



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

278
eje.

FACULTAD DE INGENIERIA

CALCULO Y AYUDAS DE DISEÑO PARA ELEMENTOS
PRETENSADOS EMPLEANDO EL CRITERIO POR
RESISTENCIA (MOMENTO FLEXIONANTE)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

LUIS ANGEL MARTINEZ ESQUIVEL

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1994



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-041/92

Señor:
MARTINEZ ESQUIVEL LUIS ANGEL
Presente.

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

**"CALCULO Y AYUDAS DE DISEÑO PARA ELEMENTOS PRETENSADOS
EMPLEANDO EL CRITERIO POR RESISTENCIA (MOMENTO FLEXIONANTE)"**

- I. INTRODUCCION
- II. PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO Y ACERO
- III. CONSIDERACIONES E HIPOTESIS PARA EL DISEÑO
- IV. DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS PRETENSADOS POR EL CRITERIO DE RESISTENCIA
- V. REVISION POR RESISTENCIA
- VI. CONCLUSIONES

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

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 19 de mayo de 1993.
EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

N. JMCS/RCR*nl

A mi Padre

Antonio Martínez S. (†)

A mi Madre

Ana María Esquivel L.

Quienes me dieron la vida, siempre les estaré enteramente agradecido por la dedicación, comprensión y apoyo que me brindaron, desde que me enseñaron mis primeras letras hasta el término de mis estudios, logrando que una de mis metas más importantes en mi vida se hiciera realidad.

A mi esposa Angélica

por la dedicación comprensión y apoyo para la elaboración de ésta tesis, siendo ésta una de muchas metas que me he fijado y para que el amor de nuestra familia siempre la mantenga unida.

A mi hija Angélica

Para que ésta tesis le sirva como estímulo, para que con el apoyo que le pueda brindar, fundamente su integración como persona, alcanzando sus metas en la vida.

A mis hermanos

Ana María

Rosa María

Antonio

María Josefina

Quienes con su apoyo y conocimientos así como la hermandad, contribuyeron a mi formación profesional.

A mis amigos

Les doy mi agradecimiento a cada uno de ellos por la amistad que me han brindado y por el apoyo que durante la carrera me ofrecieron.

Al Ing Rene Rodríguez C. doy mi agradecimiento por haber aceptado dirigir ésta tesis y por los conocimientos adquiridos en el salón de clases.

A la Facultad de Ingeniería de la UNAM con la que estoy comprometido por los conocimientos adquiridos y cuya experiencia durante mi vida profesional devolveré a las aulas de esta institución.

INDICE

	PAGINA
I. INTRODUCCION.....	2
I.1 ANTECEDENTES HISTORICOS.....	2
I.2 APLICACIONES DE LOS ELEMENTOS PRETENSADOS.....	3
I.3 OBJETIVO DE LA TESIS.....	8
II. PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO Y ACERO.....	8
II.1 IMPORTANCIA DE LAS PROPIEDADES MECANICAS.....	8
II.2 PROPIEDADES ESFUERZO-DEFORMACION DEL ACERO Y DEL CONCRETO.....	11
II.2.1 ACERO.....	11
II.2.2 CONCRETO.....	14
III. CONSIDERACIONES E HIPOTESIS PARA EL DISEÑO.....	21
III.1 SECCIONES ESTRUCTURALES.....	21
III.1.1 GEOMETRIA DE LAS SECCIONES.....	21
III.1.2 ANCHO EFECTIVO DEL PATIN DE COMPRESION.....	22
III.2 HIPOTESIS DE DISEÑO.....	24
III.2.1 HIPOTESIS SIMPLIFICATORIAS.....	24
III.2.2 DETERMINACION DEL ESFUERZO EN EL ACERO DE PRESFUERZO DEBIDO A LA FLEXION.....	25

IV.	DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS PRETENSADOS POR EL CRITERIO DE RESISTENCIA.....	33
IV.1	AREA DE ACERO MAXIMA Y MINIMA.....	33
IV.1.1	ACERO MAXIMO.....	33
IV.1.2	ACERO MINIMO.....	47
IV.2	DIMENSIONAMIENTO DE SECCIONES.....	51
V.	REVISION POR RESISTENCIA.....	65
VI.	CONCLUSIONES.....	72
	APENDICES.....	74
A.	DEDUCCION DE FORMULAS.....	75
B.	TABLAS.....	94
	GRAFICAS.....	126
C.	EJEMPLOS.....	145
	BIBLIOGRAFIA.....	163

CAPITULO I

INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

I.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

Durante el desarrollo de la Ingeniería, se ha tenido la necesidad de crear nuevas técnicas de construcción, debido a que cada día son mas y distintos los problemas a los que se tiene que enfrentar la ingeniería, ya sean técnicos, económicos y constructivos, y éstos se tienen que resolver para que las estructuras sean lo mas óptimas. Resultando así que éstas sean cada día mas impresionantes. Una de las técnicas que podríamos llamar reciente, es la del concreto prefabricado y presforzado, de la cual hacemos mención por tratarse de ella en esta tesis.

Los elementos prefabricados , son aquellos que como su nombre lo indica, se fabrican fuera del lugar donde quedarán colocados definitivamente, en donde tendrán la función de soportar los esfuerzos para los que han sido diseñados. La fabricación de estos elementos por lo general se hace en una planta bien establecida, o bien, se pueden hacer a pie de obra, según las necesidades y características del lugar. Estos elementos, como es obvio, tendrán que ser transportados si es que son fabricados en planta, de lo contrario unicamente tendrán que ser colocados en su posición final, a cuyo trabajo se le denomina montaje. El presforzado puede definirse en terminos generales como el precargado de una estructura, antes de la aplicación de las cargas de servicio, de tal forma que mejore su comportamiento

general. Aunque los principios y las técnicas del presforzado se han aplicado a estructuras de muchos tipos y materiales, la aplicación mas común ha tenido lugar en el diseño del concreto estructural. La primera proposición para aplicar el presforzado al concreto se realizó en 1886 en los Estados Unidos, pero no fué hasta los años treinta que, como resultados de los estudios del renombrado Ingeniero frances Eugene Freyssinet, el concreto presforzado llegó a ser una realidad práctica. En Europa, en el período de aguda escases de materiales, que siguió a la Segunda Guerra Mundial, Freyssinet y otros pioneros como Finsterwalder y Magnel, demostraron las notables posibilidades de éste nuevo concepto de diseño, y establecieron la etapa del desarrollo que había de tener lugar en los años siguientes.

Principalmente por razones económicas, la evolución del concreto presforzado ha tenido lugar en los Estados Unidos, siguiendo líneas muy diferentes en Europa. Hasta tiempos recientes, el interés principal había estado en las unidades precoladas pretensadas, de claro corto a mediano, los cuales tenían una producción en masa con grandes economías en la mano de obra.

En México el concreto prefabricado y presforzado, se inicia en los años cincuenta y actualmente tiene gran aceptación en la construcción, existiendo un gran número de empresas prefabricadoras de gran importancia.

1.2 APLICACIONES DE LOS ELEMENTOS PREFABRICADOS Y PRESFORZADOS.

La técnica del concreto presforzado, ya sea postensado o pretensado, ha tenido bastante aceptación en la construcción por las ventajas que presenta sobre los métodos tradicionales; siendo las mas importantes las siguientes: Se puede obtener concreto de

gran calidad y alta resistencia mas facilmente. Claros mas grandes, con secciones económicas, ya que con las formas complicadas de las secciones transversales, éstos se vuelven economicamente factibles con el empleo repetitivo de cimbras metálicas o de fibra de vidrio. La obra puede desarrollarse sin importarle el clima y las estaciones del año. La duración de la construcción en sitio se reduce a que la mayoría de los elementos que compone la estructura son prefabricados, así como eliminar en gran escala los trabajos de cimbrado y andamiaje, permitiendo una erección rápida de la estructura en campo, con muy poca interferencia del trabajo o de tráfico efectuado por debajo, la cual es muy importante en lugares donde no se puede interrumpir el tránsito vehicular.

Se han desarrollado muchos tipos de miembros precolados y se han dedicado muchos esfuerzos para diseñar las conexiones de los miembros precolados, de forma tal, que se cumplan los requerimientos estructurales y se simplifiquen los procedimientos de construcción al grado máximo. Por razones de economía, siempre que sea posible se usan miembros y conexiones estandar.

Muchos diseños futuros presentan la tendencia a combinar el concreto precolado con el colado In Situ, con la finalidad de proporcionar la acción compuesta o desarrollar la continuidad, teniendo en conjunto un solo elemento integral, formando así un diafragma rígido en sistemas de piso donde se emplean elementos prefabricados en conjunto.

Una de las aplicaciones que encontramos frecuentemente, es en los edificios, donde se han desarrollado formas mas o menos estandar de unidades precoladas. Aunque no están complementamente estandarizadas se encuentran en el mercado con pequeñas variaciones locales. Sin embargo, los moldes se fabrican para que sean adaptables a los ajustes que se requieran en la sección del elemento a fabricar. (Para una mayor información ver el

catálogo de la ANIPAC).

La sección mas utilizada en los edificios es la doble "T", ya que cumple con los requisitos estructurales y además proporciona una amplia superficie plana. La sección "T" simple se emplea con frecuencia para claros mas largos y cargas mas pesadas, (Fig.I.1) tales como edificios de estacionamientos, auditorios, gimnasios y comedores.

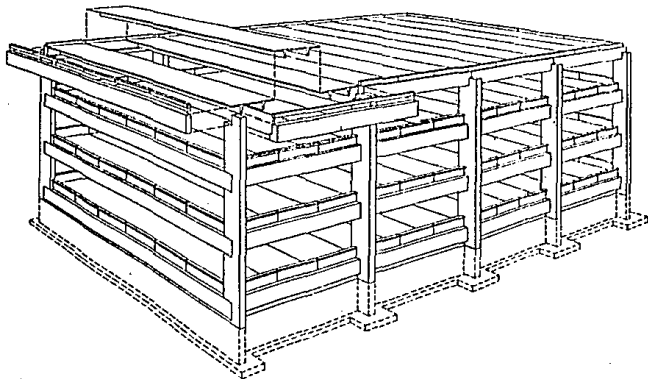


fig. I.1

Como habíamos mencionado en párrafos anteriores, estos elementos se combinan con un colado In Situ para proporcionar la continuidad de todos los elementos formando un diafragma rígido, además de que los elementos aumentan su resistencia por la acción compuesta.

En los puentes de tipo vehicular y ferroviario, el concreto presforzado ha demostrado ser técnicamente ventajoso, económicamente competitivo y estéticamente superior, desde las

estructuras de claros cortos que emplean secciones estandar, como las de tipo AASHTO, hasta las trabes atirantadas con cables y las trabes de succión cajón. Generalmente éstas trabes se complementan con un colado In Situ, presentando así las ventajas que hemos mencionado con anterioridad.

En los ferrocarriles se han estandarizado el empleo de durmientes de concreto presforzado, los cuales han demostrado ser tanto económicos como prácticos. Existen mas aplicaciones de los elementos presforzados, como son las estructuras marinas, en los diques marítimos, hasta los barcos tanque de concreto presforzado. También encontramos su aplicación en los pavimentos de carreteras. Por lo tanto es muy extenso el campo donde podemos utilizar este tipo de elementos.

1.3 OBJETIVO DE LA TESIS.

El Ingeniero dedicado a proyectar y diseñar estructuras, debe tener siempre herramientas que faciliten el cálculo de los elementos estructurales, siendo el objetivo de ésta tesis, proporcionar resumidamente los conceptos fundamentales del concreto presforzado, así como la metodología para realizar el calculo de vigas presforzadas; proporcionando para ello las ayudas necesarias para facilitar el diseño de los elementos pretensados, empleando el criterio por resistencia, estas ayudas se presentan tabuladas o graficamente, haciendo ejemplos prácticos para describir el uso de las mismas. Se ha elegido este tema, ya que en la literatura existente no hay muchas herramientas disponibles.

CAPITULO II

PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO Y ACERO

II PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO Y ACERO.

II.1 IMPORTANCIA DE LAS PROPIEDADES MECANICAS.

El principio en el que se basa el presfuerzo es el siguiente: La aplicación de una fuerza de compresión inicial a un elemento estructural con su punto de aplicación colocado estratégicamente, le provocan esfuerzos de tensión y compresión, los cuales se contrarrestarán con el efecto que les producen las cargas de servicio, mejorando el comportamiento final del elemento. Esta fuerza inicial se logra manteniendo el acero tensado en la mesa de colado, hasta que se realiza el colado del elemento y se llega a cierta resistencia del concreto. Siendo necesario para ello que el acero de presfuerzo sea de alta resistencia. Adicionalmente también se requiere de esta característica del acero, ya que los cambios de longitud en los elementos, ocasionados por la contracción y el flujo plástico del concreto, que son función del tiempo, no deben eliminar el presfuerzo para lo cual es necesario tener un alto nivel de esfuerzos inicial.

Debido a la acción que produce el acero de presfuerzo al elemento de concreto después de la transferencia, así como otras muchas razones, se tendrán esfuerzos elevados en el concreto, por lo que se requiere que sea de mayor resistencia y calidad que el empleado en estructuras no presforzadas. El uso de concreto de alta resistencia, permite la reducción de las dimensiones de la sección de los elementos, lográndose ahorros significativos en carga muerta. Con este tipo de concreto se tiene una mayor resistencia a la tensión, de tal manera que se disminuye la

formación de grietas debidas a la flexión y a la tensión diagonal.

Para que sea eficiente la producción a gran escala de los elementos pretensados se requiere que se retiren lo mas pronto posible de la mesa de tensado, siendo necesario para ello, que el concreto alcance una resistencia del 80% del $f'c$, con lo cual se podrá resistir la transferencia del presfuerzo al elemento del concreto. Este endurecimiento acelerado del concreto, se logra, empleando cemento Portland de alta resistencia y fraguado rápido (tipo III),o bien por cualquiera de los dos métodos siguientes: El interno; mediante el uso de aditivos químicos, y el externo; por medio de la aplicación de calor que comprende de un curado con saturación de vapor.

Aunque las características generales de concreto y acero son ya conocidas por los Ingenieros en la practica, se hará mención de sus propiedades, ya que son de importancia en el diseño del concreto presforzado. En los primeros esfuerzos de éste tipo de construcción, el no haber tomado en cuenta algunas de las propiedades especiales, provocó que no se tuviera tanto éxito. Pero después que, Freyssinet analizó y estableció la importancia de la dependencia del tiempo debidas a la contracción y el escurrimiento plástico del concreto, así como otras propiedades, se obtuvieron resultados satisfactorios.

Por lo que es importante mencionar que la magnitud de la fuerza de presforzado en un miembro de concreto no es constante, sino que toma diferentes valores durante la vida del elemento, a lo que se le ha llamado "pérdidas del presfuerzo", estas pérdidas pueden ser calculadas y tomadas en cuenta en el diseño, además de que su efecto puede minimizarse mediante la adecuada selección de los elementos apropiados.

Las pérdidas en la fuerza pretensora pueden agruparse en dos categorías:

1.-Las inmediatas; que son las que ocurren durante la construcción del miembro, y se deben al acortamiento elástico del concreto comprimido, deslizamiento de los tendones en el anclaje, desviaciones de tendones de presforzado y fricción en el acero debido a la curvatura intensional o accidental.

2.-Las diferidas; que se presentan en un extenso período de tiempo, como son la contracción y el flujo plástico que corresponden al concreto, así como la debida al relajamiento del acero altamente esforzado.

Como lo mencionamos anteriormente, éstas pérdidas pueden ser calculadas, pero como no está dentro de los alcances de ésta tesis realizar los cálculos detallados, se hará una estimación de las pérdidas, las cuales según la experiencia han mostrado ser de un 20% a 25% en condiciones estandar. En esta tesis utilizaremos un veinte por ciento de pérdidas, que como se verá en el capítulo IV resulta conservador para el cálculo del área de acero máxima. Para miembros de proporciones poco usuales, se deberá efectuar una estimación detallada. La fuerza P_j aplicada por el gato a los tendones de presfuerzo es de interés secundario para el diseñador; en cambio son de interés primario la fuerza pretensora inicial P_i , inmediatamente después de la transferencia, y la fuerza pretensora efectiva P_e , después de ocurridas todas las pérdidas, y éstas se relacionan mediante el factor de efectividad K , y se expresa mediante la siguiente ecuación.

$$P_e = K P_i \quad (II.1)$$

Las pérdidas reales, las cuales pueden ser mayores o menores que las pérdidas estimadas; no tienen efecto en la resistencia última a la flexión de una viga presforzada. Sin embargo, las características del comportamiento bajo cargas de servicio, tales como la deflexión o el combeo, la carga de agrietamiento, los espesores de grietas, así como las deformaciones durante la construcción se ven afectadas si las pérdidas estimadas son distintas a las reales.

II.2 PROPIEDADES ESFUERZO-DEFORMACION DEL CONCRETO Y ACERO.

II.2.1. ACERO

Existen tres formas comunes en las cuales se emplea el acero como tendones en el concreto presforzado; y son las siguientes: Alambres redondos estirados en frio, cable trenzado y varillas de aleación de acero. En esta tesis sólo haremos mención de los alambres y de los cables trenzados o torones, por ser los que mas se utilizan en el pretensado. También mencionaremos las varillas de refuerzo común, ya que desempeñan un papel importante dentro de la construcción presforzada, usándose como refuerzo en el alma, refuerzo longitudinal complementario y otros fines.

Los alambres redondos se usan generalmente en estructuras postensadas, y en pretensado para elementos pequeños; su procedimiento de fabricación consiste en laminar en caliente lingotes de acero hasta obtener varillas redondas. Después del enfriamiento son estiradas en frio, lo cual modifica grandemente sus propiedades mecánicas e incrementa su resistencia.

El cable trenzado o toron, se usa casi siempre en miembros pretensados y a menudo en la construcción postensada, y es fabricado con seis alambres firmemente torcidos alrededor de un séptimo de diámetro ligeramente mayor, estos alambres son los mismos que se usan para los alambres individuales mencionados en el párrafo anterior. Sin embargo, las propiedades mecánicas son ligeramente diferente debido a la tendencia de los alambres torcidos a enderarse cuando se sujetan a tensión.

La mayoría de las propiedades mecánicas del acero convencional se

pueden obtener directamente de sus curvas esfuerzo deformación. Tales características importantes como el límite elástico proporcional, el punto de fluencia, la resistencia, la ductilidad y las propiedades de endurecimiento por deformación son evidentes de inmediato.

Las propiedades mecánicas del acero de presfuerzo son algo diferentes de aquellas de acero convencional, por lo que resulta ilustrativo comparar en terminos generales, las curvas esfuerzo deformación en tensión de éstos aceros, la cual se muestra a continuación. (Fig. II.1)

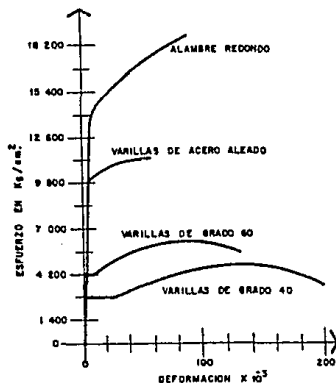


Fig. II.1

Las diferencias más notables son; el mucho más elevado límite elástico proporcional, la resistencia disponible y la sustancialmente más baja ductilidad.

En el acero de refuerzo ordinario, existe una respuesta inicial elástica hasta un punto de fluencia marcadamente definido, más

allá del cual, ocurre un incremento substancial en la deformación sin que venga aparejado un incremento en el esfuerzo, después se presenta una región debida al endurecimiento por deformación, donde se incrementa el esfuerzo, en la cual se tiene una relación no lineal entre el esfuerzo y la deformación hasta la ruptura del material.

El contraste con los aceros de presfuerzo es notable. Estos no presentan un esfuerzo de fluencia bien definido, por lo que se ha determinado en los reglamentos, como el esfuerzo al cual corresponde una deformación de 1%. En el Reglamento del D.D.F. se divide este valor entre 0.75 quedando 1.33%, este valor corresponde aproximadamente cinco veces el punto de fluencia del acero ordinario. Si se sigue aumentando la carga, se presenta una fluencia gradual y la gráfica sigue elevándose monotamente hasta la fractura, este valor se conoce como índice del material y se denota por f_{rup} . Este valor es aproximadamente cuatro veces el del acero normal, pero la deformación en la falla es sólo la tercera parte.

El módulo de elasticidad del acero de presfuerzo al igual que al acero ordinario, está dado por la pendiente de la porción elástica lineal de la curva. Para alambres redondos lisos el módulo de elasticidad es mas o menos el mismo que para el refuerzo ordinario, y se toma como $E_s = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$. Para los torones el módulo aparente es algo menor, siendo éste valor de $E_s = 1.9 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$. Esto ocurre debido a que el espiral del torcido del cable tiende a enderresarse ligeramente a medida que se aplica la tensión al cable.

Una propiedad especial del acero de presfuerzo es la que se presenta en un largo período de tiempo, a la cual se conoce como "Relajamiento" y se define como la pérdida de esfuerzo en el acero altamente esforzado. Esto debe tomarse en cuenta en el diseño, ya que produce una pérdida significativa en la fuerza pretensora.

II.2.2. CONCRETO

El estado de esfuerzos que se presenta en las secciones de un elemento de concreto, ante la aplicación de una carga, raras ocasiones se esfuerzan en una dirección. Sin embargo se puede justificar el suponer una condición de esfuerzo uniaxial para su estudio. Los esfuerzos que resiste satisfactoriamente el concreto, son los de compresión, por consiguiente a continuación se estudia la curva esfuerzo deformación para concreto sujeto a compresión uniaxial.

En la figura II.2 se presentan varias curvas para distintas resistencias de concreto, donde se observa las siguientes características: Todas tienen una forma similar. La respuesta es razonablemente elástica hasta aproximadamente la mitad de su máxima carga. El módulo de elasticidad para concreto de alta resistencia es mas elevado que los concretos de baja resistencia, con la ventaja que se reducen las pérdidas de la fuerza pretensora debida al acortamiento elástico del concreto, así como también son menores las perdidas por escurrimiento plástico, que son aproximadamente proporcionales a las pérdidas elásticas.

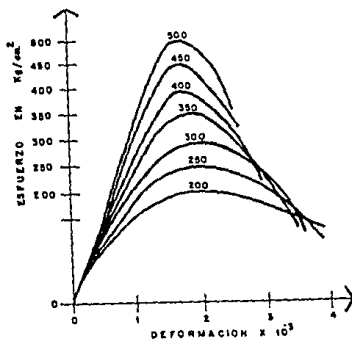


Fig II.2

Además deberá notarse que los concretos de alta resistencia son mas frágiles, lo que significa que se fracturan a una deformación menor que a la que se fracturan los concretos de baja resistencia. De acuerdo con la práctica actual en el diseño, la deformación límite para compresión uniaxial se toma como 0.003, siendo completamente justificable para concretos que tengan una resistencia menor o igual a 400 kg/cm^2 . Todas las curvas alcanzan su máximo esfuerzo a una deformación de 0.002. Las curvas esfuerzo deformación en compresión para concretos ligeros presentan las mismas características que las de los concretos con densidad normal.

Para calcular el módulo de elasticidad, podemos utilizar las expresiones que nos proporcionan el ACI o el Reglamento de Construcción del D.D.F.; de acuerdo al ACI tenemos:

$$E_c = w_c^{1.5} 0.14 \sqrt{f'c} \quad (II.2)$$

donde:

$$w_c = \text{peso volumétrico del concreto en kg/m}^3$$

$$f'c = \text{resistencia del concreto en kg/cm}^2$$

El Reglamento del D.D.F., proporciona las siguientes ecuaciones:

$$E_c = 14,000 \sqrt{f'c} \quad \text{concreto clase 1} \quad (II.3a)$$

$$E_c = 8,000 \sqrt{f'c} \quad \text{concreto clase 2} \quad (II.3b)$$

los concretos clase 1, son aquellos que tienen una resistencia especificada $f'c$ igual o mayor que 250 kg/cm^2 . La resistencia especificada para concretos clase 2, será inferior a 250 kg/cm^2 .

Para el concreto la relación de Poisson será significativa en el rango elástico, o sea para esfuerzos menores a la mitad de la resistencia del concreto.

La resistencia a la tensión del concreto es del orden del 20% o menor de la resistencia a compresión. Los métodos que han resultado mas satisfactorios para medir la resistencia a la tensión son: la prueba del módulo de ruptura o la prueba brasileña. De acuerdo a éstas pruebas, el concreto sujeto a tensión uniaxial responde de una manera casi elástica hasta la carga de ruptura. Para propósitos de diseño, el módulo de elasticidad y la relación de Poisson en tensión se pueden tomar iguales a los valores correspondientes bajo compresión uniaxial.

Para el diseño de elementos pretensados bajo el criterio de esfuerzos permisibles, el ACI y el Reglamento del D.D.F., proporcionan valores límite para el diseño, tanto para la compresión como para la tensión. En el diseño por resistencia ultima los esfuerzos de tensión en el concreto no son tomados en cuenta, éstos son tomados por el acero.

Como se había mencionado en el principio de este capítulo, las propiedades que dependen del tiempo, son el escurrimiento plástico y la contracción. La primera de éstas, es la propiedad mediante la cual el material continúa deformándose a traves de lapsos considerables de tiempo bajo un estado constante de esfuerzos o carga. La velocidad del incremento de la deformación es grande al principio, pero va disminuyendo con el tiempo, se ha encontrado que ésta deformación no solo depende del tiempo, sino que también de las proporciones de la mezcla, la humedad, las condiciones de curado, y la edad del concreto a la cual comienza a ser cargado.

En cuanto a la "contracción" también se obtendrán deformaciones que se deben esencialmente a cambios en el contenido de agua del concreto a traves del tiempo. El agua de la mezcla se va evaporando e hidrata al cemento. Esto produce cambios volumétricos en la estructura interna del concreto, que a su vez producen deformaciones. Los factores que más afectan la

contracción son la cantidad de agua original en la mezcla y las condiciones ambientales, sobre todo a edades tempranas.

Después de haber estudiado en los párrafos anteriores las propiedades mecánicas del concreto y del acero, es conveniente analizar mediante una gráfica esfuerzo-deformación el comportamiento de una viga de concreto presfuerzo. Figura II.3.

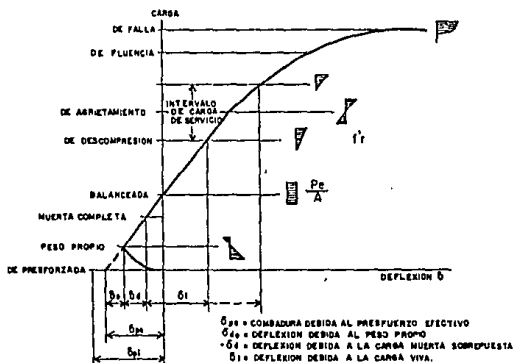


Fig. II.3 CURVA CARGA-DEFLEXION PARA UNA VIGA TÍPICA

La fuerza de presfuerzo que se le aplica a la viga cuando está en la mesa de tensado, se transmite a ésta mediante el corte de torones, y esto se puede realizar siempre y cuando se alcance una resistencia del 80% del concreto, presentándose inmediateamente un combeo hacia arriba δ_{pi} debido a la excentricidad del presfuerzo. Como la viga se apoya en sus extremos, su peso propio provoca una deflexión hacia abajo δ_o , que se superpone en contra del combeo inicial hacia arriba producido por el presfuerzo, a esta etapa se le conoce como estado descargado.

