UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

APUNTES DE
ACERO DE REFUERZO

JORGE H. DE ALBA CASTAÑEDA

DIVISION DE INGENIERIA CIVIL, TOPOGRAFICA Y GEODESICA
DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCION

FI/DICTG/84-001

Estos apuntes fueron elaborados por el Ing. Jorge H. de Alba Castañeda, con la colaboración del pasante de la carrera de ingeniero civil Antonio Villegas Rodríguez.

INDICE

PAGINA

CAPITULO I

INTRODUCCION

En mayor número, las estructuras que se construyen actualmente en el mundo entero tienen entre sí un común denominador: están hechas de concreto reforzado.

Poco a poco, el concreto reforzado se ha convertido en uno de los materiales de construcción más empleados hoy día, especialmente a causa de su durabilidad, de su facilidad de adaptación a obras de diversos tipos y de su agradable aspecto arquitectónico.

Un factor favorable al concreto reforzado lo constituye el hecho de que cuando se presentan épocas de escasez de materiales de construcción, las varillas de acero y el cemento generalmente se agotan mucho tiempo después de haber desaparecido del mercado los perfiles laminados.

El éxito que pueda tener una obra de concreto reforzado depende en gran parte de que se cumplan los siguientes requisitos:

1).- Respetar los planos y especificaciones de construcción.

2).- Almacenar, limpiar, clasificar y transportar debidamente las varillas de acero.

3).- Cortar, doblar y fijar adecuadamente el acero de refuerzo, y

4).- Dar el recubrimiento apropiado.

Siendo el acero de refuerzo tema de este trabajo, se desarrollan los siguientes capítulos:

En el capítulo II se habla de las propiedades del acero, tales como su resistencia a la tensión, su facilidad de doblado, etc., con lo cual podrá abordarse el capítulo III para explicar cómo se enlazan acero y concreto para formar estructuras resistentes y muy funcionales. Adentrándonos más en el tema, en el capítulo IV se estudian los tipos de acero de refuerzo más utilizados en cuanto a forma y calidad; se presenta además un plano estructural, haciendo énfasis en el valor de éstos y la importancia que tiene entenderlos y respetarlos; se explica en forma general el proyecto y finalmente se da una idea de la posición y cantidad de refuerzo colocado en las estructuras basándose en el análisis estructural.

En base al capítulo anterior y especialmente en el plano estructural presentado, se da en el capítulo V, un ejemplo sobre cuantificación del acero de refuerzo, presentando antes una serie de consideraciones que se deberán tomar en cuenta en el proceso. El capítulo VI, que se refiere a habilitación y colocación del acero de refuerzo, se desarrolla dando una serie de sugerencias respecto al cuidado que se debe tener en las etapas de almace

namiento, corte, doblado y colocación del refuerzo para que finalmente, se llegue al capítulo VII con las conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO II

PROPIEDADES DEL ACERO

1. GRAFICAS ESFUERZO-DEFORMACION

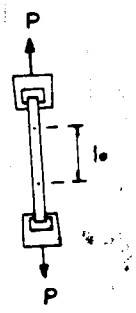
Son curvas obtenidas mediante pruebas de tensión efectuadas en probetas, las cuales pueden ser de sección circular o -- rectangular (fig. 1) y tanto sus dimensiones como el procedimiento de la prueba son estándar y dependen del tipo de acero por estu--- diar.

La prueba se efectúa en una barra de aproximadamente 50 cm de longitud, la cual se coloca en una máquina provista de -- mordazas que la sujetan y le transmiten una carga axial de tensión (fig. 2). La máquina está provista también de un sistema para medir la magnitud de la carga aplicada en un instante cualquiera. La carga se aplica contínua y gradualmente a la probeta y se miden -- los alargamientos de la porción de probeta con longitud de medi--- ción, correspondientes a diferentes valores de la carga aplicada.

Lo anterior lo establece la Sociedad Americana de --- pruebas y materiales (A S T M).

PROBETA PARA ENSAYES DE ACERO

FIGURA 1



ESQUEMA DE UN ENSAYE DE ACERO

FIGURA 2

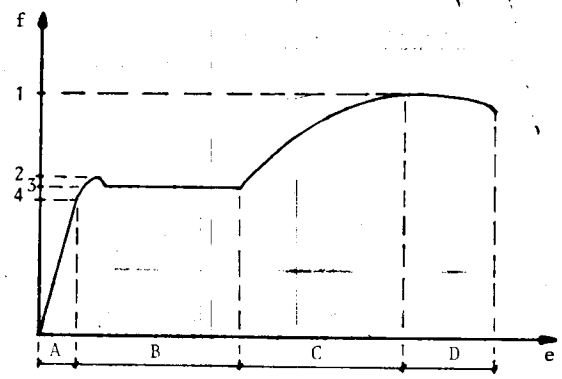
En la construcción, se utilizan dos tipos de acero:

a).- Aceros laminados en caliente.

b).- Aceros trabajados en frío.

Los aceros laminados en caliente tienen una gráfica - esfuerzo-deformación (fig. 3) en la que se distinguen 4 regiones - en las cuales el comportamiento del material es diferente para cada una.

Estas son: zona elástica, zona plástica, zona de endurecimiento por deformación y zona de estrangulamiento y fractura.



1) Esfuerzo máximo.

2) Límite de fluencia superior.

3) Límite de fluencia inferior.

4) Límite de proporcionalidad

A) Rango elástico.

B) Flujo plástico.

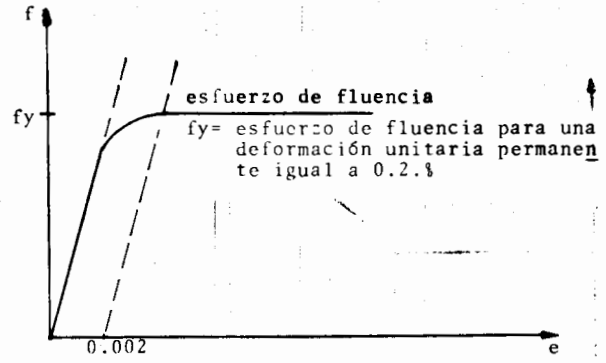
C) Endurecimiento por deformación.

D) Estrangulamiento y fractura.

GRAFICA ESFUERZO-DEFORMACION UNITARIA DE UN ACERO LAMINADO EN CALIENTE.

FIGURA 3

En los aceros trabajados en frío la gráfica esfuerzo - deformación (fig. 4) no exhibe una zona de fluencia horizontal.



GRAFICA ESFUERZO-DEFORMACION DE UN ACERO TRABAJADO EN FRIO

FIGURA 4

2. PROPIEDADES MECANICAS

A) MODULO DE ELASTICIDAD (pendiente de la curva)

El módulo de elasticidad (Ea), correspondiente a las porciones rectas de las curvas esfuerzo-deformación varía poco según el tipo de acero y puede tomarse igual a 2.1×10^6 Kg/cm^2.

B) LIMITES DE PROPORCIONALIDAD Y ELASTICO

Los límites de proporcionalidad y elástico difieren poco entre sí, por lo que, para fines prácticos se acostumbra con -

siderar que son iguales.

C) LIMITE DE FLUENCIA

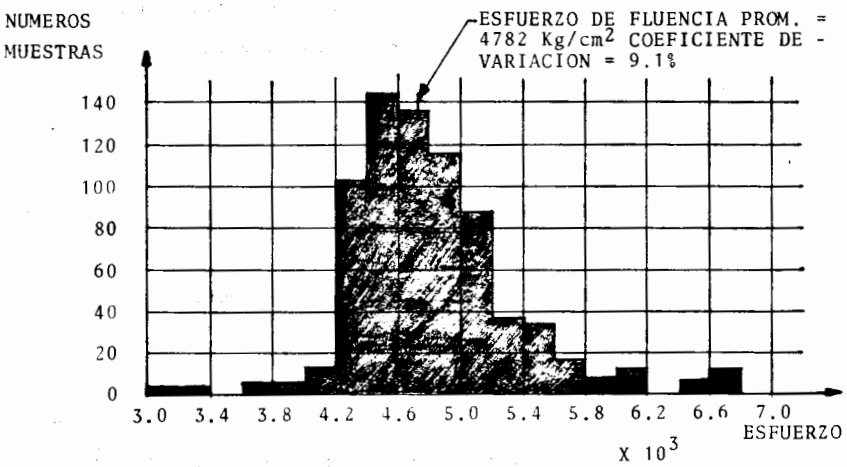
La forma de definir el límite de fluencia es distinta dependiendo la clase de acero. En los aceros laminados en caliente la zona de fluencia está claramente definida (fig. 3). En algunos casos puede distinguirse un límite de fluencia "superior" y uno "inferior". Cuando esto sucede lo que se hace es considerar únicamente el límite de fluencia inferior. En aceros trabajados en frío, que no tienen un límite de fluencia definido, suele fijarse un límite de fluencia convencional que indica dónde la curva esfuerzo-deformación cambia de pendiente en forma apreciable. Se recomienda considerar como límite de fluencia el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria permanente de 0.002, como lo indica la figura 4.

3. VARIABILIDAD E INDICE DE RESISTENCIA

El índice de resistencia más comúnmente utilizado para identificar un acero es el esfuerzo de fluencia. El empleo de este índice, así como de las demás características de los diagramas esfuerzo-deformación, en la predicción del comportamiento de elementos estructurales tiene limitaciones, puesto que las condiciones reales de uso de la estructura puede no corresponder a las condiciones en que se efectúan los ensayes estándar. Los ensayes se efectúan bajo ciertas condiciones de velocidad. Debe tenerse en cuenta al establecer correlaciones entre los índices de resis-

tencia y el comportamiento probable de los elementos estructurales. Así, las temperaturas bajas y la deformación rápida tienden a aumentar el esfuerzo de fluencia y la resistencia, pero disminuyen la ductilidad. A temperaturas altas sucede lo contrario.

El acero es un material más variable en sus propiedades de lo que a veces se supone. En la figura 5, se muestra un histograma de los esfuerzos de fluencia de 697 varillas de acero de refuerzo, con un diámetro nominal de 1/2 pulgada. El esfuerzo de fluencia nominal de las varillas fue de 4000 Kg/cm^2. El coeficiente de variación correspondiente al lote ensayado fue 9.1%.



HISTOGRAMA DE LOS ESFUERZOS DE FLUENCIA DE 697 VARILLAS DE 1/2" DE DIAMETRO NOMINAL (ESFUERZO NOMINAL = 4000 Kg/cm^2)

FIGURA 5

4. MODULO DE POISSON (Relación de la deformación transversal entre la deformación longitudinal)

El módulo de poissón varía entre 0.25 y 0.33.

5. DUCTILIDAD

El acero es un material muy dúctil. En un acero laminado en caliente, por ejemplo: la deformación unitaria en la falla puede llegar a ser de 150 a 200 veces la correspondiente a la fluencia. Por lo común, la ductilidad del acero disminuye al aumentar su resistencia y el contenido de carbono. Los tratamientos en frío también suelen disminuir la ductilidad.

Una medida usual de la ductilidad del acero es el porcentaje de alargamiento en la ruptura, medida sobre una longitud estándar. Los valores típicos del porcentaje de alargamiento varían entre 5 y 20%.

Otros índices de resistencia son la deformación correspondiente a la falla y la amplitud de la zona de fluencia (en aceros laminados en caliente).

6. COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA

Para cálculos de efectos de temperatura el coeficiente de dilatación térmica suele considerarse un valor promedio de -

0.000011°C.

7. SOLDABILIDAD

Una de las propiedades más útiles del acero es la posibilidad de unir elementos estructurales de este material por medio de soldadura.

8. DOBLADO

El doblado es una propiedad muy importante, ya que la facilidad de doblado de estos materiales, además de ser una medida indirecta de su ductilidad, se considera como un índice de su trabajabilidad. Como todos saben, las varillas de acero se someten con mucha frecuencia a operaciones de doblado para formar los llamados ganchos y columpios, entre otros.

CAPITULO III

FUNCION ESTRUCTURAL

1. VENTAJAS DEL MATERIAL MIXTO ACERO-CONCRETO

Por ser el concreto unas diez veces menos resistente en tensión que en compresión, no es económico su empleo como material aislado para la construcción de una pieza que haya de resistir o haya de quedar expuesta a probables esfuerzos de flexión. Su resistencia en compresión es lo suficientemente alta como para ser de importancia constructiva, siendo además el concreto un material apropiado para resistir el fuego; el concreto es duradero, pudiéndose obtener en casi todas las localidades los materiales necesarios para su fabricación.

El acero, por el contrario, si no se halla recubierto por el concreto, no puede resistir adecuadamente un calor intenso y es además corrosible. Su resistencia en tensión es alta cualquiera que sea la forma de su sección. Para resistir compresiones como material aislado, deberá disponerse en secciones adecuadas con el fin de evitar el pandeo. Los dos materiales tienen casi idéntico coeficiente de dilatación (concreto 0.00001; acero 0.000011), siendo por esta razón mínimo el agrietamiento debido a las diferencias de dilatación térmica.

