

**Universidad Nacional de Ingeniería**

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL



**“CONTROL DE CALIDAD DE  
ESTRUCTURAS DE CONCRETO  
REFORZADO - MATERIALES”**

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL**

**PEDRO A. GOSICHA TELLO**

**LIMA ✱ PERU ✱ 1981**

## INDICE

Daños por efecto de sismos	III
Código de Hammurabi	X
Citas	XI
Recomocimientos	XIV
I. INTRODUCCION	
I.1 Importancia de los controles	1
I.2 El éxito de la industria japonesa y el control de calidad	3
I.3 Requisitos para la obtención de calidad	5
II CONCRETO	
II.1 Introducción	8
II.2 Materiales	
Exigencias del reglamento nacional de Construcción	10
Exigencias del reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI 318 -77)	13
Recomendaciones	22
II.3 Mezclado	
Exigencias del R.N.C	25
Exigencias del A.C.I 318-77	26
Recomendaciones	28
II.3.1 Elección y preparación del sitio de mezclado	28

II.3.2	Maquinaria	29
II.3.3	Medición de los materiales	29
II.3.4	Operación de mezclado	31
II.3.5	Limpieza del equipo	33
II.4	<b>Encófrado</b>	
	Exigencias del RNC	34
	Exigencias del ACI-318-77	34
	Recomendaciones	35
II.5	<b>Transporte</b>	
	Exigencias del RNC	37
	Exigencias del ACI -318-77	37
	Recomendaciones	38
II.6	<b>Colocación y compactación</b>	
	Exigencias del RNC	41
	Exigencias del ACI 318-77	42
	Recomendaciones	43
II.7	<b>Curado</b>	
	Exigencias del RNC	47
	Exigencias del ACI 318-77	47
	Recomendaciones	48
II.8	<b>Desencofrado</b>	
	Exigencias del RNC	50
	Exigencias del ACI 318-77	51
	Recomendaciones	52
II.9	<b>Acabados</b>	53
II.10	<b>Exigencias del RNC - Calidad del concreto</b>	55
	Exigencias del ACI 318-77	60
	Comentarios y recomendaciones	70
III	<b>ACERO</b>	
	Exigencias del RNC	75
	Exigencias del ACI 318-77	86
III.1	<b>Introducción</b>	106
III.2	<b>Propiedades físicas y mecánicas</b>	107
III.3	<b>Características Geométricas</b>	107
III.4	<b>Composición Química</b>	107
III.5	<b>La corrosión del Acero de refuerzo en el concreto armado</b>	108

III.6	Fuentes de corrosión de armaduras - en el concreto armado	109
III.7	Corrosión de armaduras en el con- creto pretensado	111
III.8	Calidad del Acero- Evaluación	112
IV	EXPERIENCIA LOCAL	
	Ficha de control de calidad	114
	Sistema de calificación	116
	Encuesta	118
	Cuadro resumen de la encuesta	178
	Cuadro de resultados	179
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
	V.1 Conclusiones	180
	V.2 Recomendaciones	182
VI	BIBLIOGRAFIA	184

## I. INTRODUCCION

### I.1 IMPORTANCIA DE LOS CONTROLES

Si vemos el problema que representan las edificaciones, podemos decir desde un punto de vista general, que toda obra de construcción obedece a un determinado propósito de uso, y podemos dividirla operativamente en dos fases : La etapa de proyectos ó proposiciones y la etapa de ejecuciones.

En la primera fase se formulan en el papel los supuestos arquitectónicos y estructurales que se consideren convenientes; en la segunda se materializa en el terreno todas las ideas, y la mano del hombre con los recursos tecnológicos, construye las formas, distribuyendo los espacios y volúmenes imaginados previamente.

Es muy importante, que entre las dos grandes etapas mencionadas exista una conveniente armonía, es decir, la acomodación de las ideas a la posibilidad de la ejecución y la fidelidad de la construcción a la concepción previa. Sin embargo, esta armonía no debe ser tomada como una pauta totalmente rígida. Por una parte, la creatividad de arquitectos e ingenieros puede romper con los cánones convencionales de concepción y de ejecución de obras de concreto, lo cual sería conveniente que sucediera con cierta frecuencia, teniendo su cuidado que un exceso imaginativo o un exagerado deseo personalista lesione la economía de la obra, o su seguridad. Por otra parte, la realización de una obra exige a veces adaptarse a condiciones imprevisibles y por tal causa contradecir o modificar ocasionalmente algún aspecto del proyecto.

Pero una y otra excepción sirven para corroborar la validez de la regla general : una buena construcción debe significar la fácil y armónica sucesión relacionada de la etapa de los supuestos de la fase de ejecución.

Otra observación importante, relativa al afirmación es-

tablecida al comienzo, se refiere a la complejidad de cada uno de los procesos, tanto el especulativo como el resolutivo. Imaginar, proyectar y calcular una obra significa un difícil ejercicio. Hay que partir de la base de unas teorías estructurales, del conocimiento de unos materiales de construcción, de la experiencia de técnicas constructivas, disponibilidad de equipos, sumar a eso los datos del medio ambiente, adecuarlo todo al propósito funcional de la obra, relacionarlo con los seres humanos que serán sus usuarios, y enmarcar el conjunto dentro de los límites económicos disponibles. No sería posible llevar a cabo todas esas tareas, cada una de ellas ya de gran responsabilidad y dificultad, si no aplicaríamos al proceso algún sistema de control que nos permita medir cualitativa y cuantitativamente el acierto en cada una de las partes y el buen entendimiento entre unas y otras facetas del Proyecto.

Construir una obra es una compleja tarea en la que se conjugan simultáneamente aspectos teóricos, manejo de equipos dirección de obreros y especialistas, dominio de técnicas organizativas, economía de tiempo y recursos. Tarea de tal complejidad es sólo realizable con éxito si aplicamos en su ejecución algún sistema de control que nos permita calibrar el buen desempeño de todas y cada una de las fases y de su organizada relación.

El sistema de control le hace necesario por lo complejo del problema. La complejidad surge como consecuencia de la dificultad de cada aspecto particular y de la dificultad para relacionar estas particularidades, tanto bajo el punto de vista económico.

Sólo un adecuado sistema de control puede constituir la garantía de la calidad y del éxito de una obra.

Además de estas consideraciones de carácter general, la esencia misma del concreto como material de construcción añade una muy particular exigencia para el empleo de controles. El concreto es el único material, tanto estructural como or-

namental, que podemos fabricar por nuestros propios medios, a la temperatura ambiental, con las características cualitativas que deseemos y con la apariencia artística externa que seamos capaces, de imaginar. Ningún otro material permite la expresión personal en la forma tan rica, tan diversa y tan directa. Pero, de nuevo, para que exista una verdadera correspondencia entre nuestros propósitos y su ejecución como obra, necesitamos el concurso de los controles. Habrá que cuidar todos y cada uno de los pasos que configuran la tecnología del concreto, desde la selección de sus materiales componentes, hasta la etapa de su puesta en servicio.

## I.2 EL EXITO DE LA INDUSTRIA JAPONESA Y EL CONTROL DE CALIDAD.

Hasta hace muy pocos años hablar de un producto japonés era hablar de un producto de poca duración, regular o mal funcionamiento, más barato pero más malo, acabados no satisfactorios, en conclusión, de mala calidad. Sin embargo hoy en día el mercado internacional está prácticamente copado de productos japoneses de la más variada naturaleza, y de una calidad reconocida, manteniendo precios accesibles, es lo que algunos llaman "EL MILAGRO JAPONES", cuya industria se autoavala, gracias al desarrollo de técnicas integrales de control de calidad, como herramienta indispensable para su desarrollo ganando progresivamente y sin mucha competencia mercados considerados inaccesibles.

Ejem : ( autos, relojes, artefactos eléctricos, ropa, calculadoras, etc. )

## BREVE HISTORIA

En la década de los años 50, el Japón estaba levantándose de los escombros de la II guerra mundial y tenía ante sí un gran reto para desarrollar su maltrecha economía. Carente de materias primas y recursos naturales, la alternativa que se presentaba era la de industrializarse rápidamente y

producir masivamente para exportar.

Esta idea surgió como un objetivo nacional que se logró gracias a la férrea voluntad de los japoneses. Los productos japoneses copiados de occidente, penetraron los mercados internacionales a precios bajos. Sin embargo, la calidad de los mismos era muy inferior. Es entonces cuando se define que era no solamente producir, sino producir con calidad.

El gobierno japonés creó el mecanismo de inspección para exportaciones, mediante el cual se establecieron órganos técnicos provistos de laboratorios destinados a controlar aquellos productos de gran volumen de exportación. El objeto de esto es garantizar la calidad y mantener el buen prestigio de los productos japoneses. Por otra parte, se fortalecieron los entes normalizadores para un crecimiento racional y ordenado de la industria. Así fueron a grandes rasgos, las medidas más importantes que el estado tomó para consolidar el proceso de industrialización en lo que respecta a la calidad.

El papel que jugaron los industriales no fue menos trascendental, ya que tomaron conciencia de la importancia de este proceso y respondieron positivamente ante el reto de la calidad.

A través del JUSE (gremio de científicos e ingenieros del Japón) se organizaron conferencias, cursos y seminarios sobre el control de calidad, se publicaron libros y revistas sobre el control de calidad estadístico, se establecieron varios premios anuales entre los cuales se puede señalar el premio Deming para empresas con excelentes sistemas de control de calidad.

Se invitaron personalidades extranjeras con experiencia en la materia, entre las cuales se destaca al Dr. J. M. Juran, cuyas observaciones fueron muy bien asimiladas y él mismo se ha convertido en un experto conocedor de la experiencia japonesa, a través de sus visitas al Japón. Asimismo, se publicaron trabajos del Dr. K. Ishikawa, autoridad japonesa en Control de Calidad, se transmitieron con mucho éxito, cursos sobre la ma-



tería por las emisoras radiales del país y para 1960 se estableció a Noviembre como el mes de la calidad, en el cual todos los años se llevan a cabo una serie de eventos relacionados con la calidad.

Todo esto es un breve recuento de las actividades en Japón sobre Control De Calidad, crearon las condiciones para el arranque de los llamados Círculos de Calidad en 1962. Sistema este de control de calidad que es el de mayor acogida en Japón.

### I.3 REQUISITOS PARA LA OBTENCION DE CALIDAD

La calidad solo puede lograrse cuando se reúnen las siguientes condiciones.

a) Diseño adecuado, tanto en su concepción técnica como, a las exigencias del usuario y capacidades del constructor.

El diseño debe especificar claramente lo que se debe obtener. Expresa por medio de planos lo que debe ser la obra terminada, incluyendo especificaciones técnicas como de materiales así como también el tipo de acabado que debe dársele.

Aquí también deben estar expresadas las tolerancias respectivas.

b) Maquinaria bien seleccionada y en perfecto estado de funcionamiento.

Los equipos y herramientas deben ser los más apropiados para cada tipo de trabajo necesario.

El mantenimiento, preferiblemente de tipo preventivo, es fundamental para que los equipos funcionen a través del tiempo.

c) Personal idóneo.

Los operarios deben poseer las características y requerimientos, tanto de experiencia, como de conocimiento y habilidades, que exige la naturaleza de las responsabilidades y tareas que se les encomiendan.

Para ello debe procederse a una buena selección de personal como primer paso, inmediatamente seguido de una ubicación adecuada en el puesto de trabajo preciso, aprovechando sus características particulares.

El entrenamiento así como la motivación permanente son puntos importantes para que el personal responda a las exigencias de su tarea en forma satisfactoria.

#### d) Conocimiento del Proceso

El llamado "KNOW-HOW", o sea los conocimientos prácticos, el saber cómo adelantar los procesos constructivos es, sin duda alguna, otra de los requisitos básicos para lograr la calidad.

El dominio de todos los aspectos técnicos relacionados con la obra y con los procesos constructivos, redundará en una obra de calidad.

#### e) Materiales Adecuados

El material debe corresponder a las especificaciones indicadas en el diseño en cuanto a clase de material, características físicas y químicas, acabados y dimensiones.

#### f) Ambiente de trabajo Adecuado

En un ambiente desordenado, sucio, oscuro y contaminado, no puede esperarse trabajo de calidad (lluvia, tierra seca que debe regarse, escape de los silos de cemento, ruido de bombas de agua, de maquinaria, deben ser malos olores, etc)

Es recomendable cuidar de los siguientes aspectos:

**ASEO** : Tanto para el personal, maquinaria, herramientas así como los diferentes frentes de trabajo, la limpieza constituye siempre un buen índice de la calidad potencial.

**ORDEN** : Independientemente de la magnitud y naturaleza de la obra de organización racional en el campo de trabajo es fundamental para un mayor rendimiento y calidad, el almacenamiento de materiales en lugares convenientes, de accesorios de artefactos en lugares apropiados y seguros, así como de herramientas, etc.

**SEGURIDAD** : Los puntos peligrosos deben estar claramente señalados y debidamente resguardados ó protegidos. Deben evitarse las posibilidades de contaminación causadas por el polvo, emanaciones, olores, ruidos, etc. perjudiciales para la salud y la concentración necesaria. Debe reglamentarse la velocidad máxima vehículos y maquinaria dentro del campo de Trabajo así como el uso de los implementos de protección necesarios.

**ILUMINACION** : Cuando se requiera, los puestos de trabajo deben de dotarse de la iluminación necesaria, correspondiente al tipo de tarea a ejecutarse .

**TEMPERATURA Y VENTILACION** : Son factores de mucha importancia puesto que el organismo humano sólo puede funcionar adecuadamente, sin fatiga ni deterioro, y por períodos prolongados, dentro de un rango relativamente estrecho de estos factores .

La fatiga tanto física como mental, es también obstáculo a la producción de calidad que puede y debe evitarse mediante un adecuado diseño del método de trabajo. Lo anterior no significa que el ritmo de trabajo debe ser lento para que la producción sea de calidad. Si no que el trabajo debe organizarse de tal manera que sea compatibles velocidad y calidad eliminando la fatiga.

## II. CONCRETO

### II.1 INTRODUCCION

En el concreto armado, el acero y el concreto desempeñan papeles complementarios. A menudo sucede que el ingeniero sabe menos sobre el concreto con que se hace una estructura que sobre el acero.

El acero se fabrica en condiciones cuidadosamente controladas. Sus propiedades se determinan en un laboratorio y pueden ir descritas en un certificado del fabricante. Por lo tanto el proyectista necesita tan solo especificar el tipo de acero a usarse y el ingeniero supervisor se limita a verificar la colocación de éste según especificaciones, planos y bajo el punto de vista técnica.

En cuanto al concreto la situación es totalmente distinta. Es cierto que la calidad del cemento esta garantizada por el fabricante de manera parecida a la del acero y que si se elige un cemento adecuado, éste material será muy raras veces las causas de fallas en una estructura de concreto. Pero el material de construcción no es el cemento sino el concreto. Los miembros estructurales suelen producirse in situ y su calidad depende en forma casi exclusiva de la calidad de la mano de obra en los procesos de elaboración y colocación del concreto.

Resulta evidente la importancia de controlar la, calidad de los trabajos de concreto en la obra. Además como el obrero que elabora el concreto en la obra carece de la preparación y del conocimiento de otros oficios de la construcción, la supervisión del ingeniero en la obra es indispensable. El proyectista debe tener presente estos hechos, pues un diseño cuidadoso e intrincado puede quedar viciado facilmente si las propiedades del concreto real difieren de las postuladas en los cálculos del proyecto.

Esto no quiere decir que hacer un buen concreto sea difícil. Para hacer concreto "MALO"; no hay sino que mezclar cemento, agredo y agua. Sorpresivamente los ingredientes del concreto buenos son exactamente los mismos; la diferencia radica tan sólo en conocimientos prácticos, el KNOW-HOW, que a menudo no representa ningún costo adicional en la mano de obra.

#### QUE ES EL BUEN CONCRETO ?

Existen dos criterios glovales :

En su estado fresco, el concreto debe resultar satisfactorio, cuando se transporta de la mezcladora y se coloca en los encofrados. Las condiciones relativas al estado fresco, residen en que su consistencia preste a la compactación por medio convenientes, sin demasiados esfuerzos, y también en que la mezcla tenga la cohesión suficiente con respecto al método de colocación utilizado, para que no se produzcan segregaciones y la consecuente falta de homogeneidad en el producto terminado.

En su estado endurecido, el requisito primario habitual de un buen concreto, es una resistencia satisfactoria a la compresión. Esto va dirigido no tan solo a garantizar la capacidad del concreto para soportar un esfuerzo compresivo prescrito, sino que implica la presencia de muchas otras propiedades deseables en el concreto relacionadas con una alta resistencia.

En tiempos recientes, el interés por las diversas propiedades del concreto ( peso específico, durabilidad, resistencia a la tención, impermeabilidad, resistencia a la abrasión, resistencia a los sulfatos, etc. ) ha aumentado, pues las especificaciones modernas tienden a estipular requisitos de propiedades particulares del concreto, en vez de limitarse a indicar la calidad y la cantidad de los materiales componentes. Por consiguiente el conocimiento de las propiedades del concreto hace posible la selección de una mezcla más

adecuada y más económica. El interés por la elaboración del concreto se ha incrementado también debido al desarrollo de equipos que conducen a una mayor uniformidad del concreto, lo cual se traduce en ventajas económicas y técnicas

## II.2 MATERIALES

### EXIGENCIAS DEL REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES

#### 401 - ENSAYOS DE MATERIALES.

(a) El Inspector Oficial tendrá el derecho de ordenar periódicamente el ensayo de cualquier material que forme parte de la composición del concreto o del concreto armado, para determinar si los materiales y métodos que se están usando producen la calidad especificada.

(b) Los ensayos de los materiales y del concreto se harán de acuerdo con las especificaciones y normas de los anexos, como se anota en otras partes de este reglamento. Los resultados completos de tales ensayos estarán disponibles para ser inspeccionados durante el tiempo que dure el trabajo y durante cinco años después de concluirlo, debiendo ser conservados por el constructor para tal propósito.

#### 402 - CEMENTO PORTLAND.

(a) El cemento portland cumplirá con las especificaciones de los anexos N<sup>o</sup> 21 y N<sup>o</sup> 22.

(b) Se pueden usar cementos tipo portland que cumplan con las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup> 26, si se toman precauciones para un curado húmedo del presión por lo menos igual a la que se obtiene del concreto hecho con cemento que cumpla con lo mencionado en (a)



#### 403 - AGREGADOS PARA CONCRETO

(a) Los agregados para concreto cumplirán con las especificaciones de los Anexos N<sup>o</sup> 16 y N<sup>o</sup> 25. Pueden usarse agregados que no cumplan con estas especificaciones, pero que hayan demostrado por medio de la práctica o de ensayos especiales, que producen concreto de resistencia y durabilidad adecuados, según lo marcado en la Sección 502 (a). Método 2, cuando la autorice el Inspector Oficial.

(b) Con excepción de lo permitido en otras secciones de este reglamento, el tamaño máximo del agregado no será mayor que un quinto de la menor dimensión entre las caras del encofrado del elemento para el cual se va a usar el concreto, ni mayor que tres cuartas partes del espaciamiento libre mínimo entre barras individuales o paquetes de barras.

#### 404 - AGUA

(a) El agua que se use para mezclar concreto será limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceite, álcalis, ácidos, sales, materiales orgánicos, u otras sustancias que pueden ser dañinas para el concreto o el acero. Los cubos de mortero hecho con agua de mezclado no potable deberán tener resistencia a los 7 y a los 28 días por lo menos iguales al 90 % de la resistencia de especímenes similares hechos con agua potable.

#### 405 - REFUERZO METALICO

(a) La barra de refuerzo cumplirán con las especificaciones de los Anexos N<sup>o</sup> 2, N<sup>o</sup> 3 y N<sup>o</sup> 4.

Si se van a soldar las barras de refuerzo, las anteriores especificaciones se complementarán con requisitos que aseguren soldabilidad satisfactoria en conformidad con el Anexo N<sup>o</sup> 30.

(b) Las mallas de Barras o Barras de Refuerzo con concreto cumplirán con las especificaciones de Anezo N<sup>o</sup> 9.

(c) El alambre para refuerzo en concreto cumplirá con las especificaciones N<sup>o</sup>7.

(d) La malla del alambre soldada para refuerzo en concreto cumplirá con las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup>10, con la excepción de que el requisito de la sección 5b de dichas especificaciones para la resistencia al esfuerzo cortante de la soldadura, se ampliara para incluir una diferencia en tamaño de alambre hasta de 6 calibres.

(e) Los alambres y torones para concreto pretensado cumplirán con las especificaciones de los Anexos N<sup>o</sup>13 y N<sup>o</sup>14. Los alambres usados en torones para postensionado serán estirados en frío. Además en el caso de torones sin recubrir, éstos serán aliviados de esfuerzos, o galvanizados en caliente en el caso de torones galvanizados.

(f) Las barras de aleaciones de acero de alta resistencia para postensionado serán probadas con un esfuerzo del  $90 \frac{n}{n}$  de su resistencia garantizada a la tracción. Después de probarlas, las barras cumplirán con las siguientes mínimas :

Resistencia a la tracción f's.....	10,000 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la fluencia (0.2 por ciento de deformación unitaria permanente).....	0.90 f's
Alargamiento en la rotura en 20 diámetros.....	4 %
Reducción del área en la rotura .....	25 %

(g) El acero estructural cumplirá con las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup> 5.

(h) Los tubos de acero para columnas de tubo rellenas de concreto cumplirán con los requisitos para el grado B de las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup>6.

(i) Los tubos de acero fundido para columnas compuestas cumplirán con las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup> 12.



(b) Las mallas de Barras o Barras de Refuerzo con concreto cumplirán con las especificaciones de Anexo N<sup>o</sup> 9.

(c) El alambre para refuerzo en concreto cumplirá con las especificaciones N<sup>o</sup>7.

(d) La malla del alambre soldada para refuerzo en concreto cumplirá con las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup>10, con la excepción de que el requisito de la sección 5b de dichas especificaciones para la resistencia al esfuerzo cortante de la soldadura, se ampliara para incluir una diferencia en tamaño de alambre hasta de 6 calibres.

(e) Los alambres y torones para concreto pretensado cumplirán con las especificaciones de los Anexos N<sup>o</sup>13 y N<sup>o</sup>14. Los alambres usados en torones para postensionado serán estirados en frío. Además en el caso de torones sin recubrir, éstos serán aliviados de esfuerzos, o galvanizados en caliente en el caso de torones galvanizados.

(f) Las barras de aleaciones de acero de alta resistencia para postensionado serán probadas con un esfuerzo del  $90 \frac{n}{n}$  de su resistencia garantizada a la tracción. Después de probarlas, las barras cumplirán con las siguientes mínimas :

Resistencia a la tracción $f'_s$ .....	10,000 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la fluencia (0.2 por ciento de deformación unitaria permanente).....	0.90 $f'_s$
Alargamiento en la rotura en 20 diámetros.....	4 %
Reducción del área en la rotura .....	25 %

(g) El acero estructural cumplirá con las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup> 5.