Para simplificar un poco, se supondrá que todas las pérdidas ocurren al mismo tiempo, por lo que la deflexión inicial δ_{pi} se

reducira a una deflexión efectiva δ_{pe} , quedando una deflexión neta en la primera etapa igual a $\delta_{pe} - \delta_o$, debidas a la combinación del presfuerzo efectivo P_e y el peso propio W_o . En éste estado de carga los esfuerzos que se presentan en el concreto, en una sección al centro del claro estan en el rango elástico lineal y se ilustran en la figura II.3, donde se tendrá un esfuerzo elevado de compresión en la parte inferior de la sección y un esfuerzo de tensión pequeño en la parte superior.

El siguiente estado de carga que se presenta en la viga, es cuando se agrega la carga muerta, dando por resultado un incremento en la deflexión hacia abajo, en una cantidad δ_d . Por lo general la deflexión neta es hacia arriba pero no siempre ocurre ésto.

Posteriormente la carga que va actuar es la viva, la cual con una parte de ella, se puede alcanzar el estado de carga balanceado, resultando que la deflexión hacia arriba debida a la excentricidad del presfuerzo, sea completamente igual a la deflexión hacia abajo debida a las cargas exteriores. Dando un estado de esfuerzo de compresión uniforme en el miembro, tal como se ilustra en la figura II.3.

Al incrementar mas la carga viva se alcanza el estado de descompresión, en el cual el esfuerzo en el concreto en la cara inferior de la viga es cero y en la parte superior se tiene un cierto esfuerzo de compresión. En este estado la viga sigue teniendo un comportamiento elástico lineal y este se mantendrá hasta que los esfuerzos de tensión debido a un incremento de carga alcancen el módulo de ruptura.

El rango de cargas de servicio, que generalmente se presenta cae dentro del estado de descompresión y el estado parcial de agrietamiento. Con el agrietamiento se inicia la respuesta no lineal, manteniéndose el concreto y acero en el rango elástico, hasta un poco más allá de la carga de agrietamiento.

Si las cargas se siguen incrementando, comenzará a fluír el acero o el concreto alcanzará su deformación de aplastamiento, a lo que se domina el estado de sobrecarga. Y cerca de la falla la respuesta de la viga es muy inelástica.

El último estado de carga, es el que analizaremos en esta tesis, para el dimensionamiento de los elementos protensados. Teniéndose que revisar los demás estados para estar en los rangos permisibles, que indican los reglamentos.

CAPITULO III

CONSIDERACIONES E HIPOTESIS

DE DISEÑO

III.- CONSIDERACIONES E HIPOTESIS DE DISEÑO.

III.1 SECCIONES ESTRUCTURALES

III.1.1 GEOMETRIA DE LAS SECCIONES

Existen varios tipos de secciones disponibles en el mercado del concreto prefabricado. El Ingeniero Proyectista dedicado al cálculo de las estructuras prefabricadas, es el encargado de elegir la sección mas óptima para su proyecto, éstas se eligen de acuerdo a las necesidades estructurales y arquitectónicas del proyecto, las secciones mas comunes son las rectangulares, I, T, doble T y cajón. Para una mayor información acerca de las secciones existentes en el mercado del concreto prefabricado, ver el catálogo de la ANIPAC.

Para facilitar el cálculo estructural de éstos elementos las secciones mencionadas anteriormente se pueden idealizar como se ilustra en la figura III.1. Estas secciones a menudo se combinan con un concreto colado In Situ, el cual debe estar ligado estructuralmente a la sección simple formando una sección compuesta. Asi mismo cuando se utilizan varias trabes en conjunto para crear un sistema de piso, el colado en Situ conforma un diafragma rígido en conjunto con las trabes, repartiendo uniformemente las cargas laterales y verticales hacia los marcos de la estructura.

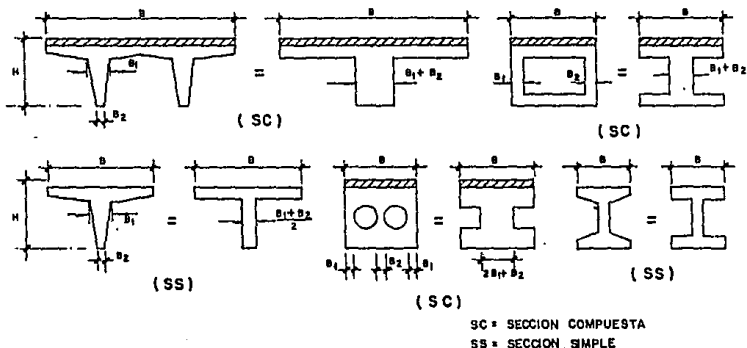


Fig. III. 1

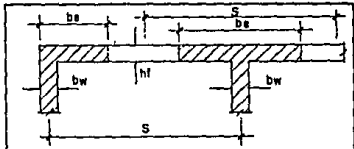
En el inciso siguiente se presentan las consideraciones en cuanto al ancho que realmente trabaja, cuando las traveses se someten a flexión.

III.1.2 ANCHO EFECTIVO DEL PATIN DE COMPRESION

El ancho efectivo del patin de compresión que se presenta en este inciso, es aplicable para traveses de sección simple o compuesta. Cuando las vigas de concreto presforzado se someten a un momento flexionante positivo y su sección sea "T" o "L" invertida, y el ancho del patin de compresión es solo un poco mas ancho que el espesor del alma se puede considerar efectivo todo el patin. Sin embargo, para patines muy anchos el esfuerzo de compresión en el patin no es uniforme, y va disminuyendo desde un máximo que se presenta en el alma, hasta valores menores, conforme vaya aumentando la distancia lateral medida desde el alma en ambos lados de ésta, esta variación ocurre debido a las deformaciones cortantes en el patin (retraso de cortante), que reduce la deformación longitudinal a compresión con la distancia desde el alma. Estos esfuerzos de compresión se pueden calcular con la

teoría elástica, sin embargo para el diseño de la trabe por el criterio de resistencia, la distribución de esfuerzos a compresión en el patín es mas uniforme.

Por tal motivo resulta conveniente en el diseño usar un ancho efectivo del patín, que puede ser menor que el ancho real del patín, pero que se considera uniformemente esforzado. Se ha encontrado que este ancho efectivo depende primeramente del claro de la viga y el espesor relativo de la losa. En la figura III.2 se muestran las recomendaciones del ACI y AASTHO para la consideración de este ancho.



CODIGO	LOSA DE UN LADO	LOSA DE LOS 2 LADOS
ACI	EL MENOR $\left\{ \begin{array}{l} b_w + 6 h_f \\ (b_w + S) / 2 \\ b_w + L / 12 \end{array} \right.$ DE $b_e =$	EL MENOR $\left\{ \begin{array}{l} b_w + 6 h_f \\ S \\ L / 4 \end{array} \right.$ DE $b_e =$
AASHTO	EL MENOR $\left\{ \begin{array}{l} b_w + 6 h_f \\ (b_w + S) / 2 \\ b_w + L / 12 \end{array} \right.$ DE $b_e =$	EL MENOR $\left\{ \begin{array}{l} b_w + 12 h_f \\ S \\ L / 4 \end{array} \right.$ DE $b_e =$

fig III.2

Cuando se utilicen trabes precoladas tipo "I", el valor de b_w de la figura III.2 podra ser reemplazado por b_v , que es el ancho de la sección en la interface con la losa. Si se utiliza una sección "T", se empleara el b_w de la trabe "T".

III.2 HIPOTESIS DE DISEÑO

III.2.1 HIPOTESIS SIMPLIFICATORIAS.

Para el desarrollo de la teoría general de resistencia a flexión, se realizarán suposiciones básicas de comportamiento para las secciones de concreto reforzado. Estas suposiciones también son aplicables al concreto presforzado y se complementan con otras consideraciones para el acero de alta resistencia. Estas hipótesis son las siguientes:

- 1.- Las secciones planas antes de la deformación, permanecen planas después de la deformación.
- 2.- Existe adherencia entre el acero de refuerzo y presfuerzo, y el concreto que lo rodea.
- 3.- El concreto no resiste esfuerzos de tensión.
- 4.- Se conoce el diagrama de esfuerzo deformación del concreto en compresión.
- 5.- La deformación máxima del concreto en compresión debido a la flexión es de 0.003.
- 6.- Se conoce el diagrama de comportamiento del acero de refuerzo ordinario.
- 7.- Se conoce el diagrama de comportamiento del acero de presfuerzo.
- 8.- Se modifica el diagrama de esfuerzos del concreto a compresión a un equivalente.

La primera suposición, que es el principio de Bernoulli, implica que la deformación longitudinal en el concreto y el acero en los distintos puntos a través de una sección, es proporcional a la distancia del eje neutro. Numerosas pruebas en miembros de concreto reforzado han demostrado que esta suposición es bastante

correcta en todas las etapas de carga hasta alcanzar la falla a flexión, siempre que exista buena adherencia entre el concreto y el acero, de refuerzo y presfuerzo, que es la segunda suposición. La tercera suposición es casi exacta, ya que cualquier esfuerzo a tensión existente, que se presentarán en el eje neutro tienen un pequeño brazo de palanca. Las suposiciones 4 a 7, se vieron en detalle en el capítulo 2. La 8a. suposición fué aceptada, debido a que un cierto número de investigadores han estudiado el comportamiento a flexión de vigas de concreto y de acuerdo a los resultados, recomiendan que se remplace el perfil del bloque de esfuerzo - deformación que tiene una forma igual a la de la curva esfuerzo-deformación del concreto por un bloque rectangular equivalente. En la figura III.3 se puede apreciar con mas detalle.

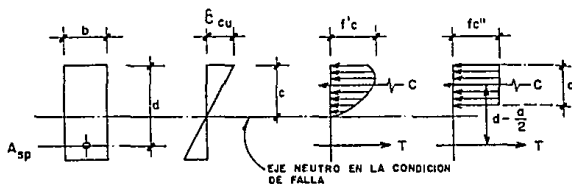


Fig. III. 3

III.2.2 DETERMINACION DEL ESFUERZO EN EL ACERO DE PRESFUERZO DEBIDO A LA FLEXION.

En el inciso II.2, se presenta la curva esfuerzo-deformación del acero de presfuerzo, fig. II.1, y se definió que el esfuerzo de fluencia será aquel, para el cual corresponde una deformación de 1% de acuerdo al ACI Y 1.33% para el Reglamento del D.D.F. Después de la fluencia el esfuerzo y la deformación siguen aumentando gradualmente como se observa en la gráfica, por lo tanto para determinar el esfuerzo f_{sp} cuando se llega a la

resistencia de la sección, se tienen dos métodos:

- a) Compatibilidad de deformaciones.
- b) Ecuaciones proporcionadas por los reglamentos.

La primera de éstas, es un método exacto, pero se requiere que el diseñador cuente con la gráfica esfuerzo-deformación del acero que se va a utilizar, este método es iterativo. El segundo método es mediante las ecuaciones que proporcionan los reglamentos del ACI y la del D.D.F., estas ecuaciones son muy aproximadas y se pueden utilizar con bastante confiabilidad con ciertas limitaciones.

- a) Compatibilidad de deformaciones.

Para encontrar el valor del esfuerzo f_{sp} , primero calcularemos la deformación total ϵ_{sp} , la cual esta constituida por tres etapas de carga que se mencionan a continuación.

La primera deformación que se tiene en el concreto, es la debida a la fuerza efectiva de presfuerzo P_e , después de que han ocurrido todas las perdidas. En este nivel de carga el esfuerzo en el acero y su deformación asociada son respectivamente:

$$f_{pe} = \frac{P_e}{A_p}$$

sustituyendo este esfuerzo en la ecuación que nos proporciona la ley de Hooke resulta

$$\epsilon_i = \epsilon_{pe} = \frac{f_{pe}}{E_p}$$

la cual se encuentra en el rango elástico de la curva esfuerzo-deformación del acero.

El siguiente nivel de carga que se presenta es el correspondiente a la descompresión del concreto al nivel del centroide del acero. Suponiendo que la adherencia permanece intacta entre el concreto y el acero, (hipótesis simplificadoras mencionadas anteriormente) el incremento de la deformación en el acero, que se produce a medida que las cargas pasan del nivel de carga de prefuerzo a la de descompresión, es el mismo que la disminución en la deformación del concreto en el mismo nivel de la sección de la viga. Este incremento viene dado por la expresión:

$$\epsilon_z = \frac{P_e}{A_c E_c} \left(1 + \frac{e^2}{r^2} \right) \quad (\text{III.3})$$

El último nivel de carga que se considera, es cuando se sobrecarga la viga hasta la falla, en donde el eje neutro está a la distancia c por debajo de la parte superior de la viga. El incremento en la deformación es

$$\epsilon_g = \epsilon_{cu} \left(\frac{d - c}{c} \right) \quad (\text{III.4})$$

donde se tendrá que suponer inicialmente un valor de la profundidad del bloque de esfuerzos " c ", para obtener esta deformación ϵ_g . En la figura III.4 se ilustran; a) las deformaciones debidas a estos tres niveles de carga; b) los esfuerzos en la carga de ruptura.

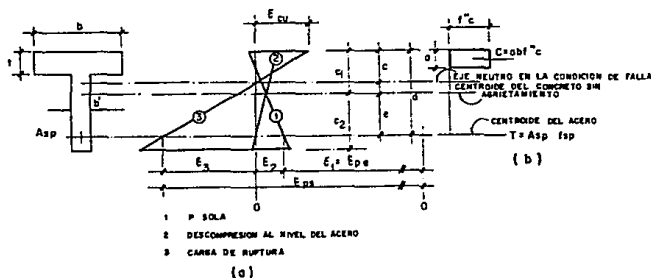


Fig III. 4

La deformación total del acero ϵ_{sp} en la falla es la suma de los tres componentes recién encontrados, ecuación III.2, III.3 y III.4.

$$\epsilon_{sp} = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 \quad (III.5)$$

Con este valor de la deformación ϵ_{sp} entramos a la curva esfuerzo - deformación del acero y encontramos el valor de f_{sp} . Pero como se supuso el valor de "c" para encontrar la deformación ϵ_3 , tenemos que verificar que el valor supuesto sea igual al obtenido, para lo cual, ésto se verificara mediante el equilibrio de fuerzas internas de la viga tenemos:

$$C = T$$

sustituyendo valores tenemos

$$a b f''c = f_{sp} A_{sp}$$

despejando "a" tenemos:

$$a = \frac{f_{sp} A_{sp}}{b f''c}$$

además sabemos que:

$$c = \frac{a}{0.8}$$

si éste valor es diferente al supuesto, volvemos a tantear sustituyendo el valor de "c" calculado, en la deformación ϵ_3 , realizando una nueva iteración hasta que haya congruencia en los resultados.

b) Ecuaciones del Reglamento de Construcción ACI y D.D.F.

Para encontrar el esfuerzo f_{sp} en el acero de presfuerzo, alternativamente los reglamentos del ACI y D.D.F., proporcionan una ecuación para su determinación, siempre y cuando el presfuerzo efectivo f_{pe} no sea menor que $0.5 f_{pu}$, y la resistencia del concreto f'_c no sea mayor a 350 kg/cm^2 . El esfuerzo del acero en la falla se puede calcular con la siguiente ecuación

$$f_{sp} = f_{sr} \left(1 - 0.5 p_p \frac{f_{sr}}{f'_c} \right) \quad \text{(III.6)}$$

donde:

f_{sr} = esfuerzo del acero a la ruptura

$p_p = \frac{A_{sp}}{bd}$ = porcentaje de presfuerzo

f'_c = resistencia del concreto

De los dos métodos mencionados anteriormente, el que vamos a utilizar para el dimensionamiento de vigas en el capítulo IV, será el que nos proporciona la ecuación para la determinación de f_{sp} , por ser mas práctico que el primer método y el que mas se acomoda a los razonamientos que se verán en el siguiente capítulo.

Las consideraciones e hipótesis que se vieron en los párrafos anteriores, incisos III.1 y III.2, son las necesarias para poder realizar el calculo estructural de las vigas presforzadas, por el criterio de resistencia, presentándose once casos que dependen

anteriores, incisos III.1 y III.2, son las necesarias para poder realizar el calculo estructural de las vigas presforzadas, por el criterio de resistencia, presentándose once casos que dependen del tipo de sección, ésta clasificación la podemos observar en la figura III.5. De donde se concluye que para el calculo de la viga, de acuerdo a la profundidad del bloque de compresión, se simplifican en tres tipos que son:

- Secciones que trabajan como rectangulares.
(Secciones simples o compuestas)
- Secciones que trabajan como "T"
(Secciones simples o compuestas)
- Secciones que trabajan como "T" mas un colado In Situ sobre ella. ("T")
(Secciones compuestas)

En el capítulo IV se muestra más detalladamente cada uno de éstos tipos de secciones.

	SECCION GEOMETRICA	SECCION CONSIDERADA PARA EL CALCULO SEGUN LA PROFUNDIDAD DEL BLOQUE DE ESFUERZOS		
		RECTANGULAR	" T "	" MAS FIRME QUE LA " T "
SECCION SIMPLE		$E_c = 0.003$ I:		
		 II: $a < t$	 III: $a > t$	
SECCION COMPUESTA		 IV: $a < t$	 V: $a > t$	
		 VI: $a < t$	 VII: $t < a < t_2$	 VIII: $a > t_2$
		 IX: $a < t$	 X: $t < a < t_2$	 XI: $a > t_2$

Fig. III. 5

CAPITULO IV

DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS
PRETENSADOS POR EL CRITERIO
DE RESISTENCIA

IV.- DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS PRETENSADOS POR EL CRITERIO DE RESISTENCIA.

IV.-1 AREA DE ACERO MAXIMA Y MINIMA.

IV.1.1 ACERO MAXIMO.

Al igual que las vigas de concreto reforzado, las vigas presforzadas se pueden dividir en dos tipos, basándose en su tipo de falla por flexión, teniéndose así, vigas sobre-reforzadas y subreforzadas.

Las vigas sobre-reforzadas, son las que fallan cuando el concreto alcanza la deformación límite de compresión, a una carga para la cual el acero está aún por debajo del límite de fluencia, comportándose el concreto esforzado dentro de su rango inelástico, en tanto que la respuesta del acero es aún elástica. Este tipo de falla ocurre subitamente con poco aviso y se le llama "falla frágil". Los reglamentos de construcción no permiten que se presente este tipo de falla.

En cuanto a las vigas subreforzadas; la falla, se inicia con la fluencia del acero a tensión, y por consecuencia se presentarán grandes deformaciones en el elemento, lo que provoca el ensanchamiento de las grietas de flexión y su propagación hacia el eje neutro, a su vez se va reduciendo el área de compresión y los esfuerzos máximos van aumentando hasta llegar a su resistencia, presentándose, así una falla secundaria, aún cuando

la falla se inició con la fluencia del acero.

El esfuerzo en el acero al momento de la falla, se determina como se indicó en el Inciso III.2.2. Las grandes deformaciones del acero producen un agrietamiento visible y una deformación considerable del miembro antes de que se alcance la carga de falla. Esta es una consideración importante de seguridad.

A este tipo de falla se le llama "dúctil" y los Reglamentos de Construcción especifican que cuando se sobrecargue una estructura siempre se deberá presentar este tipo de falla.

Cuando el concreto alcanza su deformación límite de compresión y simultáneamente se inicia la fluencia del acero, se presenta una falla balanceada. El área de acero que obtenemos de esta condición será la máxima que podemos colocar a la trabe, garantizando que para áreas menores a la máxima, se presenta una falla dúctil.

El área de acero máxima se obtiene a partir del equilibrio de fuerzas internas

$$C = T$$

sustituyendo valores

$$a b f''c = Asp fsp$$

despejando el área de acero que será la máxima tenemos

$$Asp_{max} = \frac{a b f''c}{fsp}$$

donde el ancho b y la resistencia $f''c$ son conocidas, el esfuerzo en el acero fsp está en función del área Asp_{max} , quedando solo por definir la profundidad del bloque de esfuerzos " a " que será la máxima, la cual está en función de la profundidad del eje neutro " c ". De la figura III.4 conocemos la deformación límite

del concreto a compresión, y la deformación del acero cuando se inicia la fluencia es 0.01 segun ACI y 0.01/0.75 segun RCDF, tomando esta ultima para nuestro analisis. Como se vio en el inciso III.2.2 del Capitulo anterior, la deformación del acero para esta condición queda expresada por la ecuacion IV.1, y de la deformación e_s despejaremos el valor de "c" que es el que nos falta conocer para obtener el Asp_{max} . La ecuacion que resulta de la deformacion total del acero es la siguiente:

$$e_1 + e_2 + e_3 = \frac{e_{sp}}{0.75} \quad (IV.1)$$

donde las deformaciones e_1 , e_2 y e_3 quedaron definidas en el capítulo anterior, por lo tanto sustituyendo valores y despreciando la deformación e_2 por ser muy pequena (0.1%) y poder simplificar los calculos se tiene

$$\frac{0.7 K f_{sr}}{Esp} + \frac{0.003 (dsp - c)}{c} = \frac{0.01}{0.75}$$

despejando la variable c, que es la profundidad del eje neutro y que corresponde a la máxima, nos queda la siguiente expresión (ver apendice A.1).

$$c_{max} = \frac{dsp}{(5.44 - 9.8245 \times 10^{-5} f_{sr})} \quad (IV.2)$$

en la ecuación anterior la profundidad "c_{max}" queda unicamente en función del peralte dsp y del esfuerzo en el acero f_{sr}. Dándole a la variable B el siguiente valor:

$$B = \frac{1}{(5.44 - 9.8245 \times 10^{-5} f_{sr})}$$

nos queda la ecuación:

$$c_{\max} = B \text{ dsp} \quad (\text{IV.3})$$

Con ésta ecuación determinamos la profundidad máxima del eje neutro c_{\max} y de acuerdo a la hipótesis simplificatoria que se vió en el Inciso III.2.1 la profundidad máxima de bloque de esfuerzos se determina en la siguiente expresión:

$$a_{\max} = 0.8 c_{\max}$$

substituyendo el valor de c_{\max} (ecuación IV.3) resulta

$$a_{\max} = 0.8 B \text{ dsp} \quad (\text{IV.4})$$

substituyendo el valor de f_{sr} en la variable B correspondiente a 270 K (19,000 kg/cm²) y 250 K (17,600 kg/cm²) tenemos:

$$a_{\max} = 0.2239 \text{ dsp} \quad \text{para } f_{sr} = 19,000 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{IV.4. a})$$

$$a_{\max} = 0.2156 \text{ dsp} \quad \text{para } f_{sr} = 17,600 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{IV.4. b})$$

Estos dos valores de la máxima profundidad del bloque de esfuerzos a_{\max} para aceros de 250 k y 270 k respectivamente, son aproximadamente una tercera parte al correspondiente a_{\max} de una viga de concreto reforzado cuyo valor es de 0.6ds, y esto es debido a que al acero de presfuerzo tiene una deformación de seis veces mayor a la del acero ordinario de refuerzo.

Los valores anteriores quedan únicamente en función del peralte dsp, el cual se tiene que suponer para un primer tanteo, hasta que el dsp supuesto sea igual al calculado. Este valor de la profundidad del bloque de esfuerzos será el máximo que se presentará en cualquier sección, conocido éste valor y por equilibrio de fuerzas internas de la viga, podemos conocer el área de acero máxima para cualquier sección.

Como habíamos dicho en párrafos anteriores se tendrán 11 casos de secciones, que se clasifican en tres tipos, de acuerdo a la posición del eje neutro y son las siguientes:

- A) Secciones que trabajan como rectangulares
(Secciones simples o compuestas)
- B) Secciones que trabajan como "T"
(Secciones simples o compuestas)
- C) Secciones que trabajan como "T" mas un colado In Situ sobre ella. (Secciones compuestas; "T").

A) Secciones que trabajan como rectangulares.

Las secciones que se consideran que trabajaran como rectangulares, son aquellas en las que la profundidad del bloque de esfuerzos es tal que la zona a compresión sea un rectángulo, no importandonos la forma que tenga la sección por debajo del bloque de compresion, ya que esta trabajara a tension y el acero de presfuerzo será el encargado de sustituirla. En la figura III.5 se ilustran las secciones de éste tipo, y son las correspondientes a los casos I, II, IV, VI y IX que se muestran en la figura III.5. A continuación se muestra una de estas secciones que se analizará para el calculo. Fig.IV.1.

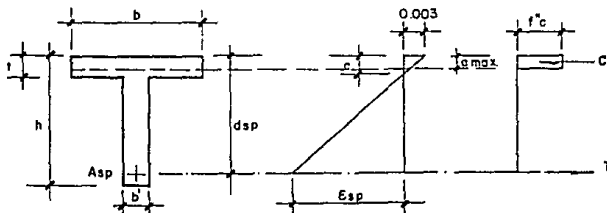


Fig. IV . 1

Conocida la máxima profundidad del bloque de compresión a_{max} y por equilibrio de fuerzas internas de la viga podemos tener la siguiente ecuación de la cual despejaremos el área de acero máxima $A_{s_{max}}$

$$C = T$$

sustituyendo valores tenemos

$$a_{max} b f_c'' = A_{s_{max}} f_{sp}$$

despejando el $A_{s_{max}}$ resulta

$$A_{s_{max}} = \frac{a_{max} b f_c''}{f_{sp}}$$

de ésta expresión conocemos el ancho b de la viga y la resistencia del concreto f_c'' , la profundidad del bloque de esfuerzos a_{max} se definió en la ecuación IV.4, y el esfuerzo f_{sp} quedó determinado en el inciso III.2.2, por lo que sustituyendo valores nos queda

$$A_{s_{max}} = \frac{(0.8 B dsp) b f_c''}{f_{sr} \left(1 - 0.5 \frac{A_{sp}}{b dsp} \frac{f_{sr}}{f_c''} \right)}$$

factorizando y simplificando terminos resulta (ver apéndice A.2)

$$A_{s_{max}} = \frac{(f_{sr} + f_{sr} \sqrt{1 - 1.6 B}) (b dsp f_c'')}{f_{sr}^2} \quad (IV.5)$$

para trabajar con terminos adimensionales dejaremos el $A_{s_{max}}$ en función del porcentaje p que corresponde también al máximo,

dicho porcentaje se expresa en la siguiente expresión:

$$p_{\max} = \frac{A_{sp_{\max}}}{b \, d_{sp}}$$

sustituyendo y simplificando términos nos queda finalmente:

$$p_{\max} = \frac{f_c''}{f_{sr}} \left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{1.6}{(5.44 - 9.8245 \times 10^{-5} f_{sr})}} \right] \quad (\text{IV.6})$$

En esta ecuación observamos que se tienen 2 valores del porcentaje máximo, del cual eliminamos el mayor de ellos que corresponde al signo (+) de la raíz cuadrada, tomando como válido el menor. Además el porcentaje máximo queda en función de la resistencia de los materiales que son la correspondiente al concreto f_c'' y el acero f_{sr} . De esta ecuación podemos formar una tabla para los distintos valores de f_c'' y f_{sr} que es la que se muestra a continuación. (Tabla IV.1)

$f_{sr} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$		$f_{sr} = 17,600 \text{ kg/cm}^2$	
f_c''	p_{\max}	f_c''	p_{\max}
350	0.00314	350	0.00324
300	0.00275	300	0.00284
250	0.00229	250	0.00237

TABLA IV.1

B) Secciones que trabajan como "T"

Las secciones que trabajan como "T" de acuerdo a la máxima profundidad de bloque de esfuerzos, se ilustran en la figura III.5 del Capítulo III, siendo los casos III, V, VII y X los que trabajan como "T", donde se observa que el bloque de compresión estará formado por dos rectángulos cuya profundidad es a_{max} , para el caso de secciones simples y para secciones compuestas se tendrán dos rectángulos con distintas resistencias del concreto, una es la correspondiente al concreto colada In Situ f'_{cp} , y la otra al elemento prefabricado f'_{cp} .