Cuando se dispongan ambos materiales en una pieza de una estructura, sometida simultáneamente a tensiones y compresio--

nes, de forma que el acero resista las tensiones y el concreto las compresiones, se obtendrá el aprovechamiento más ventajoso de los materiales en comparación con el que se consigue en las construcciones de otros tipos.

2. ENLACE ENTRE EL CONCRETO Y EL ACERO

El fundamento del empleo del concreto armado se basa en la hipótesis de que los dos materiales se hallarán perfectamente unidos en todo momento. La considerable adherencia del concreto con las barras de acero ahogadas en aquél se conocía mucho antes de la época del concreto reforzado, aplicándose dicha propiedad para fabricar bloques de anclaje, pilotes, etc. La mayoría de los ensayos para comprobar el enlace entre el concreto y el acero se realizan ahogando una varilla de pequeña longitud en un bloque o cilindro de concreto y estirando aquélla en una máquina de ensayo (fig. 1).

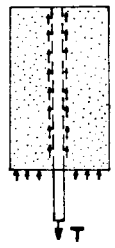


FIGURA 1

En tales ensayos el concreto que rodea a la barra se halla solicitado por compresión, no correspondiendo estas condicio

nes a las que existen ordinariamente en las vigas o losas. Se han realizado a veces otros ensayos disponiendo dos barras, una en cada extremo, en un cilindro de concreto y aplicando un esfuerzo de tensión en cada una de las barras para determinar su tensión de adherencia (fig. 2).

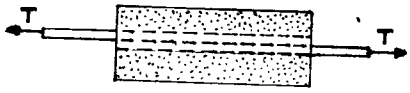


FIGURA 2

Asímismo, se han hecho ensayos en los que las barras de acero quedaban alojadas en pequeñas vigas de concreto, dejándose sin recubrimiento en su zona central. Los resultados de los distintos ensayos parecen indicar que puede ser obtenido un valor correcto de la resistencia de enlace efectuando adecuadamente los sencillos ensayos del primer tipo antes indicado.

De una extensa serie de ensayos realizados en la Universidad de Illinois para comprobar la resistencia del enlace entre el acero y el concreto resultaron las conclusiones que se van a detallar:

El enlace entre el concreto y el acero puede descompo

nerse en dos elementos principales, que son: la resistencia de adherencia y la resistencia al deslizamiento. No se conoce la causa que da lugar a la resistencia de adherencia, sí bien es un hecho comprobado universalmente por la experiencia su existencia en los materiales en la naturaleza del mortero y del concreto. La resistencia al deslizamiento se debe a las desigualdades de la superficie de la barra, a las irregularidades en sentido transversal, que van acompañadas de las correspondientes desigualdades en el concreto que contribuyen también a dicha resistencia.

Los ensayos de tensión en barras lisas prueban que se origina una considerable tensión de enlace antes de que se produzca un deslizamiento que se pueda registrar. Una vez vencida la resistencia de adherencia, si se prosigue el ensayo se producirá un deslizamiento ininterrumpido y crecerá rápidamente la resistencia de enlace hasta que el deslizamiento alcance un valor característico.

Los ensayos realizados en barras lisas indican que el deslizamiento del extremo de la barra se inicia cuando la tensión media de enlace es aproximadamente igual a un sexto de la resistencia en compresión del mismo concreto en probetas cúbicas de 15cm. de lado; la máxima resistencia de enlace es sensiblemente igual a un cuarto de la resistencia en compresión en probetas cúbicas de 15cm. Estas cifras fueron aproximadamente las mismas para una extensa serie de ensayos realizados con concretos de distintas dosificaciones, edades y condiciones de almacenamiento. En función de

la resistencia en compresión en probetas cilíndricas de 20 x 40 cm. Las resistencias anteriores equivaldrían a un 13 por ciento - para la máxima resistencia de enlace.

Los ensayos demuestran que las tensiones de adherencia no se distribuyen uniformemente en todos los puntos de una barra ahogada en el concreto a lo largo de una longitud apreciable y que se halle solicitada por una carga aplicada en uno de sus extremos. El deslizamiento de la barra se inicia en primer lugar en el punto en que la varilla penetra en el concreto, por lo cual en este punto la tensión de adherencia será mayor que en cualquier otro hasta que se produzca un deslizamiento suficiente que dé lugar a que aparezca la máxima tensión de enlace en el citado punto. El deslizamiento de la barra se produce en último lugar en su extremo descargado. Una vez propagado el deslizamiento a todos los puntos, se - produce una igualación casi uniforme de las tensiones de adherencia a lo largo de la longitud ahogada.

La máxima tensión de adherencia no resultó apreciablemente distinta para las barras de diferentes diámetros. Las barras oxidadas dieron resistencias aproximadamente un 15 por ciento más altas que las varillas análogas con superficies limpias. Los ensayos realizados en "pletinas" mostraron dispersiones grandes en la resistencia de adherencia y no fueron concluyentes. Las barras de sección cuadrada dieron tensiones unitarias alrededor del 75 -- por ciento de las correspondientes a las barras lisas de sección - circular.

Se han utilizado las barras corrugadas con el fin de aumentar las resistencias de adherencia, pero hasta hace pocos --- años los perfiles de estas varillas eran tales que el pequeño movimiento necesario para que los resaltos o las estrías de las superficies exteriores de las barras se acuñaran contra el concreto bastaba para que se produjera el aflojamiento de la varilla y, consiguientemente, el agotamiento de una pieza solicitada por flexión - bajo una tensión de adherencia muy poco superior a la que tomaría una barra lisa cuya sección fuera sensiblemente igual a la de la - barra corrugada. Se emplean también ganchos en los extremos de -- las barras para aumentar la tensión de adherencia, pero si los ganchos no están bien proyectados podrán ceder por aplastamiento del hormigón.

Como se ha indicado en el párrafo anterior, las ba--- rras corrugadas utilizadas normalmente a lo largo de casi todo el período de desarrollo de la técnica del concreto reforzado en este siglo, con sus resaltos excesivamente espaciados y sus estrías o - salientes demasiado superficiales, no dieron el resultado esperado de poder conducir a piezas en las que la resistencia de enlace entre el concreto y el acero fuera mucho mayor que en las piezas reforzadas con barras lisas. A pesar de esto, en los últimos quince años se han realizado numerosas investigaciones y se ha demostrado definitivamente que pueden ser fabricadas barras con las que se obtengan tensiones de adherencia considerablemente más altas que con las barras lisas.

Los ensayos realizados por ARTHUR P. CLARK sobre una

gran variedad de barras corrugadas hacen ver que se pueden proyectar varillas, adecuadamente, para que se consigan incrementos en la resistencia de adherencia del orden del 60 por ciento con relación a la proporcionada por las barras comerciales corrugadas empleadas normalmente durante muchos años. Las varillas capaces de producir estas tensiones más altas tienen resaltos dispuestos con mayor proximidad que en las barras corrugadas usadas en el pasado, y el movimiento o deslizamiento de la barra necesario para hacer entrar en juego a dichos salientes queda reducido tan considerablemente que la falla de la adherencia y la ruina total de la pieza sobrevendrán simultáneamente. Los referidos ensayos señalan también que las barras situadas en la parte superior de una viga no llegarán a tomar unas tensiones de adherencia tan grandes como las que aparecerán en las barras situadas en la parte inferior de aquélla.

Otros ensayos realizados con barras corrugadas de los tipos más recientes, provistas o no de ganchos en sus extremos, prueban que los ganchos contribuyen poco a la resistencia de la barra, mientras que en las varillas lisas o en las varillas corrugadas de los tipos antiguos los ganchos colaboraban fuertemente en la resistencia final de adherencia.

Antes era práctica general considerar una tensión admisible de adherencia de valor 0.04 f'c para las barras lisas, e igual a 0.05 f'c, para las barras corrugadas antiguas. Esta tensión en las barras lisas es equivalente aproximadamente a un tercio

de la que da lugar a la iniciación del deslizamiento de la barra, y a un quinto de la máxima resistencia de adherencia de las barras lisas de sección circular determinada por medio del ensaye de tensión. El pequeño aumento en la tensión de adherencia considerado normalmente para las barras corrugadas de los modelos antiguos parece que sea el valor total admisible en condiciones de seguridad para los tipos corrientes de varillas empleadas durante muchos --- años; pero cuando se utilicen barras corrugadas bien diseñadas, estará justificado admitir unas tensiones de adherencia más altas.

En 1951, fué revisado el código ACI con objeto de permitir unas tensiones de adherencia más elevadas para las barras corrugadas cuyas entalladuras o resaltos cumplieran las condiciones detalladas en la A S T M Standar Specification A305-53T. En estas normas se designan los calibres de las barras por medio de números, indicando los números 3 al 8 la cantidad de octavos de pulgada contenida en el diámetro nominal de la sección del redondo, -- mientras que las barras de los números 9 al 11 equivalen en área - de su sección transversal a barras de sección cuadrada de 1 pulg. de lado, de 1 1/8 pulg. y de 1 1/4, respectivamente. Las condiciones que deberán cumplir los resaltos y entalladuras se incluyen en la siguiente tabla.

DIMENSIONES DE LOS RESALTOS Y ESTRIAS

BARRA NUM.	SEPARACION MAXIMA ADMISIBLE (CM)	ALTURA MINIMA DE LOS RESALTOS (MM)	PROFUNDIDAD MAXI DE ENTALLADURA (MM)*
3	0.6	0.4	3.6
4	0.9	0.5	4.8
5	1.1	0.7	6.0
6	1.3	0.9	7.2
7	1.5	1.1	8.5
8	1.7	1.3	9.7
9	2.0	1.4	11.2
10	2.2	1.6	12.5
11	2.5	1.8	13.7

*Anchura del filete del 12 por ciento del perímetro nominal

En el código ACl de 1951 y de 1956 las tensiones de adherencia admitidas para las barras corrugadas cuyas características se ajusten a las de la tabla anterior son las siguientes:

Barras superiores* ----------0.07 f'c sin exceder de 17 Kg/cm^2

Zapatas armadas en las dos direcciones, excluídas las barras superiores----------0.08 f'c sin exceder de 19 Kg/cm^2

Restantes barras----------0.10 f'c sin exceder de 24 Kg/cm^2

*Se llama barras superiores a las varillas horizontales dispuestas de modo que exista un espesor de más de 30 cm. de -

concreto por debajo de ellas en el elemento a que pertenezcan.

f'c = resistencia nominal a compresión del concreto.

Para las barras lisas, a las que será preciso proveer de ganchos se considerarán las siguientes tensiones admisibles de adherencia:

Barras superiores	0.03 f'c	sin exceder de 7Kg/cm^2
Zapatas armadas en las dos direcciones, excluídas las barras superiores	0.036f'c	sin exceder de 9Kg/cm^2
Restantes barras	0.045f'c	sin exceder de 11Kg/cm^2

Aún cuando el código ACI indica que no son necesarios los ganchos en las barras corrugadas de los tipos modernos perfeccionados, el proyectista juzgará en qué casos los citados ganchos proporcionarán un incremento en el grado de seguridad de las piezas esbeltas de las estructuras sometidas a solicitaciones importantes. Cuando existan varillas dispuestas según dos direcciones o la sección de los estribos sea considerable; estará completamente justificado dimensionar las piezas considerando los valores máximos de las tensiones de adherencia admitidas en el código. Por el contrario, cuando no existan varillas en las dos direcciones o no haya estribos y la pieza que se esté estudiando pueda quedar expuesta eventualmente a trepidaciones debidas a explosiones, a terremotos o cualquier otro impacto instantáneo, será

aconsejable el empleo de ganchos, que podrían mantener unida a aquélla aún cuando fallase la adherencia en caso de que se produjera el agrietamiento del concreto.

3. LONGITUD DE ANCLAJE NECESARIA PARA QUE LAS VARILLAS ABSORBAN UN ESFUERZO IGUAL A SU RESISTENCIA DE ADHERENCIA

Según el Reglamento de Construcciones del D.D.F., la longitud de desarrollo, Ld, en la cual se considera que una barra de tensión se ancle de modo que desarrolle su esfuerzo de fluencia, se obtiene multiplicando la longitud básica, Ldb, dada por la ecuación:

$$Ldb = 0.06 \frac{as\ fy}{\sqrt{f'c}} \geq 0.006\ dbfy$$

Por el factor o factores indicados en la siguiente tabla.

CONDICION DEL REFUERZO	FACTOR
- Barras horizontales o inclinadas colocadas de manera que bajo ellas se cuelen más de 30cm de concreto	1.40
- En concreto ligero	1.33
- Barras con fy mayor de 4200 Kg/cm^2	$2 - \frac{4200}{fy}$
- Barras torcidas en frío de diámetro igual o mayor que 19.1 mm (núm. 6)	1.2
- Todos los otros casos	1.0

Estas disposiciones no son aplicables a barras de --

diámetro mayor de 38.1 mm (núm. 12)

db = diámetro de la barra, en cm.

as = área transversal de la barra, en cm^2.

fy y f'c en Kg/cm^2

En ningún caso Ld debe ser menor de 30cm.

