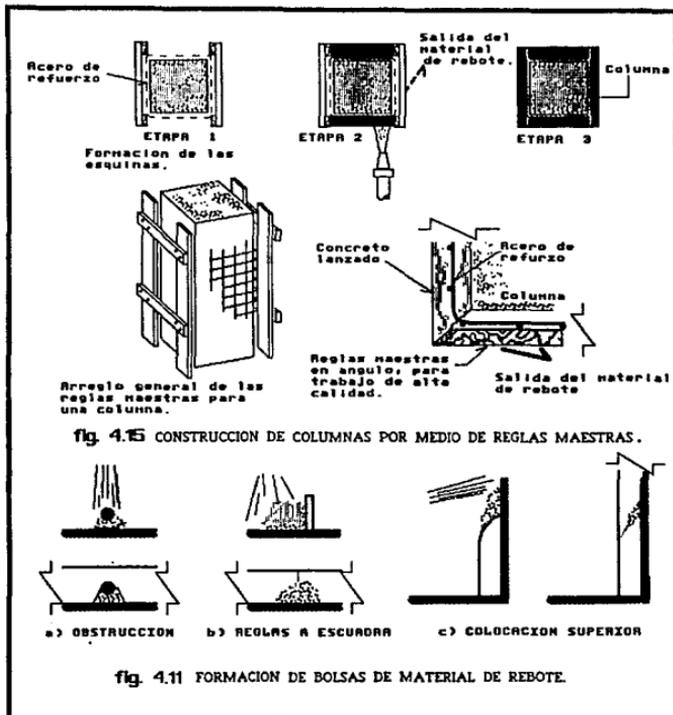
En beneficio de una buena calidad de trabajo, el material de rebote no deberá usarse nuevamente en la lanzadora; por otra parte, no vale la pena gastar energías en recoger el material de rebote, pues resulta más costoso que el valor del material resca-

tado. Sin embargo, con mezclas más pobres (relación cemento-arena 1:4, 1:5), puede usarse el material de rebote fresco -sin contaminar- en la mezcla, como un agente secador si la arena está húmeda, pero solamente cuando la resistencia que se espera del concreto lanzado no es muy alta.

**IV.1.12.1 Bolsas de material de rebote;** A veces sucede que el material de rebote no cae muy lejos del punto de impacto, sino que se junta en una "bolsa" y es factible de ser cubierto con concreto lanzado fresco. La "bolsa" de material de rebote resultante, contiene mortero sin compactación e insuficiente hidratado, que puede ser perjudicial para la calidad del trabajo y debe evitarse en casos como: estructuras para almacenar agua, estructuras con solicitaciones de esfuerzos, estructuras presforzadas y todo trabajo de protección externa.

La formación de "bolsas" de material de rebote se debe a tres causas principales: Las obstrucciones ocasionadas por el mismo refuerzo, las reglas maestras a escuadra y la colocación superior (fig. 4.11). Estas pueden presentarse aún cuando el lanzador esté usando la presión y la distancia de dispar correcta y se tenga cuidado para eliminar las acumulaciones de material de rebote.

La obstrucción es un problema que se presenta solamente con el refuerzo de más de 10 mm. (3/8") de diámetro: el lanzador deberá tener cuidado al recubrir varillas más gruesas; las varillas de 40 mm (1 1/2") de diámetro se consideran como el límite para el trabajo con concreto lanzado.



Las reglas maestras a escuadra deberán evitarse proporcionando una liberación de presión al pie de la regla maestra.

La colocación superior es una falla del lanzador: debe tener cuidado de no disparar sobre ningún material de rebote atrapado, pero deberá exigir al operador del chiflón que lo elimine.

Las "bolsas" de arena o las capas de arena pueden ser ocasionadas por un mal funcionamiento del equipo, por ejemplo, pulsaciones bruscas, o bien, por el ajuste inadecuado de la válvula del agua en la boquilla por obreros sin experiencia. Esto también deberá eliminarse.

**IV.1.13. Obstrucciones;** Si todo el conjunto está limpio, seco y libre de material sin cribar, no puede presentarse ninguna obstrucción. Cuando éstas se presentan en el material de la manguera

la causa es generalmente una de las siguientes:

**Causa**

**Solución**

partículas demasiado grandes en la mezcla, cemento defec-tuoso, pedazos de costal de cemento.

se elimina con un cribado cuidadoso.

arena muy húmeda.

protección cuidadosa de la arena y revisando las en-tregas.

arena muy seca.

revisar el contenido de agua de la arena y humedeciéndola antes del mezclado.

agua que entra por las uniones de la manguera.

haciendo conexiones apropiadas y envolviendo o protegiendo las uniones.

agua o aceite en el aire comprimido.

uso de separadores centrífugos en el suministro de aire o por el uso de tanque separador.

El agua en las mangueras de alimentación es sorprendentemente común, especialmente en túneles en que el aire tiene frecuentemente una humedad del 100 % .

Destapar una obstrucción puede ser muy peligroso sin las precauciones apropiadas. El método normal es quitar la presión de la lanzadora, desconectar el material de la manguera, revisar que la obstrucción no esté en el cuello de ganso. La manguera se coloca después en la conexión para sopleteo y se conecta la presión máxima del aire para expulsar el material de obstrucción, que será

conducido manguera abajo y puede salir como un proyectil con una detonación considerable en la boquilla. Con mangueras de gran diámetro, una obstrucción que sale de la boquilla puede levantar a un hombre del piso.

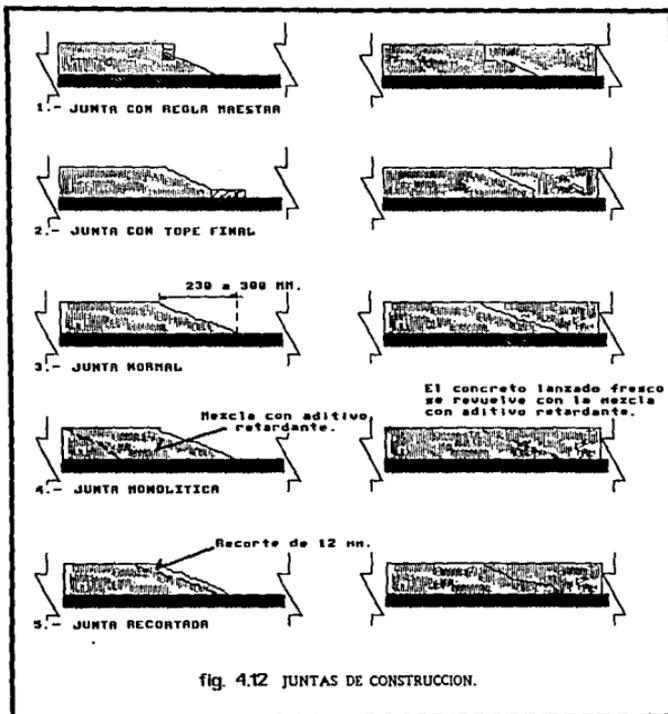
Si el tratamiento de alta presión no destapa la manguera, se recomienda mantener la presión y recorrer la manguera alejándose del lanzador palpándola con las manos, la manguera deberá estar rígida en el área de la obstrucción y de ahí en adelante estará blanda, una vez localizada la obstrucción, debe de flexionarse y golpearse la manguera con un martillo para liberar el bloqueo.

No es muy frecuente el bloqueo en las uniones de las mangueras, cuando se presente una obstrucción en la unión, debe eliminarse toda la presión en la manguera antes de proceder a aflojar la unión, y a limpiarse picando con un desarmador, flexionando la manguera precisamente atrás de la unión y aplicando aire a presión.

Cuando las obstrucciones se presentan cerca de la boquilla, el lanzador puede eliminarlas flexionando temporalmente la manguera para elevar la presión del suministro y enderezando la misma.

**IV.1.14. Juntas de construcción;** Para el uso satisfactorio del concreto lanzado en la construcción y en la protección, es necesario efectuar juntas de construcción y juntas diarias (fig. 4.12).

El concreto lanzado se dispara para formar una orilla en forma de cuña en un ancho de aproximadamente 230 a 300 mm. para espesores



de hasta 75 mm. y con un ancho proporcionalmente mayor para espesores más grandes. la superficie inclinada del concreto lanzado se cepilla para quitar la nata y el material de rebote, dejando que frague. El concreto no se corta o se aplana en ningún momento. Antes de iniciar nuevamente la colocación del concreto lanzado con un chiflón de aire-agua , se humedece nuevamente. Toda la superficie inclinada se recubre con concreto lanzado fresco, en cuanto sea posible, y el espesor de la capa se empieza a formar de ahí en adelante.

Es recomendable que en cualquier tipo de juntas se haga un cepillado en el momento del fraguado inicial, con el propósito de semidescubrir las gravillas y dejar así una superficie rugosa para favorecer la adherencia entre juntas.

**IV.1.15. Juntas de expansión y contracción;** Para estructuras normales es apropiado rellenar las juntas con compuestos especiales para ello. Así, también para estructuras que almacenan líquidos se requiere rellenar las juntas con un sellador que debe ser un elastómero aprobado o un compuesto similar (fig. 4.13).

**IV.1.16. Técnicas de acabado;** La capa superior rica en cemento está húmeda, y por lo tanto inestable, por lo que, al secarse, se presentarán fisuras de contracción.

Si el concreto lanzado se deja "en reposo" se recomienda cepillar la superficie, aproximadamente una hora después de su colocación, con una brocha suave de pintar: esto eliminara los

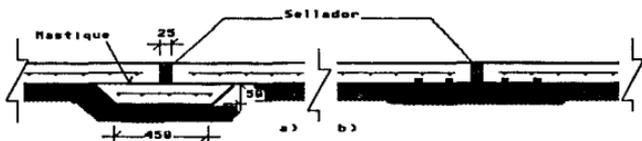


fig. 4.13 JUNTAS DE EXPANSION PARA ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO DE LIQUIDOS. (dimensiones en milímetros).

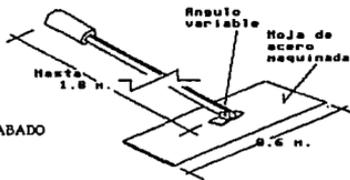
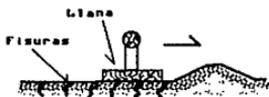


fig. 4.14 HERRAMIENTAS PARA ACABADO DE SUPERFICIES.

desperdicios del rebote adherido e impedirá el agrietamiento; la superficie que se logra se conoce como "acabado correcto de boquilla".

El aplanado correcto para obtener una superficie lisa, de acuerdo con las maestras, requiere cierta cantidad de experiencia para determinar el momento adecuado para efectuar el aplanado: esto es, cuando el concreto presenta un endurecimiento inicial conocido como "falso fraguado", que generalmente ocurre entre una o dos horas después de su colocación. En este momento la parte superior puede cortarse como queso, y el exceso se elimina con bastante facilidad, sin que la cuchilla cortante altere áreas inferiores de importancia. La superficie quedará áspera, pero dentro de una tolerancia de rugosidad con relación a las maestras de + - 5 mm. (2 mm. en trabajos finos).

El aplanado tiende a producir grietas al restregar la capa superior. Las llanas de acero tienden a causar más daño que las de madera, pero son de aceptarse siempre que se lleve acabo uno de los tratamientos finales.

1.- Cepillado, con una brocha o cepillo duro que produzca un "efecto de cepillado" suave.

2.- Aplanar, con un pisón de acero de plástico para producir una superficie lisa, uniforme; o en su defecto con un pisón de madera.

3.- Recubrir, haciendo un recubrimiento "relámpago" del área con una capa de concreto lanzado uniforme delgada (3 mm), colocándola cuando menos cuatro horas después de haber terminado la base de concreto. Este recubrimiento "relámpago" puede dejarse tal y como se coloca si su acabado es satisfactorio, o bien puede cepillarse ligeramente como con el "acabado correcto de boquilla".

El recubrimiento relámpago se puede considerar como una ayuda muy útil para el curado, y cuando se deja sin alterar se le llama "acabado de boquilla" y puede ser decorativo.

En general, el corte y el aplanado lo realiza un ayudante que sigue al lanzador. No es recomendable aplanar el concreto lanzado con demasiada presión, ya que esto lo altera y destruye su estructura; la superficie no alterada es más durable.

Para ciertas clases de acabados, en que las líneas y las formas son principalmente de efecto decorativo "visual", para dar el acabado deseado de la superficie, se emplean las llanas de mango largo, de hoja ancha y cortante (fig. 4.14); por ejemplo en la construcción de albercas con formas caprichosas, canales de irrigación, etc.

**IV.1.17. Alambres guía, Tablas guía, fajas de concreto lanzado;** Se emplean a menudo alambres guía y tablas guía para asistir al lanzador en la colocación de la capa final de concreto lanzado para producir una sección transversal uniforme. Los alambres guía, son alambres finos que se colocan temporalmente para bosquejar

la superficie acabada.

Las tablas guía se emplean generalmente para asistir al lanzador en la colocación del concreto lanzado sobre superficies verticales, pero pueden producir entrampamientos indeseables del rebote si se emplean técnicas de aplicación inapropiadas.

Otra técnica para controlar la configuración es la de colocar fajas de concreto lanzado y luego terminar el área entre ellas al grosor apropiado. Se permite el endurecimiento de estas fajas iniciales y el área entre ellas se llena luego con concreto lanzado fresco; las fajas endurecidas de concreto lanzado se emplean como rieles de emparejamiento. La técnica sería muy útil en túneles perforados mediante máquinas. Pero, como con el uso de tablas guía, esta técnica puede llevar al entrampamiento de rebote a lo largo de los costados de las fajas.

**IV.1.18. Aplicación remota;** La aplicación remota se ha venido usando durante muchos años en Europa, ya que le evita al lanzador los peligros potenciales de las galerías de avance no apoyadas. Esta técnica no es muy conocida en América, donde se sigue usando la colocación manual tradicional.

El operador que emplea la colocación remota está ubicado generalmente sobre una plataforma a 3 o 7 m. (10 - 20 pies) de la superficie de aplicación. A esta distancia, el operador está menos expuesto a sufrir heridas producto del rebote. La boquilla se opera empleando los controles localizados en la plataforma.

Al colocar en galerías de avance, el operador de la boquilla generalmente se ubica debajo de la sección previamente apoyada del túnel. Aquí está menos expuesto a la caída de rocas que a menudo acompañan la aplicación de concreto lanzado en una galería de avance. Con buena iluminación, el operador de la boquilla tiene una mejor visión general del área de trabajo que la que tendría con la boquilla sostenida manualmente. Relevando al operador de la boquilla del trabajo de sostener y transportar la manguera y reduciendo el peligro de la caída de rocas, la colocación remota permite que el concreto lanzado se aplique a regímenes de suministro mucho más altos que aquellos aplicados con la colocación manual.

La colocación remota muestra un gran potencial para su uso en excavaciones hechas con máquinas perforadoras de túneles o con dinamitado de pared lisa. Las superficies lisas formadas empleando este método permiten que el concreto lanzado se aplique con muy poco ajuste de la boquilla. La colocación remota no es muy ventajosa cuando el concreto lanzado solo se emplea para sostener o sellar áreas problemáticas localizadas del túnel, o cuando debe aplicarse en espacios apretados. Para tales aplicaciones, la colocación manual o combinada con la remota proporcionara la forma más eficiente de aplicar el concreto lanzado. La colocación remota no es práctica en la mayoría de los túneles cortos o de diámetro pequeño.

**IV.1.19. Curado del concreto lanzado;** El concreto lanzado debe de protegerse del secado y del congelamiento. El secado previene la hidratación del concreto, retardando así la ganancia de resistencia y causando excesivas tensiones de contracción que podrían

agrietar el revestimiento de concreto lanzado. Las capas delgadas de concreto lanzado, las cuales se emplean comúnmente en la construcción subterránea, son muy susceptibles a secarse. Las condiciones de congelamiento no solo retardan la ganancia de resistencia sino que también inhiben la adhesión del concreto lanzado e inducen tensiones que pueden desintegrar o astillar la capa de concreto lanzado. Los primeros siete días después de aplicado son los más críticos para un curado apropiado. Después de este intervalo de tiempo, el concreto lanzado ha ganado suficiente resistencia a la tensión como para resistir las tensiones de contracción y la permeabilidad cerca de su superficie expuesta es lo suficientemente baja como para minimizar la pérdida de agua desde el interior de la capa. Además, después de siete días, la mayor parte del agua libre se ha combinado químicamente con el concreto lanzado de modo que muy poca agua queda disponible para formar lentes de hielo o cristales.

En muchos túneles, la humedad es lo suficientemente alta como para retardar el secado del concreto lanzado y por lo tanto no se usan métodos especiales de curado. El comité de la ACI recomienda para el concreto lanzado el uso del curado natural, solamente cuando la humedad relativa es igual, superior al 85 %. La humedad cerca del portal o de los piques abiertos a la atmósfera es generalmente inferior a aquella en las secciones largas del túnel. En estas áreas, como también en los túneles que tienen generalmente humedades bajas, se debe tomar precauciones especiales para prevenir la deshidratación del concreto lanzado. Los métodos más comunes para curar el concreto lanzado en forma subterránea involucran el uso

de hojas de plástico. Estas hojas se adhieren al concreto lanzado, pero se emplean solamente en áreas locales del túnel. Membranas plásticas aplicadas con pulverizadores mecánicos no se han usado subterráneamente debido al riesgo potencial de incendio, dificultades de ventilación y problemas asociados con la remoción completa de estos materiales antes que capas sucesivas de concreto lanzado puedan aplicarse. Además, los costos de aplicación y remoción de esta membrana hacen esta técnica económicamente prohibitiva. La curación húmeda y mojada, comúnmente empleadas para el concreto lanzado, no se emplean subterráneamente debido al costo y, en caso de curación mojada, por la erosión potencial que ocasiona. Si secciones largas del túnel requieren curación, el método de vapor resulta ser con toda seguridad el más económico. La ACI recomienda que el concreto lanzado debe de ser curado naturalmente durante siete días.

El concreto lanzado no debe de colocarse a temperaturas inferiores a los 3 grados centígrados (38 grados fahrenheit) a menos que los ingredientes se precalienten al menos a 10 grados centígrados (50 fahrenheit) y se suministre suficiente calor para mantener las temperaturas del concreto lanzado por sobre el punto de congelamiento. Los agregados y el cemento pueden calentarse durante la dosificación mientras que puede usarse agua tibia en la mezcla o añadirse en la boquilla. La temperatura del agua en la boquilla o en la mezcla debe variar entre 10 y 20 grados centígrados (50 a 70 fahrenheit). Las temperaturas del agua sobre 20 grados centígrados pueden producir la prehidratación del concreto lanzado. Bajo condiciones de congelamiento o casi congelación, es necesario el

precalentamiento de los sólidos y el agua para compensar las pérdidas de calor durante el transporte como también las pérdidas sufridas en la superficie receptora del concreto lanzado. La temperatura del concreto lanzado recién colocado no debe caer bajo el punto de congelamiento por lo menos cuatro días después de la colocación. Las temperaturas del concreto lanzado pueden mantenerse sobre el punto de congelamiento empleando calefactores de aire de ambiente. En capas gruesas de concreto lanzado, más de 60 cm. (2 pies), el calor de la hidratación puede ser suficiente grande como para evitar la congelación. La pérdida de calor de la capa de concreto lanzado puede reducirse usando plástico sobre los materiales recién colocados, limitando así la circulación del aire sobre la superficie. Donde sea posible, los portales y piques abiertos deben bloquearse parcialmente o completamente. No se recomienda el uso de altas concentraciones de acelerador ( > 6% por peso del cemento) para facilitar la colocación del concreto lanzado cerca o bajo de la temperatura de congelación, ya que estas concentraciones producen una gran pérdida indeseable de resistencia final.