Por lo tanto para obtener el área de acero máximo, en secciones que trabajan como "T" analizaremos dos casos; las secciones simples y las secciones compuestas, las cuales se presentan a continuación.

B.1) Sección simple que trabaja como "T". (Fig. IV.2) (caso III de la figura III.5)

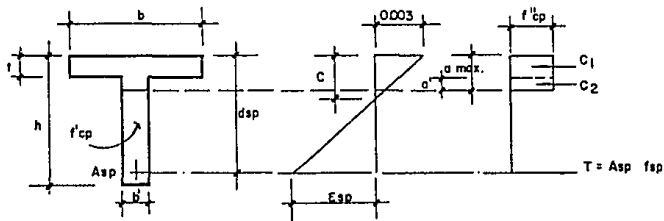


Fig. IV. 2

Para este tipo de secciones la ecuación que resulta aplicando el equilibrio de fuerzas internas de la viga es la siguiente:

$$C_1 + C_2 = T_{sp}$$

sustituyendo valores resulta

$$t b f_{c''} + (a_{\max} - t) b' f_{c''} = Asp_{\max} f_{sr} \quad (IV.7)$$

despejando Asp_{\max} y sustituyendo el valor de f_{sr}

$$Asp_{\max} = \frac{f_{c''}(t b + a' b')}{f_{sr}(1 - 0.5 \frac{As}{b d} \frac{f_{sr}}{f_{c''}})}$$

factorizando y simplificando terminos resulta (Ver apendice A.3)

$$Asp_{\max} = \frac{[f_{sr} + f_{sr} \sqrt{1 - 2 \left(\frac{t b + a' b'}{b dsp} \right)}] (b dsp f_{c''})}{f_{sr}^2} \quad \dots(IV.8)$$

dejándolo en función del porcentaje p nos queda:

$$p_{\max} = \frac{f_{c''}}{f_{sr}} \left[1 - \sqrt{1 - 2 \frac{t}{dsp} \left(1 - \frac{b'}{b} \right)} - \left(\frac{1.6}{5.44 - 9.8245 \times 10^{-5} f_{sr}} \right) \frac{b'}{b} \right] \quad \dots(IV.9)$$

En esta ecuación para un determinado $f_{c''}$ y f_{sr} , queda únicamente en función de la profundidad del patin (t) y del peralte efectivo (dsp), así como de los anchos del patin (b) y del alma (b'), con lo cual podemos tener una familia de curvas que se ilustran en la figura IV.3. (Los datos que se obtuvieron en esta gráfica, corresponden a un $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f_{sr} = 19\,000 \text{ kg/cm}^2$ (270 k), en la cual podemos observar que para secciones con valores mayores de $t/dsp = 0.2239$, correspondiente a la máxima profundidad del bloque de esfuerzos, la sección trabaja

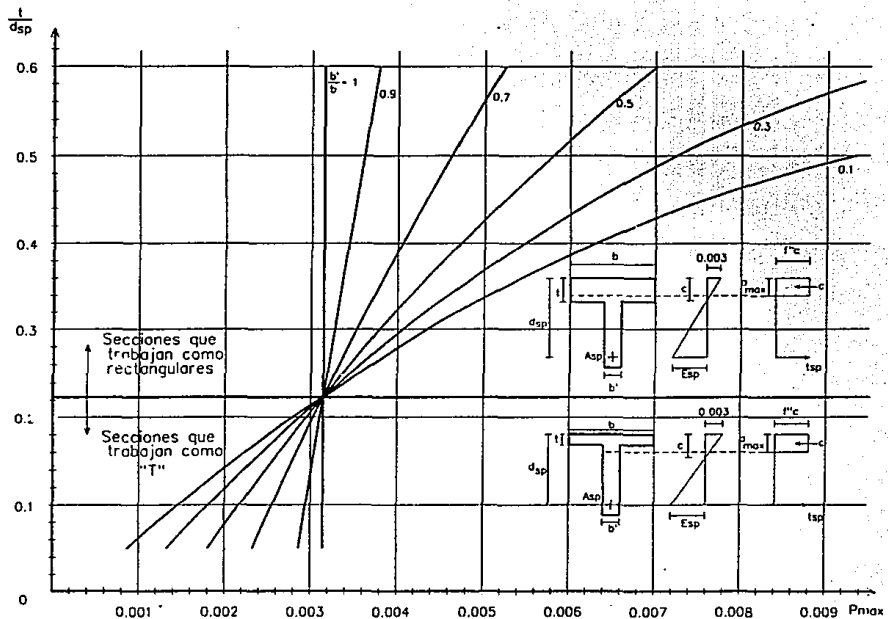


Figura IV.3

como rectangular, donde los valores de b'/b que se utilizaron fué de 0.1 a 1, así como t/dsp con un rango que va de 0.05 a 0.6, que son los valores que se pueden presentar en la práctica, y su área máxima se calcula como en el inciso a).

Para simplificar un poco la ecuación IV.9, la dejaremos únicamente en función de los parámetros geométricos de la sección y la limitaremos para valores de $t/dsp < 0.2239$ y 0.2156 , para un acero de $19,000 \text{ kg/cm}^2$ y $17,600 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente, así como para valores de $b'/b < 1$, siendo estos valores los rangos donde trabaja como "T", resultando las siguientes expresiones:

$$\text{Para } f_{sr} = 19000 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{y} \quad t/dsp < 0.2239 \\ b'/b < 1$$

 $f'c$

$$P_{\max} = \left[1 - \sqrt{1 - 2 \frac{t}{dsp} \left(1 - \frac{b'}{b}\right) - \frac{b'}{b} 0.44776} \right] \quad \begin{array}{l} 0.012232 \text{ (350)} \\ 0.010737 \text{ (300)} \end{array}$$

 $\dots(\text{IV.10})$

$$\text{Para } f_{sr} = 17600 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{y} \quad t/dsp < 0.2156 \\ b'/b < 1$$

 fc'

$$P_{\max} = \left[1 - \sqrt{1 - 2 \frac{t}{dsp} \left(1 - \frac{b'}{b}\right) - \frac{b'}{b} 0.43116} \right] \quad \begin{array}{l} 0.013204 \text{ (350)} \\ 0.011591 \text{ (300)} \end{array}$$

 $\dots(\text{IV.11})$

Estas dos ecuaciones se presentan tabuladas y graficadas en el apéndice B (Tablas B.1 a la B.4 y figs. B.1 a la B.4). Además en el apéndice C se presentan ejemplos prácticos donde se explica como utilizar las graficas antes mencionadas.

B.2) Secciones compuestas que trabajan como "T". (Fig. IV.4)
(Casos V, VII y X de la figura III.5)

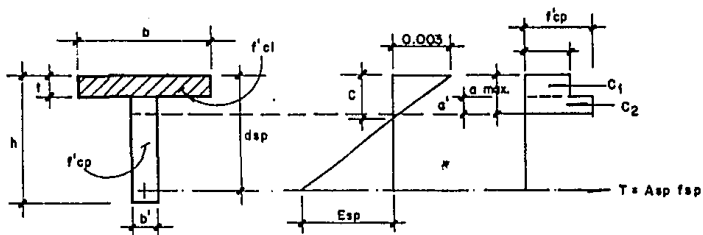


Fig. IV.4

para este tipo de sección compuesta también obtenemos su ecuación de equilibrio, como lo hicimos en las secciones anteriores, quedando la siguiente expresión

$$C_1 + C_2 = T_{sp}$$

sustituyendo valores tenemos

$$t b f_{cl}' + a' b' f_{cp}' = Asp_{max} f_{sp}$$

en esta ecuación como habíamos mencionado anteriormente, se observa que intervienen dos tipos de concreto, siendo uno el correspondiente a la losa colada In Situ y el otro a el elemento prefabricado. Despejando Asp_{max} y sustituyendo f_{sp} por la ecuación que nos permite el reglamento (ec. III.8), en donde la resistencia del concreto se tomara como un promedio pesado de las

$$Asp_{max} = \frac{t b f_{cl}' + a' b' f_{cp}'}{fsr \left(1 - 0.5 \frac{As}{b d} \frac{fsr}{f_{c,prom}'} \right)}$$

dos resistencias que intervienen en la sección compuesta y que se obtiene en base a las dos áreas distintas de concreto comprendidas en la profundidad a_{max} . Factorizando y simplificando términos, y además dejando el Asp_{max} en función del porcentaje, nos queda. (ver apéndice A.4)

$$P_{max} = \frac{fc'_{prom}}{f_{sr}} \left(1 - \sqrt{ 1 - 2 \frac{fc'_{p}}{fc'_{prom}} \left(\frac{t}{d} \frac{fc'_{l}}{fc'_{p}} \right) + \left(\frac{0.8}{5.44 - 0.824 \times 10^{-3} f_{sr}} - \frac{t}{d} \right) \frac{b'}{b}} \right) \quad \dots(IV.12)$$

Esta ecuación también se presenta tabulada y graficada en el apéndice B (tablas B.5 a la B.8 y figs. B.5 a la B.8). Y en el apéndice C se presentan ejemplos donde se explica como utilizar éstas gráficas.

C) Secciones que trabajan como "T" mas un colado In Situ sobre ella. (Secciones compuestas)

Las secciones que conforman este tipo de consideración en cuanto a su forma de trabajo, son por lo general, las secciones compuestas, las cuales estarán formadas por una sección prefabricada "T" o "I", que trabaja como "T" mas un colado en el lugar, el cual será de una resistencia menor a la del elemento prefabricado. Casos VIII y XI de la figura III.5. En la figura IV.5 se presenta este tipo de secciones que se analizaran para la obtención del area Asp_{max} .

Nuevamente obteniendo la ecuación de equilibrio de fuerzas internas para esta sección, se tiene la siguiente expresión:

$$C_1 + C_2 + C_3 = T_{sp}$$

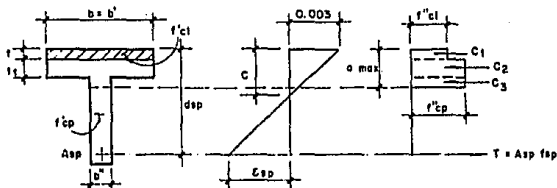


Fig. IV.5

sustituyendo valores en la ecuación anterior tenemos.

$$t b f'_{cl} + t_i b' f'_{cp} + a' b'' f'_{cp} = A_{sp_{max}} f_{sp} \quad (IV.13)$$

despejando $A_{sp_{max}}$ y sustituyendo f_{sp} por la ec. III.8 en donde, como lo mencionamos en el inciso anterior se tomará un promedio pesado para la resistencia del concreto, quedando la siguiente expresión

$$A_{sp_{max}} = \frac{t b f'_{cl} + (t_i b' + a' b'') f'_{cp}}{f_{sr} \left(1 - 0.5 \frac{A}{b d} \frac{f_{sr}}{f'_{cp_{prom}}} \right)}$$

factorizando y simplificando términos, y además dejando el $A_{sp_{max}}$ en función del porcentaje, nos queda. (ver apéndice A.5)

$$p_{max} = \frac{f'_{cp_{prom}}}{f_{sr}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 f'_{cp_{prom}}}{f_{sr}} \left(\frac{t f'_{cl}}{d f'_{cp_{prom}}} + \frac{t_i b'}{d b} + \left(\frac{0.8}{5.44 - 9.824 \times 10^{-4} f_{sr}} - \frac{t + t_i}{d} \right) \frac{b''}{b} \right)} \right)$$

...(IV.14)

Esta ecuación también se presenta tabulada y graficada en el apéndice B (tablas B.9 a la B.16 y figs. B.9 a la B.12). Y en el apéndice C se presentan ejemplos donde se explica como utilizar éstas gráficas.

Con la deducción del párrafo anterior, terminamos los tres tipos de secciones estructurales mencionadas anteriormente, cubriendo todos los tipos de secciones que se nos puedan presentar en la practica para la obtención del área de acero máxima, obligando a que la falla sea dúctil, para areas de acero menores que esta.

IV.1.2 ACERO MINIMO

El Area de acero minimo a tensión, en una viga presforzada, será por lo menos el necesario para que el momento resistente de la sección sea igual a 1.2 veces su momento de agrietamiento. Por lo tanto se debe de cumplir la siguiente ecuación:

$$M_R \geq 1.2 M_{ag}$$

Para valuar los momentos resistente y de agrietamiento, se tomará en cuenta el efecto de presfuerzo. Para el momento de agrietamiento el esfuerzo de tensión en la fibra extrema se calculará con el módulo de rotura no reducido $f_t = 2 \sqrt{f'c}$, y los esfuerzos de la sección los calcularemos con la formula de la escuadría, estando en el límite para poder utilizarla, ya que como se observa en la figura II.3 del capítulo II estamos en el rango elástico. Como habiamos mencionado anteriormente se presentaran dos casos: las Secciones Simples y las Secciones Compuestas, las cuales analizaremos a continuación para obtener su momento de agrietamiento de cada una de estas.

A) Secciones Simples:

La ecuación que resulta al aplicar la formula de la esquadria en la sección, es la siguiente.

$$\frac{P_o}{A} + \frac{P_o e y_i}{I} - \frac{M_{ag} y_i}{I} = -2 \sqrt{f_c'}$$

despejando el momento de agrietamiento M_{ag} nos queda.

$$M_{ag} = \left(2 \sqrt{f_c'} + \frac{P_o}{A} + \frac{P_o e y_i}{I} \right) \frac{I}{y_i} \quad (IV.15)$$

donde:

P_o = Fuerza efectiva aplicada en la sección por los torones de presfuerzo.

A = Area de la sección

I = Inercia de la sección

e = excentricidad de la fuerza P con respecto al centroide de la seccion.

y_i = distancia del centroide de la seccion a la fibra extrema inferior

Si no se cumple que M_R sea mayor o igual que $1.2 M_{ag}$, se tendrá que aumentar el área de acero de presfuerzo hasta que se cumpla esta ecuación, este razonamiento se aplica para cualquier tipo de sección simple. La obtencion del M_R se vera en el inciso siguiente (IV.2)

B) Secciones compuestas:

En las secciones compuestas para obtener su momento de agrietamiento, se presentan dos estados de carga; en el primero los esfuerzos son resistidos por la sección simple y para el segundo estado de carga los esfuerzos los resistirá la sección compuesta, y la ecuación que resulta es la siguiente:

$$\frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o e y_{ias}}{I_{ss}} - \frac{M_{ss} y_{ias}}{I_{ss}} - \frac{M_{sc\ adic} y_{isc}}{I_{sc}} = - 2 \sqrt{fc'_p} \quad (IV.16)$$

En esta ecuación la resistencia del concreto fc'_p es la del elemento prefabricado, por ser la que se va a agrietar, y el momento de agrietamiento estará compuesto por:

$$M_{ag} = M_{ss} + M_{sc\ adic} \quad (IV.17)$$

Donde M_{ss} es el momento actuando en la sección simple, debido al peso propio del elemento prefabricado y del elemento colado In Situ, y M_{sc} el momento adicional actuando en la sección compuesta, que es el debido a la carga muerta y viva para que se presente el momento de agrietamiento. De la ecuación IV.16 despejamos el momento $M_{sc\ adic}$ quedando:

$$M_{sc\ adic} = \left(\frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o e y_{ias}}{I_{ss}} - \frac{M_{ss} y_{ias}}{I_{ss}} + 2 \sqrt{fc'_p} \right) \frac{I_{sc}}{y_{isc}}$$

Sustituyendo la ecuación anterior en la ecuación IV.17 nos queda finalmente :

$$M_{ag} = M_{ss} + \left(\frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o e y_{ss}}{I_{ss}} - \frac{M_{ss} y_{ss}}{I_{ss}} + 2 \sqrt{f_c' p} \right) \frac{I_{sc}}{y_{tac}}$$

...(IV.18)

En esta ecuación se debera cumplir que M_R sea mayor o igual que $1.2 M_{ag}$, de lo contrario se tendrá que aumentar el acero hasta que se cumpla dicha desigualdad. La obtencion del M_a se analizará en el inciso siguiente. Por lo general esta desigualdad esta se cumple.

IV.2 DIMENSIONAMIENTO DE SECCIONES.

El dimensionamiento de elementos pretensados, es una tarea que el Ingeniero estructuralista debe de resolver, para que éstas sean seguras y su costo y funcionalidad sean lo mas óptimas, y es aquí donde cuenta mucho la experiencia del Ingeniero para que esto sea posible. A continuación describiremos el método que emplearemos para el dimensionamiento de elementos pretensados por el criterio de resistencia y se expone a continuación:

Este método consiste en colocar el área de acero maxima en la sección, la cual se obtuvo en el inciso IV.1.1, y con esta área de acero mediante una grafica, obtener el momento resistente que le llamaremos ($M_{R_{max}}$), posteriormente se presentará como se obtuvieron estas gráficas. El momento resistente ($M_{R_{max}}$), se comparará con el momento ultimo actuante (M_{u_a}), presentándose los siguientes casos:

- I) Si $M_{R_{max}} < M_{u_a}$, se aumentan las dimensiones de la sección de tal forma que para la nueva seccion $M_{R_{max}} = M_{u_a}$
- II) Si $M_{R_{max}} > M_{u_a}$, se reducirán las dimensiones de la sección de tal forma que para la nueva seccion $M_{R_{max}} = M_{u_a}$. Si por alguna razon no se puede reducir las dimensiones de la sección, también podemos optar por reducir el área de acero, de tal forma que no se utilizaría el $A_{s_{max}}$ ya que quedaría sobrada y en su lugar se colocará el A_s requerido, la cual se obtendrá a partir del M_{u_a} . Resultando que el $M_{R_{max}}$ será mayor que $M_{R_{max}} = M_{u_a}$
- III) Si $M_{R_{max}} = M_{u_a}$ se tiene un diseño óptimo

Ademas, para estos tres casos se deberá revisar que al área de acero que se coloque en la sección, sea mayor que la correspondiente a la mínima, (ver inciso IV.1.2)

Para poder realizar las revisiones antes mencionadas, nos falta describir el procedimiento para obtener el área de acero A_s , a partir del momento último actuante M_u y de las dimensiones de la sección. Como se verá mas adelante con este procedimiento también se podrá obtener el momento resistente máximo, a partir del área de acero máximo.

Este procedimiento se basa en el equilibrio de fuerzas y de momentos internos de la viga, y al igual que en el calculo del área máxima de una viga, se presenta en forma tabular o graficamente. En el apéndice C se presentan ejemplos, donde se explica como utilizar éstas gráficas. De la misma forma que para la obtención del área de acero máximo se tendran también tres casos, en cuanto a su forma de trabajo y que dependen de la profundidad del bloque de esfuerzos, y se presentan a continuación:

- A) Secciones que trabajan como rectangulares. (Fig. IV.6)
(Secciones simples y secciones compuestas)

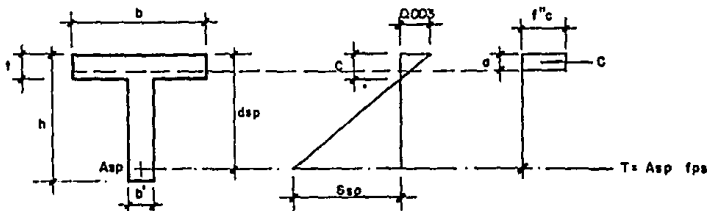


Fig. IV. 6

Por equilibrio de fuerzas internas de la viga tenemos:

$$C = Tsp$$

sustituyendo valores y despejando la profundidad del bloque de esfuerzos "a", tenemos

$$a = \frac{A_{sp} f_{sp}}{b f_{c''}} \quad (IV.17)$$

Por otra parte sacando momentos con respecto al acero de presfuerzo se tiene

$$M_R = FR \left(a b f_{c''} \left(dsp - \frac{a}{2} \right) \right) \quad (IV.18)$$

sustituyendo la ecuación IV.17 en IV.18, y realizando operaciones nos queda finalmente la siguiente expresión (ver apéndice A.6)

$$\frac{M_R}{b dsp^2} = FR p \left[f_{sr} \left(1 - 0.5 p \frac{f_{sr}}{f_{c''}} \right) \right] \left[1 - \frac{0.5}{f_{c''}} p \left(f_{sr} \left(1 - 0.5 p \frac{f_{sr}}{f_{c''}} \right) \right) \right] \quad (IV.19)$$

En esta ecuación sustituimos el p_{max} que obtuvimos en el inciso A de la sección IV.1.1, (tabla IV.1), para un determinado f'_c y f_{sr} , y obtenemos el $M_R/bdsp^2$ máximo, como no se puede utilizar un porcentaje mayor al p_{max} tenemos que ir disminuyendo este porcentaje y substituyéndolo en la ecuación anterior, teniéndose de esta manera la ecuación IV.19 resuelta en forma tabular o gráficamente, (tablas B.17 a la B.22 y figuras B.13 y B.14) donde se observa que estas tablas o gráficas nos sirven tanto como para dimensionar como para revisar una viga de presfuerzo, según sea el caso. Como se dijo al principio del inciso IV.2, el criterio que utilizaremos para dimensionar, será colocar el A_{smax} y obtener el M_{Rmax} el cual se compara con el momento último actuante, donde se presentarán las opciones de aumentar o disminuir la sección, según sea más grande o más chico

el momento resistente máximo comparado con el momento último actuante. Si no se opta por colocar el $A_{s_{max}}$ en la sección, a partir del momento último actuante encontraremos el A_s requerido mediante las gráficas B.13 y B.14, la cual será mayor al $A_{s_{max}}$, solamente se tiene que suponer el peralte d_{sp} para el primer tanteo, y con esto obtenemos el porcentaje p y por consiguiente el área de presfuerzo A_{sp} , pero como se supuso el peralte d_{sp} , se vuelve a calcular el área hasta que el d_{sp} supuesto sea igual al calculado, este método converge muy rápido y en dos tanteos se puede tener un diseño óptimo.

En el apéndice C se presentan ejemplos donde se explica como utilizar estas gráficas.

B) Secciones que trabajan como "T"

B.1) Secciones Simples (figura IV.7)

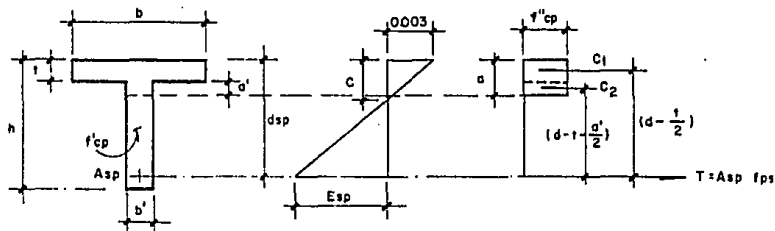


Fig IV.7

Por equilibrio de fuerzas internas tenemos

$$C_1 + C_2 = T_{sp}$$

sustituyendo valores y despejando la profundidad del bloque de

esfuerzos a' se tiene la siguiente expresión

$$a' = \frac{A_{sp} f_{sp} - t b f'c''}{b' f'c''} \quad (\text{IV.20})$$

sacando momentos con respecto al acero de presfuerzo A_{sp} queda

$$M_a = FR \left[C_1 \left(d - \frac{t}{2} \right) + C_2 \left(d - t - \frac{a'}{2} \right) \right] \quad (\text{IV.21})$$

sustituyendo y factorizando valores resulta (ver apéndice A.7)

$$\frac{M_u}{b d s p^2} = FR f'c'' \left[\frac{t}{d} \left(1 - 0.5 \frac{t}{d} \right) + \left(p \frac{f_{sr}}{f'c''} \left(1 - 0.5 p \frac{f_{sr}}{f'c''} \right) - \frac{t}{d} \right) \right]$$

$$\left(1 - \frac{t}{d} + 0.5 \frac{t}{d} \frac{1}{b'/b} - 0.5 p \frac{1}{b'/b} \frac{f_{sr}}{f'c''} \left(1 - 0.5 p \frac{f_{sr}}{f'c''} \right) \right)]$$

... (IV.22)

Esta ecuación también queda en función del porcentaje y de los parámetros geométricos de la sección. Y como se vio en el inciso B.1 de la sección IV.1.1, se tendrán varios porcentajes máximos, dependiendo de las características geométricas de la sección, para un determinado $f'c$ y f_{sr} . Estos porcentajes máximos se sustituyeron en la ecuación IV.22 y se obtuvieron distintos $M_u/b d s p^2$ máximos, los cuales se vaciaron sobre la gráfica de las secciones que trabajan como rectangulares, tanto los porcentajes máximos como la gráfica, corresponden a un $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y $f_{sr} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$ (fig. IV.8 y tabla B.23), para valores distintos de $f'c$ y f_{sr} sucede algo similar, donde se observa que los porcentajes máximos casi coinciden con la curva, los cuales al ir disminuyendo el p_{\max} disminuirá la profundidad del bloque de compresión, hasta un valor para el cual

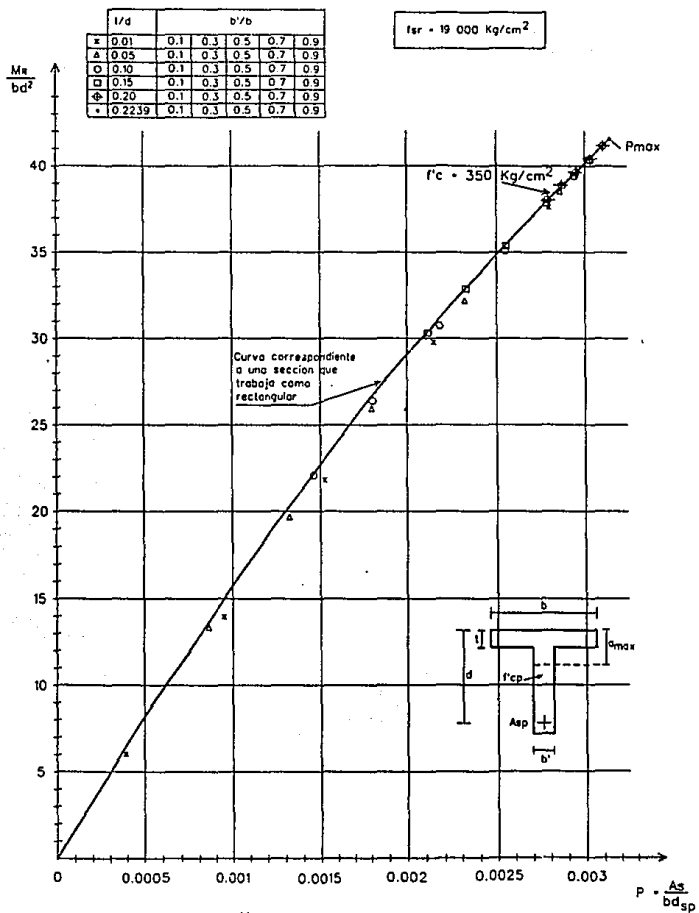


Figura IV.8 Valores de P_{max} y $\left(\frac{M_x}{bd^2}\right)_{max}$ de una seccion simple que trabaja como "T"

se conviertan en rectangulares. Por lo tanto, para el dimensionamiento de una sección simple que trabaje como "T", se colocará el porcentaje máximo en la sección y mediante las gráficas B.15 y B.16 que son idénticas a las gráficas para secciones que trabajan como rectangulares se calculará el M_r/bd^2 máximo, el cual se compara con el M_u , y en base a esta comparación se aumentará o disminuirá la sección según sea el caso que esté escasa o sobrada. Cuando la sección está sobrada y por alguna razón no se pueda disminuir, no se colocará el A_{smax} y a partir del M_u encontramos el A_s requerido mediante las gráficas antes mencionadas. Como los porcentajes máximos para sección simple "T" que se vaciaron en la gráfica de la figura IV.8 quedaron por debajo de la curva para secciones rectangulares, los valores de " M_r " o " p " que se obtengan de la figura B.15 y B.16 tendrán un error de 1 a 0.5% de los valores reales. En el capítulo V se obtienen estos valores exactos.