La longitud de desarrollo, Ld, de cada barra que fórme parte de un paquete debe ser igual a la que se requeriría si estuviera aislada multiplicada por 1.2 si el paquete es de 3 barras, y por 1.33 si es de 4 barras.

Cuando el paquete es de 2 barras no se modifica Ld.

Si el esfuerzo, fs, que debe desarrollar una barra en una sección es menor que fy, la longitud mínima de la barra a cada lado de dicha sección es: $\frac{fs}{fy}$ Ld.

La longitud Ld de barras a tensión puede suministrarse con tramos rectos y tramos doblados que cumplan con los requisitos de dobleces.

La longitud de desarrollo de una barra a compresión - deberá ser cuando menos el 60% de la que se requeriría a tensión y no se consideran efectivos los tramos doblados, sin tener en ningún caso menos de 20 cm.

4. LONGITUD DE TRASLAPE

En barras sujetas a tensión, la longitud de un traslape, no debe ser menor que 1.33 veces la longitud de desarrollo, Ld, ni menor que (o.01 fy-6) veces el diámetro de la barra (fy en Kg/cm^2).

En las tablas siguientes se presentan las longitudes de anclaje y de traslape requeridos para diversas combinaciones de f'c y fy, basadas en los criterios antes expuestos, los cuales han sido extractados de la propuesta del reglamente de construcciones para el D.F., de octubre de 1976.

Fy = 4200 kg/cm^2 Acero no Torcido

VAR*	DIAM(cms)	f'c=150kg/cm^2		f'c=200kg/cm^2		f'c=250kg/cm^2		f'c=300kg/cm^2		f'c=350kg/cm^2		f'c=400kg/cm^2	
		L.Anc. (cms)	L.tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.tr. (cms)
2.5	0.79	20	29	20	29	20	29	20	29	20	29	20	29
3	0.95	24	34	24	34	24	34	24	34	24	34	24	34
4	1.27	32	46	32	46	32	46	32	46	32	46	32	46
5	1.59	41	57	40	57	40	57	40	57	40	57	40	57
6	1.91	59	78	51	69	48	69	48	69	48	69	48	69
7	2.22	80	106	69	92	62	82	56	80	56	80	56	80
8	2.54	104	138	90	120	81	108	74	98	68	91	64	91
9	2.86	132	176	114	152	102	136	93	124	86	114	81	108
10	3.18	163	217	141	188	126	168	115	153	107	142	100	133
12	3.81	235	313	203	270	182	242	166	221	154	205	144	192

* SI BAJO LA BARRA HAY MENOS DE 30 CMS. DE CONCRETO, ESTAS LONGITUDES SE MULTIPLICARAN POR 1.4

* SI EL CONCRETO ES LIGERO, POR 1.33

* SI SE CUMPLEN AMBAS CONDICIONES, POR 1.862 *EN NUNGUN CASO, LA LONGITUD DE ANCLAJE YA AFECTADA DE SUS-FACTORES, SERA MENOR DE 30 CMS. NI LA DE TRASLAPE MENOR DE 40 CMS.

Fy = 5200 Kg/cm^2 Acero no Torcido

VAR. #	DIAM(cms)	f'c=150Kg/cm^2		f'c=200Kg/cm^2		f'c=250Kg/cm^2		f'c=300Kg/cm^2		f'c=350Kg/cm^2		f'c=400Kg/cm^2	
		L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)
2.5	0.79	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40	30	40
3	0.95	35	47	35	47	35	47	35	47	35	47	35	47
4	1.27	47	63	47	63	47	63	47	63	47	63	47	63
5	1.59	60	80	59	78	59	78	59	78	59	78	59	78
6	1.91	87	116	75	100	71	94	71	94	71	94	71	94
7	2.22	118	157	102	136	91	121	83	110	83	110	83	110
8	2.54	154	205	133	177	119	158	109	145	101	134	94	125
9	2.86	195	259	169	225	151	201	138	184	128	170	119	158
10	3.18	240	319	208	277	186	247	170	226	157	209	147	196
12	3.81	346	460	300	399	268	356	245	326	227	302	212	282

*SI BAJO LA BARRA HAY MENOS DE 30 CMS. DE CONCRETO, ESTAS LONGITUDES SE MULTIPLICARAN POR 1.4

*SI EL CONCRETO ES LIGERO, POR 1.33

*SI SE CUMPLEN AMBAS CONDICIONES, POR 1.862 *EN NINGUN CASO, LA LONGITUD DE ANCLAJE YA AFECTADA DE SUS FACTORES, SERA MENOR DE 30 CMS. NI LA DE TRASLAPE MENOR DE 40 CMS.

fy = 4200 Kg/cm^2 Acero Torcido en Frío

VAR.	#DIAM(cms)	f'c=150Kg/cm^2		f'c=200Kg/cm^2		f'c=250Kg/cm^2		f'c=300Kg/cm^2		f'c=350Kg/cm^2		f'c=400Kg/cm^2	
		L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)
2.5	0.79	20	29	20	29	20	29	20	29	20	29	20	29
3	0.95	24	34	24	34	24	34	24	34	24	34	24	34
4	1.27	32	46	32	46	32	46	32	46	32	46	32	46
5	1.59	41	57	40	57	40	57	40	57	40	57	40	57
6	1.91	70	93	61	81	58	77	58	77	58	77	58	77
7	2.22	96	128	83	110	74	98	68	90	67	89	67	89
8	2.54	125	166	108	144	97	129	88	117	82	109	77	102
9	2.86	158	210	137	182	123	164	112	149	104	138	97	129
10	3.18	195	259	169	225	151	201	138	184	128	170	120	160
12	3.81	282	375	244	325	218	290	199	265	184	245	172	229

*SI BAJO LA BARRA HAY MENOS DE 30 CMS. DE CONCRETO, ESTAS LONGITUDES SE MULTIPLICARAN POR 1.4

*SI EL CONCRETO ES LIGERO, POR 1.33

*SI SE CUMPLEN AMBAS CONDICIONES, POR 1.862 *EN NINGUN CASO, LA LONGITUD DE ANCLAJE YA AFECTADA DE SUS FACTORES, SERA MENOR DE 30 CMS. NI LA DE TRASLAPE MENOR DE 40 CMS.

fy = 5000 Kg/cm^2 Acero Torcido en Frío

VAR. #	DIAM(cms)	f'c=150Kg/cm^2		f'c=200Kg/cm^2		f'c=250Kg/cm^2		f'c=300Kg/cm^2		f'c=350Kg/cm^2		f'c=400Kg/cm^2	
		L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)	L.Anc. (cms)	L.Tr. (cms)
2.5	0.79	28	37	28	37	28	37	28	37	28	37	28	37
3	0.95	33	44	33	44	33	44	33	44	33	44	33	44
4	1.27	44	59	44	59	44	59	44	59	44	59	44	59
5	1.59	56	74	55	73	55	73	55	73	55	73	55	73
6	1.91	97	129	84	112	80	106	80	106	80	106	80	106
7	2.22	132	176	115	153	102	136	94	125	93	124	93	124
8	2.54	173	230	150	199	134	178	122	162	113	150	106	141
9	2.86	219	291	189	251	169	225	155	206	143	190	134	178
10	3.18	270	359	234	311	209	278	191	254	177	235	165	219
12	3.81	389	517	337	448	301	400	275	366	254	338	238	317

* SI BAJO LA BARRA HAY MENOS DE 30 CMS. DE CONCRETO, ESTAS LONGITUDES SE MULTIPLICARAN POR 1.4

* SI EL CONCRETO ES LIGERO, POR 1.33

* SI SE CUMPLEN AMBAS CONDICIONES, POR 1.862 * EN NINGUN CASO, LA LONGITUD DE ANCLAJE YA AFECTATA DE SUS FACTORES, SERA MENOR DE 30 CMS. NI LA DE TRASLAPE MENOR DE 40 CMS.

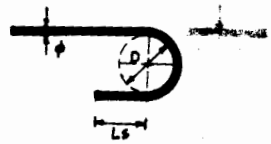
5. DOBLECES DEL REFUERZO

Los valores de longitud de anclaje que aparecen en -- las siguientes tablas fueron tomadas de las que al respecto contiene el Manual para Constructores de la Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, S.A.

Los valores del diámetro interior del doblez y para - diferentes combinaciones de concreto y acero, fueron tomados de -- las especificaciones al respecto que proporciona la Dirección General de Normas.

La propuesta del reglamento de Construcciones para el D.F. de octubre de 1976, especifica que el radio interior de un doblez no será menor que $\frac{fy}{60}\sqrt{f'c}$ por el diámetro de la barra doblada, a menos que dicha barra quede doblada alrededor de otras de -- diámetro mayor, o que se confine adecuadamente el concreto, por la cual en los casos que se requiere deberá comprobarse que el valor de la tabla cumple con dichos requisitos.

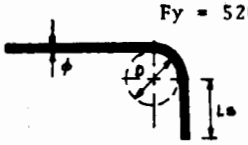
Fy = 4200Kg/cm^2 No Torcido

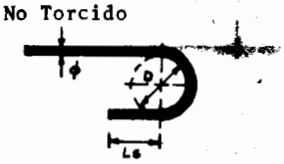


VAR.#	DIAM(cms)	f'c=150Kg/cm^2		f'c=200 Kg/cm^2		Ls	
		90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180 ° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)
2.5	0.79	5.7	5.7	4.9	4.9	10	6
3	0.95	5.7	5.7	4.9	5.7	11	6
4	1.27	5.7	7.6	5.1	7.6	15	6
5	1.59	6.4	9.5	6.4	9.5	19	6
6	1.91	9.5	11.4	9.5	11.4	23	8
7	2.22	13.3	13.3	13.3	13.3	27	9
8	2.54	15.2	20.3	15.2	20.3	30	10
9	2.86	22.9	22.9	22.9	22.9	34	11
10	3.18	25.4	25.4	25.4	25.4	38	13
12	3.81	30.5	30.5	30.5	30.5	46	15

VAR.#	DIAM(cms)	f'c=250Kg/cm^2		f'c=300 Kg/cm^2		Ls	
		90° D(cms)	180 ° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)
2.5	0.79	4.4	4.8	4.0	4.8	10	6
3	0.95	4.4	5.7	4.8	5.7	11	6
4	1.27	5.1	7.6	5.1	7.6	15	6
5	1.59	6.4	9.5	6.4	9.5	19	6
6	1.91	9.5	11.4	9.5	11.4	23	8
7	2.22	13.3	13.3	13.3	13.3	27	9
8	2.54	15.2	20.3	15.2	20.3	30	10
9	2.86	22.9	22.9	22.9	22.9	34	11
10	3.18	25.4	25.4	25.4	25.4	38	13
12	3.81	30.5	30.5	30.5	30.5	46	15

Fy = 5200 Kg/cm^2 No Torcido

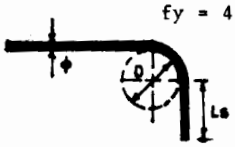


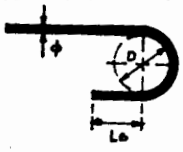


VAR.#	DIAM(cms)	f'c=200Kg/cm^2		f'c=250 Kg/cm^2		Ls	
		90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)
2.5	0.79	6.1	6.4	5.5	6.4	10	6
3	0.95	6.1	7.6	5.5	7.6	11	6
4	1.27	6.4	10.2	6.4	10.2	15	6
5	1.59	7.9	12.7	7.9	12.7	19	6
6	1.91	11.4	15.2	11.4	15.2	23	8
7	2.22	13.3	17.8	13.3	17.8	27	9
8	2.54	17.8	25.4	17.8	25.4	30	10
9	2.86	22.9	28.6	22.9	28.6	34	11
10	3.18	25.4	31.8	25.4	31.8	38	13
12	3.81	30.5	38.1	30.5	38.1	46	15

