

37
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ACERO DE REFUERZO
EN EL CONCRETO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A
JUAN MANUEL DE LA CRUZ VAZQUEZ



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1991



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

CAPITULO I

INTRODUCCION

CAPITULO II

ANTECEDENTES

- 2.1. La edad del acero
- 2.2. Antecedentes del acero de refuerzo

CAPITULO III

PROPIEDADES DEL ACERO DE REFUERZO

- 3.1. Esfuerzo en el acero
- 3.2. Deformación
- 3.3. Elasticidad
- 3.4. Diagrama esfuerzo-deformación del acero
- 3.5. Esfuerzo permisible
- 3.6. Variabilidad e índice de resistencia
- 3.7. Ductilidad
- 3.8. Dilatación térmica
- 3.9. Soldabilidad

CAPITULO IV

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

- 4.1. Función del acero de refuerzo
- 4.2. Adherencia
- 4.3. Acero de refuerzo en la construcción

CAPITULO V

REQUISITOS DE EJECUCION

- 5.1. Gancho estándar
- 5.2. Refuerzo por cambios volumétricos

- 5.3. Recubrimiento del refuerzo
- 5.4. Paquetes de varilla
- 5.5. Juntas y Traslapes
- 5.6. Longitud de Desarrollo
- 5.7. Traslape de malla soldada eléctricamente
- 5.8. Refuerzo lateral con espiral
- 5.9. Refuerzo lateral con estribos
- 5.10. Doblado
- 5.11. Espaciamiento
- 5.12. Refuerzo mínimo
- 5.13. Refuerzo máximo

CAPITULO VI

PLANOS DE CONSTRUCCION Y ESPECIFICACIONES

- 6.1. Normas para elaboración de planos
- 6.2. Distribución
- 6.3. Criterios de medición
- 6.4. Conceptos de trabajo
- 6.5. Conceptos para tabulador o catálogo general
- 6.6. Posición del refuerzo
- 6.7. Cuantificación del acero de refuerzo

CAPITULO VII

HABILITADO Y COLOCACION EN OBRA

- 7.1. Control en la obra del acero de refuerzo
- 7.2. Suministro, orden y almacenamiento
- 7.3. Organización general de la obra
- 7.4. Corte y doblado del acero de refuerzo
- 7.5. Limpieza y oxidación
- 7.6. Fijación del acero de refuerzo
- 7.7. Recubrimiento y espaciadores
- 7.8. Equipo y herramienta en la habilitación de refuerzo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

La técnica en construcción con concreto se desarrolló en un principio como arte de los constructores, aunque después surgió la investigación en ingeniería, que tomó como objeto de estudio al concreto. Este estudio dió origen a que en la actualidad se utilice el concreto reforzado en la generalidad de las obras grandes o pequeñas.

Sin embargo a pesar de la amplia experiencia e intensa investigación en la erección de estructuras y obras de concreto, es necesario conocer y satisfacer los requisitos del reglamento de construcción aplicable, el cual nos proporciona las normas básicas y prácticas en materia de construcción de las estructuras de concreto reforzado.

El objetivo del uso del concreto reforzado es por un lado, de poder proporcionar la suficiente resistencia para soportar los diversos tipos de solicitaciones a que esté sometida la estructura, por otro lado, tiene que ser capaz de perdurar bajo las condiciones de exposición a que pueda estar sujeta, así mismo, en cuanto a economía el concreto reforzado debe producirse a bajo costo en comparación con otros materiales igualmente resistentes y durables que pueden emplearse.

Para que una obra de concreto reforzado tenga éxito depende de gran parte de que se lleven a cabo los siguientes requisitos:

- A. Respetar los planos y especificaciones de construcción.
- B. Almacenar, limpiar, clasificar y transportar debidamente las varillas de acero.
- C. Cortar, doblar y fijar adecuadamente el acero de refuerzo, y
- D. Dar el recubrimiento apropiado.

Este trabajo tiene como tema central al acero de refuerzo, y en él se examinan: antecedentes, propiedades, comportamiento y características estructurales, requisitos de ejecución, detallado, habilitado, colocación en obra, especificaciones y demás aspectos relativos a este material estructural.

C A P I T U L O I I

ANTECEDENTES

2.1. LA EDAD DEL ACERO

En el siglo XVIII, en Inglaterra, simultáneamente a los avances de la química, se dan a conocer progresos teóricos y experimentales en la metalurgia, tales como la conversión del hierro forjado en acero, la del hierro fundido en hierro dulce, la del hierro en bruto en hierro maleable y además se perfecciona el laminado.

A mediados del siglo XVIII, en 1740, aparece el proceso de fusión del acero "al crisol", en el cual se obtiene un producto más homogéneo; pero el acontecimiento que marcó el inicio de la "edad del acero" fue en 1856 y se debe al inglés -- Bessemer quien fabrica hierro y acero maleables sin combustible, descarburando la fundición utilizando un violento chorro de aire.

Posteriormente se registraron nuevos perfeccionamientos en la industria del acero por medio del invento de hornos especiales que permitieron fabricar acero a partir de la chatarra o de fundiciones fosforosas o sulfurosas, así mismo, nacen -- aleaciones de acero con determinados metales y los aceros rápidos.

Un metal descubierto al inicio del siglo XIX y que posteriormente se obtuvo en escala industrial, aún reducida, fue el aluminio, importante en especial por su resistencia a la corrosión, fenómeno que preocupó a los metalurgistas y que se convirtió en un verdadero problema en el caso del hierro, encontrando una solución a comienzos del siglo con el "hierro galvanizado", que se obtenía por inmersión de las láminas de hierro en cinc fundido.

2.2. ANTECEDENTES DEL ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo en estructuras de concreto se adoptó, a principios del siglo, casi simultáneamente tanto en Europa como en los Estados Unidos, utilizándose para ello en principio varillas lisas de sección circular de acero dulce con un esfuerzo de trabajo permisible cercano a los 800 kg./cm², alcanzándose en el año 1920 valores cercanos a los 1200 kg/cm².

Posteriormente, en los años treinta, en Estados Unidos se pusieron en uso varillas con corrugaciones diversas en la superficie del acero con el objeto de mejorar las propiedades de adherencia entre los materiales acero-concreto. Este mismo efecto se logró años más tarde en Europa torciendo dos varillas de sección circular entre sí o torciendo en forma helicoidal una varilla de sección cuadrada.

En los países europeos, por lo contrario, se siguió utilizando la varilla lisa como refuerzo en el concreto, pero se le dió mucha importancia a las investigaciones para lograr -- aumentar el valor de el punto de fluencia al torcer la varilla en frío.

Tiempo después, en Europa, las varillas laminadas en caliente y torcidas en frío fueron fabricadas con corrugaciones para mejorar las deficiencias en materia de adherencia dentro del concreto.

En Francia y Gran Bretaña, en 1940, se lograron esfuerzos de trabajo con valores de 2400 kg/cm² con varillas de acero con secciones transversales no circulares torcidas en frío para hacer uso de las ventajas de trabajar en frío.

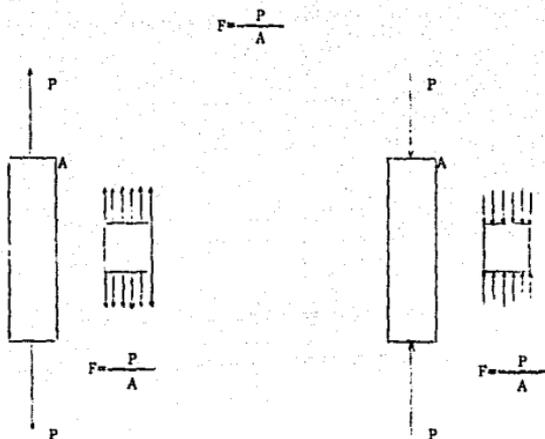
CAPITULO III

PROPIEDADES DEL ACERO DE REFUERZO

3.1. ESFUERZOS EN EL ACERO

Como ocurre en todos los cuerpos, el acero está formado por un conjunto de partículas infinitamente pequeñas, situadas a determinada distancia unas de otras y entre ellas se ejercen fuerzas internas, que se encuentran en equilibrio y que hacen que el cuerpo conserve su forma. En el momento en que una fuerza externa es aplicada sobre el cuerpo se modifica las distancias entre partículas, dando por resultado una deformación. Las fuerzas internas en el acero registran un incremento con el objeto de equilibrar la fuerza externa y -- anular la deformación. A este incremento en las fuerzas internas se le denomina esfuerzo; es muy importante conocer los esfuerzos y deformaciones a que estará sometido el acero de -- refuerzo en estudio, ya que estos constituyen un factor de -- determinante para poder realizar un buen diseño estructural.

Si a una barra prismática de acero con sección recta se le aplica longitudinalmente una fuerza P en tensión o compresión, como se muestra en las figuras, es decir P se aplicará on forma axial y se distribuye uniformemente sobre la sección recta, lo que hace que a cada unidad de superficie de esa sección le corresponde una fuerza unitaria.



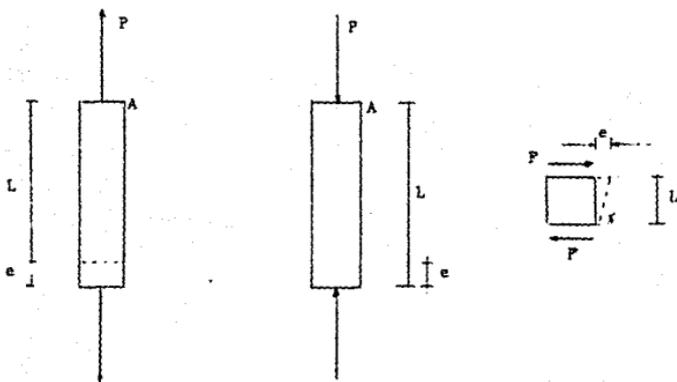
Esta fuerza unitaria F se denomina esfuerzo normal, por ser perpendicular a la sección recta y su unidad es kg/cm^2 .

De la misma manera existen esfuerzos en el acero en el que la respectiva fuerza unitaria actúa en el plano de la sección recta y el cuál se le llama esfuerzo cortante.



3.2. DEFORMACION

La deformación en el acero es el cambio en las dimensiones como resultado de un esfuerzo.



Las deformaciones que registra el acero como resultado de esfuerzos normales, son alargamiento en tensión y acortamiento en compresión, estas deformaciones se producen en la dirección de la fuerza P aplicada, y se representan por la letra e , la deformación unitaria ϵ será:

$$\epsilon = \frac{e}{L}$$

En cuanto a la deformación correspondiente al esfuerzo - cortante, será un desplazamiento normal a la longitud L , y su correspondiente deformación unitaria (γ) es:

$$\gamma = \frac{e}{L} = \tan \gamma$$

Por lo tanto, la deformación unitaria correspondiente al esfuerzo cortante es un desplazamiento angular o cambio de inclinación, medido en radiánes.

3.3. ELASTICIDAD

Es la propiedad que tiene el acero de recuperar su forma original al desaparecer la fuerza que lo deforma.

Ley de Hooke:

La ley de Hooke estudiada en los cursos de mecánica de materiales, aplicable también para el acero, se establece experimentalmente y su enunciado simple es:

"Dentro de ciertos límites, la deformación es proporcional al esfuerzo."

Esto permite afirmar, que dentro de ciertos límites, la relación entre esfuerzo y deformación en el acero es constante.

De la gran diversidad de materiales existentes, no todos

observan la ley de Hooke, sólo aquellos cuyo comportamiento se apege a ella con más precisión, serán los idóneos para utilizarse estructuralmente.

Como ya se mencionó anteriormente:

$$\text{El esfuerzo unitario es: } F = \frac{P}{A}$$

$$\text{La deformación unitaria es: } E = \frac{e}{L}$$

La Ley de Hooke expresa:

$$\frac{\text{Esfuerzo Unitario}}{\text{Deformación Unitaria}} = \text{Constante} = \frac{F}{E} = E$$

E es la constante elástica del material, a tensión o compresión y se le denomina módulo de elasticidad E, y se mide en kg/cm². El módulo de elasticidad del acero es de alrededor de 2 100 000 kg/cm².

En el caso del esfuerzo cortante, la ley de Hooke se expresa:

$$\frac{\text{Esfuerzo Unitario}}{\text{Deformación unitaria}} = \text{Constante} = \frac{\tau}{\gamma} = G$$

Siendo G la constante elástica del material a esfuerzo cortante y se llama módulo de elasticidad a esfuerzo cortante o módulo de rigidez.

El módulo de rigidez G para el acero tiene un valor de 840 kg/cm².

Relación de Poisson:

La relación entre las deformaciones unitarias transversal y longitudinal es una constante que se le denomina relación de Poisson (μ).

$$\mu = \frac{E_T}{E_L}$$

El valor del módulo de Poisson para el acero varía de 0.25 a 0.33.

En el campo de la construcción son utilizados dos tipos de acero:

- a) Aceros laminados en caliente.
- b) Aceros trabajados en frío.