(h) Los tubos de acero para columnas de tubo rellenas de concreto cumplirán con los requisitos para el grado B de las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup>6.

(i) Los tubos de acero fundido para columnas compuestas cumplirán con las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup> 12.

#### 406 - ADITIVOS INCORPORADORES DE AIRE

(a) Los aditivos incorporadores de aire, si se usan, cumplirán con las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup> 24.

#### 407 - ADITIVOS ACELERADORES, RETARDADORES Y REDUCTORES DE AGUA.

(a) Los aditivos aceleradores, retardadores y reductores de agua, si se usan, cumplirán con las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup> 28.

#### 408 - ADITIVOS PUZOLANICOS.

(a) Cuando se usen puzolanas como aditivos, éstos cumplirán con las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup> 27

#### 409 - ALMACENAMIENTO DE MATERIALES.

(a) El cemento y los agregados se almacenarán en forma adecuada para evitar su deterioro o contaminación con sustancias extrañas. Cualquier material que se haya deteriorado o que haya sido dañado no será usado para preparar concreto.

### EXIGENCIAS DE REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO ( ACI-318-77)

#### 3.1 PRUEBAS DE MATERIALES

3.1.1 El Oficial de la Construcciones, tendrá el derecho de ordenar la prueba de cualquier material empleado en las obras de concreto, a fin de determinar si es de la calidad especificada.

3.1.2 Las pruebas de materiales y concreto, deben hacerse de acuerdo con las normas de la Sociedad americana para pruebas

y materiales (American Society for Testing and Materials), que se enlistan en la Sección 3.8.1

3.1.3 Los resultados completos de tales pruebas, deben estar disponibles para la supervisión durante el avance de la obra y dos años después de concluida, y deben ser conservados por el arquitecto, o ingeniero supervisor para tal propósito.

## 3.2 CEMENTOS

3.2.1 El cemento deberá cumplir con alguna de las siguientes especificaciones para cemento portland:

- a) "Especificaciones para cemento Portland "(ASTM C 150)
- b) "Especificaciones para cementos hidráulicos combinados" (ASTM C 595); se excluye los Tipos S (cemento de escoria in- clusor de aire), ya que no se emplean como constituyentes ce- mentantes principales en el concreto estructural.

3.2.2 El cemento empleado en la obra debe corresponder con el que se ha tomado como base para la selección de la dosifi- cación del concreto. Véase la Sección 4.2

## 3.3 AGREGADOS

3.3.1 Los agregados pra concreto deben cumplir con una de las siguientes especificaciones:

- a) "Especificaciones estándar para agregados utilizados en el concreto"(ASTM C 33).
- b) "Especificaciones para agregados utilizados en el con- creto estructural "(ASTM C 330).

3.3.2 Los agregados que no cumplan con las especificaciones de la Sección 3.3.1, y hayan demostrado por pruebas especia- les o por experiencias prácticas que producen un concreto de

resistencia y durabilidad adecuadas, pueden utilizarse cuando lo autorice el Oficial de las Construcciones.

3.3.3 El tamaño máximo nominal del agregado no será superior a :

- a)  $1/5$  de la separación menor entre los lados de la cimbra, ni
- b)  $1/3$  del peralte de la losa, ni
- c)  $3/4$  del espaciamiento mínimo libre entre las varillas o alambre individuales de refuerzo, paquetes de varillas, cables o ductos de presfuerzo.

Estas limitaciones se pueden omitir si, a juicio del ingeniero, la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que, el concreto se puede colocar sin la formación de vacíos o cavidades en forma de panal.

#### 3.4 AGUA

3.4.1 El agua empleada en el mezclado del concreto deberá ser limpia y estar libre cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico, u otras sustancias que pueden ser nocivas al concreto o al acero de refuerzo.

3.4.2 El agua de la mezcla para el concreto para el concreto que contendrá elementos ahogados de aluminio, incluyendo la porción de agua de la mezcla con la que contribuye la humedad libre de los agregados, no debe contener cantidades perjudiciales de iones de cloruro.

3.4.3 No deberá utilizarse agua no potable a menos que se cumpla con las siguientes condiciones.

- a) La selección de las proporciones debe basarse en mezclas de concreto utilizando agua de la misma fuente.
- b) Los cubos de mortero para pruebas, hechos con agua no potable, deben tener resistencias iguales a los 7 y 28 días,

de por lo menos 90 % de la resistencia de muestras similares hechas con agua potable. La comparación de la prueba de resistencia debe hacerse en morteros idénticos, excepto por el agua de la mezcla, preparados y probados de acuerdo con el "Método de prueba para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico (utilizando muestras cúbicas de 50 mm de arista)", (ASTM C 109).

### 3.5 ACERO DE REFUERZO

3.5.1 El acero de refuerzo deber ser corrugado excepto para espirales o cables en los cuales se puede utilizar alambre liso. El refuerzo que consiste en acero estructural o en tubos de acero, puede utilizarse de acuerdo con las especificaciones de este reglamento.

3.5.2 El refuerzo que va a ser soldado debe estar indicado en los planos, así como también el procedimiento de soldadura que se empleará. Las especificaciones para el acero de la ASTM, excepción hecha de la ASTM A 706, deberán complementarse a modo de requerir un informe de las propiedades del material, el cual resulta necesario a fin de conformarlo con los procedimientos de soldadura especificada en "Reinforcing Steel Wwlding Code"(AWS D 12.1) de la American Welding Society.

#### 3.5.3 Refuerzo corrugado

3.5.3.1 Las varillas corrugadas de refuerzo deben cumplir con una de las siguientes especificaciones, excepto en lo dispuesto en la Sección 3.5.3.2

- a) "Especificación varillas corrugas y lisas de acero de lingote para refuerzo del concreto"(ASTM 615).
- b) "Especificación para varillas corrugadas y lisas de acero de riel para refuerzo de concreto " ASTM A 616).
- c) "Especificación para varillas corrugadas y lisas de acero de eje para refuerzo del concreto" (ASTM A 617).

d) "Especificación para varillas corrugadas de acero de baja aleación para refuerzo del concreto"(ASTM A 706).

3.5.3.2 Las varillas corrugada de refuerzo deben estar de acuerdo con las siguientes excepciones a las especificaciones de la ASTM que se enlistan en la Sección 3.5.3.1:

1.- Para las normas ASTM A 615, A 616, la resistencia a la fluencia debe corresponder a la determinada por las pruebas de varillas de sección transversal completa.

2.- Para las normas ASTM A 616 y A 617, los requisitos para la prueba de doblado de todas las varillas desde el tamaño #3 hasta el #1 deben hacerse en base a dobleces de 180° en varillas de sección transversal completa alrededor de pernos, cuyos diámetros se especifican en la Tabla 3,5.3.2 Si se van a doblar varillas de # 14 o del # 18 que cumplan con estas especificaciones, los especímenes de sección transversal completa deberán poder doblarse a 90° en la prueba a una temperatura mínima de 16°C alrededor de un perno de 9 d<sub>b</sub> sin que se agriete la varilla. No obstante, si se requiere que las varillas # 14 y # 18, tal como se emplean en la estructura, se doblen a más de 90°, los dobleces de los especímenes deben doblarse en la prueba a 180° de acuerdo con otros criterios, al igual que para 90°

TABLA 3.5.3.2 REQUISITOS PARA LA PRUEBA DE DOBLADO

Designación de la varilla      Diámetro del perno para la prueba de doblado.

#3, #4, #5	3 1/2	d <sub>b</sub>
#6, #7, #8	5	d <sub>b</sub>
#9, #10, #11	7	d <sub>b</sub>
#9, #10, #11 (Del grado 28)*	5	d <sub>b</sub>

\* Nota de la edición en español. En México, los grados del del acero equivalentes a los de las normas de las ASTM son los siguientes: grado 40 (40,000 lb/pulg<sup>2</sup>)= grado 28 (28 kg/mm<sup>2</sup>); grado 50=grado 35; grado 60=grado 42; grado 75=52g



3.5.3.3 Las varillas de refuerzo corrugadas con una resistencia a la fluencia  $f_y$  especificadas, superior a 4,200 kg/cm.<sup>2</sup>, puede utilizarse siempre y cuando  $f_y$  sea el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria del 0.35% además de las varillas cumplan con una de las especificaciones ASTM enlistadas en la Sección 3.5.3.1 incluyendo los requisitos adicionales de la Sección 3.5.3.2 Véase la Sección 9.4.

3.5.3.4 Las camas de varillas y las varillas para refuerzo del concreto debe apegarse a las "Especificaciones para camas fabricadas de varillas corrugadas de acero para refuerzo del concreto" (ASTM A 184).

3.5.3.5 El alambre corrugado para refuerzo del concreto debe cumplir con las "Especificaciones para alambre de acero corrugado para refuerzo del concreto" (ASTM A 496), excepto cuando el diámetro del alambre no sea del tamaño inferior al D4 y para alambre con una resistencia a la fluencia  $f_y$  especificada, superior a 4,200 kg./cm.<sup>2</sup>  $f_y$  será el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria del 0.35%.

3.5.3.6 La malla soldada de alambre liso para refuerzo del concreto debe cumplir con las "Especificaciones para malla de alambre de acero soldado para refuerzo del concreto" (ASTM A 185), exceptuando las intersecciones soldadas que no deberán espaciarse más de 30 cm. en la dirección del refuerzo principal de flexión y para alambre con una resistencia a la fluencia  $f_y$  especificada superior a 4,200 kg./cm.<sup>2</sup>  $f_y$  será el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria del 0.35%.

3.5.3.7 La malla de alambre corrugado soldado para refuerzo del concreto debe cumplir con las "Especificaciones para malla de alambre de acero corrugado soldado para refuerzo del concreto" (ASTM A 497) excepto cuando las intersecciones soldadas no deban espaciarse más de 40 cm. en la dirección del refuerzo principal de flexión, y para alambre con una resistencia a la fluencia  $f_y$  especificada, superior a 4,200 kg./cm.<sup>2</sup>,  $f_y$  será el esfuerzo correspondiente a una deformación

unitaria del 0.35%.

#### 3.5.4 REFUERZO LISO

3.5.4.1 La varilla lisa para refuerzo en espiral debe apegarse a las especificaciones enlistadas en la Sección 3.5.3.1 (a), (b), ó (c), incluyendo los requisitos especiales de la Sección 3.5.3.2.

3.5.4.2 El alambre liso para refuerzo en espiral con las "Especificaciones para alambre de acero estirado en frío para refuerzo del concreto" (ASTM A 82), excepto que para el alambre con una resistencia a la fluencia  $f_y$  especificada, superior a 4,200 kg / cm<sup>2</sup>,  $f_y$  será el esfuerzo que corresponda a una deformación unitaria del 0.35%.

#### 3.5.5 Cables de presfuerzo

3.5.5.1 Los alambres, torones y varillas para cables en concreto presforzados deben cumplir con una de las siguientes especificaciones :

- a) "Especificaciones para alambre sin recubrimiento relevado de esfuerzos, para concreto presforzado" (ASTM A 421).
- b) "Especificaciones para torón sin recubrimiento, de 7 alambres, relevado de esfuerzos, para concreto presforzado" (ASTM A 416).
- c) "Especificaciones para varilla sin recubrimiento de acero de alta resistencia para concreto presforzado" (ASTM A 722).

3.5.5.2 Los alambres, torones y varillas, no detallados específicamente en las normas ASTM A 416, A 421, o A 722, se pueden usar siempre que se demuestre que cumple con los requisitos mínimos de estas especificaciones y que no tienen propiedades que los hagan menos satisfactorios que los enlistados en ASTM A 416, A 421, o A 722.

#### 3.5.6 Acero estructural, tubos de acero o tuberías.



3.5.6.1 El acero estructural utilizado junto con varillas de refuerzo en un miembro compuesto a compresión, que cumpla con los requisitos de la Sección 10.14.7 ó 10.14.8, debe ajustarse a una de las siguientes normas :

- a) "Especificación para acero estructural" (ASTM A 36).
- b) "Especificación para acero estructural de alta resistencia y de baja aleación" (ASTM A 242).
- c) "Especificaciones para acero estructural de alta resistencia y de baja aleación de vanadio y manganeso" (ASTM A 441).
- d) "Especificación para aceros de calidad estructural de alta resistencia y de baja aleación de columbio y vanadio" (ASTM A 572).
- e) "Especificación para acero estructural de alta resistencia y de baja aleación, con un punto fluencia mínimo de 3,500 kg/cm<sup>2</sup> y 10 cm de espesor" (ASTM A 588).

3.5.6.2 Los tubos de acero o tuberías para miembros compuestos sujetos a compresión que estén compuestos de un tubo de acero relleno de concreto que cumpla con los requisitos de la Sección 10.14.6, deben ajustarse a una de las siguientes especificaciones :

- a) Grados B de las "Especificaciones para tubos de acero soldados y sin costura" (ASTM A 53).
- b) "Especificaciones para tubos redondos o perfilados de acero al carbono, soldados y sin costura, forjados en frío para propósitos estructurales" (ASTM A 500).
- c) "Especificaciones para tubos de acero al carbono soldados y sin costura, forjados en caliente para propósitos estructurales" (ASTM A 501).

## 3.6 ADITIVOS

3.6.1 Los aditivos que deben emplearse en el concreto estarán sujetos a la aprobación previa del ingeniero.

3.6.2 Debe demostrarse que el aditivo es capaz de mantener esencialmente la misma composición y comportamiento en el concreto en toda la obra donde se use el producto en las porciones establecidas, del acuerdo con lo asentado en la Sección 4.2.

3.6.3 Los aditivos que contengan iones de cloruros no deben utilizarse en el concreto que contenga elementos de aluminio ahogados si su uso produce una concentración perjudicial de iones de cloruro en el agua de mezclado.

3.6.4 Los aditivos inclusores de aire deben cumplir con la "Especificación para aditivos inclusores de aire para concreto" (ASTM C 260).

3.6.5 Los aditivos reductores de agua, retardantes, acelerantes, reductores de agua y retardadores, y reductores de agua y acelerantes, deberán cumplir con la "Especificaciones para aditivos químicos para concreto" (ASTM C 494).

3.6.6 La ceniza volante u otras puzolanas usadas como aditivos deberán cumplir con las "Especificaciones para ceniza volante y puzolanas naturales crudas o calcinadas, para usarse en concreto de cemento portland" (ASTM C 618).

### 3.7 ALMACENAMIENTO DE LOS MATERIALES

3.7.1 El cemento y los agregados deberán almacenarse de tal manera que prevenga su deterioro o la introducción de materia extraña.

3.7.2 Cualquier material que se haya deteriorado o contaminado no deberá utilizarse en el concreto.

En general, los criterios para la aceptación o rechazo deben provenir de cuidadosos ensayos de laboratorio, pero ciertos defectos cualitativos obvios pueden ser detectados por medio de sencillas pruebas personales en obra.

Tanto la cantidad como la calidad de cada uno de los componentes que forman partes del concreto resultan factores de gran importancia, ya que pueden afectar sensiblemente la calidad del producto.

Los controles en obra de los componentes del concreto, se relacionaran directamente tanto con la importancia y magnitud de la construcción, como con la confianza en la calidad y homogeneidad de su fuentes de suministro. Los ensayos de campo y de laboratorio, que sirven para conocer las características de los materiales empleados, deberán ser hechos con la frecuencia necesaria.

Usualmente estos controles se realizan cuidadosamente al comienzo de las obras y se van espaciando en su transcurso. Esto es sólo aceptable si se comprueba la calidad permanente de los materiales y de los procesos. Muchas veces, la forma de obtención de algunos de los componentes del concreto no garantiza, en modo alguno, la continuidad de la calidad de esos suministros. Esta afirmación es tanto más válida cuanto menos sea el grado de industrialización, mecanización y tecnificación de la correspondiente actividad extractiva o manufacturera de esos componentes para el concreto.

Los principales controles en obra se basan en las observaciones personales que por medio de la vista, el tacto ó el olfato, puedan inferir las propiedades o características de los materiales.

En obra, se deben efectuar, al menos, cierto tipo de controles que permitan en principio, la calificación previa de los materiales. Los controles mínimos más recomendables sobre los componentes del concreto, son los siguientes :

-

- La piedra deberá corresponder a la forma y tamaño máximo especificados en el diseño de mezcla
- No deberá contener ostensible cantidad de partículas alargadas ó planas.
- Deberá estar libre de partículas blandas, terrones, residuos orgánicos y polvo ó partículas finas.
- La arena no debe contener exceso aparente de mica, partículas deleznable, materias orgánicas, ni arcilla.
- Sus características de color, forma de granos y distribución de tamaños, deben corresponder a las características de la arena empleada en el diseño de mezcla.
- El cemento debe ser tipo especificado, cumplir con las normas nacionales de calidad y estar en buenas condiciones de uso.
- La fuente de suministro de agua debe reunir las condiciones cualitativas exigidas para su uso en mezclas de concreto.
- Los aditivos que ocasionalmente puedan ser usados, deben ser del tipo y marca recomendados en el diseño de mezcla. Se comprobará previamente su buen estado. En caso de requerirse alguna preparación de los aditivos, anterior a su uso, se deben seguir las instrucciones que señale el fabricante.
- Los materiales, en general, deben ser almacenados en forma que se evite su deterioro o la contaminación con sustancias indeseables. Resulta de particular importancia la conservación adecuada del concreto.

Esta primera fase de la selección y aceptación de los materiales resulta una de las dos más fundamentales para la calidad de las obras con concreto. Esa calidad va a depender

de la suma de las calidades de todas y cada una de las etapas de su fabricación y colocación (selección de los componentes, diseños de la mezcla, proceso de mezclado, transporte y colocación, vibrado y curado), pero de un modo especial depende de la calidad de sus componentes y de la forma como éstos se combinan.

Con buenos materiales es posible llegar a producir un concreto malo por defectos en el diseño o en la operación, pero, con malos materiales, nunca se podrá obtener un concreto bueno.

Por estas razones resulta tan importante el acierto en la selección de los componentes en el momento de diseñar la mezcla, y una vez obtenidos los resultados aprobatorios de sus ensayos de asentamiento y de ruptura de cilindros a la compresión, se hace necesario mantener la calidad de los componentes a lo largo de todo el proceso constructivo, cada vez que se vuelva a fabricar concreto.

De los diferentes materiales constitutivos del concreto el agua representa el de mayor incidencia en su calidad si se abusa cuantitativamente de ella. Es de todos conocida la correspondencia directa que hay entre la resistencia del concreto y la relación "AGUA CEMENTO", es decir la cantidad en casos, de cemento usado. A mayor relación "AGUA CEMENTO", menos resistencia.

Es por ello que el control en obra que habrá de ejercer se sobre las cantidades de agua en cada revoltura, debe ser de los más estrictos.

En lo referente a la calidad del agua, generalmente no existe mayor preocupación por la relativa facilidad con que se consigue en la mayoría de las obras de ciudades y pueblos. En los casos donde pueda presentarse alguna duda, se debe confiar en los resultados de ensayos hechos en laboratorio.

El cemento ofrece una calidad, amparada por una alta

tecnología industrial de fabricación sometida a los controles correspondientes a su proceso de obtención.

Los agregados (piedra y arena), parecen ser los componentes críticos en este sentido. Los controles en obra es - teictos en la medida en que su suministro, sea menos confia - ble y no garantice la continuidad en cuanto a calidad (tama - ño máximo, dureza, granulo metría, limpieza, etc) y no asegu - re una misma procedencia haciendo dudar de la existencia de verdaderos criterios técnicos de selección y controles conve - nientes que mantengan un nivel de calidad, por lo que la acep - tación en obra es de mucha responsabilidad.

## II.3 MEZCLADO

### REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES

#### 601 - PREPARACION DEL EQUIPO Y DE LOS LUGARES DE COLOCACION

(a) Antes de colocar el concreto, todo el equipo para el mezclado y el transporte deberá estar limpio, se eliminará todos los desperdicios o hielo de los espacios que van a ser ocupados por el concreto, los encofrados se humedecerán com - pletamente o se aceitarán, las unidades de mampostería que queden en contacto con el concreto estarán bien humedecidos y el refuerzo estará completamente limpio de hielo u otras contaminaciones o revestimientos dañinos.

(b) El agua deberá ser retirada del lugar donde se ha de depositar el concreto, salvo el caso que se emplee un siste - ma de colocación por manga u otro sistema aprobado por el Ins - pector Oficial.

(c) Se debe eliminar la lechada y todo material defectuo - so o suelto de la superficie del concreto endurecido antes de que se agregue concreto adicional.

#### 602 - MEZCLADO DE CONCRETO



(a) Todo el concreto se mezclará hasta que exista una distribución uniforme de los materiales, y se descargará completamente antes de que la mezcladora se vuelva a cargar.

(b) Para concreto mezclado en obra, el mezclado se hará en mezcladora de tipo aprobado. La mezcladora girará a la velocidad recomendada por el fabricante, y el mezclado se continuará por lo menos durante minutos y medio después de que todos los materiales estén en el tambor.

(c) El concreto premezclado se mezclará y se entregará de acuerdo con los requisitos establecidos en el Anexo N<sup>o</sup> 19 y cumplirá lo especificado en el Capítulo 5.

## REGLAMENTO ACI-318-77

### 5.1 PREPARACION DEL EQUIPO Y DEL LUGAR DE COLCACION

5.1.1 La preparación previa a la colocación del concreto debe incluir lo siguiente :

(a) Todo el equipo de mezclado y transporte del concreto deberá estar limpio.

(b) Deberán retirarse todos los escombros y el hielo de los espacios que serán ocupados por el concreto.

(c) Las cimbras deberán estar adecuadamente engrasadas.

(d) Los tabiques o bloques de los rellenos que van a estar en contacto con el concreto estarán bien humedecidos.

(e) El refuerzo deberá estar completamente libre de hielo u otras capas perjudiciales.

(f) El agua deberá retirarse del lugar de colocación del concreto antes de que esté se deposite, a menos que se vaya

a emplear una trompa de colado, (tremie) o que los permita el Oficial de las Construcciones.

(g) La superficie del concreto debe estar libre de lechada y de otros materiales blandos antes de colocar concreto adicional contra ella.

## 5.2 MEZCLADO

5.2.1 Todo el concreto deberá mezclarse hasta que se logre una distribución uniforme de los materiales, y deberá descargarse completamente antes de que vuelva a cargarse la mezcladora.

5.2.2 El concreto premezclado deberá mezclarse y entregarse de acuerdo con los requisitos establecidos en la "Especificación para concreto premezclado" (ASTM C 94).

5.2.3 El concreto mezclado en obra se mezclará con lo siguiente :

(a) El mezclado deberá hacerse en una mezcladora del tipo aprobado.

(b) La mezcladora deberá hacerse girar a la velocidad recomendada por el fabricante.