VAR.#	DIAM(cms)	f'c=300Kg/cm^2		f'c=350Kg/cm^2		Ls	
		90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)
2.5	0.79	5.0	6.4	4.6	6.4	10	6
3	0.95	5.0	7.6	4.8	7.6	11	6
4	1.27	6.4	10.2	6.4	10.2	15	6
5	1.59	7.9	12.7	7.9	12.7	19	6
6	1.91	11.4	15.2	11.4	15.2	23	8
7	2.22	13.3	17.8	13.3	17.8	27	9
8	2.54	17.8	25.4	17.8	25.4	30	10
9	2.86	22.9	28.6	22.9	28.6	34	11
10	3.18	25.4	31.8	25.4	31.8	38	13
12	3.81	30.5	38.1	30.5	38.1	46	15

fy = 4200 Kg/cm^2 Torcido en Frío

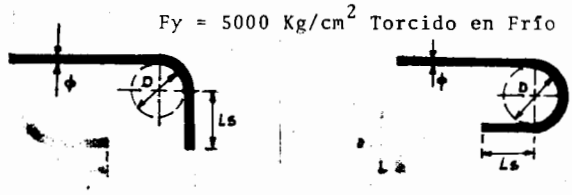




VAR.#	DIAM(cms)	f'c=150Kg/cm^2		f'c=200Kg/cm^2		Ls	
		90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)
2.5	0.79	5.7	5.7	4.9	4.9	10	6
3	0.95	5.7	5.7	4.9	4.9	11	6
4	1.27	5.7	5.7	5.1	5.1	15	6
5	1.59	6.4	6.4	6.4	6.4	19	6
6	1.91	9.5	9.5	9.5	9.5	23	8
7	2.22	11.1	11.1	11.1	11.1	27	9
8	2.54	12.7	12.7	12.7	12.7	30	10
9	2.86	17.1	17.1	17.1	17.1	34	11
10	3.18	19.1	19.1	19.1	19.1	38	13
12	3.81	22.9	22.9	22.9	22.9	46	15

VAR.#	DIAM(cms)	f'c=250Kg/cm^2		f'c=300Kg/cm^2		Ls	
		90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)
2.5	0.79	4.4	4.4	4.0	4.0	10	6
3	0.95	4.4	4.4	4.0	4.0	11	6
4	1.27	5.1	5.1	5.1	5.1	15	6
5	1.59	6.4	6.4	6.4	6.4	19	6
6	1.91	9.5	9.5	9.5	9.5	23	8
7	2.22	11.1	11.1	11.1	11.1	27	9
8	2.54	12.7	12.7	12.7	12.7	30	10
9	2.86	17.1	17.1	17.1	17.1	34	11
10	3.18	19.1	19.1	19.1	19.1	38	13
12	3.81	22.9	22.9	22.9	22.9	46	15

Fy = 5000 Kg/cm^2 Torcido en Frío



VAR.#	DIAM(cms)	f'c=200Kg/cm^2		f'c=250Kg/cm^2		Ls	
		90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)
2.5	0.79	5.9	5.9	5.3	5.3	10	6
3	0.95	5.9	5.9	5.7	5.7	11	6
4	1.27	7.6	7.6	7.6	7.6	15	6
5	1.59	9.5	9.5	9.5	9.5	19	6
6	1.91	13.3	13.3	13.3	13.3	23	8
7	2.22	15.6	15.6	15.6	15.6	27	9
8	2.54	17.8	17.8	17.8	17.8	30	10
9	2.86	22.9	22.9	22.9	22.9	34	11
10	3.18	25.4	25.4	25.4	25.4	38	13
12	3.81	30.5	30.5	30.5	30.5	46	15

VAR.#	DIAM(cms)	f'c=300Kg/cm^2		f'c=350Kg/cm^2		Ls	
		90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)	90° D(cms)	180° D(cms)
2.5	0.79	4.8	4.8	4.8	4.8	10	6
3	0.95	5.7	5.7	5.7	5.7	11	6
4	1.27	7.6	7.6	7.6	7.6	15	6
5	1.59	9.5	9.5	9.5	9.5	19	6
6	1.91	13.3	13.3	13.3	13.3	23	8
7	2.22	15.6	15.6	15.6	15.6	27	9
8	2.54	17.8	17.8	17.8	17.8	30	10
9	2.86	22.9	22.9	22.9	22.9	34	11
10	3.18	25.4	25.4	25.4	25.4	38	13
12	3.81	30.5	30.5	30.5	30.5	46	15

CAPITULO IV

LONGITUD, FORMA, NUMERO DE PIEZAS Y PESO DEL ACERO DE REFUERZO EMPLEADO EN UNA ESTRUCTURA DE CONCRETO, DE ACUERDO A LOS PLANOS Y ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

Las varillas de acero utilizadas en las construcciones de concreto reforzado deberán tener formas y tamaños adecuados para que puedan ser incorporadas con facilidad como elemento integrante de la estructura y proporcionen una superficie suficiente para que se adhieran completamente acero y concreto.

Los tipos de varilas que existen en el mercado, se diferencían por:

a) Sección
b) Longitud
c) Diámetro
d) Calidad

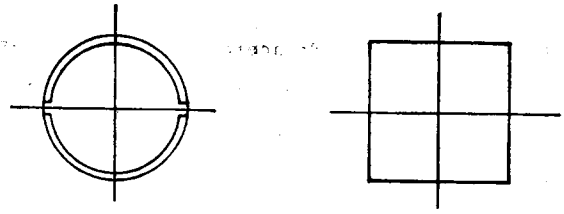
1. SECCION DE VARILLAS

Por su sección, las varillas pueden ser circulares o cuadradas (fig. 1).

Pueden ser lisas o corrugadas, teniendo en cuenta que las de sección circular son las que presentan estas características ya que las de sección cuadrada no tienen corrugaciones.

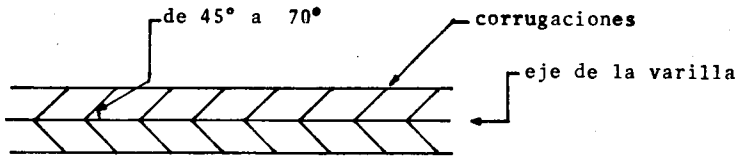
Las varillas de sección circular y que tienen corruga

ciones son las más utilizadas en la construcción por tener mayor adherencia con el concreto. Las corrugaciones pueden ser con cambio de dirección o sin cambio de dirección (fig. 2 y 3).



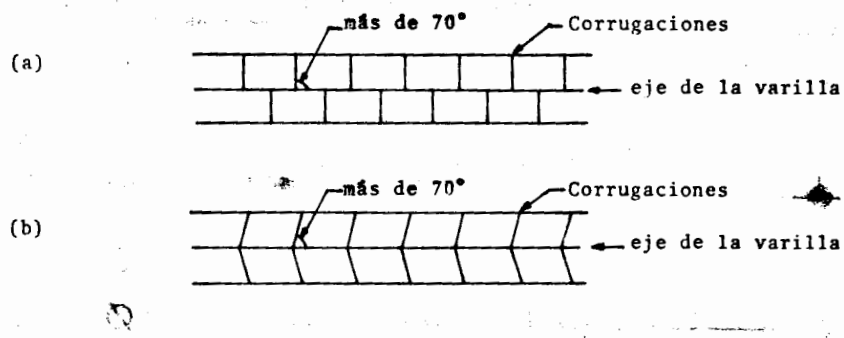
SECCION CIRCULAR SECCION CUADRADA

FIGURA 1



CORRUGACIONES CON DIRECCION ALTERNADA

FIGURA 2



CORRUGACIONES SIN CAMBIO DE DIRECCION

FIGURA 3

2. LONGITUD DE VARILLAS

Las varillas de acero para refuerzo de concreto se fabrican en longitudes de 6 metros, 9 metros y 12 metros, siendo las longitudes más comunes las de 6 y 12 metros (tabla A).

3. DIAMETRO DE VARILLAS

Por su diámetro las varillas más utilizadas son de -- 1/4 hasta 1/2 pulgadas (tabla A).

El diámetro de una varilla lisa es el medido a su superficie externa.

El diámetro de una varilla corrugada es equivalente al

diámetro de una varilla lisa que tenga el mismo peso unitario que ésta. Esto significa que en una varilla corrugada el diámetro se mide a la mitad de la altura de las corrugaciones (fig. 4).

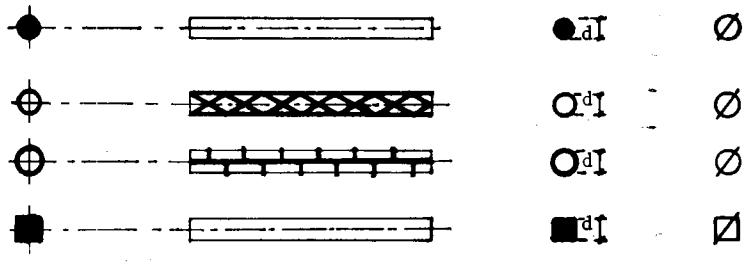


FIGURA 4

TABLA DE MEDIDAS DE VARILLAS MAS USADAS

DIAMETRO Ø EN PULGADAS	DIAMETRO Ø EN MM.	LONGITUDES EXISTENTES
* 1/4	6.4	6 metros
' 5/16	7.9	6 y 9 metros
' 3/8	9.5	6 y 9 metros
** 1/2	12.7	6, 9 y 12 metros
** 5/8	15.9	6, 9 y 12 metros
' 3/4	19.0	6, 9 y 12 metros
** 1	25.4	6, 9 y 12 metros
' 11/2	38.1	6, 9 y 12 metros

* LISA ** CORRUGADA LISA O CORRUGADA

TABLA A

4. CALIDAD

Respecto a la calidad del acero, existe 2 tipos: acero dulce y acero de alta elasticidad.

Todas las varillas redondas y lisas son de acero dulce templado en caliente. El acero de alta elasticidad se fabrica templando en caliente un acero de baja aleación o templando en frío (torciendo y estirando un acero originalmente dulce).

El acero de baja aleación puede distinguirse del acero dulce por la forma de sus nervaduras, mientras que el acero formado en frío se reconoce por su aspecto torcido, aunque también puede tener nervaduras. Estas varillas son más resistentes que las varillas de acero dulce del mismo diámetro.

Debe observarse que no existe diferencia marcada entre las varillas templadas en caliente y las de alta elasticidad formadas en frío, ambos tipos de varillas con la misma área de sección transversal son intercambiables; sin embargo, existen ventajas de estas últimas sobre las primeras. De esto se hablará más adelante.

Las varillas templadas en caliente se clasifican en tres grados de acuerdo con su límite de fluencia mínimo: 3,000, 4,200 y 5,200 Kg/cm^2 y se designan respectivamente como de grado 30, 42 y 52. De estas la que más se utiliza actualmente es la de

grado 42.

Las varillas formadas en frío, son las denominadas de acero Tor. Este acero consiste en someter las barras a un estirado y torsionado en frío, después de haber sido laminadas en caliente.

A) VENTAJAS QUE PRESENTAN LAS VARILLAS TOR CON RESPECTO A LAS VARILLAS TEMPLADAS EN CALIENTE

Si las barras presentan defectos de laminado, tales como grietas, "coqueras", burbujas de aire o protuberancias tendrán lógicamente menor resistencia que si no las tuvieran.

En una barra a la que no se le ha hecho ningún tratamiento después del laminado, tales defectos pueden pasar inadvertidos y la barra se utiliza como si poseyera toda su resistencia, a pesar de que en realidad, esta resistencia se encuentra muy debilitada.

Por el contrario, al someter las barras a torsión según el procedimiento Tor, se descubren todas las deficiencias, con lo cual quedan automáticamente deshechadas todas las barras que -- las presentan.

5. TIPOS DE REFUERZO MAS UTILIZADOS

A) VARILLA GRADO 42

Este tipo de varillas tienen un límite elástico mínimo (fy) de 4200 Kg/cm^2 y son templadas en caliente.

La tabla B muestra las características de estas varillas, de acuerdo a la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM B-6-1983.

a) El diametro nominal de una varilla corrugada es -- equivalente al diámetro de una varilla lisa que tenga el mismo peso nominal que la varilla corrugada.

b) El número de designación de las varillas corresponde al número de octavos de pulgada de su diámetro nominal.

B) ALAMBRON

El alambrón es fabricado de acero dulce, tiene una resistencia (fy) de 2320 Kg/cm^2 y se utiliza para formar estribos.

C) MALLA ELECTROSOLDADA

La malla electrosoldada es una parrilla de acero de - alta resistencia, fy = 5000 Kg/cm^2, para refuerzo de concreto.

Se utiliza en losas, muros, pavimentos, piezas prefabricadas, etc.

Existen en el mercado, mallas de trama cuadrada y de

AREAS, PERIMETROS, PESOS Y CORRUGACIONES DE LAS VARILLAS GRADO 42

VARILLA NUMERO	DIAMETRO NOMINAL		AREA	PERIMETRO	PESO	REQUISITOS DE LAS CORRUGACIONES (mm)		
	mm	pul	cm	mm	Kg/m	Espaciamiento máximo promedio.	Altura mínima promedio.	Distancia máxima entre extremos de corrugaciónes transversales (cuerda)
2.5	7.90	5/16	0.49	24.8	0.384	5.6	0.30	3.1
3.0	9.52	3/8	0.71	29.9	0.560	6.7	0.38	3.5
4.0	12.70	1/2	1.29	39.9	0.994	8.9	0.51	4.9
5.0	15.88	5/8	2.00	49.9	1.552	11.1	0.71	6.1
6.0	19.05	3/4	2.84	59.8	2.235	13.3	0.96	7.3
8.0	25.40	1	5.10	79.9	3.973	17.8	1.27	9.7
10.0	32.26	1 1/4	8.19	101.4	6.403	22.6	1.62	11.4
12.0	38.10	1 1/2	11.40	119.7	6.938	26.7	1.90	15.0

T A B L A B

trama rectangular. Se designan con cuatro números, los dos primeros indican la separación entre alambres (en pulgadas) y los dos últimos el calibre de dichos alambres.