**IV.1.20. Ensayes de preconstrucción:** Con suficiente anticipación al inicio de los trabajos deben efectuarse ensayes de preconstrucción, consistentes en la fabricación de tableros de prueba de concreto lanzado, estos tableros o artesas generalmente son de 60 x 60 cm. y espesor de 10 a 15 cm (fig. 4.16).

Los tableros deben fabricarse lanzando concreto con los materiales aprobados y con los proporcionamientos considerados

como tentativos empleando el equipo y el personal que ejecutará el trabajo.

Los principales objetivos de estos ensayos de preconstrucción son:

- a) Calificar el comportamiento de las mezclas ensayadas con diversas proporciones y tipos de materiales de uso probable, principalmente en cuanto a su permanencia, estabilidad y aspecto.
- b) Determinar la proporción de material de rebote de la mezcla ensayada.
- c) Aprender la homogeneidad y compacidad lograda en el concreto con el equipo y personal empleado.
- d) Verificar la resistencia a la compresión del concreto.
- e) Definir los materiales y la proporción en la que estos deben emplearse para la realización del trabajo.

#### IV.1.21. EJEMPLO DE APLICACION DE CONCRETO LANZADO EN LA ALTURA.

La imposibilidad de acceso con camiones mezcladores y equipo necesario para realizar el trabajo, en muchas ocasiones hace necesario subir la boquilla con su respectiva manguera varios metros arriba. Para este ejemplo se adoptará una altura de 35 m. sobre el nivel de piso, lugar donde se instalará la maquinaria necesaria para el suministro de mezcla seca para la proyección. Por razones de topografía generalmente hay que considerar mayor longitud de manguera de la que hay para alcanzar la altura deseada, en ocasiones la topografía es tan desfavorable que la longitud de manguera llega a ser hasta de varias veces la altura deseada.

Se desea conocer la presión de trabajo necesaria en la máquina lanzadora y las características de diseño del equipo compresor para el suministro de aire.

Para realizar este trabajo, el contratista cuenta con una máquina lanzadora marca Aliva, modelo 250. generalmente las características del equipo las proporciona el fabricante con folletos.

Para condiciones normales el fabricante entrega las siguientes características:

Largo de manguera \_\_\_\_\_ 30 a 40 m.  
Consumo de aire de la lanzadora \_\_\_\_\_ 8 m<sup>3</sup>/min.  
Presión de aire de compresor \_\_\_\_\_ 4 a 6 kg/cm<sup>2</sup>

**Presión básica de aire de proyección**

para 40 m. de manguera \_\_\_\_\_ 3.5 kg/cm<sup>2</sup>

Diámetro de manguera \_\_\_\_\_ 50 a 70 mm.

Presión de agua \_\_\_\_\_ 6 kg/cm<sup>2</sup>.

Diámetro de manguera para agua \_\_\_\_\_ 19 mm.

Caudal de agua requerido \_\_\_\_\_ 22 lts/min.

Rendimiento con mezcla seca \_\_\_\_\_ 4 a 5 m<sup>3</sup>/h.

Rendimiento con mezcla compactada \_\_\_\_\_ 2.96 a 3.7 m<sup>3</sup>/h.

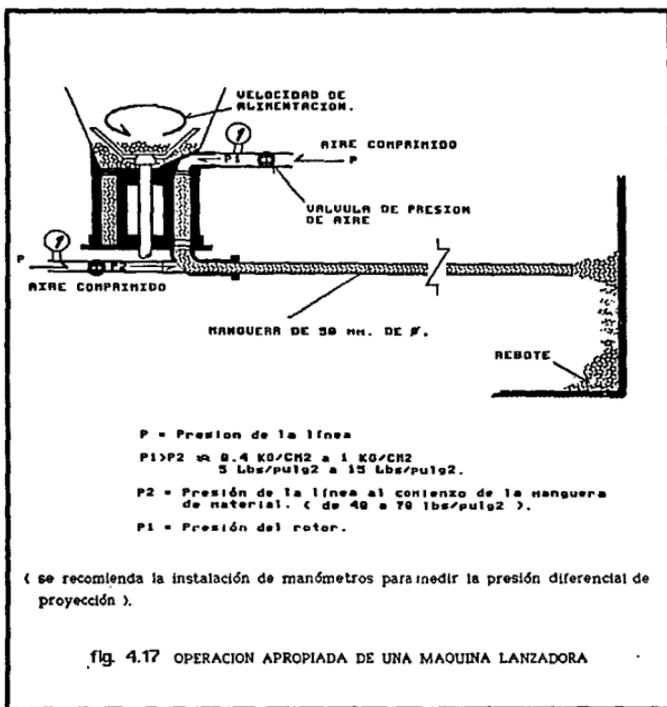
Tamaño máximo del agregado \_\_\_\_\_ hasta 25 mm.

Distancia de transporte \_\_\_\_\_ hasta 300 m.

Altura de transporte \_\_\_\_\_ hasta 100 m.

De acuerdo con los estudios realizados para proyectar concreto en altura, se ha concluido que es necesario adicionar a los valores básicos de presión en la máquina, una cuantía de 0.35 kg/cm<sup>2</sup> (5 lib/plg<sup>2</sup>) por cada 15 m de mayor extensión de manguera y/o por cada 8 m de mayor altura sobre el nivel de instalación del equipo proyector. Estas presiones deben ser controladas con el manómetro P2 de la máquina (ver figura 4.17). Se debe entender que, el incremento en presión 0.35 kg/cm<sup>2</sup> (5 lib/plg<sup>2</sup>) es sobre el largo básico de una manguera de 40 m.

Si es necesario colocar concreto lanzado a 35 m. de altura sobre el nivel de la máquina y una distancia de transporte de 200 m., son necesarias las siguientes presiones de trabajo:



Largo básico de manguera \_\_\_\_\_ 40 m.

Mayor largo de manguera de transporte

(200 - 40) \_\_\_\_\_ 160 m.

Presión básica de aire de proyección pa-

ra 40 m. de manguera \_\_\_\_\_ 3.5 kg/cm<sup>2</sup>.

**P<sub>1</sub>** = Presión del cañón (rotor).

**P<sub>2</sub>** = Presión necesaria en la línea al comienzo de la manguera.

$P_2 = (160/15 + 35/8) * 0.35 + 3.5$

$P_2 = 8.76 \text{ kg/cm}^2. (125 \text{ lbs/plg}^2).$

$P_1 = 8.76 + 0.8 = 9.56 \text{ kg/cm}^2. (136 \text{ lbs/plg}^2).$

**P<sub>compresor</sub>** = 11 kg/cm<sup>2</sup> (156 lib/plg<sup>2</sup>)

Para realizar en buena forma este trabajo, deberá tomarse en cuenta las siguientes consideraciones.

--- La faena deberá tener un equipo compresor para altas presiones de trabajo.

--- Las presiones y caudales de aire, agua deberán estar garantizadas en el frente de trabajo.

--- Los agregados no deberán tener una humedad mayor del 3 %.

--- Debe exigirse la instalación de manómetros para la medición de presiones (P1, presión del cañón o de alimentación y P2, presión de la línea al comienzo de la manguera o de proyección). Normalmente las máquinas lanzadoras se suministran con un manómetro en P2.

--- Es de mucha importancia que el equipo de proyección sea suministrado con el método semi-húmedo.

El suministro y la instalación de un manómetro en P1, tendría como objetivo poder visualizar y ajustar una presión diferencial de aproximadamente 0.4 kg/cm<sup>2</sup> a 1 kg/cm<sup>2</sup> (5 lbs/plg<sup>2</sup> a 15 lbs/plg<sup>2</sup>), dependiendo del volumen de mezcla que se desea proyectar en ese momento. Cuanto mayor es la diferencia de presiones (P1,P2), dentro de ciertos límites, mayor será el volumen de material que pasa por el rotor de la maquina lanzadora.

Por todas las razones anotadas precedentemente, la inspección debería controlar y exigir, en todo momento, el buen funcionamiento de los manómetros para todo tipo de trabajo en la metodología del concreto lanzado, con la finalidad de obtener la mejor calidad de producto en la obra. Normalmente la mayoría de los contratistas, no instalan estos instrumentos o se encuentran en malas condiciones de operación.

# CAPITULO 5

## — RESTAURACION Y EFECTOS EN INGENIERIA Y ARQUITECTURA

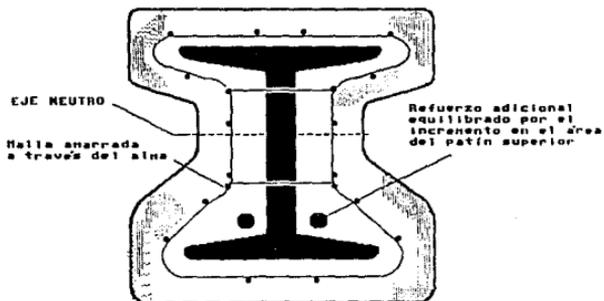
## V.1. RESTAURACION EN ESTRUCTURAS DE ACERO.

Si una estructura de acero se encuentra defectuosa por la corrosión o desgaste, debe determinarse primero que cantidad de acero se ha perdido por la erosión y entonces determinar que tanto de acero se necesita y donde deberá colocarse.

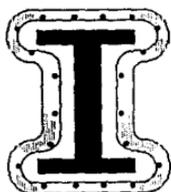
**V.1.1. Columnas;** Cuando un poste de acero se corroe, generalmente es suficiente encajonar el poste con concreto lanzado reforzado con malla para restaurar el área de compresión de la sección. El concreto lanzado que cubrirá el poste puede ser "completo" o de "contorno" (fig. 5.1).

**V.1.2. Tensores;** Cuando un tensor de acero se ha corroído, El área de la sección necesaria de acero se añade al tensor en forma de varilla. Se coloca tan cerca de la línea de centro de tensión como sea posible y se extiende en todo el largo del tensor. El refuerzo adicional puede soldarse con puntos de soldadura o amarrada con alambre al tensor; en estas condiciones se recubre con el concreto lanzado para proporcionar adherencia. (A veces es mejor proteger la varilla por otros métodos más ligeros, envolviéndolo con bitumen, o recubriéndolo con una capa de resina epoxi).

**V.1.3. Vigas;** Cuando una viga se corroe, deberán tomarse medidas separadas de la erosión en el patín inferior y superior, así como en el alma. Esto es especialmente importante en la parte de los apoyos o en cualquier área corroída o en áreas donde se reciben grandes esfuerzos como en los puntos de aplicación de carga. El

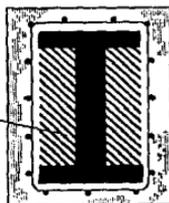


DETALLE DEL MOLDEADO CONTORNEADO



a) CONTORNEADO

relleno colocado antes de fijar la malla



b) COMPLETO

fig. 5.1 MOLDEADO DE UN POSTE O VIGA.

refuerzo deberá diseñarse no solo para compensar la pérdida de área debido a la corrosión, sino también para compensar el peso del recubrimiento.

Si la viga debe ser reforzada más allá de su valor original, el área de compresión del patín superior deberá equilibrar cualquier tensión adicional al acero a que se sujete el patín inferior, con objeto de mantener el eje neutro en su posición. No es frecuente que se presenten problemas de alabeo del alma, pero deberán examinarse las áreas de carga y cortante en los apoyos del patín.

Debe tenerse mucho cuidado al usar reglas maestras para obtener orillas definidas, ya que las uniones defectuosas de las líneas de las reglas maestras formarán hendiduras que permiten que el agua penetre en el acero.

Si el acero que va a recubrirse con concreto lanzado está muy corroído, deberá limpiarse perfectamente por medio de martillo y cepillo de alambre. No es necesario que se empareje la superficie si al eliminar todo el óxido suelto, se presenta granulada, o bien con puntos sobresalientes brillantes como acero. Sin embargo, algunas autoridades exigen que se emparejen. Es esencial que los productos que se obtienen al tratar de emparejar la superficie, tales como costras, cristales, capas sueltas, etc., se eliminen, por medio de cepillado y lavado antes de colocar el concreto lanzado.

El acero nuevo, o el acero que solamente tenga una capa polvosa

de óxido, se limpia mejor con chiflón de arena hasta llegar a un color uniforme gris "natural", inmediatamente antes de la colocación del concreto lanzado.

## V.2. RESTAURACION EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO.

Cuando una estructura de concreto reforzado se ha deteriorado por corrosión de su acero de refuerzo; es necesario eliminar todo el concreto que muestre señales de descascaramiento a lo largo de la línea del refuerzo; las grietas finas, una línea de decoloración, un sonido hueco o "cavernoso" que se oye al golpear el área, son indicaciones suficientes de descascaramiento inminente.

El acero expuesto deberá examinarse con cuidado; si está poco dañado, será suficiente colocar una capa de concreto lanzado reforzado sobre el área para restaurar la estructura. Si la corrosión del acero es grave, deberá colocarse acero adicional en la zona dañada, proporcionando las longitudes normales de traslape en cada lado de la parte dañada. Las consecuencias de debilitamiento de cualquier sección por la eliminación del concreto para llegar al acero deberá examinarse cuidadosamente antes de cortar cualquier elemento. Si el daño es grave, la estructura debe apuntalarse adecuadamente.

Cuando la corrosión en el acero de refuerzo ha sido de importancia y cuando es necesario restaurar la adherencia de una varilla, es necesario hacer un respaldo de la varilla con concreto

lanzado, previa limpieza de la parte posterior de la misma, pues no tiene objeto disparar el concreto sobre una varilla que ha sido limpiada perfectamente en su parte superior, cuando está colocada en una capa de óxido. Por otra parte, un corte vigoroso de acero de refuerzo relativamente sano, puede dar por resultado un daño mayor que el original.

Cuando la corrosión ha sido severa solamente en un tramo corto, debe examinarse todas las razones posibles acerca de la severidad del ataque. Puede ser necesario proporcionar una cubierta adicional o usar cementos especiales (resistentes a los sulfatos, cemento aluminoso, etc.), con objeto de efectuar una reparación duradera.

Para reforzar estructuras de concreto, se aplican los mismos principios que para las estructuras de acero; concreto lanzado adicional para la compresión, acero recubierto con concreto lanzado para la tensión, teniendo cuidado de no poner el diseño de la sección fuera de equilibrio.

Cuando se repare concreto en estructuras de panel, éste deberá eliminarse por completo, picando el concreto hasta llegar a un material perfectamente sano antes de reparar el área con concreto lanzado.

**V.2.1. Concreto dañado por el fuego.;** El concreto lanzado es ideal para la restauración de estructuras de concreto dañadas por el fuego. El daño superficial al concreto se manifiesta arriba de los 300° C por una coloración rosada, fácilmente reconocible si

esta familiarizado con ello; arriba de esa temperatura, el concreto se agrieta y se descascara hasta que finalmente se calcina; a temperaturas superiores a los 450° C, el acero de refuerzo empieza a perder resistencia.

Suponiendose que se verifique que el concreto está todavía en condiciones de trabajar (por ejemplo en compresión, ya sea el patín superior de una viga, o en el área de esfuerzo, o la adherencia prevista para el refuerzo principal o por cortante), y no haya sufrido daño de importancia, la reparación consiste simplemente en romper todas las zonas quemadas y picarlo hasta que se encuentre el material sano (generalmente el material sano se encuentra a 12 mm abajo de la capa de coloración rosada), antes de hacer la unión con el concreto lanzado para restaurar la forma del miembro y el recubrimiento del acero; puede añadirse acero extra a la sección para compensar la pérdida posible o comprobada de la resistencia en el acero de refuerzo original.

Los daños más severos manifestados por fuerte agrietamiento y descascaramiento de grandes áreas de concreto que se desprenden del acero de refuerzo, pueden ser aún reparados cortándolas, como se dijo anteriormente, pero añadiendo una cantidad considerablemente mayor de concreto lanzado, junto con refuerzo integral enrollado alrededor y unido al miembro dañado. Se requiere efectuar pruebas y cálculos cuidadosos para determinar la pérdida de la sección original. El concreto lanzado se coloca después de tal forma que se equilibre la pérdida y se restaure la resistencia, aunque se altere ligeramente la forma de la sección original.

Antes de cortar cualquier sección dañada, deberá apuntalarse adecuadamente la estructura para impedir el riesgo de un colapso o una deflexión excesiva que se presente durante el trabajo.

El concreto lanzado puede usarse para un rápido apuntalamiento y un parchado temporal para estabilizar áreas con daños severos, inmediatamente después de algún incendio. Es necesario el planeamiento cuidadoso para la reparación rápida de edificios de concreto dañados, pero las reparaciones con el concreto lanzado, supervisadas apropiadamente, son, sin duda alguna, de los métodos más usados por su rapidez y por ser bastante satisfactorios.

No se ha llegado a un acuerdo uniforme respecto a la forma de probar y revisar la efectividad de las reparaciones de un miembro estructural con concreto lanzado. Para determinar la unión lograda, es frecuente, pero indeseable, extraer corazones de la reparación para examinar la interfase. No se tienen noticias de haber efectuado pruebas a tamaño natural de vigas reparadas para determinar el grado de éxito, por ello, hasta que exista una evaluación, estadística, se debe asegurar el éxito mediante una supervisión estricta del trabajo durante su proceso y exigir sistemas correctos para el lanzamiento del concreto, así como la prueba de muestras representativas del concreto lanzado.

Un inconveniente grave que debe evitarse, es una fuerte concentración de acero de refuerzo. Cuando este inconveniente es inevitable, deberá usarse un aspersor de lechada para que la mezcla llegue hasta atrás de las varillas y la envuelva. En general, la

reparación de daños por incendio por medio de concreto lanzado en una tarea que se debe encargar a los operadores con experiencia.

### V.3. REVESTIMIENTO DE CABLES POSTENSADOS.

En los E.U.A., los tanques de agua contruidos con concreto lanzado (fig. 5.2), con domos del mismo concreto han trabajado, sin ser tocados, por espacio de más de veinte años. El forro cilíndrico interior se coloca sobre formas y se presfuerza con alambres enrollados a él, después de lo cual, éstos se cubren por el exterior con otra capa de concreto lanzado. Una variación de este sistema es usar una membrana de lámina de acero galvanizado corrugada continua, como cimbra de apoyo, e incorporar ésta al muro presforzado.