(c) El mezclado deberá continuarse por lo menos durante 1 1/2 min. después de que todos los materiales estén dentro del tambor, a menos que se demuestre que un tiempo menor es satisfactorio mediante las pruebas de uniformidad en el mezclado, según la "Especificación para concreto premezclado" (ASTM C 94)



Esta operación consiste en reunir los componentes del concreto en aquellas proporciones establecidas previamente por el diseño de mezcla. Se debe obtener un material homogéneo, de una trabajabilidad adecuada en su estado fresco, en su estado endurecido la resistencia esperada y todas las características supuestas por quienes prepararon la fórmula de la mezcla.

Los diversos métodos teóricos para el diseño se basan en los principios fundamentales del comportamiento del concreto y, de acuerdo a las operaciones y cálculo, particulares para cada método, llegan todos a una proposición final, que es la fórmula para la mezcla de los componentes. Sin embargo, esa fórmula sólo debe ser tomada como punto de partida experimental. Requiere correcciones o ajustes, después de lo cual se obtiene la fórmula definitiva que es la que llega a la obra. Esta fórmula expresa en peso o en volumen, las cantidades que se deben combinar de todos y cada uno de los componentes del concreto. Generalmente vienen referidas a un metro cúbico de mezcla, en algunos casos, las cantidades se dan ya ajustadas a la capacidad de la mezcladora que se vaya a usar. A esta última fórmula se le deben hacer en obra solamente aquellas correcciones correspondientes al contenido de humedad en los agregados o debidas a cualquier otra circunstancia muy ocasional.

Un buen proceso de mezclado se facilita en obra cuando se cuidan previamente detalles relativos al sitio de ubicación de los materiales y de la maquinaria, a las condiciones de capacidad y funcionamiento de la mezcladora, a la forma conveniente de medición de materiales, y al posterior proceso de limpieza de los equipos, por lo que se recomienda poner especial cuidado en los siguientes puntos :

### II.3.1 ELECCION Y PREPARACION DEL SITIO DE MEZCLADO :

El lugar donde se depositen los materiales y se establezcan los equipos de medición y maquinaria de mezclado de reunir fundamentalmente las siguientes características :

- Tamaño adecuado perfectamente accesible para la ubicación y manejo de los materiales y equipos.
- Estar convenientemente cerca al sitio de vaciado del concreto.
- Horizontalidad que requieran los equipos de mezclado y de medida o pesaje de los materiales.

### II.3.2 MAQUINARIA

La mezcladora es la máquina que une todos los componentes del concreto en forma homogénea. Debe garantizar que la superficie de los agregados que de totalmente cubierta por la pasta cementante en un tiempo, razonable, sin que produzca segregación ni pérdida de material, para lo cual es recomendable controlar lo siguiente :

- La mezcladora debe estar nivelada y bien asentada sobre sus apoyos.
- Sus dispositivos de carga y descarga no deberá tener pérdida de materiales.
- El número, de revoluciones deberá ser el óptimo, según las recomendaciones del fabricante.
- El diseño y estado de las paletas será el apropiado para un mezclado efectivo.
- No se deberá sobrecargar la mezcladora, pero tampoco usarla a menos de unos dos tercios de su capacidad.
- En general, la máquina debe haberse instalado, probado su funcionamiento antes de iniciar el mezclado.

### II.3.3 MEDICION DE LOS MATERIALES

Los materiales que van a ser mezclados, deberán medirse ajustadamente por peso o por volumen. Es conveniente recordar que se obtienen mejores y mejores y más económicas concretos, cuando la dosificación se hace por peso.

La calidad y característica de los agregados deben ser las requeridas, su estado de humedad deberá ser determinado a fin de efectuar las correcciones necesarias; el cemento debe estar en buenas condiciones, el agua debe ser de calidad aceptable y sin contaminaciones dañinas.

Para garantizar una buena medición es recomendable controlar lo siguiente :

- Las balanzas que se usen deben estar niveladas y en perfectas condiciones.
- La capacidad y características de las balanzas deberá ser apropiada para este tipo de trabajo.
- Es recomendable una comprobación de funcionamiento periódica y siempre al comenzar la obra.
- El pesaje debe ser cuidadoso, se puede permitir una tolerancia, en más o menos, del dos por ciento para la piedra y la arena y del uno por ciento para el cemento o el agua.
- Cuando los materiales vayan a ser pesados dentro de elementos de transporte (carretillas), carretones, etc) Estos deben estar previamente calibrados y marcados.
- Los recipientes que se usen para mediciones volumétricas, habrán de ser calibrados y marcados para las distintas medidas que vayan a usarse. Especial cuidado se tendrá en el caso del recipiente para el agua.
- Cuando el cemento no se mida por peso, es recomendable emplear en la "Tanda" un número exacto de sacos.

- Cuando se empleen tolvas de medición, es conveniente revisarlas y limpiarlas periódicamente.
- La medición de los aditivos tiene que ser hecha con sumo cuidado, dadas las características que ellos importen a la mezcla y el hecho de emplear usualmente pequeñas cantidades, sobre pasar esas cantidades puede ocasionar serios inconvenientes en el comportamiento del concreto.

#### II.3.4 OPERACION DE MEZCLADO

Si bien hay empresas constructoras que poseen personal técnico auxiliar capaz de cuidar los detalles relativos al mezclado en forma de obtener un concreto que se ajuste a las especificaciones del diseño, es recomendable que el profesional a cuyo cargo este la obra intervenga o tenga algún control sobre esta operación.

Antes de iniciar el mezclado se debe remover los restos de mezclados anteriores del interior del tambor y paletas se debe humedecer el interior para evitar que se pique los materiales y se disminuya el agua de mezclado.

Entre los controles más importantes durante el mezclado podemos citar :

- Determinar el contenido de humedad de los agregados, a fin de realizar las correspondientes correcciones en la dosificación de agua.
- Es recomendable que el ingreso de los materiales a la máquina mezcladora se haga en forma simultánea, para lograr un humedecimiento y una mezcla homogéneos. La mayoría de los equipos no permite esta forma de ingreso de los materiales, y es necesario introducirlos progresivamente. En este caso se recomienda el siguiente orden :

1. Mitad del agregado grueso.
2. Mitad del agua.
3. Cemento.
4. Arena
5. Cantidad restante del agregado grueso.
6. Cantidad restante del agua.

- Es recomendable que la primera "Tanda" que se mezcle tenga un 10% mas de cemento y arena para compensar la cantidad de estos materiales que, inevitablemente en las paletas y fondo del tambor.
- En las "Tandas" iniciales, la cantidad de agua añadida al final será aquella que permita lograr la trabajabilidad recomendada. Si las variaciones en esta cantidad resultan considerables, tanto en exceso como en defecto, es aconsejable hacer una revisión de las fórmulas de diseño, de las características de los materiales y del estado de los instrumentos de medición.
- Un tiempo corto de mezclado no asegura una buena mezcla, y un tiempo largo puede afectar la plasticidad del concreto, este tiempo es función del tipo de equipo y se recomienda que sea mayor de un minuto y menor de tres.
- Se debe evitar la mezcla con cementos de distinto tipo o distinta marca. La unión de cementos de igual tipo, pero origen diferente, debe ser consultada previamente con el especialista que haya diseñado la mezcla.
- El concreto recién mezclado comienza a experimentar una serie de fenómenos de diversa índole, que son los que van a transformar en el producto denso, consistente y capaz de resistir esfuerzos estructurales. Sin embargo este proceso es lento, por lo cual se puede usar un concreto que lleve algún tiempo ya, de fabricado. No se recomienda usar mezclas con más de una hora de terminadas, y siempre habrá que remezclar o agitar esos con-

cretos antes de usarlos definitivamente. La calidad de un concreto no fresco dependerá fundamentalmente de las condiciones de su almacenamiento. Deberá haber sido conservado en lugar techado, sin exceso de corrientes de aire que lo resequen superficialmente, sin contaminarse con elementos extraños, etc.

- En caso de usar concreto premezclado, no producido en la obra, se deberá comprobar que los datos de la planilla del camión y el concreto recibido corresponden al pedido solicitado. Es importante la medición del asentamiento como medida de control.
- Uno de los controles más necesarios en obra es el del asentamiento con el cono de Abrams, ya que si mantenemos las proporciones de componentes inalterables, la variación en el asentamiento nos indica alguna posible alteración. El equipo y la metodología son sencillos y asequibles a cualquier operario debidamente entrenado. Este ensayo debe hacerse en forma adecuada para que tenga verdadera significación.

### II.3.5 LIMPIEZA DEL EQUIPO

Los equipos de mezclado son generalmente costosos y de trabajo pesado, por lo cual su mantenimiento debe ser frecuente y minucioso, con lo que se obtendrá una operación eficiente y una mayor duración. Un buen mantenimiento requiere :

- Remoción del concreto sobrante, hecha inmediatamente después de concluido el trabajo.
- Limpieza exterior del equipo
- Lubricación de las partes móviles y engranajes de la maquinaria.

- Limpieza y lubricación de los instrumentos o aparatos de medición, siguiendo las recomendaciones particulares de los fabricantes.

## II.4 ENCOFRADOS

### 701 - DISEÑO DE ENCOFRADOS.

(a) Los encofrados se ajustarán a la forma, las líneas y las dimensiones de los elementos según lo especificado en los planos y serán sólidos y suficientemente herméticos para evitar salida de morteros. Estarán arriostrados o unidos adecuadamente para mantener su posición y su forma.

(b) En diseño del encofrado deberán considerarse los siguientes factores :

1. Velocidad y método de colocar el concreto.
2. Cargas, incluyendo carga viva, muerta lateral e impacta.
3. Selección de materiales y esfuerzos.
4. Deflexión, contraflecha, excentricidad y supresión.
5. Arriostramiento horizontal y diagonal.
6. Empalmes de pies derechos.
7. Compresión perpendicular a la fibra.
8. Cargas sobre el piso, o sobre una estructura vaciada previamente.

## REGLAMENTO ACI-318-77

### 6.1 Diseño de cimbras

6.1.1 La cimbra debe dar como resultado una estructura que cumpla con la forma, los lineamientos y las dimensiones de los elementos, según lo requerido en los planos de diseño y en las especificaciones.



6.1.2 Las cimbras deben ser sustancial y suficientemente impermeables para impedir la fuga del mortero.

6.1.3 Las cimbras deben estar adecuadamente apuntaladas, o ligadas de tal manera que conserven su forma y su posición

6.1.4 Las cimbras y sus apoyos deben diseñarse de tal manera que no se dañe la estructura previamente construida.

6.1.5 El diseño de la cimbra incluirá la consideración de los siguientes factores :

- a) Velocidad y método de colocación del concreto.
- b) Cargas de construcción, incluyendo carga vertical, horizontal y de impacto.
- c) Requisitos especiales de la cimbra, necesarios para la construcción de cascarones, placas plegadas, domos, concreto arquitectónico u otros tipos semejantes de elementos.

6.1.6 Las cimbras para miembros presforzados deben diseñarse y construirse de tal manera que permitan el movimiento del miembro sin causarle daños durante la aplicación de la fuerza de presfuerzo.

Una de las características más ventajosas del concreto como material de construcción es su moldeabilidad a las temperaturas del ambiente, mientras dura su condición plástica. Eso permite el transporte en pequeñas porciones para ir las vertiendo en los moldes y constituir una pieza homogénea que puede ser de gran tamaño. El paso de la condición plástica a la condición endurecida se suele llevar a cabo dentro de tales moldes, que son los llamados encofrados. Estos tendrán la forma y tamaño que permitan producir los elementos diseñados.

Los materiales generalmente empleados para encofrados son la madera y el metal, sin embargo se puede usar también plástico, cartón piedra, concreto ya endurecido, el mismo



terreno puede servir de molde, etc. El material y tipo de encofrado se determina en función de la tecnología y la economía.

Los controles mas importantes relacionados a encofrados son los siguientes :

- El material seleccionado para el encofrado, debe poseer suficiente rigidez como para mantener las formas invariables, sin albeos. Esa misma rigidez evitará la pérdida de material por ranuras o deformaciones.
- El material de los encofrados no debe absorber agua de la mezcla de concreto, para lo cual se puede usar un material impermeable, o uno permeable pero con ciertas precauciones. Tal es el caso de la madera, que se reviste en sus caras internas de aceite o petróleo para obtener una impermeabilidad aceptable, o bien se moja previamente para saturar la de agua y evitar que la absorba de la mezcla, lo cual además facilita el desencofrado
- El encofrado debe estar internamente antes del vaciado. Cualquier residuo o suciedad contenida, pasará a formar parte de la masa de concreto posteriormente vaciada, con los inconvenientes que eso pueda llegar a significar.
- Por muy rígido que sea el conjunto de los encofrados, cuando se trata de piezas horizontales o inclinadas que sobrepasan los tres metros de longitud, resulta inevitable que se produzcan flechas, de deformación. Para contrarrestar este fenómeno, el encofrado deberá ser montado con una contraflecha adecuada, cuya magnitud y ubicación dependerá de la longitud, forma y armadura de la pieza vaciada.

En las piezas horizontales no fabricadas sobre el piso, los encofrados requieren de puntales para su fijación a la altura que corresponda. Estos puntales soportarán el peso del concreto hasta que éste genere sus condiciones estructurales de capacidad de resistencia a su propio peso y a las cargas adicionales.

En relación con los puntales habrá que cuidar los siguientes aspectos:

- Deben ser de material con características que garanticen que no se deformara por pandeo.
- Su número y distribución obedecerá a cálculos que garanticen la total estabilidad en los encofrados.
- Cuando se apoyen en superficies relativamente blandas, se deberá evitar que se produzca punzonamiento, apoyandolos de forma que la carga transmitida por ellos se reparta en un área mayor.

## II.5 TRANSPORTE

### REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION - 603

(a) El concreto se transportará de la mezcladora al lugar de depósito final por medio de método que eviten la segregación o pérdida de materiales.

(b) Los equipos para conducir, bombear, y transportar neumáticamente el concreto serán de tal tamaño y diseño que aseguren un flujo prácticamente continuo del concreto al extremo de entrega, sin segregación de los materiales.

### REGLAMENTO ACI - 318 - 77

## 5.3 TRANSPORTE

5.3.1 El concreto debe transportarse de la mezcladora al sitio final de colocación empleando métodos que prevengan la segregación, o pérdida de materiales.

5.3.2 El equipo de transporte debe ser capaz de llevar el su ministro del concreto al sitio de colocación sin segregación y sin interrupciones que permitan la pérdida de plasticidad entre colados sucesivos.

(0) \_\_\_\_\_

La operación de transporte, es la suma de procesos que se suceden en una obra, para llevar el concreto fresco, hasta el lugar donde va a ser colado. Existen muchos equipos y métodos de acuerdo a las condiciones particulares de cada obra, por su magnitud, por características del terreno por las distan cias que recorrer, altura, etc. Normalmente, el transporte combina una serie de traslados horizontales con otros verticales. Es relativamente reciente el uso de grandes gruas y de los e - quipos de bombeo, que resuelven en una sola operación la combi - acción de ambos traslados.

Existe una multiplicidad de equipos que pueden emplearse para el transporte de concreto fresco, desde la sencilla la-

ta ("cuadrillas de lateros llenadores de techo") hasta las complejas gruas o bombeadoras ya citadas, pasando por las carretillas, buggies, canaletas, camiones mezcladores, transportadores de banda, etc. Cada uno puede tener su justificación de empleo dadas las condiciones particulares de caso, pero todos son válidas las siguientes recomendaciones generales :

- El transporte de concreto fresco, desde la mezcladora hasta el lugar de su vaciado, debe ser hecho con el menor número posible de operaciones y en el mínimo tiempo.
- En todo momento se ha de evitar que durante el transporte se modifique las condiciones originales de la mezcla. Por ello habrá que prevenir la pérdida de humedad o de pasta del concreto tanto por el uso de aquellos medios de transporte tales como cintas, canaletas, etc., como por las condiciones de clima que pueda producir esa sequedad, por ejemplo, altas temperaturas, fuertes vientos o la combinación de ambos. También habrá que prevenir el aumento de humedad en la mezcla que pudiera darse por efecto de lluvias.
- La exigencia más importante para cualquier sistema o medio de transporte radica en la obligación de evitar la segregación. En general, las sacudidas bruscas, producen, asentamiento de los materiales gruesos en el fondo afectando en forma decisiva la homogeneidad que necesita el concreto para ser de buena calidad.
- Equipos de transporte tales como canales, canaletas o cintas sin fin deben cuidar detalles de longitud y pendiente para evitar la pérdida y la segregación.
- Las modernas gruas resultan un mecanismo muy eficiente, ya que combinan rapidez, traslado aéreo y descarga del contenido en forma vertical a poca altura sobre el punto de destino, lo cual evita la segregación en todas

- las fases del transporte.
- Si a pesar de las precauciones, se llega a producir segregación, la solución recomendada es el remezclado del concreto antes de su colocación. En esta forma se reestablece la homogeneidad.

Para el uso eficiente de los sistemas de bombeo es recomendable :

- El concreto bombeado requiere un diseño de mezcla especial, con la suficiente fluidez como para contra-rrestar las dificultades de la circulación por la tubería y el resecamiento producido por la fricción.
- Antes de iniciar el bombeo se deberá constatar el buen estado y funcionamiento de los equipos, así como la buena condición de estanqueidad de la tubería.
- Se deberá tomar precauciones para evitar el calentamiento excesivo de los tubos.
- La tubería debe ser lo más recta posible, evitando codos o curvas innecesarias.
- El sistema de tubería debe tener suficiente rígidez para garantizar una buena estabilidad.
- Se deben evitar en lo posible los cambios de sección en la tubería, conviene que toda ella sea de igual diámetro.
- El diámetro de la tubería estará relacionada con el tamaño máximo del agregado de la mezcla.
- Inmediatamente antes de bombear, se debe limpiar internamente la tubería con agua, y luego lubricarla con el bombeo de una o dos tandas de mortero.

- El uso de aditivos adecuados a las características de la mezcla puede proporcionar una lubricación adicional y a su vez reducir la segregación y el sangrado.
- Los aditivos que se usan para mejorar la adaptación al bombeo, generalmente se clasifican en :
  1. Aditivos reductores de agua.
  2. Aditivos inclusores de aire.
  3. Aditivos minerales finamente divididos.
- No se deben usar tuberías hechas de aluminio o de aleaciones de aluminio. Se ha demostrado que el hidrógeno gaseoso que se genera por la reacción entre los álcalis del cemento y la corrosión del aluminio de su superficie exterior de la tubería provoca una reducción de la resistencia del orden del 50%. Por consiguiente, no debe utilizarse equipo hecho de aluminio o de aleaciones de aluminio para equipo de bombeo, trompas de colocado o canalones que no sean cortos, tales como los empleados para descargar el concreto de un camión mezcladora.
- Una vez terminado la operación de transporte se deben limpiar los equipos empleados para mantener su eficacia.

## II.6 COLOCACION Y COMPACTACION

### EXIGENCIAS DEL REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION

#### 604 - COLOCACION

- (a) El concreto se depositará tan cerca como sea posible, de su posición final evitando la segregación debida a manipulaciones o movimientos excesivos. El vaciado se hará a tal velocidad que el concreto se conserve todo el tiempo en estado plás

tico y fluya fácilmente en los espacios entre las barras. No se depositará en la estructura ningún concreto que se haya endurecido parcialmente o que a menos que el ingeniero dé su aprobación.

(b) Una vez que se empiece el vaciado, éste se llevará a cabo como una operación continua hasta que se complete el vaciado del paño o sección.

La parte superior estará generalmente a nivel. Cuando sean necesarios juntas de construcción, se harán de acuerdo con la Sección 704.

(c) Todo el concreto se consolidará completamente por medios adecuados durante la colocación, y se tendrá cuidado de que cubra el refuerzo y los accesorios empotrados, y de que penetre en las esquinas de los encofrados, El procedimiento más adecuado es generalmente por medio de una vibración efectiva.

(d) Cuando las condiciones de trabajo hacen difícil la consolidación, o cuando el refuerzo está congestionado, se depositará primero en el encofrado una capa de por lo menos 2.5 cm. de mortero que contenga la misma proporción cemento-arena usado en el concreto.

## REGLAMENTO ACI-318-77

### 5.4 COLOCACION

5.4.1 El concreto debe depositarse lo más cerca posible de su ubicación final para evitar segregación debido al remanejo o flujo.

5.4.2 El colado debe efectuarse a tal velocidad que el concreto conserve su estado plástico en todo momento y fluya fácilmente dentro de los espacios entre las varillas.



5.4.3 El concreto que se haya endurecido parcialmente, o que se haya contaminado con materiales extraños, no debe colocarse en la estructura.

5.4.4 El concreto retemplado o aquél que haya sido mezclado después del fraguado inicial, no debe utilizarse a menos que el ingeniero lo apruebe.

5.4.5 Una vez iniciado el colado, éste deberá efectuarse en una operación continua hasta que se termine el colado del tablero o la sección, de acuerdo con sus propios límites o juntas predeterminadas, excepto en lo permitido o prohibido por la sección 6.4.

5.4.6 La superficie superior de las capas coladas verticalmente generalmente debe estar a nivel.

5.4.7 Cuando se necesiten juntas de colado, éstas deberán hacerse de acuerdo con la sección 6.4.

5.4.8 Todo concreto deberá compactarse cuidadosamente, por los medios adecuados durante la colocación y acomodarse enteramente alrededor del refuerzo y de las instalaciones ahogadas, y dentro de las esquinas de las cimbras.

El concreto transportado hasta el lugar de vaciado, debe ser ahora colocado en los encofrados para que se produzca el endurecimiento y se adquiera las características esperadas. Las operaciones de colocación y compactación de la mezcla, deben ser hechas de tal manera que el producto final sea una masa de concreto densa, homogénea, con suficiente adherencia al refuerzo metálico y con la resistencia especificada, y con la, forma geométrica y acabados superficial que se desea.

La colocación y compactación del concreto debe hacerse en un tiempo prudencial, antes de que comience a endurecerse. Si se produjese el "FALSO FRAGUADO" se debe agitar la mezcla, no debe añadirse agua, ya que el fenómeno es pasajero y desa-

parece mediante esta acción.

La colocación del concreto va a estar condicionada por el tipo de pieza que se está vaciando y por las características de la mezcla, pero en general las recomendaciones son las siguientes :

- La colocación debe ser hecha en forma tal que se mantenga la homogeneidad de la pasta. Para ello se evitarán segregaciones ocasionadas por la caída libre de la mezcla desde altura superior a los 3 metros. Cuando esto sea inevitable, como puede ser el paso de algunas bandas transportadoras, se recomienda el empleo de tolvas, embudos o las llamadas mangas, lo cual provoca un remezclado de los materiales o mitiga su separación.
- La colocación del concreto deberá seguir un cierto orden procurando que la masa vaciada vaya teniendo un crecimiento sistemático, sin oquedades ni vacíos.
- Es importante verificar la disposición del acero de refuerzo. El tamaño máximo del agregado debe permitir la cómoda colocación del concreto. Por ello la armadura debe estar de acuerdo a los planos, con las debidas separaciones entre si y las caras de los encofrados para obtener los recubrimientos especificados. Esto adquiere mayor importancia en zonas de ambiente agresivo tales como areas marinas, areas mineras, areas industriales con efluentes líquidos o gaseosos que sean corrosivos.
- Teniendo en cuenta características atmosféricas particulares de la zona donde se encuentra la obra, ocasionalmente se deberá proceder al vaciado de acuerdo a previsiones que permitan suspender la operación por períodos de mayor o menor duración, y tomar medidas adicionales de protección.