Los aceros laminados en caliente poseen un diagrama esfuerzo-deformación en el que se pueden observar 4 regiones de diferente comportamiento del material:

1. Zona elástica.
2. Zona plástica.
3. Zona de endurecimiento por deformación.
4. Zona de estrangulamiento y fractura.

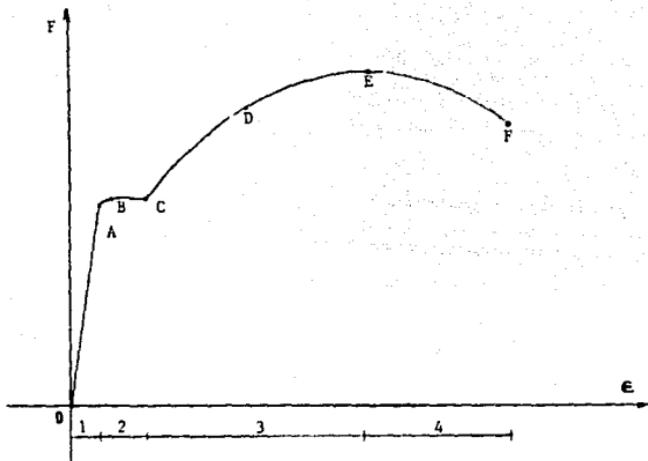
En los aceros trabajados en frío, el diagrama esfuerzo-deformación no muestra una zona de fluencia horizontal.

3.4. DIAGRAMA DE ESFUERZO-DEFORMACION DEL ACERO.

Este diagrama se obtiene a través de pruebas de tensión a que se somete una probeta de acero con sección transversal uniforme y cuyas dimensiones y procedimiento de prueba son estándar y dependen del tipo de acero por estudiar.

La longitud de la probeta a ensayar es aproximadamente de 50 cm y el diámetro de 1/2", y esta se coloca en una máquina universal provista de mordazas que la sujetan y le transmiten una carga axial de tensión, esta carga es registrada por los instrumentos de medición, de gran precisión, de la máquina universal, a lo largo de toda la prueba.

La carga de tensión se aplica uniformemente hasta que se presente la falla de la probeta, con lo anterior se obtienen parejas de valores de esfuerzo y deformación unitaria con los que se podrá construir el diagrama esfuerzo deformación, acotando los valores del esfuerzo normal de tensión (F) en el eje de las ordenadas y las deformaciones unitarias (ϵ) en el de las abscisas.



A. Límite de proporcionalidad o límite elástico.

B. Límite de fluencia.

E. Esfuerzo máximo.

1. Rango elástico.
2. Flujo plástico.
3. Endurecimiento por deformación.
4. Estrangulamiento y fractura.

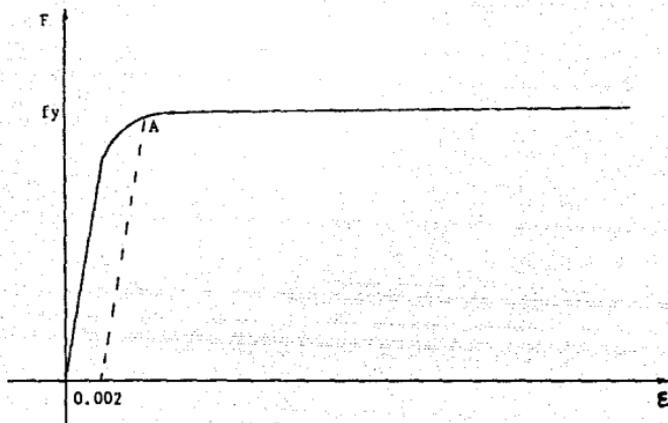
De lo anterior se desprenden las siguientes observaciones:

OA Es una recta. En todos sus puntos existe una relación constante entre esfuerzo y deformación, de tal manera al punto A se le llama límite de proporcionalidad o límite elástico por ser el punto en que se presenta

el máximo esfuerzo en la probeta de acero, sin que se tenga una deformación permanente. Este segmento de la recta representa la Ley de Hooke.

- AB Es una curva a partir del punto A; las deformaciones son ligeramente mayores.
- BC Línea que tiende a ser recta horizontal; se produce una deformación pronunciada sin aumento de esfuerzo, por lo tanto al punto B se le conoce como límite de fluencia.
- CDEF Es una curva extendida. En el punto C se observa una recuperación del acero, lo que le hace soportar incrementos de esfuerzo, pero también con grandes deformaciones. En el punto E se presenta el mayor esfuerzo soportado por el acero y se le conoce como resistencia última, después del punto E las deformaciones continúan aumentando y el esfuerzo disminuye, se inicia el estrangulamiento y se manifiesta la ruptura en el punto F.

En los aceros trabajados en frío el diagrama esfuerzo-deformación no exhibe un límite de fluencia definido, por tanto se suele considerar tal esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria permanente de 0.002.



- A. Esfuerzo de fluencia (f_y) para una deformación unitaria permanente igual a 0.2%.

El diagrama esfuerzo-deformación proporciona valores del límite elástico F_e , límite de fluencia F_f , de resistencia -- F_u , y el módulo de elasticidad E .

3.5. ESFUERZO PERMISIBLE

En el diagrama esfuerzo deformación, el punto A define el límite elástico, el punto B muestra con gran claridad el inicio del comportamiento plástico y, su ordenada F_f límite de -

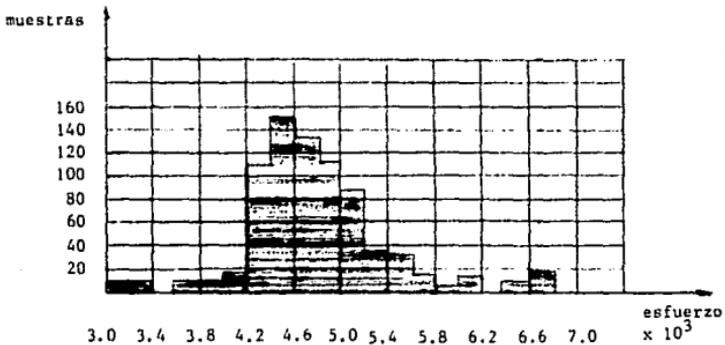
fluencia, se debe considerar como la resistencia útil del acero, pues es el máximo esfuerzo que soporta el acero antes de que aparezca, la deformación plástica. Es cierto que el empleo estructural del acero no debe ser sometido a esfuerzo hasta su resistencia útil, sino hasta un valor menor llamado esfuerzo de trabajo.

Este esfuerzo permisible es una fracción de la resistencia útil del acero y la relación entre la resistencia útil y el esfuerzo permisible se conoce como factor de seguridad.

3.6. 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 ensayos estándar. Los ensayos se efectúan bajo ciertas condiciones de velocidad. Debe tenerse cuidado al establecer correlaciones entre los índices de resistencia 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, a continuación se muestra un histógrama de los esfuerzos de fluencia de 697 varillas de acero de refuerzo, con un diámetro nominal de 1/2 pulgada, el es -- fuerzo de fluencia nominal de las varillas fue de 4 000 kg/cm², el coeficiente de variación correspondiente al lote ensayado fue de 9.1%.



3.7. DUCTILIDAD

Es la propiedad del acero de poder extenderse o alargarse sin que se presente la falla. El acero es un material con gran ductilidad en el acero laminado en caliente, la deformación unitaria en la falla es de 150 a 200 veces la correspondiente a la fluencia, cabe hacer notar que la ductilidad del acero disminuye al aumentar su resistencia y el contenido de carbono. El acero trabajado en frío también tiende a ver disminuido su ductilidad.

La medida usual de la ductilidad en el acero es el porcentaje de alargamiento en la ruptura, medida sobre una longitud estándar, este porcentaje de alargamiento varía 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).

3.8. DILATACION TERMICA

El coeficiente de dilatación térmica, para cálculos de efectos de temperatura, puede considerarse un valor promedio de 0.000011°C .

3.9. SOLDABILIDAD

Una de las propiedades más útiles del acero es la soldabilidad, que es la posibilidad de unir elementos estructurales de este material mediante soldadura. Las varillas que contienen un porcentaje mayor al 0.35% de carbón resultan no apropiadas para soldar en campo. Es importante que la técnica de soldadura en el acero se ajuste a la composición química del material para diferentes calores empleados, no es recomendable la práctica de soldadura de puntos en estribos para formar jaulas de refuerzo antes de vaciar el concreto, ya que perjudica al refuerzo principal doblado, causando pérdidas de ductilidad y resistencia a la fatiga, la facilidad de doblado

del acero es una medida indirecta de la ductilidad y se considera como un índice de su trabajabilidad, las varillas de acero de refuerzo se someten con mucha frecuencia a operaciones de doblado para formar los llamados ganchos y columpios, entre otros.

C A P I T U L O I V

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

El concreto es 10 veces menos resistente en tensión que en comprensión, no es económico su uso como material aislado para la construcción de una pieza que tenga que resistir probables esfuerzos de flexión. La importancia constructiva del concreto se basa en su suficientemente alta resistencia en -- comprensión, además es un material apropiado para tolerar y -- resistir el fuego, siendo altamente duradero.

Los materiales necesarios para su elaboración pueden obtenerse en casi todas las localidades.

El acero, si no se encuentra recubierto por el concreto, no es capaz de resistir adecuadamente un calor intenso y puede en su caso ser fácilmente presa de la corrosión, no hay duda de su alta resistencia en tensión cualquiera que sea la -- forma de su sección. Para resistir comprensiones como material aislado, debe disponerse en secciones adecuadas con el -- fin de evitar el pandeo. Los dos materiales tanto acero como el concreto, tienen casi un idéntico coeficiente de dilata -- ción:

El concreto 0.00001 y el acero 0.000011, dando como resultado por esta razón, mínimo el agrietamiento debido a las diferencias de dilatación térmica.

El uso simultáneo de ambos materiales estructurales sometidos a tensiones, de tal forma que el acero resista las tensiones y el concreto las compresiones, da como resultado el aprovechamiento más ventajoso de estos materiales, comparándolo con el que se consigue en construcciones con otro tipo de materiales.

4.1. FUNCION DEL ACERO DE REFUERZO

En el concreto reforzado normal, el acero de refuerzo se coloca ahogado en la masa de concreto con el fin de tomar los esfuerzos debidos a cargas, contracción por fraguado y cambios de temperatura.

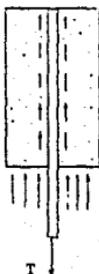
El fundamento del empleo de concreto armado se basa en la hipótesis de que los dos materiales se hallarán perfectamente unidos en todo momento.

4.2. ADHERENCIA

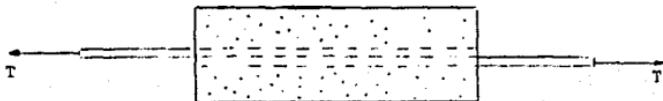
Los esfuerzos de tensión o compresión que actúan en el acero de refuerzo en toda su sección, se desarrollan a cada lado de esa sección por medio de adherencia.

La propiedad del concreto con las barras de acero ahogadas en él se conocía mucho antes de la época del concreto reforzado, aplicándose esta 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 aquella con una máquina de ensayo.



En los ensayos el concreto que rodea a la barra se halla solicitado por compresión, no correspondiendo estas condiciones 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.



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 descomponerse 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, si bien es un hecho comprobado universalmente por la experiencia 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.

(*) Apuntes de Acero de Refuerzo, UNAM, 1984, Cap. 3.

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 igual aproximadamente a un sexto de la resistencia en compresión del mismo concreto en probetas cúbicas de 15 cm. de lado; la máxima resistencia de enlace es sensiblemente igual a un cuarto de la resistencia en compresión en probetas cúbicas de 15 cm. 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 encuentre 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 de 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 tensión máxima 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 resaltes 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 concreto.

Como se ha indicado en el párrafo anterior, las barras 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 se pueden ser fabricadas barras con las que se obtengan tensiones de adherencia considerablemente más altas que con las barras lisas.

Los ensayos realizados por ARTUR 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 co

rugadas 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 colaborarán 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, 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 a 11 equivalen en área de su sección transversal a barras de sección cuadrada de 1 pulgada de lado, de 1 1/8 de pulgada, y de 1 1/4 de pulgada, respectivamente. Las condiciones que deberán cumplir los resaltos y entalladuras se muestran en la tabla siguiente.

DIMENSIONES DE LOS RESALTOS Y ESTRIAS

Barra No.	Separación máxima (cm)	Altura mínima de los resal- tos (mm).	Profundidad má- xima de enta- lladura (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

4.3. ACERO DE REFUERZO EN LA CONSTRUCCION

El acero de refuerzo utilizado en el concreto está forma-
do por los siguientes tipos:

a) Alanbrón

El alambón es fabricado de acero dulce, tiene una resis-
tencia $f_y = 2320 \text{ kg/cm}^2$ y lo forman las varillas lisas de --
6.4 mm de diámetro , y está restringido a usarse solo en es -
tribos, conectores de elementos compuestos y como refuerzo pa-
ra tomar esfuerzos cortantes por fricción.

b) Varillas grado 42

Este tipo de varillas tiene un límite elástico mínimo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ y son templadas en caliente. Por su diámetro las varillas más utilizadas son de 1/4 a 1 1/2 pulgadas.

Las varillas deben presentar corrugaciones y deben cumplir con los requisitos de las normas NOM B6, NOM B294, 6 -- NOM B457.

En una varilla corrugada el diámetro se mide a la mitad de la altura de las corrugaciones, a diferencia de la varilla lisa cuyo diámetro se mide a su superficie externa.

c) Malla electrosoldada.