B.2) Secciones compuestas (figura IV.9)

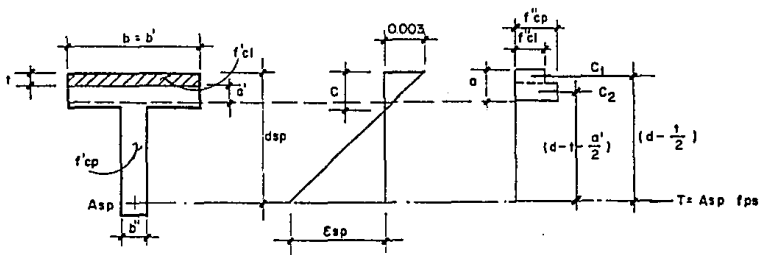


Fig. IV.9

Por equilibrio de fuerzas internas tenemos

$$C_1 + C_2 = T_{sp}$$

sustituyendo valores y despejando la profundidad del bloque de esfuerzos a' se tiene la siguiente expresión

$$a' = \frac{A_{sp} f_{sp} - t b f_{c_l}'}{b' f_{c_p}'} \quad (IV.23)$$

por otra parte, sacando momentos con respecto al acero de presfuerzo A_{sp} queda

$$M_R = FR \left[C_1 \left(d - \frac{t}{2} \right) + C_2 \left(d - t - \frac{a'}{2} \right) \right] \quad (IV.24)$$

sustituyendo y factorizando valores resulta (ver apéndice A.8)

$$\frac{M_u}{bdsp^2} = FR f_{c_l}'' \left[\frac{t}{d} \left(1 - 0.5 \frac{t}{d} \right) + \left(p \frac{f_{sr}}{f_{c_l}'} \left(1 - 0.5 p \frac{f_{sr}}{f_{c_p}'} \right) - \frac{t}{d} \right) \right]$$

$$\left(1 - \frac{t}{d} + 0.5 \frac{t}{d} \frac{1}{b'/b} \frac{f_{c_l}'}{f_{c_p}'} - 0.5 p \frac{1}{b'/b} \frac{f_{sr}}{f_{c_p}'} \left(1 - 0.5 p \frac{f_{sr}}{f_{c_p}'} \right) \right) \quad \dots (IV.25)$$

De la misma forma que para las secciones simples que trabajan como "T", en la ecuación anterior (IV.25) se sustituyeron los porcentajes máximos correspondientes a este tipo de sección, obteniéndose los respectivos M_R/bd^2_{max} , los cuales se vaciaron sobre 3 curvas, siendo cada una de estas curvas las que se obtuvieron cuando la sección trabaja como rectangular, con una resistencia del concreto de 350, 300 y 250 kg/cm² respectivamente. (tabla B.24 y figura IV.10). Donde podemos observar que para valores de $b'/b < 0.7$ estos valores casi coinciden sobre la curva correspondiente a una resistencia de 250 kg/cm², que serán los que generalmente se presentan en la práctica. Otro valor de b'/b que se nos va a presentar con frecuencia es el correspondiente a $b'/b = 1$, el cual se observa que estará formado por una línea que une los porcentajes máximos correspondientes a 250, 300 y 350 kg/cm². Por lo tanto para las secciones compuestas que trabajan como "T" para un primer

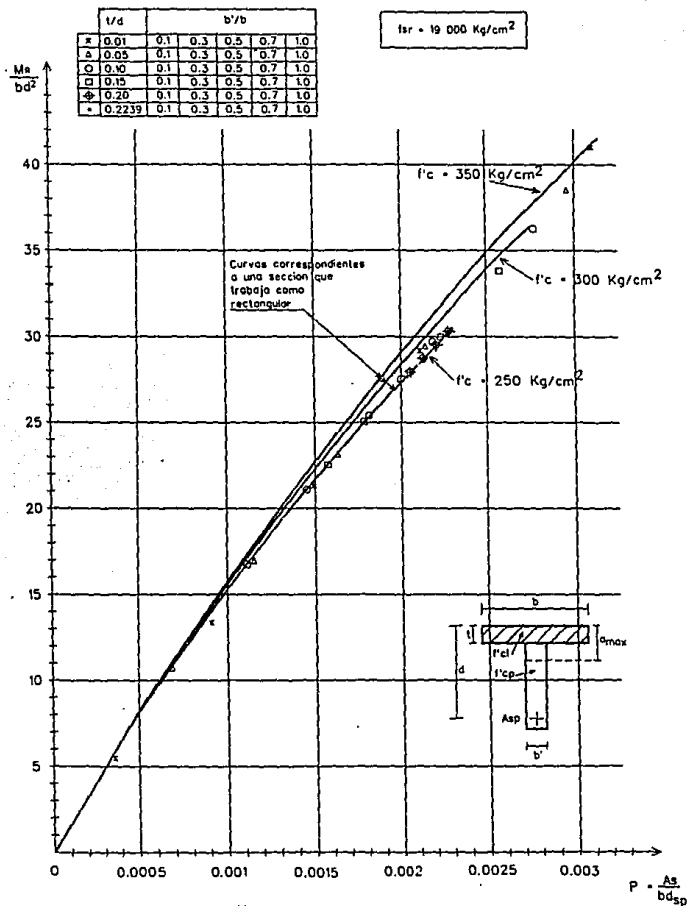


Figura IV.10 Valores de P_{max} y $\left(\frac{M_s}{bd^2}\right)_{max}$ de una seccion compuesta que trabaja como "T"

tanteo las gráficas que utilizaremos son las que se presentan en las figuras B.17 y B.18, donde al igual que en los casos anteriores, con el p_{max} , correspondiente a este tipo de sección encontramos el M_u/bd^2 máximo y se compara con el M_u , con lo cual se decide si se aumenta o disminuye la sección según sea el caso, o bien se deja la sección y se coloca el A_s requerido a partir del M_u .

C) Secciones que trabajan como "T" mas un colado In Situ sobre ellas. (Fig. IV.11)

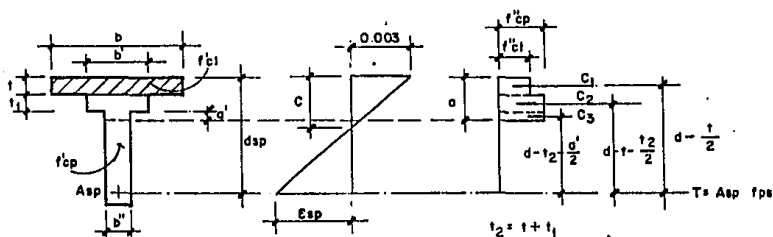


Fig IV.11

Por equilibrio de fuerzas internas de la viga tenemos

$$C_1 + C_2 + C_3 = T = A_s f_{ps}$$

sustituyendo valores

$$t_2 b f_{c_l}' + t_1 b' f_{c_p}' + a b' f_{c_p}' = A_s f_{ps} \quad (IV.26)$$

despejando a'

$$a' = \frac{A s p f s p - t b f c_p'' - t_1 b' f c_p''}{b'' f c_p''} \quad (IV.27)$$

por otro lado sacamos momentos con respecto al acero de prefuerzo quedando

$$M_R = FR \left[C_1 \left(d - \frac{t}{2} \right) + C_2 \left(d - t - \frac{t_1}{2} \right) + C_3 \left(d - t_2 - \frac{a'}{2} \right) \right]$$

sustituyendo valores y factorizando terminos resulta (ver apendice A.9)

$$\frac{M_R}{b d^2} = FR f c_p'' \left(\frac{f c_l'' t}{f c_p'' d} \left(1 - 0.5 \frac{t}{d} \right) + \frac{t_1 b'}{d b} \left(1 - \frac{t}{d} - 0.5 \frac{t_1}{d} \right) + \right.$$

$$\left. \left[p \frac{f s r}{f c_p''} \left(1 - .5 p \frac{f s r}{f c_p''} \right) - \frac{t f c_l''}{d f c_p''} - \frac{t_1 b'}{d b} \right] \right.$$

$$\left. \left[1 - \frac{t}{d} - \frac{t_1}{d} - \frac{.5 p}{b''/b} \frac{f s r}{f c_p''} \left(1 - .5 p \frac{f s r}{f c_p''} \right) + \frac{.5 t}{d b''/b} \frac{f c_l''}{f c_p''} + \frac{.5 t_1 b'}{d b''} \right] \right.$$

...(IV.28)

La ecuación IV.28, al igual que el caso anterior queda en función del porcentaje y de las dimensiones de la trabe, donde se observa que intervienen mas parámetros geométricos en relación al caso anterior (sección "T"), debido a ésta diversidad de parámetros geométricos se tendrán varios porcentajes maximos, como se vió en la sección IV.1.1 Inciso C, éstos porcentajes maximos se sustituyeron en la ecuación IV.28 y se obtuvieron distintos M_R/bd^2 , los cuales como en el caso anterior se vaciaron sobre 3

curvas, siendo cada una de estas curvas las que se obtuvieron cuando la sección trabaja como rectangular, con una resistencia del concreto de 350, 300 y 250 kg/cm^2 respectivamente. (tabla B.25 a la B.27 y figura IV.12). Donde podemos observar que para valores de $b'/b < 0.7$ (que seran los que generalmente se presentaran en la práctica), éstos valores caen sobre la curva correspondiente a una resistencia de 250 kg/cm^2 . Otro valor de b'/b que se nos va a presentar con frecuencia es el correspondiente a $b'/b = 1$, el cual se observa que estará formado por la línea que une los porcentajes máximos correspondientes a 250, 300 y 350 kg/cm^2 . Por lo tanto para las secciones compuestas que trabajan como ''T'' mas un colado In Situ sobre ella, para un primer tanteo, utilizaremos la gráfica que se presenta en la figura B.17 y B.18. Siguiendo la misma metodología planteada para los casos anteriores.

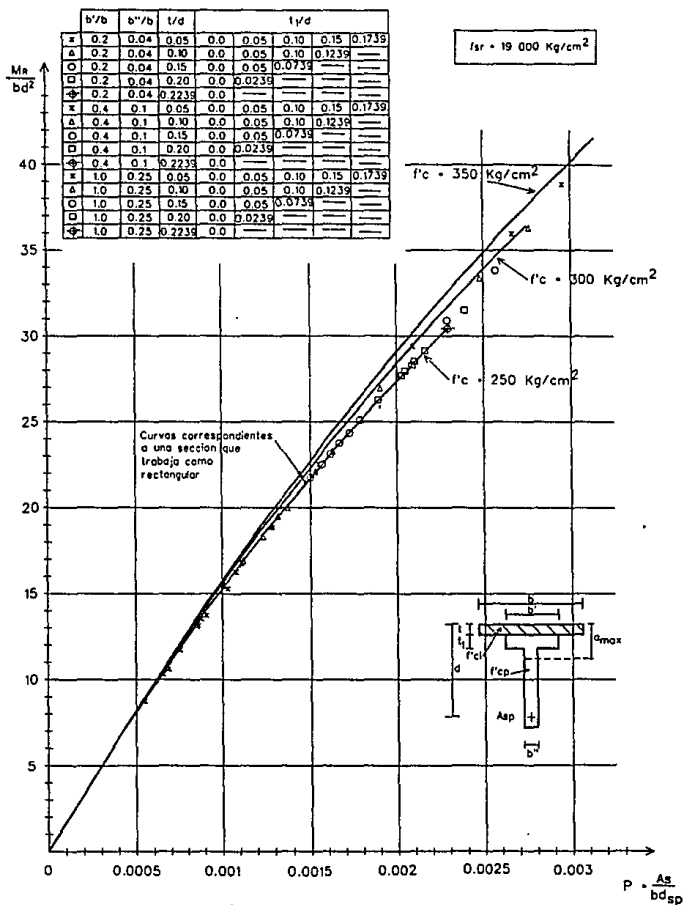


Figura IV.12 Valores de P_{max} y $\left(\frac{M_a}{bd^2}\right)_{max}$ de una sección compuesta que trabaja como "T"

CAPITULO V

REVISION POR RESITENCIA

V.- REVISION POR RESISTENCIA

En el capítulo anterior se presentó la metodología para dimensionar las trabes pretensadas, donde se indicó que se tienen dos opciones para el dimensionamiento. La primera, es colocar el área de acero máxima ($A_{s_{max}}$), con la cual se obtiene el momento resistente máximo ($M_{r_{max}}$), que se compara con el momento último actuante (M_u), presentándose la posibilidad de aumentar o disminuir la sección según se requiera, cuando por algún motivo no se pueda disminuir la sección se tiene la segunda alternativa para el dimensionamiento, donde a partir de M_u encontramos el área de acero requerida.

Independientemente de cual opción se haya elegido en el dimensionamiento, para cualquiera de ellas se utilizarán las gráficas " M_r/bd^2 " vs " p ", vistas en el capítulo anterior las cuales se obtuvieron a partir de las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y de momento resistente, por lo que al momento de dimensionar prácticamente estamos revisando al mismo tiempo. Por lo tanto, para la revisión por resistencia lo que haremos es una comprobación de que el momento resistente sea mayor o igual que el momento actuante.

Dependiendo de la opción que se haya utilizado es la forma como revisaremos y son los siguientes:

- 1.- Si se eligió dimensionar utilizando el $A_{s_{max}}$, la profundidad del bloque de compresión que utilizaremos será la a_{max} la cual quedó definida en el inciso IV.1.1, este valor de a_{max} ,

comparado con la sección que utilizaremos nos indicara si trabaja como rectangular, "T" o "T'"; eligiendo así, la ecuación de momento resistente que corresponda para la revisión presentándose los siguientes casos:

a) Secciones que trabajan como rectangulares.

Para este caso en el capítulo anterior, inciso IV.2 quedo definida esta ecuación (ec.IV.16) y es la siguiente.

$$M_R = FR \left(abf''c \left(dsp - \frac{a}{2} \right) \right) \quad \dots V.1$$

Sustituyendo el a_{max} correspondiente para un $f_{sr} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$ y $17,600 \text{ kg/cm}^2$ en la ecuación anterior resulta.

- Para $f_{sr} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$; $a_{max} = 0.2239 \text{ dsp}$

$$M_R = FR \left[0.2239 \text{ dsp } b f''c \left(dsp - \frac{0.2239 \text{ dsp}}{2} \right) \right]$$

factorizando y realizando operaciones

$$M_R = 0.1789 \text{ b dsp}^2 f''c. \quad \dots V.1.1$$

- Para $f_{sr} = 17,600 \text{ kg/cm}^2$; $a_{max} = 0.2156 \text{ dsp}$

$$M_R = FR \left[0.2156 \text{ dsp } b f''c \left(dsp - \frac{0.2156 \text{ dsp}}{2} \right) \right]$$

factorizando realizando operaciones resulta

$$M_R = 0.1731 b d s p^2 f''c. \quad \dots V.1.2$$

Las ecuaciones anteriores son las que utilizaremos para la revisión de este primer caso.

b) Secciones que trabajan como ''T''.

b.1) Secciones simples.

La ecuación que se definió en el capítulo anterior, inciso IV.2 fué la ecuación IV.21 'y es la que utilizaremos para este caso y se presenta a continuación.

$$M_R = FR \left[b t f''c \left(d - \frac{t}{2} \right) + a' b' f''c \left(d - t - \frac{a'}{2} \right) \right]$$

donde

$$a' = a_{\max} - t$$

quedando finalmente

$$M_R = FR f''c \left(b t \left(d - \frac{t}{2} \right) + (a_{\max} - t) b' \left(d - t - \frac{(a_{\max} - t)}{2} \right) \right) \dots V.2$$

b.2) Secciones compuestas.

Para este tipo de secciones la ecuación de momento resistente es igual a la del párrafo anterior con la diferencia de que se tienen dos resistencias de concreto y es la siguiente

$$M_R = FR \left[b t f''c_i \left(d - \frac{t}{2} \right) + (a_{\max} - t) b' f''c_p \left(d - t - \frac{(a_{\max} - t)}{2} \right) \right]$$

\dots V.3

- c) Secciones que trabajan como "T" (Secciones compuestas)

Para este tipo de secciones la ecuación de momento resistente se presentó en el inciso IV.2, donde al igual que en los casos anteriores $a' = a_{\max} - t_2$, sustituyendo este valor nos queda finalmente:

$$M_n = FR \left(t b f'' c_l \left(d - \frac{t}{2} \right) + t_1 b' f'' c_p \left(d - t - \frac{t_1}{2} \right) + (a_{\max} - t_2) b' f'' c_p \left(d - t_2 - \frac{(a_{\max} - t_2)}{2} \right) \right) \quad \dots V.4$$

Con las ecuaciones V.1 a V.4, queda definido como se revisará el momento resistente cuando se opte por colocar el $A_{s_{\max}}$ en la sección.

- 2.- Si se elige dimensionar a partir del momento último actuante, las ecuaciones del momento resistente presentadas anteriormente serán las mismas, con la diferencia que la profundidad del bloque de compresión no será a_{\max} , sino que tendrá un valor menor y un primer tanteo supondremos que la sección trabaja como rectangular, por lo que "a" se calculará con la siguiente ecuación

$$a = \frac{A_{s_{\max}} f_{s_{\max}}}{b' f'' c_p} < t \quad \dots V.5$$

Este valor de "a" debe ser menor o igual que "t", para que la suposición de sección rectangular sea correcta. Si esta desigualdad se cumple, se sustituye este valor en la

ecuación V.1 y obtenemos el momento resistente. Sino se cumple la desigualdad se supondrá que trabaja como ''T'', donde se pueden presentar dos casos; que la sección sea simple o compuesta y el valor de ''a'' será el siguiente:

Para la sección simple se tiene

$$a = t + \frac{A_s f_{sp} - t b f''c_p}{b' f''c_p} \quad \dots V.6$$

este valor de ''a'' deberá ser mayor que ''t'' pero menor que ''t₂'' para que la suposición de sección ''T'' sea correcta, si esta desigualdad se cumple, el valor de ''a'' se sustituye por el a_{max} de la ecuación V.2 y se obtiene el momento resistente.

Para la sección compuesta como se tienen dos resistencias del concreto, la profundidad ''a'' sera

$$a = t + \frac{A_s f_{sp} - t b f''c_l}{b' f''c_p} \quad \dots V.7$$

donde al igual que para las secciones simples deberá ser mayor que ''t'' pero menor que ''t₂'' para que la sección trabaje como ''T''. Para obtener el momento resistente se sustituirá este valor de ''a'' por el a_{max} de la ecuación V.3.

Si tanto como para la sección simple como para la sección compuesta tampoco se cumplen las desigualdades, para que la sección trabaje como ''T'', la única posibilidad es que trabaje como ''F'' y solo como sección compuesta; donde el valor de la profundidad del bloque de compresión sera el siguiente

$$a = t_2 + \frac{A_s p f_{sp} - t b f'' c_l - t_2 b' f'' c_p}{b'' f'' c_p} \quad \dots V.8$$

El momento resistente se obtiene sustituyendo este valor de "a" por el a_{\max} de la ecuación V.4.

Con la metodología de los párrafos anteriores, para cualquier tipo de sección se podrá revisar el momento resistente y se verificará que siempre serán menores que el momento último actuante.

En el apéndice c se presentan ejemplos prácticos donde se ilustra como se efectúa esta revisión, de acuerdo a los lineamientos indicados en los párrafos anteriores.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

VI.- CONCLUSIONES

En los primeros capítulos de ésta tesis, se presentan los conceptos fundamentales en los que se basa el concreto prefabricado, así como las consideraciones e hipótesis para el diseño de elementos pretensados por el criterio de resistencia, que es el tema principal de este trabajo. El método que se utilizó para el dimensionamiento de estos elementos, es colocar en la sección el área de acero máxima ($A_{s_{max}}$), con lo cual se garantiza, que cuando el elemento se sobrecargue se presente una falla dúctil. Con esta área $A_{s_{max}}$ se obtiene el momento resistente, que se compara con el momento último actuante. En base a esta comparación se decide aumentar o disminuir la sección para que no quede escasa o sobrada según sea el caso.

En el caso de que M_r sea menor que M_{u_a} y por alguna razón no se puedan disminuir las dimensiones de la sección, se puede optar por reducir el área de acero $A_{s_{max}}$ y a partir del momento último actuante, podremos obtener el área requerida, que será menor que la máxima.

Para facilitar el cálculo del $A_{s_{max}}$ y del momento resistente de la sección, se obtuvieron unas gráficas, las cuales resultaron del equilibrio de fuerzas y de momento resistente, dando por resultado una mayor rapidez para el cálculo.

Después de haber realizado el dimensionamiento del elemento, procedemos a efectuar la revisión, para verificar que $M_u < M_R$, y esta desigualdad siempre se va a cumplir ya que la metodología usada para el dimensionamiento, como se mencionó en el párrafo anterior se basa en las ecuaciones de equilibrio y momento resistente, por lo que estrictamente no será necesario realizar esta revisión.

Adicionalmente al Criterio por Resistencia, presentado en esta tesis, se tendrá que efectuar una revisión por esfuerzos permisibles, ya que con el área de acero obtenida, en algunos casos se tendrá la necesidad de engrasar los torones, debido a que en las secciones cercanas a los puntos de apoyo de la trabe, los esfuerzos son mayores a los permisibles, en la sección al centro del claro por lo general, los esfuerzos actuantes son menores a los permisibles.

Otra revisión que se tendrá que efectuar es por deflexión, para que no se vayan a presentar excesivas contraflechas que puedan dañar a la trabe, ya que el método que se propuso para dimensionar en esta tesis, es el de utilizar el mayor presfuerzo posible.

A P E N D I C E S :

A.- DEDUCION DE FORMULAS

B.- TABLAS Y GRAFICAS

C.- EJEMPLOS

APENDICE A**DEDUCCION DE FORMULAS**

Apendice A.I.- Maxima profundidad del bloque de esfuerzos

Para que los elementos estructurales presforzados tenga una falla dúctil, se tiene que al igual que en elementos reforzados el acero de presfuerzo deberá de fluir antes de que el concreto falle, con lo cual tenemos la siguiente ecuación para que ésto se garantice.

$$\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 \geq \frac{\epsilon_p}{0.75}$$

sustituyendo valores y despreciando la deformación ϵ_2 por ser muy pequeña nos queda

$$\frac{0.7 K f_{sr}}{Esp} + \frac{0.003 (dsp-c)}{c} = \frac{0.01}{0.75}$$

despejando c

$$\frac{0.003 dsp}{c} - 0.003 = 0.01\bar{3} - \frac{0.7 K f_{sr}}{Esp}$$

$$\frac{0.003 dsp}{c} = 0.01\bar{3} + 0.003 + \frac{0.7 K f_{sr}}{Esp}$$

$$\frac{dsp}{c} = \frac{0.01\bar{3} - 3.6842 \times 10^{-7} K f_{sr}}{0.003}$$

$$\frac{dsp}{c} = 5.44 - 1.22806 \times 10^{-4} K f_{sr}$$

considerando un veinte por ciento de perdidas, K = 0.8 tenemos

$$c = \frac{dsp}{(5.44 - 9.8245 \times 10^{-5} f_{sr})}$$

AREA DE ACERO MAXIMA (APENDICES A.2 AL A.5)

Apendice A.2.-Area de acero maxima en secciones que trabajan como rectangulares.

Por equilibrio de fuerzas internas de la viga podemos tener la siguiente ecuación de la cual despejaremos el área de acero maxima $A_{s_{max}}$

$$C = T$$

sustituyendo valores

$$a_{max} b f_c'' = A_{s_{max}} f_{sp}$$

despejando $A_{s_{max}}$ queda

$$A_{s_{max}} = \frac{a_{max} b f_c''}{f_{sp}}$$

sustituyendo las ecs. III.6 para f_{sp} y la IV.4 para a_{max} tenemos:

$$A_{s_{max}} = \frac{0.8 B d_{sp} b f_c''}{f_{sr} \left(1 - 0.5 \frac{A_{sp}}{b d_{sp}} \frac{f_{sr}}{f_c''} \right)}$$

factorizando $A_{s_{max}}$ y ordenando

$$A_{sp} f_{sr} - A_{sp}^2 \frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f_c''} = 0.8 B b d_{sp} f_c''$$

$$A_{sp}^2 \left(\frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f_c''} \right) + A_{sp}(-f_{sr}) + 0.8 B b d_{sp} f_c'' = 0$$

recordando la fórmula

$$A_{sp} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4 A C}}{2 A}$$

y sustituyendo

$$A_{sp} = \frac{f_{sr} \pm \sqrt{f_{sr}^2 - 4\left(\frac{0.5 f_{sr}^2}{b \text{ dsp } f_{c''}}\right) (0.8 B b \text{ dsp } f_{c''})}}{2 \left(\frac{0.5 f_{sr}^2}{b \text{ dsp } f_{c''}}\right)}$$

$$A_{sp} = \frac{(f_{sr} \pm \sqrt{f_{sr}^2 - 1.6 f_{sr}^2 B})(b \text{ dsp } f_{c''})}{f_{sr}^2}$$

$$A_{sp \max} = \frac{(f_{sr} - f_{sr} \sqrt{1 - 1.6 B})(b \text{ dsp } f_{c''})}{f_{sr}^2}$$

como sabemos que

$$p = \frac{A_{sp}}{b \text{ dsp}}$$

$$p_{\max} = \frac{(f_{sr} - f_{sr} \sqrt{1 - 1.6 B})(b \text{ dsp } f_{c''})}{f_{sr}^2 b \text{ dsp}}$$

$$p_{\max} = \frac{f_{c''}}{f_{sr}} \pm \frac{f_{c''}}{f_{sr}} \sqrt{1 - 1.6 B}$$

sustituyendo el valor asignado a B finalmente nos queda la ecuación

$$p_{\max} = \frac{f_{c''}}{f_{sr}} \left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{1.6}{(5.44 - 9.8245 \times 10^{-5} f_{sr})}} \right]$$

quedando unicamente en funcion de la resistencia del concreto y del acero.