Conforme se va colocando el concreto, se va procedien-

do con su compactación con el fin de obtener una máxima densidad en la masa, ya que la presencia de oquedades en el concreto produce disminuciones en su capacidad de resistencia y de durabilidad. Una buena compactación implica además una mayor adherencia de la masa con el acero de refuerzo, entre los agregados y la pasta, entre sucesivas capas de concreto, un acabado superficial uniforme.

Existen métodos manuales, métodos mecánicos y métodos combinados. El método de consolidación más ampliamente usado es el método mecánico de vibración, que se adapta a las consistencias más rígidas asociadas al concreto de alta calidad, la vibración puede ser interna o externa, la eficiencia conseguida por el vibrador interno lo hace recomendable hasta en los más pequeños trabajos.

Para un vibrado con buenos resultados técnicos y económicos se recomienda atender las siguientes observaciones :

Para cada trabajo se debe disponer de un número suficiente de vibradores en buenas condiciones. Es conveniente contar con equipo auxiliar que pueda solucionar deterioros eventuales.

- El operador del equipo debe estar familiarizado con su funcionamiento.

El tamaño del vibrador debe estar relacionado con las características de la pieza vaciada y con el volumen de masa que se va a compactar.

- El vibrador debe moverse verticalmente de manera frecuente. Es preferible vibrar poco en muchos sitios que mucho en pocos puntos.

Los puntos donde se ha vibrado la masa de concreto, deben distar entre si unos cincuenta centímetros, aproximadamente, dependiendo principalmente de la forma de

la pieza vaciada, su tamaño y de las características de la mezcla

- El exceso de vibración puede producir segregación. El tiempo recomendable es entre cinco y quince segundos. Lo más aconsejable es suspenderlo en el momento que la superficie del concreto se comience a cubrir con una película de agua y cemento.
- No debe utilizarse el vibrador para arrastrar masas de concreto, salvo en casos especiales de máxima dificultad para la colocación.
- El vibrador debe penetrar en forma vertical en toda su longitud dentro del concreto.
- Cuando la colocación se esté haciendo por capas sucesivas, el vibrador debe penetrar unos 10 centímetros en la capa inferior (la cual todavía debe estar en estado plástico).
- No deben compactarse capas de espesor superior a los 60 centímetros.
- Con el vibrador no deben tocarse los encofrados, especialmente en concreto expuesto.
- En concretos prefabricados, no deben tocarse en ningún caso, los ductos de los cables de tensado.
- Tampoco deben tocarse las armaduras. Muy especialmente deben evitarse en masas donde el fraguado ya esté adelantado.
- La extracción del vibrador debe ser hecha con lentitud requerida para no dejar vacíos en la masa.

## II.7 CURADO

## REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION

### 605 - CURADO

(a) El concreto se mantendrá por encima de 10 grados Centígrados y en condición húmeda por lo menos durante los primeros 7 días después de colocado, excepto cuando se emplee concreto hecho con cemento de alta resistencia inicial, en cuyo caso se mantendrán en esas condiciones por lo menos durante 3 días. Se pueden usar otros períodos de curado si se obtiene la resistencia especificada.

## REGAMENTO ACI - 318 -77

### 5.5 CURADO

5.5.1 A menos que el curado se realice de acuerdo con la Sección 5.5.3, el concreto deberá mantenerse a una temperatura arriba de 10° C y en condiciones de humedad por lo menos durante los primeros 7 días después de colado, (excepto el concreto de alta resistencia a temprana edad).

5.5.2 El concreto de alta resistencia a temprana edad deben mantenerse arriba de 10° C y en condiciones de humedad por lo menos los primeros 3 días excepto cuando sea curado de acuerdo con la Sección 5.5.3

#### 5.5.3 Curado acelerado

5.5.3.1 El curado con vapor a alta presión, vapor a la presión atmosférica, calor y humedad, u otro proceso aceptado, se puede emplear para acelerar la ganancia de resistencia y reducir el tiempo de curado.

5.5.3.2 El curado acelerado debe proporcionar una resistencia a la compresión del concreto en la etapa de carga considerada, por lo menos igual a la resistencia de diseño requerida en esa etapa de carga.

5.5.3.3 El proceso de curado debe ser tal que produzca un concre-

to con una durabilidad por lo menos equivalente al concreto curado por el método indicado en la Sección 5.5.1 o en la 5,5.2

5.5.4 Se pueden requerir pruebas complementarias de resistencia, de acuerdo con la Sección 4.8.3, para asegurar que el curado sea satisfactorio.

0

La evaporación producida por el viento, sol y la propia temperatura del concreto, la absorción de los agregados, de los encofrados o de la sub-base, son factores que pueden hacer que la cantidad de agua de mezclado en el concreto, se reduzca a un nivel menor al necesario para permitir una hidratación adecuada del cemento, en el concreto de las piezas vaciada. Esta pérdi -

da de agua produce grietas debidas a la contracción plástica en la superficie del concreto, crea esfuerzos internos de tensión, desmejora la apariencia, reduce la durabilidad del concreto.

Para evitar o compensar esta pérdida de agua se utiliza el curado, que es el proceso mediante el cual se mantiene un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que puedan desarrollarse las propiedades deseadas en el concreto.

Debemos hacer notar que el curado incluye el contenido de humedad como también la temperatura del concreto, cobrando ésta, importancia en climas de temperaturas extremas y en construcciones de características especiales.

Los métodos de curado procuran, o bien reponer el agua perdida, o bien que se pierda esa cantidad de agua.

En los casos mas frecuentes de elementos estructurales, el procedimiento de curado recomendable está relacionado muy directamente con las características de forma o de función que posea el elemento, sea éste vertical u horizontal, de mucha superficie expuesta o de mayor volumen en relación a la superficie.

Cualquiera que sea el método particular que se emplee para el curado, las medidas generales que se deben tener en cuenta, son las siguientes .

- El curado debe iniciarse tan pronto como sea posible, es decir, tan pronto la superficie del concreto esté lo suficientemente dura para no quedar marcada por el riego o la cobertura de agua.
- La duración del curado es variable, teniendo un límite inferior de número de días, pero puede prolongarse si se estima conveniente y no interfiere con otras actividades de la obra. Deben considerarse los factores económicos.



- Cuando la característica requerida del concreto sea durabilidad, las precauciones del curado deberán extenderse.
- Cuando la apariencia sea un factor importante, el agua deberá carecer de sustancias que manchen o decoloren el concreto.
- Cuando el curado con agua es por anegamiento, debe evitarse que el agua anegada sea liberada repentinamente o fuera de tiempo, esto podría dañar el concreto.
- El agua de curado no debe estar  $11^{\circ}\text{C}$  más fría que el concreto, debido a los esfuerzos por cambio de temperatura que se originarían, con el agrietamiento consiguiente.

## II.8 DESENCOFRADO

### REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION

#### 702 - DESENCOFRADO

(a) Ninguna porción de la estructura que no esté apuntalada soportará durante la construcción cargas que excedan las cargas estructurales de diseño. Ninguna porción de la estructura soportará carga, ni se quitarán puntales de ninguna parte de la estructura durante la construcción, hasta que dicha porción de la estructura haya obtenido suficiente resistencia para soportar con seguridad su peso y las cargas que se le colocan. Esta resistencia puede comprobarse mediante especímenes de ensayo curados en la obra, y por medio de un análisis estructural en el que se consideren las cargas propuestas en relación con estas resistencias de ensayo. El constructor proporcionará tales análisis y ensayos al proyectista.

(b) Se desencostrará de tal manera que se asegure siempre la completa seguridad de la estructura. Cuando la estructura

en conjunto está adecuadamente apoyada en puntales, los encofrados removibles para pisos, las caras laterales de vigas secundarias y principales, de columnas y otros encofrados verticales semejantes, se pueden quitar después de 24 horas, siempre que el concreto sea lo suficientemente fuerte para no sufrir daños.

(c) Los encofrados de apoyo de elementos pretensados pueden quitarse cuando se ha aplicado suficiente presfuerzo para que dichos miembros puedan tomar su peso propio y las cargas previstas de construcción.

## REGLAMENTO ACI-318-77

### 6.2 DESCIMBRADO Y RETIRO DE PUNTALES.

6.2.1 Ninguna carga de construcción deberá apoyarse sobre ninguna parte de la estructura en construcción, ni se deberá retirar ningún puntal de dicha parte, excepto cuando la estructura junto con el sistema restante de cimbrado y de puntales, tenga suficiente resistencia como para soportar con seguridad su propio peso y las cargas colocadas sobre ella.

6.2.1.1 En esta resistencia se puede demostrar por medio de cilindros de prueba curados en la obra, y mediante un análisis estructural que considere las cargas propuestas en relación con la resistencia de dichos cilindros de pruebas y la resistencia del sistema de cimbrado y puntales. El contratista debe proporcionar tales análisis y datos de prueba al Oficial de las Construcciones cuando éste lo requiera.

6.2.2 Ninguna carga de construcción que excede la combinación de la carga muerta impuesta más la carga viva especificada, deberá apoyarse en una zona de la estructura en construcción sin puntales, a menos que un análisis indique que existe la resistencia adecuada para soportar tales cargas adicionales.

6.2.3 El descimbrado deberá hacerse de tal forma que no perjudique la completa seguridad y la durabilidad de la estructura. El concreto que se descimbre debe ser suficientemente para no sufrir daños posteriores.

6.2.4 Los apoyos de la cimbra para miembros presforzados se pueden retirar cuando se haya aplicado el suficiente prefuerzo, como para que dichos miembros sean capaces de resistir su propio peso y las cargas de construcción prevista.

\_\_\_\_\_0

Una vez que el concreto ha comenzado a generar su característica de capacidad estructural y está en condiciones de portar con seguridad su propio peso y ser lo suficientemente resistente para no sufrir daños posteriores, se puede comenzar a retirar el encofrado en forma progresiva y estudiada.

Esta operación de desencofrado suele ser una de las más descuidadas técnicamente.

Seguidamente ennumeramos algunas observaciones importantes que han de ser tomadas en cuenta en el momento de la operación :

- La recuperación de los materiales de encofrado debe ser hecha sin violencia innecesarias. Con ello protegemos al concreto de esfuerzos o sollicitaciones para las cuales puede todavía no estar en condiciones. Preservamos además el estado de los materiales del encofrado, que pueden tener varios usos.
- El desmontaje de los puntales debe ser fácil, ya que su instalación debe haber sido hecha mediante una cuña de ajuste, la cual puede ser retirada en forma cómoda.
- Se deben dejar algunos puntales de seguridad estando condicionado su ubicación y número por las luces cu

biertas por los elementos estructurales horizontales.

- Los tiempos que se deberán esperar para el desencofrado son generalmente :

Columnas y Placas	18 Horas
Costados de Viga	18 Horas
Fondos de Viga	14 Días
Aligerados, Losas nervadas, Losas macizas y Escaleras	7 Días
Losas de luz menor de 2 metros	3 Días

En el caso de vigas postensadas, los fondos podrán ser retirados después del tensado de los cables.:

## II.9 ACABADOS

La calidad del concreto es usualmente considerada en términos de su resistencia y durabilidad. Al concreto en la construcción se le pueden dar acabados decorativos agradables, cuando el acabado constituye una característica principal del concreto de calidad se considera en términos de apariencia y no necesariamente de resistencia.

Las posibilidades del concreto en este sentido son ilimitadas, puede dársele color usando cemento blanco, pigmentos y dejando agregados de color aparentes. La textura de los acabados puede variarse según se desee desde una superficie lisa hasta una áspera. Pueden formarse figuras geométricas o estamparse en el concreto figuras determinadas. Puede formarse figura interesante usando tiras divisorias metálicas o de madera y formar paneles de tamaños y formas distintos.

Para la obtención de buenos acabados en concreto es conveniente controlar los siguientes aspectos :

- El cemento debe ser de una misma marca.
- El agregado grueso debe ser de una granulometría continua, y su tamaño el máximo permitido.

- El agregado fino debe ser en lo posible arena natural y de color uniforme.
- Si existe un estricto control en la producción de la mezcla es recomendable el uso de aditivos plastificantes, para colocar concretos en lugares de difícil acceso (paredes delgadas, armaduras recargadas).
- Se debe evitar la segregación, contaminación y la pérdida de agua por evaporación.
- La trabajabilidad y el contenido de agua deben mantenerse constantes, ya que tienen influencia en el color y uniformidad de la superficie.

Siempre que sea posible, un elemento debe ser llenado en una sola operación.

- Las tolerancias en la deformación de los encofrados debe ser de  $1/3$  a  $1/4$  la tolerancia final en el elemento.
- Los encofrados deberán tener una rigidez uniforme, ya que el vibrado puede ocasionar diferencias en las construcciones de mortero y partículas finas, que se manifiestan en cambios de color de la superficie del concreto terminado.

Debe sellarse todas las uniones del encofrado.

- La uniformidad y tono de color de la superficie de concreto terminado depende esencialmente del material para el encofrado que se emplee.

El recubrimiento debe ser el especificado para evitar manchas por oxidación de la armadura.

La compactación debe ser por vibración interna.

- Se debe esmerar la compactación en las esquinas para lograr aristas uniformes.
- Es recomendable que los elementos de concreto expuestos no se desencofren antes de los cuatro días.
- El curado debe ser el mismo en todos los elementos, pues las variaciones en el tiempo o tipo de curado, ocasionan variaciones en el color.
- Se debe controlar la contracción de fragua en elementos horizontales.
- El aceite que pueda manchar el concreto, no debe usarse en los encofrados.

## II.10 CALIDAD DEL CONCRETO - EVALUACION

### REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCION

#### §o1 - CALIDAD DEL CONCRETO

(a) Para el diseño de estructuras de concreto armado se usará el valor  $f'c$  en la determinación de esfuerzos en la Parte IV - A, y en la determinación de resistencias en la Parte IV - B.

(b) Todos los planos presentados para aprobación o usados para cualquier proyecto mostrarán claramente la resistencia especificada del concreto,  $f'c$ , a la edad especificada para la cual fue diseñada cada parte de la estructura.

(c) El concreto que va a estar sujeto a temperaturas de helada, antes de que haga fraguado, tendrá una relación agua-cemento que no excederá de 23 litros por sado (6 galones por saco) y contendrá aire incorporado.

(a) La determinación de las proporciones de cemento, agregado y agua para obtener las resistencias requeridas se hará mediante alguno de los siguientes métodos, pero respetando el máximo indicado en 501 (c) cuando sea aplicable.

METODO 1 - SIN ENSAYOS PRELIMINARES

Cuando no se han obtenido datos de ensayos preliminares sobre los materiales que se vayan a usar en el concreto la relación agua-cemento para una resistencia dada del concreto no excederá los valores mostrados en la Tabla 502.

(a) Cuando se requieran resistencias mayores de 245 Kg/cm<sup>2</sup>, o cuando se usen agregados ligeros o aditivos (distintos de los que se usan exclusivamente con él para el propósito de incorporar aire), las relaciones agua-cemento requeridas se determinarán de acuerdo con el Método 2.

TABLA 502 (a)

RELACIONES AGUA-CEMENTO MAXIMAS PERMISIBLES

PARA CONCRETO

Resistencia a la compresión especificada a los 28 días kg/cm <sup>2</sup> f'c	Relación Agua-Cemento máxima permisible*			
	Concreto sin aire incorporado		Concreto con Aire incorporado	
	Lt/saco	Gal/sado	Lt/saco	Gal/saco
140	29.5	7 3/4	25.5	6 3/4
175	26.5	7	22.5	6
210	24.5	6 1/2	20.0	5 1/4
245	22.5	6	17.0	4 1/2

\* Incluyendo la humedad superficial libre en los agregados.



METODO 2 - PARA COMBINACIONES DE MATERIALES CALCULADOS PREVIAMENTE O QUE VAYAN A SER ESTABLECIDOS POR MEDIO DE MEZCLAS DE PRUEBA.

Se pueden usar relaciones agua-cemento o resistencias mayores que las mostradas en la Tabla 502 (a), siempre que la relación entre resistencia y relación agua-cemento para los materiales que se usen haya sido previamente establecida por datos de ensayos dignos de confianza, y el concreto resultante satisfaga los requisitos de la Sección 504.

Cuando no existen datos previos, se harán mezclas de prueba de concreto con proporciones y consistencias adecuadas para el trabajo, usando por lo menos tres relaciones diferentes agua-cemento (o contenido de cemento en el caso de agregados ligeros), las cuales produzcan un rango de resistencias que cubra aquellas que se requieren para el trabajo. Para cada relación agua-cemento (o contenido de cemento) se ensayarán por lo menos tres especímenes para cada edad.

Los ensayos de resistencia se harán a los 28 días o antes a la edad en que el concreto vaya a recibir carga según se indique en los planos. Se trazará una curva mostrando la relación entre agua-cemento (o contenido de cemento) y la resistencia a la compresión. La relación agua-cemento máxima permisible para el concreto que se use en la estructura deberá ser aquella que muestre en la curva una resistencia promedio que satisfaga los requisitos de la Sección 504, verificándose que la relación agua-cemento no sea mayor que la requerida en la Sección 501 (c).

Cuando se usen diferentes materiales para diferentes partes de la estructura cada muestra será evaluada separadamente.

503 - DOSIFICACION Y CONSISTENCIA DEL CONCRETO

(a) Las proporciones de agregado a cemento para cualquier concreto serán tales que produzcan una mezcla trabajable, y que con el método de colocación empleado en la obra, llegue fácilmente a todas las esquinas y ángulos del encofrado y envuelva completamente el refuerzo pero sin permitir que los materiales segreguen o que se acumulen un exceso de agua libre sobre la superficie.

(b) Los métodos para medir los materiales del concreto serán tales que las proporciones puedan ser controladas en forma precisa y verificados fácilmente en cualquier etapa del trabajo.

#### 504 - PRUEBAS DE RESISTENCIA PARA CONCRETO

(a) Cuando la resistencia es el requisito para la aceptación, cada clase de concreto debe ser representada al menos por 5 ensayos, (10 especímenes). Para cada ensayo a una edad determinada se harán dos especímenes, y se hará no menos de un ensayo para cada 120 m<sup>3</sup>, de concreto estructural, pero se efectuará por lo menos un ensayo por cada día de vaciado. El Inspector Oficial puede exigir un número razonable de ensayos adicionales durante el progreso del trabajo. Las muestras de las cuales se moldeen los especímenes para ensayos de compresión, se obtendrán de acuerdo con el anexo N<sup>o</sup> 21. Los especímenes hechos para verificar que las proporciones de concreto sean adecuadas para verificar que las proporciones de concreto sean adecuadas para la resistencia, o como requisitos de aceptación del concreto, serán hechos y curados en el Laboratorio de acuerdo con el Anexo N<sup>o</sup> 15. El Inspector Oficial puede especímenes de ensayo adicionales curados enteramente bajo condiciones de obra para verificar la eficacia del curado y protección del concreto. Las pruebas de resistencia se harán de acuerdo con el Anexo N<sup>o</sup> 17.

(b) La edad para pruebas de resistencia será de 28 días o, cuando se especifique, a una edad menor en la cual el concreto va a recibir su carga completa a su esfuerzo máximo. Si

las relaciones edad-resistencia han quedado establecidos para los materiales y las proporciones usadas, se pueden hacer ensayos adicionales de edades menores para obtener información por adelantado sobre la eficacia del desarrollo de la resistencia.

(c) Para cumplir con los requisitos de este reglamento:

1.- Para estructuras diseñadas de acuerdo con la Parte IV-A, de este reglamento, el promedio de cualquier grupo de cinco ensayos de resistencia consecutivos de especímenes curados en el Laboratorio que representan a cada clase de concreto será igual o mayor que la resistencia especificada ( $f'c$ ) y no más de un 20% de los ensayos de resistencia tendrán valores menores que la resistencia especificada.

2.- Para estructuras diseñadas de acuerdo con la Parte IV-B de este reglamento, y para estructuras pretensadas, el promedio de cualquier grupo de 3 ensayos consecutivos de resistencia de especímenes curados en el Laboratorio que representa cada clase de concreto será igual o mayor que la resistencia especificada, ( $f'c$ ) y no más de 10% de los ensayos de resistencia tendrán valores menores que la resistencia especificada.

(d) Cuando se presume que los especímenes curados en el laboratorio no cumplirán los requisitos de resistencia, el Inspector Oficial tendrá el derecho de ordenar cambios en el concreto suficientes como para incrementar la resistencia y cumplir con estos requerimientos. Las resistencias de especímenes curados en el campo se supone que indican la eficacia de la protección y el curado del concreto y pueden ser usadas para determinar cuándo se pueden quitar los encofrados y los pies derechos, o cuándo puede ponerse la estructura en servicio. Cuando, en opinión del Inspector Oficial, las resistencias de los especímenes curados en el campo están exclusivamente debajo de las resistencias de los curados en laboratorio, podrá exigirse al constructor que mejore los procedimientos para proteger y curar el concreto.

(e) Además, cuando el concreto no satisfaga los requisitos (c) o cuando los ensayos de cilindros curados en el campo indican deficiencias en la protección y el curado, el Inspector Oficial puede requerir ensayos de acuerdo con el Anexo N<sup>o</sup> 18 u ordenar pruebas de carga, como se especifican en el Capítulo 2, para aquella porción de la estructura donde ha sido colocado el concreto en duda.

## REGLAMENTO DE CONSTRUCCION ACI-138-77

### 4.1 GENERALIDADES

4.1.1 El concreto debe dosificarse y producirse para asegurar una resistencia promedio a la compresión lo suficientemente alta, para minimizar la frecuencia de los resultados de prueba de resistencia por debajo del valor de la resistencia a la compresión especificada del concreto,  $f'_c$ . Véase las Secciones 4.3.1 y 4.8.2.3.

4.1.2 Los requisitos para  $f'_c$  deben basarse en pruebas de cilindros fabricados y aprobados de acuerdo con lo especificado en la Sección 4.8

4.1.3 A menos que se especifique otra cosa, la  $f'_c$  se basará en pruebas a 28 días. Para concreto de alta resistencia a temprana edad, la edad de prueba para obtener la  $f'_c$  será la indicada en los planos de diseño o especificaciones.