La malla electrosoldada es una parrilla de acero de alta resistencia $f_y = 5000 \text{ kg/cm}^2$, para refuerzo de concreto.

Se utiliza en losas, muros, pavimentos, piezas prefabricadas, etc. Las características que debe cumplir la malla electrosoldada se estipulan en la norma NOM B290.

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

No. de designa cion	Diametro nominal		Peso kg/m ²	Areas de acero en cm ² Numero de barras									
	pulg.	mm		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	1/4	6.4	0.248	0.32	0.64	0.96	1.28	1.60	1.92	2.24	2.56	2.88	3.20
2.5	5/16	7.9	0.388	0.49	0.98	1.47	1.96	2.45	2.94	3.43	3.92	4.41	4.90
3	3/8	9.5	0.559	0.71	1.42	2.13	2.84	3.55	4.26	4.97	5.68	6.39	7.20
4	1/2	12.7	0.993	1.27	2.54	3.81	5.08	6.35	7.62	8.89	10.16	11.43	12.70
5	5/8	15.9	1.552	1.98	3.96	5.94	7.92	9.90	11.88	13.86	15.84	17.82	19.80
6	3/4	19.0	2.235	2.85	5.70	8.55	11.40	14.25	17.10	19.95	22.80	25.65	28.50
7	7/8	22.2	3.042	3.88	7.76	11.64	15.52	19.40	23.28	27.16	31.04	34.92	38.80
8	1	25.4	3.973	5.07	10.14	15.21	20.28	25.35	30.42	35.49	40.56	45.63	50.70
9	1 1/8	28.6	5.028	6.41	12.82	19.23	25.64	32.05	38.46	44.87	51.28	57.69	64.10
10	1 1/4	31.8	6.207	7.92	15.84	23.76	31.68	39.60	47.52	55.44	63.36	71.28	79.20
11	1 3/8	34.9	7.511	9.58	19.16	28.74	38.32	47.90	57.48	67.06	76.64	86.22	95.80
12	1 1/2	38.1	8.938	11.40	22.80	34.20	45.60	57.00	68.40	79.80	91.20	102.60	114.00

C A P I T U L O V

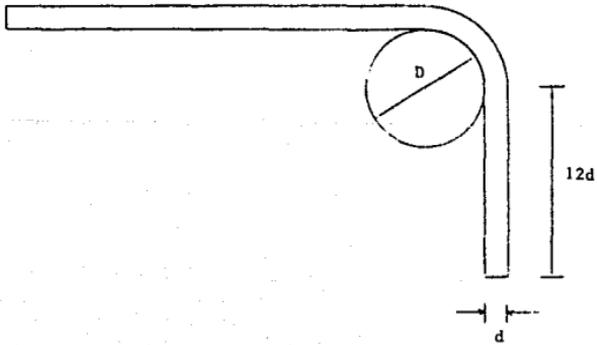
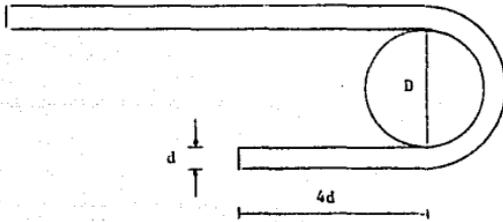
REQUISITOS DE EJECUCION

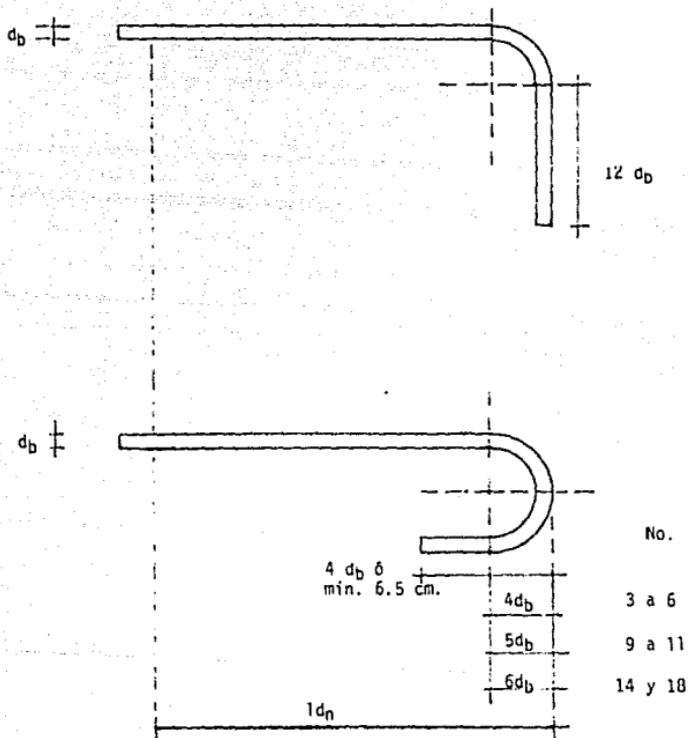
El acero de refuerzo debe corresponder a la clase, diámetro y número indicados en los respectivos planos autorizados, todo el acero deberá estar sujeto con amarres de alambre recocido o con el tipo de sujeción que en casos extraordinarios se especifique. Los separadores para dar recubrimiento al acero de refuerzo se recomiendan, deben ser cubos de mortero o concreto y silletas de acero o asbesto, deben evitarse para este objeto gravas, trozos de madera o pedazos de metal diferente del acero.

5.1. GANCHO ESTANDAR

Los ganchos para anclaje del refuerzo deberá tener las características siguientes:

1. Una vuelta semicircular más una extensión de 4 diámetros de la varilla, siendo el extremo libre no menor de 65 mm.
2. Una vuelta a 90° más una extensión de 12 diámetros de la varilla en el extremo libre.
3. Para estribos y anillos, una vuelta de 90° ó de 135° más una extensión de 6 diámetros de la varilla en el extremo libre, pero no menor de 65 mm.





5.2. REFUERZO POR CAMBIOS VOLUMETRICOS

En los elementos estructurales con dimensiones mayores de 1.50 en una dirección, el acero de refuerzo no debe ser menor a:

$$A_s = \frac{660 X_1}{f_y (X_1 + 100)}$$

Donde: A_s : Area transversal del refuerzo colocado en la dirección que se considera, por unidad de ancho de la pieza (cm²/cm). El ancho mencionado se mide perpendicularmente a dicha dirección y a X_1 .

X_1 : Dimensión mínima del miembro medida perpendicularmente al refuerzo (cm).

En elementos con X_1 menor a 15 cm, el refuerzo se colocará en una sola capa, si X_1 es mayor a 15 cm el refuerzo tendrá que colocarse en 2 capas próximas a las caras del elemento.

Cuando el elemento estructural esté expuesto directamente a el intemperismo o en contacto con el terreno, el refuerzo no debe ser menor de 1.5 A_s .

NUMERO MAXIMO DE VARILLAS PERMITIDAS EN UNA SOLA CAPA SEGUN EL ACI
318 - 83 TAMARO MAXIMO DEL AGREGADO: 3/4", ESTRIBOS DEL NUM. 4

ANCHO DE VIGA b en CM.

TAMARO DE VARILLA No.	20	25	30	36	41	46	51	56	61	66	71	76
5	2	4	5	6	7	8	10	11	12	13	15	16
6	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	14	15
7	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	-	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11
10	-	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	10
11	-	2	3	3	4	5	5	6	7	8	8	9
14	-	2	2	3	3	4	5	5	6	6	7	8
18	-	-	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6

TAMARO MAXIMO DEL AGREGADO: 1", ESTRIBOS DEL NUM. 4.

TAMARO DE VARILLA No.	20	25	30	36	41	46	51	56	61	66	71	76
5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	2	3	4	5	5	7	8	9	9	10	11	12
7	-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10	11
8	-	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11
9	-	2	3	4	5	6	7	7	8	9	9	10
10	-	2	3	4	5	6	6	7	7	8	9	10

5.3. RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO

El recubrimiento del acero de refuerzo debe medirse desde la superficie del concreto hasta la superficie más próxima del refuerzo, al cual se refiere.

RECUBRIMIENTO DEL REFUERZO EN CONCRETO COLADO EN OBRA	RECUBRIMIENTO EN CM.
Elementos en contacto con el terreno y permanentemente expuesto a él.	7
Elementos expuestos al intemperismo	
Varillas núm. 6 a núm. 18.	5
Varillas núm. 5 6 menores	4
Elementos no expuestos al intemperismo ni en contacto con el terreno.	
Losa, muros, trabes:	
Varilla núm. 14 a núm. 18	4
Varilla núm. 11 y menores	2
Vigas y columnas	
Varilla núm. 3 a núm. 18	4
Cascarones y placas delgadas:	
Varillas núm. 6 y mayores.	2
Varillas núm. 5 y menores.	1.5

Cuando el concreto esté expuesto en ambientes corrosivos o para protegerlo contra el fuego, los valores anteriores aumentan si así se especifica en el proyecto.

Con el objeto de permitir un colado satisfactorio del concreto y para proteger las varillas contra la corrosión, se deben dar distancias libres adecuadas entre el acero de refuerzo vertical, formado por varillas paralelas y entre las mismas varillas y las cimbras.

El recubrimiento mínimo de concreto considerado para estribos del núm. 4 es de 4cm.

5.4. PAQUETES DE VARILLAS

Se le denomina paquete a un grupo de varillas paralelas que están en contacto unas con otras y que actúan como una unidad. El número de varillas que formen un paquete no debe ser mayor a cuatro, y deben estar dispuestas en forma cuadrada o triangular para el caso de 3 varillas.

Los paquetes de varillas deberán sujetarse con alambre para asegurar que se mantengan en su lugar.

Los ganchos y dobleces de las varillas individuales se localizarán alternados y los cortes se espaciarán por lo menos 40 diámetros de la varilla.

No deben emplearse estribos menores del núm. 4 para varillas en paquete.

No deben emplearse varillas mayores del número 11 en pa-

quetes en estructuras de edificio o similares.

En las normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de estructuras de concreto, del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, se indica que las varillas longitudinales pueden agruparse formando paquetes con un máximo de dos varillas cada uno, en columnas, y de tres en vigas.

5.5. JUNTAS Y TRASLAPES

Se deben evitar las juntas cuando el esfuerzo crítico de diseño sea de tensión. En vigas las juntas deben realizarse donde el esfuerzo de la varilla sea mínimo, es decir, en el punto de inflexión.

No deben realizarse traslapos con varillas mayores del núm. 11, salvo en zapatas cuando los traslapos sean refuerzos de columnas en donde no exista tensión. En los elementos sujetos a flexión, las varillas traslapadas sin contacto entre sí, no deben separarse más de 0.20 de la longitud de traslapo ni más de 15 cm.

5.6. LONGITUD DE DESARROLLO

La longitud básica de desarrollo l_d , en centímetros, para el acero de refuerzo sujeto a tensión, debe ser calculada de la manera siguiente:

1. Para varillas del núm. 11 y menores

$$\frac{0.06 \text{ abfy}}{\sqrt{f'c}}$$

Pero no menor de 0.0057 dbfy.

2. Para varillas del núm. 12 al núm. 14

$$\frac{0.8 \text{ fy}}{\sqrt{f'c}}$$

3. Para alambre corrugado

$$\frac{0.11 \text{ db fy}}{\sqrt{f'c}}$$

En que:

Ab = Area de la sección de varilla en cm².

fy = Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo kg/cm²

fc = Resistencia a la comprensión del concreto kg/cm²

db = Diámetro nominal del alambre en cm.

En ningún caso la longitud de desarrollo en tensión será menor de 30 cm.

Longitud de desarrollo l_d en tensión, para varilla corrugada con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

No. DE VARILLA	DIAMETRO MM.	CONCRETO	
		F'C = 200 kg/cm^2 l_d , en cm.	F'C = 250 kg/cm^2 l_d , en cm.
2.5	7.9	30	30
3	9.5	30	30
4	12.7	30	30
5	15.9	38	38
6	19.1	51	46
7	22.2	69	62
8	25.4	89	81
9	28.6	115	103
10	31.8	142	127
12	38.1	240	182

La longitud de desarrollo de una varilla lisa será el doble de la que requeriría si fuera corrugada.

La longitud básica l_d se modifica de acuerdo a lo siguiente:

- | | |
|--|------------|
| a) Para refuerzo del lecho superior | 1.4 l_d |
| b) Concreto con agregado ligero | 1.3 l_d |
| c) Varillas confinadas por una espiral no menor del No. 2 y con un paso no mayor de 10 cm. | 0.75 l_d |

En zonas de esfuerzo alto (mayor de .5 fy):

- d) En elementos con refuerzo lateral formado a base de anillos. 2.00 ld
- e) En elementos con refuerzo lateral distinto de los anillos.
- e1. Si hay traslapes de no más de la mitad de las varillas. 1.3 ld
- e2. Si hay traslapes de la mitad de varillas. 1.7 ld
- Longitud básica en zonas de refuerzo bajo (menor a 5 fy).
- f) En elementos con refuerzo lateral formado por anillos. 2.0 ld
- g) Para elementos con refuerzo lateral distinto de los anillos.
- g1. Si hay traslapes de no más de tres cuartas partes de las varillas. ld
- g2. Si hay traslapes de más de las tres cuartas partes de las varillas. 1.3 ld

Longitud de desarrollo o de traslape en compresión

La longitud básica de desarrollo para varilla corrugada sujeta a compresión esta dada por:

$$\frac{0.075 \text{ db fy}}{\sqrt{f'c}}$$

Donde: d_b = Diámetro nominal de varilla (cm)
 f_y = Resistencia a la fluencia del acero kg/cm^2
 f'_c = Resistencia a la compresión del concreto.
 kg/cm^2 .