Apendice A.3.- Secciones simples que trabajan como "T"

Para este tipo de secciones la ecuación que resulta aplicando el equilibrio de fuerzas internas de la viga es la siguiente:

$$C_1 + C_2 = T_{sp}$$

sustituyendo valores resulta

$$t b f c'' + (a_{\max} - t) b' f c'' = A_{sp} f_{sp}$$

despejando A_{sp} que corresponde a la maxima y sustituyeno f_{sp} por la ecuación que nos permite el reglamento, ec. III.6 y haciendo $a' = a_{\max} - t$, nos queda

$$A_{sp_{\max}} = \frac{f c'' (t b + a' b')}{f_{sr} \left(1 - 0.5 \frac{A_{sp}}{b d} \frac{f_{sr}}{f'' c} \right)}$$

factorizando

$$A_{sp} f_{sr} - A_{sp}^2 \frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f c''} - f c'' (t b + a' b') = 0$$

$$A_{sp}^2 \frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f c''} + A_{sp} (-f_{sr}) + f c'' (t b + a' b') = 0$$

recordando la fórmula

$$A_{sp} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4 A C}}{2 A}$$

$$A_{sp} = \frac{f_{sr} \pm \sqrt{f_{sr}^2 - 4 \left(\frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f c''} \right) (f c'' (t b + a' b'))}}{2 \left(\frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f c''} \right)}$$

$$A_{sp} = \frac{(f_{sr} \pm \sqrt{f_{sr}^2(1 - \frac{2}{b \text{ dsp}}(t b + a' b'))}) (b d f_{c''})}{f_{sr}^2}$$

como sabemos que

$$p = \frac{A_{sp}}{b \text{ dsp}}$$

$$p_{\max} = \frac{(f_{sr} - f_{sr} \sqrt{1 - 2 \left(\frac{t b + a' b'}{b \text{ dsp}} \right)}) (b \text{ dsp } f_{c''})}{f_{sr}^2 b \text{ dsp}}$$

$$p_{\max} = \frac{(f_{sr} - f_{sr} \sqrt{1 - 2 \left(\frac{t b + a' b'}{b \text{ dsp}} \right)}) (b \text{ dsp } f_{c''})}{f_{sr}^2 b \text{ dsp}}$$

para simplificar un poco haremos $\text{dsp} = d$

$$p_{\max} = \frac{f_{c''}}{f_{sr}} - \frac{f_{c''}}{f_{sr}} \sqrt{1 - 2 \left(\frac{t}{d} + \frac{a'}{d} \frac{b'}{b} \right)}$$

como $a' = a - t$ y suatituyendo el valor de "a" nos queda

$$p_{\max} = \frac{f_{c''}}{f_{sr}} \left[1 - \sqrt{1 - 2 \left(\frac{t}{d} + \left(\frac{0.8B d}{d} - \frac{t}{d} \right) \frac{b'}{b} \right)} \right]$$

sustituyendo el valor de B

$$p_{\max} = \frac{f_{c''}}{f_{sr}} \left[1 - \sqrt{1 - 2 \frac{t}{d} + 2 \frac{t}{d} \frac{b'}{b} - \left(\frac{1.6}{5.44 - 9.8245 \times 10^{-3} f_{sr}} \right) \frac{b'}{b}} \right]$$

finalmente queda la siguiente expresi3n

$$p_{\max} = \frac{f_{c''}}{f_{sr}} \left[1 - \sqrt{1 - 2 \frac{t}{d} \left(1 - \frac{b'}{b} \right) - \left(\frac{1.6}{5.44 - 9.8245 \times 10^{-3} f_{sr}} \right) \frac{b'}{b}} \right]$$

Apéndice A.4.- Secciones Compuestas que trabajan como "T"

Para este tipo de secciones la ecuación que resulta aplicando el equilibrio de fuerzas internas de la viga es la siguiente:

$$C_1 + C_2 = T_{sp}$$

sustituyendo valores resulta

$$t b f c_l'' + (a_{\max} - t) b' f c_p'' = Asp f_{sr}$$

despejando Asp que corresponde a la máxima y sustituyendo fsp por la ecuación que nos permite el reglamento, y haciendo $a' = a_{\max} - t$

$$Asp_{\max} = \frac{t b f c_l'' + a' b' f c_p''}{f_{sr} \left(1 - 0.5 \frac{Asp}{b d} \frac{f_{sr}}{f c_{prom}}\right)}$$

factorizando

$$Asp f_{sr} - Asp^2 \frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f c_{prom}} - t b f c_l'' - a' b' f c_p'' = 0$$

$$Asp^2 \frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f c_{prom}} + Asp(-f_{sr}) + t b f c_l'' + a' b' f c_p'' = 0$$

recordando la fórmula

$$Asp = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4 A C}}{2 A}$$

$$Asp = \frac{f_{sr} \pm \sqrt{f_{sr}^2 - 4 \left(\frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f c_{prom}} \right) (t b f c_l'' + a' b' f c_p'')}}{2 \left(\frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f c_{prom}} \right)}$$

simplificando y haciendo $dsp = d$

$$A_{sp} = \frac{(f_{sr} \pm \sqrt{f_{sr}^2(1 - \frac{2}{b d f_{c''}_{prom}}(t b f_{c''}_l + a' b' f_{c''}_p))} (b d f_{c''}_{prom})}{f_{sr}^2}$$

como sabemos que

$$p = \frac{A_{sp}}{b d}$$

$$p = \frac{(f_{sr} \pm f_{sr} \sqrt{(1 - \frac{2}{b d f_{c''}_{prom}}(t b f_{c''}_l + a' b' f_{c''}_p))} (b d f_{c''}_{prom})}{f_{sr}^2}}{b d}$$

$$p_{max} = \frac{f_{c''}_{prom}}{f_{sr}} - \frac{f_{c''}_{prom}}{f_{sr}} \sqrt{1 - 2 \frac{f_{c''}_p}{f_{c''}_{prom}} (\frac{t}{d} \frac{f_{c''}_l}{f_{c''}_p} + \frac{a'}{d} \frac{b'}{b})}$$

como $a' = a - t$ y sustituyendo el valor de "a" nos queda

$$p_{max} = \frac{f_{c''}_{prom}}{f_{sr}} (1 - \sqrt{1 - 2 \frac{f_{c''}_p}{f_{c''}_{prom}} (\frac{t}{d} \frac{f_{c''}_l}{f_{c''}_p} + (\frac{0.8 B d}{d} - \frac{t}{d}) \frac{b'}{b})})$$

sustituyendo el valor de B finalmente nos queda la expresión:

$$p_{max} = \frac{f_{c''}_{prom}}{f_{sr}} (1 - \sqrt{1 - 2 \frac{f_{c''}_p}{f_{c''}_{prom}} (\frac{t}{d} \frac{f_{c''}_l}{f_{c''}_p} + (\frac{0.8}{5.44 - 9.824 \times 10^{-3} f_{sr}} - \frac{t}{d}) \frac{b'}{b})})$$

Apendice A.5.- Secciones Compuestas que trabajan como "T" mas un colado In Situ sobre ella

Para este tipo de secciones la ecuación que resulta aplicando el equilibrio de fuerzas internas de la viga es la siguiente:

$$C_1 + C_2 + C_3 = T_{sp}$$

sustituyendo valores resulta

$$t b f_{c_1}'' + t_1 b' f_{c_p}'' + (a_{\max} - t) b'' f_{c_p}'' = A_{sp} f_{sp}$$

despejando A_{sp} que corresponde a la maxima y sustituyendo f_{sp} por la ecuación que nos permite el reglamento, y haciendo a' = a_{max} - t

$$A_{sp \max} = \frac{t b f_{c_1}'' + f_{c_p}''(t_1 b' + a' b'')}{f_{sr} \left(1 \pm 0.5 \frac{A_{sp} f_{sr}}{b d f_{c_{prom}}} \right)}$$

factorizando

$$A_{sp} f_{sr} - A_{sp}^2 \frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f_{c_{prom}}} - t b f_{c_1}'' - f_{c_p}''(t_1 b' + a' b'') = 0$$

$$A_{sp}^2 \frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f_{c_{prom}}} + A_{sp}(-f_{sr}) + t b f_{c_1}'' + (t_1 b' + a' b'') f_{c_p}'' = 0$$

recordando la fórmula

$$A_{sp} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4 A C}}{2 A}$$

$$A_{sp} = \frac{f_{sr} \pm \sqrt{f_{sr}^2 - 4 \left(\frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f_{c_{prom}}} \right) (t b f_{c_1}'' + (t_1 b' + a' b'') f_{c_p}''}}{2 \left(\frac{0.5 f_{sr}^2}{b d_{sp} f_{c_{prom}}} \right)}$$

Simplificando y haciendo $dsp = d$

$$A_{sp} = \frac{(f_{sr} \pm \sqrt{f_{sr}^2 \left(1 - \frac{2}{b d f_{c''}^{prom}} (t b f_{c''}^{l'} + (t_1 b' + a' b'') f_{c''}^{p'})\right)}) (b d f_{c''}^{prom})}{f_{sr}^2}$$

como sabemos que

$$p = \frac{A_{sp}}{b d}$$

sustituyendo nos queda

$$p = \frac{(f_{sr} \pm f_{sr} \sqrt{1 - \frac{2}{b d f_{c''}^{prom}} (t b f_{c''}^{l'} + (t_1 b' + a' b'') f_{c''}^{p'})}) (b d f_{c''}^{prom})}{f_{sr}^2 b d}$$

simplificando y ordenando terminos

$$p_{max} = \frac{f_{c''}^{prom}}{f_{sr}} - \frac{f_{c''}^{prom}}{f_{sr}} \sqrt{1 - \frac{2}{f_{c''}^{prom}} \left(\frac{t}{d} \frac{f_{c''}^{l'}}{f_{c''}^{p'}} + \frac{t_1}{d} \frac{b'}{b} + \frac{a'}{d} \frac{b''}{b} \right)}$$

como $a' = a - t$ y sustituyendo el valor de "a" nos queda

$$p_{max} = \frac{f_{c''}^{prom}}{f_{sr}} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 f_{c''}^{prom}}{f_{c''}^{prom}} \left(\frac{t}{d} \frac{f_{c''}^{l'}}{f_{c''}^{p'}} + \frac{t_1}{d} \frac{b'}{b} + \left(\frac{.8 B d}{d} - \frac{t + t_1}{d} \right) \frac{b''}{b} \right)} \right]$$

sustituyendo el valor de B finalmente queda

$$p_{max} = \frac{f_{c''}^{pro}}{f_{sr}} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 f_{c''}^{pro}}{f_{c''}^{pro}} \left(\frac{t}{d} \frac{f_{c''}^{l'}}{f_{c''}^{p'}} + \frac{t_1 b'}{d b} + \left(\frac{0.8}{5.44 - 9.824 \times 10^{-4} f_{sr}} - \frac{t + t_1}{d} \right) \frac{b''}{b} \right)} \right]$$

OBTENCION DE A_s , APARTIR DEL M_u (APENDICES A.6 al A.9)

Apéndice A.6.- Secciones que trabajan como rectangulares

Por equilibrio de fuerzas internas de la viga tenemos:

$$C = T_{sp}$$

sustituyendo valores

$$a b f_c'' = A_s f_{sp}$$

despejando la profundidad del bloque de esfuerzos

$$a = \frac{A_s f_{sp}}{b f_c''}$$

sacando momentos con respecto al acero de presfuerzo se tiene

$$M_R = FR \left[C \left(dsp - \frac{a}{2} \right) \right]$$

sustituyendo a la compresión C

$$M_R = FR \left[a b f_c'' \left(dsp - \frac{a}{2} \right) \right]$$

sustituyendo profundidad del bloque de esfuerzos "a" en la ecuación anterior

$$M_R = FR \left[\left(\frac{A_s f_{sp}}{b f_c''} \right) b f_c'' \left(dsp - \frac{A_s f_{sp}}{2 b f_c''} \right) \right]$$

multiplicando y dividiendo por dsp queda:

$$M_R = FR \left(\frac{A_s}{b dsp} \right) \left(\frac{f_{sp}}{f_c''} \right) b dsp f_c'' \left[dsp - 0.5 \left(\frac{A_s}{b dsp} \right) \left(\frac{f_{sp}}{f_c''} \right) dsp \right]$$

factorizando, simplificando y sustituyendo por $p = A_{sp}/b d_{sp}$ resulta:

$$M_R = FR b d_{sp}^2 f_c'' p \frac{f_{sp}}{f_c''} \left(1 - 0.5 p \frac{f_{sp}}{f_c''} \right)$$

simplificando y sustituyendo f_{sp} nos queda finalmente:

$$\frac{M_R}{b d_{sp}^2} = FR p \left[f_{sr} \left(1 - 0.5 p \frac{f_{sr}}{f_c''} \right) \right] \left[1 - \frac{0.5}{f_c''} p \left(f_{sr} \left(1 - 0.5 p \frac{f_{sr}}{f_c''} \right) \right) \right]$$

Apéndice A.7.- Secciones simples que trabajan como "T"

Por equilibrio de fuerzas internas tenemos

$$C_1 + C_2 = T_{sp}$$

sustituyendo valores

$$t b f c'' + a' b' f c'' = A_{sp} f_{sp}$$

despejando a'donde $a' = a-t$ y $a =$ profundidad del bloque de esfuerzos

$$a' = \frac{A_{sp} f_{sp} - t b f c''}{b' f c''}$$

sacando momentos con respecto al acero de presfuerzo

$$M_R = FR \left[C_1 \left(d - \frac{t}{2} \right) + C_2 \left(d - t - \frac{a'}{2} \right) \right]$$

sustituyendo a los valores de C_1 y C_2 tenemos

$$M_R = FR \left[t b f c'' \left(d - \frac{t}{2} \right) + a' b' f c'' \left(d - t - \frac{a'}{2} \right) \right]$$

factorizando $f c''$, multiplicando y dividiendo por d y sustituyendo la variable a' queda.

$$M_R = FR f c'' \left[\frac{t}{d} b d \left(d - 0.5 \frac{t}{d} d \right) + \left(\frac{A_{sp} f_{sp} - t b f c''}{b' f c''} \right) b' \left(d - t - \left(\frac{A_{sp} f_{sp} - t b f c''}{2 b' f c''} \right) \right) \right]$$

ordenando y simplificando

$$\frac{M_R}{FR f c''} = b d^2 \frac{t}{d} \left(1 - 0.5 \frac{t}{d} \right) +$$

$$\left(\frac{A_{sp} f_{sp} (1 - 0.5 f_{sp} / f c'') b'}{b' f c''} - \frac{t b f c'' b'}{b' f c''} \right) \left(d - t - \frac{A_{sp} f_{sp}}{2 b' f c''} + \frac{t b f c''}{2 b' f c''} \right)$$

nuevamente multiplicando y dividiendo por d al segundo término y simplificando

$$\frac{M_x}{FRfc''} = bd^2 \frac{t}{d} \left(1 - 0.5 \frac{t}{d}\right) + \left(\frac{Asp}{bd} \frac{fsr}{fc''} \left(1 - 0.5p \frac{fsr}{fc''}\right) - \frac{t}{d} bd\right) \left(d - \frac{t}{d} d + 0.5 \frac{t}{db'/b} - \frac{Aspfsr}{2b'fc''}\right)$$

nuevamente sustituyendo a As/bd por " p " y multiplicando y dividiendo por d , nos queda

$$\frac{M_x}{FRfc''} = b d^2 \frac{t}{d} \left(1 - 0.5 \frac{t}{d}\right) + bd \left(p \frac{fsr}{fc''} \left(1 - 0.5 p \frac{fsr}{fc''}\right) - \frac{t}{d}\right) \left(d - \frac{t}{d} d + 0.5 \frac{t}{d} \frac{d}{b'/b} - 0.5 \frac{Asp}{bd} \frac{d}{b'/b} \frac{fsr}{fc''} \left(1 - 0.5 p \frac{fsr}{fc''}\right)\right)$$

otra vez sustituyendo a As/bd por " p " nos queda finalmente:

$$\frac{M_x}{bdsp^2} = FRfc'' \left[\frac{t}{d} \left(1 - 0.5 \frac{t}{d}\right) + \left(p \frac{fsr}{fc''} \left(1 - 0.5 p \frac{fsr}{fc''}\right) - \frac{t}{d}\right) \left(1 - \frac{t}{d} + 0.5 \frac{t}{d} \frac{1}{b'/b} - 0.5 p \frac{1}{b'/b} \frac{fsr}{fc''} \left(1 - 0.5 p \frac{fsr}{fc''}\right)\right) \right]$$

Apendice A.8.- Secciones compuestas que trabajan como "T"

Por equilibrio de fuerzas internas tenemos

$$C_1 + C_2 = T_{sp}$$

sustituyendo valores

$$t b f_c^{**} + a' b' f_c^{**} = A_{sp} f_{sp}$$

despejando a'donde $a' = a-t$ y $a =$ profundidad del bloque de esfuerzos

$$a' = \frac{A_{sp} f_{sp} - t b f_c^{**}}{b' f_c^{**}}$$

sacando momentos con respecto al acero de presfuerzo

$$M_x = FR \left[C_1 \left(d - \frac{t}{2} \right) + C_2 \left(d - t - \frac{a'}{2} \right) \right]$$

sustituyendo a los valores de C_1 y C_2 tenemos

$$M_x = FR \left[t b f_c^{**} \left(d - \frac{t}{2} \right) + a' b' f_c^{**} \left(d - t - \frac{a'}{2} \right) \right]$$

multiplicando y dividiendo al primer termino por d y f_c^{**} y sustituyendo en el segundo termino la variable a' queda, ademas factorizando f_c^{**} .

$$\frac{M_x}{FR} = f_c^{**} \left[\frac{f_c^{**}}{f_c^{**}} \frac{t}{d} b d \left(d - 0.5 \frac{t}{d} d \right) + \left(\frac{A_{sp} f_{sp} - t b f_c^{**}}{b' f_c^{**}} \right) b' \left(d - t - \left(\frac{A_{sp} f_{sp} - t b f_c^{**}}{2 b' f_c^{**}} \right) \right) \right]$$

ordenando y simplificando

$$\begin{aligned} \frac{M_x}{FR f_c^{**}} &= b d^2 \frac{f_c^{**}}{f_c^{**}} \frac{t}{d} \left(1 - 0.5 \frac{t}{d} \right) + \\ &\left(\frac{A_{sp} f_{sp} (1 - 0.5 f_{sp} / f_c^{**})}{f_c^{**}} - \frac{t b f_c^{**}}{f_c^{**}} \right) \left(d - t - \frac{A_{sp} f_{sp}}{2 b' f_c^{**}} + \frac{t b f_c^{**}}{2 b' f_c^{**}} \right) \end{aligned}$$

multiplicando y dividiendo por bd en el segundo termino y simplificando, ademas haciendo $Asp = A$

$$\frac{M_x}{FRfc_p''} = bd^2 \frac{fc_l''}{fc_p''} \frac{t}{d} \left(1 - 0.5 \frac{t}{d}\right) +$$

$$\left(\frac{A}{bd} bd \frac{fsr}{fc_p''} \left(1 - 0.5p \frac{fsr}{fc_{prom}''}\right) - \frac{tbd fc_l''}{d fc_p''} \right) \left(d - \frac{t}{d}\right) + 0.5 \frac{t}{db''/bfc_p''} \frac{fc_l''}{fc_p''} - \frac{A bd fsp}{bd2b''fc_p''}$$

sustituyendo a As/bd por " p " y factorizando bd^2 nos queda

$$\frac{M_x}{FRfc_p''} = bd^2 \frac{fc_l''}{fc_p''} \frac{t}{d} \left(1 - 0.5 \frac{t}{d}\right) +$$

$$bd^2 \left(p \frac{fsr}{fc_p''} \left(1 - 0.5p \frac{fsr}{fc_{prom}''}\right) - \frac{t fc_l''}{d fc_p''} \right) \left(1 - \frac{t}{d}\right) + 0.5 \frac{t}{db''/bfc_p''} \frac{fc_l''}{fc_p''} - p \frac{fsp}{2b''/bfc_p''}$$

nuevamente factorizando bd^2 y fc_l''/fc_p'' y sustituyendo fsp por su valor correspondiente, asi como realizando operaciones nos queda finalmente.

$$\frac{M_x}{b d^2} = FR fc_l'' \left(\frac{t}{d} \left(1 - 0.5 \frac{t}{d}\right) \right) + \left(p \frac{fsr}{fc_l''} \left(1 - .5 p \frac{fsr}{fc_{prom}''}\right) - \frac{t}{d} \right)$$

$$\left(\left(1 - \frac{t}{d} + .5 \frac{t}{d} \frac{fc_l''}{b''/b fc_p''} - .5 \frac{p}{b''/b} \frac{fsr}{fc_p''} \left(1 - .5 p \frac{fsr}{fc_{prom}''}\right) \right) \right)$$

*Apendice A.p.- Secciones Compuestas que trabajan como "T"
mas un firme de compresion*

Por equilibrio de fuerzas internas de la viga tenemos

$$C_1 + C_2 + C_3 = T_{sp}$$

sustituyendo valores

$$t b f c'_l + t_1 b' f c'_p + a' b' f c'_p = A_{sp} f_{sp}$$

despejando a' , donde $a' = a - t - t_1$ y $a =$ profundidad del bloque de esfuerzos.

$$a' = \frac{A_{sp} f_{sp} - t b f c'_l - t_1 b' f c'_p}{b' f c'_p}$$

por otro lado, sacando momentos con respecto al acero A_{sp} y haciendo $t_2 = t + t_1$

$$M_R = FR \left[C_1 \left(d - \frac{t}{2} \right) + C_2 \left(d - t - \frac{t_1}{2} \right) + C_3 \left(d - t_2 - \frac{a'}{2} \right) \right]$$

sustituyendo los valores de C_1, C_2 y C_3

$$M_R = FR \left[t b f c'_l \left(d - \frac{t}{2} \right) + t_1 b' f c'_p \left(d - t - \frac{t_1}{2} \right) + a' b' f c'_p \left(d - t_2 - \frac{a'}{2} \right) \right]$$

factorizando $f c'_p$ y sustituyendo el valor de a'

$$M_R = FR f c'_p \left[\frac{f c'_l}{f c'_p} t b \left(d - \frac{t}{2} \right) + t_1 b' \left(d - t - \frac{t_1}{2} \right) + \left(\frac{A_{sp} f_{sp} - t b f c'_l - t_1 b' f c'_p}{b' f c'_p} \right) b \right] \left(d - t_2 - \frac{A_{sp} f_{sp} - t b f c'_l - t_1 b' f c'_p}{2 b' f c'_p} \right)$$

multiplicando y dividiendo por b y d , sustituyendo el valor de f_{sp} , haciendo $A_{sp} = A$ para simplificar y recordando que $t_2 = t + t_1$, nos queda la siguiente ecuación ya ordenada

$$\frac{M_R}{FR f_{c_p}''} = \frac{f_{c_l}'' t b d}{f_{c_p}'' d} \left(d - 0.5 \frac{t}{d} d \right) + \frac{t_1 b'}{d b} b d \left(d - \frac{t}{d} d - 0.5 \frac{t_1}{d} d \right) +$$

$$\left[\frac{A b d f_{sr}}{b d f_{c_p}''} \left(1 - .5 p \frac{f_{sr}}{f_{c_p}''} \right) - \frac{b d t f_{c_l}''}{d f_{c_p}''} - \frac{b d t_1 b'}{d b} \right]$$

$$\left[d - \frac{t d}{d} - \frac{t_1 d}{d} - \frac{.5 A b d f_{sr}}{b d b'' f_{c_p}''} \left(1 - .5 p \frac{f_{sr}}{f_{c_p}''} \right) + \frac{.5 t b d f_{c_l}''}{d b'' f_{c_p}''} + \frac{.5 t_1 d b'}{d b''} \right]$$

factorizando $b d^2$ y sustituyendo A/bd por "p" y ordenando, finalmente nos queda la ecuación:

$$\frac{M_R}{b d^2} = FR f_{c_p}'' \left(\frac{f_{c_l}'' t}{f_{c_p}'' d} \left(1 - 0.5 \frac{t}{d} \right) + \frac{t_1 b'}{d b} \left(1 - \frac{t}{d} - 0.5 \frac{t_1}{d} \right) + \right.$$

$$\left. \left[p \frac{f_{sr}}{f_{c_p}''} \left(1 - .5 p \frac{f_{sr}}{f_{c_p}''} \right) - \frac{t f_{c_l}''}{d f_{c_p}''} - \frac{t_1 b'}{d b} \right] \right]$$

$$\left[1 - \frac{t}{d} - \frac{t_1}{d} - \frac{.5 p}{b''/b} \frac{f_{sr}}{f_{c_p}''} \left(1 - .5 p \frac{f_{sr}}{f_{c_p}''} \right) + \frac{.5 t}{d b''/b} \frac{f_{c_l}''}{f_{c_p}''} + \frac{.5 t_1 b'}{d b''} \right]$$

multiplicando y dividiendo por b y d , sustituyendo el valor de f_{sp} , haciendo $A_{sp} = A$ para simplificar y recordando que $t_2 = t + t_1$, nos queda la siguiente ecuacion ya ordenada

$$\frac{M_x}{FR f_{c_p}''} = \frac{f_{c_l}'' t b d}{f_{c_p}'' d} (d - 0.5 \frac{t}{d} d) + \frac{t_1 b'}{d b} b d (d - \frac{t}{d} d - 0.5 \frac{t_1}{d} d) +$$

$$\left[\frac{A b d f_{sr}}{b d f_{c_p}''} (1 - .5 p \frac{f_{sr}}{f_{c_p}''}) - \frac{b d t f_{c_l}''}{d f_{c_p}''} - \frac{b d t_1 b'}{d b} \right]$$

$$\left[d - \frac{t d}{d} - \frac{t_1 d}{d} - \frac{.5 A b d f_{sr}}{b d b'' f_{c_p}''} (1 - .5 p \frac{f_{sr}}{f_{c_p}''}) + \frac{.5 t b d f_{c_l}''}{d b'' f_{c_p}''} + \frac{.5 t_1 d b'}{d b''} \right]$$

factorizando $b d^2$ y sustituyendo A/bd por " p " y ordenando, finalmente nos queda la ecuacion:

$$\frac{M_x}{b d^2} = FR f_{c_p}'' \left(\frac{f_{c_l}'' t}{f_{c_p}'' d} (1 - 0.5 \frac{t}{d}) + \frac{t_1 b'}{d b} (1 - \frac{t}{d} - 0.5 \frac{t_1}{d}) + \right.$$

$$\left. \left[p \frac{f_{sr}}{f_{c_p}''} (1 - .5 p \frac{f_{sr}}{f_{c_p}''}) - \frac{t f_{c_l}''}{d f_{c_p}''} - \frac{t_1 b'}{d b} \right] \right]$$

$$\left[1 - \frac{t}{d} - \frac{t_1}{d} - \frac{.5 p f_{sr}}{b''/b f_{c_p}''} (1 - .5 p \frac{f_{sr}}{f_{c_p}''}) + \frac{.5 t f_{c_l}''}{d b''/b f_{c_p}''} + \frac{.5 t_1 b'}{d b''} \right]$$