Otros usos de ésta técnica incluyen el postensado de chimeneas, voladizos, muros presforzados, etc.

Se hace notar que el concreto lanzado se usa en unión con alambres y no con barras o torones, ya que los alambres pueden ser cubiertos fácilmente por el concreto lanzado siempre que estén debidamente espaciados. Las barras presforzadas tienden a ser de un diámetro demasiado grande para conseguir un recubrimiento exitoso.

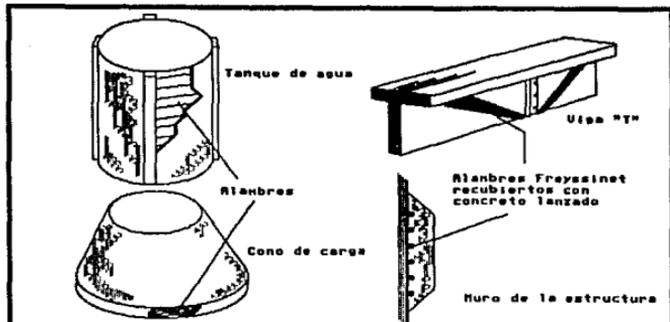


fig. 5.2 USO DEL CONCRETO LANZADO CON SISTEMA DE POSTENSADOS

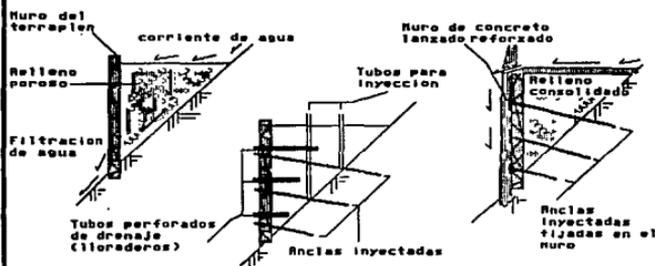


fig.5.3 REPARACION DE UN TERRAPLEN CON CONCRETO LANZADO Y MORTERO INYECTADO EN PELIGRO DE FALLA

#### **V.4. RESTAURACION DE ESTRUCTURAS MARITIMAS.**

Las estructuras construidas en el mar o cerca de éste, están sujetas a un fuerte ataque de las sales solubles que se encuentran en el aire, en la brisa o en la lluvia. Las estructuras construidas en el mar están también sujetas a ataques por la acción de las olas, desgaste por arena que se encuentra en las olas y detritus libres, así como erosión ocasionada por los micro-organismos marinos que se adhieren a las rocas.

**V.4.1. Estructuras de acero;** Las estructuras de acero se reparan en la forma antes descrita, excepto que se requiere un espesor adicional de concreto lanzado para recubrir el acero. Esto se aplica especialmente a estructuras en el mar.

**V.4.2. Estructuras de concreto reforzado;** Las estructuras de concreto reforzado pueden sufrir severamente por la corrosión y el desgaste. el concreto lanzado es muy aceptado para proteger las estructuras de puertos y lugares cercanos al mar. Las técnicas ya han sido descritas en forma general.

Es esencial que todo el concreto defectuoso sea cortado hasta obtener el material sano y seco, con objeto de efectuar una reparación duradera con concreto lanzado.

Este no será durable si se coloca sobre una base débil, flexible o de sal húmeda. Una práctica conveniente consiste en no picar el concreto durante el día y dejar que se humedezca la

superficie con aspersión fresca durante la noche, antes de aplicarle el concreto lanzado, lo cual se hará por la mañana.

Muchas estructuras de concreto reforzado construidas en o cerca del mar, parecen haber sido diseñadas como estructuras lejos del mar sin dar ningún margen a los efectos de los daños por las olas o a la corrosión por agua salada.

En general, todas las secciones de concreto lanzado reforzado deben redondearse, especialmente los postes hincados en el lecho marino. Las secciones cuadradas o rectangulares pierden sus aristas, dejando que la corrosión del refuerzo se presente con mayor rapidez. El recubrimiento deberá ser de 50 mm. ó de 40 mm., cuando menos. Cuando se coloca concreto lanzado entre las marcas de la marea alta y baja y éste se suspende un día o más, antes de continuar deberá picarse a una profundidad de cuando menos 12 mm. en la junta, antes de colocar el nuevo concreto lanzado. Todas las esquinas en ángulo recto o las agudas, deberán evitarse suavizándolas o dándoles un radio mayor para impedir la acumulación de las sales. Las juntas en los trabajos deberán reducirse a un mínimo o protegerse en forma adecuada.

El concreto lanzado ofrece una buena protección contra el ataque del agua de mar, principalmente debido a su impermeabilidad, siempre que se aplique en espesores a más de 50 mm.

Sin embargo, es recomendable que el concreto lanzado nuevo que vaya a estar en contacto periódico con el agua de mar, se le

aplique una capa delgada de emulsiones asfálticas, para que actúe como una membrana de curado, y como una superficie adicional de protección para impedir la absorción.

**V.4.3. Concreto en masa, mampostería;** La mayoría de muros marítimos se construyen, ya sea de concreto en masa o de mampostería masiva empleando bloques de roca. El concreto en masa frecuentemente es de baja calidad y poroso, por lo tanto, su resistencia a la abrasión es baja y en las playas sujetas a desgaste se deteriora con rapidez. Un concreto lanzado aplicado correctamente sobre malla gruesa bien amarrada a pernos, a las rocas o anclas inyectadas es una buena solución al problema de protección, pero en casos severos no es suficiente, y es mejor tomarla como una armadura provisional que deberá ser repuesta de tiempo en tiempo.

Las paredes de mampostería ofrecen buena resistencia a los efectos del mar, especialmente si se usan granitos o pórfidos, muchos muelles antiguos testifican la habilidad de los albañiles que los construyeron; estas construcciones son costosas y requieren de largo tiempo para ser edificadas. Muchos de esos muelles están deteriorándose y es casi imposible repararlos ya que no pueden volver a construirse de la misma forma. La técnica de rellenar con mortero las fisuras y los huecos y recubrir la cara exterior con concreto lanzado, puede tener bastante éxito, aun cuando la mampostería esté severamente dañada.

**V.4.4. Muros de mampostería-concreto;** Muchas de las estructuras de mampostería de bloques de roca tienen corazones de concreto.

Este tipo de estructuras es muy durable, pero si la parte del recubrimiento es removida por el mar, resulta mejor reponer dicho daño con un espesor de concreto lanzado. Mucho del daño, a las estructuras en el mar se presenta en el área de las marcas de marea alta y baja, de manera que no puede usarse la técnica de eliminar el agua de sal por lavado durante la noche. La superficie que va a recibir el concreto lanzado debe lavarse antes con agua dulce; si la marea va a regresar en corto tiempo, deberá usarse cemento de fraguado rápido. Frecuentemente cemento aluminoso aunque se halla tenido malas experiencias al emplearse en trabajos en defensa contra los efectos del mar. Si se va a usar concreto lanzado en un extremo de la estructura principal, se recomienda hacer una canal y disparar en ella el concreto lanzado.

El trabajo experimental efectuado por la Natural Rubber Producers Research Association, usando compuestos dispersantes de látex ha dado resultados satisfactorios ya que se ha obtenido concretos lanzados con mayor adherencia a las superficies de aplicación y una mayor resistencia a la abrasión. Estas calidades tienen una aplicación especial en trabajos marítimos.

Si el mar, fuera cual fuere su agresividad, se pone en contacto con el concreto lanzado que tenga solamente unas horas de colocado, deberán protegerse temporalmente estas superficies con tablas con contrapesos, costales de alambres con piedra esquistosa o, en caso de pilotes, revestirlos con tejidos, arpillera o de bandas transportadoras de desecho.

Si el concreto lanzado ha quedado expuesto a la erosión o al desgaste por la acción de las olas, el recubrimiento del acero de refuerzo deberá ser, de cuando menos 75 mm. y el acero de refuerzo deberá fijarse firmemente a la base con pernos enclavados en la roca o pernos fijados en las perforaciones con inyecciones de mortero.

**V.4.5. Reparaciones con concreto lanzado inyectado;** La mampostería o el concreto dañado que resulta inestable puede repararse rápidamente con una combinación de inyecciones con mortero y concreto lanzado.

La situación en que se encuentran frecuentemente muros marítimos, presas, revestimiento de canales, vertederos, muros de muelles, muros de recipientes (almacenamientos), estribos de puentes, pilotes, malecones, diques, etc. es que la estructura original se ha convertido heterogénea y contiene fisuras y canales en donde han fallado las juntas de construcción. A veces la estructura se ha fisurado, o el mortero se ha deslavado fuera de las uniones, dando por resultado que el agua, pasando libremente a través de la estructura, esté ocasionando la destrucción progresiva.

En caso de muros de terraplén, esta situación es seria ya que puede ocasionar fallas y colapsos en un tiempo muy corto. El remedio no es simplemente detener el agua que se filtra a través de la pared, ya que esto puede ocasionar una formación de presión de agua y puede acelerar la formación de la falla, debiendo impedirse el movimiento del agua y los efectos de la presión en toda

el área (fig. 5.3).

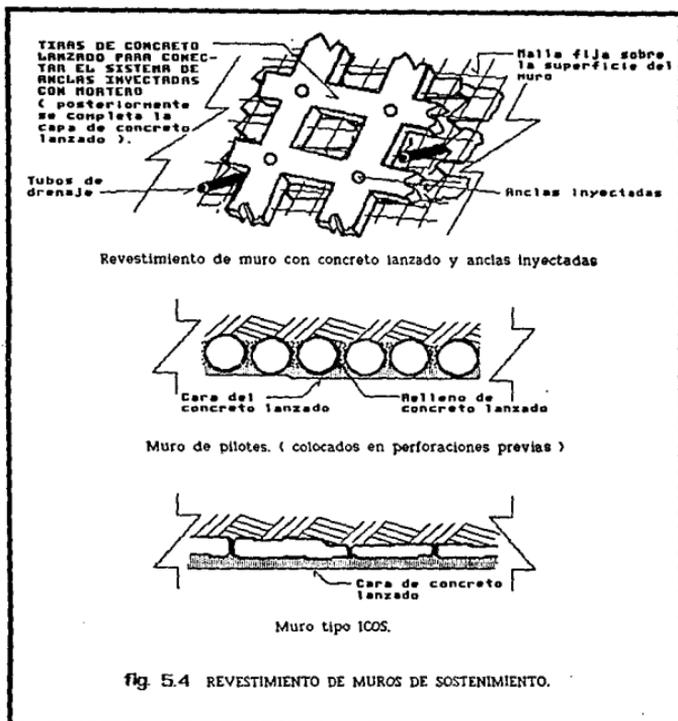
#### **V.5. REVESTIMIENTO DE MUROS DE PILOTES.**

El concreto lanzado se usa en forma creciente y conjunta con los muros de contención de diafragma tipo ICOS y en los muros de pilotes colocados en perforaciones previas. Al hacer una cimentación, cuando las paredes están expuestas durante las excavaciones, éstas se limpian y se preparan martilleándolas para eliminar todas las costras débiles de tierra, bentonita y concreto. A los muros se les forma un forro, rellenando todos los intersticios, indentaciones, etc., con concreto lanzado o empaque duro y después forrándolos completamente con una capa de concreto lanzado de 150 mm. o más, para producir una superficie durable, impermeable y lisa.

Los problemas generales de estabilización de terraplenes se presentan en el curso de estos trabajos y se trata en forma similar, por drenado, inyectado y sellado.

#### **V.6. ESTABILIZACION DE EXCAVACIONES.**

Las excavaciones en terrenos deleznablees como los de grava en una matriz de grava-arcilla, yeso, pizarras, arcilla, pueden sellarse recubriendo las caras expuestas con una capa de concreto lanzado. Esto impide intemperismo y la pérdida de la tierra y evita



los desmoronamientos del material del terraplén que pudiera caer en el fondo del refuerzo que se use en la construcción de cimentaciones, muros de contención, etc.

Depende de las condiciones especiales de cada caso para que la capa de concreto lanzado necesite ser reforzada; en caso de requerirlo, generalmente es poco, el que tiene más aceptación está hecho de telz de alambre para gallineros.

#### **V.7. COLUMNAS Y PAREDES AUXILIARES.**

Pueden construirse muros y columnas entre pisos y techos existentes, en forma tal que puedan tomar la carga total sin ningún problema de construcción (fig. 5.6).

#### **V.8. CONCRETO LANZADO HACIA ARRIBA.**

No deberá lanzarse concreto en un espesor mayor de 50 mm. en una sola vez, para que no se presenten corrimientos. Si el concreto lanzado hacia arriba es reforzado (como debe serlo siempre), el corrimiento no es siempre aparente (fig. 5.7); para lograr espesores mayores, éstos se van formando por capas.

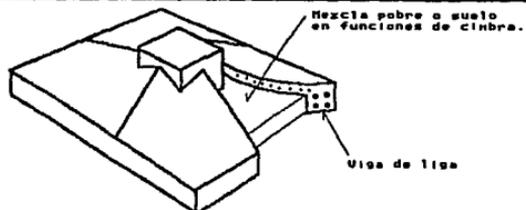


fig. 5.5 ZAPATA AISLADA PARABOLOIDE HIPERBOLICA



fig. 5.6 CONSTRUCCION DE MUROS DE CARGA Y COLUMNAS ENTRE PISOS Y TECHOS EXISTENTES.

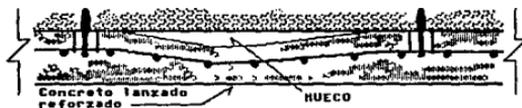


fig. 5.7 SECCION EN PELIGRO DE DESPRENDIMIENTO

## V.9. REVESTIMIENTO DE TUNELES.

Los túneles en roca dura son ideales para el uso del sistema de concreto lanzado, pero las aplicaciones con éxito del mismo dependen de una colocación concienzuda y de la eliminación de rebotes y bolsas de arena. Generalmente estos revestimientos no van reforzados. El sistema Rabcewicz consiste en hacer los lanzamientos en arcos de acero, usando por lo tanto, una capa más delgada de concreto lanzado, pero manteniendo un apoyo.

Sin embargo, dependiendo de las condiciones, los túneles en roca suave pueden ser aún más apropiados que los túneles de roca dura para el revestimiento con concreto lanzado: una lanzadora montada en la parte posterior de un escudo o máquina excavadora puede revestir el túnel continuamente conforme avanza la máquina. El ejemplo más reciente del uso del concreto lanzado es el túnel de desfuge de Balboa, de 5 m. de diámetro y 1160 m. de longitud, cerca de los angeles, donde la intensidad de avance alcanzó 30 m. diarios.

Las mezclas en los túneles tienden a contener una proporción bastante grande de agregados gruesos. Una mezcla típica contiene de 300 a 350 kg. de cemento por metro cúbico, una relación de cemento-arena de 1:4 por peso y 60 por ciento de finos, 40 por ciento de agregados gruesos hasta de 25 mm. de tamaño máximo.

## V.10. ZAPATAS.

Las zapatas paraboloides hiperbólicas (fig. 5.5) y cónicas se están volviendo muy populares para ser usadas en suelos suaves, arenas y arcillas, en los cuales se requeriría, de otra forma de cimientos profundos y anchos.

Las zapatas paraboloides hiperbólicas son ligeras, económicas y eficientes. Su eficiencia máxima depende de la elevación de su cúspide: entre más elevada, es mejor. El concreto lanzado empleado en el tipo de zapata de gran elevación en su cúspide, puede colocarse fácilmente para asegurar un buen contacto con la superficie, y el concreto colocado resulta con una adecuada resistencia al agua y una alta resistencia a la tensión.

## V.11. CONCRETO LANZADO LIGERO ESTRUCTURAL.

El concreto lanzado ligero es de un gran interés práctico para la construcción de techos o edificios completos, para aislar edificios existentes así como estructuras de acero a prueba de incendios.

Existen agregados finos ligeros de varias procedencias los cuales se emplean en proporciones de 1:3 y de 1:4.5 en volumen seco, obteniéndose un concreto lanzado ligero con pesos volumétricos que varían de 2 T/m<sup>3</sup> hasta 1.5 T/m<sup>3</sup> y puede predecirse con seguridad que alcanza una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

Los agregados que se usan varían desde pizarras hasta arcillas expansivas y cenizas combustibles nodulizadas dando estas últimas excelentes resultados. Ciertos agregados no pueden utilizarse debido a su alta fragilidad, porosidad y angularidad.

Todos los agregados ligeros requieren de un manejo cuidadoso en la mezcladora y en la lanzadora, deben usarse velocidades más lentas y presiones más bajas, de manera que no se altere su granulometría al triturar las partículas más grandes (y más ligeras). Se recomienda el uso de una boquilla intensificadora con el mortero lanzado ligero, ya que ofrece una mejor compactación y humedecimiento y menos rebote.

El concreto lanzado ligero es recomendable para usarse en techos curvos, especialmente de curvas y formas dobles incluyendo el cambio de sección como las vigas marginales con bóvedas paraboloides hiperbólicas y cilíndricas.

Las especificaciones para techos ligeros indican un espesor de solamente 50 mm; sin embargo, se recomienda de 75 mm. como un mínimo razonable con objeto de proporcionar suficiente recubrimiento al refuerzo.

Las máquinas para mezclas húmedas no pueden usarse para producir concreto lanzado ligero. Todos los agregados ligeros requieren de un humedecimiento previo antes de ser mezclados. Esto deberá controlarse cuidadosamente, de preferencia hacerlo inmediatamente antes de efectuar la mezcla con el cemento para impedir que

el agregado absorba demasiada agua. (algunos tipos de agregados pueden absorber hasta un 20% de su peso). Es necesario un cuidado extremo en la dosificación de las mezclas; pues en cualquier momento deberá conocerse el total de agua absorbida en una mezcla.

Dependiendo de sus características de absorción, los agregados ligeros, pueden aumentar su volumen seco hasta en un 30% cuando se saturan. El mejor procedimiento para dosificar las mezclas es hacerlo por peso, comprobadas precisamente en la construcción con pruebas de laboratorio: aunque es más popular la dosificación por volumen, resultando adecuada siempre que el proceso se verifique ocasionalmente mediante el procedimiento por peso.

Acabado el concreto lanzado ligero puede presentar problemas ya que las partículas de los agregados mayores tienden a salir a la superficie cuando ésta se corta o se aplanan. Sin embargo, un operador con experiencia puede, dejando pasar un poco más del tiempo normal después del falso fraguado, aplanar la superficie en forma satisfactoria. Sin embargo no es de esperar que se logrará un terminado de superficies totalmente liso. La mayoría de las estructuras ligeras se enyesan o se dejan como concreto aparente.

Los concretos lanzados de vermiculita y perlita, aunque indudablemente son muy ligeros, no se califican de ninguna manera como estructurales y se usan únicamente como recubrimientos aislantes para usos refractarios.

Las técnicas de pre-humedecimiento usadas con el concreto

lanzado ligero se aplican también al concreto lanzado refractario.