Se muestra en las tablas C y D las propiedades de las mallas de refuerzo existentes.

6. PLANOS ESTRUCTURALES

En el proyecto de una estructura de concreto reforzado, los planos estructurales juegan uno de los papeles más importantes, ya que la información que de ellos se obtiene será la que garantice el buen comportamiento de ésta bajo las acciones de carga para las que fué diseñada.

Los planos estructurales deben ser claros y sencillos, de tal manera que sean accesibles y representen una guía fácil para el constructor.

La información que requieren dar se resume en los siguientes puntos:

a) Arreglo general y características de cada uno de los elementos estructurales indicandolos en planta y haciendo los detalles necesarios para su comprobación.

b) Conexiones, anclajes y demás detalles requeridos -

MALLAS DE TRAMA CUADRADA

Tipo		Alambres: Espaciamiento en cm		Alambres: Diámetro en mm		Area de la Sección en cm^2/ml		Peso en Kg/m^2
		Long.	Transv.	Long.	Transv	Long.	Transv.	
2x2	10/10	5.1	5.1	3.43	3.43	1.82	1.82	2.93
	11/11	5.1	5.1	3.06	3.06	1.45	1.45	2.41
	12/12	5.1	5.1	2.68	2.68	1.11	1.11	1.81
	13/13	5.1	5.1	2.32	2.32	0.83	0.83	1.38
	14/14	5.1	5.1	2.03	2.03	0.64	0.64	1.02
3x3	8/8	7.6	7.6	4.11	4.11	1.74	1.74	2.83
	9/9	7.6	7.6	3.77	3.77	1.46	1.46	2.42
	10/10	7.6	7.6	3.43	3.43	1.21	1.21	2.00
	11/11	7.6	7.6	3.06	3.06	0.96	0.96	1.59
	12/12	7.6	7.6	2.68	2.68	0.74	0.74	1.22
	13/13	7.6	7.6	2.32	2.32	0.56	0.56	0.93
	14/14	7.6	7.6	2.03	2.03	0.43	0.43	0.68
4x4	4/4	10.2	10.2	5.72	5.72	2.53	2.53	4.05
	6/6	10.2	10.2	4.88	4.88	1.84	1.84	2.97
	8/8	10.2	10.2	4.11	4.11	1.31	1.31	2.15
	10/10	10.2	10.2	3.43	3.43	0.91	0.91	1.51
	11/11	10.2	10.2	3.06	3.06	0.72	0.72	1.20
	12/12	10.2	10.2	2.68	2.68	0.56	0.56	0.93
	13/13	10.2	10.2	2.32	2.32	0.42	0.42	0.73
	14/14	10.2	10.2	2.03	2.03	0.32	0.32	0.52
6x6	0/0	15.2	15.2	7.79	7.79	3.12	3.12	5.22
	1/1	15.2	15.2	7.19	7.19	2.66	2.66	4.44
	2/2	15.2	15.2	6.67	6.67	2.29	2.29	3.81
	3/3	15.2	15.2	6.19	6.19	1.97	1.97	3.32
	4/4	15.2	15.2	5.72	5.72	1.69	1.69	2.83
	5/5	15.2	15.2	5.26	5.26	1.42	1.42	2.39
	6/6	15.2	15.2	4.88	4.88	1.23	1.23	2.05
	7/7	15.2	15.2	4.50	4.50	1.04	1.04	1.76
	8/8	15.2	15.2	4.11	4.11	0.87	0.87	1.46
	9/9	15.2	15.2	3.77	3.77	0.73	0.73	1.22
	10/10	15.2	15.2	3.43	3.43	0.61	0.61	1.02
	11/11	15.2	15.2	3.06	3.06	0.48	0.48	0.80
	12/12	15.2	15.2	2.68	2.68	0.37	0.37	0.62
	13/13	15.2	15.2	2.32	2.32	0.28	0.28	0.47
	14/14	15.2	15.2	2.03	2.03	0.21	0.21	0.35

TABLA C

MALLAS DE TRAMA CUADRADA

Tipo		Alambres Espaciamiento en cm Long.	Alambres Espaciamiento en cm Transv.	Alambres Diámetro en mm Long.	Alambres Diámetro en mm Transv.	Area de la Sección en cm^2/ml Long.	Area de la Sección en cm^2/ml Transv.	Peso en Kg/m^2
2x16	0/6	5.1	40.6	7.79	4.88	9.37	0.46	7.95
	1/7	5.1	40.6	7.19	4.50	7.99	0.39	6.83
	2/8	5.1	40.6	6.67	4.11	6.87	0.33	5.81
	3/8	5.1	40.6	6.19	4.11	5.92	0.33	5.08
	4/9	5.1	40.6	5.72	3.77	5.06	0.27	4.34
	5/10	5.1	40.6	5.26	3.43	4.27	0.23	3.66
	6/10	5.1	40.6	4.88	3.43	3.68	0.23	3.17
	7/11	5.1	40.6	4.50	3.06	3.12	0.18	2.68
4x12	3/8	10.2	30.5	6.19	4.11	2.96	0.44	2.82
	4/9	10.2	30.5	5.72	3.77	2.53	0.37	2.39
	5/7	10.2	30.5	5.26	4.50	2.14	0.52	2.20
	6/10	10.2	30.5	4.88	3.43	1.84	0.30	1.76
	7/11	10.2	30.5	4.50	3.06	1.56	0.24	1.51
	8/12	10.2	30.5	4.11	2.68	1.31	0.19	1.27
	9/12	10.2	30.5	3.77	2.68	1.10	0.19	1.07
	10/12	10.2	30.5	3.43	2.68	0.91	0.19	0.91
	11/12	10.2	30.5	3.06	2.68	0.72	0.19	0.76
	12/12	10.2	30.5	2.68	2.68	0.56	0.19	0.62
4x8	7/11	10.2	20.3	4.50	3.06	1.56	0.36	1.61
	8/12	10.2	20.3	4.11	2.68	1.31	0.28	1.32
	9/12	10.2	20.3	3.77	2.68	1.10	0.28	1.12
	10/12	10.2	20.3	3.43	2.68	0.91	0.28	0.98
	13/13	10.2	20.3	2.32	2.32	0.43	0.21	0.52
	14/14	10.2	20.3	2.03	2.03	0.32	0.16	0.39
6x12	0/0	15.2	30.5	7.79	7.79	3.12	1.56	3.95
	0/3	15.2	30.5	7.79	6.19	3.12	0.99	3.51
	1/1	15.2	30.5	7.19	7.19	2.66	1.33	3.37
	1/4	15.2	30.5	7.19	5.72	2.66	0.84	2.98
	2/2	15.2	30.5	6.67	6.67	2.29	1.15	2.88
	2/5	15.2	30.5	6.67	5.26	2.29	0.71	2.54
	3/3	15.2	30.5	6.19	6.19	1.97	0.99	2.49
	4/4	15.2	30.5	5.72	5.72	1.69	0.84	2.15
	6/6	15.2	30.5	4.88	4.88	1.23	0.61	1.56

TABLA D

para la construcción.

c) Especificaciones estructurales, donde se indican - calidades y tipos de materiales a usar.

Se muestra a continuación un plano estructural de una estructura sencilla con el fin de ver la distribución que generalmente se sigue en la colocación de las plantas, cortes, notas y sello.

Se persigue además explicar la nomenclatura que utiliza el estructurista y de qué depende la posición del acero de refuerzo.

A) DISTRIBUCION EN EL PLANO ESTRUCTURAL

Como se puede apreciar en el plano, las plantas se colocan en la parte superior izquierda indicando debajo de éstas el nivel de que se traten. En el caso de losas se coloca una nota para indicar el espesor y el diámetro de varillas que deben utilizarse, las separaciones de éstas se dan en la planta, en la que además se indica cortes, se nombran elementos como trabes y dalas. - En el caso de que la cimentación no sea una losa sino que esté resuelta por zapatas (como en este caso), se nombran éstas y se dan los anchos. Los castillos se nombran en el nivel donde se deplantan.

Los cortes pueden colocarse debajo de las plantas o -

en la parte derecha de éstas, al igual que las trabes. Ahora -- bien, los cortes y figuras de trabes son necesarios para complementar la información que se da en planta, tal como armados, espesores, peraltes, alturas, elementos adicionales como rellenos, -- etc.

Las notas se colocan en el extremo derecho y su finalidad es indicar calidades de materiales, longitudes de traslape y anclaje, simbología utilizada, ganchos de varillas y en fin, las aclaraciones necesarias para que se entienda perfectamente el proyecto.

Finalmente, el sello se coloca en la parte inferior derecha; en éste se menciona el destino de la estructura, su ubicación, escala utilizada y fecha, entre otras cosas.

B) EXPLICACION DEL PROYECTO

La información que da un estructurista en cuanto a - armados, espesores de los elementos, etc. que conjuntan una estructura es producto del análisis estructural de éstos.

El proyecto que se presenta consiste en una estructura destinada a sanitarios y regaderas, la cimentación es a base de zapatas corridas de concreto reforzado de 15 cm de espesor desplantadas sobre una plantilla de concreto, con anchos de 60 y 70 cm, - armadas con varillas Ø 5/16" de diámetro. En las contratrabes se

desplantan los muros, los cuales serán armados interiormente con castillos cuyas varillas se anclarán en las contratrabes, como se indica en el detalle respectivo.

Existirá además un firme de concreto que se armará con malla electrosoldada 6 x 6 - 8/8.

Donde se consideró necesario debido a la ausencia de muros, se colocaron trabes. Y donde los hay existen dalas. Sobre estos elementos se apoya la losa de superestructura, la cual es de 12 cm de espesor y está armada con varillas de 5/16" de diámetro, según se indica en la planta.

El refuerzo que se debe utilizar lo indican las notas, por lo que, las varillas corrugadas serán de $fy=4200 Kg/cm^2$, la malla electrosoldada de $fy=5000 Kg/cm^2$ y el alambrón (varilla lisa de 1/4" de diámetro) de $fy=2320 Kg/cm^2$.

C) SIMBOLOGIA E INTERPRETACION DE LOS ARMADOS

Como se aclara en las notas, las varillas del lecho bajo de las losas se indican por líneas punteadas (- - - -) y las del lecho alto, por líneas llenas (═══). En las notas para losas macizas se muestra un ejemplo de armado de losas, el cual se aclara un poco más en la figura 5, que muestra el corte B-B indicado en el plano, de manera más detallada.

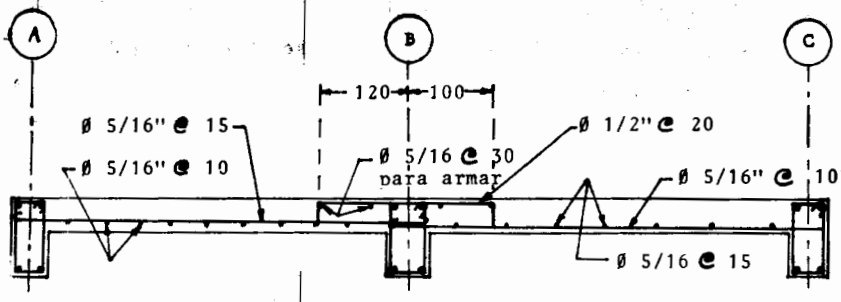


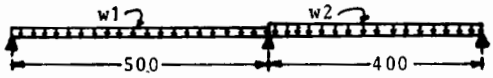
FIGURA 5

Aquí se puede apreciar que se forma una parrilla en el lecho inferior y otra en el lecho superior. La colocación de las varillas está de acuerdo a las notas, donde se dice que las varillas más bajas se colocan paralelas al lado menor del tablero y que la longitud de los bastones será 1/4 del claro, sin exceder de 120 cm ni ser menor de 60 cm.

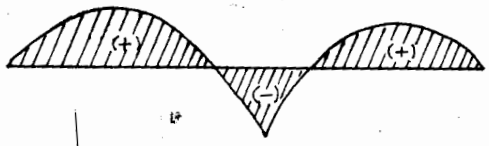
D) POSICION DEL REFUERZO

Como se mencionó anteriormente, la posición del acero de refuerzo no es capricho del estructurista, sino producto del análisis de la estructura.

Por ejemplo, para obtener el armado de la losa en la dirección indicada por el corte B-B, se idealiza como una viga contínua de ancho unitario, sujeta a las cargas w1 y w2.



Del resultado del análisis se obtendrá un diagrama de momentos flexionantes de la forma que se muestra.