APENDICE B

T A B L A S

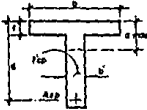
			PORCENTAJE MAXIMO SECCION SIMPLE QUE TRABAJA COMO T*					
			$f_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$			$f_{tr} = 19,000 \text{ Kg/cm}^2 (270 \text{ k})$		
b/b	t/d	$p = \frac{A_s}{b'd}$	b/b	t/d	$p = \frac{A_s}{b'd}$	b/b	t/d	$p = \frac{A_s}{b'd}$
0.02	0.0100	0.000178	0.30	0.0100	0.000944	0.70	0.0100	0.002141
0.02	0.0500	0.000073	0.30	0.0500	0.001321	0.70	0.0500	0.002820
0.02	0.1000	0.001325	0.30	0.1000	0.001812	0.70	0.1000	0.002550
0.02	0.1500	0.002020	0.30	0.1500	0.002327	0.70	0.1500	0.002784
0.02	0.2000	0.002765	0.30	0.2000	0.002871	0.70	0.2000	0.003025
0.02	0.2239	0.003142	0.30	0.2239	0.003142	0.70	0.2239	0.003142
0.05	0.0100	0.000256	0.40	0.0100	0.001231	0.80	0.0100	0.002463
0.05	0.0500	0.000740	0.40	0.0500	0.001562	0.80	0.0500	0.002507
0.05	0.1000	0.001375	0.40	0.1000	0.001991	0.80	0.1000	0.002743
0.05	0.1500	0.002052	0.40	0.1500	0.002439	0.80	0.1500	0.002902
0.05	0.2000	0.002778	0.40	0.2000	0.002900	0.80	0.2000	0.003004
0.05	0.2239	0.003142	0.40	0.2239	0.003142	0.80	0.2239	0.003142
0.10	0.0100	0.000360	0.50	0.0100	0.001825	0.90	0.0100	0.002796
0.10	0.0500	0.000854	0.50	0.0500	0.001902	0.90	0.0500	0.002860
0.10	0.1000	0.001462	0.50	0.1000	0.002174	0.90	0.1000	0.002860
0.10	0.1500	0.002109	0.50	0.1500	0.002553	0.90	0.1500	0.003021
0.10	0.2000	0.002795	0.50	0.2000	0.002947	0.90	0.2000	0.003103
0.10	0.2239	0.003142	0.50	0.2239	0.003142	0.90	0.2239	0.003142
0.20	0.0100	0.000604	0.60	0.0100	0.001829	1.00	0.0100	0.003142
0.20	0.0500	0.001065	0.60	0.0500	0.002051	1.00	0.0500	0.003142
0.20	0.1000	0.001836	0.60	0.1000	0.002360	1.00	0.1000	0.003142
0.20	0.1500	0.002216	0.60	0.1500	0.002668	1.00	0.1500	0.003142
0.20	0.2000	0.002933	0.60	0.2000	0.002989	1.00	0.2000	0.003142
0.20	0.2239	0.003142	0.60	0.2239	0.003142	1.00	0.2239	0.003142

TABLA B.1

			PORCENTAJE MAXIMO SECCION SIMPLE QUE TRABAJA COMO "T"					
			$f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$			$f_{tr} = 19,000 \text{ Kg/cm}^2 (270 \text{ k})$		
b/b	V/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	b/b	V/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	b/b	V/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$
0.02	0.0100	0.000154	0.30	0.0100	0.000828	0.70	0.0100	0.001879
0.02	0.0500	0.000590	0.30	0.0500	0.001180	0.70	0.0500	0.002037
0.02	0.1000	0.001183	0.30	0.1000	0.001591	0.70	0.1000	0.002230
0.02	0.1500	0.001773	0.30	0.1500	0.002043	0.70	0.1500	0.002444
0.02	0.2000	0.002427	0.30	0.2000	0.002520	0.70	0.2000	0.002655
0.02	0.2239	0.002753	0.30	0.2239	0.002758	0.70	0.2239	0.002758
0.05	0.0100	0.000225	0.40	0.0100	0.001080	0.80	0.0100	0.002182
0.05	0.0500	0.000650	0.40	0.0500	0.001371	0.80	0.0500	0.002270
0.05	0.1000	0.001206	0.40	0.1000	0.001748	0.80	0.1000	0.002408
0.05	0.1500	0.001801	0.40	0.1500	0.002141	0.80	0.1500	0.002547
0.05	0.2000	0.002437	0.40	0.2000	0.002554	0.80	0.2000	0.002689
0.05	0.2239	0.002758	0.40	0.2239	0.002758	0.80	0.2239	0.002758
0.10	0.0100	0.000342	0.50	0.0100	0.001339	0.90	0.0100	0.002455
0.10	0.0500	0.000750	0.50	0.0500	0.001588	0.90	0.0500	0.002511
0.10	0.1000	0.001283	0.50	0.1000	0.001908	0.90	0.1000	0.002581
0.10	0.1500	0.001849	0.50	0.1500	0.002241	0.90	0.1500	0.002652
0.10	0.2000	0.002453	0.50	0.2000	0.002587	0.90	0.2000	0.002724
0.10	0.2239	0.002758	0.50	0.2239	0.002758	0.90	0.2239	0.002758
0.20	0.0100	0.000582	0.60	0.0100	0.001605	1.00	0.0100	0.002769
0.20	0.0500	0.000852	0.60	0.0500	0.001809	1.00	0.0500	0.002758
0.20	0.1000	0.001438	0.60	0.1000	0.002072	1.00	0.1000	0.002758
0.20	0.1500	0.001945	0.60	0.1500	0.002342	1.00	0.1500	0.002758
0.20	0.2000	0.002487	0.60	0.2000	0.002821	1.00	0.2000	0.002758
0.20	0.2239	0.002758	0.60	0.2239	0.002758	1.00	0.2239	0.002758

TABLA B.2

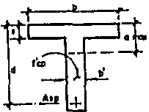
			PORCENTAJE MAXIMO SECCION SIMPLE QUE TRABAJA COMO "T"					
			$f_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{sr} = 17,000 \text{ Kg/cm}^2 (250 \text{ k})$					
b/b	t/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	b/b	t/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	b/b	t/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$
0.02	0.0100	0.000188	0.30	0.0100	0.000983	0.70	0.0100	0.002219
0.02	0.0500	0.000724	0.30	0.0500	0.001389	0.70	0.0500	0.002411
0.02	0.1000	0.001428	0.30	0.1000	0.001915	0.70	0.1000	0.002656
0.02	0.1500	0.002178	0.30	0.1500	0.002472	0.70	0.1500	0.002907
0.02	0.2000	0.002982	0.30	0.2000	0.003066	0.70	0.2000	0.003184
0.02	0.2158	0.003248	0.30	0.2158	0.003248	0.70	0.2158	0.003248
0.05	0.0100	0.000271	0.40	0.0100	0.001280	0.80	0.0100	0.002550
0.05	0.0500	0.000793	0.40	0.0500	0.001638	0.80	0.0500	0.002682
0.05	0.1000	0.001480	0.40	0.1000	0.002086	0.80	0.1000	0.002849
0.05	0.1500	0.002209	0.40	0.1500	0.002579	0.80	0.1500	0.003018
0.05	0.2000	0.002990	0.40	0.2000	0.003088	0.80	0.2000	0.003181
0.05	0.2158	0.003248	0.40	0.2158	0.003248	0.80	0.2158	0.003248
0.10	0.0100	0.000410	0.50	0.0100	0.001584	0.90	0.0100	0.002892
0.10	0.0500	0.000910	0.50	0.0500	0.001888	0.90	0.0500	0.002960
0.10	0.1000	0.001568	0.50	0.1000	0.002280	0.90	0.1000	0.003045
0.10	0.1500	0.002281	0.50	0.1500	0.002687	0.90	0.1500	0.003131
0.10	0.2000	0.003003	0.50	0.2000	0.003110	0.90	0.2000	0.003218
0.10	0.2158	0.003248	0.50	0.2158	0.003248	0.90	0.2158	0.003248
0.20	0.0100	0.000623	0.60	0.0100	0.001897	1.00	0.0100	0.003248
0.20	0.0500	0.001147	0.60	0.0500	0.002147	1.00	0.0500	0.003248
0.20	0.1000	0.001740	0.60	0.1000	0.002487	1.00	0.1000	0.003248
0.20	0.1500	0.002368	0.60	0.1500	0.002798	1.00	0.1500	0.003248
0.20	0.2000	0.003030	0.60	0.2000	0.003187	1.00	0.2000	0.003248
0.20	0.2158	0.003248	0.60	0.2158	0.003248	1.00	0.2158	0.003248

TABLA B3

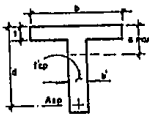
			PORCENTAJE MAXIMO SECCION SIMPLE QUE TRABAJA COMO "T"					
			$f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{sr} = 17,600 \text{ Kg/cm}^2 (250 \text{ k})$					
b'/b	t/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	b'/b	t/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	b'/b	t/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$
0.02	0.0100	0.000165	0.30	0.0100	0.000863	0.70	0.0100	0.001948
0.02	0.0500	0.000635	0.30	0.0500	0.001219	0.70	0.0500	0.002115
0.02	0.1000	0.001254	0.30	0.1000	0.001683	0.70	0.1000	0.002331
0.02	0.1500	0.001911	0.30	0.1500	0.002170	0.70	0.1500	0.002552
0.02	0.2000	0.002617	0.30	0.2000	0.002683	0.70	0.2000	0.002777
0.02	0.2158	0.002849	0.30	0.2158	0.002849	0.70	0.2158	0.002849
0.05	0.0100	0.000237	0.40	0.0100	0.001124	0.80	0.0100	0.002236
0.05	0.0500	0.000696	0.40	0.0500	0.001436	0.80	0.0500	0.002354
0.05	0.1000	0.001299	0.40	0.1000	0.001841	0.80	0.1000	0.002501
0.05	0.1500	0.001939	0.40	0.1500	0.002264	0.80	0.1500	0.002650
0.05	0.2000	0.002624	0.40	0.2000	0.002706	0.80	0.2000	0.002801
0.05	0.2158	0.002849	0.40	0.2158	0.002849	0.80	0.2158	0.002849
0.10	0.0100	0.000360	0.50	0.0100	0.001391	0.90	0.0100	0.002538
0.10	0.0500	0.000709	0.50	0.0500	0.001658	0.90	0.0500	0.002598
0.10	0.1000	0.001375	0.50	0.1000	0.002002	0.90	0.1000	0.002673
0.10	0.1500	0.001985	0.50	0.1500	0.002359	0.90	0.1500	0.002749
0.10	0.2000	0.002636	0.50	0.2000	0.002730	0.90	0.2000	0.002825
0.10	0.2158	0.002849	0.50	0.2158	0.002849	0.90	0.2158	0.002849
0.20	0.0100	0.000608	0.60	0.0100	0.001665	1.00	0.0100	0.002849
0.20	0.0500	0.001007	0.60	0.0500	0.001884	1.00	0.0500	0.002849
0.20	0.1000	0.001528	0.60	0.1000	0.002165	1.00	0.1000	0.002849
0.20	0.1500	0.002077	0.60	0.1500	0.002456	1.00	0.1500	0.002849
0.20	0.2000	0.002659	0.60	0.2000	0.002754	1.00	0.2000	0.002849
0.20	0.2158	0.002849	0.60	0.2158	0.002849	1.00	0.2158	0.002849

TABLA B4

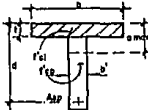
			PORCENTAJE MAXIMO SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "T"					
$f_{tr} = 19,000 \text{ Kg/cm}^2 (270 \text{ k})$ $f_{cp} = 350 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{cl} = 250 \text{ kg/cm}^2$								
b'/b	V/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	b'/b	V/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	b'/b	V/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$
0.02	0.0100	0.000143	0.30	0.0100	0.000906	0.70	0.0100	0.002105
0.02	0.0500	0.000504	0.30	0.0500	0.001147	0.70	0.0500	0.002139
0.02	0.1000	0.000978	0.30	0.1000	0.001457	0.70	0.1000	0.002183
0.02	0.1500	0.001463	0.30	0.1500	0.001783	0.70	0.1500	0.002228
0.02	0.2000	0.002024	0.30	0.2000	0.002127	0.70	0.2000	0.002275
0.02	0.2239	0.002299	0.30	0.2239	0.002298	0.70	0.2239	0.002298
0.05	0.0100	0.000223	0.40	0.0100	0.001189	0.80	0.0100	0.002427
0.05	0.0500	0.000571	0.40	0.0500	0.001387	0.80	0.0500	0.002403
0.05	0.1000	0.001028	0.40	0.1000	0.001834	0.80	0.1000	0.002373
0.05	0.1500	0.001514	0.40	0.1500	0.002189	0.80	0.1500	0.002343
0.05	0.2000	0.002055	0.40	0.2000	0.002164	0.80	0.2000	0.002313
0.05	0.2239	0.002289	0.40	0.2239	0.002298	0.80	0.2239	0.002298
0.10	0.0100	0.000357	0.50	0.0100	0.001480	0.90	0.0100	0.002789
0.10	0.0500	0.000884	0.50	0.0500	0.001831	0.90	0.0500	0.002874
0.10	0.1000	0.001113	0.50	0.1000	0.002184	0.90	0.1000	0.002867
0.10	0.1500	0.001587	0.50	0.1500	0.002303	0.90	0.1500	0.002859
0.10	0.2000	0.002053	0.50	0.2000	0.002201	0.90	0.2000	0.002850
0.10	0.2239	0.002289	0.50	0.2239	0.002298	0.90	0.2239	0.002850
0.20	0.0100	0.000630	0.60	0.0100	0.001793	1.00	0.0100	0.003104
0.20	0.0500	0.000913	0.60	0.0500	0.001882	1.00	0.0500	0.002954
0.20	0.1000	0.001284	0.60	0.1000	0.001986	1.00	0.1000	0.002785
0.20	0.1500	0.001675	0.60	0.1500	0.002115	1.00	0.1500	0.002877
0.20	0.2000	0.002090	0.60	0.2000	0.002238	1.00	0.2000	0.002888
0.20	0.2239	0.002289	0.60	0.2239	0.002298	1.00	0.2239	0.002298

TABLA B.5

			PORCENTAJE MAXIMO BECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO *T*					
$f_{sr} = 19,000 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (270 k)}$ $f_{cp} = 300 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{cl} = 250 \text{ kg/cm}^2$								
b'/b	l/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	b'/b	l/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	b'/b	l/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$
0.02	0.0100	0.000138	0.30	0.0100	0.000810	0.70	0.0100	0.001860
0.02	0.0500	0.000488	0.30	0.0500	0.001085	0.70	0.0500	0.001938
0.02	0.1000	0.000974	0.30	0.1000	0.001397	0.70	0.1000	0.002038
0.02	0.1500	0.001480	0.30	0.1500	0.001746	0.70	0.1500	0.002141
0.02	0.2000	0.002023	0.30	0.2000	0.002115	0.70	0.2000	0.002247
0.02	0.2239	0.002299	0.30	0.2239	0.002298	0.70	0.2239	0.002298
0.05	0.0100	0.000206	0.40	0.0100	0.001061	0.80	0.0100	0.002142
0.05	0.0500	0.000558	0.40	0.0500	0.001276	0.80	0.0500	0.002170
0.05	0.1000	0.001019	0.40	0.1000	0.001553	0.80	0.1000	0.002208
0.05	0.1500	0.001508	0.40	0.1500	0.001843	0.80	0.1500	0.002243
0.05	0.2000	0.002033	0.40	0.2000	0.002147	0.80	0.2000	0.002280
0.05	0.2239	0.002299	0.40	0.2239	0.002298	0.80	0.2239	0.002298
0.10	0.0100	0.000324	0.50	0.0100	0.001320	0.90	0.0100	0.002435
0.10	0.0500	0.000857	0.50	0.0500	0.001491	0.90	0.0500	0.002409
0.10	0.1000	0.001093	0.50	0.1000	0.001712	0.90	0.1000	0.002378
0.10	0.1500	0.001655	0.50	0.1500	0.001941	0.90	0.1500	0.002346
0.10	0.2000	0.002049	0.50	0.2000	0.002180	0.90	0.2000	0.002314
0.10	0.2239	0.002299	0.50	0.2239	0.002298	0.90	0.2239	0.002298
0.20	0.0100	0.000584	0.60	0.0100	0.001586	1.00	0.0100	0.002737
0.20	0.0500	0.000959	0.60	0.0500	0.001712	1.00	0.0500	0.002855
0.20	0.1000	0.001244	0.60	0.1000	0.001874	1.00	0.1000	0.002855
0.20	0.1500	0.001650	0.60	0.1500	0.002041	1.00	0.1500	0.002450
0.20	0.2000	0.002082	0.60	0.2000	0.002213	1.00	0.2000	0.002347
0.20	0.2239	0.002299	0.60	0.2239	0.002298	1.00	0.2239	0.002298

TABLA B.6

			PORCENTAJE MAXIMO SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "T"					
$f_{sr} = 17,000 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (250 k)}$ $f_{cp} = 350 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{cl} = 250 \text{ kg/cm}^2$								
b/b	d/d	$p = \frac{A_a}{b \cdot d}$	b/b	d/d	$p = \frac{A_a}{b \cdot d}$	b/b	d/d	$p = \frac{A_a}{b \cdot d}$
0.02	0.0100	0.000182	0.30	0.0100	0.000946	0.70	0.0100	0.002180
0.02	0.0500	0.000542	0.30	0.0500	0.001202	0.70	0.0500	0.002218
0.02	0.1000	0.001053	0.30	0.1000	0.001535	0.70	0.1000	0.002262
0.02	0.1500	0.001696	0.30	0.1500	0.001885	0.70	0.1500	0.002309
0.02	0.2000	0.002182	0.30	0.2000	0.002254	0.70	0.2000	0.002358
0.02	0.2156	0.002374	0.30	0.2156	0.002474	0.70	0.2156	0.002374
0.05	0.0100	0.002255	0.40	0.0100	0.001243	0.80	0.0100	0.002311
0.05	0.0500	0.006811	0.40	0.0500	0.001447	0.80	0.0500	0.002484
0.05	0.1000	0.001104	0.40	0.1000	0.001712	0.80	0.1000	0.002481
0.05	0.1500	0.001626	0.40	0.1500	0.001890	0.80	0.1500	0.002418
0.05	0.2000	0.002190	0.40	0.2000	0.002290	0.80	0.2000	0.002389
0.05	0.2156	0.002374	0.40	0.2156	0.002374	0.80	0.2156	0.002374
0.10	0.0100	0.000374	0.50	0.0100	0.001647	0.90	0.0100	0.002382
0.10	0.0500	0.000727	0.50	0.0500	0.001886	0.90	0.0500	0.002376
0.10	0.1000	0.001189	0.50	0.1000	0.001892	0.90	0.1000	0.002344
0.10	0.1500	0.001679	0.50	0.1500	0.002066	0.90	0.1500	0.002326
0.10	0.2000	0.002203	0.50	0.2000	0.002308	0.90	0.2000	0.002411
0.10	0.2156	0.002374	0.50	0.2156	0.002374	0.90	0.2156	0.002374
0.20	0.0100	0.000657	0.60	0.0100	0.001869	1.00	0.0100	0.002305
0.20	0.0500	0.000962	0.60	0.0500	0.001864	1.00	0.0500	0.0023043
0.20	0.1000	0.001361	0.60	0.1000	0.002076	1.00	0.1000	0.002341
0.20	0.1500	0.001762	0.60	0.1500	0.002262	1.00	0.1500	0.002369
0.20	0.2000	0.002229	0.60	0.2000	0.002332	1.00	0.2000	0.002437
0.20	0.2156	0.002374	0.60	0.2156	0.002374	1.00	0.2156	0.002374

TABLA B7

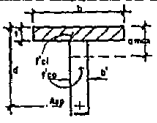
			PORCENTAJE MAXIMO SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "T"					
$f_{sr} = 17,600 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (260 k)}$ $f_{cp} = 300 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{cl} = 250 \text{ kg/cm}^2$								
b/b	γ/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	b/b	γ/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	b/b	γ/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$
0.02	0.0100	0.000143	0.30	0.0100	0.000843	0.70	0.0100	0.001926
0.02	0.0500	0.000536	0.30	0.0500	0.001110	0.70	0.0500	0.002010
0.02	0.1000	0.001049	0.30	0.1000	0.001475	0.70	0.1000	0.002117
0.02	0.1500	0.001596	0.30	0.1500	0.001850	0.70	0.1500	0.002226
0.02	0.2000	0.002162	0.30	0.2000	0.002246	0.70	0.2000	0.002338
0.02	0.2156	0.002374	0.30	0.2156	0.002374	0.70	0.2156	0.002374
0.05	0.0100	0.000218	0.40	0.0100	0.001103	0.80	0.0100	0.002217
0.05	0.0500	0.000597	0.40	0.0500	0.001333	0.80	0.0500	0.002246
0.05	0.1000	0.001094	0.40	0.1000	0.001631	0.80	0.1000	0.002284
0.05	0.1500	0.001623	0.40	0.1500	0.001943	0.80	0.1500	0.002322
0.05	0.2000	0.002169	0.40	0.2000	0.002269	0.80	0.2000	0.002362
0.05	0.2156	0.002374	0.40	0.2156	0.002374	0.80	0.2156	0.002374
0.10	0.0100	0.000340	0.50	0.0100	0.001370	0.90	0.0100	0.002517
0.10	0.0500	0.000699	0.50	0.0500	0.001554	0.90	0.0500	0.002489
0.10	0.1000	0.001160	0.50	0.1000	0.001760	0.90	0.1000	0.002455
0.10	0.1500	0.001668	0.50	0.1500	0.002038	0.90	0.1500	0.002420
0.10	0.2000	0.002200	0.50	0.2000	0.002292	0.90	0.2000	0.002385
0.10	0.2156	0.002374	0.50	0.2156	0.002374	0.90	0.2156	0.002374
0.20	0.0100	0.000569	0.60	0.0100	0.001644	1.00	0.0100	0.002627
0.20	0.0500	0.000956	0.60	0.0500	0.001779	1.00	0.0500	0.002739
0.20	0.1000	0.001321	0.60	0.1000	0.001952	1.00	0.1000	0.002829
0.20	0.1500	0.001758	0.60	0.1500	0.002131	1.00	0.1500	0.002919
0.20	0.2000	0.002223	0.60	0.2000	0.002315	1.00	0.2000	0.002966
0.20	0.2156	0.002374	0.60	0.2156	0.002374	1.00	0.2156	0.002974

TABLA B.0

				PORCENTAJE MAXIMO SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "T"											
$f_w = 16,500 \text{ Kg/cm}^2 (270 \text{ k})$ $f_{cp} = 350 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{cl} = 250 \text{ Kg/cm}^2$															
$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{t_l}{d}$	$\rho = \frac{A_s}{b'd}$	$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{t_l}{d}$	$\rho = \frac{A_s}{b'd}$	$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{t_l}{d}$	$\rho = \frac{A_s}{b'd}$	$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{t_l}{d}$	$\rho = \frac{A_s}{b'd}$
0.10	0.0200	0.0500	0.005437	0.20	0.0500	0.0200	0.007050	0.30	0.0200	0.0500	0.005958	0.40	0.0200	0.0500	0.006489
0.10	0.0250	0.0250	0.007727	0.20	0.0250	0.0250	0.006663	0.30	0.0250	0.0250	0.007294	0.40	0.0250	0.0250	0.007941
0.10	0.0200	0.0500	0.001025	0.20	0.0200	0.0500	0.001233	0.30	0.0200	0.0500	0.001445	0.40	0.0200	0.0500	0.001645
0.10	0.0200	0.0750	0.001330	0.20	0.0200	0.0750	0.001509	0.30	0.0200	0.0750	0.001691	0.40	0.0200	0.0750	0.001891
0.10	0.0200	0.1000	0.001644	0.20	0.0200	0.1000	0.001783	0.30	0.0200	0.1000	0.001943	0.40	0.0200	0.1000	0.002102
0.10	0.0200	0.1250	0.001999	0.20	0.0200	0.1250	0.002085	0.30	0.0200	0.1250	0.002202	0.40	0.0200	0.1250	0.002320
0.10	0.0250	0.1500	0.002303	0.20	0.0250	0.1500	0.002389	0.30	0.0250	0.1500	0.002488	0.40	0.0250	0.1500	0.002597
0.10	0.0200	0.1750	0.002655	0.20	0.0200	0.1750	0.002895	0.30	0.0200	0.1750	0.002741	0.40	0.0200	0.1750	0.002841
0.10	0.0250	0.2000	0.003009	0.20	0.0250	0.2000	0.003516	0.30	0.0250	0.2000	0.003322	0.40	0.0250	0.2000	0.003422
0.10	0.0200	0.2039	0.003067	0.20	0.0200	0.2039	0.003087	0.30	0.0200	0.2039	0.003067	0.40	0.0200	0.2039	0.003067
0.10	0.0500	0.0000	0.000094	0.20	0.0500	0.0000	0.000913	0.30	0.0500	0.0000	0.001147	0.40	0.0500	0.0000	0.001447
0.10	0.0500	0.0250	0.000982	0.20	0.0500	0.0250	0.001183	0.30	0.0500	0.0250	0.001368	0.40	0.0500	0.0250	0.001568
0.10	0.0500	0.0500	0.001287	0.20	0.0500	0.0500	0.001480	0.30	0.0500	0.0500	0.001635	0.40	0.0500	0.0500	0.001765
0.10	0.0500	0.0750	0.001602	0.20	0.0500	0.0750	0.001744	0.30	0.0500	0.0750	0.001887	0.40	0.0500	0.0750	0.002007
0.10	0.0500	0.1000	0.001927	0.20	0.0500	0.1000	0.002036	0.30	0.0500	0.1000	0.002146	0.40	0.0500	0.1000	0.002246
0.10	0.0500	0.1250	0.002262	0.20	0.0500	0.1250	0.002337	0.30	0.0500	0.1250	0.002412	0.40	0.0500	0.1250	0.002482
0.10	0.0500	0.1500	0.002609	0.20	0.0500	0.1500	0.002647	0.30	0.0500	0.1500	0.002685	0.40	0.0500	0.1500	0.002765
0.10	0.0500	0.1750	0.002954	0.20	0.0500	0.1750	0.002954	0.30	0.0500	0.1750	0.002954	0.40	0.0500	0.1750	0.002954
0.10	0.0489	0.1750	0.002958	0.20	0.0489	0.1750	0.002958	0.30	0.0489	0.1750	0.002958	0.40	0.0489	0.1750	0.002958
0.10	0.1000	0.0500	0.001113	0.20	0.1000	0.0500	0.001284	0.30	0.1000	0.0500	0.001457	0.40	0.1000	0.0500	0.001657
0.10	0.1000	0.0250	0.001425	0.20	0.1000	0.0250	0.001565	0.30	0.1000	0.0250	0.001706	0.40	0.1000	0.0250	0.001856
0.10	0.1000	0.0500	0.001747	0.20	0.1000	0.0500	0.001835	0.30	0.1000	0.0500	0.001984	0.40	0.1000	0.0500	0.002134
0.10	0.1000	0.0750	0.002060	0.20	0.1000	0.0750	0.002183	0.30	0.1000	0.0750	0.002226	0.40	0.1000	0.0750	0.002269
0.10	0.1500	0.1500	0.002424	0.20	0.1500	0.1500	0.002461	0.30	0.1500	0.1500	0.002499	0.40	0.1500	0.1500	0.002499
0.10	0.1000	0.1239	0.002785	0.20	0.1000	0.1239	0.002785	0.30	0.1000	0.1239	0.002785	0.40	0.1000	0.1239	0.002785
0.10	0.0989	0.1250	0.002770	0.20	0.0989	0.1250	0.002770	0.30	0.0989	0.1250	0.002770	0.40	0.0989	0.1250	0.002770
0.10	0.1500	0.0000	0.001567	0.20	0.1500	0.0000	0.001675	0.30	0.1500	0.0000	0.001783	0.40	0.1500	0.0000	0.001883
0.10	0.1500	0.0250	0.001897	0.20	0.1500	0.0250	0.001970	0.30	0.1500	0.0250	0.002044	0.40	0.1500	0.0250	0.002104
0.10	0.1500	0.0500	0.002239	0.20	0.1500	0.0500	0.002276	0.30	0.1500	0.0500	0.002313	0.40	0.1500	0.0500	0.002351
0.10	0.1500	0.0750	0.002577	0.20	0.1500	0.0750	0.002577	0.30	0.1500	0.0750	0.002577	0.40	0.1500	0.0750	0.002577
0.10	0.1489	0.0750	0.002581	0.20	0.1489	0.0750	0.002581	0.30	0.1489	0.0750	0.002581	0.40	0.1489	0.0750	0.002581
0.10	0.2000	0.0000	0.002033	0.20	0.2000	0.0000	0.002090	0.30	0.2000	0.0000	0.002127	0.40	0.2000	0.0000	0.002167
0.10	0.2000	0.0239	0.002339	0.20	0.2000	0.0239	0.002339	0.30	0.2000	0.0239	0.002339	0.40	0.2000	0.0239	0.002339
0.10	0.1989	0.0250	0.002363	0.20	0.1989	0.0250	0.002350	0.30	0.1989	0.0250	0.002350	0.40	0.1989	0.0250	0.002350
0.10	0.2239	0.0000	0.002299	0.20	0.2239	0.0000	0.002299	0.30	0.2239	0.0000	0.002299	0.40	0.2239	0.0000	0.002299