#### **V.12. CONCRETO LANZADO PESADO.**

El concreto lanzado pesado puede producirse usando agregados especiales de alta densidad. El concreto lanzado que contenga cristales de barita (sulfato de bario) es útil como material de blindaje contra radioactividad alrededor de los cuartos de isótopos, laboratorios de rayos-X, etc. La resistencia a los agentes del intemperismo sin la protección de barita, no es muy satisfactoria.

También se usan municiones de acero y limadura de fierro para sustituir una parte del volumen de arena, pero solamente en áreas protegidas. Frecuentemente se usa el concreto lanzado ordinario como una capa de contrapeso para líneas de tubería sumergidas para impedir que floten.

#### **V.13. CONCRETO LANZADO RESISTENTE A LA ABRASION.**

El concreto lanzado, siendo denso y cohesivo, es más resistente a la abrasión que el concreto normal, y puede hacerse aún más resistente usando agregados especiales. Por ejemplo, los finos pueden formarse de una parte de limadura de fierro a dos partes de roca triturada o escoria de alto horno graduada. Ciertos materiales que se obtienen como subproductos del proceso de manufactura del cemento, proporcionan un agregado de alta resis-

tencia a la abrasión especialmente cuando se usan con cemento aluminoso.

#### V.14. EFECTOS ARQUITECTONICOS.

El concreto lanzado se considera como un material para formas libres con un acabado áspero. Pueden lograrse las superficies lisas, las aristas agudas, indentaciones, trazos y nervaduras decorativas, que aunque son aceptables y altamente efectivas como decoración, son costosas y en general no resultan en beneficio de una buena mano de obra.

Como material de forma libre, las cualidades del concreto lanzado son únicas. Es responsabilidad del arquitecto usar estas cualidades y no tratar de usar el concreto lanzado como una imitación de los sistemas tradicionales.

V.14.1. Acabados finos; Para los acabados finos, se termina el trabajo principal y sobre éste se dispara una capa "relámpago" hasta de 6 mm. de espesor.

A menudo las capas "relámpago" se colorean: debe contener arena fina, la arena gruesa es preferida para el trabajo principal. Esta arena es frecuentemente del tipo especial Zona 3.

Para un recubrimiento relámpago las normas recomiendan una "formula" que consiste en:

50 kg. de cemento.

4.5 kg. de cal hidratada.

0.097 m<sup>3</sup> de arena de tamaño que pase por la criba

Nº 7 (2.36 mm.).

## V.15. CONSIDERACIONES INGENIERILES.

V.15.1. **Adherencia con concreto;** La adherencia inicial entre el concreto lanzado y el concreto es completamente mecánica, pero el endurecimiento tiene aspectos tanto mecánicos como químicos. Si la superficie que recibe el concreto lanzado está limpia pero áspera, el concreto lanzado que se coloca sobre de ella se pegará en la forma de un lodo húmedo que se lanza sobre una pared y que se convierte por el impacto, en una masa densa, cohesiva que penetra muy irregularmente en la interfase con la superficie sobre la que se lanzó. El concreto lanzado permanece en el lugar como resultado de los efectos combinados de cohesión, succión e intrusión. Una vez en su lugar, siempre que la superficie haya sido humedecida antes de la aplicación de concreto lanzado, se lleva a cabo una reacción química que da por resultado el endurecimiento del cemento para unir entre sí las masas; la adherencia de algunas pastas de cemento del concreto lanzado relativamente ricas en cemento, se verificará por acción capilar o intrusión forzada en poros y fisuras existentes en la superficie, dando por resultado un incremento efectivo final de la adherencia.

V.15.2. **Adherencia con otros materiales;** Cuando se coloca el con-

creto lanzado en otros materiales es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Concreto lanzado sobre madera; La madera deberá cubrirse con el material empleado en la construcción, para evitar que se adhiera el concreto lanzado, ya que por lo general éste material solo se usa en ocasiones como cimbra.

Concreto lanzado sobre acero galvanizado; El concreto no se adhiere al acero cubierto de zinc.

Concreto lanzado sobre aluminio; Inconveniente debido a la posible corrosión electrolítica.

Concreto lanzado sobre tabique o bloques porosos para la construcción; La adherencia se asegura humedeciendo la base porosa, de manera que siga estando reluciente por la humedad cuando se aplica el concreto lanzado.

\* El concreto lanzado no se adhiere a materiales pulidos y densos.

**V.15.3. Resistencia de la adherencia;** Los esfuerzos de seguridad para los diseños a través de uniones de concreto lanzado y otros materiales son:

A la compresión: La mitad del valor más bajo de resistencia a la compresión que se muestre en las pruebas, ya sea del concreto lanzado o del concreto base: tabique o mampostería.

Al cortante; 5.1 kg/cm<sup>2</sup>.

A la tensión; 5.1 kg/cm<sup>2</sup>.

V.15.4. Resistencia a la congelación y a la penetración del agua; Para una resistencia máxima, la superficie del concreto lanzado debe dejarse al natural. Puede obtenerse una apariencia más aceptable, ligeramente más lisa, cepillando la superficie levemente con una brocha suave aproximadamente una hora después de su colocación para remover la nata y la película de rebote adherida.

Una película de protección a la superficie del concreto lanzado en condiciones severas se logra pintando la superficie. Se ha usado pinturas bituminosas, aceite de linaza caliente, impermeabilizantes de superficie con base de cemento (por ejemplo Vandex, Deepseal), soluciones de resina o silicones y muchas otras sustancias.

V.15.5. Cimbra para el concreto lanzado; Para la construcción de trabajos de concreto común se requiere una cimbra. Para el concreto lanzado no se requiere la cimbra tan completa como en el caso del concreto normal, si no que puede usar reglas maestras.

Solamente cuando el concreto lanzado, por necesidad, se encuentra en la parte superior de la cimbra, ésta requiere de cierta resistencia estructural. Esto es necesario para soportar el peso del concreto lanzado y el acero de refuerzo, sin combarse.

La cimbra para un techo de paraboloides hiperbólicos puede ser de madera de triplay bastante gruesa y bien fija.

Se ha experimentado dificultad para quitar la cimbra del concreto lanzado, aun estando bien aceitada, por lo que se recomienda una membrana gruesa de polietileno extendida sobre la cimbra, obteniéndose con ello un buen medio de separación.

Cuando la estructura en que se va a emplear el concreto lanzado se acerca a la verticalidad, la cimbra necesita muy poca resistencia estructural, ya que el concreto lanzado se soporta por sí mismo hasta alturas considerables. Normalmente es suficiente una madera contrachapada ligera (de 8 mm.), usándose cartones duros frecuentemente (el lado áspero hacia el concreto lanzado); generalmente es mejor y más barato usar arpilleras clavadas a marcos de madera y estiradas por medio de agua, o una lechada de cemento de fraguado rápido con cloruro de calcio en solución.

Los materiales de cara lisa deberán usarse solamente cuando la cara deba colocarse con exactitud. El problema principal con la madera contrachapada ligera o el cartón endurecido, es impedir la vibración. Esto no es generalmente un problema con secciones de formas diversas o curvas, pero puede presentarse en áreas planas y debe evitarse por medio de humedecimiento o refuerzo.

La arpillera se recomienda cuando la cara exterior no tiene gran importancia y cuando su uso es sencillo. Su virtud se encuentra en su compatibilidad con el concreto lanzado -hay poco rebote inicial y ninguna vibración- es fácil de formar debido a su sencillez general de fijación y a su bajo costo.

Debido a que el concreto lanzado puede colocarse en los plafones, aun sobre superficies no absorbentes, con cuidado y colocando una malla adecuada de refuerzo, pueden construirse ciertas estructuras debajo de la cimbra sin ninguna capacidad de carga.

Es recomendable que debe estudiarse la mejor forma de usar el concreto lanzado en cualquier situación específica con objeto de disminuir el empleo de la cimbra pesada.

A veces se usan ciertos tipos de malla de metal desplegado, (aquellos con el tamaño más pequeño de abertura) como una forma para el concreto lanzado, disparando el concreto por la parte posterior de la malla al terminar la estructura principal, incorporando de esta manera la malla como parte del refuerzo.

**V.15.6. Resistencia al fuego;** El concreto lanzado se usa frecuentemente como una capa resistente al fuego y tiene una resistencia al fuego muy superior a la del concreto convencional.

## CAPITULO 6

-- CONCRETO LANZADO  
REFRACTARIO.

## VI.1. CONCRETO LANZADO REFRACTARIO.

VI.1.1. **Introducción;** Con frecuencia se usa concreto lanzado que contenga cemento Portland común como protección contra incendios en estructuras ya existentes; pero las mezclas ya sea con OPC (cemento portland ordinario) o HAC (cemento aluminoso) y tabique refractario triturado poseen propiedades refractarias considerables y se usan ampliamente en hornos de todos los tipos. La mayoría de las plantas siderúrgicas, de hornos de calcinación, sostienen un equipo de concreto lanzado en su cuadrilla, llevando programas de mantenimiento de tiempo completo. Algunas empresas suministran las mezclas apropiadas, listas para ser usadas como concreto lanzado refractario, que contienen frecuentemente cemento blanco, pentalumínato tricálcico, (tcpa).

Una ventaja principal del concreto lanzado refractario es el hecho de que puede colocarse rápidamente en grandes cantidades en áreas virtualmente inaccesibles, por ejemplo en las partes elevadas de las chimeneas, o en los rincones de los grandes hornos.

El concreto lanzado refractario es casi una ciencia aparte, especialmente cuando se usa para reparar hornos calientes entre hornadas, pues incluye un gran acopio de experiencias, lo cual da por resultado una especialización de equipo y sistemas. En el concreto lanzado refractario se conservan los preceptos básicos de los sistemas de concreto lanzado: La superficie que debe recubrirse deberá humedecerse y el concreto lanzado refractario no

deberá colocarse ni demasiado húmedo ni demasiado seco. Una buena prueba del concreto lanzado refractario in situ es raspar algo del concreto inmediatamente después de ser colocado y oprimirlo en la palma de la mano; apenas si deberá mantenerse unido formando un terrón.

Si el horno va encenderse al poco tiempo después de terminar la colocación del concreto lanzado, es necesario no usar demasiada agua, ya que el exceso de agua se convertirá en vapor y destruirá el recubrimiento o la reparación cuando el horno esté en operación. Sin embargo en todos los demás casos, deberá usarse la cantidad máxima de agua que concuerde con la estabilidad de la mezcla in situ, ya que esto asegura un recubrimiento duradero, no debiendo consentir que el lanzador esté proyectando concreto seco.

Frecuentemente se forran hornos completos con concreto lanzado refractario con un espesor de 150 mm. o mayor. En este caso se necesitan técnicas especiales de colocación, técnicas para fijar la malla y juntas de expansión. Los refractarios son fáciles de colocar y se rigidizan rápidamente, especialmente cuando se usa cemento aluminoso.

**VI.1.2. Materiales refractarios;** A veces es suficiente la arena de la Zona 2 de la grafica granulometrica como agregado y se usa, ya sea con cemento Portland ordinario, o con cemento aluminoso. Sin embargo, ciertos tipos de arenas de piedra triturada por ejemplo la basáltica, Tienen mejores propiedades refractarias que las arenas

naturales. La arena de piedra basáltica y el cemento aluminoso dan un buen servicio hasta con temperaturas de 900° C., pero en normas esta característica no está incluida.

El tabique refractario se tritura a tamaños desde 3 mm. hasta polvo (arcilla calcinada) y se gradúa en forma similar a la arena de la Zona 1. Deben estar presentes porciones finas o de polvo. Cuando se mezcla solamente el tabique refractario triturado con cemento aluminoso, sus propiedades refractarias dependen del contenido de alúmina del tabique original que fue triturado. Los proveedores tienen de diversos grados.

Las propiedades refractarias y de lanzamiento del tabique refractario triturado pueden alterarse ventajosamente con la adición de arcillas refractarias en la mezcla. Por ejemplo, un barro refractario plástico molido, se usará con una granulometría similar a:

abertura de la criba	por ciento que pasa
500µm. (Nº 30)	100
425µm. (Nº 36)	98
250µm. (Nº 60)	75

en proporciones que varían de 2:1 (tabique refractario triturado: arcilla molido) a 4:1, para usos específicos como cajas de hogar de calderas, cucharones para muestreo o cubiletes.

Los hornos que usen elevadas temperaturas y emitan grandes cantidades de residuos gaseosos necesitan mezclas aún más refinadas. Se recomienda actuar bajo el consejo que puede obtenerse fácilmente de los fabricantes de equipo o de cemento sobre el uso más adecuado de los agregados y de los cementos, para propósitos específicos.

**VI.1.3. Técnicas;** En la fig. 6.1, deberán observarse los siguientes puntos:

- 1) Una protección mixta con una capa refractaria interior (que pueden estar constituidas por tabique refractario triturado y cemento aluminoso) y una capa de aislamiento exterior (que puede ser vermiculita y cemento aluminoso), la perlita, vermiculita, etc., pueden mezclarse con el tabique refractario y arena para proporcionar una mezcla especial refractaria-aislante.
- 2) El clip especial en forma de pata "Y" para permitir movimientos por temperatura;
- 3) La profundidad mínima del refuerzo para impedir el daño por los ácidos corrosivos que penetren en la capa inferior.

En la fig. 6.1, se muestran tres tipos de grapas usadas en esta clase de trabajo. Sin embargo, cuando la temperatura de servicio excede los 400° C, no deberá usarse el refuerzo central. En este caso, el recubrimiento se fija a la estructura inferior por medio de anclas en forma de "Y" o "V" (fig. 6.2) colocadas

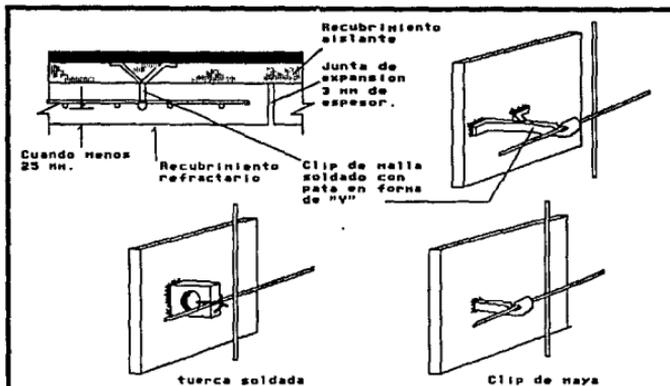


fig. 6.1 Seccion tipica de un casco de acero recubierto con concreto lanzado refractario y tipos de sujecion de malla refractaria sobre cubierta de acero.

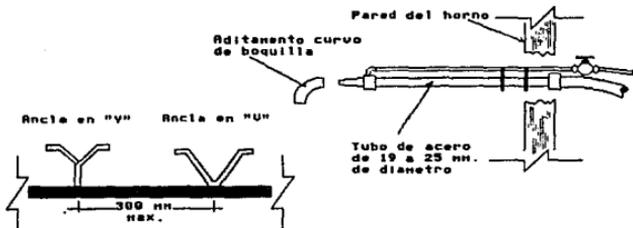


fig. 6.2 Anclas para recubrimientos refractarios sin refuerzo.

fig. 6.3 Boquilla de extension para colocacion de recubrimiento refractario

a un máximo de 300 mm. de los centros. Frecuentemente es conveniente el uso de aceros especiales (inoxidables, cromados, etc.) y aleaciones para las mallas y grapas para resistir la corrosión, pero no se proporcionan detalles o normas al respecto.

El recubrimiento refractario se coloca, siempre que sea posible, de una sola vez en todo su espesor. En los tiros y chimeneas, el concreto lanzado se coloca en franjas circunferenciales. Deberán evitarse los bordes en bisel; el trabajo diario deberá detenerse en un corte en ángulo recto según la franja y el bisel. Las juntas de expansión no son siempre necesarias para el trabajo cuando se cure correctamente el concreto, pero a veces se incluyen para proporcionar una tolerancia de expansión adicional.

Si la superficie que se va a reparar está caliente, se aplican técnicas especiales; frecuentemente un operador debe trabajar desde el lado exterior del horno, usando una boquilla con extensión introducida a través de una abertura conveniente o de un orificio hecho a propósito en la pared del horno, opuesta al área que va a repararse (fig. 6.3). Las extensiones para las boquillas no tienen forros de hule: los cuerpos se hacen generalmente de fierro fundido o aluminio (dependiendo de la temperatura que se espera). La reparación en caliente es útil para mantener la producción, pero no puede continuarse indefinidamente. Los agregados para las reparaciones de parches calientes deben estar bien embebidos antes de mezclarse, con objeto de proporcionar un exceso de agua en la boquilla.

Todas las superficies que reciban concreto lanzado refractario deberán estar libres de suciedad, polvo y de cualquier material de recubrimientos antiguos que estén sueltos o desmoronados; es muy importante e indispensable contar con una base firme para el nuevo recubrimiento, ya que una base débil provocará una falla prematura.

Después de haber colocado el recubrimiento a una profundidad que exceda ligeramente el espesor final, y cuando el concreto lanzado refractario esté firme, se corta el exceso con una llana de hoja de acero. Para asegurar la estabilidad del recubrimiento. La temperatura del horno deberá elevarse lentamente, no excediendo los 200° C. en las primeras 8 a 12 horas. Se practicarán agujeros de "cabeza de alfiler", con un diámetro aproximado de 300 mm; estos agujeros ayudarán a eliminar los vapores de agua.

Los recubrimientos refractarios se deforman considerablemente con los cambios de temperatura. Un recubrimiento existente en estado frío pueda presentar muchas grietas alarmantes, pero siempre que éstas estén bien distribuidas sobre la cara del recubrimiento y que no excedan de 2 mm. de ancho, se cerrarán al calentarse el horno.

Los agregados refractarios son temperamentales y requieren de un manejo y un prehumedecimiento cuidadoso. Algunos agregados requieren hasta de un 20% de agua de prehumedecimiento por peso antes de ser mezclados con el cemento. El proceso de prehumedecimiento es crítico: si se lleva a cabo sin tomar las precauciones

necesarias, se forman terrones que ocasionan obstrucciones al efectuar el mezclado. Es conveniente saturar los agregados refractarios, almacenarlos y permitir que se drenen libremente antes del mezclado.

Algunos agregados refractarios se suministran en barriles en su estado saturado; otros se humedecen sólo lo necesario para impedir la pérdida de los finos cuando se entregan a granel.

Los agregados demasiado húmedos originan obstrucciones muy severas. Por otro lado el humedecimiento insuficiente provoca un producto colocado defectuosamente.

La solución más profesional es el humedecimiento por premezclado, dosificando un peso predeterminado de agua con un peso de "arcilla calcinada" seca, y mezclándolo en una mezcladora de paletas o aspas para mortero antes de la revoltura final con el cemento. El contenido de agua es determinado por mezclas de prueba, por la experiencia y por las instrucciones del proveedor.