4.1.4 Los planos de diseño enviados para su aprobación o empleo en cualquier proyecto deben mostrar claramente la resistencia a la compresión especificada del concreto,  $f'_c$ , para la cual se ha diseñado cada parte de la estructura.

4.1.5 Donde los criterios de diseño en las Secciones 9.5.2.3, 11.2 y 12.2.3 (c) fijan el uso de un valor de resistencia a la tensión obtenida por medio de compresión diametral, se deben efectuar pruebas de laboratorio de acuerdo con la norma

TM C 330 "Especificaciones estándar para el agregado ligero para concreto estructural", con el fin de establecer el valor de  $f_{ct}$  que corresponde al valor especificado de  $f'_c$ .

4.1.6 Las pruebas de resistencia a la tensión obtenida por medio de compresión diametral no deben utilizarse como base para aceptar el concreto en el campo.

#### 4.2 SELECCION DE LAS PROPORCIONES DE LA MEZCLA DE CONCRETO

4.2.1 El proporcionamiento de los materiales para el concreto deberá establecerse con el fin de lograr :

- a) La trabajabilidad y consistencia adecuadas para permitir que el concreto se trabaje fácilmente dentro de las cimbras y alrededor del refuerzo en las condiciones de colocación que van a emplearse, sin segregación excesiva o sangado.
- b) La resistencia a la congelación y deshielo y otras condiciones hostiles, tal como se indica en la Sección 4.6
- c) Conformidad con los requisitos de la prueba de resistencia de la Sección 4.8

4.2.2 Cuando se van a utilizar distintos materiales para diferentes partes de la obra, cada una de las combinaciones debe evaluarse por separado.

4.2.3 Las proporciones del concreto, incluyendo la relación agua-cemento se establecerán tomando como base la experiencia en el campo (Sección 4.3) o en mezclas de prueba de laboratorio (Sección 4.4) con los materiales que se van a utilizar, con excepción de lo permitido en la Sección 4.5 o lo requerido a la Sección 4.6

#### 4.3 PROPORCIONAMIENTO EN BASE A LA EXPERIENCIA DE CAMPO

4.3.1 Cuando se tenga un registro de las instalaciones para la producción de concreto, con base en por lo menos, 30 pruebas consecutivas de resistencia, que representen materiales y condiciones similares a los esperados, la resistencia a la compresión promedio requerida utilizada como base para la selección de las proporciones deberá exceder de la  $f'_c$  requerida, a la edad designada para la prueba por lo menos en :

30 kg/cm<sup>2</sup> si la desviación estándar es menor de 20 kg/cm<sup>2</sup>

40 kg/cm<sup>2</sup> si la desviación estándar está entre 20 y 30 kg/cm<sup>2</sup>

50 kg/cm<sup>2</sup> si la desviación estándar está entre 30 y 35 kg/cm<sup>2</sup>

65 kg/cm<sup>2</sup> si la desviación estándar está entre 35 y 40 kg/cm<sup>2</sup>

Si la desviación estándar excede de 40 kg/cm<sup>2</sup>, el proporcionamiento deberá seleccionarse para que el concreto resulte con una resistencia promedio de por lo menos 85 kg/cm<sup>2</sup> mayor que la resistencia  $f'_c$  requerida.

4.3.2 Debe considerarse que los datos de resistencia utilizados para **determinar** la desviación estándar cumplen con las estipulaciones de la Sección 4.3.1, si representan un grupo de por lo menos 30 pruebas consecutivas o el promedio estadístico de dos grupos sumen 30, más, resultados de pruebas.

4.3.3 Las pruebas de resistencia empleadas para establecer la desviación estándar deben representar al concreto producido para obtener una resistencia o resistencias especificadas hasta 70 kg/cm<sup>2</sup> arriba de lo especificado para obra propuesta.

4.3.4 Los cambios en materiales y proporciones en la serie de pruebas de base utilizadas para establecer la desviación estándar, no deben ser más restringidos que los que serían para la obra propuesta.

4.4 PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DE MEZCLADO DE PRUEBA DE LABORATORIO

4.4.1 Cuando se utilicen mezclas de prueba de laboratorio



como base para la selección del proporcionamiento de la mezcla de concreto, deben hacerse pruebas de resistencia, de acuerdo con el "Método de prueba para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto" (ASTM C 39), en cilindros preparados de acuerdo con el "Método de fabricación y curado de especímenes de prueba de laboratorio" (ASTM C 192).

4.4.2 Cuando se hacen mezclas de prueba de laboratorio, el contenido de aire estará dentro de  $\pm 0.5\%$  y el revenimiento en  $\pm 2$  cm del máximo permitido por las especificaciones.

4.4.3 Debe establecerse una curva que muestre la variación entre la relación agua/cemento (o el contenido de cemento) y la resistencia a la compresión. La curva debe basarse, por lo menos, en tres puntos que representen mezclas cuya resistencia a la compresión resulten por encima y por debajo de la resistencia promedio especificado en la Sección 4.3.1.

4.4.4 La relación agua/cemento máxima permisible (o el concreto mínimo de cemento) para el concreto que va a emplearse en la estructura, será la mostrada por la curva que produzca la resistencia promedio indicada en la Sección 4.3.1 ó 4.4.3 a menos que se requiera una relación agua/cemento menos o una resistencia mayor, de acuerdo con la Sección 4.6.

#### 4.5 PROPORCIONAMIENTO POR MEDIO DE LA RELACION AGUA/CEMENTO.

4.5.1 Si no se cuenta con datos adecuados en un registro de 30 pruebas consecutivas (Sección 4.3) o mezclas de prueba de laboratorio (Sección 4.4) puede otorgarse permiso para basar las proporciones del concreto en los límites de la relación agua/cemento que se muestran en la Tabla 4.5

4.5.2 La Tabla 4.5 deberá utilizarse sólo para concreto hecho con cementos que cumplan con los requisitos de resistencia para los Tipos I, IA, II, IIA, III, IIIA, ó V de la "Especificación para cemento portland" (ASTM C 150), o de los Tipos



IS, IS-A, IS (MS), IS-A (MS), IP, IP-A o P de la "Especificación para cementos hidráulicos combinados", (ASTM C 595), y no será aplicable a concreto que contenga agregados ligeros o aditivos que no sean inclusores de aire.

4.5.3 El concreto proporcionado por medio de los límites de la relación agua/cemento prescritos en la Tabla 4.5 también deberán apegarse a los resistencia a la compresión de la Sección 4.8

4.6 REQUISITOS PARA EXPOSICION ESPECIAL.

4.6.1 El concreto que después de curado va a estar sujeto a temperatura de congelación mientras está húmedo, deba con tener aire incluido, dentro de los límites de la Tabla 4.6.1 y además :

TABLA 4.5

RELACION AGUA/CEMENTO MAXIMA PERMISIBLE PARA CONCRETO CUANDO NO EXISTEN DATOS DE RESISTENCIA DE LAS MEZCLAS DE PRUEBA O DE EXPERIENCIA DE CAMPO.

Resistencia a la compresión especificada * f'c kg/cm <sup>2</sup>	Relación agua/cemento máxima permisible			
	Concreto sin aire incluido		Concreto sin aire incluido	
	Relación absoluta por peso	Litros por saco de cemento de 50 kg	Relación absoluta por peso	Litros por saco de cemento de 50 kg
175	0.67	33.7	0.54	27.0
210	0.58	29.3	0.46	23.0
245	0.51	25.7	0.40	20.0
280	0.44	22.2	0.35	17.7
315	0.38	19.1	* *	* *
350	* *	* *	* *	* *

\* Resistencia 28 días. Para la mayoría de los materiales, las relaciones agua/cemento dadas proporcionan resistencias promedio mayores que las requeridas en la Sección 4.3.1.

\*\* La dosificación de mezclas de concreto para resistencia mayores de 315 kg/cm<sup>2</sup> sin aire incluido y de 280 kg/cm<sup>2</sup> con aire incluido debe basarse en los métodos de la Sección 4.3 ó 4.4.

TABLA 4.6.1

CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO PARA DIVERSOS TAMAÑOS DE AGREGADO GUESO

Tamaño máximo nominal del agregado grueso en mm	contenido del aire total, en porcentaje, por volumen
10	6 a 10
13	5 a 9
20	4 a 8
25	3,5 a 6.5
40	3 a 6
50	2.5 a 5.5
75	1.5 a 4.5

4.6.1.1 Para concreto hecho con agregado de peso normal, la relación agua/cemento no deberá exceder de 0.53 por peso.

4.6.1.2 Cuando el concreto esté hecho con agregados ligeros, la resistencia a la compresión especificada  $f'_c$  debe ser de por lo menos 200 kg/cm<sup>2</sup>.

4.6.2 El concreto que se pretenda sea impermeable debe apegarse a lo siguiente :

4.6.2.1 Para concreto hecho con agregado de peso normal, la

relación agua/cemento no debe exceder de 0.50 por peso si va a estar expuesto al agua dulce y, de 0.45 por peso para exposiciones al agua de mar.

4.6.2.2 La resistencia especificada a la compresión  $f'c$  del concreto hecho con agregado ligero debe ser de por lo menos 260 kg/cm<sup>2</sup> si va a estar expuesto al agua dulce, y de 280 kg/cm<sup>2</sup> para exposiciones al agua de mar.

4.6.3 El concreto que va a estar expuesto a concentraciones perjudiciales de soluciones que contengan sulfatos, debe hacerse con cemento resistente a los sulfatos y además :

4.6.3.1 Para concreto hecho con agregado de peso normal, la relación agua/cemento no debe excede de 0.50 por peso.

4.6.3.2 Para concreto hecho con agregado ligero, la resistencia a la compresión  $f'c$  especificada debe ser, por lo menos de 260 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.7 REDUCCION DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

Una vez que se dispone con suficientes datos de prueba de la obra, se pueden utilizar los métodos de la "Práctica recomendable para la evaluación de los resultados de las pruebas de resistencia del concreto" (ACI-214-77). Se puede reducir el valor para el cual la resistencia promedio debe exceder a  $f'c$  por debajo del indicado en la Sección 4.3.1 siempre y cuando :

- (a) la frecuencia probable de las pruebas de resistencia 35 kg/cm<sup>2</sup> por debajo de  $f'c$  no exceda de 1 en 100
- (b) la probable frecuencia de un promedio de tres pruebas de resistencia consecutivas por debajo de  $f'c$  no exceda de 1 en 100, y
- (c) se cumple con los requisitos para exposición espe -

cial de la sección 4.6.

#### 4.8 EVALUACION Y ACEPTACION DEL CONCRETO.

##### 4.8.1 Frecuencia de las pruebas.

4.8.1.1 Las muestras para las pruebas de resistencia de cada clase de concreto colocada en ese día deben tomarse no menos de una vez por día ni menos de una vez por cada 115 metros cúbicos de concreto o por cada 450 m<sup>2</sup> de superficie colocada para losas o muros.

4.8.1.2 En un proyecto dado, el volumen total del concreto es tal, que la frecuencia de las pruebas requeridas por la sección 4.8.1.1 proporcionaría menos de 5 pruebas de resistencia para una determinada clase de concreto, las pruebas deben realizarse de, por lo menos, 5 mezclas seleccionadas al azar o de cada mezcla, si se utilizan menos de 5.

4.8.1.3 Cuando la cantidad total de una determinada clase de concreto es inferior a 40 m<sup>3</sup>, el Oficial de la Construcción puede desistir de las pruebas de resistencia si, según su criterio existe evidencia adecuada de una resistencia satisfactoria.

4.8.1.4 Cada resultado de la prueba de resistencia debe ser el promedio de dos cilindros de la misma muestra probados a los 28 días, o a una edad menor especificada.

##### 4.8.2 Pruebas de especímenes curados en el laboratorio.

4.8.2.1 Las muestras para las pruebas de resistencia se deben tomar de acuerdo con el "Método de muestreo de concreto fresco" (ASTM C 172).

4.8.2.2 Los cilindros para las pruebas de resistencia se deben moldear y curar en el laboratorio de acuerdo con el "Método de fabricación y curado en el campo de especímenes de concreto" (ASTM C 31), y probarse de acuerdo con el "Método de prue

ba para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto" (ASTM C 39).

4.8.2.3 El nivel de resistencia de una clase determinada de concreto será considerado satisfactorio si se cumple con los dos requisitos siguientes :

(a) El promedio de todas las series de tres pruebas de resistencia consecutivas es igual o superior a la  $f'_c$  requerida.

(b) Ningún resultado individual de la prueba de resistencia (promedio de los cilindros) cae en más de 35 kg/cm<sup>2</sup> por debajo de la  $f'_c$  requerida.

4.8.2.4 Si no se cumple con cualquiera de los dos requisitos de la Sección 4.8.2.3, de inmediato se deben tomar medidas a fin de incrementar el promedio de los resultados de las pruebas de resistencia subsiguientes. Además, de no cumplirse con el requisito de la Sección 4.8.2.3 (b), deben observarse los de la Sección 4.8.4.

4.8.3 Pruebas de especímenes curados en el campo.

4.8.3.1 El Oficial de las Construcciones puede solicitar pruebas de resistencia de cilindros curados en condiciones de campo, a fin de comprobar lo adecuado del curado y la protección del concreto en la estructura.

4.8.3.2 Los cilindros deben curarse en condiciones de campo de acuerdo con la Sección 7.4 del "Método para la fabricación y curado en el campo de especímenes de prueba de concreto", (ASTM C 31).

4.8.3.3 Los cilindros curados en el campo deben ser moldeados al mismo tiempo y de las mismas muestras que los cilindros de prueba curados en el laboratorio.

4.8.3.4 Los procedimientos para la protección y el curado

del concreto se deben mejorar cuando la resistencia de los cilindros curados en el campo, a la edad de prueba designada para medir la  $f'_c$ , es inferior al 85% de la de los cilindros compañeros curados en el laboratorio. Cuando la resistencia de los cilindros curados en el laboratorio sean apreciablemente mayores que la  $f'_c$  las resistencias de los cilindros curados en el campo no necesitan exceder de la  $f'_c$  en más de 35 kg/cm<sup>2</sup>, aun cuando no se cumpla con el criterio del 85%.

4.8.4 Investigación de los resultados de las pruebas de baja resistencia.

4.8.4.1 Si cualquier prueba de resistencia (Sección 4.8.1.4) de cilindros curados en el laboratorio resulta por debajo de la  $f'_c$  en más de 35 kg/cm<sup>2</sup> (Sección 4.8.3.2(b) o si las pruebas de los cilindros curados en el campo indican deficiencias en la protección y curado, deben tomarse medidas para asegurar que la capacidad de carga de la estructura no se está comprometiendo.

4.8.4.2 Si se confirma que el concreto es de baja resistencia y los cálculos indican que la capacidad de carga se ha reducido significativamente, se pueden requerir pruebas de corazones extraídos de la zona en duda, de acuerdo con el "Método estándar para la obtención y prueba de corazones extraídos con broca y vigas cortadas de concreto" (ASTM C 42). En esos casos deben tomarse tres corazones por cada resultado de prueba de resistencia que esté por debajo de la  $f'_c$  en más de 35 kg/cm<sup>2</sup>.

4.8.4.3 Si el concreto de la estructura va a estar seco durante las condiciones de servicio, los corazones deberán secarse al aire (temperatura entre 15 y 30° C, humedad relativa menor del 60%), durante 7 días antes de la prueba, y deberán probarse secos. Si el concreto de la estructura va a estar más que superficialmente húmedo en las condiciones de servicio, los corazones deberán sumergirse en agua por lo menos durante 48 horas y probarse húmedos.

4.8.4.4 El concreto de la zona representada por las pruebas de corazones, se considerará estructuralmente adecuado si el



medio de los tres corazones es por lo menos igual al 85% de la  $f'_c$ , y ningún corazón tiene una resistencia menor del 75% de la  $f'_c$ . A fin de comprobar la precisión de las pruebas, se puede volver a probar zonas representativas de resistencias erráticas de los corazones.

4.8.4.5 Si no se cumplen con los criterios de la Sección 4.8.4.4 y si las condiciones estructurales permanecen en duda, la autoridad responsable puede ordenar que se hagan pruebas de carga, como se expone en el capítulo 20 para la parte dudosa de la estructura, o tomar otra decisión adecuada a las circunstancias.

Hasta aquí, se a visto la manera recomendable de controlar integralmente el proceso de construcción con concreto, como medio fundamental, para alcanzar un producto final que esté marcado en el concepto de calidad que las especificaciones establecen.

Vamos a ver ahora el control y evaluación del material concreto en términos de su resistencia.

Hacemos notar en primer lugar, la excesiva importancia que se da al ensayo de ruptura del cilindro de concreto, por compresión, a los 28 días. Quizá se deba una larga tradición, iniciada en las aulas universitarias, y continuadas por la costumbre en la práctica constructiva. A veces se toma el resultado del ensayo como fallo decisivo, sin tomar en cuenta que puede haber variadísimas causas de duda de dicho resultado, que pueden invalidar el dictamen de laboratorio.

El ensayo del cilindro, sigue siendo un dato para la calificación de la obra, pero debemos exigir su buena realización, debemos tratar sus resultados estadísticamente, y debemos tratar sus resultados asegurándonos de la validez de los datos, bien porque las muestras fueron adecuadamente tomadas, bien porque las técnicas de construcción garantizaron la representatividad de la probeta que ensayamos.



Las limitaciones del ensayo del cilindro, como toda prueba destructiva están llevando a la tecnología a procurarse más por auscultar la propia estructura en sí, tratando de medir la calidad de lo construido y no confiando en muestras o probetas testigo.

#### JUSTIFICACION PARA ADMITIR RESULTADOS POR DEBAJO DEL ESPECIFICADO

- La no representatividad de la muestra de concreto.
- Discrepancias con los métodos estándar de fabricación y pruebas de cilindros (Irregularidades en el transporte, almacenaje y curado).
- Mal estado o inadecuación de las herramientas o equipos empleados.

Se deben considerar, aspectos estadísticos de los datos, tales como el número de cilindros ensayados, su relación con el volumen de concreto colocado, la dispersión (desviación típica o coeficiente de variación) de los datos recibidos.

La validez de los resultados, puede verse afectada además, por las condiciones inadecuadas de un laboratorio (características del local, temperaturas, etc.). Aquí queremos hacer notar, que se debe tener en cuenta el prestigio del laboratorio, la garantía que representan sus trabajos. La calidad de un laboratorio no depende de su tamaño ni de la magnitud de sus equipos, un buen ensayo de ruptura de cilindros requiere de múltiples cuidados y esto queda garantizado con herramientas apropiadas y en buen estado, equipo adecuado y calibrado, personal capacitado y local de tamaño aparente y racionalmente organizado.

- Factor de seguridad

Hacemos la observación, de que generalmente el arquitecto

comienza diseñando con ciertos márgenes de prudencia, el geniero calculista utiliza factores de seguridad que se acumulan a los del arquitecto, y el propio constructor suele tomar medidas de precaución sobrepasando aspectos de las especificaciones.

La presencia acumulada de estos factores de seguridad, si bien lesionan indudablemente la economía de la obra, se pueden justificar en nuestro medio, especialmente por la falta de control de la calidad en las obras de concreto.

De acuerdo a lo anterior, es posible que la parte de la obra representada por los ensayos preocupantes, esté todavía dentro de la zona de valores que ofrecen seguridad estructural.

#### - Ensayos no destructivos

La sospecha de que el concreto colocado en obra pueda tener otra calidad a la de los cilindros nos lleva, a tratar de medir la calidad de lo construido, en la propia masa de la estructura, abandonando la fe ciega que se tenía a los ensayos destructivos.

Entre los métodos considerados como pruebas y ensayos no destructivos podemos mencionar :

- A- Pruebas de carga
- B- Métodos esclerométricos
  - Martillo Schmidt
  - Péndulo Einbeck
  - Pistola Windsor
- C- Métodos radiactivos
- D- Métodos Magnéticos
- E- Métodos Ultrasonicos
- F- Extracción de Núcleos (cobre drill)

Muchos tecnólogos del concreto, recomiendan la apli-

cación de dos o más de cualquiera de estos métodos para poder llegar a tener una idea más probable del verdadero estado de la calidad del concreto en la estructura y poder llegar a tener suficiente información para tomar decisiones.

La selección de estos métodos debe ser función tanto de las características del elemento a ensayar, como de las características de los equipos y de la información y aproximación que se estima son capaces de suministrar.

#### - Ensayos Tardíos

Son ensayos posibles de llevar a cabo, si se toma la precaución temprana de preparar un número suficiente de cilindros, como para llegar a disponer de dos o tres de reserva, capaces de ser ensayados en el momento de las dudas, antes de decidir la puesta en marcha de los generalmente costosos y complejos ensayos no destructivos.

Aquí llamamos la atención sobre dos "Poderosas Armas" con que se puede contar para tratar de verificar la calidad del concreto en la estructura.

#### - Ensayos Anticipados

#### - Ensayos Acelerados

Los primeros, son pruebas de calidad que se hacen sobre el concreto de la obra, en lotes preparados antes de iniciarla. Generalmente se trata de obtener correlaciones entre los resultados de dos tipos de ensayos (esclerométrico y resistencia a la compresión; ultrasónicos y resistencia a la compresión). Obtenidas estas correlaciones podemos estimar con un cierto margen la probabilidad de la calidad real del concreto colocado, siendo la resistencia a la compresión función de los resultados de los ensayos esclerométricos o ultrasónicos.

Los ensayos acelerados, nos permiten conocer a las 24

o a las 28 horas, la posible calidad del concreto en la estructura recién construida, con antelación a la información que va a ser recibida 28 días después, por el ensayo tradicional. La importancia de este método radica en la ganancia de tiempo permitiendo tomar decisiones, tanto por sus aspectos tecnológicos como económicos. Decisiones de aceptación, estudio y corrección, o de rechazo.

### III. ACERO

Re:

#### EXIGENCIAS DEL REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES.

#### 405 Refuerzo metálico

(a) Las barras de refuerzo cumplirán con las especificaciones de los Anexos N° 2, N° 3 y N° 4.

Si se van a soldar las barras de refuerzo, las anteriores especificaciones se complementarán con requisitos que aseguren soldabilidad satisfactoria en conformidad con el Anexo N° 30.

(b) Las mallas de Barras o Barras de Refuerzo en concreto cumplirán con las especificaciones del Anexo N° 9.

(c) El alambre para refuerzo en concreto cumplirá con las especificaciones del Anexo N° 7.

(d) La malla de alambre soldada para refuerzo en concreto cumplirá con las especificaciones del Anexo N° 10, con la excepción de que el requisito de la sección 5b de dichas especificaciones para la resistencia al esfuerzo cortante de la soldadura se ampliará para incluir una diferencia en tamaños de alambre hasta de 6 calibres.

(e) Los alambres y torones para concreto pretensado cumplirán con las especificaciones de los Anexos N° 13 y N° 14. Los alambres usados en torones para postensionado serán estirados en frío. Además en el caso de torones sin recubrir, éstos serán aliviados de esfuerzos, o galvanizados en caliente en el caso de torones galvanizados.