TABLA B9

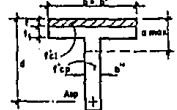
				PORCENTAJE MÁXIMO SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO **											
$f_{cr} = 19,000 \text{ Kg/cm}^2 (270 \text{ k})$ $f_{cp} = 300 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{cd} = 250 \text{ kg/cm}^2$															
$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{t1}{d}$	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{t1}{d}$	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{t1}{d}$	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{t1}{d}$	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$
0.10	0.0200	0.0000	0.000406	0.20	0.0200	0.0000	0.000637	0.30	0.0200	0.0000	0.000873	0.40	0.0200	0.0000	0.001109
0.10	0.0200	0.0250	0.000681	0.20	0.0200	0.0250	0.000868	0.30	0.0200	0.0250	0.001090	0.40	0.0200	0.0250	0.001326
0.10	0.0200	0.0500	0.000922	0.20	0.0200	0.0500	0.001105	0.30	0.0200	0.0500	0.001291	0.40	0.0200	0.0500	0.001557
0.10	0.0200	0.0750	0.001191	0.20	0.0200	0.0750	0.001348	0.30	0.0200	0.0750	0.001560	0.40	0.0200	0.0750	0.001830
0.10	0.0200	0.1000	0.001487	0.20	0.0200	0.1000	0.001597	0.30	0.0200	0.1000	0.001830	0.40	0.0200	0.1000	0.002107
0.10	0.0200	0.1250	0.001762	0.20	0.0200	0.1250	0.001854	0.30	0.0200	0.1250	0.002097	0.40	0.0200	0.1250	0.002387
0.10	0.0200	0.1500	0.002046	0.20	0.0200	0.1500	0.002118	0.30	0.0200	0.1500	0.002331	0.40	0.0200	0.1500	0.002611
0.10	0.0200	0.1750	0.002351	0.20	0.0200	0.1750	0.002391	0.30	0.0200	0.1750	0.002631	0.40	0.0200	0.1750	0.002881
0.10	0.0200	0.2000	0.002687	0.20	0.0200	0.2000	0.002672	0.30	0.0200	0.2000	0.002978	0.40	0.0200	0.2000	0.003237
0.10	0.0200	0.2000	0.002717	0.20	0.0200	0.2000	0.002717	0.30	0.0200	0.2000	0.002978	0.40	0.0200	0.2000	0.003237
0.10	0.0500	0.0000	0.000657	0.20	0.0500	0.0000	0.000959	0.30	0.0500	0.0000	0.001265	0.40	0.0500	0.0000	0.001585
0.10	0.0500	0.0250	0.000919	0.20	0.0500	0.0250	0.001095	0.30	0.0500	0.0250	0.001277	0.40	0.0500	0.0250	0.001494
0.10	0.0500	0.0500	0.001188	0.20	0.0500	0.0500	0.001340	0.30	0.0500	0.0500	0.001494	0.40	0.0500	0.0500	0.001716
0.10	0.0500	0.0750	0.001485	0.20	0.0500	0.0750	0.001590	0.30	0.0500	0.0750	0.001716	0.40	0.0500	0.0750	0.001944
0.10	0.0500	0.1000	0.001751	0.20	0.0500	0.1000	0.001847	0.30	0.0500	0.1000	0.001944	0.40	0.0500	0.1000	0.002178
0.10	0.0500	0.1250	0.002048	0.20	0.0500	0.1250	0.002112	0.30	0.0500	0.1250	0.002219	0.40	0.0500	0.1250	0.002419
0.10	0.0500	0.1500	0.002352	0.20	0.0500	0.1500	0.002385	0.30	0.0500	0.1500	0.002556	0.40	0.0500	0.1500	0.002756
0.10	0.0500	0.1750	0.002656	0.20	0.0500	0.1750	0.002656	0.30	0.0500	0.1750	0.002856	0.40	0.0500	0.1750	0.003156
0.10	0.0489	0.1750	0.002658	0.20	0.0489	0.1750	0.002658	0.30	0.0489	0.1750	0.002658	0.40	0.0489	0.1750	0.002658
0.10	0.1000	0.0000	0.001093	0.20	0.1000	0.0000	0.001244	0.30	0.1000	0.0000	0.001397	0.40	0.1000	0.0000	0.001518
0.10	0.1000	0.0250	0.001369	0.20	0.1000	0.0250	0.001493	0.30	0.1000	0.0250	0.001618	0.40	0.1000	0.0250	0.001746
0.10	0.1000	0.0500	0.001653	0.20	0.1000	0.0500	0.001749	0.30	0.1000	0.0500	0.001845	0.40	0.1000	0.0500	0.002016
0.10	0.1000	0.0750	0.001947	0.20	0.1000	0.0750	0.002012	0.30	0.1000	0.0750	0.002076	0.40	0.1000	0.0750	0.002276
0.10	0.1000	0.1000	0.002251	0.20	0.1000	0.1000	0.002264	0.30	0.1000	0.1000	0.002317	0.40	0.1000	0.1000	0.002456
0.10	0.1000	0.1250	0.002553	0.20	0.1000	0.1250	0.002553	0.30	0.1000	0.1250	0.002553	0.40	0.1000	0.1250	0.002553
0.10	0.0989	0.1250	0.002555	0.20	0.0989	0.1250	0.002555	0.30	0.0989	0.1250	0.002555	0.40	0.0989	0.1250	0.002555
0.10	0.1500	0.0000	0.001595	0.20	0.1500	0.0000	0.001690	0.30	0.1500	0.0000	0.001746	0.40	0.1500	0.0000	0.001816
0.10	0.1500	0.0250	0.001848	0.20	0.1500	0.0250	0.001912	0.30	0.1500	0.0250	0.001978	0.40	0.1500	0.0250	0.002046
0.10	0.1500	0.0500	0.002150	0.20	0.1500	0.0500	0.002183	0.30	0.1500	0.0500	0.002216	0.40	0.1500	0.0500	0.002216
0.10	0.1500	0.0750	0.002450	0.20	0.1500	0.0750	0.002450	0.30	0.1500	0.0750	0.002450	0.40	0.1500	0.0750	0.002450
0.10	0.1489	0.0750	0.002453	0.20	0.1489	0.0750	0.002453	0.30	0.1489	0.0750	0.002453	0.40	0.1489	0.0750	0.002453
0.10	0.2000	0.0000	0.002049	0.20	0.2000	0.0000	0.002082	0.30	0.2000	0.0000	0.002116	0.40	0.2000	0.0000	0.002116
0.10	0.2000	0.0250	0.002346	0.20	0.2000	0.0250	0.002346	0.30	0.2000	0.0250	0.002346	0.40	0.2000	0.0250	0.002346
0.10	0.1989	0.0250	0.002350	0.20	0.1989	0.0250	0.002350	0.30	0.1989	0.0250	0.002350	0.40	0.1989	0.0250	0.002350
0.10	0.2239	0.0000	0.002290	0.20	0.2239	0.0000	0.002299	0.30	0.2239	0.0000	0.002299	0.40	0.2239	0.0000	0.002299

TABLA B.10

**PORCENTAJE MÁXIMO
SECCIÓN COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "T"**

$f_{ar} = 17,600 \text{ Kg/cm}^2 (250 \text{ K})$
 $f_{cp} = 850 \text{ Kg/cm}^2$
 $f_{cl} = 250 \text{ kg/cm}^2$

$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{t'}{d}$	$\rho = \frac{A_a}{b'd}$	$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{t'}{d}$	$\rho = \frac{A_a}{b'd}$	$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{t'}{d}$	$\rho = \frac{A_a}{b'd}$
0.10	0.0200	0.0000	0.000461	0.20	0.0200	0.0000	0.000792	0.30	0.0200	0.0000	0.001000
0.10	0.0200	0.0250	0.000773	0.20	0.0200	0.0250	0.001018	0.30	0.0200	0.0250	0.001283
0.10	0.0200	0.0500	0.001094	0.20	0.0200	0.0500	0.001306	0.30	0.0200	0.0500	0.001522
0.10	0.0200	0.0750	0.001424	0.20	0.0200	0.0750	0.001604	0.30	0.0200	0.0750	0.001787
0.10	0.0200	0.1000	0.001763	0.20	0.0200	0.1000	0.001910	0.30	0.0200	0.1000	0.002089
0.10	0.0200	0.1250	0.002112	0.20	0.0200	0.1250	0.002224	0.30	0.0200	0.1250	0.002337
0.10	0.0200	0.1500	0.002473	0.20	0.0200	0.1500	0.002548	0.30	0.0200	0.1500	0.002623
0.10	0.0200	0.1750	0.002847	0.20	0.0200	0.1750	0.002881	0.30	0.0200	0.1750	0.002918
0.10	0.0200	0.1956	0.003165	0.20	0.0200	0.1956	0.003185	0.30	0.0200	0.1956	0.003185
0.10	0.0200	0.0000	0.000727	0.20	0.0200	0.0000	0.000925	0.30	0.0200	0.0000	0.001202
0.10	0.0500	0.0250	0.001048	0.20	0.0500	0.0250	0.001253	0.30	0.0500	0.0250	0.001481
0.10	0.0500	0.0500	0.001377	0.20	0.0500	0.0500	0.001551	0.30	0.0500	0.0500	0.001725
0.10	0.0500	0.0750	0.001717	0.20	0.0500	0.0750	0.001897	0.30	0.0500	0.0750	0.001998
0.10	0.0500	0.1000	0.002067	0.20	0.0500	0.1000	0.002171	0.30	0.0500	0.1000	0.002270
0.10	0.0500	0.1250	0.002429	0.20	0.0500	0.1250	0.002496	0.30	0.0500	0.1250	0.002562
0.10	0.0500	0.1500	0.002803	0.20	0.0500	0.1500	0.002829	0.30	0.0500	0.1500	0.002856
0.10	0.0500	0.1656	0.003044	0.20	0.0500	0.1656	0.003044	0.30	0.0500	0.1656	0.003044
0.10	0.0408	0.1750	0.003082	0.20	0.0408	0.1750	0.003082	0.30	0.0408	0.1750	0.003032
0.10	0.1000	0.0000	0.001189	0.20	0.1000	0.0000	0.001361	0.30	0.1000	0.0000	0.001535
0.10	0.1000	0.0250	0.001526	0.20	0.1000	0.0250	0.001864	0.30	0.1000	0.0250	0.001805
0.10	0.1000	0.0500	0.001873	0.20	0.1000	0.0500	0.002197	0.30	0.1000	0.0500	0.002291
0.10	0.1000	0.0750	0.002232	0.20	0.1000	0.0750	0.002596	0.30	0.1000	0.0750	0.002834
0.10	0.1000	0.1000	0.002603	0.20	0.1000	0.1000	0.002929	0.30	0.1000	0.1000	0.003255
0.10	0.1000	0.1156	0.002842	0.20	0.1000	0.1156	0.002842	0.30	0.1000	0.1156	0.002842
0.10	0.0906	0.1250	0.002280	0.20	0.0906	0.1250	0.002280	0.30	0.0906	0.1250	0.002280
0.10	0.1500	0.0000	0.001679	0.20	0.1500	0.0000	0.001722	0.30	0.1500	0.0000	0.001695
0.10	0.1500	0.0250	0.002035	0.20	0.1500	0.0250	0.002100	0.30	0.1500	0.0250	0.002166
0.10	0.1500	0.0500	0.002403	0.20	0.1500	0.0500	0.002429	0.30	0.1500	0.0500	0.002485
0.10	0.1500	0.0656	0.002639	0.20	0.1500	0.0656	0.002639	0.30	0.1500	0.0656	0.002639
0.10	0.1408	0.0750	0.002677	0.20	0.1408	0.0750	0.002677	0.30	0.1408	0.0750	0.002677
0.10	0.2000	0.0000	0.002203	0.20	0.2000	0.0000	0.002229	0.30	0.2000	0.0000	0.002254
0.10	0.2000	0.0156	0.002437	0.20	0.2000	0.0156	0.002437	0.30	0.2000	0.0156	0.002437
0.10	0.1906	0.0250	0.002478	0.20	0.1906	0.0250	0.002478	0.30	0.1906	0.0250	0.002478
0.10	0.2156	0.0000	0.002374	0.20	0.2156	0.0000	0.002374	0.30	0.2156	0.0000	0.002374

TABLA B.11

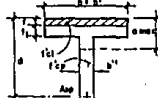
				PORCENTAJE MAXIMO SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO T*							
$f_r = 17,500 \text{ Kg/cm}^2 (250 \text{ k})$ $f_{cp} = 300 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{cl} = 250 \text{ kg/cm}^2$											
$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{l1}{d}$	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{l1}{d}$	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\frac{b'}{b}$	$\frac{t}{d}$	$\frac{l1}{d}$	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$
0.10	0.0200	0.0000	0.000429	0.20	0.0200	0.0000	0.000667	0.30	0.0200	0.0000	0.000911
0.10	0.0200	0.0250	0.000703	0.20	0.0200	0.0250	0.000916	0.30	0.0200	0.0250	0.001194
0.10	0.0200	0.0500	0.000985	0.20	0.0200	0.0500	0.001171	0.30	0.0200	0.0500	0.001561
0.10	0.0200	0.0750	0.001275	0.20	0.0200	0.0750	0.001433	0.30	0.0200	0.0750	0.001994
0.10	0.0200	0.1000	0.001573	0.20	0.0200	0.1000	0.001702	0.30	0.0200	0.1000	0.002433
0.10	0.0200	0.1250	0.001890	0.20	0.0200	0.1250	0.001979	0.30	0.0200	0.1250	0.002977
0.10	0.0200	0.1500	0.002197	0.20	0.0200	0.1500	0.002262	0.30	0.0200	0.1500	0.003529
0.10	0.0200	0.1750	0.002525	0.20	0.0200	0.1750	0.002556	0.30	0.0200	0.1750	0.004087
0.10	0.0200	0.1956	0.002805	0.20	0.0200	0.1956	0.002805	0.30	0.0200	0.1956	0.004605
0.10	0.0500	0.0000	0.000699	0.20	0.0500	0.0000	0.000906	0.30	0.0500	0.0000	0.001118
0.10	0.0500	0.0250	0.000962	0.20	0.0500	0.0250	0.001162	0.30	0.0500	0.0250	0.001546
0.10	0.0500	0.0500	0.001272	0.20	0.0500	0.0500	0.001424	0.30	0.0500	0.0500	0.001870
0.10	0.0500	0.0750	0.001571	0.20	0.0500	0.0750	0.001694	0.30	0.0500	0.0750	0.002181
0.10	0.0500	0.1000	0.001879	0.20	0.0500	0.1000	0.001971	0.30	0.0500	0.1000	0.002603
0.10	0.0500	0.1250	0.002197	0.20	0.0500	0.1250	0.002256	0.30	0.0500	0.1250	0.003015
0.10	0.0500	0.1500	0.002527	0.20	0.0500	0.1500	0.002550	0.30	0.0500	0.1500	0.003474
0.10	0.0500	0.1956	0.002799	0.20	0.0500	0.1956	0.002799	0.30	0.0500	0.1956	0.003759
0.10	0.0406	0.1750	0.002760	0.20	0.0406	0.1750	0.002760	0.30	0.0406	0.1750	0.002760
0.10	0.1000	0.0000	0.001169	0.20	0.1000	0.0000	0.001321	0.30	0.1000	0.0000	0.001475
0.10	0.1000	0.0250	0.001467	0.20	0.1000	0.0250	0.001589	0.30	0.1000	0.0250	0.001713
0.10	0.1000	0.0500	0.001773	0.20	0.1000	0.0500	0.001865	0.30	0.1000	0.0500	0.001957
0.10	0.1000	0.0750	0.002090	0.20	0.1000	0.0750	0.002148	0.30	0.1000	0.0750	0.002207
0.10	0.1000	0.1000	0.002416	0.20	0.1000	0.1000	0.002441	0.30	0.1000	0.1000	0.002484
0.10	0.1000	0.1156	0.002629	0.20	0.1000	0.1156	0.002629	0.30	0.1000	0.1156	0.002629
0.10	0.0906	0.1250	0.002650	0.20	0.0906	0.1250	0.002650	0.30	0.0906	0.1250	0.002650
0.10	0.1500	0.0000	0.001668	0.20	0.1500	0.0000	0.001759	0.30	0.1500	0.0000	0.001850
0.10	0.1500	0.0250	0.001883	0.20	0.1500	0.0250	0.002041	0.30	0.1500	0.0250	0.002099
0.10	0.1500	0.0500	0.002309	0.20	0.1500	0.0500	0.002332	0.30	0.1500	0.0500	0.002355
0.10	0.1500	0.0656	0.002519	0.20	0.1500	0.0656	0.002519	0.30	0.1500	0.0656	0.002519
0.10	0.1406	0.0750	0.002539	0.20	0.1406	0.0750	0.002539	0.30	0.1406	0.0750	0.002539
0.10	0.2000	0.0000	0.002200	0.20	0.2000	0.0000	0.002223	0.30	0.2000	0.0000	0.002246
0.10	0.2000	0.0156	0.002409	0.20	0.2000	0.0156	0.002409	0.30	0.2000	0.0156	0.002409
0.10	0.1906	0.0250	0.002429	0.20	0.1906	0.0250	0.002429	0.30	0.1906	0.0250	0.002429
0.10	0.2156	0.0000	0.002374	0.20	0.2156	0.0000	0.002374	0.30	0.2156	0.0000	0.002374

TABLA B.12

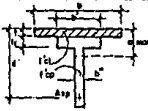
			PORCENTAJE MAXIMO SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "T"								
$f_c = 18,000 \text{ Kg/cm}^2 (270 \text{ k})$ $f_{ep} = 350 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{cl} = 230 \text{ Kg/cm}^2$											
$b'/b = 0.1$											
$b'/b = 0.02$			$b'/b = 0.03$			$b'/b = 0.04$			$b'/b = 0.05$		
U_d	$t1/d$	$p = A_s/b \cdot d$	U_d	$t1/d$	$p = A_s/b \cdot d$	U_d	$t1/d$	$p = A_s/b \cdot d$	U_d	$t1/d$	$p = A_s/b \cdot d$
0.0500	0.0500	0.000604	0.0500	0.0500	0.000628	0.0500	0.0500	0.000646	0.0500	0.0500	0.000671
0.0500	0.0500	0.000655	0.0500	0.0500	0.000671	0.0500	0.0500	0.000687	0.0500	0.0500	0.000703
0.0500	0.1000	0.000607	0.0500	0.1000	0.000617	0.0500	0.1000	0.000626	0.0500	0.1000	0.000636
0.0500	0.1500	0.000659	0.0500	0.1500	0.000662	0.0500	0.1500	0.000665	0.0500	0.1500	0.000668
0.0500	0.1750	0.000684	0.0500	0.1750	0.000684	0.0500	0.1750	0.000684	0.0500	0.1750	0.000684
0.1000	0.0000	0.000678	0.1000	0.0000	0.000695	0.1000	0.0000	0.001012	0.1000	0.0000	0.001023
0.1000	0.0500	0.001032	0.1000	0.0500	0.001042	0.1000	0.0500	0.001052	0.1000	0.0500	0.001062
0.1000	0.1000	0.001087	0.1000	0.1000	0.001090	0.1000	0.1000	0.001093	0.1000	0.1000	0.001096
0.1000	0.1250	0.001113	0.1000	0.1250	0.001117	0.1000	0.1250	0.001113	0.1000	0.1250	0.001113
0.1500	0.0000	0.001483	0.1500	0.0000	0.001483	0.1500	0.0000	0.001804	0.1500	0.0000	0.001814
0.1500	0.0500	0.001540	0.1500	0.0500	0.001543	0.1500	0.0500	0.001547	0.1500	0.0500	0.001550
0.1500	0.0750	0.001587	0.1500	0.0750	0.001587	0.1500	0.0750	0.001587	0.1500	0.0750	0.001587
0.2000	0.0000	0.002024	0.2000	0.0000	0.002028	0.2000	0.0000	0.002031	0.2000	0.0000	0.002033
0.2000	0.0750	0.002053	0.2000	0.0750	0.002053	0.2000	0.0750	0.002053	0.2000	0.0750	0.002053
0.2250	0.0000	0.002290	0.2250	0.0000	0.002290	0.2250	0.0000	0.002290	0.2250	0.0000	0.002290
$b'/b = 0.2$											
$b'/b = 0.02$			$b'/b = 0.04$			$b'/b = 0.06$			$b'/b = 0.08$		
U_d	$t1/d$	$p = A_s/b \cdot d$	U_d	$t1/d$	$p = A_s/b \cdot d$	U_d	$t1/d$	$p = A_s/b \cdot d$	U_d	$t1/d$	$p = A_s/b \cdot d$
0.0500	0.0000	0.000604	0.0500	0.0000	0.000648	0.0500	0.0000	0.000683	0.0500	0.0000	0.000723
0.0500	0.0500	0.000620	0.0500	0.0500	0.000632	0.0500	0.0500	0.000635	0.0500	0.0500	0.000637
0.0500	0.1000	0.000737	0.0500	0.1000	0.000787	0.0500	0.1000	0.000779	0.0500	0.1000	0.000796
0.0500	0.1500	0.000850	0.0500	0.1500	0.000863	0.0500	0.1500	0.000860	0.0500	0.1500	0.000878
0.0500	0.1750	0.000813	0.0500	0.1750	0.000813	0.0500	0.1750	0.000813	0.0500	0.1750	0.000813
0.1000	0.0000	0.000878	0.1000	0.0000	0.001012	0.1000	0.0000	0.001045	0.1000	0.0000	0.001079
0.1000	0.0500	0.001100	0.1000	0.0500	0.001120	0.1000	0.0500	0.001141	0.1000	0.0500	0.001161
0.1000	0.1000	0.001124	0.1000	0.1000	0.001121	0.1000	0.1000	0.001127	0.1000	0.1000	0.001144
0.1000	0.1250	0.001184	0.1000	0.1250	0.001184	0.1000	0.1250	0.001184	0.1000	0.1250	0.001184
0.1500	0.0000	0.001483	0.1500	0.0000	0.001504	0.1500	0.0000	0.001525	0.1500	0.0000	0.001546
0.1500	0.0500	0.001612	0.1500	0.0500	0.001619	0.1500	0.0500	0.001626	0.1500	0.0500	0.001633
0.1500	0.0750	0.001678	0.1500	0.0750	0.001678	0.1500	0.0750	0.001678	0.1500	0.0750	0.001678
0.2000	0.0000	0.002024	0.2000	0.0000	0.002031	0.2000	0.0000	0.002038	0.2000	0.0000	0.002046
0.2000	0.0750	0.002090	0.2000	0.0750	0.002090	0.2000	0.0750	0.002090	0.2000	0.0750	0.002090
0.2250	0.0000	0.002290	0.2250	0.0000	0.002290	0.2250	0.0000	0.002290	0.2250	0.0000	0.002290

TABLA B.13

			PORCENTAJE MAXIMO SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO T*					
ht = 19.000 Kg/cm² (270 k) Fcp = 250 Kg/cm² Fcl = 250 kg/cm²								
b/b = 0.3								
b/b = 0.04		b/b = 0.08		b/b = 0.12		b/b = 0.16		
Ud	t1/d	p=As/b²d	Ud	t1/d	p=As/b²d	Ud	t1/d	p=As/b²d
0.500	0.0003	0.000549	0.500	0.0000	0.000839	0.500	0.0000	0.000720
0.500	0.0500	0.000717	0.500	0.0500	0.000783	0.500	0.0500	0.000848
0.500	0.1000	0.000849	0.500	0.1000	0.000828	0.500	0.1000	0.000888
0.500	0.1500	0.001063	0.500	0.1500	0.001070	0.500	0.1500	0.001069
0.500	0.1730	0.001147	0.500	0.1730	0.001147	0.500	0.1730	0.001147
0.1000	0.0000	0.001012	0.1000	0.0000	0.001078	0.1000	0.0000	0.001147
0.1000	0.0500	0.001189	0.1000	0.0500	0.001230	0.1000	0.0500	0.001271
0.1000	0.1000	0.001370	0.1000	0.1000	0.001383	0.1000	0.1000	0.001387
0.1000	0.1230	0.001497	0.1000	0.1230	0.001497	0.1000	0.1230	0.001497
0.1500	0.0000	0.001504	0.1500	0.0000	0.001548	0.1500	0.0000	0.001580
0.1500	0.0500	0.001692	0.1500	0.0500	0.001706	0.1500	0.0500	0.001720
0.1500	0.0730	0.001783	0.1500	0.0730	0.001783	0.1500	0.0730	0.001783
0.2000	0.0000	0.002031	0.2000	0.0000	0.002046	0.2000	0.0000	0.002061
0.2000	0.0250	0.002127	0.2000	0.0250	0.002127	0.2000	0.0250	0.002127
0.2230	0.0000	0.002290	0.2230	0.0000	0.002299	0.2230	0.0000	0.002299
0.2230	0.0500	0.002290	0.2230	0.0500	0.002299	0.2230	0.0500	0.002299
b/b = 0.4								
b/b = 0.05		b/b = 0.1		b/b = 0.15		b/b = 0.20		
Ud	t1/d	p=As/b²d	Ud	t1/d	p=As/b²d	Ud	t1/d	p=As/b²d
0.500	0.0000	0.000971	0.500	0.0000	0.000984	0.500	0.0000	0.000998
0.500	0.0500	0.000790	0.500	0.0500	0.000881	0.500	0.0500	0.000964
0.500	0.1000	0.001033	0.500	0.1000	0.001083	0.500	0.1000	0.001133
0.500	0.1500	0.001271	0.500	0.1500	0.001287	0.500	0.1500	0.001304
0.500	0.1730	0.001387	0.500	0.1730	0.001387	0.500	0.1730	0.001387
0.1000	0.0000	0.001078	0.1000	0.0000	0.001113	0.1000	0.0000	0.001148
0.1000	0.0500	0.001269	0.1000	0.0500	0.001320	0.1000	0.0500	0.001372
0.1000	0.1000	0.001514	0.1000	0.1000	0.001531	0.1000	0.1000	0.001548
0.1000	0.1230	0.001534	0.1000	0.1230	0.001534	0.1000	0.1230	0.001534
0.1500	0.0000	0.001514	0.1500	0.0000	0.001567	0.1500	0.0000	0.001621
0.1500	0.0500	0.001780	0.1500	0.0500	0.001786	0.1500	0.0500	0.001804
0.1500	0.0730	0.001892	0.1500	0.0730	0.001892	0.1500	0.0730	0.001892
0.2000	0.0000	0.002033	0.2000	0.0000	0.002053	0.2000	0.0000	0.002072
0.2000	0.0250	0.002184	0.2000	0.0250	0.002184	0.2000	0.0250	0.002184
0.2230	0.0000	0.002290	0.2230	0.0000	0.002299	0.2230	0.0000	0.002299