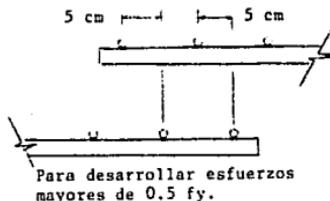
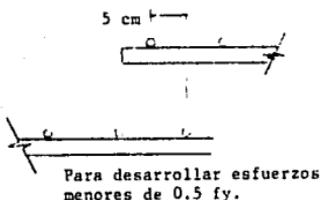
La longitud de traslape cuando el refuerzo esté confinado con espiral con diámetro no menor del núm. 2 y paso no mayor de 10 cm. será de 0.75 l_d .

Es importante señalar que la longitud de desarrollo l_d en compresión nunca debe ser menor de 20 cm.

LONGITUD DE DESARROLLO l_d EN COMPRESION, PARA VARILLA CORRUGADA CON $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$			
VARILLA DE REFUERZO NUM. DIAMETRO mm.		CONCRETO $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ l_d , cm.	CONCRETO $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ l_d , cm.
2.5	7.9	30	30
3	9.5	30	30
4	12.7	30	30
5	15.9	35	32
6	19.1	45	38
7	22.2	50	45
8	25.4	57	51
9	28.6	64	57
10	31.8	71	64
12	38.1	85	76

5.7. TRASLAPE DE MALLA SOLDADA

La malla de alambre liso o corrugado tendrá una longitud de traslape igual al espaciamiento entre los alambres (un cuadro) más 5 cm para zonas de esfuerzo alto.



TRASLAPE DE MALLA DE ALAMBRE

5.8. REFUERZO LATERAL CON ESPIRAL

El acero de refuerzo en espiral se emplea principalmente en columnas, pilas, cajones de cimentación y pilotes, y consiste en espirales continuas espaciadas regularmente. El diámetro mínimo de la varilla en espiral, en elementos colados en sitio, es 9.5 mm (núm. 3). Las disposiciones del ACI 318 - 03, señalan que el espaciamiento libre entre las vueltas de la espiral no debe ser mayor de 7.5 cm, ni menor de 2.5 ó 1.33 veces el tamaño máximo del agregado grueso que se emplee.

El anclaje en los extremos de la espiral se dará con una

vuelta y media de la varilla en ambos extremos del tramo; los traslapes se formarán con una longitud de 48 diámetros de la varilla empleada, siendo esta longitud nunca menor de 30 cm. o el traslape se dará soldando la junta.

DIAMETROS MINIMOS DE ESPIRALES ESTANDAR

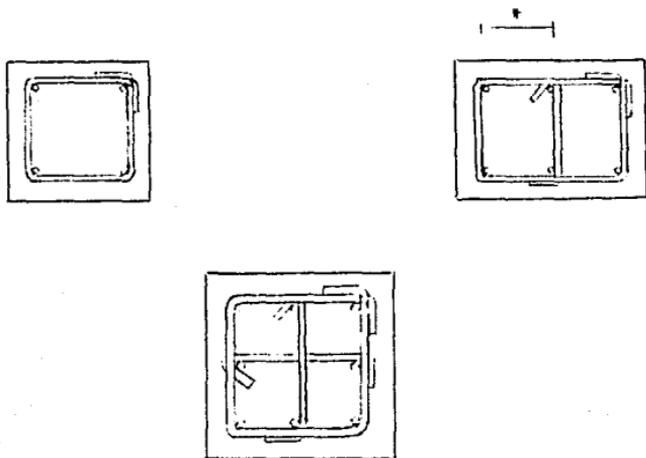
NUMERO DE VARILLA EN ESPIRAL	DIAMETRO EXTERIOR MINIMO QUE PUEDE FORMARSE (cm)
3	23
4	30
5	38
6 (especial)	76

El refuerzo lateral en espiral debe extenderse desde el nivel de piso hasta el nivel de refuerzo horizontal de la trabe o la losa.

En el caso de columnas con capitel, el refuerzo espiral se extenderá hasta el nivel en el que el diámetro o ancho del capitel sea igual a dos veces el diámetro o ancho de la columna.

5.9. REFUERZO LATERAL CON ESTRIBOS

Los estribos se colocarán de tal forma que cada varilla longitudinal alternada posea un soporte lateral suministrado por la esquina de un estribo, que describa un ángulo no mayor de 135° .



COLOCACION MAS COMUN DE ESTRIBOS EN COLUMNAS

- * Cuando es menor de 0.15 cm., se puede suprimir los estribos interiores.

El diámetro mínimo para los estribos debe ser del núm. 3 para las varillas longitudinales hasta del núm. 10; y del - -

núm. 4 para las varillas longitudinales del núm. 11 o mayores.

El espaciamiento de los estribos se rige por el valor menor de los siguientes:

1. 48 diámetros del estribo.
2. 16 diámetros de las varillas longitudinales.
3. La dimensión menor de la columna.

ESPACIAMIENTO MAXIMO DE LOS ESTRIBOS EN COLUMNAS

TAMAÑO DE LA VARILLA VERTICAL NUM.	TAMAÑO Y ESPACIAMIENTO DE ESTRIBOS EN CM.		
	NUM. 3	NUM. 4	NUM. 5
5	25	--	--
6	30	--	--
7	36	--	--
8	41	41	--
9	46	46	--
10	46	51	--
11	--	56	56
12	No están permitidos	56	56
14	No están permitidos	61	69
18	No están permitidos	61	76

A partir del nivel superior e inferior de trabes o losas, los estribos se cerrarán a la mitad del espaciamiento en una longitud ocupada por tres estribos, debiendo colocar el primero a 5 cm de dichos niveles.

En la unión de vigas, y columnas, los refuerzos respectivos continuos o los anclajes extremos se deberán confinar con estribos cerrados.

5.10. DOBLADO

Las varillas de refuerzo deben doblarse en frío, se cuidará que este doblado de la varilla no produzca fisuramiento, laminación o desprendimientos superficiales.

En el caso de que se realice el doblado en caliente se requeriría la supervisión de personal calificado, siendo este calentamiento menor a 535°C.

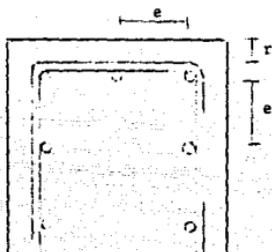
Para las varillas parcialmente ahogadas en concreto y -- que requieran calentarse para doblar, el calentamiento tendrá un rango de 315 a 425° C.

No se deberán calentar las varillas torcidas en frío.

5.11. ESPACIAMIENTO

La separación mínima libre entre varillas paralelas de una capa debe ser de un diámetro de las mismas o 1.5 veces - el tamaño máximo del agregado grueso, este valor deberá ser no menor de 2.5 cm.

En el caso de los puentes colados en sitio, el espaciamiento será de no menos, 1.5 diámetro de varilla, 1.5 veces el tamaño máximo del agregado ó 4 cm.



e: Espaciamiento mínimo = 2.5 cm.

r: Recubrimiento

Las varillas de capas inferiores se colocarán en la misma vertical que las superiores, respetando el espaciamiento aquí indicado.

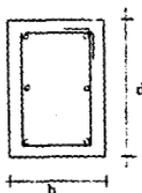
5.12. REFUERZO MINIMO

En estructuras de concreto reforzado, el refuerzo mínimo en la sección transversal rectangular de estas, puede evaluarse con la expresión aproximada.

$$A_s = \frac{0.7 \sqrt{f'c}}{f_y} bd$$

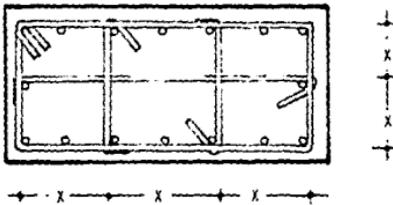
Donde: b = Ancho efectivo

d = Peralte efectivo

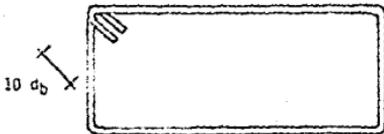
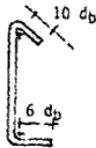


5.13. REFUERZO MAXIMO

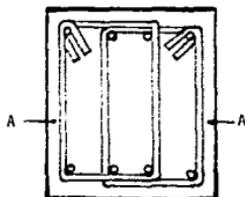
El área máxima de acero de tensión será el 75% de la correspondiente a la falla balanceada. La falla balanceada se presenta cuando simultáneamente el acero llega a su esfuerzo de fluencia y el concreto alcanza su deformación máxima de 0.003 en compresión.



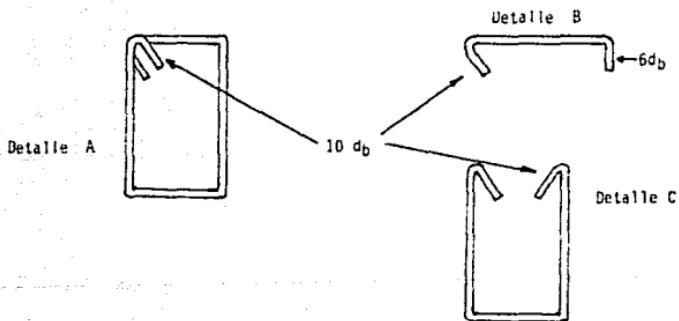
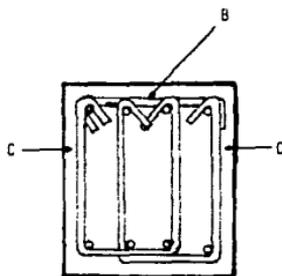
No debe ser mayor a
35 cm



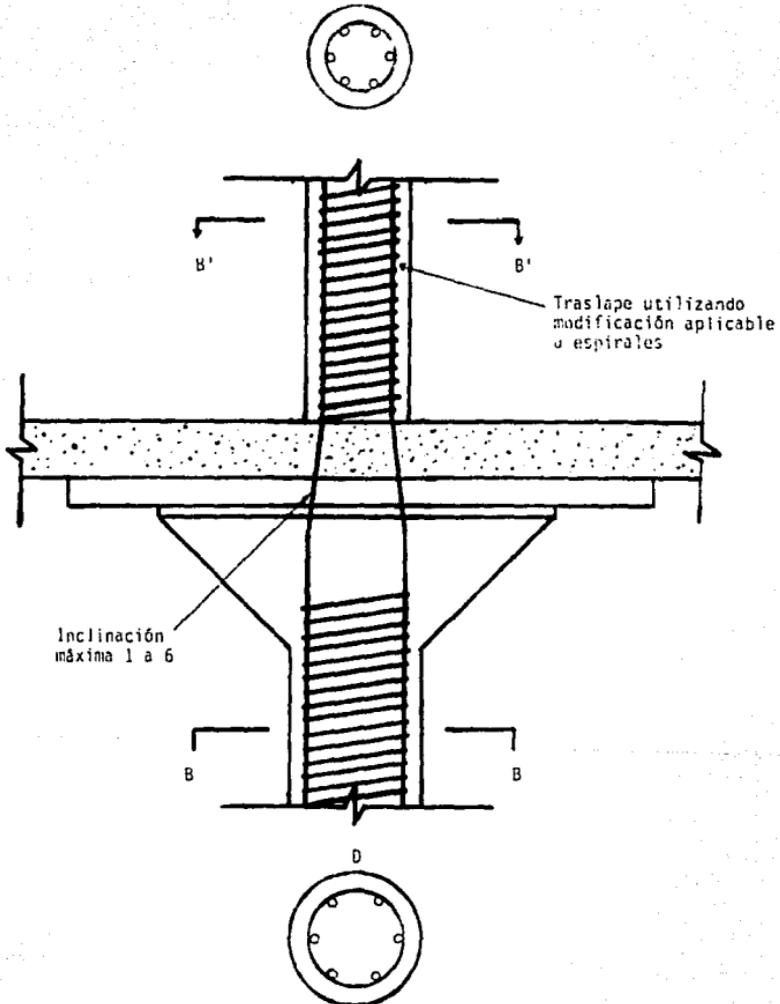
EJEMPLO DE REFUERZO TRANSVERSAL EN COLUMNAS

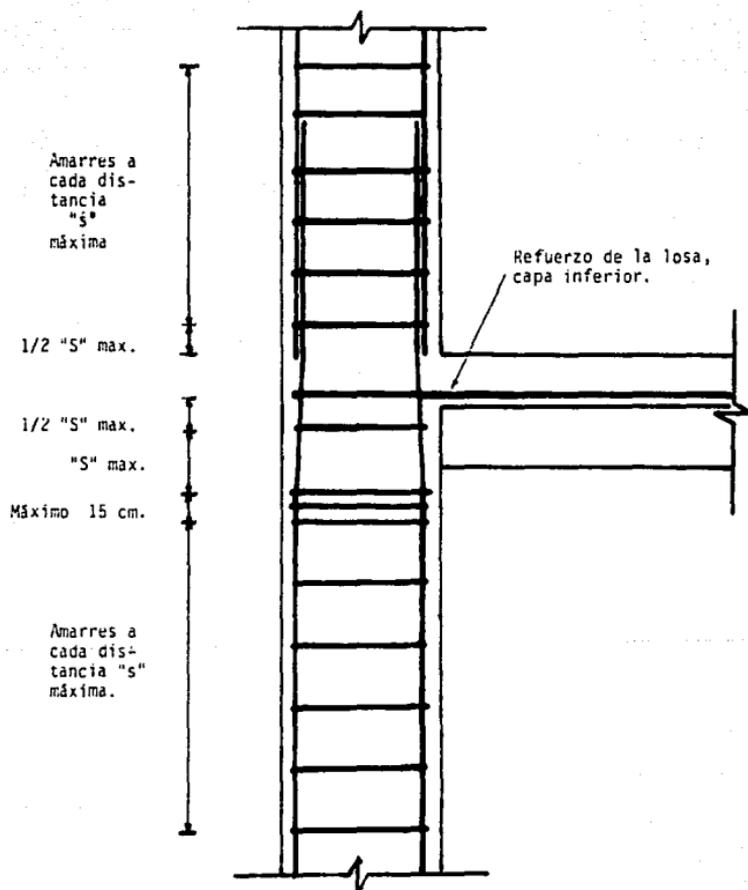


Los estribos consecutivos
deben tener sus ganchos a
90° en lados opuestos.