(f) Las barras de aleaciones de acero de alta resistencia para postensionado serán probadas con esfuerzo del 90 m/m de su resistencia garantizada a la tracción. Después de probarlas, las barras cumplirán con las siguientes mínimas :

Resistencia a la tracción f's.....	10,000 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la fluencia (0.2 por ciento de deformación unitaria permanente).....	0.9 f's
Alargamiento en la rotura en 20 diámetros.....	4%
Reducción del área en la rotura.....	25%

(g) El acero estructural cumplirá con las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup> 5.

(h) Los tubos de acero para columnas rellenas de concreto cumplirán con los requisitos para el grado B de las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup> 6.

(i) Los tubos de acero fundido para columnas compuestas cumplirán con las especificaciones del Anexo N<sup>o</sup> 12.

#### DETALLES DEL REFUERZO

801 Denominación, Diámetros, Areas, Perímetros y Pesos de las Barras de Acero.

Denominación	Diámetro pulg.	Area cm <sup>2</sup>	Perímetro cm	Peso Kg/m
N <sup>o</sup> 2	1/4	0.32	2.0	0.25
N <sup>o</sup> 3	3/8	0.71	3.0	0.58
N <sup>o</sup> 4	1/2	1.29	4.0	1.02
N <sup>o</sup> 5	5/8	2.00	5.0	1.60
N <sup>o</sup> 6	3/4	2.84	6.0	2.26
N <sup>o</sup> 7	7/8	3.87	7.0	3.07
N <sup>o</sup> 8	1	5.10	8.0	4.04
N <sup>o</sup> 9	1 1/8	6.45	9.0	5.08
N <sup>o</sup> 10	1 1/4	8.19	10.1	6.42
N <sup>o</sup> 11	1 3/8	10.06	11.2	7.95

802 - Ganchos y dobleces

(a) Ganchos. El término "gancho estándar", será usado para referirse a lo siguiente :

1. Una vuelta semicircular ( $180^{\circ}$ ) más una extensión de longitud no menor que cuatro diámetros de la barra, ni menor que 6 cm. al extremo libre de la barra.

2. Una vuelta de  $90^{\circ}$  más una extensión de por lo menor 12 diámetros de la barra al extremo libre, o

3. Una vuelta de  $90^{\circ}$  o de  $135^{\circ}$  más una extensión de por lo menos seis diámetros de la barra pero menor que 6 cm. al extremo libre de la barra. Este tipo de gancho se permite únicamente para anclaje de estribos cerrados y abiertos.

(b) Radios mínimos. El radio de doblez para ganchos estándar, medio en la parte interior de la barra, no será menor que los valores de la Tabla 802 (b), excepto que para barras del N<sup>o</sup> 6 al N<sup>o</sup> 11 inclusive, de grados estructurales e intermedio, el radio mínimo será de dos y medio diámetro de la barra.

TABLA 802 (b)

RADIO MINIMO DE DOBLEZ

Tamaño de la varilla	Radio Mínimo
N <sup>o</sup> 3, N <sup>o</sup> 4 ó N <sup>o</sup> 5	2 1/2 diámetro de Barra
N <sup>o</sup> 6, N <sup>o</sup> 7 ó N <sup>o</sup> 8	3 diámetro de Barra
N <sup>o</sup> 9, N <sup>o</sup> 10 ó N <sup>o</sup> 11	4 diámetro de Barra



(c) Dobleces que no son gancho estandar

1. Los dobleces para estribos abiertos y cerrados tendrán un radio, en la parte interior de la barra, no menor que el diámetro de la barra.

2. Los dobleces para todas las otras barras tendrán un radio, en la parte interior, no menor que los valores de la tabla 802 (b). Cuando tales dobleces se hacen en zonas en las que la barra trabaja a un esfuerzo elevado, se le dará un radio adecuado de doblez para evitar aplastamiento del concreto.

(d) Doblado. Todas las barras se doblarán en frío, a no ser que el proyectista permita otra cosa. No se doblará en la obra ninguna barra parcialmente embebida en concreto, excepto que esté indicado en los planos o que sea permitido específicamente por el proyectista.

### 803 - LIMPIEZA DEL REFUERZO

(a) Cuando se coloque el concreto, el refuerzo estará libre de escamas sueltas de óxido, lodo, aceite, o cualquiera otra capa que destruya o reduzca la adherencia.

### 804 - COLOCACION DEL REFUERZO

( ) Apoyos. El refuerzo se colocará con precisión y será apoyada adecuadamente sobre soportes de concreto metal u otro material aprobado; espaciadores, o estribos. Además será asegurado contra desplazamientos dentro de las tolerancias permitidas.

(b) Tolerancias. A no ser que el proyectista especifique otra cosa, el refuerzo se colocará en las posiciones especificadas dentro de las siguientes tolerancias.

1. En elementos sujetos a flexión, muros y columnas, en los

es d es 60 cm. o menos + 6 mm.

2. En elementos sujetos a flexión y columnas, en las cuales de es mayor de 60 cm. :  $\pm 12$  mm

3. Posición longitudinal de dobleces y extremos de barra  $\pm 5$  cm. excepto que no será reducido el recubrimiento especificado de concreto en los extremos.

(c) Malla colgante. Si el refuerzo de losas con luces menores de 3 m. está constituido por alambre u otro tipo similar de refuerzo, éste puede ser curvado desde un punto situado sobre el apoyo y cerca de la cara superior de la losa, hasta otro punto localizado al centro de la luz y cerca de la cara inferior de la losa. Para que esto sea válido, el refuerzo deberá tener un diámetro no mayor de 1/4" y deberá ser continuo o estar debidamente anclado, en el apoyo.

#### 805 - ESPACIAMIENTO DE BARRAS

(a) La separación libre entre barras paralelas (excepto en columnas y entre capas múltiples de barras en vigas) no será menor que el diámetro-nominal de la barra, 1 1/3 veces el tamaño máximo del agregado grueso, ó 2.5 cm.

(b) Cuando el refuerzo de vigas principales y secundarias esté colocado en dos o más capas, la distancia libre entre capas no será menor de 2.5 cm. y las barras de las capas superiores se colocarán directamente sobre las de la capa inferior

(c) En muros y en losas que no sean nervadas, la separación del refuerzo principal no será mayor que tres veces el espesor de la losa o muro, ni mayor de 45 cms.

(d) En columnas zunchadas o con estribos, la distancia libre entre barras longitudinales no será menor que 1 1/2 veces el diámetro de las barras, 1 1/2 veces el tamaño máximo del agre-

grueso ó 4 cm.

(e) La distancia libre entre barras también será aplicable a la distancia libre entre un traslape de contacto o traslape ó barras adyacentes.

(f) Los grupos de barras paralelas de refuerzo que se aten en un paquete para que actúen como una unidad, deben consistir de barras corrugadas con no más de cuatro en cada paquete, y se usarán solamente cuando estribos abiertos o cerrado encierren el paquete.

Las barras de un paquete terminarán en puntos diferentes escalonados por lo menos a 40 diámetros de barras, a menos que todas terminen en un apoyo. Cuando la limitación de espaciamiento está basada en el tamaño de la barra, un paquete de barras se tratará como una barra simple de una área equivalente.

#### 806 - EMPALME EN EL REFUERZO

(a) No se harán empalmes en el refuerzo, excepto los que se muestran en los planos de diseño o en las especificaciones, que sean autorizadas por el proyectista. Con la excepción de lo exigido en este reglamento, todas las soldaduras se harán de acuerdo con el Anexo N<sup>o</sup> 30. Esta reglamentación se complementará con el código antisísmico pertinente ..

b) Empalme del refuerzo en el que el esfuerzo crítico de diseño es de tracción. No se usarán empalmes traslapados en tracción para barras mayores que las N<sup>o</sup> 11.

Los empalmes en puntos de máximo esfuerzo de tracción se evitarán don de sea posible; tales empalmes, cuando se usen serán soldados, traslapados, o desarrollados completamente de cualquier otra manera. En cualquier caso, el empalme transmitirá la totalidad del esfuerzo calculado de barra a barra sin exceder de tres cuartas partes de los valores de adherencia

permisibles proporcionados en este reglamento. Sin embargo, la longitud del traslape para barras deformadas será no menor que 24, 30 y 36 diámetros de barra para límites de fluencia especificadas de 2,800, 3,500 y 4,200 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente; ni menor que 30 cm. Para barras lisas, la longitud mínima de traslape será el doble que para barras corrugadas. En los casos de emplames de contacto espaciados lateralmente menos de 12 diámetros de la barra o ubicada a menos de 15 cm. ó 6 diámetros de la barra de un borde exterior el traslape se aumentará en un 20% o se envolverá el traslape en toda su longitud mediante estribos, como los que se prescriben en la sección 918 (c) 2, o con un zunchado espiral de espaciamiento pequeño.

Cuando más de la mitad de las barras se empalmen dentro de una longitud de 40 diámetros de la barra, o cuando se hagan empalmes en puntos de esfuerzo máximo, se tomarán precauciones especiales, tales como aumentar la longitud del empalme y usar espiral o estribos a pequeños espaciamientos alrededor del traslape en toda su longitud.

(c) Empalmes del refuerzo en el que el refuerzo crítico de diseño es de compresión.

1. Cuando se usen traslapes su longitud mínima será: Con concreto de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> o más, la longitud de traslape para barras corrugadas será de 20, 24 y 30 diámetros de barras para aceros con límite de fluencia especificadas de 3,500 ó menos 4,200 y 5,250 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, pero no menor de 30 cm. Cuando la resistencia especificada del concreto sea menor que 210 kg/cm<sup>2</sup> la longitud de traslape será un tercio mayor que los valores antes mencionados.

Para barras lisas, el traslape mínimo será de dos veces el especificado para barras corrugados.

2. Pueden usarse empalmes soldados, u otras conexiones efectivas, en lugar de empalmes traslapados. Cuando el tamaño de barra exceda el N<sup>o</sup> 11, se usarán preferentemente empalmes

soldados u otras conexiones efectivas. En barras que se requiera sólo por compresión el esfuerzo de compresión puede transmitirse por contacto directo de sus extremos, cuyas secciones deben ser normales al eje de las barras y mantenido en contacto concéntrico por medio de un manguito soldado adecuadamente, o por un dispositivo mecánico.

3. Cuando las barras longitudinales tengan sus ejes desplazados en un empalme, la pendiente de la porción inclinada de la barra con respecto al eje de la columna no excederá 1 en 6, y las porciones de la barra arriba y abajo de la porción inclinada serán paralelas al eje de la columna. En el diseño se considerará un arriostamiento lateral adecuado para las barras en los puntos de doblez; dicho arriostamiento se proporcionará por medio de estribos cerrados, zunchados o por porciones de la construcción del piso. Se colocarán estribos cerrados o zunchados diseñados de esta manera cerca del punto de doblez (a no más de 8 diámetros de la barra de dicho punto) El empuje horizontal por resistir se supondrá igual a una media veces la componente horizontal del esfuerzo nominal en la porción inclinada de la barra. Las barras se doblarán antes de que se coloquen en los encofrados. Véase la Sección 802 (d).

4. Cuando las caras de la columna están desfasadas 8 cm. o más los empalmes de barras verticales adyacentes a la cara desfasada se harán por medio de dowels separadas, traslapadas como se especificó arriba.

5. En columnas con estribos, la cantidad de refuerzo empalmado por traslape no excederá de una cuantía de acero igual a : 4% en cualquier porción de 90 cms. de longitud de columna.

(d) Un empalme soldado aprobado es aquel en que las barras están unidas y soldadas de tal modo., que puedan desarrollar una tracción de por lo menos 125% del límite de fluencia especificada para la barra de refuerzo. Las conexiones efectivas aprobadas para diseñadas para tomar tracciones o compresiones críticas serán equivalentes en resistencia a un empalme sol-

dado aprobado.

(e) Los empalmes en los núcleos metálicos de columnas compuestas deberán ser trabajadas con precisión y se tomarán precauciones adecuadas para el alineamiento de un núcleo sobre otro. En la base de la columna, se tomarán precauciones para transmitir la carga a la zapata a un esfuerzo unitario adecuado, de acuerdo con la Sección 1002 (a). La base de la sección de metal se diseñará para transmitir toda la carga de la sección de metal solamente, siempre que se coloque de tal manera en el pilar o pedestal, que deje encima de la base metálica una sección de concreto lo suficientemente grande para transmitir la carga de la parte de concreto armado de la columna por medio de adherencia en el esfuerzo vertical y por compresión directa sobre el concreto.

(f) La malla soldada que se use como refuerzo en losas estructurales debe ser empalmada de tal manera que la longitud de traslape, medida entre los alambres transversales extremos de cada malla, no sea menor que el espaciamiento de los alambres transversales aumentado en 5 cm.

#### 807 - REFUERZO TRANSVERSAL

(a) El zunchado para columnas consistirá de un espiral continua, espaciada uniformemente alineada y mantenida firmemente en su lugar por medio de espaciadores verticales. Se usarán por lo menos dos espaciadores para espirales con diámetro de 50 cm. o 3 para espirales de 50 a 75 cms. de diámetro, y 4 para espirales de más de 75 de diámetro. Cuando el esfuerzo en espiral está hecho con barra de 5/8" ó mayor, se usarán tres espaciadores para espirales de sesenta centímetros de diámetro. Las espirales serán de tal tamaño y se armarán de tal manera, que puedan ser manipulados y colocados sin que cambien sus dimensiones de diseño. El material usado para los espirales tendrá un diámetro mínimo de 1/4" para barras laminadas, o en calibre N<sup>o</sup> 4 AS&W para lambré trefilado. El anclaje del refuerzo en espiral se proporcionará por medio de una y media vuel -



s adicionales en la barra o alambre en cada extremo de la espiral. Cuando sea necesario efectuar empalmes en barras o alambres en espiral, se harán por soldadura, o por medio de un traspape de una y media vuelta. El espaciamiento centro a centro (paso) de la espiral no excederá de la sexta parte del diámetro del núcleo. El espaciamiento libre entre espirales no será mayor que 7.5 cm. ni menor que 3.5 cm ó 1 1/2 veces el tamaño máximo el agregado grueso empleado. El refuerzo en espiral se extenderá desde el nivel del piso en cualquier piso, o desde la cara superior de la zapata, al nivel del refuerzo horizontal más bajo de la losa, panel engrosado, o viga inmediatamente arriba. En una columna con capitel la espiral se extenderá hasta un plano en el cual el diámetro o ancho del capitel sea dos veces el de la columna.

(b) Todas las barras en columnas con estribos, quedarán rodeadas por estribos cerrados transversales por lo menos de 1/4" de diámetro, espaciados a no más de 16 diámetros de la barra longitudinal 48 diámetros de la barra usada en los estribos, o la menor dimensión de la columna. Los estribos se colocarán de tal manera que cada barra esquinera y cada barra longitudinal alternada, tenga un soporte lateral proporcionada por la esquina de un estribo cuyo ángulo interno no sea mayor de 135° ninguna barra estará más de 15 cm. de otra que esté arriostrada lateralmente en la forma descrita.

Cuando las barras están colocadas en la periferia de un círculo, se puede usar un estribo circular completo.

c) El refuerzo en compresión de vigas principales o secundarias se arriostrará mediante estribos cerrados o abiertos de diámetros no menor que 1/4" espaciados a no más de 16 diámetros de la barra en compresión ó 48 diámetros de la barra del estribo. Por lo menos un estribo a cada espaciamiento envolverá completamente a todas las barras longitudinales. Tales estribos, los cerrados o abiertos se usarán a lo largo de toda la distancia en donde se requiere de compresión.



808 - REFUERZO POR CONTRACCION Y TEMPERATURA.

(a) En estrepisos y techos en que el refuerzo principal se extienda en una dirección solamente se proporcionará refuerzo perpendicular al principal, para tomar los esfuerzos de contracción y temperatura. Tal refuerzo se proporcionará por lo menos en las siguientes cuantías del área total de concreto, pero en ningún caso el espaciamiento entre las barras de dicho refuerzo será mayor que 5 veces el espesor de la losa ni tampoco mayor de 45 cm.

Losa donde se usan barras lisas.....	0.0025
Losas donde se usan barras corrugadas con límites de fluencia menores que 4,200 kg/cm <sup>2</sup> .....	0.0020
Losas donde se usan barras corrugadas con límites de 4,200 kg/cm <sup>2</sup> , o malla soldada de alambre que tenga intersecciones soldadas espaciadas en la dirección del esfuerzo a no más de 30 cm.....	0.0018

809 - RECUBRIMIENTO DE CONCRETO PARA EL REFUERZO

(a) El refuerzo de zapatas y otros miembros estructurales principales en los que el concreto se deposita contra el suelo, tendrán no menos de 7.5 cm. de concreto entre él y la superficie del suelo en contacto. Si las superficies de concreto, después del desencofrado, van a estar en contacto con el suelo, el refuerzo se protegerá con no menos de 5 cm. de concreto para barras mayores que la N<sup>o</sup> 5 y 4 cm. para barras N<sup>o</sup> 5 ó menores.

(b) En medios no corrosivos el recubrimiento del concreto para cualquier refuerzo será no menor de 2 cm. para losas y muros, y no menor que 4 cm. para columnas, vigas principales y secundarias. Estos recubrimientos pueden reducirse a 1.5 veces el diámetro de la barra pero no menos de 2 cm si las verificaciones de adherencia anclaje y empalmes se hace de acuerdo a lo indicado en 1301 (c) o 1801 (c).

(c) En ambientes extremadamente corrosivos o en otras con-

diciones severas de exposición, el recubrimiento se aumentará adecuadamente.

(d) Las barras de refuerzo, inserciones y platinas que que den expuestas y que se coloquen para ligar la estructura con futuras extensiones deberán protegerse de la corrosión por me dio de concreto u otro recubrimiento adecuado.

(e) Si el reglamento general del cual éste forma parte, especifica como recubrimiento para proteger el refuerzo contra el fuego espesores de concreto mayores que los que se establecen en esta sección se usarán tales espesores mayores.

(f) Para requisitos especiales en elementos prefabricados véase el Capítulo 24 y para concreto pretensado véase el Capítulo 26.

## REGLAMENTO ACI - 318 - 77

### 3.5 ACERO DE REFUERZO

3.5.1 Se especifican los materiales cuyo empleo como acero de refuerzo se permite. Otros elementos metálicos tales como insertos, pernos de anclaje o varillas lisas para espigas en las juntas de expansión o contracción, por lo general, no se consi deran como elementos de refuerzo en las disposiciones de este reglamento

3.5.2 El acero de refuerzo no debe soldarse sin tomar en con sideración la soldabilidad de dicho acero y los procedimientos de soldadura adecuados. Cuando se requiere de la soldadura, las especificaciones de la obra deben abarcar esos renglones. La con sideración más importante consiste en que deben ser com patibles el procedimiento de soldadura especificado y la sold a bilidad del acero. La norma AWS D12.1 proporciona práct icas recomendables de soldadura, incluyendo las temperatura de pre calentamiento y de entrepasos basadas en el equivalente de car

bono (CE) tal como se calculó de la composición en el informe de la fundidora. No obstante, el ingeniero debe comprender que el análisis químico completo que se requiere, a fin de calcular el equivalente de carbono, normalmente no es proporcionado por los fabricantes de acero de refuerzo. Cuando se requiere soldadura, en las cláusulas del contrato debe requerirse específicamente el análisis (excepto para la norma ASTM A 706), además de los requisitos estándar de la ASTM. La norma AWS D 12.1, también proporciona los requisitos de metal de aporte.

La Tabla 5.2 de la norma AWS D12 proporciona las temperaturas de precalentamiento y de entrapados mínimos requeridas para un rango de los equivalentes de carbono y del tamaño de las varillas de refuerzo. Para varillas con un equivalente de carbono superior a 0.75 (o para una varilla de composición química desconocida) la soldadura con arco está limitada a varillas de #9 y menores. Cuando se necesita soldar varillas de diámetro más grande, el diseñador prudente evitará la soldadura con arco en las varillas de mayor diámetro, o bien se asegurará de su soldabilidad requiriendo que se limite el rango del equivalente de carbono a un máximo de 0.75 (o especificando la norma ASTM A 706 para todas aquellas varillas que deban soldarse).

Con objeto de restringir la composición química del acero a un rango determinado que se ajuste a un procedimiento específico, las especificaciones del acero de refuerzo de la ASTM deben complementarse a fin de cubrir el requisito especial y así debe especificarse en las cláusulas del contrato. Debe hacerse notar que la norma ASTM A 706 se desarrolló especialmente para la soldadura y que contiene una restringida composición química además de un equivalente de carbono máximo, la cual elimina la necesidad de los requisitos suplementarios.

### 3.5.3 Refuerzo corrugado

3.5.3.1 La norma ASTM A 706 abarca las varillas de acero corrugadas de baja aleación destinadas a aplicaciones especiales para las cuales son importantes la soldadura o el doblado, o am -

bos. La norma A 706 satisface las dos excepciones de las especificaciones ASTM prescritas en la Sección 3.5.3.2. Para la prueba de tensión (un requisito suplementario que permite especímenes de sección reducida para la prueba de tensión, para varillas del #14 y # 18 y que no es admitido por la norma ACI 318) se requieren especímenes de varillas de sección transversal completa y los diámetros de la prueba de doblado requeridos son menores que los diámetros del perno de la prueba de doblado especificados en la Tabla 3.5.3.2.

3.5.3.2 Esta sección contiene dos excepciones a las especificaciones de las normas ASTM A 615-76a y A 617-76 para varillas de refuerzo corrugadas :

1. La primera excepción requiere que la resistencia a la fluencia corresponda a la obtenida empleando pruebas de varillas de sección transversal completa. Las pruebas indican que los especímenes de sección reducida muestran una resistencia superior que la que se deduce de las pruebas con varillas de sección transversal completa.

Este requisito puede cumplirse por varios procedimientos los cuales incluyen, entre otros, los siguientes : a) pruebas de varillas de sección transversal completa, o b) pruebas en especímenes estandarizados torneados de tamaño pequeño, cuyos resultados pueden correlacionarse con una base estadística conservadora y adecuada con los resultados de las pruebas efectuadas en las varillas de sección transversal completa. Todas las mediciones de la resistencia a la fluencia, ya sea por medio de las pruebas de varillas de sección total o por el método de correlación b), deberán basarse en el área nominal de la varilla.

La segunda excepción a las especificaciones de la ASTM se refiere a los requisitos de la prueba de doblado para varillas. Para tener validez, las pruebas de doblado deben basarse en el doblado de varillas de sección transversal completa alrededor de un perno, por lo general, más pequeño que el diámetro de doblado mínimo permitido en la práctica. De acuerdo

con esto, la Tabla 3.5.3.2 requiere tamaños de pernos, para la prueba de doblado, compatibles con los diámetros de doblado permitidos en la Sección 7.2.