Algunas máquinas están equipadas con un equipo complicado de aspersión, regulado para humedecer la mezcla refractaria conforme se transporta mecánicamente a la lanzadora.

El concreto lanzado refractario puede considerarse como un procedimiento de aplicación muy especializado debido a la variedad existente de refractarios y condiciones de aplicación que se presentan. Cierta refractario colocado con una cuadrilla sin

experiencia, puede durar y funcionar adecuadamente por un tiempo, mientras que un refractario ligeramente de menor calidad colocado con mayor cuidado y mejor técnica puede durar por mucho más tiempo.

Las empresas especializadas guardan celosamente sus recetas secretas y su técnica, tendiendo a mantener una lista de visitas programadas a clientes regulares. Sin embargo los fabricantes de equipo y cemento están deseosos y dispuestos a aconsejar y a dar especificaciones en casos individuales.

TABLA DE MATERIALES PARA USO REFRACTARIO.

MATERIAL REFRACTARIO	RANGO DE TEMPERATURA	TIPO DE RECUBRIMIENTO	OBJETIVO PRINCIPAL DEL RECUBRIMIENTO
Arena y cemento Portland ordinario	Hasta 150°C.	Denso	(2)
Arena y cemento aluminoso (HAC)	Hasta 300°C.	Denso	(2)
Tabique refractario triturado o arcilla calcinada y HAC.	Hasta 1200°C *	Denso	(1) y (2)
Arcilla expandida (o escoria espumosa, ceniza pulverizada de combustible, etc.) y HAC.	Hasta 900°C.	aislante	(1) , (2) (3) y (4)
Diatomita calcinada y HAC.	Hasta 900°C.	aislante	(1) , (2) (3) y (4)
Perlita y Vermiculita y HAC.	Hasta 900°C.	aislante	(1) , (2) (3) y (4)
Agregados refractarios de alta temperatura y HAC.	Hasta 1200°C	Denso	(1) , (2) (3) y (4)

\* Para temperaturas más elevadas se requiere generalmente cementos topa. (pentaluminato, tricálcico).

Los objetivos principales de recubrimientos refractarios son:

- (1) impedir el sobrecalentamiento de las estructuras exteriores (acero, concreto y tabique),
- (2) actuar como recubrimiento protector de la estructura exterior (para impedir la corrosión).
- (3) disminuir las pérdidas de calor con los gases de combustión;
- (4) impedir que la temperatura de la superficie interior de la chimenea sea inferior a la temperatura del punto ácido de condensación de los gases de desperdicio.

## CAPITULO 7

— CONTROL DE CALIDAD.

## VII.1. CONTROL DE CALIDAD.

En forma práctica, podemos dividir el control de calidad en dos conceptos, uno conocido como el control de producción, que es la serie de pruebas que debe realizar el laboratorio del contratista con objeto de detectar oportunamente cualquier posible desviación respecto a las especificaciones y poder efectuar los ajustes que procedan; el otro concepto es el que se conoce como verificación de la calidad, que son la serie de pruebas que realiza el propietario por conducto de su laboratorio para verificar el cumplimiento de la calidad del producto terminado.

### VII.1.1. Control de producción

En el caso del concreto lanzado mediante el procedimiento de "mezcla húmeda", las pruebas de control pueden ser las mismas que con el concreto hidráulico colocado con métodos convencionales, motivo por el cual se tratará el caso del control del concreto lanzado con el método de "mezcla seca".

Diseño de mezclas; No se han desarrollado sistemas que faciliten el diseño de las mezclas de concreto lanzado, por lo tanto, en la actualidad este diseño se realiza en forma empírica mediante ensayos o pruebas de construcción.

Estos ensayos consisten en lanzar concreto sobre tableros (artesas) de aproximadamente 60X60 cm. y espesor de 10 a 15 cm.,

con los materiales previamente aprobados y con los proporcionamientos considerados como tentativos, empleando el equipo y el personal que ejecutará el trabajo.

Los principales objetivos de estos ensayos de preconstrucción son:

- a) Verificar el comportamiento de las mezclas ensayadas, en cuanto a su permanencia, estabilidad y aspecto.
- b) Determinar la proporción de material de rebote.
- c) Apreciar la homogeneidad y compacidad en el concreto con el equipo y personal empleado.
- d) Verificar la resistencia a compresión del concreto.
- e) Definir los materiales y la proporción con que éstos deben emplearse.
- f) Calificar al lanzador.

Pruebas de control; Para efectuar un control de producción eficiente, es recomendable efectuar los siguientes trabajos:

-- Pruebas a los materiales;

a) Cemento.

Con anticipación al comienzo de la obra, deben efectuarse ensayos de calidad (análisis físicos y químicos) al cemento que se piensa utilizar con objeto de verificar el cumplimiento de especificaciones; durante la realización de los trabajos deben efectuarse ensayos periódicos, esta periodicidad depende de los volúmenes que se empleen, generalmente se acostumbra ensayar una muestra al mes.

b) Aditivos.

Una vez aprobado el uso de aditivo con base en los resultados obtenidos en los ensayos de preconstrucción, debe determinársele algunas propiedades índice como puede ser: color, peso específico, Ph, etc. Cada vez que se adquiriera un nuevo lote, debe verificarse su uniformidad mediante esas características además de su comportamiento mediante la determinación de tiempos de fraguado y ensayos de resistencia.

c) Agregados.

Antes de ser aprobados los agregados, deben ser sometidos a las pruebas indicadas en las especificaciones, con objeto de comprobar su calidad. Durante el desarrollo del trabajo deben efectuarse pruebas periódicas para verificar que no han cambiado sus características. En el caso de la mezcla seca de grava y arena se recomienda que la humedad se mantenga entre 3 y 8% por lo tanto

es necesario verificar frecuentemente esta humedad.

-- Análisis de la "mezcla seca";

Esta tipo de análisis se realiza con objeto de juzgar la homogeneidad de la "mezcla seca" (cemento-grava-arena) y verificar el contenido de cemento, esto es conveniente efectuarlo una vez por día de trabajo; el procedimiento consiste en lo siguiente:

- De una revoltura seca, elegida al azar, se obtienen dos muestras que representen dos porciones de la misma. Simultáneamente se obtienen muestras de grava y arena si se dosifican por separado, o bien de la mezcla grava-arena.

- A las muestras de grava y arena, o bien de la mezcla grava-arena, se les determina el porcentaje de material que pasa por la malla N° 100 o 200 por la vía húmeda, además de determinar su granulometría y contenido de humedad.

- A las muestras de mezcla seca se les determina igualmente la proporción de material más fino que la malla 100 o 200 por vía húmeda y posteriormente su composición granulométrica. tanto en los agregados como en la mezcla seca debe emplearse la misma malla.

- A partir de la información anterior, pueden determinarse en la mezcla seca, hechas las correcciones correspondientes, la proporción de grava, arena y el contenido aproximado de

cemento. Este contenido de cemento es más preciso cuando en el lavado se emplea la malla Nº 200.

De la comparación de los resultados obtenidos en muestras compañeras puede juzgarse la homogeneidad de la revoltura o la posible necesidad de modificar las operaciones de mezclado; De la comparación del contenido de cemento determinado contra el teórico supuesto, es posible juzgar la eficiencia de la dosificación y efectuar los ajustes necesarios.

Ensayes de resistencia; En el caso del concreto lanzado la resistencia se determina ensayando a compresión núcleos extraídos de tableros de prueba (artesa de madera), similares a los indicados en los ensayos de preconstrucción y lanzados durante la realización de los trabajos, estos núcleos generalmente son de 3" de diámetro.

Es conveniente efectuar ensayos a edades anticipadas (24 ó 48 Hrs.) a fin de compararlas con las obtenidas en los ensayos de preconstrucción y juzgar anticipadamente si se cumplirá con la resistencia a la edad de proyecto efectuando correcciones en caso necesario. Estas pruebas anticipadas pueden efectuarse además de las que se realicen a la edad de proyecto.

Es recomendable determinar el peso volumétrico en los núcleos antes de ensayarlos para detectar posibles deficiencias de compactación lo que podría indicar un lanzado deficiente.

### VII.1.2. Verificación de calidad

La verificación del cumplimiento de especificaciones de resistencia de concreto lanzado, se realiza generalmente con base en resultados a siete días de edad, sin embargo hay ocasiones que en las especificaciones de obra indican que los ensayos se realicen a los 28 días.

Como en el caso de control de producción, los ensayos de resistencia o compresión se efectúan en núcleos, generalmente de 7.5 cm de diámetro extraídos de tableros de prueba lanzados para estos fines.

Resultados de ensayos; para ilustrar los trabajos de control de producción de concreto lanzado se presentan los resultados de algunas pruebas efectuadas en diversas obras.

Ensayos de aditivos; Con objeto de seleccionar el tipo y dosificación adecuada del aditivo, entre 4 marcas, 3 de ellas en polvo y una líquida, empleando dos marcas de cemento, se efectuaron los siguientes ensayos:

- Tiempo de fraguado (final).
- Resistencia a compresión en pasta a 4, 8 y 24 Hrs. de edad.

**Condiciones de prueba:**

Existiendo la posibilidad que ocurrieran tiempos de fraguado del orden de 20 segundos, se estableció un procedimiento que permitirá efectuar la primera observación en ese tiempo bajo circunstancias comparativas. Las principales condiciones establecidas fueron las siguientes:

- a) Se uso una relación agua/cemento constante igual a 0.35, para producir pastas de consistencia ligeramente menos secas de lo normal como se define en el método ASTM C-187.
- b) La determinación de tiempo de fraguado con el aparato de VICAT, de acuerdo al método ASTM C-191. La primera penetración se efectuó a los 20 segundos de haberse iniciado el mezclado. Se considero como tiempo de fraguado final cuando la aguja de 1 mm. de diámetro ya no penetro en la pasta.
- c) El mezclado de cemento, agua y aditivo, se realizo mecánicamente durante 10 segundos empleando la velocidad media de la batidora para pasta de cemento especificada en el método ASTM C-305.
- d) Para la elaboración de los especímenes de resistencia se emplearon moldes cilíndricos de 5 cm de diámetro y relación de esbeltez igual a dos. Para cada edad de pruebas se elaboraron dos especímenes de cada mezcla.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 7.1

Ensayes de preconstrucción; En la tabla 7.2, se presentan los resultados de ensayos de preconstrucción, en los cuales se emplearon 3 aditivos líquidos en 2 dosificaciones cada una. En la gráfica 7.1 se presenta el desarrollo de la resistencia de cada una de las mezclas.

Correlaciones; En las gráficas 7.2, 7.3, 7.4 y 7.5, se presentan correlaciones obtenidas en 2 frentes de lanzado entre la resistencia a compresión a 7 días de edad con el contenido de cemento y de la resistencia con el peso volumétrico del concreto endurecido.

Como puede observarse en las figuras antes indicadas, en ningún caso se obtuvo una correlación medianamente aceptable, sin embargo, analizando los promedios globales, puede verse que a un promedio mayor en el contenido de cemento, corresponde un promedio mayor a la resistencia.

#### VII.1.3. Adherencia.

La prueba de adherencia es peculiar para el concreto lanzado, puede especificarse cuándo la adherencia del concreto lanzado a la base, es de primordial importancia, como en revestimientos de túneles, capas resistentes a la abrasión, reparaciones de muros marítimos, etc.

TABLA 7.1

ESTUDIO DE ADITIVOS

MEZCLA	TIEMPO DE FRAGUADO (segundos)	RESISTENCIA 4 hrs.	COMPRESION 8 hrs.	Kg/cm <sup>2</sup> 24 hrs.
C-S	150	25	99	150
C-R	3780	23	121	158
C-P	165	20	152	184
C-E	1442	13	60	--
T-S	107	14	67	111
T-R	5040	13	102	154
T-P	60	25	73	146
T-E	1700	4	12	--

Los aditivos en polvo se dosificaron al 3% de peso del cemento y el aditivo líquido se dosifico sustituyendo el 25% del agua.

CLAVE DE LAS MEZCLAS

- C - CEMENTO CRUZ AZUL TIPO II
- T - CEMENTO TOLTECA TIPO I
- S - ADITIVO SIGUNITE; 3% EN PESO DE CEMENTO.
- R - ADITIVO RAPIDUR; 3% EN PESO DE CEMENTO.
- P - ADITIVO POZ-LIG; 3% EN PESO DE CEMENTO.
- E - ADITIVO STABILATOR; 25% DE CONTENIDO DEL AGUA.

TABLA 7.2

ENSAYES DE PRECONSTRUCCION

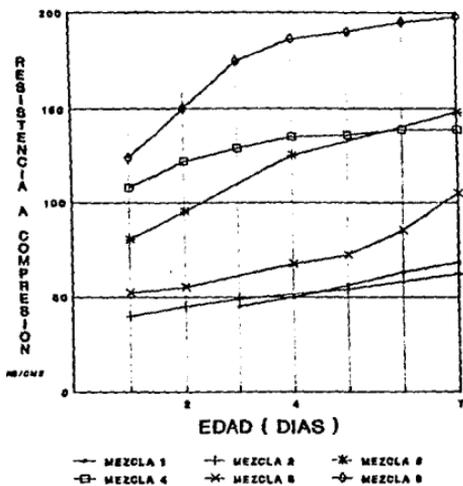
MEZCLA	TIEMPO DE LLENADO (seg)	TIEMPO DE FRAGUADO (min)	REBOTE %	PESO VOLUMETRICO kg/m <sup>3</sup>	RESISTENCIA A COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )		
					2 dias	4 dias	7 dias
1	40	20	29.4	2136	*	50	63
2	60	7	31.0	2127	48	54	61
3	46	5	30.7	2191	95	120	147
4	50	13	20.8	2185	101	131	138
5	54	mas de 30	10.8	2140	58	68	107
6	60	1	38.2	2190	126	176	196

\* No fue posible extraer núcleos a 2 dias.

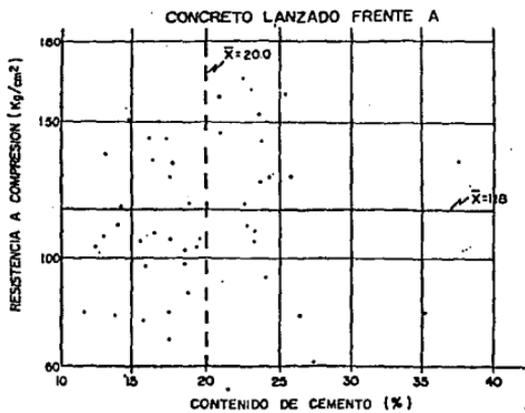
NOTAS:

- El tiempo de fraguado se determinó comparativamente con un penetrómetro manual, a partir de la terminación del lanzamiento sobre el tablero.
- El rebote se determinó en cada caso pesando el concreto colocado y el que rebotó, calculando el rebote como la relación del peso del material rebotado entre el peso total del material (colocado más rebotado).

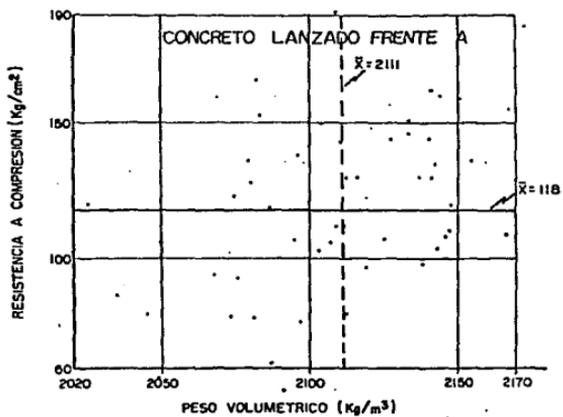
## ENSAYES DE PRECONSTRUCCION



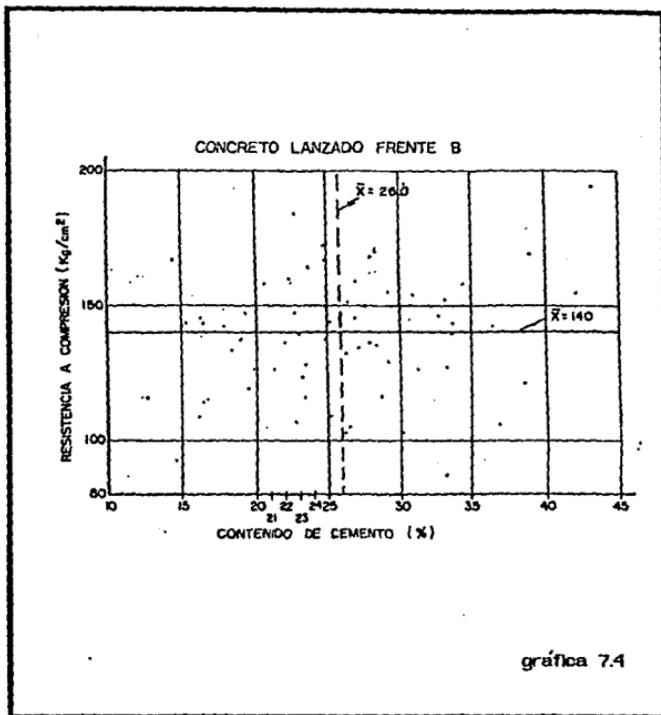
gráfica 7.1

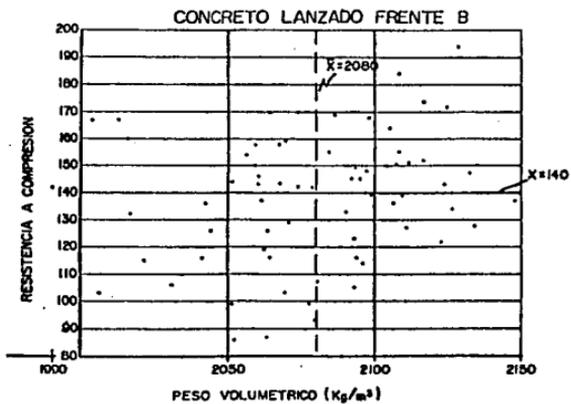


gráfica 7.2



gráfica 7.3





gráfica 7.5

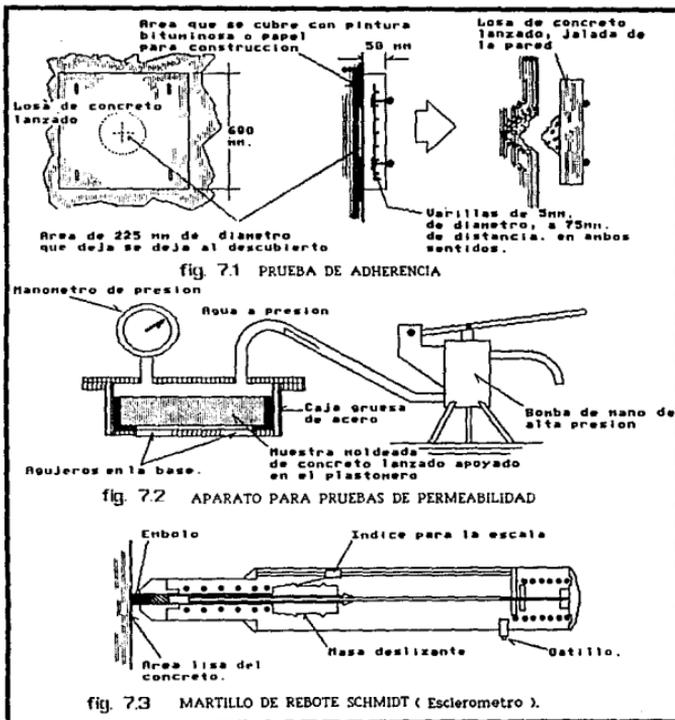
Mas que una prueba es una demostración, ya que el objeto que se persigue en esta práctica es jalar la losa de concreto, de diez días de edad, de la pared y arrancar con ella un pedazo de pared (fig. 7.1), entonces esto demuestra que la adherencia del concreto lanzado es mayor que la resistencia de la base, lo que se logra con frecuencia. Si ocurre una ruptura clara en la interfase, el jalón en la falla se registra por medio de un tensómetro unido a un cable de malacate. El tensómetro medirá la resistencia a la adherencia, la cual debe ser superior a 10.2 Kg/cm<sup>2</sup> para que el valor de la adherencia sea aceptable para fines estructurales.