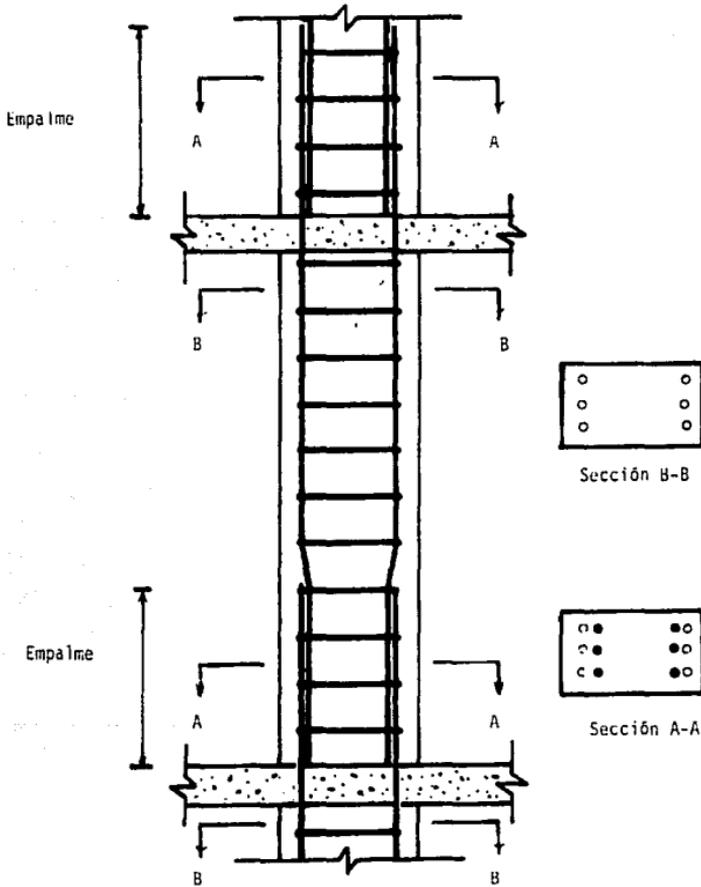


DETALLE DE UNA TIPICA COLUMNA EN ESPIRAL

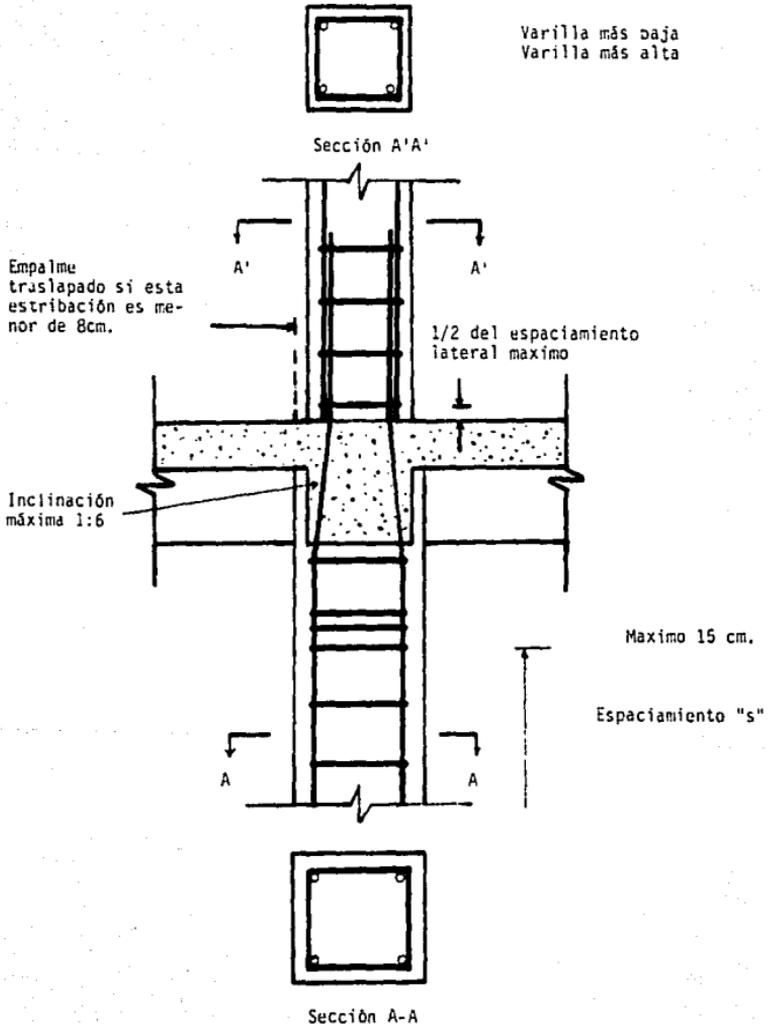




DETALLE TÍPICO DE COLUMNA DE LINDERO CON VIGA DE CERRAMIENTO



DETALLE DE EMPALME DE LA CAPACIDAD DEL MOMENTO TOTAL



DETALLE TÍPICO DE COLUMNA INTERIOR ZUNCHADA

CAPITULO VI

PLANOS DE CONSTRUCCION Y ESPECIFICACIONES

Los planos de ingeniería, de construcción y las especificaciones estructurales son parte importante de los documentos del contrato, y en ellos se reúne toda la información fundamental y adicional de modo que sea fácil y rápida su interpretación en obra, así como en gabinete.

Dentro del conjunto de planos, existen los planos de trabajo para el habilitado y colocación del acero de refuerzo, - en los cuales se acostumbra mostrar catálogo de varillas, programas, detalles del doblado, colocación y plantas o elevaciones de construcción.

La elaboración de los planos de construcción es realizada generalmente por el proyectista quien recibe del ingeniero toda la información completa y clara de los requisitos de diseño.

6.1. NORMAS PARA LA ELABORACION DE PLANOS

A) Materiales:

Los materiales utilizados en la elaboración de los planos son el lápiz, regla, regla "T", escuadras, transportador, borrador, compás, tiralíneas, plantillas, curvígrafos, pa

pel albanene o película poliéster y tinta, entre otros materiales.

B) Tamaño:

Para la elaboración de los planos se cuenta con dos series de tamaños estándar aceptados, cabe decir que los planos deben elaborarse siguiendo un tamaño estándar y además todas las hojas de un juego de planos deberán ser de el mismo tamaño.

TAMAROS ESTANDAR PARA ELABORACION DE PLANOS	
TAMAROS COMERCIALES	TAMAROS OFICIALES
45 cm x 60 cm	45 cm x 55 cm
60 cm x 90 cm	55 cm x 85 cm + 5 cm de enlazado
70 cm x 90 cm	70 cm x 100 cm + 5 cm de enlazado
86 cm x 110 cm	85 cm x 110 cm

Las dimensiones indicadas son hasta la línea de corte -- fuera del margen, las líneas de borde se encuentran dentro -- del margen.

C) Orientación:

En todos los planos es necesario indicar la dirección norte.

D) Escala:

Las escalas empleadas en los planos se indicarán preferentemente en la parte inferior del título de cada vista, para el caso en que los planos deban ser reproducidos en ampliación o reducción, se deberá indicar una escala gráfica, así como una escala descriptiva.

E) Letreros:

Los letreros en los planos deberán ser claros y legibles.

F) Simbología y anotaciones:

La simbología que se maneja en los planos de construcción referentes al habilitado y colocación del acero de refuerzo se muestra a continuación:

#	Indica el tamaño de varillas.
@	Indica el espaciamiento de centro a centro.
⇒	Muestra la dirección en la que se extienden las varillas.
—	Límite del área cubierta por las varillas.
⊥	Indica el eje longitudinal.

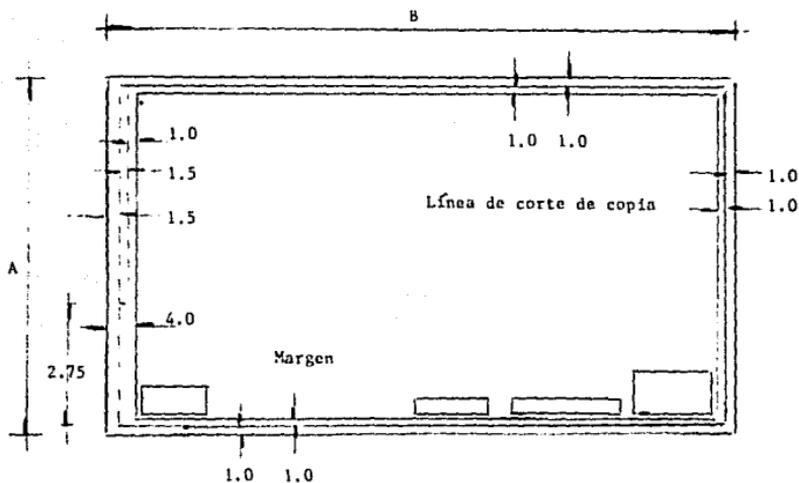
G) Programas:

Es un compendio de todas las varillas a utilizarse en el habilitado y colocación, en él se muestra el número de piezas, forma, tamaño, longitud, marcas, grado, recubrimientos del refuerzo, detalles de doblado y órdenes de taller.

6.2. DISTRIBUCION

En los planos de construcción es necesario indicar, mediante detalles, la distribución general de las varillas, todos los requisitos de amarre, el tamaño y espaciado normal de los estribos, el número de piezas y diámetro de todos los elementos del refuerzo y para uniformizar el procedimiento de habilitación se deben especificar la diversidad de ganchos y codos a utilizar.

La distribución recomendada para los planos de construcción es la que se indica.



A y B se indican en la Tabla de Tamaños estándar para Elaboración de Planos, citada anteriormente en este capítulo.

 DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL SECRETARIA GENERAL DE OBRAS DIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y OPERACION HERRAMIENTA		
DIRECCION TECNICA		SUBDIRECCION DE INGENIERIA HIDRAULICA
SELLOS Y TAMAÑOS		ESCALA:
TIPO PARA PLANOS		PLANO:
		Nº DE ARCHIVO:
		FECHA:
		REV:
JEFE DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL		
C. P. Ramo Aguayo Velázquez		
SECRETARIO GENERAL DE OBRAS		DIRECTOR GENERAL
DR. FEDERICA BOLAÑOS GARCÍA		ING. OSCAR HERNANDEZ MORA
DIRECTOR TECNICO		SUBDIRECTOR DE INGENIERIA
ING. JUAN VICENTE BARR		ING. ALBA ESTHER VILLANUEVA

REV	FECHA	MODIFICACIONES	MODIFICO	REVISO	APROBO

Nº DE ARCHIVO	TITULO
PLANOS COMPLEMENTARIOS	

PROYECTO	REVISO
_____	_____
DIBUJO	JEFE UNID DPTAL. PROYS DE DRENAJE
_____	_____
J. E. R. G.	ING. OSCAR HERNANDEZ L.

6.3. CRITERIOS DE MEDICION

La medición de los trabajos referentes al habilitado y colocación del acero de refuerzo se deben medir en tonealdas con una aproximación de 2 decimales.

6.4. CONCEPTOS DE TRABAJO

Es el conjunto de operaciones manuales y mecánicas que el contratista realiza durante la ejecución de la obra de acuerdo a los planos y especificaciones que están divididas para fines de medición y pago.

Los conceptos de trabajo referentes al acero de refuerzo incluyen, a menos que se indique lo contrario en los documentos del concurso o del contrato, todos los recursos directos o indirectos necesarios para realizar el trabajo, como son los materiales, mano de obra, operación y mantenimiento de equipo, administración y dirección de los trabajos.

6.5. CONCEPTOS PARA TABULADOR O CATALOGO GENERAL

Los números de los conceptos de trabajo que aparecen a continuación son los correspondientes del tabulador de precios unitarios de obra vigente del Departamento del Distrito Federal.