3.5.3.3 Hoy en día no existe ninguna especificación ASTM para varillas corrugadas con una resistencia a la fluencia  $f_y$  superior a 4,200 kg/cm<sup>2</sup>. No obstante, no debe entenderse que esto excluya el empleo de varillas de alta resistencia que, por lo demás, cumplen los requisitos del reglamento. Las varillas corrugadas del #11, #14 y #18, con una fluencia mínima de 5,275 kg/cm<sup>2</sup> (Grado 52), pueden adecuarse a las especificaciones de la norma ASTM A 615-72, con los requisitos adicionales de que  $f_y$  sea el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria del 0.35% y que el acero de refuerzo cumpla con los requisitos de las pruebas de tensión y de doblado para varillas de transversal completa de la Sección 3.5.3.2

En varillas con una resistencia a la fluencia especificada  $f_y$  superior a 4,200 kg/cm<sup>2</sup>, el esfuerzo  $f_y$  debe alcanzarse a una deformación unitaria de no más del 0.35%. Esto resulta necesario a fin de asegurar que la suposición de una curva elastoplástica esfuerzo-deformación unitaria, de la Sección 10/24, no conducirá a valores inmoderados de la resistencia del miembro.

El requisito del 0.35% de la deformación unitaria, no se aplica a varillas de esfuerzo con resistencia a la fluencia de 4,200 kg/cm<sup>2</sup> o menos. Para aceros con una resistencia de 3,800 kg/cm<sup>2</sup> como los que en épocas pasadas se utilizaron ampliamente, la suposición de una curva elastoplástica esfuerzo-deformación unitaria, está perfectamente justificada de acuerdo con abundantes datos de prueba. Para aceros de alta resistencia, hasta 4,200 kg/cm<sup>2</sup>, la curva esfuerzo-deformación unitaria puede ser elastoplástica o no, de acuerdo con la suposición de la Sección 10.24, dependiendo de las propiedades del acero y del proceso de fabricación. Sin embargo, cuando la curva esfuerzo-deformación unitaria no es elastoplástica, existe limitada evidencia experimental que sugiere que el verdadero esfuerzo del acero a la resistencia última sea mucho menor que



la resistencia a la fluencia especificada, lo cual no será suficiente para garantizar el esfuerzo adicional de la prueba al más estricto criterio aplicable a aceros con  $f_y$  superior a 4,200 kg/cm<sup>2</sup>. En esos casos, puede esperarse que el factor  $\phi$  responda por la deficiencia en la resistencia.

3.5.3.6 La malla de alambre liso soldado debe fabricarse de alambre de acuerdo con "Especificaciones estándar para alambre de acero estirado en frío para refuerzo del concreto" (ASTM A 82). La norma ASTM A 82 indica una resistencia a la fluencia mínima de 4,200 kg/cm<sup>2</sup>. El reglamento ha asignado un valor de resistencia a la fluencia de 4,200 kg/cm<sup>2</sup>, pero proporciona las especificaciones para el empleo de resistencia a la fluencia mayores, siempre y cuando el esfuerzo corresponda a una deformación unitaria del 0.35%

3.5.3.7 La malla de alambre soldado debe fabricarse de alambre de acuerdo con "Especificación estándar para alambre corrugado de acero para refuerzo del concreto" (ASTM A 496). La norma A 496 tiene una resistencia a la fluencia mínima de 4,900 kg/cm<sup>2</sup>. El reglamento le ha asignado un valor de resistencia a la fluencia de 4,200 kg/cm<sup>2</sup>, pero proporciona las especificaciones para el empleo de resistencia a la fluencia más alta, siempre y cuando el esfuerzo corresponda a una deformación unitaria del 0.35%

#### 3.5.4 Refuerzo liso

Las varillas alambres lisos sólo se permiten para refuerzo en espiral (ya sea como refuerzo lateral para miembros en compresión, para miembros en torsión o como refuerzo de confinamiento para empalmes).

#### 3.5.6 Acero estructural, tubos de acero o tuberías

La referencia a la especificación para la norma ASTM A 440, Acero estructural, ha sido eliminada del reglamento de 1977 pues el acero estructural según la norma 440 tiene características indeseables de soldadura y, como consecuencia su empleo está muy limitado, Tampoco en las especificaciones de la

AISC se hace ya referencia a la A 440.

## 7.0 NOTACION

$d$  = distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo de tensión, cm

$d_b$  = diámetro nominal de una varilla, alambre o cable para prefuerzo, cm

$f_y$  - resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no presforzado, kg/cm<sup>2</sup>

$l_d$  = longitud de desarrollo cm. Véase el capítulo 12

## 7.1 GANCHOS ESTANDAR

El término "gancho estándar" se emplea en este reglamento para designar :

(a) Un dobléz de 180° más una extensión de por lo menos  $4d_b$ , pero no menor de 65 mm en el extremo libre de la varilla, o

(b) Un dobléz de 90° más una extensión de por lo menos 12 en el extremo libre, o

(c) Solamente para ganchos de estribos y anillos, un dobléz de 90° o de 135° más una extensión de por lo menos  $6d_b$  pero no menor de 65 mm en el extremo libre de la varilla.\*

## 7.2 DIAMETROS MINIMOS DE DOBLADO

7.2.1 El diámetro de dobléz medido en la cara interna de la varilla excepto para estribos y anillos, no debe ser menor que los valores dados en la Tabla 7.2, con excepción de las varillas Grados 28 del #3 al #11, con un dobléz de 180°, en las cuales



el diámetro del doblado no debe ser menor de  $5 d_b$ .

TABLA 7.2 DIAMETROS MINIMOS DE DOBLADO

Tamaño de varilla	diámetro mínimo
del #3 al #8	$6 d_b$
#9, #10 y # 11	$8 d_b$
# 14, y # 18	$10 d_b$

7.2.2 El diámetro interior del doblado para estribos y anillos no debe ser menor de  $4 d_b$  para varillas del #5 y menores. Para varillas mayores de # 5, el diámetro del doblado será de acuerdo con la Tabla 7.2.

7.2.3 El diámetro interior de los dobleces en malla soldada de alambre (corrugado o liso) para estribos y anillos no debe ser menor de  $4d_b$  para alambre corrugado mayor del D6, y  $2d_b$  para los demás alambres. El doblado con un diámetro interior menor de  $8d_b$  no debe estar a menos de  $4d_b$  de la intersección soldada más cercana.

### 7.3 DOBLADO

7.3.1 Todo el acero de refuerzo debe doblarse en frío, a menos que el ingeniero lo permita de otra manera.

7.3.2 Ningún acero de refuerzo parcialmente ahogado en el concreto debe doblarse en la obra, excepto cuando así se indique en los planos de diseño o lo permita el ingeniero.

\* Para anillos cerrados que en el apéndice A se definen como sum

chos, un doblez de  $135^{\circ}$  más una extensión de, por o menos, 10db (Véase la Sección A.2).

#### 7.4 CONDICION DE LA SUPERFICIE DEL REFUERZO

7.4.1 En el momento de colocar el concreto, el refuerzo metálico debe estar libre de lodo, aceite u otros recubrimientos no metálicos, que puedan afectar adversamente su capacidad de adherencia.

7.4.2 Excepto en los cables de presfuerzo, el refuerzo metálico con óxido, escamas o una combinación de ambos, debe considerarse satisfactorio si las dimensiones mínimas (incluyendo la altura de las corrugaciones) y el peso de un espécimen de prueba cepillado a mano, no son menores de lo que requieren las especificaciones ASTM aplicables.

7.4.3 Los cables de presfuerzo deben estar limpios y libres de óxido excesivo, aceite, mugre, escamas y picaduras. Es admisible una oxidación ligera.

#### 7.5 COLOCACION DEL REFUERZO

7.5.1 El refuerzo, los cables de presfuerzo y los ductos deben colocarse con precisión, contar con los soportes necesarios antes de colar el concreto y estar asegurados contra desplazamientos dentro de las tolerancias permisibles según la Sección 7.5.2.

7.5.2 A menos que el ingeniero especifique otra cosa, el refuerzo, los cables de presfuerzo y los ductos para presfuerzo deben colocarse en las posiciones especificadas dentro de las siguientes tolerancias:

7.5.2.1 La tolerancia para el peralte  $d$  y para el recubrimiento mínimo de concreto en miembros sujetos a flexión, muros y miembros sometidos a compresión debe ser la siguiente :

Excepto que la tolerancia para la distancia libre a los lechos inferiores cimbrados debe ser menor de 0.5 cm y la

tolerancia para el recubrimiento no debe exceder de 1/3 del re  
cubrimiento mínimo de concreto requerido en los planos del conre  
creto o en las especificaciones.

	Tolerancia en d	Tolerancia en el recubri miento mínimo de concre <u>+</u> to
d = 20 cm	$\pm$ 1 cm	1 cm
d - 20 cm	+ 1.5 cm	1.5 cm

7.5.22 La tolerancia para la localización longitudinal de los  
dobleces y los cortes del refuerzo debe ser de  $\pm$  5 cm, excepto  
en los extremos discontinuos de miembros, donde la tolerancia  
debe ser de + 1.5 cm.

7.5.3 La malla soldada de alambre (fabricado con alambre cu  
yo tamaño no sea superior al W5 ó D5) utilizada en losas con cla  
ros menores de 3 m puede estar otro doblado desde un punto si -  
tuado sobre el lecho superior cerca del apoyo, hasta ~~otro~~ punto  
localizado en el lecho inferior cerca del centro del claro,  
siempre y cuando el refuerzo sea continuo sobre el apoyo o esté  
debidamente anclado en éste.

7.5.4 No debe permitirse soldar las varillas que se inter -  
secten con el fin de sujetar el refuerzo, a menos que lo autoriz  
ce el ingeniero.

## 7.6 LIMITES PARA EL ESPACIAMIENTO DEL REFUERZO

7.6.1 La separación libre entre varillas paralelas de una  
capa no debe ser menor que el  $d_b$  ni de 2.5 cm. Véase también la  
Sección 3.3.3

7.6.2 Cuando el refuerzo paralelo se coloque en dos o más

capas, las varillas de las capas superiores deben colocarse exactamente arriba de las que están en las capas inferiores con una distancia libre entre ambas no menor de 2.5 cm.

7.6.3 En miembros en compresión reforzados con espirales o anillos, la distancia libre entre varillas longitudinales no será menor de  $1.5d_b$  ni de 4 cm. Véase también en la Sección 3.3.3

7.6.4 La limitación de la distancia libre entre las varillas también se aplica a la distancia libre entre un traslape y los traslapes o varillas adyacente.

7.6.5 En muros y losas, exceptuando las losas nervadas, la separación del refuerzo principal por flexión no debe ser mayor que 3 veces el espesor del muro o de la losa, ni de 45 cm.

7.6.6 Paquetes de varillas

7. Los grupos de varillas paralelas de refuerzo armadas en paquetes que actúan como una unidad, deben limitarse a 4 varillas para cada paquete.

7. Los paquetes de varillas deben estar confinados por estribos o anillos.

7. En vigas o trabes, las varillas mayores del #11 no deben armarse en paquetes.

7. En miembros sujetos a flexión, cada una de de las varillas de los paquetes que se cortan dentro del claro deben terminar en puntos distintos y separados a distancias de, por lo menos,  $40d_b$ .

7.6.6.5 Donde las limitaciones de espaciamiento y recubrimiento mínimo de concreto están en base al diámetro de las varillas, un paquete de varillas deberá considerarse como una varilla sencilla de un diámetro equivalente al área total de las varillas del paquete.

## 7.6.7 Cables y ductos de presfuerzo

7.6.7.1 La distancia libre entre los cables de presfuerzo en cada extremo del miembro no debe ser menor de  $4d_b$  para el alambre ni de  $3d_b$  para los torones. Véase también la Sección 3.3.3. Se puede permitir un espaciamiento vertical menor y hacer paquetes de torones en la zona central del claro.

7.6.7.2 Los ductos de postensado se pueden agrupar si se demuestra que el concreto puede colocarse satisfactoriamente y cuando se tomen medidas que eviten la rotura de los cables dentro del ducto al tensarse.

## 7.7 PROTECCION DE CONCRETO PARA EL REFUERZO

### 7.7.1 Concreto colado en el lugar (reforzado)

Debe proporcionarse el siguiente recubrimiento mínimo de concreto al acero de refuerzo :

	Recubrimiento mínimo, cm
(a) Concreto colado en contacto con el suelo y permanentemente expuesto a él.....	7.5
(b) Concreto expuesto al suelo o a la acción del clima :	
varilla del # 6 al # 18.....	5
varilla del # 5, alambre W31 ó D31 y menores....	4
(c) Concreto no expuesto a la acción del clima ni en contacto con el suelo :	
Losas, muros, nervaduras :	
varillas del # 14 y #18.....	4
varillas del # 11 y menores.....	2
Vigas, columnas :	
refuerzo principal, anillos, estribos, espirales	4



(a)	Concreto colado en contacto con el suelo y permanentemente expuesto a él.....	7.5
(b)	Concreto expuesto al suelo o a la acción del clima: Tableros para muros, losas y nervaduras..... Otros miembros.....	2.5 4
(c)	Concreto no expuesto a la acción del clima ni en contacto con el suelo :	
	Losas, muros, nervaduras.....	4
	Anillos, estribos o espirales.....	2.5
	Cascarones y placas plegadas :	
	varillas del # 5, y alambre W31 ó D31 y menores....	1
	Otro tipo de refuerzo.....	db'pero no menor 2 cm.

7.7.3.2 Cuando los esfuerzos de tensión excedan lo estipulado en la Sección 18.4.2 (b) para miembros de concreto presforzado expuesto a la acción del clima, al suelo o a un medio ambiente corrosivo, el recubrimiento mínimo de concreto deberá aumentarse en un 50%.

7.7.3.3 El recubrimiento mínimo para el refuerzo no presforzado en miembros de concreto presforzado fabricados bajo condiciones de control en la planta debe estar de acuerdo con lo especificado en la Sección 7.7.2

7.7.4 El recubrimiento mínimo para los paquetes de varillas debe ser igual al del diámetro equivalente del paquete, pero no necesita ser de más de 5 cm; excepto para concreto colado contra el terreno y permanentemente expuesto a él. El recubrimiento mínimo debe ser de 7.5 cm.

7.7.5 En ambiente corrosivo u otras condiciones severas de exposición, debe aumentarse adecuadamente el espesor de la protección de concreto y tomar en consideración la densidad y la no porosidad del concreto de protección, o disponer de otro tipo de protección.



7.7.6 El acero de refuerzo expuesto, los insertos y las placas que se pretendan unir con ampliación futuras deben protegerse contra la corrosión.

7.7.7 Cuando el reglamento general de construcción (del cual forma parte este reglamento) especifique un recubrimiento para protección contra el fuego mayor que la protección mínima de concreto especificada en la Sección 7.7 debe usarse ese espesor mayor.

## 7.8 DETALLES ESPECIALES DE REFUERZO PARA COLUMNAS

7.8.1 Doblado de las varillas por reducción de la Sección.  
Las varillas longitudinales dobladas debido a una reducción de la sección deben apegarse a lo siguiente :

7.8.1.1 La pendiente de la parte inclinada de una varilla de este tipo no debe exceder de 1 en 6 respecto al eje de la columna.

7.8.1.2 Las partes de la varilla que estén arriba y abajo de la parte doblada, deben ser paralelas al eje de la columna.

7.8.1.3 El soporte horizontal adecuado en una varilla doblada por cambio de sección debe proporcionarse por medio de anillos o espirales metálicas, o de partes del sistemas de entrepiso. El soporte horizontal debe diseñarse para resistir  $1 \frac{1}{2}$  veces la componente horizontal de la fuerza calculada en la porción inclinada de dicha varilla. Los anillos laterales o espirales, en caso de utilizarse, se deben colocar a una distancia no mayor de 15 cm de los puntos de doblez.

7.8.1.4 Las varillas en los cambios de sección se debe doblar antes de su colocación en la cimbra. Véase la Sección 7.3.

7.8.1.5 Cuando la cara de una columna está desalineada por cambio de sección 7.5 cm o más, las varillas longitudinales no se deben doblar a ese desalineamiento. Se deben proporcionar

bastones traslapados con las varillas longitudinales adyacentes a las caras desalineadas de la columna. Los tralapes deben pegarse a lo especificado en la Sección 12.18.

### 7.8.2 Núcleos de acero.

La transmisión de cargas en los núcleos de acero estructurales de miembros compuestos sujetos a compresión debe proporcionarse de acuerdo a lo siguiente :

7.8.2.1 Los extremos de los núcleos de acero estructural deben terminarse con precisión para poner en contacto los apoyos extremos y deben tomarse medidas adecuadas para alinear un núcleo con respecto al otro en contacto concéntrico.

7.8.2.2 Los empalmes de los apoyos se considerarán efectivos para transmitir no más del 50% del esfuerzo total de compresión en el núcleo de acero.

7.8.2.3 La transmisión de esfuerzos entre la base de la columna y la zapata debe diseñarse de acuerdo con lo especificado en la Sección 15.8.

7.8.2.4 La base de la sección de acero estructural diseñarse de manera que transmita la carga total de todo el miembro compuesto a la zapata o se puede diseñar la base para que transmita únicamente la carga del núcleo de acero, siempre y cuando esté disponible una amplia sección de concreto reforzado a la zapata mediante la compresión en el concreto y por medio del a cero de refuerzo.

## 7.9 CONEXIONES

7.9.1. En las conexiones de los elementos principales de los marcos (tales como vigas y columnas) debe disponerse de confinamientos para los empalmes de refuerzo continuo y para anclaje de extremo del refuerzo que termina en tales conexiones.

7.9.2 Los confinamientos en las conexiones pueden consistir en concreto exterior en anillos cerrados, espirales o estribos

interiores.

## 7.10 REFUERZO LATERAL PARA MIEMBROS EN COMPRESION

7.10.1 El refuerzo lateral para miembros en compresión debe cumplir con las disposiciones de la Sección 7.10 y 7.10.5 y cuando se requiera refuerzo por cortante o por torsión, éste debe cumplir con las disposiciones del Capítulo 11.

7.10.2 Los requisitos para el refuerzo lateral de miembros compuestos sujetos a compresión deben cumplir con lo especificado en la Sección 10.14. Los requisitos para el refuerzo lateral de presfuero deben cumplir con lo especificado en la Sección 18.11.

7.10.3 Los requisitos para el refuerzo lateral de la Sección 7.10, 10.14 y 10.11 pueden omitirse cuando las pruebas y el a-nálisis estructural demuestren la resistencia adecuada y la factibilidad constructiva.

### 7.10.4 Espirales

El refuerzo en espiral para miembros a compresión debe estar de acuerdo con la Sección 10.9.3 y con lo siguiente:

7.10.4.1 Las espirales deben consistir de varillas o alambres contínuos, espaciados uniformemente con un tamaño y arreglo que permitan su manejo y colocación sin variar las dimensiones de diseño.

7.10.4.2 Para miembros colados en el lugar, el tamaño del diámetro de las espirales no debe ser menor de 9 mm.

7.10.4.3 El espaciamiento libre entre espirales no debe exceder de 7.5 cm ni ser menor de 2.5 cm. Véase también la Sección 3.3.3.

7.10.4.4 El anclaje del refuerzo en espiral se dará aumentando 1 1/2 vueltas más de la varilla o del alambre en cada extremo

das por medio de anillo laterales del #3, por lo menos, para varillas longitudinales del # 10 o menores; del #4, mínimo, para varillas longitudinales de los #11, #14 y #18 y paquetes de éstas. Se pueden utilizar mallas soldadas de alambre corrugado o liso del área equivalente.

7.10.5.2 El espaciamiento vertical de los anillos no debe exceder de 16 diámetros de la varilla longitudinal, 48 diámetros de la varilla, alambre de los anillos o la menor dimensión del miembro sujeto a compresión.

7.10.5.3 Los anillos deben disponerse de tal forma que cada varilla longitudinal de esquina tenga apoyo lateral proporcionado por el doblez de un anillo con un ángulo comprendido no mayor de  $135^{\circ}$  y ninguna varilla debe estar separada más de 15 cm libres en cada lado a lo largo del anillo desde la varilla lateralmente soportada. Cuando las varillas longitudinales estén localizadas alrededor del perímetro de un círculo, se puede utilizar un anillo circular completo.

7.10.5.4 En la parte de la columna situada pro encima del nivel superior de las losas de entrepiso o zapatas, los anillos deben localizarse verticalmente a no más de la mitad del espaciamiento entre anillos, En la parte inferior de la columna situada por debajo del refuerzo horizontal más abajo del miembro que soporta, deben espaciarse los anillos a no más de la mitad del espaciamiento entre anillos.

7.10.5.5 Cuando existan vigas o ménsulas en todos los lados de la columna, los anillos se pueden terminar a no más de 7.5 cm debajo del refuerzo más bajo en tales vigas o ménsulas.

## 7.11 REFUERZO LATERAL PARA MIEMBROS A FLEXION

7.11.1 El refuerzo de compresión en vigas debe confinarse estribos o anillos que satisfagan las limitaciones de tamaño y espaciamiento de la Sección 7.10.5 o bien con una malla sol-

ñada de un área equivalente. Tales estribos o anillos deben emplearse en toda la distancia donde se requiera refuerzo en compresión.

7.11.2 El refuerzo lateral para miembros de marcos en flexión sujetos a esfuerzos reversibles o a torsión en los apoyos, consistirá en estribos, anillos cerrados o espirales que se extiendan alrededor del refuerzo en flexión.

7.11.3 Los estribos o anillos cerrados se pueden formar en una sola pieza, ya sea traslapando un estribo estándar o por medio de un gancho extremo de una varilla longitudinal, por una o dos piezas unidas mediante un traslape de la Clase C (de 1.7  $l_d$ ), anclándolos de acuerdo con la Sección 12.14.

## 7.12 REFUERZO POR CONTRACCION Y TEMPERATURA

7.12.1 En sistemas estructurales de entrepisos y axoteas en donde el refuerzo por flexión sea en una dirección, se debe proporcionar refuerzo normal al refuerzo por Flexión para resistir los esfuerzos por contracción y temperatura.

7.12.2 El área de refuerzo por contracción y temperatura debe proporcionar, por lo menos; las siguientes relaciones de área de refuerzo al área de la sección total de concreto, pero no menor que 0.0014:

En losas donde se emplee varilla corrugada grado 28 ó 35.....	0.0020
En losas donde se emplee varilla corrugada o malla soldada de alambre (corrugado o liso) grado 42.....	0.0018
En losas donde se utilice refuerzo de una resistencia a la fluencia mayor que 4,200 kg/cm <sup>2</sup> medida a una deformación unitaria por fluencia de 0.35%.....	$\frac{0.0018 \times 4,200}{f_y}$

7.12.3 En ningún caso debe colocarse el refuerzo por con -

tacción y temperatura con una separación mayor de 5 veces el espesor de la losa ni de 45 cm.