El valor de los momentos dará la pauta para conocer la cantidad de acero necesario, y el signo de éstos, la posición tomando en cuenta que, si el momento es positivo se requiere acero en el lecho inferior y si es negativo, se requiere acero en el lecho superior.

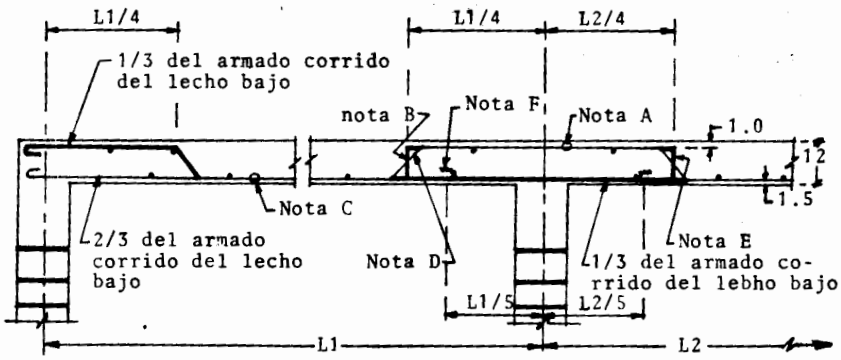
En el caso de trabes, por ejemplo, si se analiza la trabe T-2, se obtendrá que solo se requiere acero en el lecho inferior y sin embargo la figura muestra también refuerzo en el lecho superior; la razón es que se necesita para amarrar los estribos y además es necesario para efectos del agrietamiento por cambios volumétricos.

Las normas indican porcentajes de acero mínimos para utilizarse por concepto de temperatura, la cual producirá cambios volumétricos en las secciones de concreto.

Finalmente, es necesario aclarar que el armado de las losas macizas no es estándar. Es decir, en algunos casos un porcentaje del armado del lecho inferior se utiliza para formar colum

pios, los que alternados con bastones completarán el armado necesario en el lecho superior, como se muestra en la figura 6.

Cabe decir, que esta forma de armar las losas se apega más al diagrama de momentos y que posiblemente se utilizará menos acero que si se utiliza la forma que se muestra en el plano;lo que sucede es que la habilitación y colocación del acero de refuerzo, en este caso, resulta más difícil, lo que contraresta la economía que pudiera obtenerse.



CORTE TIPICO PARA ARMADO DE LOSAS

NOTA A. Armado total alto al combinar columnios con bastones, indicado sobre los ejes de apoyo (═══); las separaciones indicadas entre paréntesis son para los cuartos extremos del tablero.

NOTA B. Bastones adicionales para combinarse con columpios y lograr el armado total del lecho alto.

NOTA C. Armado total bajo indicado en los centros de los tableros - (- - - -); las separaciones indicadas entre paréntesis son para los cuartos extremos del tablero.

NOTA D. Columpios del armado bajo (2/3 máximo) que formarán parte - del armado alto.

NOTA E. Opcionalmente el armado total alto será únicamente con bastones, sin usar columpios del armado bajo.

NOTA F. En la opción, al no usar columpios, se formarán bastones -- (punteados en la figura) (2/3 máximo del armado bajo).

FIGURA 6

CAPITULO V

DETERMINACION DE LAS CANTIDADES DE ACERO DE REFUERZO CONSIDERANDO PLANOS Y ESPECIFICACIONES

Los proveedores de varillas de refuerzo, además de entregar las varillas en la obra, generalmente proporcionan ciertos servicios adicionales. Una de estas funciones adicionales muy importante es la de calcular la cantidad de las varillas, con la ayuda de especialistas que estudian un conjunto de planos y especificaciones de contratos y que, a partir de su conocimiento en construcción y varillas de refuerzo, pueden elaborar una lista de cantidades de materiales que ellos consideran necesarios para construir la estructura que se está estudiando. Después, con base en esta información, se define el precio adecuado para presentar una oferta al contratista. En algunas áreas metropolitanas este servicio lo proporcionan oficinas especializadas.

Es importante que en los planos y especificaciones se proporcione la información detallada acerca de las varillas de refuerzo; como la estimación es un proceso que se sigue paso a paso, si se cuenta con detalles completos se obtendrá un cálculo más exacto; por el contrario, cuando el analista tiene que adivinar y hacer suposiciones, la calidad del cálculo puede verse menoscabada. Un analista prudente tenderá a calcular las cantidades del lado seguro cuando exista una duda acerca de lo que se requiere en realidad, lo cual puede incrementar la cantidad de cotización del material. La otra opción que tiene el analista es comunicarse con el estructuris

ta, con el objeto de aclarar aquéllo que no esté bien claro.

1. INCREMENTOS SOBRE EL PRECIO BASE

Un punto importante sobre la estimación de la cantidad de varillas de refuerzo, es la manera en que se agregan los cargos adicionales (por cada quintal de material) al precio base. Los principales cargos adicionales están en relación con el diámetro, grado, dobleces y cantidad.

A) DIAMETRO

Los incrementos por diámetro pueden variar; por lo tanto, es necesario que el analista separe las varillas por diámetros.

B) CANTIDAD

Estos cargos adicionales pueden incluirse de acuerdo con el peso total que se ordenó.

C) GRADUACION

Algunos grados de varillas tienen un costo adicional, lo que hace necesario que el analista separe las varillas por grados al igual que por diámetros.

D) DOBLECES

Se cargan cantidades adicionales para todos los tipos de dobleces. El analista debe separar la cantidad total de dobleces y clasificarlos.

2. TRASLAPES

De preferencia, la longitud y ubicación de los traslapes deberán mostrarse en los planos estructurales, pero esto rara vez ocurre.

A) UBICACION DEL TRASLAPE

El analista debe determinar primero la ubicación de todos los traslapes de modo que pueda calcular la cantidad que se requiere de ellos; esto es muy cierto en las columnas donde el detalle típico puede mostrar un traslape en cada nivel, y no es muy claro en elementos tales como muros con grandes longitudes de varillas colocadas horizontalmente. El analista se enfrenta entonces a un doble problema: 1) Necesita determinar la cantidad de traslapes que se requiere en cada longitud de varillas y, 2) También debe formarse un juicio respecto a cuántos metros de longitud se calcularán como flexionados y cuántos como rectos.

B) LONGITUD DEL TRASLAPE

Una vez que el analista ha determinado el lugar donde se encuentra el traslape, debe determinar su longitud. Si las lon

gitudes de traslape se especifican como un cierto número de diámetros de varillas para todos los traslapes o se dibujan claramente en los planos y cortes no hay ningún problema.

3. ANCLAJES

Por lo general los anclajes no son un problema para el analista, ya que casi siempre puede basarse en los documentos del contrato. Cuando se especifica el uso de anclajes con ganchos, estos pueden calcularse sin importar que se hayan proporcionado las longitudes mínimas para anclajes especificadas en el reglamento. Por lo general los ganchos están sobre las varillas de la viga o la losa, que están ancladas completamente en el apoyo.

4) EJEMPLO DE CUANTIFICACION DEL ACERO DE REFUERZO

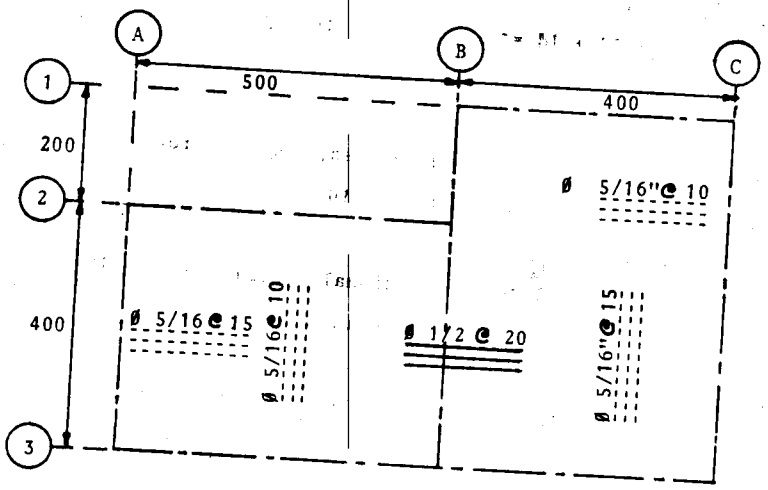
Se presenta a continuación la cubicación del acero de refuerzo de la losa de la estructura presentada en el plano estructural en el capítulo anterior.

Para mayor claridad se reproduce enseguida la planta de la losa a una escala mayor indicando solo los ejes de apoyo.

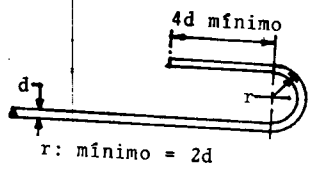
Antes de iniciar conviene conocer la longitud de varilla utilizada en los ganchos. De acuerdo a las notas y detalles de plano, se utilizará el gancho indicado a continuación.

Se tiene que: Long arco = $\frac{\pi \times r \times \theta}{180^\circ}$. Debido a que en

este caso θ = 180°.



LOSA MACIZA DE 12 CM DE ESPESOR



GANCHO TIPO

Long. arco = π x r

Utilizando las especificaciones mínimas mostradas se tendrá una longitud total de gancho para la varilla de 5/16" de --

diámetro;

Long. gancho = π x 2d + 4d = π x 2(0.79) + 4(0.79) = 8.12

Para las varillas del lecho superior, la longitud total del gancho será igual al peralte de la losa, menos el recubrimiento; lo que daría aproximadamente igual a 10 cm.

Utilicemos esta longitud adicional por ganchos, de 10 cm tanto para las varillas superiores como inferiores.

En el proceso de cubicación que se muestra en la tabla E, no se consideran los traslapes, con el fin de simplificarlo.

DIAM. pulg.	PESO Kg/m	DESCRIPCION	LONG. PROPIA (m)	CANTIDAD	LONG. PARC.	LONG. TOTAL	PESO TOTAL (Kg)
5/16	0.384	Armado inferior entre ejes A y B ⊂500⊃ @15	5.0+0.2 = 5.2	$\frac{400}{15}$ = 27	27x5.2 =140.4	140.4	
5/16	0.384	Armado inferior entre ejes 3 y C ⊂400⊃ @10	4.0+0.2 = 4.2	$\frac{600}{10}$ = 60	60x4.2 =252.0	392.4	
5/16	0.384	Armado inferior entre ejes 3 y 2 ⊂400⊃ @10	4.0+0.2 = 4.2	$\frac{500}{10}$ = 50	50x4.2 =210.0	602.4	
5/16	0.384	Armado inferior entre ejes 3 y 1 ⊂600⊃ @15	6.0+0.2 = 6.2	$\frac{400}{15}$ = 27	27x6.2 =167.4	769.8	799.2x0.384
5/16	0.384	Armado superior 400 @ 30	4.0+0.2 = 4.2	$\frac{220}{30}$ = 7	7x4.2 =29.4	799.2	306.9
1/2	0.994	Armado superior 120 | 100 @ 20	2.2+0.2 = 2.4	$\frac{400}{20}$ = 20	20x2.4 =48.0	48.0	48.0x0.994 47.7

TABLA E

De manera similar se cubica el acero de refuerzo de los demás elementos que componen la estructura y finalmente se tendrán las cantidades totales de acero en sus diferentes diámetros y calidades.

CAPITULO VI

HABILITACION Y COLOCACION EN OBRA DEL ACERO DE REFUERZO

1. SUMINISTRO, ORDEN Y ALMACENAMIENTO DEL ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo que se recibe en la obra, proviene de tres fuentes principales:

a) Directamente de la fábrica

Se recomienda principalmente para obras grandes, pues, por razones de economía, es necesario ordenar cada tipo y tamaño en cantidades suficientemente grandes e informar bien sobre los requerimientos. En este caso, las varillas se reciben con longitudes estándar de 12 metros, para ser cortadas y dobladas en la obra, aunque es posible obtener longitudes mayores mediante un costo adicional, cuando la soldadura o el empalme es inconveniente o no está permitido.

b) De distribuidores

Cuando se trata de obras medianas o pequeñas, es posible obtener de los distribuidores varillas de longitudes estándar de diversos diámetros y tipos, para doblarlas y cortarlas en obra.

c) Atados y Etiquetados

Esta forma puede adoptarse únicamente cuando está dis

ponible el programa de varillas al momento de ordenarlas; el acero de refuerzo se recibe en atados y etiquetados, listo para colocarse en armados. Estos atados tienen cada vez mayor demanda y tienen la ventaja de que ocupan poco espacio en la obra.

Al ordenar las varillas, se debe informar al proveedor sobre el peso máximo que se pueda manejar en la descarga, para que los atados sean apropiados, ya que puede resultar muy costoso tener que deshacer los atados a su llegada, únicamente para descargarlos. Pero, cualquiera que sea la manera en que lleguen, es preciso asegurarse de que hay buen acceso y espacio para la descarga.