#### VII.1.4. Absorción.

El agua absorbida por una muestra de concreto lanzado por inmersión simple, no debe exceder del 10%, siendo normal del 6 al 7%.

#### VII.1.5. Permeabilidad.

En la mayoría de las pruebas de permeabilidad se aplican presiones elevadas de agua por un lado de la muestra y se determina (en caso de haberla) el grado de permeabilidad. El concreto lanzado es muy impermeable lo cual puede demostrarse con una sencilla prueba en un recipiente a presión, donde se coloca una muestra de concreto lanzado de 50 mm. de espesor, el cual puede soportar una presión de 7.14 Kg/cm<sup>2</sup> sin que se aprecie filtración alguna (fig. 7.2).



#### VII.1.6. Resistencia a los ácidos.

La resistencia al ataque de los ácidos se determina por inmersión de diversas muestras en varias concentraciones de ácido por determinado tiempo. En general el concreto lanzado tiene una resistencia superior a la del concreto normal debido a su alto grado de compactación y a su alto contenido de cemento. El empleo de cemento aluminoso o del cemento resistente a los sulfatos, incrementa aún más esta resistencia.

#### VII.1.7. Prueba con el martillo Schmidt (esclerómetro).

El uso del martillo Schmidt (fig. 7.3) tiene muchas ventajas al emplearse en el concreto lanzado. Los martillos para prueba de superficie de este tipo, son cada vez más confiables, teniendo también la excelente ventaja de que puede probarse en áreas extensas sin grandes dificultades.

Las superficies a las cuales se aplica el concreto lanzado pueden probarse para determinar su sanidad estructural, por ejemplo en áreas dañadas por el fuego, muros marítimos; y una vez aplicado el concreto lanzado también puede probarse, no solamente en cuanto a su uniformidad en resistencia sino también para detectar la presencia de partes huecas, que muestran lecturas muy bajas, con relación al resto de la superficie.

Debe tenerse cuidado cuando se use el martillo, de seleccionar un área plana, libre de irregularidades para efectuar la prueba; quedando prohibido colocar el martillo en una superficie áspera. Para conseguir una superficie lisa y uniforme es necesario raspar o esmerilar una pequeña área.

Los valores obtenidos de la resistencia por el rebote del martillo Schmidt, pueden considerarse como valores relativos de la resistencia del elemento in situ.

#### VII.1.8. CONCLUSIONES.

Con base en los resultados obtenidos en un gran número de pruebas efectuadas al concreto lanzado, se concluye lo siguiente:

a) Los aspectos más importantes en la calidad del concreto lanzado pueden considerarse los siguientes:

- Habilidad y conocimiento del lanzador.
- Procedimiento de mezclado de la "mezcla seca".
- Dosificación y mezclado del aditivo.
- Presiones de lanzado.

b) Debido a que en general los ensayos en corazones ó núcleos presentan grandes variaciones, es necesario que tanto la extracción como el ensayo se realice cuidadosamente de acuerdo

a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana C-169, a fin de obtener resultados confiables. Además con objeto de éstos núcleos representen lo más posible al concreto colocado en la estructura, el lanzado en las artesas o tableros debe efectuarse fijando adecuadamente el tablero en la zona de la estructura por lanzar y llenarlo en forma simultánea al lanzado en la estructura.

c) Como pudo observarse, no es fácil obtener correlaciones aceptables entre la resistencia a compresión y el contenido de cemento y menos entre la resistencia y el peso volumétrico. Se considera que esto se debe básicamente al poco control que existe en la dosificación del agua , del cual depende de su totalidad de lanzado, además de las variaciones existentes en la determinación del contenido de cemento.

d) Es recomendable el desarrollo de nuevos procedimientos que permitan la obtención de muestras más representativas y con menos variabilidad para determinar la resistencia del concreto lanzado.

## CAPITULO 8

### — TECNOLOGIA DE COLOCACION DE ANCLAS.

## VIII.1. INTRODUCCION.

El anclaje, constituye uno de los elementos más fundamentales que intervienen dentro de las técnicas modernas de sostenimiento, particularmente del nuevo método austriaco de construcción de túneles. De una manera general se distinguen tres grandes tipos de anclaje:

VIII.1.1. Anclaje de sostenimiento puntual; El anclaje de sostenimiento puntual tiene por objeto el de conectar de una vez que se tiene la superficie excavada a uno o varios puntos profundos de roca intacta. El anclaje se asegura por un dispositivo mecánico: perno a la grieta y cuña (anteriormente), y actualmente perno de anclaje de expansión, que constituye una versión moderna de la técnica precedente, (fig. 8.1). Sólo la técnica de anclaje a la expansión será tomada en consideración. El anclaje simple (al fondo del barreno) o múltiple (en varios puntos) se obtiene por el bloqueo de 2 medias zapatas sobre la pared del barreno, seguido de la introducción de una cuña por tracción mecánica obtenida por atorillado. La puesta en tensión del ancla por presfuerzo-inducido por el enroscado de la tuerca de la cabeza del ancla o por la expansión o descompresión del terreno es indispensable para obtener una buena eficiencia de éste sistema de sostenimiento. La ventaja mayor del anclaje puntual es que su colocación es rápida, así como de eficacia inmediata, la cual no se mantiene más que durante el tiempo que la roca no sufra ningún movimiento a la vecindad del anclaje. Este tipo de anclaje puede además colocarse en caso de filtraciones de agua a través del barreno. La ausencia de recubri-

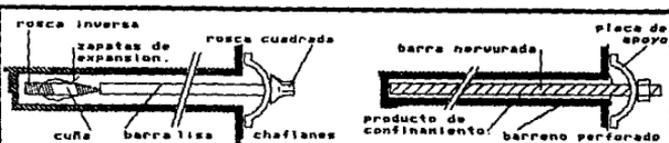


fig. B.1 ANCLA MECANICA PUNTUAL

fig. B.2 ANCLA CONFINADA EN TODA SU LONGITUD



fig. B.3 ANCLA CONFINADA EN MORTERO POR LA TECNICA PERFO.

fig. B.4 ANLAJE POR MEDIO DE BARRA NERVURADA HINCADA EN EL TERRENO

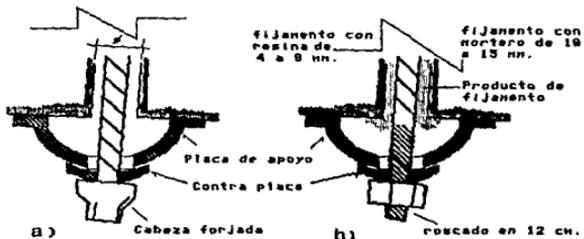


fig. B.5 PLACA DE APOYO PARA CABEZA DE ANLAJE

miento en el ancla, limita la perenidad debido al riesgo de corrosión.

VIII.1.2. **Anclaje de sostenimiento repartido;** (Anclas de fricción), El anclaje de sostenimiento repartido consiste en armar la roca por medio de barras metálicas fijadas en toda su longitud, dentro del barreno de anclaje. El producto de sujetamiento es generalmente la resina o mortero de cemento (fig. 8.2).

a) Sujetamiento con resina; Este tipo de anclaje conviene en particular en las rocas sanas de baja porosidad, de tal forma que permitan una calibración perfecta del barreno al ancla. El juego entre el ancla debe estar comprendido entre 2 y 4 mm. teniendo en cuenta que el volumen de resina (producto relativamente caro) se introduce en cartuchos dentro del barreno está cuantificado en forma justa.

b) Confinamiento con mortero; Dos grandes tipos de anclaje con confinamiento de mortero se utilizan comúnmente dentro de la técnica Perfo (fig. 8.3). En el primer tipo de anclaje el mortero se introduce por medio de 2 medios tubos metálicos perforados; en el segundo caso se inyecta mortero en el barreno de anclaje. El confinamiento con mortero inyectado se recomienda particularmente en los terrenos fisurados o muy heterogéneos. La utilización del mortero permite una tolerancia un poco más grande sobre el barreno de anclaje. El único imperativo es llenar todos los huecos.

c) Anclaje con barras nervuradas hincadas en el terreno; (fig 8.4), En ciertos casos particulares los anclajes anteriores no se pueden realizar, debido a la imposibilidad de la perforación de un barreno estable. Un anclaje útil puede sin embargo, colocarse naturalmente en los suelos con un ángulo de fricción interna alto, hincando barras nervuradas en el masivo; dichas barras tendrían una resistencia a la extracción mas débil que la de las barras confinadas. Como toda ancla sin recubrimiento, la perennidad de las barras hincadas en el terreno puede ser limitada.

## VIII.2. PERFORACION DE BARRENOS.

El diámetro de los barrenos de anclaje depende del tipo de ancla. Para las anclas de sostenimiento puntual, es el diámetro de las zapatas de expansión el que fija el diámetro del barreno de perforación; un juego de 2 a 4 mm. debe prevenirse para facilitar la penetración del ancla dentro del barreno (a título indicativo, el diámetro del barreno es de más o menos el doble del de la barra de anclaje).

Para las anclas de sostenimiento repartido, el diámetro de los barrenos de anclaje debe ser el de la barra de anclaje, aumentando de 4 a 8 mm para el confinamiento de la resina, y de 10 a 15 mm para el confinamiento del mortero. La técnica PERFO requiere de diámetros particularmente de barrenación.

La longitud del barreno de perforación (medido a partir del terreno y del revestimiento eventual) debe ser tal que cuando disminuyen la longitud de la rosca, para el anclaje con confinamiento de resina, la longitud óptima de perforación deberá ser rigurosamente respetada.

Dentro de lo posible, es conveniente orientar los barrenos perpendiculares al sistema principal de fracturas del masivo rocoso a fin de disminuir al máximo las discontinuidades. El ángulo del ancla con la pared deberá ser mas bien superior a 60°. Se recomienda que la boca del barreno, sea situada en lo posible en una zona de roca intacta sin fisuras.

Al término de la perforación, hay que limpiar el barreno con aire comprimido o con agua para asegurar una buena adherencia de la resina o del mortero a la pared del barreno de anclaje.

Puede ser útil si hay riesgo de caída de bloques durante las operaciones del anclaje, el proyectar sobre la superficie excavada una capa delgada (3 a 5 cm.) de concreto sobreacelerado, llamada "capa de seguridad". Esta operación interviene antes de la perforación de los barrenos de anclaje.

### VIII.3. ANCLA.

Se designa por punto o dispositivo de anclaje la parte del ancla situada en el fondo del barreno y por "Cabeza" la parte en

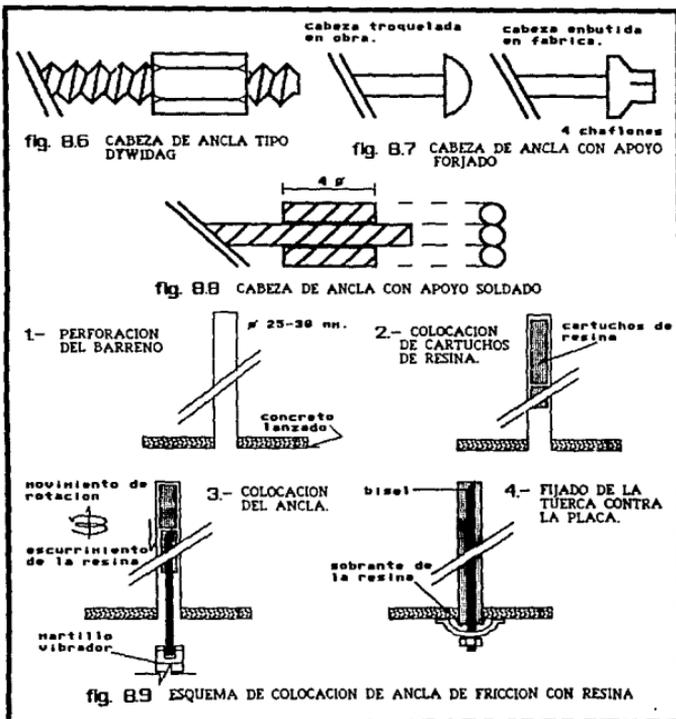
superficie, la barra es la parte central.

VIII.3.1. **Barra;** Para la colocación de anclajes ligeros, entre otros; los trabajos subterráneos, las anclas de 2 a 5 m de longitud son generalmente utilizadas.

Es deseable para el anclaje puntual que las barras sean lisas y para las anclas de sostenimiento repartido que las barras sean nervuradas, a fin de aumentar la adherencia de la barra en el interior de la vaina de confinamiento. Las barras "en espina de pescado" pueden ser igualmente utilizadas.

VIII.3.2. **Punto o dispositivo de anclaje;** Las anclas de sostenimiento puntual terminan en un dispositivo de anclaje constituido una parte por 2 medias conchas (zapatitas), las cuales se encuentran unidas por una abrazadera en la parte inferior; como segunda parte, se encuentra una cuña forjada que va en el interior de las medias conchas. Un dispositivo de preanclaje del ancla es generalmente previsto para este tipo de anclas.

Las anclas de sostenimiento repartido (con confinamiento a la resina o con mortero) tienen la extremidad generalmente cortada en bisel para asegurar, en particular en el caso de confinamiento con resina, la rotura de los cartuchos en el momento de la introducción del ancla en el barreno cargado, de tal forma que la resina tome contacto con la barra del ancla y la roca.



El ángulo óptimo del bisel decrece con la longitud del ancla, de acuerdo a la tabla siguiente:

Longitud del ancla	Angulo del bisel
2 m.	45°
3 m.	30 - 35°
4 m.	20°

VIII.3.3. **Cabeza del ancla;** La cabeza del ancla puede ser forjada o roscada (fig 8.5), con una longitud de 12 a 15 cm. y provista de una tuerca de seis chaflanes roscados en 25 mm. Existen igualmente en el mercado barras nervuradas con tuercas especiales las cuales pueden roscar directamente en dichas barras, sirviendo las nervaduras como rosca. (fig 8.6)

Por razones económicas, uno puede utilizar varillas para concreto cortadas y biseladas en el lugar, la rosca y la tuerca se reemplazan por un apoyo que retiene la placa; es indispensable entonces el hincar el ancla hasta el fondo hasta que la placa sea bloqueada, este apoyo puede ser una cabeza forjada o embutida (fig 8.7), ya sea por 2 pedazos de varilla soldados en la extremidad del ancla (fig 8.8). Estas cabezas de anclas de apoyo fijo presentan el inconveniente de no poder ser desenroscadas cuando una convergencia excesiva de la clave lleva el ancla a la vecindad de su límite elástico.

#### VIII.4. PLACAS DE APOYO Y CONEXIONES ENTRE ANCLAS.

La tuerca donde la reacción de la cabeza del ancla se apoya generalmente está constituida por una placa de acero de 6 a 8 mm. de espesor y de 15 a 29 cm. de lado.

Es aconsejable que en el centro de la placa presente una hendidura esférica, una contraplaca permite entonces al ancla orientarse oblicuamente con respecto a la pared normal (fig.8.5). Si las cabezas de las anclas están provistas de tuercas, las placas serán entonces fijadas contra la pared después del endurecimiento de la resina (15 min. aprox.) o de mortero (24 hrs.), con la ayuda de un dinamómetro se puede calibrar la tensión inicial del ancla. Si por otra parte el ancla no tiene rosca, la fijación de la placa se obtiene más o menos a largo plazo, seguida a la expansión (por descompresión) del masivo.

Cuando el sostenimiento comprende marcos metálicos, es frecuente que las anclas sean solidarias con estos últimos por intermedio de placas. Cuando la colocación de las placas de apoyo se hace en una sobre-capa de concreto lanzado, no armado, es aconsejable proceder a fijar la placa sobre el concreto fresco, con el objeto de obtener un mejor apoyo de la placa y un retaque de la parte cóncava de dicha placa.

En los terrenos muy fracturados (de resistencia baja), es cada vez más necesario sustituir las placas de apoyo por placas

metálicas (por ejemplo placas de envoltura) uniendo las anclas. Este blindaje asegura un ligero sostenimiento del masivo entre las anclas. En tales circunstancias, la densidad del anclaje debe ser aumentado.

La unión de la superficie entre las anclas puede igualmente realizarse con malla metálica o por una capa de concreto lanzado armado con malla metálica electrosoldada.

### VIII.5. ANCLAJE Y FIJACION DE ANCLAS.

VIII.5.1. Anclaje puntual; El anclaje mecánico puntual se obtiene por la introducción en la pared del barreno de 2 medias conchas (zapatas) a la expansión producida por una cuña forjada la cual se desplaza interiormente por el enroscado de la barra. Las zapatas (generalmente en fierro colado) se incrustan al terreno en cuestión como en compresión radial. Durante la puesta en tensión (o pretensado) del ancla, el anclaje trabaja al esfuerzo cortante globalmente, el sistema de expansión mecánico utiliza, en parte restringida, las capacidades locales de la roca a la compresión y al esfuerzo cortante. Es indispensable que la roca sea de buena calidad en la zona del anclaje.

A este tipo de ancla se le llama auto-apretable, lo que significa que el mismo se pone a tensión automáticamente bajo el efecto de la descompresión o de la expansión del terreno. A pesar de esta ventaja, se recomienda hacer una buena tensión del ancla

cuando se coloca; para este efecto el empleo de herramienta dinamo-métrica es aconsejable.

Existen en el mercado varios tipos de anclaje de expansión, el escoger el adecuado es un tan delicado, ya que depende del tipo de roca por anclar. El anclaje óptimo se determina después de haber hecho ensayos previos en el sitio.

#### VIII.5.2. Fijación con resina

Cargas de resina; Las resinas de tipo poliéster, aseguran una fijación a muy alta resistencia. La polymerización se obtiene por la mezcla dentro del barreno de anclaje de dos componentes introducidos bajo la forma de cartuchos plásticos.