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
COORDINACION SUBSECTORIAL DE NORMAS, ESPECIFICACIONES Y PRECIOS UNITARIOS
TABULADOR GENERAL DE PRECIOS UNITARIOS
VIGENCIA: 01 MARZO 1990

FECHA : 01/03/90

CATALOGO DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA : 150

Clave	Descripcion	Unidad	Precio
11A	ACERO DE REFUERZO NORMA DE CONSTRUCCION D D.F. 3 01 02 111		
11A1A	ACERO DE REFUERZO GRADO ESTRUCTURAL CON LIMITE DE FLEUENCIA FY=2530 KG/CM2 EL PRECIO UNITARIO INCLUYE EL SUMINISTRO EN OBRA, ACARREOS DENTRO DE LA OBRA, HABILITADO, COLOCACION Y A MARRE, GANCHOS, TRASLAPES Y DESPERDICIOS EN CUALQUIER ELEMEN TO ESTRUCTURAL.		
11A1A3	ACERO DE REFUERZO FY=2530 KG/CM2 DE 6.4 MM. DE DIAMETRO (1/4").	TON.	2,270,845
11A1B	ACERO DE REFUERZO GRADO DURO CON LIMITE DE FLEUENCIA FY=4200 KG/CM2 LOS PRECIOS UNITARIOS INCLUYEN SUMINISTRO EN OBRA, ACARREOS DENTRO DE LA OBRA, HABILITADO Y COLOCACION Y APA - RRE, GANCHOS, TRASLAPES Y DESPERDICIO.		
11A1B1	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 DE 7.3 MM. DE DIAMETRO (5/16").	TON.	2,397,391
11A1B3	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 DE 9.5 MM. DE DIAMETRO (3/8").	TON.	2,324,938
11A1B4	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 DE 12.7 MM. DE DIAMETRO (1/2").	TON.	2,297,650
11A1B5	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 DE 15.6 MM. DE DIAMETRO (5/8").	TON.	2,284,601
11A1B6	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 DE 19 MM. DE DIAMETRO (3/4").	TON.	2,265,943
11A1B8	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 DE 25, 32 Y 38 MM. DE DIAM. (1", 1 1/4" Y 1 1/2").	TON.	2,156,104
11A1S	SOLDADURA A TOPE DE VARILLAS DE REFUERZO ACERO GRADO DURO FY=4200 KG/CM2		
11A1S4	SOLDADURA A TOPE EN VARILLAS NO. 8	JUNTA	15,565
11A1S6	SOLDADURA A TOPE EN VARILLAS NO. 10	JUNTA	17,574
11A1S8	SOLDADURA A TOPE EN VARILLAS NO. 12	JUNTA	19,620
11A2	ACERO DE REFUERZO. MATERIAL PROPORCIONADO POR EL D D.F.		
11A2A	ACERO DE REFUERZO GRADO ESTRUCTURAL. FY=2530 KG/CM2. CUANDO EL MATERIAL SEA PROPORCIONADO POR EL D D.F., EN CIMENTACION Y/O ESTRUCTURA, INCLUYENDO GANCHOS, TRASLAPES, SILLETAS Y DESPERDICIO.		
11A2A2	ACERO DE REFUERZO G E. DE 6.4 MM. (1/4")	TON.	527,445

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
 COORDINACION SUBSECTORIAL DE NORMAS, ESPECIFICACIONES Y PRECIOS UNITARIOS
 TABULADOR GENERAL DE PRECIOS UNITARIOS
 VIGENCIA: 01 MARZO 1990

FECHA : 01/03/90

CATALOGO DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA : 151

Clave	Descripcion	Unidad	Precio
11A25	ACERO DE REFUERZO GRADO DURO FY=4200 CUANDO EL MATERIAL SEA PROPORCIONADO POR EL D.D.F. EN CIMENTACION Y/O ESTRUCTURA, INCLUYENDO GANCIOS TRASLAPES, SILLETAS Y DESPERDICIO.		
11A251	ACERO DE REFUERZO G. D. DE 7.9 MM. (5/16)	TON.	537,087
11A252	ACERO DE REFUERZO G. D. DE 9.5 MM. (3/8)	TON.	446,301
11A253	ACERO DE REFUERZO G. D. DE 12.7 MM. (1/2) DE DIAMETRO O MAYOR	TON.	420,289
11A3	MALLAS DE ALAMBRE NORMA DE CONSTRUCCION D.D.F. 3.01.02.012		
11A36	SUMINISTRO Y COLOCACION DE MALLA DE ALAMBRE ESTIRADO EN FRIO SOLDADA ELECTRICAMENTE (MALLA-LAC O SIMILAR), INCLUYENDO A - LAMBRE PARA AMARRAR TRASLAPES, DESPERDICIOS Y ACARREOS PARA REFORZAR FIRMES, PISOS LOSAS Y SUPERFICIES HORIZONTALES VA - RIAS A CUALQUIER NIVEL.		
11A361	MALLA DE ALAMBRE 66-33	M2	7,734
11A362	MALLA DE ALAMBRE 66-32	M2	8,725
11A363	MALLA DE ALAMBRE 66-44	M2	6,535
11A364	MALLA DE ALAMBRE 66-66	M2	5,322
11A365	MALLA DE ALAMBRE 66-88	M2	4,155
11A366	MALLA DE ALAMBRE 66-1010	M2	3,303
11A367	MALLA DE ALAMBRE 66-1212	M2	2,232
11A3C	SUMINISTRO Y COLOCACION DE MALLA DE ALAMBRE ESTIRADO EN FRIO SOLDADA ELECTRICAMENTE (MALLA-LAC O SIMILAR), INCLUYENDO A - LAMBRE PARA AMARRAR TRASLAPES, DESPERDICIOS Y ACARREOS A CUALQUIER NIVEL EN PAREDES.		
11A3C1	MALLA DE ALAMBRE 66-33	M2	5,629
11P	ACERO DE PRESFUERZO		
12B	ESTRUCTURAS METALICAS NORMA DE CONSTRUCCION D.D.F. 3.01.02.014		
12B1A	ESTRUCTURA LIGERA FORMADA POR PERFILES ESTRUCTURALES.		
12B1A1	SUMINISTRO, FABRICACION, TRANSPORTE Y MONTAJE DE ESTRUCTURA LIGERA TIPO 1 O 2 AGUAS, FORMADA POR PERFILES ESTRUCTURALES NO MAYORES DE 3"	KG.	5,355

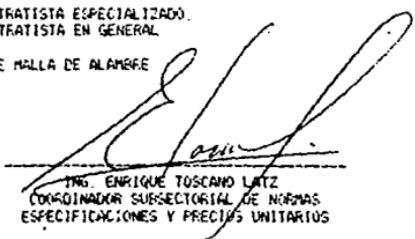
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
 COORDINACION SUBSECTORIAL DE NORMAS, ESPECIFICACIONES Y PRECIOS UNITARIOS
 TABULADOR GENERAL DE PRECIOS UNITARIOS
 VIGENCIA 01 MARZO 1990

FECHA : 01/03/90

CATALOGO DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA : 102

Clave	Descripcion	Unidad	Precio
12610	ESTRUCTURA HECHA DE ELEMENTOS FORMADOS POR PLACA DE ACERO.		
126103	ACERO ESTRUCTURAL EN ELEMENTOS FORMADOS POR PLACAS DE ACERO A-36 SOLDADAS, INCLUYENDO CORTE, DESPERDICIO, SOLDADURA, ESMERILADO, MACHUEO Y MONTAJE.	KG.	3,886
145	SOLDADURA NORMA DE CONSTRUCCION D O F. 3.01.02.015		
1451	RADIOGRAFIAS DE SOLDADURA		
1451R	TOMA E INSPECCION DE RADIOGRAFIAS HASTA 43 CM. DE LONG. EN UNIONES SOLDADAS DE VARILLAS DE REFUERZO EN CUALQUIER DIAMETRO O EN UNIONES SOLDADAS DE ESTRUCTURAS METALICAS HECHAS DE PLACAS O PERFILES COMERCIALES (CUYA SUMA DE ESP. RADIOGRAFIA - COS POR ATRAVERSA SEA MENOR DE 50.8 MM. INCLUYENDO EL REPORTE POR TRIPLICADO.		
1451R1	PARA CONTRATISTA ESPECIALIZADO.	PZA.	13,610
1451R2	PARA CONTRATISTA EN GENERAL.	PZA.	15,321
1451T	TOMA E INSPECCION DE RADIOGRAFIAS HASTA 43 CM. DE LONG. EN UNIONES SOLDADAS DE ESTRUCTURAS METALICAS HECHAS DE PLACAS O PERFILES COMERCIALES (CUYA SUMA DE ESP. RADIOGRAFICOS POR A - TRAVESAR SEA IGUAL O MAYOR A 50.8 MM. INCLUYENDO EL REPORTE POR TRIPLICADO.		
1451T1	PARA CONTRATISTA ESPECIALIZADO.	PZA.	16,478
1451T2	PARA CONTRATISTA EN GENERAL.	PZA.	20,596
17A	CERCAS DE MALLA DE ALAMBRE		
13999			



 ING. ENRIQUE TOSCANO LUTZ
 COORDINADOR SUBSECTORIAL DE NORMAS
 ESPECIFICACIONES Y PRECIOS UNITARIOS

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
COORDINACION SUBSECTORIAL DE NORMAS, ESPECIFICACIONES Y PRECIOS UNITARIOS
TABULADOR GENERAL DE PRECIOS UNITARIOS
VIGENCIA 01 MARZO 1990

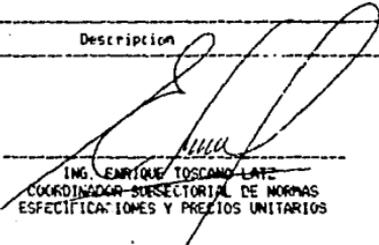
FECHA : 01/03/90

CATALOGO DE PRECIOS UNITARIOS

PAGINA : 153

Clave	Descripcion	Unidad	Precio
-------	-------------	--------	--------

19990



ING. ENRIQUE TOSCANO LATORRE
COORDINADOR SUBSECTORIAL DE NORMAS
ESPECIFICACIONES Y PRECIOS UNITARIOS

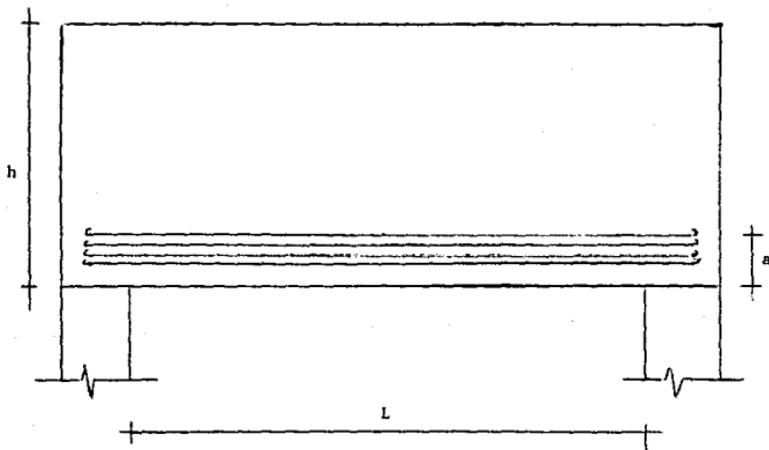
6.6. POSICION DEL REFUERZO

ACERO EN VIGAS DE UN CLARO

El acero de refuerzo en la sección de momento máximo deberá colocarse recto y sin reducción en todo el claro y deberá estar distribuido a una altura igual a:

$$(0.2 - 0.05 \frac{L}{h}) h$$

Medida desde la cara inferior de la viga pero no mayor a $0.2 L$

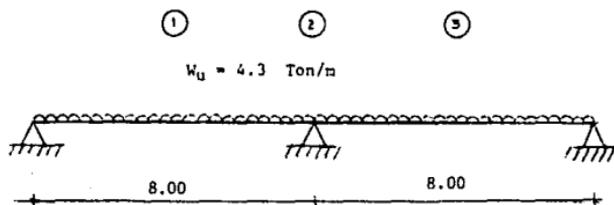


$$a = (0.2 - 0.05 L/h) h$$

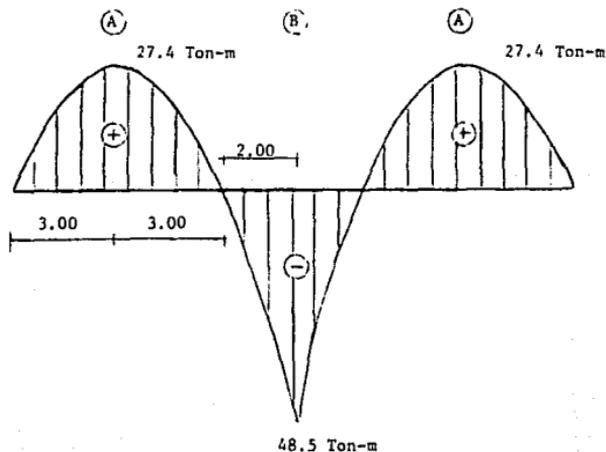
PERO NO MAYOR A $0.2 L$

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 una viga continúa sujeta a la carga uniformemente repartida W_u como se muestra:



Del resultado del análisis, se obtiene un diagrama de momentos flexionantes en la forma que se indica.