Si las varillas que van a ser cortadas y dobladas no están atadas y etiquetadas, deben separarse por diámetros y longitudes. Se deben tomar también las medidas necesarias para el almacenamiento de las varillas, de manera que estén a la mano cuando sean pedidas por los fierreros. Asímismo, se deben apilar las varillas de tal modo que se pueda identificar fácilmente y con rapidez los diferentes tipos, diámetros y longitudes; una manera de lograrlo es hacer divisiones con varillas grandes o postes de madera hincados en el suelo, que sobresalgan de 0.5 a 1m. y tengan una separación de 0.5 a 1m., dependiendo de la cantidad de varilla que se vaya a almacenar. Este método facilita la entrada y salida de las varillas; además, si se hace que uno de los extremos de alguna varilla tope contra una pieza de madera, resulta fácil medir su longitud. Se muestra en la figura 1 una forma de almacenar el acero de refuerzo.

Cuando las varillas se reciben ya cortadas y dobladas, se debe verificar cuidadosamente todas las dimensiones de acuerdo con el programa, porque algunas veces ocurren equivocaciones y es mejor descubrirlas con bastante anticipación y no un día antes de comenzar el colado. Además de revisar todas las dimensiones generales, se debe verificar también que los diámetros de las varillas sean los correctos: las diferencias de diámetros en ocasiones son pequeñas y conviene no confiar mucho en la vista, es mejor tener a la mano calibradores adecuados.

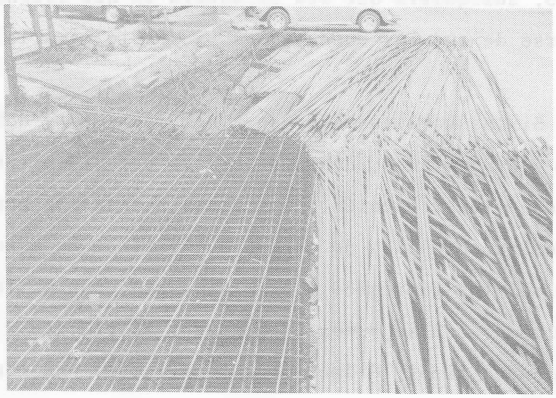


FIGURA 1

Las recomendaciones principales para el almacenamiento son:

a) Almacenar las varillas de manera que sean accesibles los diferentes diámetros y medidas, sin necesidad de doble manejo; y

b) Cuidar de que no se contaminen con lodo, aceite o grasa.

2. ORGANIZACION GENERAL DE LA OBRA

El trabajo en la obra se hace más fácil si desde un principio hay buena organización; por ello vale la pena hacer una cuidadosa selección de las áreas de trabajo y de almacenamiento. Los requerimientos varían de una a otra obra, de acuerdo con su magnitud, o de si es necesario cortar, doblar y fijar el acero de refuerzo, o nada más fijarlo porque ya se reciba doblado y cortado. Las siguientes recomendaciones serán de ayuda para llevar bien el trabajo.

a) Disponer del mayor espacio posible para el almacenamiento de las varillas (enteras o cortadas y dobladas) y para el almacenamiento de armados, o para el trabajo general.

b) Mantener siempre limpias las áreas de trabajo.

c) Colocar las pilas de varillas, la mesa de doblar y las cortadoras en las posiciones más convenientes. Por ejemplo: las varillas pueden ser hasta de 12m. de longitud, y girar estas largas varillas para doblar sus extremos es inconveniente y lleva tiempo, lo que puede evitarse colocando una dobladora en cada extremo de la mesa. En la figura 2 se muestra una distribución típica de áreas para cortar y doblar en obra.

d) Manejar las varillas con cuidado, especialmente durante la descarga y el apilamiento. Evitar que las varillas sean

arrojadas en la pila desde mucha altura, esto puede producir dobleces no especificados y es más difícil enderezar los dobleces que -- producirlos.

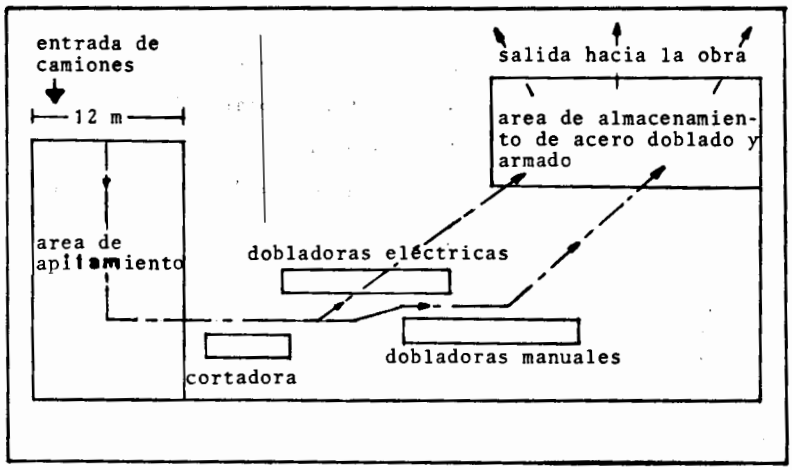


FIGURA 2

e) Alejar las varillas del suelo, si no se tendrá que eliminar el lodo y la tierra que se les haya adherido antes de utilizarlas. Usar durmientes de madera o de concreto y colocarlos suficientemente cerca uno de otro, para que las varillas se mantengan derechas durante el almacenamiento. Si las varillas van a permanecer almacenadas durante mucho tiempo, se deben cubrir para protegerlas de la lluvia y así evitar la oxidación excesiva. Una oxidación ligera no daña la varilla, pero una oxidación escamosa o laminar debe ser eliminada antes de utilizar la varilla, porque si no

el concreto no se adhiere bien y la resistencia del elemento puede disminuir seriamente. La oxidación ligera normalmente queda eliminada durante el manejo de las varillas.

f) Tener especial cuidado de que no se utilicen varillas de acero dulce en lugar de las de acero de alta elasticidad, cuando éstas sean las especificadas en el programa. Las varillas de alta elasticidad generalmente tienen corrugaciones y se distinguen fácilmente de las varillas redondas, lisas y de acero dulce.

3. CORTE Y DOBLADO DEL ACERO DE REFUERZO

Una vez que se ha diseñado la estructura y detallado el acero de refuerzo, se elaboran los planos para mostrarle al fierrero dónde debe colocarlo. La mayoría de los estructuristas utilizan la forma estándar de señalamiento y abreviatura para las varillas, que se mencionó en el capítulo IV, y que proporciona al fierrero toda la información necesaria.

El siguiente paso es transferir la información de los planos a los programas de varillas, proporcionando la ubicación, la marca de varilla, el tamaño y el tipo, el número, la longitud y los detalles de doblado de cada varilla.

A) CORTADO EN OBRA

Antes de iniciar el corte de las varillas, a veces es

conveniente reacomodarlas según el programa de varillas, en orden de longitud. De esta manera, al cortar primero las varillas más largas, se reduce el desperdicio; también se subraya la manera de cortar las varillas más económicamente; al cortar dos varillas de 5.5m de una de 12m queda un pedazo de 1m no utilizable; mientras que si se corta una parte de 5.5m y una de 6.3m queda solamente un deshecho de 0.2m. Además de conocer la cantidad almacenada de varillas enteras, es esencial tener una lista de los cortes sobrantes.

Para medir las varillas se debe utilizar siempre una cinta metálica, así se reduce la posibilidad de error, especialmente en varillas largas; también es útil marcar la mesa en tramos de 10cm.

El cortado de las varillas de refuerzo puede hacerse con cortadora eléctrica, cortadora de palanca, segueta o con tenazas de mano. Se muestra en la figura 3 el proceso de cortado con dobladora de palanca.

B) DOBLADO EN LA OBRA

El doblado debe hacerse con máquinas apropiadas, ya sean de operación manual o eléctricas; no se deben utilizar aparatos improvisados, dan malos resultados y pueden ser peligrosos. El doblado debe ser exacto, de acuerdo con lo programado, ya que de otra manera no sería posible fijar el acero de refuerzo en la posi

ción correcta. Por ejemplo, los estribos grandes pueden llevarse fácilmente a su posición, sesgándolos, pero esto puede reducir el recubrimiento y dar así lugar para la corrosión. De manera similar, si los estribos son cortos, las varillas principales quedarán fuera de posición, lo que puede afectar la resistencia del elemento. El doblado exacto también es esencial cuando el acero de refuerzo está congestionado, como sucede en las intersecciones de columnas y vigas (véase figura 4).

FIGURA 3

Se muestra en las figuras 5 y 6 el proceso de doblado de varillas utilizando tubo y dobladora de palanca, respectivamente.

C) SUGERENCIAS RESPECTO AL DOBLADO

a) Tener una mesa donde se puedan apoyar bien las va-

rillas durante el doblado, para evitar dobleces en planos equivocados.

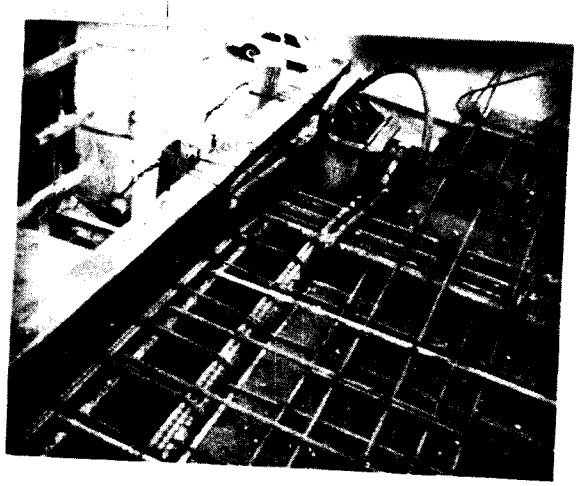


FIGURA 4

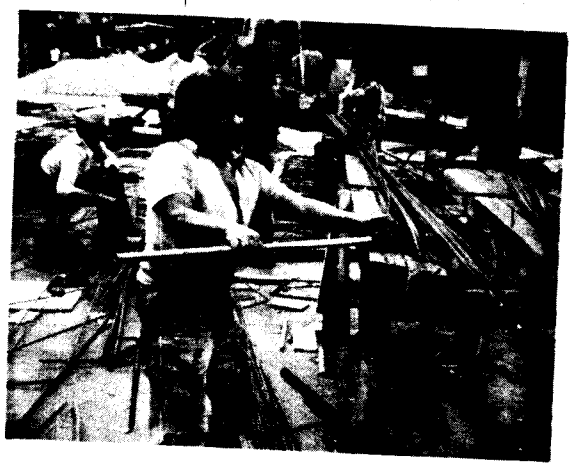


FIGURA 5

b) Preparar un dibujo a escala natural antes de doblar una varilla grande y complicada, que podrá utilizarse para comprobación.

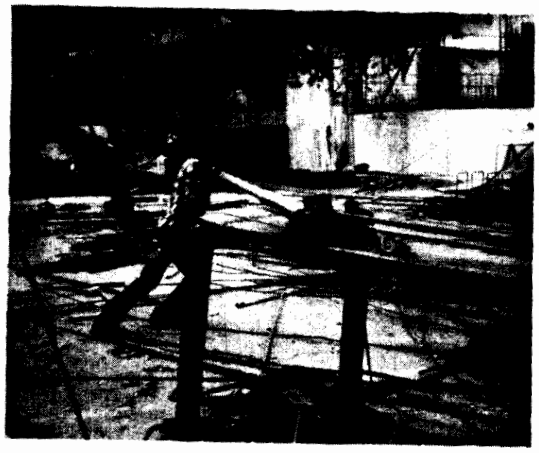


FIGURA 6

c) Tener a la mano calibradores para verificar los diámetros de las varillas antes de doblarlas y cortarlas, no siempre es fácil identificar visualmente los distintos diámetros.

d) Las máquinas dobladoras varían su funcionamiento, por lo que antes de doblar muchas varillas con diferentes dobleces especialmente cuando se trata de dimensiones críticas, se debe doblar una varilla y verificar que el doblez sea correcto. Se deben efectuar verificaciones ocasionales de otras varillas, para asegurarse de que los topes no se han movido.

e) Regularmente, se debe dar servicio a la dobladora y

cerciorarse de que se tienen y utilizan los mandriles de tamaño correcto. El radio interior del doblez no debe exceder de 2d para el acero dulce y de 3d para la varilla de alta elasticidad, siendo d el diámetro de la varilla. Un radio demasiado pequeño debilita la varilla.

f) Las varillas de alta elasticidad siempre deben doblarse en frío. Las varillas de acero dulce de diámetro grande pueden calentarse hasta el rojo vivo, pero no deben introducirse en agua para que se enfríen.

g) En época fría, redúzcase la velocidad de doblado, especialmente con varillas de alta elasticidad, ya que el acero se hace más quebradizo a temperaturas inferiores a 5°C. Esta reducción de velocidad también es aplicable a las varillas que ya se han doblado y que requieren ser enderezadas después de un colado parcial.

h) Cerciorarse de que se tienen los planos y programas actualizados, los viejos deben descartarse cuando se hacen las revisiones.