Estas cargas de resina se presentan en general en la forma siguiente (fig 8.9).

--- Una envoltura exterior que contiene masilla, el acelerador y el estabilizador.

--- Una envoltura interior que contiene el catalizador impregnado en arena.

Eventualmente una protección exterior (malla de plástico), provista de un collarín para retener las cargas dentro del agujero en pendientes fuertes (verticales), orientados hacia arriba.

Las resinas presentan problemas de almacenamiento antes de su empleo; en efecto, sus características pueden decrecer rápidamente con el tiempo. Por lo que se recomienda utilizar cargas de resina frescas o cuando menos tener cuidado de sacarlas del almacén rápidamente en el momento de su colocación y regresar el sobrante inmediatamente. El estado de conservación de los productos almacenados debe ser objeto de un control constante, con el objeto de evitar endurecimientos prematuros indeseables antes de la colocación.

Normas y dimensiones de los elementos; El manejo de diversos productos contenidos dentro de las cargas será un tanto mejor cuando el espacio anular entre el ancla y la pared del barreno sea más pequeña. Un espacio anular de 1 a 2 mm. (medido entre la pared del barreno y la tangente circunferencial del ancla), constituye no obstante un mínimo. Las economías sobre el volumen de resina empleada pueden por lo mismo efectuarse siguiendo una buena calibración del barreno del anclaje (longitud, diámetro).

Por lo que concierne a escoger las cargas de resina, es recomendable observar que el volumen del espacio anular de por lo menos 5 al 10% (según que la perforación sea o no regular). Además, para facilitar la introducción del ancla dentro del barreno cargado, la longitud total de la carga no puede sobrepasar el 90% de la longitud del barreno. Así que después de haber cuantificado el número de cartuchos para el volumen total en el porcentaje indicado, se retirarán aquellos de los cuales la longitud acumulada se aproxime más, por error del 90% de la longitud del barreno y de la barra a fijar.

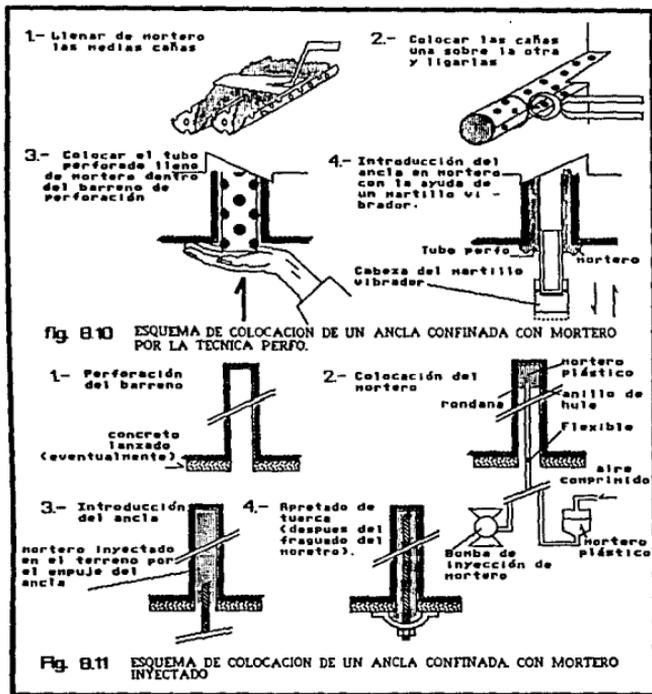
Colocación de anclas con resina; La colocación de anclas fijadas con resina es una operación relativamente delicada, la forma de hacer la fijación de anclas será el siguiente (fig. 8.10).

-- Después de haber limpiado el barreno, introducir un ancla o rainero del mismo diámetro hasta el fondo del barreno, para garantizar la rectitud del mismo y que se encuentre sin obstrucciones. (Esta precaución es indispensable en terrenos poco resistentes).

-- Introducir las cargas, asegurándose de colocarlas hasta el fondo del barreno. La posición de las cargas de resina dentro del barreno de anclaje debe controlarse.

-- Limpiar el ancla con un cepillo de fierro con el objeto de quitar el herrumbre (óxido) que se opone a una buena adherencia de la resina; eventualmente desengrasar las anclas.

-- Introducir el ancla (sin tuerca) por medio de un dispositivo especial (fabricado en obra) que asegure la unión entre la perforadora y la barra roscada. (de preferencia utilizar una máquina montada sobre orugas especial para barrenar y colocar anclas, en lugar de una perforadora trabajando a roto percusión). Se hace notar que el inconveniente de disponer de varios dispositivos para instalar las anclas en la obra, no pueden ser destornillados del ancla colocada hasta que la resina se haya endurecido (10 - 15 min.), lo que depende de hecho, de la dosificación del acelerante.



-- Iniciar al mismo tiempo el empuje y la rotación (más de 100 rpm.) hasta la introducción del ancla.

-- Regular el empuje para poder hincar la barra al fondo en menos de un minuto (tiempo suficiente para una buena mezcla del producto).

-- Vigilar de mantener durante el tiempo de colocación la perforadora en el eje del barreno.

En el caso de presencia de agua, la fijación con resina se convierte en un problema delicado.

#### VIII.5.3. Fijación con mortero.

Tipo de mortero; Los morteros utilizados para la fijación de barras de anclaje son en general morteros de cemento de alta resistencia y de fraguado rápido. La dosis de mortero adoptadas para tales fijamientos son generalmente las siguientes:

Dosificación en peso: Cemento 1  
Arena fina 1  
Agua 0.30 a 0.35

Una arena muy fina debe ser utilizada para facilitar la penetración del mortero en las fisuras e intersticios del terreno.

El mortero de fijamiento deberá tener una contracción la más baja posible, o en su defecto ser expansivo.

La dosificación de agua de mezclado es seguida impuesta por la técnica de colocación del mortero dentro del barrenado de anclaje. En el caso de un mortero inyectado, la dosificación de agua óptima corresponde al valor mínimo impuesto para un buen funcionamiento de la planta de inyección. Hay que prever eventualmente aditivos para dar plasticidad al mortero; la tixotropía del mortero permite la introducción de anclas empujadas por un martillo vibrador. Es importante que al mortero le sean quitados por filtrado de malla, las partículas grandes que se puedan oponer a la penetración del ancla.

**Técnica "PERFO";** El procedimiento perfo consiste en introducir dentro de la perforación un tubo cilíndrico provisto de perforaciones laterales en número y dimensiones cuidadosamente estudiadas, lleno de mortero. El ancla retorcida o corrugada, pero de diámetro apropiado, se introduce dentro del tubo perforado previamente introducido en la perforación. La barra del ancla sirve de pistón y empuja al mortero por los agujeros laterales, lo que asegura el llenado de espacio anular.

El escoger el diámetro del tubo perfo y del ancla condiciona el buen llenado del espacio anular comprendido entre el ancla y la pared de la perforación. El volumen de mortero extraído por la introducción del ancla debe ser un mínimo del 10% superior al volumen de la oquedad entre el tubo perfo y el barrenado de anclaje. Al título indicativo los diámetros siguientes son recomendados (los diámetros más grandes corresponden a las anclas de mayor longitud).

$\phi$ mm.	Ancla $\phi$ 20 mm.	Ancla $\phi$ 25 mm.
Barrenos de perforación	32-36-40-44	38-42-46
Tubo Perfo	27-31-36-40	31-36-40

Técnicas de llenado previo de mortero (fig. 8.11); El mortero puede igualmente ser inyectado en el barreno de anclaje después de la perforación y limpieza. El tubo de inyección se introduce al fondo del barreno. El mortero inyectado por la bomba de concreto o por aire comprimido, empuja el tubo hacia el exterior del barreno de anclaje. Una cierta resistencia se opone a la salida del tubo, de manera de obtener un llenado perfecto de las oquedades naturales del terreno (terrenos de baja resistencia, con alta porosidad por fisuras). Al final del inyectado, un tapón (anillo inflado de hule p.e.) debe colocarse con objeto de retener el mortero en el barreno en espera de la introducción del ancla. Para ciertas consistencias de morteros y también para los barrenos horizontales o poco inclinados, la utilización del tapón no es necesaria (el mortero se detiene en la perforación por su propia consistencia).

El ancla se introduce en seguida en la perforación llena de mortero empujado a mano y eventualmente con ayuda de un martillo vibrador para el último metro. El mezclado del mortero y sobre todo la introducción del ancla, contribuyen a incrementar el llenado de huecos del terreno (poros y fisuras); en efecto el volumen de mortero igual al volumen del ancla es inyectado dentro del terreno, lo que constituye una ventaja suplementaria de este método de

anclaje. Al final de la operación, el mortero debe ser ligeramente sobreabundante y derramar en la cabeza del ancla por el espacio anular entre el ancla y la roca.

Los morteros deben ser plásticos, thixotropos, de fraguado rápido y de alta resistencia.

Fijación mixta; En ciertos casos, puede ser ventajoso adoptar un fijado mixto de las anclas, con un anclaje puntual de conchas de expansión o fijado parcial con resina (para obtener un efecto aceptable inmediato de anclaje). Una fijación o un recubrimiento con mortero dentro del espacio anular puede realizar a largo plazo un anclaje repartido (de fricción) que elimina los riesgos de ataque por corrosión de la barra de anclaje.

## VIII.6. ERRORES QUE HAY QUE EVITAR DURANTE EL ANCLAJE.

VIII.6.1. Perforación de barrenos de anclaje; Durante la perforación de los barrenos, los errores más comunes pueden ser los siguientes.

- Ejecución de perforaciones mal orientadas.
- Perforación con barras muy grandes o muy pequeñas.
- Ejecución de barrenos de diámetro irregular (ovalación en la entrada), muy profundos (la entrada del barreno no queda confinada de resina o mortero) o más todavía es demasiado corto (una gran parte de la barra queda saliente).
- Pésima limpieza del barreno y de las anclas.

#### VIII.6.2. Anclaje de barras.

Anclaje puntual; La calidad del anclaje está ligado a las características mecánicas de la pared del barreno en la zona del anclaje. Las conchas (zapatitas) de expansión necesitan localmente del terreno en una forma muy intensa. El anclaje desliza y el ancla se vuelve ineficaz por pérdida de pretensado. El deslizamiento puede ser casi instantáneo en los terrenos poco resistentes o en ciertos casos ocurrir a largo plazo, en función de la fluencia de la roca.

Para este efecto, ensayos previos de poner en tensión serán necesarios.

Anclaje repartido (anclas de fricción); Los errores importantes durante la colocación del anclaje de las anclas de fricción intervienen durante la fijación y son generalmente los siguientes:

- Colocación del ancla muy rápido provocando un mal mezclado de los productos contenidos en las cargas de resina (formación de un mascote).
- Introducción parcial del ancla en un barreno perforado no obstante realizado a buena longitud.
- Utilización de resina muy vieja de mortero mezclado con mucha anticipación a la colocación
- Colocación de un número insuficiente de cartuchos de

resina.

-- Empleo de productos de fijamiento (resina o mortero) de mala calidad mecánica de fraguado.

Colocación de placas de apoyo; Es frecuente en la práctica que las placas de apoyo sean mal colocadas o sin contacto suficiente contra la pared rocosa. Esta falta de cuidado es muy desfavorable para la eficiencia del anclaje. Finalmente un ancla correctamente colocada debe salir del barreno 10 cm. y un excedente de resina o de mortero debe ser visible en el orificio del barreno es necesario asegurarse de lo anterior antes de colocar la placa.

#### VIII.7. CONTROL DEL ANCLAJE.

VIII.7.1. Medio de control; Para asegurar la calidad y eficacia del anclaje cinco tipos de control deben efectuarse:

-- Un control de la calidad de los componentes (ancla, zapatas de expansión, resina, mortero); en particular el endurecimiento de diversos morteros considerados y sus características mecánicas (resistencia a la compresión simple) deben ser estudiadas antes del inicio de los trabajos.

-- Un control estadístico de longitudes no fijadas de anclajes; para esto las placas de apoyo serán retiradas una por una, la longitud libre medida por medio de un alambre y las

placas vueltas a colocar en su lugar.

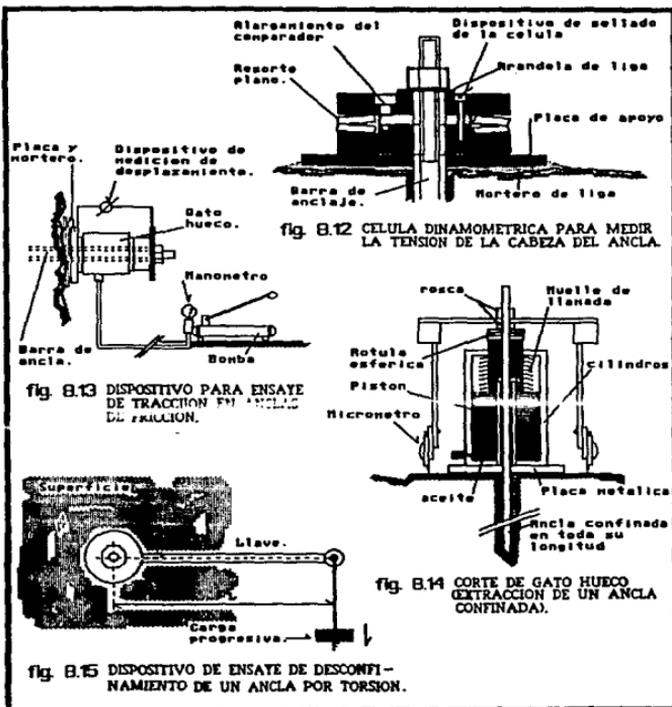
-- Pruebas de rompimiento "in situ" sobre el fijamiento de las anclas por tracción o torsión.

-- Ensayes de extracción sobre las anclas pretensadas.

-- Medidas de tensión en la cabeza del ancla por medio de células dinamométricas introducidas por instalación fija entre placa y tuerca de donde la deformación es tomada periódicamente como un comparador (fig 8.12).

**VIII.7.2. Ensayes de tracción y torsión sobre anclas instaladas;**  
El control del anclaje propiamente dicho puede hacerse con la ayuda de un gato hueco (figs. 8.13 y 8.14) que permite jalar sobre la cabeza del ancla apoyándose en la pared rocosa en el contorno de la placa de apoyo del ancla.

El alargamiento del ancla y del recubrimiento de resina o de mortero se mide con la ayuda de un comparador, lo cual permite trazar una curva esfuerzo-deformación característica importante del ancla fijada. Se obtendrá el valor de la presión o de la fuerza correspondiente sea a la extracción por socavado del anclaje (ancla y resina o mortero), sea el deslizamiento del ancla en el confinamiento, sea al incrustamiento de la placa de apoyo en el masivo rocoso, sea el fin a la ruptura de la barra misma. Este ensaye necesita la cabeza del ancla esté provista de un roscado que permita poder instalar el gato de prueba.



Otro método consiste en medir el par de desconfinamiento del ancla aplicando un momento de torsión con la ayuda de una llave de brazo largo de palanca que se carga progresivamente (fig. 8.15); Este dispositivo no necesita que el ancla sea roscada.

Una forma de probar el fijamiento a sí mismo, se hace necesario el hacer ensayos de extracción en las anclas de poca profundidad (0.50 a 1.00 m.) de tal forma de evitar tener una ruptura en la cabeza del ancla. En fin todo valor de resistencia de un tipo de anclaje en un terreno dado será la medida de cuando menos cinco ensayos de tracción efectuados en condiciones idénticas. Una dispersión así de grande de los resultados es en efecto observada, lo que hace necesario que todos los parámetros sean tomados con el más grande cuidado durante el ensaye.

En cada caso particular corresponderá al constructor definir el valor de las fuerzas de anclaje a esperar con una cierta probabilidad (80% p.e.). Para las anclas con mortero una fuerza mínima podrá ser exigida a corto término (8 y 24 hrs.).

## CAPITULO 9

— ESPECIFICACIONES.

## ESPECIFICACIONES PARA CONCRETO LANZADO.

Este resumen de especificaciones, es una referencia estándar que el Ingeniero o Arquitecto, pueden hacer aplicable a cualquier proyecto de construcción citándola en las especificaciones del proyecto y puede ser suplementaria o necesaria para asignarla o especificarla como requerimiento de un proyecto individual.

La norma esta escrita en tres partes: materiales de recubrimiento, proporcionamiento y aplicación del concreto lanzado.

### Estándares de referencia.

Los siguientes estándares referidos en esta sección se enlistan más abajo, con su completa designación y título, incluyendo el año de adopción o revisión y son declarados como parte de esta sección, como si estuvieran completamente incluidos dentro de esta norma.

### ASTM

- C 33-80 Especificación estándar para agregados para concreto.
- C 42-87 Método estándar de obtención y prueba de corazones extraídos y vigas aserrañas de concreto.
- C 94-86b Especificación estándar para concreto premezclado.
- C 109-87 Método estándar de prueba para resistencia a la compresión de mortero de cemento hidráulico (usando cubos de 5 cm.).
- C 150-86 Especificación estándar para cemento portland.

- C 171-69 Especificación estándar para materiales para curado de concreto (reaprobada en 1986).
- C 260-86 Especificación estándar para aditivos para inclusión de aire en el concreto.
- C 309-81 Especificación estándar para compuestos líquidos que forman membranas para curado de concreto.
- C 330-87 Especificación estándar para agregado ligero y para concreto estructural.
- C 494-86 Especificación estándar para aditivos químicos para concreto.
- C 595-86 Especificación estándar para cementos mezclados hidráulicos.
- C 618-87 Especificación estándar para ceniza volante y materia prima o calcinada de puzolanas naturales para usarlas en concreto de cemento portland.
- C 685-86a Especificación estándar para concreto hecho por medio de (carga volumétrica) y mezclado continuo.
- C 98-87 Especificación estándar para cloruro de calcio.

## **1.- MATERIALES.**

### **1.1 Cementos**

El uso del cemento deberá ser conforme a una de las siguientes normas:

**1.1.1** Cemento portland conforme a la ASTM C 150.

**1.1.2** Cemento hidráulico mezclado conforme a la ASTM C 595 tipo IS, IS-A, IP, IP-A.

### **1.2 Agregados**

**1.2.1** Agregado de peso normal. Usar agregado de peso normal conforme a ASTM C 33, con las combinaciones de granulometría de agregado fino y grueso conforme a una de las granulometrías mostradas en la tabla 1.2.1.

**1.2.2** Agregado ligero. Usar agregado ligero conforme a la ASTM C 330, cuando el agregado ligero se requiera o sea permitido.

### **1.3 Agua**

**1.3.1 Agua de mezclado.** Usar para el mezclado agua clara limpia y potable o agua no potable, para producir cubos de mortero que tengan igual o al menos el 90% de la resistencia a los 7 y 28 días de especímenes similares hechos con agua de buena calidad. Hacer comparaciones de la resistencia sobre cubos de mortero de acuerdo con ASTM C 109.