7.12.4 En todas las secciones donde se requiera, los esfuerzos del refuerzo por contracción y temperatura deben desarrollar la resistencia especificada a la fluencia  $f_y$  en tensión de acuerdo con lo que señalan las secciones 12.1 ó 12.16.

### III.1 INTRODUCCION

El uso en edificaciones , de concreto de alta calidad con el acero de grado 60, es todo un éxito. Estas estructuras muestran economía, seguridad, elegancia, resistencia a sobrecargas, altas, etc.

La utilización de este refuerzo de alta resistencia, con una capacidad de esfuerzo en fluencia de 4,200 kg/cm<sup>2</sup> implica una serie de ventajas respecto al Acero grado 40.

Se puede estimar el ahorro promedio del peso del refuerzo para concreto en edificación del orden del 20% .

Manteniendo la cantidad de armadura se pueden obtener secciones más reducidas o cubrir mayores luces.

Con el Acero Grado 60 se ha logrado una menor congestión de armadura respecto al Acero Grado 40 posibilitando vaciados optimos, que en países sísmicos como el nuestro, adquieren gran importancia, ya que una buena colocación y compactación garantizan la caída del concreto logrando las propiedades esperadas.

Al reducir la cantidad de barras de refuerzo se ahorra material y mano de obra, este ahorro es también notorio por la reducción de peraltes en las vigas que significan menores alturas de edificación y por la reducción de sección en las columnas que implican una mayor área útil.

Los aceros de refuerzo de alta resistencia se están empleando en pavimentos de concreto con refuerzo continuo (PCRC) mediante los cuales es posible la construcción de una losa de carretera sin la instalación de juntas planeadas de contacción y expansión intermedias. Para este tipo de refuerzo deben utilizarse, (1) varillas corrugadas separadas o aseguradas, atándolas o soldandolas en mallas, y (2) mallas de alambre corrugados y soldado. La malla de alambre soldado liso es inacepta -



ble para el PCRC.

### III.2 PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS

Para los fines de la construcción son importantes las cuatro características siguientes :

Límite Elástico (Punto de fluencia)

Esfuerzo Máximo (Resistencia a la rotura)

Porcentaje de Alargamiento (Ductilidad)

Capacidad de Doblado (Trabajabilidad).

### III.3 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

El acero de refuerzo para concreto armado, que se produce en la siderúrgica de Chimbote SIDERPERU, se presenta en el mercado en forma de varillas corrugadas de 9,15m de largo y de 3/8", 1/2", 5/8", 3/4", y el acero liso liso que viene en rollos.

### III.4 COMPOSICION QUIMICA

El contenido químico de refuerzo de Acero Grado 60 va ría extensamente. La norma ASTM A617-68 requiere, únicamente, que el máximo contenido de fósforo no exceda de 0.062 por ciento. El conocimiento de la composición química del acero, cobra importancia cuando se requiere la soldadura del refuerzo, ya que, las técnicas de soldadura deben estar ajustadas a la composición química para diferentes calores empleados.

Los rangos de composición química de acero producido por SIDERPERU son los siguientes :

CARBONO (C)	0. 34	0.46 %
-------------	-------	--------

MANGANESO	(Mn)	1.05	1.15 %
FOSFORO	(P)	0.04 %	Máx.
ASUFRE	(S)	0.05 %	Máx.
SILICIO	(Si)	0.15	0.30 %

### III.5 LA CORROSION DEL ACERO DE REFUERZO EN EL CONCRETO ARMADO

El concreto es un material pétreo artificial, formado por unos áridos pétreos naturales, considerados inertes aunque no siempre con razón, un conglomerante activo (cemento), agua y, eventualmente una pequeña dosis de algún aditivo para conseguir cierta propiedad o comportamiento deseado.

El concreto es pues, un material estructural cuyas características más destacadas deben ser resistencia mecánica y durabilidad.

La resistencia mecánica depende de una serie de factores que no es del caso analizar.

La durabilidad depende de las interacciones del concreto y el medio ambiente, interacciones que son en general de naturaleza química, por lo cual se puede considerar la durabilidad como su capacidad de resistencia química.

El concreto puede considerarse un material homogéneo. Su evolución, con tendencia a conseguir mayores resistencias con menores secciones por estética y economía, ha dado lugar a su alianza con el acero, resultando el concreto armado y el concreto presfuerzo, como materiales heterogéneos.

Las resistencias mecánicas han experimentado una mejora, en el desarrollo de materiales y técnicas.

En cuanto a la durabilidad, entran en juego nuevos factores, teniendo en cuenta ahora además, la durabilidad del material metálico.

La durabilidad de las armaduras depende igualmente de las interacciones entre ellas y el ambiente particular en que se encuentran. Este ambiente puede ser directo o inmediato (el concreto en que se encuentran embebidas); e indirecto o exterior (medio ambiente en que se encuentra el concreto) Las interacciones en cuestión son de naturaleza electroquímica, que deben estudiarse y enjuiciarse con arreglo a las leyes fundamentales de esta disciplina. Aquí trataremos algunos aspectos de la corrosión de las armadura del concreto.

### III.6 Fuentes de corrosión de armaduras en el concreto armado :

Fundamentalmente, el problema de la prevención de la corrosión de armaduras es de control de calidad del con problemas de corrosión surgen cuando el control ha sido deficiente, o sea cuando ha habido: Falta de control de calidad en los constituyentes, agregados, agua y aditivos; falta de control de calidad en las mezclas, falta de control de calidad en la colocación y compactación, falta de control de calidad en los encofrados, falta de control de calidad en los espesores de recubrimiento; falta de control de calidad en las reparaciones.

Como bien ha escrito el Dr. J. Calleja, la corrosión es fácil de prevenir y difícil de reparar; existen técnicas costosas y difíciles que permiten efectuar reparaciones que no siempre son exitosas.

Podemos agrupar las causas de corrosión en tres grandes grupos:

- A. Corrosión debida a defectos de proyecto o diseño
- B. Corrosión debida a la falta de control de calidad en

los materiales

C. Corrosión debida a la falta de control de calidad en la construcción.

A. Corrosión debida a defectos de proyectos de ó diseño.

Muchas veces malas especificaciones de proyecto, mala concepción del mismo, diseño inadecuado de los elementos, o empleo del concreto en condiciones ambientales adversas o en lugares donde no se le debe usar, son causas que exponen a la obra a sufrir la corrosión, independientemente de los aspectos de materiales y procedimientos constructivos empleados.

Podemos considerar como errores de diseño los siguientes :

- Especificación de un recubrimiento de espesor insuficiente.
- Empleo de elementos delgados de concreto Armado en ambientes agresivos
- Usos de piezas de concreto armado, mal diseñadas en relación con las condiciones climáticas.
- Mala especificación de uso de concretos en áreas expuestas a la acción de aguas corrosivas, desechos industriales y vapores corrosivos.
- Diseño de elementos con concreto de alta resistencia y aceros de refuerzo de elevado límite elástico en ambientes agresivos.

B. Corrosión debida a la falta de control de calidad de los materiales.

Además del diseño adecuado y del conocimiento del medio, es también necesario conocer los materiales con los cuales se va a trabajar. En las obras de concreto es fundamental el control de la calidad y lograr que durante la ejecución de la obra se efectuen ensayos periódicos que aseguren que la calidad se mantiene adecuada y constante. Es fundamental que las muestras sean representativas y no seleccionadas, y en el curso del trabajo deben tomarse, de los materiales que llegan a la obra.

Los daños atribuibles a los materiales son :

Empleo de arenas con alto contenido de cloruros

Diseño de mezcla inadecuado por defecto en la granulometría de los agregados.

Uso de aditivos con base en cloruro de calcio.

Uso de arenas con alto contenido de sulfatos

Alteraciones debido al almacenamiento y conservación de los aceros.

C. Corrosión debida a la falta de control de calidad en la construcción:

Gran cantidad de daños por corrosión en armaduras se deben a defectos constructivos, entre los que mencionaremos los siguientes :

- Mezclas inadecuadamente diseñadas.
- Falta de control en la dosificación
- Desplazamiento de la armadura durante el vaciado del concreto.
- Reparación de daños producidos por la corrosión en obras de concreto armado y pretensado.

### III.7 Corrosión de armaduras en el concreto pretensado

El concreto pretensado suele ser un material de proyecto, ejecución y vigilancia muy cuidados, la pasta de cemento constituye una excelente protección para el acero, luego la corrosión de alambres en el concreto pretensado es muy poco frecuente en circunstancias normales.

En circunstancias en que pueda haber corrosión, esta será mas fácil, mas rápida y más grave que en el concreto armado . Mas fácil y rápida porque los alambres sometidos a, tensión, pueden combinar la tensión con la corrosión, dando lugar a una corrosión de evolución más acelerada, Más grave, porque, dada la

pequeña sección de los alambres una disminución de éstas puede producir la rotura de las armaduras.

De lo anterior podemos decir, que cualquier causa que en el concreto armado pueda promover un efecto <sup>corrosión tolerable, en el</sup> ocasionar un verdadero desastre. Entre tales causas se cuenta por supuesto la presencia del cloruro de calcio.

### III.8 CALIDAD DEL ACERO - EVALUACION

El proyecto estructural especifica el acero en base a su carga de fluencia, pero este debe cumplir además, requisitos mínimos para las características físicas señaladas en la sección III.2, es decir que:

Todo acero será sometido a pruebas de tracción antes de autorizarse su empleo. Las pruebas establecerán la carga de fluencia, la carga de rotura y la elongación a la rotura y serán efectuadas por un laboratorio independiente de la organización del contratista. La cantidad de pruebas será de tres por cada cinco toneladas ó menos y por cada diámetro.

El costo de estas pruebas deberá ser incluido por el contratista en su presupuesto.

Todas las pruebas deberán pasar las condiciones mínimas establecidas; en la eventualidad que una prueba no pase podrá ser reemplazada con tres pruebas adicionales, debiendo todas pasar las condiciones; en la eventualidad que una prueba no pase o que dos o más de las pruebas iniciales de un lote pasen, el lote que representan, deberá ser rechazado.

Los requisitos dimensionales que deberán cumplir las estrías para barras de acero para uso en concreto armado, se encuentran enumerados en la norma ASTM 305.

El acero para el pretensado deberá satisfacer la norma ASTM A 421 y las condiciones siguientes :

$f'_s$ (mínimo)	140 kg/mm <sup>2</sup>
$f_y$ (0.2%) mínimo	0.90 $f'_s$
Elongación al rotura en 25 cm (mínimo)	4 %

La patente de anclaje y tensado así como la disposición de cables deberán ser aprobados por el proyectista.

Todo procedimiento de tensado empleará dos sistemas de medición de la fuerza : uno manométrico y otro de elongación, su precisión no sera menor de 2% y su coincidencia no menor de 96 %



## FICHA DE CONTROL DE CALIDAD

### OBJETIVO Y CRITERIOS PARA SU ELABORACION.

Se trata de hacer una encuesta con datos que son representativos de la población de obras de Lima en proceso de construcción, para lo cual se tomará una muestra al azar de treinta obras de concreto armado, superiores a los cuatro pisos.

La información a obtener, con las limitaciones de toda encuesta estará dirigida a medir el nivel en que se dan las condiciones o requisitos para asegurar un adecuado control de calidad así como obtener además, algunos elementos de juicio para estimar los resultados que se están obteniendo en cada caso .

Estos requisitos, como ya lo hemos dicho son los siguientes :

- a. Diseño adecuado
- b. Maquinaria bien seleccionada y en perfecto estado de funcionamiento.
- c. Personal idóneo
- d. Conocimiento del proceso ("KNOW - HOW")
- e. Materiales adecuados
- f. Ambiente de trabajo apropiado

La ficha pues, está elaborada, para obtener en forma objetiva, la información necesaria para esta medición.

### SECCIONES DE LA FICHA - CRITERIOS

1. Datos Generales: Esta sección da una idea de la Magnitud y naturaleza de la obra.
2. Personal técnico y especificaciones.

Se refiere al personal necesario de control, es importante la permanencia en obra de un ingeniero residente que además del control técnico resuelva situaciones de duda y de toma de decisiones, que siempre se presentan durante el proceso constructivo. La presencia de un ingeniero inspector es siempre saludable y conveniente, como elemento fiscalizador, que garantice, se cumpla con las especificaciones.

Para la calificación (A - B) del personal que realiza el trabajo de muestreo y elaboración de probetas y medida del asentamiento, se toma en cuenta su capacitación, siendo deseable que siempre sea el mismo.

Una parte muy importante del trabajo de quienes realizan el diseño, son las especificaciones, es decir saber claramente que es lo que se desea obtener, que esté claramente determinado el grado de control, es decir saber lo que se va a controlar para determinar como:

3. Materiales. Aquí se trata sobre la calidad de los materiales y su inalterabilidad según precauciones mínimas aconsejables. Se incluye además el material recuperable, enconfrado, cuya calificación obedece a la obtención o no de los resultados satisfactorios esperados según el caso.

4. Concreto. Esta sección es determinante en el puntaje final de cada ficha, siendo de primera importancia que aparte de las probetas tomadas por las compañías de premezclado, la inspección o la compañía constructora lleven un control propio del concreto con su personal de toma de muestras y sus implementos necesarios.

El número de vibradores deberá ser mínimo dos como medida preventiva.

Cuando las probetas han sido tomadas sólo por la compañía de premezclado se califica el curado de las probetas que quedan en obra pero no se consideran los resultados, ya que éstos no son de controles integramente propios.

5. Ambiente de trabajo. Aquí se califica las condiciones de trabajo y seguridad en que realiza sus labores el personal cuyo rendimiento en calidad y cantidad está íntimamente ligado a estas condiciones.

6. Maquinaria. Una maquinaria bien seleccionada, para la naturaleza del trabajo y tamaño de la obra redundará en forma importante en una mejor calidad de ésta. Logrando según el caso rapidez y seguridad del transporte del concreto evitando su segregación así como mejores acabados utilizando maquinaria para elaborar los encofrados de madera, etc.

7. Observaciones. En esta sección se hacen las anotaciones que se consideren necesarias para aclarar algún aspecto particular de la obra.

#### SISTEMA DE CALIFICACION

La ficha de control de calidad tiene frente a cada componente de las diferentes secciones, dos casilleros para rellenar según los criterios explicados. El casillero (A) corresponde a una cualidad positiva (Bueno, correcto ó si) según sea el caso, y, el casillero (B) corresponde a una respuesta negativa (malo, incorrecto ó no).

Una vez rellena la ficha se procede a la suma de cruces en cada columna (A y B) por separado. El puntaje obtenido será el resultado de restar el total de la columna A menos el de la columna B. Este puntaje indica el nivel en que se dan los requisitos o condiciones para la obtención de un producto final de calidad, nivel determinado por la siguiente clasificación :

#### CONDICIONES PARA LA OBTENCION DE CALIDAD

Muy malas	malas	pobres	aceptables	buenas	excelentes
≤ 5	6 a 15	16 a 25	26 a 35	36 a 40	41 a 45

Este cuadro de calificación ha sido elaborado en base a lo observado durante la encuesta, a los resultados de la misma, así como a criterios establecidos en la bibliografía con sultada sobre el tema.





## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### V.1 CONCLUSIONES

1. En lima, el control de calidad de estructuras de concreto reforzado, está lejos de ser siquiera aceptable.
2. En la mayoría de las obras que practican cierto control, éste se limita a controlar la resistencia a la compresión del concreto.
3. El 66,67 % de las obras de concreto armado superiores a los cuatro pisos en lima, ofrecen condiciones pobres para un buen control de calidad.
4. Solamente un 10% ofrecen buenas condiciones y un 3.33 % excelentes condiciones para lograr un buen control.
5. En el 33.33 % de estas obras, solo toman probetas los proveedores de concreto premezclado, no llevando un control propio, (ni la inspección, ni la compañía constructora).
6. En el 3.33% de las obras de concreto armado no se toma probetas (ni la compañía proveedora del concreto premezclado, ni la inspección, ni la compañía constructora).
7. El 36.6% de las obras de concreto armado en Lima no tienen un ingeniero residente permanente.
8. El 34.48 % de estas obras, el cemento se almacena defectuosamente.
9. Con respecto al agregado grueso, el tamaño máximo es mayor que el especificado en el 63.16% de las obras que preparan parte de concreto que utilizan y en el 15.76 % de estas obras tienen un deficiente almacenamiento.
10. Con respecto a la arena, el 90% no tiene certificado de a-



nálisis granulométrico y en el 20% de obras presenta un de ficiente almacenamiento.

11. En cuanto a las condiciones de trabajo, el 40% de las obras de Lima, dejan mucho que desear en lo que se refiere al orden y la limpieza, acorde con la naturaleza del trabajo, y, el 20 % no poseen equipos de seguridad (ni siquiera cascos)
12. Respecto al acero podemos decir que el 36.67 % utiliza el producto por sider Perú y el importado a la vez, teniendo todos, certificados de ensayos realizados con las varillas importadas. Solo el 31.33 % de las construcciones con ace ro nacional han realizado ensayos para verificar las propie da des de éste.
13. El 6.67 % de obras tuvo problemas con el acero importado; en el 3.33% de obras se rechazó lotes ya que los ensayos de tracción daban un punto de fluencia por debajo de 4000 kg/cm<sup>2</sup> y en el otro 3.33 % las varillas de  $\emptyset$  5/8" no eran trabajables, es decir que no resistían el doblado con el radio de doblez indicado para ganchos estándar.
14. En cuanto al almacenaje del acero, es deficiente en el 36.67% de los casos.
15. En el 100 % de obras se utiliza agua potable para fabricar el concreto.
16. Además, hemos notado la total ausencia de avisos o carteles de carácter preventivo o educativo, la ausencia de barandas provisionales en zonas de peligro como cajas de ascensores, cajas de escaleras, bordes en pisos altos, etc.

## V.2 RECOMENDACIONES

1. Resulta indispensable y urgente, propiciar un cambio para que se den las condiciones necesarias, que nos lleven a un buen control de calidad.
2. Es necesarios que profesionales y/o empresas que promuevan y realicen un auténtico contro integral de calidad.
3. El consto de calidad, es siempre motivo de preocupación de empresarios y usuarios. Es conveniente y necesario renovar la opinión entre los sectores interesados con respecto al concepto "costo de calidad", ya que sólo a través de una buena calidad, los clientes pueden invertir bien en lo que compran, mientras las empresas pueden ver aumentado su prestigio asegurándose un mercado más amplio y estable (sostenemos que es la mejor alternativa) comprobándose que el control de calidad no significa un costo adicional, sino más bien una inversión, rentable. Los objetivos de calidad en la organización, deben involucrar todos los niveles y apoyar el desarrollo presente y futuro de la misma. En este sentido, la inversión en calidad es "clave", para el reto que significa la búsqueda de mecnismos que mejoren la productividad, la calidad y los niveles de vida del país.

Es importante y necesario pues, orientar la suma de esfuerzos de la empresa hacia la prevención que es la mejor manera de evitar la tendencia en el incremento de costos por concepto de evaluación y fallas.

4. Las normas deben constituir una forma eficiente de transmisión de información, consecuentemente sus cláusulas deben ser claras y precisas.

Es necesaria la implementación de las normas de agregados para concreto, de cementos, de concreto y acero para la construcción, así como la recopilación de estas normas, para impulsar su divulgación y su uso, ya que en muchas casos, durante la encuesta se ha comprobado la buena intención de ha-

cer control de calidad, pero adoleciendo el personal técnico en general de una información adecuada, a veces en los detalles más elementales.

Los expertos encargados de realizar la normalización deben procurar en su empeño, orientar las normas hacia un:

- Aumento de la productividad
- Desarrollo de la tecnología local
- Progresivo aumento de los niveles de calidad

Para lo cual es fundamental que la labor normalizadora no termine con la oficialización de una, o, un grupo de normas sino que se complementen con el análisis de los resultados.

Las actividades de construcción constituyen una parte importante en las necesidades de las sociedades modernas.

Se justifica entonces, investigar en el perfeccionamiento de las reglas del proyecto, de los métodos de construcción y de los sistemas de control.

Juzgando mundialmente el progreso en los últimos años hay que concluir que se ha avanzado en todos los campos y que las estructuras de concreto armado y pretensado que se construyen hoy son considerablemente más económicas, más confiables y más duraderas que las construidas a mediados de este siglo. Entretanto, se debe pensar que el campo abierto a la investigación, el progreso tecnológico y el desarrollo técnico es muy vasto.

Bajo este concepto sería posible hacer realidad construcciones de concepción más avanzada, mejor proyectadas, mejor construidas y desde luego garantizadas con un mejor control de calidad.

## BIBLIOGRAFIA

1. Reglamento nacional de construcciones
2. Reglamento de la construcciones de concreto reforzado ( ACI - 318-77) y comentarios
3. Manual de estructuras. Gallegos-Rios-Casabonne-Uccelli-Icochea
4. Apuntes de clase. Ing. Enrique Rivva López
5. Colocación del concreto por métodos de bombeo. ACI-304
6. Práctica recomendable para dosificar concreto normal y concreto pesado . ACI 211 01-74
7. Práctica recomendable para la medición, mezclado, transporte y colocación del concreto. Revisión del documento ACI 614-59 por el comite ACI - 304
8. Cartilla del concreto . ACI - SP - 1
9. Práctica recomendable para la compactación del concreto. ACI - 309
10. Control de calidad del concreto . ACI E 704-4
11. Acero de refuerzo de alta resistencia. ACI - 439
12. Práctica recomendable para la construcción de pavimentos y bases de concreto. ACI - 316 - 74
13. Tecnología del concreto (Tomo I y tomo II). Adam. M. Neville.
14. Colocación del concreto por medio de bandas transportadoras ACI - 304
15. Práctica recomendable para el curado del concreto. ACI - 308
16. Práctica recomendable para la evaluación de los resultados de las pruebas de resistencia del concreto ACI 214-77
17. Guía para el empleo de aditivos en el concreto. ACI - 212
18. Durabilidad del concreto. ACI - 201
19. Introducción al concreto preforzado. A. H. Allen
20. Hormigón pretensado. Miguel Paya
21. Manual acero grado 60. Sider Perú
22. Proyecto y control de mezclas de concreto. Portland cement Association

23. Fabricación de concreto y acabados. Portland Cement Association
24. Controles en obras de concreto. Asociación venezolana de productores de cementos
25. La corrosión del acero de refuerzo en el concreto armado A.V.P.C
26. Anotaciones generales sobre inspección de obras. Rafael E.T. Ornes Rodríguez.
27. Manual del concreto fresco. Porrero-Ramos - Grases
28. Preparación y control de los concretos para los sistemas de paredes estructurales. Joaquín Porrero.
29. Evolución reciente del proyecto y de la construcción de estructuras de concreto. J. Ferry Borges
30. Curso de materiales y ensayos . Universidad central de Venezuela.
31. Control de calidad en la construcción. Instituto de instrucción Profesional para adiestramiento y asesora - miento empresarial.