D) ETIQUETADO

Después de cortadas y dobladas, las varillas deben atarse y etiquetarse antes de que se acomoden en pilas listas para que las utilicen los fierreros. Cada atado y etiquetado debe es-

tar compuesto por varillas de un solo tipo y tamaño y no debe pesar más de 75Kg, ya que no siempre se puede disponer de una grúa al momento de fijarlas. Se recomienda utilizar alambre de calibre 12 a intervalos de 2 m para amarrar los atados largos, y ponerle dos etiquetas a cada atado, con el número de identificación de varillas.

Los atados de varillas cortadas y dobladas, ya sea que hayan sido preparadas en la obra o fuera de ella, deben tener etiquetas apropiadas que indiquen la longitud, tamaño, forma y tipo utilizados en la obra. En cada etiqueta debe aparecer el número de referencia del programa de varilla.

4. LIMPIEZA Y OXIDACION

La resistencia y el comportamiento del concreto reforzado, depende de la buena adherencia entre el acero y el concreto. Esto significa que el acero debe estar en buenas condiciones cuando el concreto se vacía a su alrededor; por lo tanto, todo el acero de refuerzo debe mantenerse libre de grasa, aceite, lodo, escamas o láminas de óxido, oxidación excesiva, y concreto suelto y hielo; la presencia de cualquiera de estas sustancias afecta la adherencia entre el concreto y el acero.

Asímismo, una vez que se haya fijado, no se debe dejar expuesto el acero de refuerzo durante mucho tiempo porque, de lo contrario, la lluvia puede arrastrar parte del óxido hasta la -

cimbra, la cual dejará una mancha permanente en el concreto al ser retirada. Las varillas de amarre de la parte superior de columnas y muros frecuentemente son el origen de manchas de óxido en el concreto que está debajo de ellas; por lo tanto, si van a estar expuestas durante más de dos semanas, cúbranse con lechada de cemento. Los escurrimientos endurecidos de mortero o de lechada no necesitan ser eliminados, siempre que estén bien adheridos; si no se quitan con facilidad pueden dejarse.

El efecto de la oxidación sobre la adherencia entre el acero y el concreto, siempre ha sido tema de controvercia en las obras y, en muchos casos, se ha removido innecesariamente el óxido, ocasionando gastos considerables; un poco de oxidación, de hecho, no causa daño. Pero el óxido laminar y las escamas de óxido excesivas que no estén firmemente adheridos, sí deben ser removidos. El manejo normal, generalmente elimina el óxido y a veces las escamas, pero también puede lograrse el mismo efecto dejando caer las varillas o los armados. En el caso de varillas de amarre que han estado expuestas durante algún tiempo, unos golpes firmes harán caer el exceso de óxido.

El acero almacenado a la interperie durante mucho tiempo, puede haberse oxidado al grado de que su diámetro se haya reducido. Esto no ocurre con frecuencia, pero es conveniente verificar el diámetro mediante un calibrador o si se quiere mayor precisión, pesar un pedazo de varilla de aproximadamente 30 cm. de longitud.

5. FIJACION DEL ACERO DE REFUERZO

Frecuentemente, cuando se cuenta con grúas adecuadas, se fabrican armados de varillas para el refuerzo de vigas y columnas. (véase la figura 7). Aunque esta práctica pueda dar como resultado un considerable ahorro de mano de obra y de tiempo, si se compara con la colocación del acero directamente en la estructura, debe tenerse en cuenta que se necesita un area apropiada para el almacenamiento temporal de los armados.

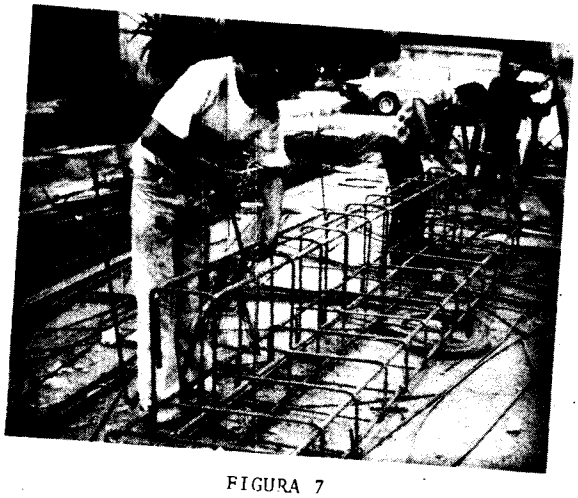


FIGURA 7

Una buena fijación es esencial para que las varillas permanezcan en su posición correcta, no solamente durante el colado sino también bajo la presión posterior de cualquier tipo de tránsito. El método normal de fijación consiste en utilizar alambre de amarre, de hierro dulce, de calibre 16 o 18, en las intersecciones

de las varillas principales con los estribos. Los extremos sueltos de los amarres deben cortarse o doblarse hacia adentro, para que no hagan daño al oxidarse y no aparezcan en la superficie del concreto. Los armados prefabricados se deben atar bien, de manera que tengan la suficiente rigidez y puedan ser levantados por la grúa.

Una vez fijado en su posición, el acero de refuerzo no debe doblarse, ni siquiera para facilitar el colado del concreto; sin embargo si fuera necesario, es importante que las varillas de acero dulce no sean dobladas a un radio de menos de dos veces su diámetro, y que las de acero de alta elasticidad no lo sean a un radio menor que tres veces su diámetro. Se debe cerciorar de que al volver a doblar las varillas, especialmente en concreto de agregado ligero, el concreto que rodea las varillas no sea dañado.

A) RECUBRIMIENTO Y ESPACIADORES

Para proteger el acero de refuerzo contra la corrosión y para que la acción combinada del acero y el concreto sea efectiva, es esencial que las varillas estén cubiertas por suficiente concreto impermeable. Si la humedad llega a penetrar en el concreto, el acero se oxida y se expande, causando descascaramiento del concreto y exponiéndose de nuevo a mayores ataques.

Por estas razones, todo el acero de refuerzo debe estar ahogado a cierta distancia de la superficie del concreto. Este

espesor llamado recubrimiento, debe determinarlo el estructurista y aparecer en los planos. El espesor de la capa de recubrimiento depende principalmente de la calidad del concreto y de las condiciones a que estará expuesto (por ejemplo a la interperie o en el mar). La resistencia al fuego depende también de un buen recubrimiento.

Generalmente se utilizan los siguientes recubrimientos mínimos:

En muros y cimientos de 5 cm.

En columnas y vigas de 2.5 cm.

En losas de 2.5 cm.

En pavimentos de 5 cm.

El recubrimiento apropiado se logra mediante el uso de espaciadores que, generalmente, son pequeños bloques de mortero; figura 8, por lo tanto, se debe cersiorar de que se tiene suficiente cantidad de espaciadores y de que sean del tipo y tamaño apropiados.

Se deben utilizar suficientes espaciadores para que se conserve el recubrimiento correcto y para que las varillas permanezcan en su posición durante el colado y la compactación del concreto. También hay que cerciorarse de que ha quedado suficiente recubrimiento para los estribos y amarres que sobresalen del acero de refuerzo principal.

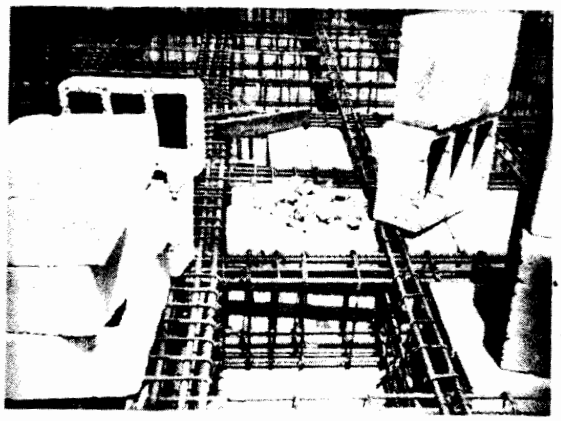


FIGURA 8

Los espaciadores de mortero permiten un buen recubrimiento. Si se hacen en la obra, se debe utilizar mortero compuesto por 1 parte de cemento y 2 partes de arena, y solamente el agua suficiente para obtener un mortero denso. No hay que utilizar espaciadores metálicos cuando la estructura se encuentra en un ambiente corrosivo, o cuando la superficie del concreto está en contacto con el agua; tampoco se deben emplear piedras o trozos de madera como espaciadores permanentes.

Al fijar espaciadores sobre cierto número de varillas paralelas, como en el caso de vigas y columnas, se debe evitar colocarlos en línea recta a través de una sección, porque esto puede producir un plano de debilidad del concreto.

El acero de refuerzo, superior e inferior, de losas -

suspendidas, se debe colocar correctamente antes de comenzar el colado; deben utilizarse pequeños bloques espaciadores para el acero de la parte inferior, pero es aconsejable el uso de "silletas" para soportar el de la parte superior, (ver figura 9). Todos los espaciadores deben ser lo suficientemente resistentes para soportar el tránsito.

En losas de piso sobre el terreno, que llevan refuerzo superior muchas veces conviene vaciar concreto hasta determinado nivel, y después colocar las varillas o malla metálica (como el caso del firme de la estructura mostrada en el plano, en el capítulo IV), sobre este nivel antes de colocar el resto del concreto. - Nunca hay que colocar el acero de refuerzo sobre la cimbra y tratar de elevarlo conforme se vacía el concreto, el acero nunca queda en el lugar correcto.

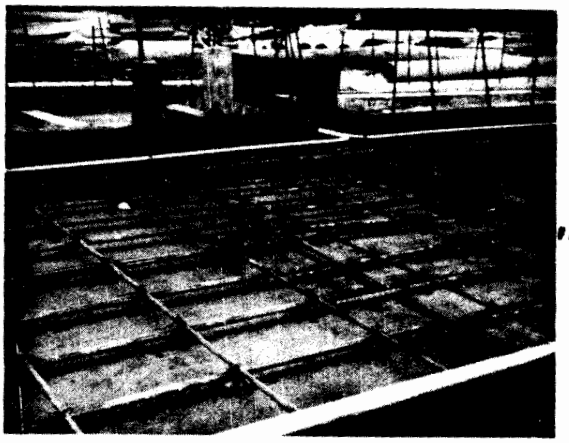


FIGURA 9

Si se usan espaciadores en una cara de una viga pero no en la otra, se sostiene en posición el armado de acero, jalándolo hacia la cimbra con alambres que pasen a través de agujeros -- abiertos en la cimbra. Se tira de los alambres, de manera que los espaciadores eviten que el armado entre en contacto con la cimbra y se pueda lograr un buen recubrimiento en el lado que no tiene espaciadores; pero se deben quitar los alambres poco tiempo después de colar el concreto, para evitar que aparezcan manchas de óxido.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha tratado en el desarrollo de este trabajo, estudiar al acero de refuerzo de una manera simplista y práctica. Es por eso que en algunos temas, tales como: Longitud de anclaje y longitud de traslape, solo se han dado resultados de investigaciones hechas al respecto. Asímismo, al hablar de los tipos de acero de refuerzo existentes en el mercado, se han mencionado solo los mas utilizados en la actualidad.

Con la inclusión del plano estructural se ha querido mostrar la metodología del diseño estructural, la interpretación de los armados y además el proceso de cuantificación del acero de refuerzo mediante un ejemplo.

Es importante que se entiendan los planos estructurales, puesto que de aquí depende una buena cuantificación del acero de refuerzo y aún más, que se construyan las estructuras de acuerdo a la información que se obtiene de éstos.

Ligado a la interpretación de los planos es de igual importancia tener un buen control en cuanto al manejo del acero de refuerzo, desde su almacenamiento hasta su colocación para formar las estructuras, ya que esto contribuye en forma directa a la economía de la construcción. Por consiguiente se optó en desarrollar los temas de habilitación y colocación del acero de refuerzo median

te una serie de sugerencias a este respecto.

BIBLIOGRAFIA

1. PROYECTO Y DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS HORMIGON ARMADO.
AUTOR: URQUHART O'ROURKE WINTER
EDIT. REVERTE, S.A.

2. APUNTES DE MECANICA DE MATERIALES
FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM.

3. MANUAL DEL FIERRERO
I.C.I.C.

4. VARILLAS CORRUGADAS Y LISAS DE ACERO, PROCEDENTES DE LINGOTE O PALANQUILLA, PARA REFUERZO DE CONCRETO. NOM. B-61983. DIRECCION GENERAL DE NORMAS.

5. NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS (VOL. 401) DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL D.F. "DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO". UNAM.

6. NORMAS Y COSTOS DE CONSTRUCCION, TOMO I
AUTOR: A. PLAZZOLA.

7. AYUDAS DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.
SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERIA ESTRUCTURAL.

8. EL CONCRETO EN LA OBRA, TOMO I
IMCYC.

9. REVISTA IMCYC No. 134
JUNIO DE 1982