**1.3.2 Contenido de Iones de Cloruro.** Para concreto lanzado y concreto lanzado presforzado que contengan elementos de aluminio empotrados, el límite de contenido de iones de cloruro del agua de mezclado debe ser tal de manera que el total de iones de cloruro que contribuyan los agregados, aditivos y agua de mezclado no debe de exceder 400 ppm en el agua de mezclado.

### **1.4 Aditivos**

Usar aditivos aceptados que reúnan los requerimientos del listado, Excepto los que sean aceptados por otra condición; aditivos disolubles en agua antes de introducirlos a la mezcla. Aditivos líquidos que se deban agitar por que se asientan.

**1.4.1 Aditivos químicos** conforme a la ASTM C 494 (mezclado húmedo solamente).

**1.4.2 Aditivos para la inclusión de aire** conforme a la ASTM C 260 (mezclado húmedo solamente).

**1.4.3 Cloruro de calcio conforme a la norma ASTM d 98, en forma de pastilla u hojuela predisuelta. No se use aditivo que contenga cloruro de calcio para construcción presforzada.**

**1.4.4 Ceniza volante y materiales puzolánicos conforma a la norma ASTM C 618.**

**1.4.5 Otros aditivos que sean permitidos o requeridos.**

#### **1.5 PROPORCIONAMIENTO.**

Someter para su aceptación el proporcionamiento y los datos de prueba de la experiencia previa si es que esta disponible. Si los datos de la experiencia previa no están disponibles o aceptados, hacer y probar especímenes de prueba de tres o más proporcionamientos de mezcla diferentes. Someter los proporcionamientos de mezclas recomendados y los resultados de las pruebas para su aceptación.

Los proporcionamientos seleccionados para producir concreto lanzado y obtener la resistencia especificada a la compresión del concreto lanzado,  $f'c$ , para cada porción del trabajo se deben realizar tal como esta diseñado o asignado en los documentos del contrato. Los proporcionamientos se deben seleccionar sobre las bases de las pruebas de resistencia a la compresión de los especímenes, los cuales deben ser curados en cuarto humedo ( humedad continua ) hasta la prueba a los 28 días o diferentes edades de

prueba si así se especifica. Los especímenes deberán ser extraídos de los paneles de prueba a los que se les aplico el concreto lanzado después de los 5 días que se ha aplicado el concreto lanzado. Para propósitos de aceptar la mezcla, el promedio de la resistencia de los corazones deberá ser al menos igual a  $f'c/0.85$ .

## **2- PRODUCCION.**

### **2.1 Volumen de mezcla y mezclado**

**2.1.1** Los proporcionamientos de la mezcla deben ser controlados por medio del peso de la bachada, o por volumen de la bachada que reuna los requerimientos de la norma ASTM C 685. Si se permite otro volumen de la bachada en el procedimiento se puede usar un mínimo de un peso de bachada, verificado cada cuatro horas, con propósitos de control para asegurar que el diseño de la mezcla especificada se esta alcanzando o logrando.

**2.1.2** Usar bachadas y equipo de mezclado capaces de proporcionar y mezclar todos los ingredientes (excepto el agua en el caso de equipo de mezcla seca), a una rapidez tal que proporcione una producción adecuada, y con una seguridad y uniformidad en las bachadas. El equipo de pesaje deberá ser de capacidad para las bachadas con la exactitud especificada en la norma ASTM C 94. El equipo volumétrico o de medida de volumen deberá ser de tal capacidad que la bachada este dentro de la exactitud especificada

en la norma ASTM C 685.

**2.1.3.** El concreto premezclado deberá cumplir con la norma ASTM C 94, excepto si el concreto es suministrado al equipo de concreto lanzado en estado seco y si el equipo tiene capacidad para adicionar el agua y mezclarlo satisfactoriamente con los ingredientes secos, o de acuerdo a la norma ASTM C 685, en tales casos los ingredientes se suministraran en seco y serán proporcionados y mezclados en el lugar.

## **2.2 Preparación de la superficie.**

**2.2.1 Tierra.** Debe estar compactada y alineada a nivel antes de aplicar el concreto lanzado. No se debe colocar el concreto lanzado sobre superficies congeladas ni en superficies saturadas de humedad.

**2.2.2 Concreto existente o mampostería.** Remover todo el material deteriorado antes de aplicar el concreto lanzado. Picar o escarificar cualquier área que vaya a ser reparada y se remueva en tal caso cualquier cambio abrupto que provoque un cambio en el espesor sin el acero de refuerzo aconsejable o adecuado. Rematar los bordes para no dejar aristas o esquinas cuadradas en el perímetro de la cavidad o hueco. Remover toda la pérdida de material de las áreas que reciben concreto lanzado. Humedecer la superficie hasta que se empape pero sin que sea visible agua libre.

Aplicar chiflón de arena de superficies que no requieran picado para remover pintura, aceite, grasa y otros contaminantes, y preparar una superficie rugosa apropiada para una buena adherencia con el concreto lanzado.

**2.2.3 Acero.** Remover el óxido, aceite, descascaramiento, y pintura aplicada previamente, de las superficies de acero que reciban concreto lanzado y además deben cumplir con la especificación SSPC-SP6 de la Steel Structures Painting Council.

**2.2.4 Roca.** Limpiar la superficie de la roca del material suelto, lodo y otros materiales extraños que pudieran evitar una buena adherencia con el concreto lanzado.

**2.2.5 Cimbras.** Usar material de recubrimiento sobre las cimbras removibles, para prevenir la absorción de humedad y la pérdida de adherencia con el concreto lanzado. Usar un material que no manche para el caso de superficies expuestas que se verán cuando la construcción sea terminada. Los materiales de recubrimiento de cimbra no deben interferir con la subsecuente adherencia al concreto lanzado cuando esto se requiera.

## **2.3 Colocación del concreto lanzado**

**2.3.1 Colocar el concreto lanzado** utilizando un adecuado equipo de suministro y procedimientos que den como resultado un concreto lanzado en el lugar que reúna los requerimientos de esta especi-

ficación.\* \*ACI norma 506 detalles del concreto lanzado y procedimientos los cuales pueden ser de ayuda en alcanzar los resultados deseados.

### **2.3.2 Técnicas de colocación**

**2.3.2.1** El control del espesor, el método de soporte, la presión de aire y o el contenido de agua del concreto lanzado para impedir la caída o corrimiento del concreto aplicado. Las discontinuidades durante la aplicación del concreto se deben prever con medios adecuados para controlar el flujo de la boquilla si el viento o el aire concurrente causan separación durante la colocación en el flujo de la boquilla.

**2.3.2.2** Las superficies del sustrato deberán absorber la humedad antes de la colocación del concreto lanzado para facilitar la adherencia y reducir la posibilidad de agrietamiento por contracción, desarrollada prematuramente por la pérdida del agua de mezclado.

**2.3.2.3** Cepillar o escarificar la superficie del concreto lanzado colocado recientemente o fresco a la cual se deben adherir, después de endurecida, las capas adicionales de concreto lanzado. La superficie se debe humedecer justo antes de la aplicación de las capas siguientes.

**2.3.2.4** Primero llenar con material sano todas las esquinas y cualquier área donde el rebote no pueda escapar o tenga un choque

libre. Completar las esquinas entre el alma y los extremos del acero estructural antes de la aplicación de las áreas planas.

**2.3.2.5** Proporcionar un suministro de aire seco y limpio adecuado para mantener la suficiente velocidad en la boquilla para todas las partes del trabajo y si se requiere para operaciones simultáneas de retirar adecuadamente el rebote.

### **2.3.3 Colocación del acero de refuerzo**

**2.3.3.1** Guiar la boquilla a tal distancia y ángulo para colocar material por detrás del acero de refuerzo y delante de cualquier material que se acumule sobre esa cara. En el proceso de mezcla seca el agua adicional puede ser agregada a la mezcla cuando se encasille el acero de refuerzo para facilitar el flujo de material por detrás de las varillas.

**2.3.3.2** No colocar concreto lanzado a través de más de una capa sobre las varillas de acero de refuerzo o malla, en una aplicación, al menos que se haya demostrado por una prueba de prototipo en que el acero esta empotrado apropiadamente. Una prueba para asegurarse si algún vacío o paquete de arena se ha desarrollado alrededor o detrás del acero de refuerzo es por medio de una lesna o otra herramienta puntiaguda después que el concreto lanzado ha alcanzado su fraguado inicial; o por medio de la remoción al azar de varillas seleccionadas. O por medio de un devanado o otro medio adecuado.

#### **2.3.4 Recubrimiento del acero de refuerzo.**

Colocar el concreto lanzado para proporcionar el recubrimiento mínimo sobre el acero de refuerzo siguiente:

a) Para concreto lanzado usado como revestimiento o recubrimiento: 19 mm. para concreto lanzado con agregado fino y 38 mm. para concreto lanzado con agregado grueso.

b) Para el refuerzo principal en vigas, trabes y columnas: 38 mm.

c) Para acero de refuerzo en losas y muros: 19 mm. para concreto lanzado con agregado fino, 38 mm. para concreto lanzado con agregado grueso.

La tolerancia mínima sobre el recubrimiento deberá ser 9.5 mm. excepto si el recubrimiento no será más grande que un tercio del recubrimiento especificado.

#### **2.3.5 Control de alineamiento y espesor.**

Usar el alambre maestro adecuado u otro medio aceptado para establecer el espesor, la superficie plana y el recubrimiento terminado del concreto lanzado. Mantener las tolerancias especificadas asegurando que los alambres maestros estén fijos y tensos.

#### **2.3.6 Precauciones en la colocación.**

**2.3.6.1** No colocar el concreto lanzado si el secado o rigidez de la mezcla se ha iniciado en cualquier tiempo antes de ali-

mentarlo a la boquilla. No usar el material de rebote o material previamente aplicado en una mezcla de concreto lanzado.

**2.3.6.2** Remover todo el material esparcido o de rebote previo al fraguado final y antes de la colocación de concreto lanzado sobre superficie adyacente.

#### **2.4 Preparación de superficies con defectos.**

**2.4.1.** Remover y reemplazar el concreto lanzado que le falta uniformidad, presenta segregación, algunas cavidades o laminaciones, o que contenga algunos parches secos vacíos o paquetes de arena y corrimientos. Remover y reemplazar el concreto lanzado dañado en el lugar.

**2.4.2** La reparación efectiva de áreas de acuerdo con el procedimiento especificado en el párrafo 2.2.2.

**2.4.3** Reparación de los agujeros de los corazones extraídos de acuerdo con el capítulo 9 del ACI 301. No rellenar los agujero de los corazones con concreto lanzado.

#### **2.5 Acabado.**

**2.5.1** Proporcionar un acabado de lanzado natural a menos que se especifique de otro modo.

**2.5.2** Proporcionar uno de los siguientes acabados finales de superficie cuando se especifique:

a) Cepillado; b) alisado; c) acabado con llana; d) alisado con esponja; o acabado rápido. Evitar el tratamiento con llana en las superficies delgadas de concreto lanzado, a menos que el acabado con llana y cemento y el curado húmedo se inicie durante un corto periodo de tiempo después de la colocación del concreto lanzado.

**2.5.3** No rascar o cortar para remover salientes hasta que el concreto lanzado haya empezado a rigidizarse y hasta que el retiro de las salientes se pueda hacer con algún dispositivo de corte.

## **2.6. Juntas.**

**2.6.1** Juntas de construcción. Rematar en punta las juntas de construcción para formar una orilla somera o superficial de aproximadamente 2.5 cm de espesor excepto donde las juntas vayan a ser sometidas a esfuerzo de compresión, en tal caso, usar juntas no rematadas y poner especial atención para evitar que en la

remoción del rebote se dañen las juntas. La junta en su totalidad deberá ser limpiada y humedecida antes de la aplicación de concreto lanzado adicional. Someter a aprobación los planos que muestren las juntas de construcción que no se mostraron en los documentos del contrato. Hacer juntas perpendiculares al acero de refuerzo principal. Continuar el acero de refuerzo principal. Continuar

el acero de refuerzo a través de las juntas.

**2.6.2 Otras juntas-** Las juntas instaladas de acuerdo con el documento del contrato no se debe extender el acero de refuerzo u otro material empotrado, el cual estará adherido al concreto lanzado en forma continua a través de las juntas de control.

## **2.7 Curado y Protección.**

**2.7.1 Curado inicial.** Inmediatamente después del acabado, mantener continuamente húmedo el concreto lanzado por lo menos 24 Hrs. Usar uno de los materiales o métodos siguientes:

- a) Encharcar o rociar continuamente.
- b) Utilizar una lona de absorción, arena, u otra cubierta que mantenga la humedad continuamente.
- c) Vapor continuo (que no exceda de los 66°C) o una neblina de baño de vapor.
- d) Compuestos de curado y aplicación. Que cumplan con la norma ASTM C 309 sobre el acabado instantáneo o de lanzado natural, usar una de las dos siguientes recomendaciones para la rapidez de aplicación, la recomendada por el fabricante o 2450 m<sup>2</sup> x m<sup>3</sup> del compuesto, el menor de cualquiera de los dos. No usar compuestos de curado sobre ninguna superficie que se le vaya adicionar otra capa de concreto lanzado u otro acabado de material cementante, a menos que sea una medida positiva en lo que se refiere a la adherencia, tal como el chiflón de arena para remover compuestos de curado completamente antes de la aplicación de materiales adicionales.

**2.7.2 Curado final.** Proporcionar el curado adicional inmediatamente seguido del curado inicial y antes de que el concreto lanzado se haya secado. Usar uno de los métodos o materiales siguientes:

- a) Continuar con el método usado del curado inicial.
- b) Materiales que cumplan con la norma ASTM C 171.
- c) Otros recubrimientos que mantengan la humedad.

**2.7.3 Superficies cimbradas.** Si las cimbras son removidas durante el período de curado, use inmediatamente los materiales de curado o métodos enlistados en el párrafo 2.7.1 Continué con el curado por el resto del período de curado.

**2.7.4 Duración del curado.** Curar en forma continua por los primeros siete días después de la aplicación del concreto lanzado, o por los primeros tres días si el cemento que se uso es de alta resistencia temprana, o hasta que se obtenga la resistencia especificada. Durante el período de curado mantener el concreto lanzado por arriba de los 4.4°C. y en una condición de humedad tal como se especifica en el párrafo 2.7.1 y 2.7.2. evitar el secado rápido al final del período de curado.

**2.7.5 Curado natural.** El curado natural puede ser permitido cuando sea autorizado por el ingeniero/arquitecto, si las condiciones atmosféricas del medio ambiente para el concreto lanzado con satisfactorias, tales como cuando la humedad relativa es del 85% o por encima de este porcentaje.

## CAPITULO 10

-- CONCLUSIONES.

## CONCLUSIONES.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, la tecnología del concreto lanzado ha resultado ser un procedimiento primordial y de gran utilidad para todo tipo de obras de ingeniería Civil, Arquitectura y Minería.

El concreto lanzado muestra un gran panorama para la solución de problemas de la construcción pesada y urbanística, ya que reúne las cualidades que favorecen su utilización en condiciones donde el concreto común sería difícil de colocar.

Los avances que se siguen obteniendo en diferentes países a base de minuciosas pruebas de laboratorio son para hacer destacar que el concreto lanzado es la opción más acertada y económica, se emplea actualmente diferentes tipos de fibras (acero, fibra de vidrio y fibras de polyester) que se agregan directamente a la hora de hacer la mezcla para sustituir el acero de refuerzo y así disminuir el tiempo de colocación del concreto lanzado, ya que el tiempo de la colocación del acero es de consideración.

Hay que tomar en cuenta que si se requiere un concreto con todas sus características a favor, no hay que descuidar el asegurarse de la experiencia del personal contratado para este tipo de trabajo y en particular del operador de la boquilla.

El desarrollo de nuevos procedimientos que permitan la obtención de muestras más representativas y con menor variabilidad harán del concreto lanzado una herramienta insustituible en la construcción de cualquier tipo de obra civil.

Los resultados obtenidos en otros países (tabla 10.1) nos muestra el interés de dar a conocer las experiencias y la aceptación de la técnica del concreto lanzado en proyectos de gran magnitud y trascendencia, ya que ha demostrado ser una garantía de resistencia y durabilidad y el utilizarlo o no, depende de las necesidades específicas de la obra y del criterio y experiencia del proyectista.

TABLA 10.1

COMPARACION DE PROPORCIONAMIENTOS UTILIZADOS PARA TUNELES  
EN VARIOS PAISES Y DE LAS RESISTENCIAS OBTENIDAS

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
CEMENTO (KG)	414	382	417	390	390	345	350	384	400
AGUA (KG)	163	134	167	195	136	102	175	165	221
AREBADOS (KG)	1877	1929	1889	1708	1793	1723	1868	1838	1497
ADITIVO ACEL. (KG)	14	15	0	13	12	---	11	12	12
RELACION AGUA/CEMENTO	0.39	0.35	0.40	0.50	0.35	0.33	0.50	0.43	0.54
RELACION AREB./CEMENTO	1:4.5	1:5.0	1:4.5	1:4.6	1:4.6	1:5.8	1:5.3	1:4.8	1:3.4
PESO VOL. DEL CONCRETO (Kg/m <sup>3</sup> )	2460	2460	2422	2386	2331	2250	2404	2387	2130
RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE (Kg/cm <sup>2</sup> )									
7 DIAS	317	---	314	246	306	---	---	296	145
28 DIAS	410	200	380	---	330	312	---	346	190

8 A 90 DIAS.

- A CIMENTACIONES EN VANCOUVER, CANADA.
- B TUNEL DE F.F.C.C. DE VANCOUVER, CANADA.
- C TUNEL METRO WASHINGTON, E.E.U.U.
- D PRUEBAS UNIVERSIDAD, ILLINOIS, E.E.U.U.
- E PRUEBAS INSTITUTO IIT, CHICAGO, E.E.U.U.
- F TUNELES DIVERSOS, INGLATERRA.
- G TUNEL SEIKAN, JAPON.
- H PROMEDIOS
- I METRO MEXICO, D.F.

## BIBLIOGRAFIA:

### **CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA.**

Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. A.C.  
Volumen III, enero 1991.

### **CONCRETO LANZADO.**

T. F. Ryan.  
Serie/I.M.C.Y C./10

### **USE OF SHOTCRETE (for underground structural support).**

A.S.C.E./ACI  
Publication SP-45.

### **CONCRETO LANZADO.**

Luis Vieitez Utesa.  
Curso Victor Hardy 1987.

### **APLICACION DEL HORNIGON PROYECTADO EN OBRAS SUBTERRANEAS.**

Mario Soto Cruz.  
ENDESA Santa rosa 76 / Santiago - Chile.

### **CONCRETO LANZADO.**

Lorenzo Flores Castro.  
Curso Victor Hardy 1987.

### **CONTROL DE PRODUCCION DEL CONCRETO LANZADO.**

Lorenzo Flores Castro.  
Inspectec S.A. de C.V.

### **CONTROL DE CALIDAD DEL CONCRETO LANZADO.**

Lorenzo Flores Castro.  
Inspectec S.A. de C.V.