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

Para este caso, por ejemplo, si se observa en el punto A se obtendrá que solo se requiere acero en el lecho inferior - y sin embargo también se suele colocar 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.

En las normas del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente, se indican porcentajes de acero mínimos para utilizarse por efectos de temperatura, la cual producirá cambios volumétricos en las secciones de concreto.

Finalmente, es necesario aclarar que el armado de las lo sas no es estándar. Es decir, en algunos casos un porcentaje del armado del lecho inferior se utiliza para formar colum -- pios, los cuales alternados con bastones completarán el armado necesario en el lecho superior.

6.7. CUANTIFICACION DE ACERO DE REFUERZO

A continuación se presenta la cuantificación del acero de refuerzo de una alternativa de cimentación a base de zapatas corridas, como la que se muestra, para mayor claridad, en la planta y cortes respectivos.

Conviene, antes de iniciar, conocer la longitud de varilla utilizada en la elaboración de los ganchos.

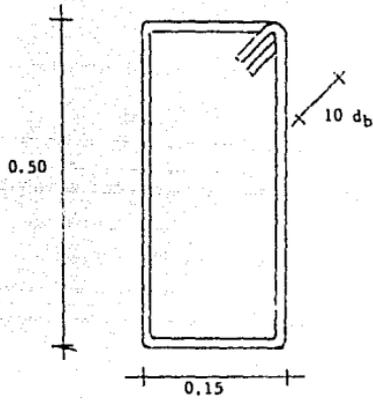
De acuerdo a las Especificaciones del Reglamento del ACI 318-83, los diámetros mínimos de doblado o "ganchos estándar" para varillas de acero de refuerzo se definen así:

"Un doblez de 90 grados más una extensión de $12 d_b$ por lo menos en el extremo libre de la varilla." (Ver sección 5.1)

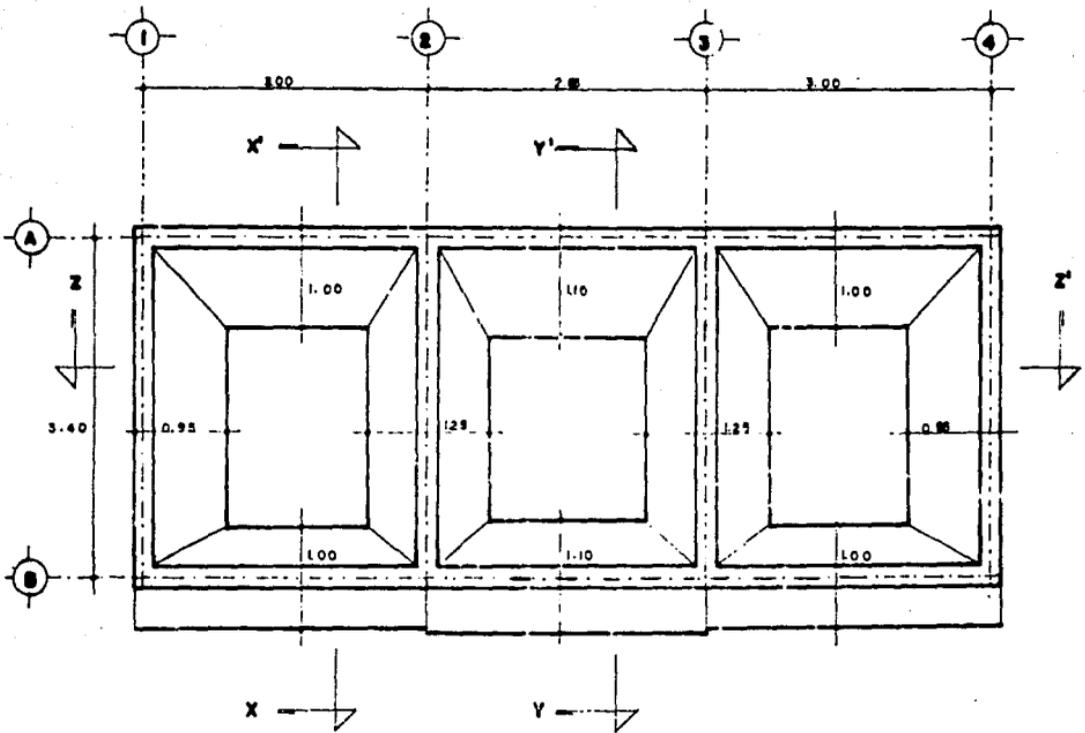
Para nuestro caso, utilizaremos varillas del número 2.5, 3 y 4. Entonces tendremos:

Número de Varilla	Diámetro cm	$12 d_b$
2.5	0.79	4.98
3	0.95	11.40
4	1.27	15.24

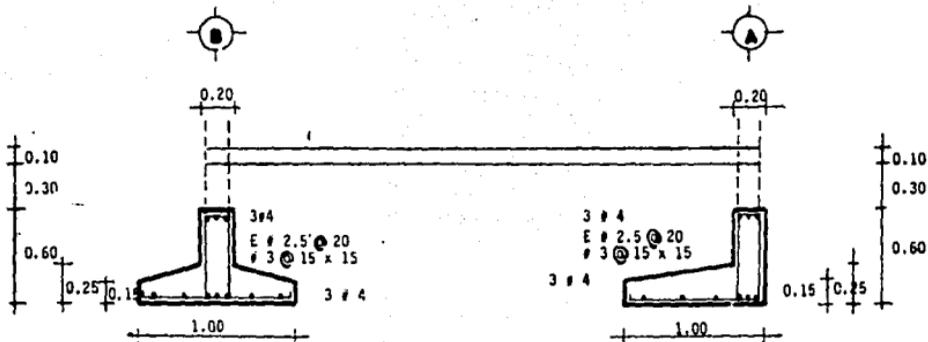
Por lo anterior, la longitud total del gancho la consideraremos de 16, 15 y 20 cm., para las varillas del número 2.5, 3 y 4 respectivamente.



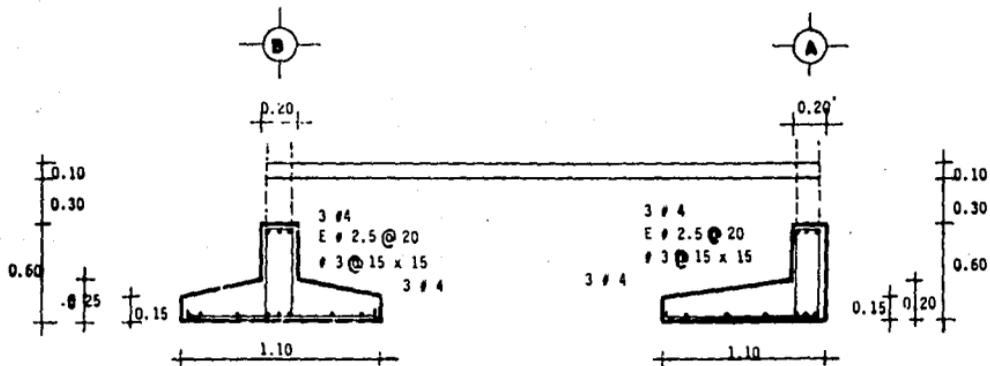
$$10 (0.79) \times 2 = 15.8 = 16.0 \text{ cm.}$$



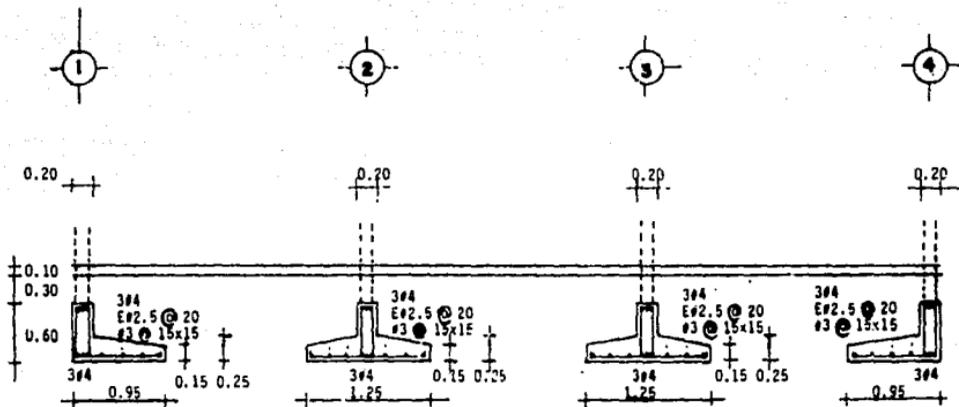
PLANTA DE CIMENTACION



CORTE X - X'



CORTE Y - Y'



CORTE Z-Z'

DESCRIPCION	Ø PULG.	PESO	LONGITUD PROPIA	CANTIDAD	LONGITUD PARCIAL	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
E J E 1 ENTRE A Y B	1/2	0.996	$3.40 + 0.40 = 3.80$	$\frac{3.40}{0.15} = 23$ 6	$3.80 \times 6 = 22.80$	22.80	
	3/8	0.557	$3.40 + 0.30 = 3.70$	$\frac{3.40}{0.15} = 23$ 23	$3.70 \times 23 = 85.10$		
	3/8	0.557	$1.95 + 0.30 = 1.25$	$\frac{1.95}{0.15} = 6$ 6	$1.25 \times 6 = 7.5$	92.60	
	5/16	0.384	$1.30 + 0.16 = 1.46$	$\frac{3.40}{.20} = 17$ 17	$1.46 \times 17 = 24.82$	24.82	
E J E 2 ENTRE A Y B	1/2	0.996	$3.40 + 0.40 = 3.80$	$\frac{3.40}{0.15} = 23$ 6	$3.80 \times 6 = 22.80$	22.80	
	3/8	0.557	$3.40 + 0.30 = 3.70$	$\frac{3.40}{0.15} = 23$ 23	$3.70 \times 23 = 85.10$		
	3/8	0.557	$1.25 + 0.30 = 1.55$	$\frac{1.25}{0.15} = 8$ 8	$1.55 \times 8 = 12.40$	97.50	
	5/16	0.384	$1.30 + 0.16 = 1.46$	$\frac{3.40}{.20} = 17$ 17	$1.46 \times 17 = 24.82$	24.82	
E J E 3	1/2	0.996	$3.40 + 0.40 = 3.80$	$\frac{3.40}{0.15} = 23$ 6	$3.80 \times 6 = 22.80$	22.80	
	3/8	0.557	$3.40 + 0.30 = 3.70$	$\frac{3.40}{0.15} = 23$ 23	$3.70 \times 23 = 85.10$		
	3/8	0.557	$1.25 + 0.30 = 1.55$	$\frac{1.25}{0.15} = 8$ 8	$1.55 \times 8 = 12.40$	97.50	
	5/16	0.384	$1.30 + 0.16 = 1.46$	$\frac{3.40}{.20} = 17$ 17	$1.46 \times 17 = 24.82$	24.82	
E J E 4	1/2	0.996	$3.40 + 0.40 = 3.80$	$\frac{3.40}{0.15} = 23$ 6	$3.80 \times 6 = 22.80$	22.80	
	3/8	0.557	$3.40 + 0.30 = 3.70$	$\frac{3.40}{0.15} = 23$ 23	$3.70 \times 23 = 85.10$		
	3/8	0.557	$1.25 + 0.30 = 1.55$	$\frac{1.95}{0.15} = 6$ 6	$1.55 \times 6 = 7.5$	92.60	
	5/16	0.384	$1.30 + 0.16 = 1.46$	$\frac{3.40}{.20} = 17$ 17	$1.46 \times 17 = 24.82$	24.82	

DESCRIPCION	Ø PULG.	PESO	LONGITUD PESO	CANTIDAD	LONGITUD PARCIAL	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL
ARMADO A LO LARGO DEL EJE A.	1/2	0.996	3.85 + 0.40 = 9.25	6	9.25 x 6 = 55.50	55.50	
ENTRE 1 Y 2	3/8	0.557	3.00 + 0.30 = 3.30	5	3.30 x 5 = 16.50		
	3/8	0.557	1.00 + 0.30 = 1.30	20	1.30 x 20 = 26.00		
ENTRE 2 Y 3	3/8	0.557	2.85 + 0.30 = 3.15	6	3.15 x 6 = 18.90		
	3/8	0.557	1.10 + 0.30 = 1.40	19	1.40 x 19 = 26.60		
	3/8	0.557	3.00 + 0.30 = 3.30	5	3.30 x 5 = 16.50		
ENTRE 3 Y 4	3/8	0.557	1.00 + 0.30 = 1.30	20	1.30 x 20 = 26.00	128.50	
	5/16	0.384	1.30 + 0.16 = 1.46	44	1.46 x 44 = 64.24	64.24	
ARMADO A LO LARGO DEL EJE B.	1/2	0.996	8.85 + 0.40 = 9.25	6	9.25 x 6 = 55.50	55.50	
ENTRE 1 Y 2	3/8	0.557	3.00 + 0.30 = 3.30	5	3.30 x 7 = 23.10		
	3/8	0.557	1.00 + 0.30 = 1.30	20	1.30 x 20 = 26.00		
ENTRE 2 Y 3	3/8	0.557	2.85 + 0.30 = 3.15	6	3.15 x 6 = 16.90		
	3/8	0.557	1.10 + 0.30 = 1.40	19	1.40 x 19 = 26.60		
	3/8	0.557	3.00 + 0.30 = 3.30	5	3.30 x 7 = 23.10		
ENTRE 3 Y 4	3/8	0.557	1.00 + 0.30 = 1.30	20	1.30 x 20 = 26.00	141.70	
	5/16	0.384	1.30 + 0.16 = 1.46	44	1.46 x 44 = 64.24	64.24	
RESUMEN	1/2	0.996				202.20	201.39
	3/8	0.557				650.40	362.27
	5/16	0.384				227.76	87.46

C A P I T U L O V I I
HABILITADO Y COLOCACION EN OBRA

7.1. CONTROL EN LA OBRA DEL ACERO DE REFUERZO

El acero de refuerzo debe someterse a un control de calidad en lo que se refiere a sus propiedades de resistencia. El índice de resistencia más comúnmente utilizado para conocer esta característica en el acero es el esfuerzo de fluencia.

Para los diferentes tipos o clase de varillas laminadas en caliente o torcidas en frío, se deberán seguir las acciones siguientes:

De cada lote de 10 toneladas o fracción de varillas de una misma marca del mismo grado, de igual diámetro y que forman parte de un mismo envío de un proveedor, se extraerá una muestra para ensaye de tensión, que no forme parte de los extremos de las piezas completas de varilla.

Si alguna muestra exhibe defectos superficiales debe desecharse y sustituirse por otra que no presente esta situación.

Cada lote antes mencionado quedará perfectamente identificado y no se deberá utilizar en tanto no se autorice su em-

pleo con fundamento respaldado en resultados de los muestreos.

Si el porcentaje de alargamiento de alguna probeta en la prueba de tensión es menor que el especificado en la norma -- NOM B172, y por otro lado, alguna parte de la fractura queda fuera del tercio medio de la longitud calibrada se podrá repe tir la prueba.

Si el esfuerzo de fluencia de una muestra resulta mayor o igual que el mínimo valor especificado para ese grado en la norma NOM que le corresponde y también cumple con los requisi tos de la norma, se podrá utilizar el lote de varillas repre sentado por la muestra. En caso contrario, el lote se recha zará y no podrá ser usado en la obra.

El control del acero en la obra se podrá sustituir sólo con la presentación de la garantía escrita del fabricante de que el acero cumple con la norma correspondiente.

7.2. SUMINISTRO, ORDEN Y ALMACENAMIENTO DEL ACERO DE REFUERZO.

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

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 disponible 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 exista 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 diámetro 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 fierros. Asimismo, 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 uno de los extremos de alguna varilla tope -- contra una pieza de madera, resulta fácil medir su longitud.

Cuando las varillas se reciben llegan cortadas y dobladas; se debe verificar cuidadosamente todas las dimensiones - de acuerdo con el programa, porque algunas veces ocurren equi

vocaciones y es mejor descubrirlas con bastante anticipación y no un día antes de comenzar el colado. Además de revisar - todas las dimensiones generales, de 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.

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.
- b) Cuidar de que no se contaminen con lodo, aceite o gr^asa.

7.3. 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, cortadas o 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 -- cortadoras en las posiciones más convenientes. Por ejemplo las varillas pueden ser hasta de 12 m. 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 1 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.

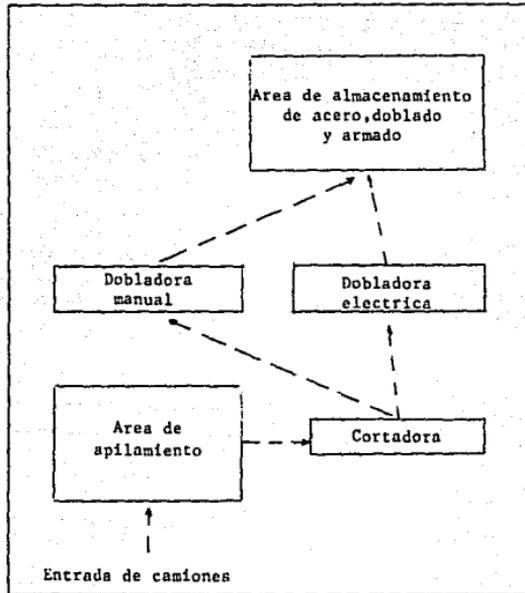


FIGURA 1

- c) 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 colocar los suficientemente cerca uno del 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.

7.4. 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 fierro 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 VI, y que proporciona al fierro 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 5.5 m de una de 12 m queda un pedazo -- de 1m no utilizable; mientras que si se corta una parte de -- 5.5 m. y una de 6.3 m. queda solamente un deshecho de 0.20 m. 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 10 m.

El cortado de las varillas de refuerzo puede hacerse con cortadora eléctrica, cortadora de palanca, segueta o con tenazas de mano.

B) DOBLADO EN LA OBRA

El doblado debe hacerse con máquinas apropiadas, ya sean de operación manual o eléctricas; no se debe utilizar aparatos improvisados, dan malos resultados y pueden ser peligro--

sos. 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 posición 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.

C) SUGERENCIA RESPECTO AL DOBLADO

- a) Tener una mesa donde se puedan apoyar bien las varillas durante el doblado, para evitar dobleces en planos equivocados.
- b) Preparar un dibujo a escala natural antes de doblar una varilla grande y complicada, que podrá utilizarse para comprobación.
- 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 doblado sea correcto. Se deben efectuar verificaciones ocasionales de otras varillas, para asegurarse de que los topes no se han movido.

- c) 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 doblado no debe exceder de $2d$ para el 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 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 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 estar compuesto por varillas de un solo tipo y tamaño y no debe pesar más de 75 kg, 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, debe 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.

7.5. 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 es--

tas sustancias afecta la adherencia entre el concreto y el acero.

Asimismo, 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 controversia en las obras y en muchos casos, se ha removido incesantemente 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, si 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 du-

rante algún tiempo, unos golpes firmes harán caer el exceso de óxido.

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

7.6. FIJACION DEL ACERO DE REFUERZO

Frecuentemente, cuando se cuenta con grúas adecuadas, se fabrican armados de varillas para el refuerzo de vigas y columnas. 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 área apropiada para el almacenamiento temporal de los armados.

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 ó 18, en las intersecciones de las varillas principales con los estri-

bos. Los extremos sueltos de los amarres deben cortarse o doblarse hacia dentro, 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.

7.7. 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 pavimento de 5 cm.

El recubrimiento apropiado se logra mediante el uso de espaciadores que, generalmente, son pequeños bloques de mortero; por lo tanto se debe cerciorar 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.

ción del concreto. También hay que cerciorarse de que ha - -
quedado suficiente recubrimiento para los estribos y amarres
que sobresalen del acero de refuerzo principal.

Los espaciadores de mortero permiten un buen recubrimiento. Si se hacen en la obra, se debe utilizar mortero compuesto por una parte de cemento y 2 partes de arena y solamente -
agua suficiente para obtener un mortero denso. No hay que --
utilizar espaciadores metálicos cuando la superficie del 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 puede
de 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. 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 - 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.

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 pasan 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.

TRABAJO EXPRESADO EN HORAS - HOMBRE, REQUERIDO PARA HACER 100 GANCHOS O DOBLECES EN ACERO DE REFUERZO.

DIAMETRO DE LA VARILLA EN PULGADAS	TRABAJO A MANO		TRABAJO CON MAQUINA	
	DOBLEZ	GANCHO	DOBLEZ	GANCHO
1/2" O MENOR	3	4.5	1.2	1.9
5/8" A 7/8"	3.8	6	1.5	2.3
1" A 1 1/8"	4.5	7.5	1.9	3.0
1 1/4" A 1 1/2"	5.5	9	2.3	3.75

EL TRABAJO DE CORTADO USUALMENTE REQUIERE EN PROMEDIO 2 HORAS POR CADA 100 CORTES EFECTUADOS.

TRABAJO REQUERIDO, EN HORAS-HOMBRE PARA LA COLOCACION Y ARMADO DE 100 VARILLAS DE REFUERZO EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO.

DIAMETRO DE LA VARILLA	LONGITUD DE LA VARILLA		
	IGUAL O MENOR A 3.00 m.	DE 3.00 m A 6.00 m	DE 6.00 m. A 9.00 m.
1/2" O MENOR	4.8	6.0	7.0
DE 5/8" a 7/8"	5.8	7.3	8.3
DE 1" a 1 1/8"	6.8	8.5	10.0
DE 1 1/4" A 1 1/2"	7.8	10.0	12.0

EL TRABAJO DE COLOCACION INCLUYE SILLETAS, ESPACIADORES, COLOCACION Y AMARRE CON ALAMBRO.

7.8. EQUIPO Y HERRAMIENTA EN LA HABILITACION DEL REFUERZO

La máquina cortadora de acero de refuerzo está formada por una plancha de acero y está equipada con una cuchilla para el corte de las varillas.

Este tipo de máquinas cortadoras pueden ser de funcionamiento manual o mediante un pedal, accionadas por un motor de gasolina o eléctrico.

La máquina dobladora de varilla está sujeta en una caja de acero que descansa sobre el suelo. Su funcionamiento es a base de un motor de freno y su proceso de doblado es accionado eléctricamente por medio de un pedal que detiene a la máquina instantáneamente al ser levantado. Las dobladoras de varilla poseen dos diferentes velocidades con marcha hacia atrás y adelante. La versatilidad de este equipo permite utilizarlos en general para el doblado de estribos simples y de brazos entrecruzados y además en la elaboración de espirales redondas, anillos, y arcos grandes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La intención de este trabajo fue analizar brevemente al acero de refuerzo como elemento fundamental del concreto reforzado, el cual constituye en la actualidad, un material indispensable en la construcción, gracias a su durabilidad, versatilidad y la facilidad de adaptarse a los diversos estilos de arquitectura. A modo de conclusión se señalan a continuación algunas sugerencias y recomendaciones referentes a este importante elemento estructural.

Es importante que en los planos estructurales se indique el tamaño de los elementos, así como la cantidad, ubicación, grado, espaciado, empalmes, anclajes, distribución, estribos, apoyos, ganchos y amarres del acero de refuerzo al igual que todos los detalles necesarios para su correcta interpretación como son las secciones transversales de planta y elevaciones que muestren con claridad los aspectos antes mencionados y nos proporcionen la seguridad de tener una adecuada colocación y habilitado del acero de refuerzo en la obra.

Para lograr un buen diseño, al determinar las dimensiones de los elementos, el acero de refuerzo debe distribuirse adecuadamente; para evitar congestión de las varillas, se acostumbra utilizar menos del porcentaje máximo de refuerzo --

permitido; esto con el fin de comodidad en el proceso de colocación del armado y el concreto.

Se debe cuidar que los diferentes armados se elaboren con la cantidad y diámetro de varillas adecuados, según sea el caso, es decir, no es apropiado alojar más varillas de las que son en principio necesarias, como resultado de un buen análisis estructural, pues aumenta el costo y peso de la construcción.

Se deberá asumir la responsabilidad de indicar si las piezas de varilla son aceptables para su colocación y también para asegurar una buena protección contra los agentes atmosféricos que pueden dañar la calidad del acero, así como para los elementos estructurales o las zonas en las que se emplearán estos elementos.

Pueden aceptarse que el acero presente huellas de oxidación, aunque es deseable que las piezas estén libres de este fenómeno, lo que si es esencial es que el acero de refuerzo esté libre de grasa, aceite o polvo para lograr así la mejor adherencia con el concreto del elemento estructural.

Es recomendable maximizar la utilización de varillas rectas y evitar el uso de varillas de diversos tamaños; también se debe procurar detallar y habilitar unidades grandes, espe-

cialmente cuando es posible se presenten duplicación de las -
varillas.

El buen control, desde el almacenamiento y manejo hasta
su colocación para conformar el elemento, contribuye de manera
importante en el aspecto económico al optimizarse así los
recursos con que se dispone.

B I B L I O G R A F I A

- Las Revoluciones Industriales
José Babini
Centro Editor de América Latina
Argentina, 1972.

- Dibujo Técnico Básico
Alexander Schmitt
Gerd Spengel
Ewald Weinand
Editorial Trillas
México, 1986.

- Detalles y Detallado del Acero de
Refuerzo del Concreto (ACI 315-80)
Instituto Mexicano del Concreto y del Cemento, A.C.
Editorial Limusa
México, 1990.

- Apuntes de Acero de Refuerzo
Jorge H. de Alba Castañeda
Departamento de Construcción
Facultad de Ingeniería
U.N.A.M., 1984.

- Revista I.M.C.Y.C. No. 159
Instituto Mexicano del Concreto
y del Cemento, A.C.
- Reglamento de Construcciones
para el D.F.
- Historia de la Tecnología T.K. Derry
Trevor I. Williams
Siglo Veintiuno Editores
México, 1981.
- Normas Técnicas Complementarias del Reglamento
de Construcción para el D.F., 1988.
- Resistencia de Materiales
Eugenio Peschard
U.N.A.M., 1983.
- Acero de Refuerzo para Concreto
Norma 3 - 113.01
Petróleos Mexicanos, 1974
- Acero de Refuerzo de Alta Resistencia
(ACI 439)
Instituto Mexicano del Concreto y del
Cemento, A.C., 1986.