TABLA B.131

			PORCENTAJE MAXIMO SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "T"								
$f_{cr} = 19,000 \text{ Kg/cm}^2 (270 \text{ k})$ $f_{cp} = 300 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{cl} = 280 \text{ Kg/cm}^2$											
$b'/b = 0.1$											
$b'/b = 0.02$			$b'/b = 0.03$			$b'/b = 0.04$			$b'/b = 0.05$		
V/d	l/d	$\rho = A_s/b \cdot d$	V/d	l/d	$\rho = A_s/b \cdot d$	V/d	l/d	$\rho = A_s/b \cdot d$	V/d	l/d	$\rho = A_s/b \cdot d$
0.2500	0.5000	0.000488	0.0500	0.0000	0.000018	0.0500	0.5000	0.000538	0.0500	0.5000	0.000588
0.0500	0.0500	0.000544	0.0500	0.0500	0.000538	0.0500	0.0500	0.000572	0.0500	0.0500	0.000560
0.0500	0.1000	0.000589	0.0500	0.1000	0.000598	0.0500	0.1000	0.000590	0.0500	0.1000	0.000518
0.0500	0.1500	0.000639	0.0500	0.1500	0.000639	0.0500	0.1500	0.000641	0.0500	0.1500	0.000643
0.0500	0.1730	0.000657	0.0500	0.1730	0.000657	0.0500	0.1730	0.000657	0.0500	0.1730	0.000657
0.1000	0.0000	0.000674	0.1000	0.0000	0.000689	0.1000	0.0000	0.001004	0.1000	0.0000	0.001019
0.1000	0.0500	0.001022	0.1000	0.0500	0.001031	0.1000	0.0500	0.001040	0.1000	0.0500	0.001049
0.1000	0.1000	0.001070	0.1000	0.1000	0.001073	0.1000	0.1000	0.001075	0.1000	0.1000	0.001079
0.1000	0.1530	0.001093	0.1000	0.1530	0.001093	0.1000	0.1530	0.001098	0.1000	0.1530	0.001093
0.1500	0.0000	0.001480	0.1500	0.0000	0.001490	0.1500	0.0000	0.001490	0.1500	0.0000	0.001498
0.1500	0.0500	0.001531	0.1500	0.0500	0.001534	0.1500	0.0500	0.001537	0.1500	0.0500	0.001540
0.1500	0.0730	0.001555	0.1500	0.0730	0.001555	0.1500	0.0730	0.001555	0.1500	0.0730	0.001555
0.2000	0.0000	0.002023	0.2000	0.0000	0.002026	0.2000	0.0000	0.002030	0.2000	0.0000	0.002033
0.2000	0.0230	0.002049	0.2000	0.0230	0.002049	0.2000	0.0230	0.002049	0.2000	0.0230	0.002049
0.2230	0.0000	0.002290	0.2230	0.0000	0.002290	0.2230	0.0000	0.002290	0.2230	0.0000	0.002290
$b'/b = 0.2$											
$b'/b = 0.02$			$b'/b = 0.04$			$b'/b = 0.05$			$b'/b = 0.08$		
V/d	l/d	$\rho = A_s/b \cdot d$	V/d	l/d	$\rho = A_s/b \cdot d$	V/d	l/d	$\rho = A_s/b \cdot d$	V/d	l/d	$\rho = A_s/b \cdot d$
0.2500	0.5000	0.000488	0.0500	0.0000	0.000038	0.0500	0.5000	0.000577	0.0500	0.5000	0.000617
0.0500	0.0500	0.000801	0.0500	0.0500	0.000829	0.0500	0.0500	0.000858	0.0500	0.0500	0.000886
0.0500	0.1000	0.000794	0.0500	0.1000	0.000771	0.0500	0.1000	0.000738	0.0500	0.1000	0.000785
0.0500	0.1500	0.000809	0.0500	0.1500	0.000814	0.0500	0.1500	0.000820	0.0500	0.1500	0.000825
0.0500	0.1730	0.000859	0.0500	0.1730	0.000859	0.0500	0.1730	0.000859	0.0500	0.1730	0.000859
0.1000	0.0000	0.000874	0.1000	0.0000	0.001004	0.1000	0.0000	0.001033	0.1000	0.0000	0.001063
0.1000	0.0500	0.001082	0.1000	0.0500	0.001100	0.1000	0.0500	0.001116	0.1000	0.0500	0.001130
0.1000	0.1000	0.001181	0.1000	0.1000	0.001187	0.1000	0.1000	0.001203	0.1000	0.1000	0.001209
0.1000	0.1230	0.001244	0.1000	0.1230	0.001244	0.1000	0.1230	0.001244	0.1000	0.1230	0.001244
0.1500	0.0000	0.001480	0.1500	0.0000	0.001499	0.1500	0.0000	0.001518	0.1500	0.0000	0.001537
0.1500	0.0500	0.001565	0.1500	0.0500	0.001561	0.1500	0.0500	0.001567	0.1500	0.0500	0.001513
0.1500	0.0730	0.001580	0.1500	0.0730	0.001580	0.1500	0.0730	0.001580	0.1500	0.0730	0.001580
0.2000	0.0000	0.002023	0.2000	0.0000	0.002030	0.2000	0.0000	0.002036	0.2000	0.0000	0.002043
0.2000	0.0230	0.002042	0.2000	0.0230	0.002042	0.2000	0.0230	0.002042	0.2000	0.0230	0.002042
0.2230	0.0000	0.002290	0.2230	0.0000	0.002290	0.2230	0.0000	0.002290	0.2230	0.0000	0.002290

TABLA B.14

			PORCENTAJE MÁXIMO SECCIÓN COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "T" $f_{cl} = 19.000 \text{ Kg/cm}^2 (270 \text{ k})$ $f_{cp} = 300 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{cl} = 250 \text{ kg/cm}^2$								
$b'/b = 0.3$											
$b'/b = 0.04$			$b'/b = 0.08$			$b'/b = 0.12$			$b'/b = 0.16$		
U/d	t/d	$p = A_s/b \cdot d$	U/d	t/d	$p = A_s/b \cdot d$	U/d	t/d	$p = A_s/b \cdot d$	U/d	t/d	$p = A_s/b \cdot d$
0.0500	0.0000	0.000538	0.0500	0.0000	0.000417	0.0500	0.0000	0.000267	0.0500	0.0000	0.000178
0.0500	0.0500	0.000687	0.0500	0.0500	0.000744	0.0500	0.0500	0.000801	0.0500	0.0500	0.000859
0.0500	0.1000	0.000838	0.0500	0.1000	0.000872	0.0500	0.1000	0.000907	0.0500	0.1000	0.000942
0.0500	0.1500	0.000991	0.0500	0.1500	0.001022	0.0500	0.1500	0.001054	0.0500	0.1500	0.001088
0.0500	0.1739	0.001065	0.0500	0.1739	0.001095	0.0500	0.1739	0.001098	0.0500	0.1739	0.001095
0.1000	0.0000	0.001004	0.1000	0.0000	0.001063	0.1000	0.0000	0.001123	0.1000	0.0000	0.001183
0.1000	0.0500	0.001191	0.1000	0.0500	0.001197	0.1000	0.0500	0.001233	0.1000	0.0500	0.001299
0.1000	0.1000	0.001320	0.1000	0.1000	0.001322	0.1000	0.1000	0.001344	0.1000	0.1000	0.001356
0.1000	0.1239	0.001397	0.1000	0.1239	0.001397	0.1000	0.1239	0.001397	0.1000	0.1239	0.001397
0.1500	0.0000	0.001499	0.1500	0.0000	0.001537	0.1500	0.0000	0.001574	0.1500	0.0000	0.001612
0.1500	0.0500	0.001566	0.1500	0.0500	0.001578	0.1500	0.0500	0.001590	0.1500	0.0500	0.001703
0.1500	0.0739	0.001748	0.1500	0.0739	0.001748	0.1500	0.0739	0.001748	0.1500	0.0739	0.001748
0.2000	0.0000	0.002030	0.2000	0.0000	0.002043	0.2000	0.0000	0.002056	0.2000	0.0000	0.002069
0.2000	0.0239	0.002115	0.2000	0.0239	0.002115	0.2000	0.0239	0.002115	0.2000	0.0239	0.002115
0.2239	0.0000	0.002299	0.2239	0.0000	0.002299	0.2239	0.0000	0.002299	0.2239	0.0000	0.002299
$b'/b = 0.4$											
$b'/b = 0.05$			$b'/b = 0.1$			$b'/b = 0.15$			$b'/b = 0.20$		
U/d	t/d	$p = A_s/b \cdot d$	U/d	t/d	$p = A_s/b \cdot d$	U/d	t/d	$p = A_s/b \cdot d$	U/d	t/d	$p = A_s/b \cdot d$
0.0500	0.0000	0.000538	0.0500	0.0000	0.000537	0.0500	0.0000	0.000737	0.0500	0.0000	0.000859
0.0500	0.0500	0.000759	0.0500	0.0500	0.000831	0.0500	0.0500	0.000994	0.0500	0.0500	0.000977
0.0500	0.1000	0.000964	0.0500	0.1000	0.001056	0.0500	0.1000	0.001052	0.0500	0.1000	0.001096
0.0500	0.1500	0.001174	0.0500	0.1500	0.001188	0.0500	0.1500	0.001203	0.0500	0.1500	0.001217
0.0500	0.1739	0.001276	0.0500	0.1739	0.001278	0.0500	0.1739	0.001276	0.0500	0.1739	0.001276
0.1000	0.0000	0.001019	0.1000	0.0000	0.001063	0.1000	0.0000	0.001158	0.1000	0.0000	0.001244
0.1000	0.0500	0.001231	0.1000	0.0500	0.001278	0.1000	0.0500	0.001322	0.1000	0.0500	0.001397
0.1000	0.1000	0.001448	0.1000	0.1000	0.001463	0.1000	0.1000	0.001478	0.1000	0.1000	0.001493
0.1000	0.1239	0.001533	0.1000	0.1239	0.001533	0.1000	0.1239	0.001533	0.1000	0.1239	0.001533
0.1500	0.0000	0.001508	0.1500	0.0000	0.001535	0.1500	0.0000	0.001603	0.1500	0.0000	0.001650
0.1500	0.0500	0.001734	0.1500	0.0500	0.001748	0.1500	0.0500	0.001753	0.1500	0.0500	0.001780
0.1500	0.0739	0.001843	0.1500	0.0739	0.001843	0.1500	0.0739	0.001843	0.1500	0.0739	0.001843
0.2000	0.0000	0.002033	0.2000	0.0000	0.002049	0.2000	0.0000	0.002096	0.2000	0.0000	0.002092
0.2000	0.0239	0.002147	0.2000	0.0239	0.002147	0.2000	0.0239	0.002147	0.2000	0.0239	0.002147
0.2239	0.0000	0.002299	0.2239	0.0000	0.002299	0.2239	0.0000	0.002299	0.2239	0.0000	0.002299

TABLA B.14.1

			PORCENTAJE MAXIMO SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "T"								
$w = 17,000 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (250 k)}$ $f_{cp} = 300 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{cl} = 250 \text{ Kg/cm}^2$											
b/b' = 0.1											
b/b' = 0.02			b/b' = 0.03			b/b' = 0.04			b/b' = 0.05		
U/d	U/d	$p = A_s/b'd$	U/d	U/d	$p = A_s/b'd$	U/d	U/d	$p = A_s/b'd$	U/d	U/d	$p = A_s/b'd$
0.0500	0.0500	0.003542	0.0500	0.0500	0.003543	0.0500	0.0500	0.003544	0.0500	0.0500	0.003541
0.0500	0.0500	0.003967	0.0500	0.0500	0.003968	0.0500	0.0500	0.003969	0.0500	0.0500	0.003966
0.0500	0.1000	0.006533	0.0500	0.1000	0.006534	0.0500	0.1000	0.006535	0.0500	0.1000	0.006532
0.0500	0.1500	0.007099	0.0500	0.1500	0.007100	0.0500	0.1500	0.007101	0.0500	0.1500	0.007098
0.0500	0.1856	0.006727	0.0500	0.1856	0.006728	0.0500	0.1856	0.006729	0.0500	0.1856	0.006726
0.1000	0.0500	0.001042	0.1000	0.0500	0.001043	0.1000	0.0500	0.001044	0.1000	0.0500	0.001041
0.1000	0.0500	0.001112	0.1000	0.0500	0.001113	0.1000	0.0500	0.001114	0.1000	0.0500	0.001111
0.1000	0.1000	0.001171	0.1000	0.1000	0.001172	0.1000	0.1000	0.001173	0.1000	0.1000	0.001170
0.1000	0.1000	0.001189	0.1000	0.1000	0.001190	0.1000	0.1000	0.001191	0.1000	0.1000	0.001188
0.1500	0.0500	0.001388	0.1500	0.0500	0.001389	0.1500	0.0500	0.001390	0.1500	0.0500	0.001387
0.1500	0.0500	0.001360	0.1500	0.0500	0.001361	0.1500	0.0500	0.001362	0.1500	0.0500	0.001359
0.1500	0.0856	0.001879	0.1500	0.0856	0.001880	0.1500	0.0856	0.001881	0.1500	0.0856	0.001878
0.2000	0.0500	0.002182	0.2000	0.0500	0.002183	0.2000	0.0500	0.002184	0.2000	0.0500	0.002181
0.2000	0.0500	0.002203	0.2000	0.0500	0.002204	0.2000	0.0500	0.002205	0.2000	0.0500	0.002202
0.2156	0.0500	0.002374	0.2156	0.0500	0.002375	0.2156	0.0500	0.002376	0.2156	0.0500	0.002373
b/b' = 0.2											
b/b' = 0.02			b/b' = 0.04			b/b' = 0.06			b/b' = 0.08		
U/d	U/d	$p = A_s/b'd$	U/d	U/d	$p = A_s/b'd$	U/d	U/d	$p = A_s/b'd$	U/d	U/d	$p = A_s/b'd$
0.0500	0.0500	0.000542	0.0500	0.0500	0.000543	0.0500	0.0500	0.000544	0.0500	0.0500	0.000541
0.0500	0.0500	0.000967	0.0500	0.0500	0.000968	0.0500	0.0500	0.000969	0.0500	0.0500	0.000966
0.0500	0.1000	0.002704	0.0500	0.1000	0.002705	0.0500	0.1000	0.002706	0.0500	0.1000	0.002703
0.0500	0.1500	0.000922	0.0500	0.1500	0.000923	0.0500	0.1500	0.000924	0.0500	0.1500	0.000921
0.0500	0.1856	0.000902	0.0500	0.1856	0.000903	0.0500	0.1856	0.000904	0.0500	0.1856	0.000901
0.1000	0.0500	0.001083	0.1000	0.0500	0.001084	0.1000	0.0500	0.001085	0.1000	0.0500	0.001082
0.1000	0.0500	0.001183	0.1000	0.0500	0.001184	0.1000	0.0500	0.001185	0.1000	0.0500	0.001182
0.1000	0.1000	0.001319	0.1000	0.1000	0.001320	0.1000	0.1000	0.001321	0.1000	0.1000	0.001318
0.1000	0.1000	0.001361	0.1000	0.1000	0.001362	0.1000	0.1000	0.001363	0.1000	0.1000	0.001360
0.1500	0.0500	0.001598	0.1500	0.0500	0.001599	0.1500	0.0500	0.001600	0.1500	0.0500	0.001597
0.1500	0.0500	0.001736	0.1500	0.0500	0.001737	0.1500	0.0500	0.001738	0.1500	0.0500	0.001735
0.1500	0.0856	0.001782	0.1500	0.0856	0.001783	0.1500	0.0856	0.001784	0.1500	0.0856	0.001781
0.2000	0.0500	0.002182	0.2000	0.0500	0.002183	0.2000	0.0500	0.002184	0.2000	0.0500	0.002181
0.2000	0.0500	0.002229	0.2000	0.0500	0.002230	0.2000	0.0500	0.002231	0.2000	0.0500	0.002228
0.2156	0.0500	0.002374	0.2156	0.0500	0.002375	0.2156	0.0500	0.002376	0.2156	0.0500	0.002373

TABLA B.15

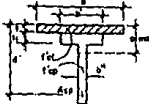
			PORCENTAJE MAXIMO SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO T*								
$f_{ct} = 17,500 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (250 h)}$ $f_{cp} = 350 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{ct} = 150 \text{ Kg/cm}^2$											
b'/b = 0.3											
b'/b = 0.04			b'/b = 0.08			b'/b = 0.12			b'/b = 0.16		
U/d	t/h	p=AA/b*d	U/d	t/h	p=AA/b*d	U/d	t/h	p=AA/b*d	U/d	t/h	p=AA/b*d
0.0500	0.0000	0.000088	0.0500	0.0000	0.000960	0.0500	0.0000	0.000773	0.0500	0.0000	0.000427
0.0500	0.0500	0.000770	0.0500	0.0500	0.000833	0.0500	0.0500	0.000901	0.0500	0.0500	0.000967
0.0500	0.1000	0.000925	0.0500	0.1000	0.000993	0.0500	0.1000	0.001030	0.0500	0.1000	0.001066
0.0500	0.1500	0.001143	0.0500	0.1500	0.001152	0.0500	0.1500	0.001161	0.0500	0.1500	0.001170
0.0500	0.1856	0.001203	0.0500	0.1856	0.001202	0.0500	0.1856	0.001202	0.0500	0.1856	0.001202
0.1000	0.0000	0.001087	0.1000	0.0000	0.001153	0.1000	0.0000	0.001223	0.1000	0.0000	0.001292
0.1000	0.0500	0.001279	0.1000	0.0500	0.001318	0.1000	0.0500	0.001387	0.1000	0.0500	0.001396
0.1000	0.1000	0.001474	0.1000	0.1000	0.001483	0.1000	0.1000	0.001493	0.1000	0.1000	0.001502
0.1000	0.1154	0.001523	0.1000	0.1154	0.001539	0.1000	0.1154	0.001539	0.1000	0.1154	0.001539
0.1500	0.0000	0.001618	0.1500	0.0000	0.001639	0.1500	0.0000	0.001700	0.1500	0.0000	0.001741
0.1500	0.0500	0.001821	0.1500	0.0500	0.001831	0.1500	0.0500	0.001841	0.1500	0.0500	0.001851
0.1500	0.0856	0.001883	0.1500	0.0856	0.001885	0.1500	0.0856	0.001885	0.1500	0.0856	0.001885
0.2000	0.0000	0.002181	0.2000	0.0000	0.002188	0.2000	0.0000	0.002208	0.2000	0.0000	0.002234
0.2000	0.0156	0.002255	0.2000	0.0156	0.002255	0.2000	0.0156	0.002255	0.2000	0.0156	0.002254
0.2156	0.0000	0.002374	0.2156	0.0000	0.002374	0.2156	0.0000	0.002374	0.2156	0.0000	0.002374
b'/b = 0.4											
b'/b = 0.05			b'/b = 0.1			b'/b = 0.15			b'/b = 0.20		
U/d	t/h	p=AA/b*d	U/d	t/h	p=AA/b*d	U/d	t/h	p=AA/b*d	U/d	t/h	p=AA/b*d
0.0500	0.0000	0.000611	0.0500	0.0000	0.000727	0.0500	0.0000	0.000848	0.0500	0.0000	0.000962
0.0500	0.0500	0.000837	0.0500	0.0500	0.000940	0.0500	0.0500	0.001023	0.0500	0.0500	0.001106
0.0500	0.1000	0.001108	0.0500	0.1000	0.001167	0.0500	0.1000	0.001209	0.0500	0.1000	0.001253
0.0500	0.1500	0.001308	0.0500	0.1500	0.001377	0.0500	0.1500	0.001360	0.0500	0.1500	0.001421
0.0500	0.1856	0.001447	0.0500	0.1856	0.001447	0.0500	0.1856	0.001447	0.0500	0.1856	0.001447
0.1000	0.0000	0.001104	0.1000	0.0000	0.001189	0.1000	0.0000	0.001275	0.1000	0.0000	0.001361
0.1000	0.0500	0.001363	0.1000	0.0500	0.001412	0.1000	0.0500	0.001462	0.1000	0.0500	0.001512
0.1000	0.1000	0.001628	0.1000	0.1000	0.001640	0.1000	0.1000	0.001652	0.1000	0.1000	0.001664
0.1000	0.1154	0.001718	0.1000	0.1154	0.001712	0.1000	0.1154	0.001712	0.1000	0.1154	0.001712
0.1500	0.0000	0.001828	0.1500	0.0000	0.001870	0.1500	0.0000	0.001930	0.1500	0.0000	0.001972
0.1500	0.0500	0.001903	0.1500	0.0500	0.001918	0.1500	0.0500	0.001927	0.1500	0.0500	0.001940
0.1500	0.0856	0.001990	0.1500	0.0856	0.001990	0.1500	0.0856	0.001990	0.1500	0.0856	0.001990
0.2000	0.0000	0.002190	0.2000	0.0000	0.002203	0.2000	0.0000	0.002218	0.2000	0.0000	0.002229
0.2000	0.0156	0.002280	0.2000	0.0156	0.002280	0.2000	0.0156	0.002280	0.2000	0.0156	0.002280
0.2156	0.0000	0.002374	0.2156	0.0000	0.002374	0.2156	0.0000	0.002374	0.2156	0.0000	0.002374

TABLA B.161

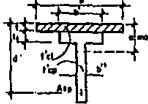
			PORCENTAJE MAXIMO SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "P"								
$f_w = 17,800 \text{ Kg/cm}^2 (250 \text{ K})$ $f_{cp} = 300 \text{ kg/cm}^2$ $f_{cl} = 250 \text{ kg/cm}^2$											
b/b' = 0.1											
b/b' = 0.02			b/b' = 0.03			b/b' = 0.04			b/b' = 0.05		
U/d	11/d	p=AA/b*d	U/d	11/d	p=AA/b*d	U/d	11/d	p=AA/b*d	U/d	11/d	p=AA/b*d
0.0500	0.0000	0.000338	0.0500	0.0000	0.000338	0.0500	0.0000	0.000377	0.0500	0.0000	0.000358
0.0500	0.0500	0.000583	0.0500	0.0500	0.000589	0.0500	0.0500	0.000613	0.0500	0.0500	0.000628
0.0500	0.1000	0.000834	0.0500	0.1000	0.000842	0.0500	0.1000	0.000870	0.0500	0.1000	0.000885
0.0500	0.1500	0.000984	0.0500	0.1500	0.000989	0.0500	0.1500	0.000997	0.0500	0.1500	0.000999
0.0500	0.1858	0.000999	0.0500	0.1858	0.000999	0.0500	0.1858	0.000998	0.0500	0.1858	0.000998
0.1000	0.0000	0.001048	0.1000	0.0000	0.001064	0.1000	0.0000	0.001079	0.1000	0.0000	0.001094
0.1000	0.0500	0.001101	0.1000	0.0500	0.001110	0.1000	0.0500	0.001118	0.1000	0.0500	0.001127
0.1000	0.1000	0.001153	0.1000	0.1000	0.001159	0.1000	0.1000	0.001167	0.1000	0.1000	0.001169
0.1000	0.1158	0.001160	0.1000	0.1158	0.001169	0.1000	0.1158	0.001169	0.1000	0.1158	0.001169
0.1500	0.0000	0.001560	0.1500	0.0000	0.001605	0.1500	0.0000	0.001614	0.1500	0.0000	0.001623
0.1500	0.0500	0.001650	0.1500	0.0500	0.001633	0.1500	0.0500	0.001655	0.1500	0.0500	0.001657
0.1500	0.0658	0.001668	0.1500	0.0658	0.001668	0.1500	0.0658	0.001668	0.1500	0.0658	0.001668
0.2000	0.0000	0.002182	0.2000	0.0000	0.002184	0.2000	0.0000	0.002188	0.2000	0.0000	0.002189
0.2000	0.0158	0.002200	0.2000	0.0158	0.002200	0.2000	0.0158	0.002200	0.2000	0.0158	0.002200
0.2158	0.0000	0.002374	0.2158	0.0000	0.002374	0.2158	0.0000	0.002374	0.2158	0.0000	0.002374
b/b' = 0.2											
b/b' = 0.02			b/b' = 0.04			b/b' = 0.06			b/b' = 0.08		
U/d	11/d	p=AA/b*d	U/d	11/d	p=AA/b*d	U/d	11/d	p=AA/b*d	U/d	11/d	p=AA/b*d
0.0500	0.0000	0.000338	0.0500	0.0000	0.000377	0.0500	0.0000	0.000417	0.0500	0.0000	0.000456
0.0500	0.0500	0.000449	0.0500	0.0500	0.000478	0.0500	0.0500	0.000504	0.0500	0.0500	0.000532
0.0500	0.1000	0.000738	0.0500	0.1000	0.000774	0.0500	0.1000	0.000791	0.0500	0.1000	0.000807
0.0500	0.1500	0.000871	0.0500	0.1500	0.000878	0.0500	0.1500	0.000879	0.0500	0.1500	0.000883
0.0500	0.1858	0.000906	0.0500	0.1858	0.000906	0.0500	0.1858	0.000906	0.0500	0.1858	0.000906
0.1000	0.0000	0.001049	0.1000	0.0000	0.001079	0.1000	0.0000	0.001109	0.1000	0.0000	0.001139
0.1000	0.0500	0.001186	0.1000	0.0500	0.001183	0.1000	0.0500	0.001200	0.1000	0.0500	0.001217
0.1000	0.1000	0.001284	0.1000	0.1000	0.001288	0.1000	0.1000	0.001292	0.1000	0.1000	0.001292
0.1000	0.1158	0.001321	0.1000	0.1158	0.001321	0.1000	0.1158	0.001321	0.1000	0.1158	0.001321
0.1500	0.0000	0.001600	0.1500	0.0000	0.001614	0.1500	0.0000	0.001632	0.1500	0.0000	0.001650
0.1500	0.0500	0.001719	0.1500	0.0500	0.001724	0.1500	0.0500	0.001728	0.1500	0.0500	0.001732
0.1500	0.0658	0.001758	0.1500	0.0658	0.001758	0.1500	0.0658	0.001758	0.1500	0.0658	0.001758
0.2000	0.0000	0.002182	0.2000	0.0000	0.002186	0.2000	0.0000	0.002191	0.2000	0.0000	0.002195
0.2000	0.0158	0.002223	0.2000	0.0158	0.002223	0.2000	0.0158	0.002223	0.2000	0.0158	0.002223
0.2158	0.0000	0.002374	0.2158	0.0000	0.002374	0.2158	0.0000	0.002374	0.2158	0.0000	0.002374

TABLA B.16

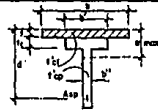
			PORCENTAJE MÁXIMO SECCIÓN COMPUESTA QUE TRABAJA COMO T* $f_r = 17,600 \text{ Kg/cm}^2 (250 \text{ k})$ $f_{cp} = 300 \text{ kg/cm}^2$ $f_{ct} = 250 \text{ kg/cm}^2$								
b'/b = 0.04			b'/b = 0.08			b'/b = 0.12			b'/b = 0.16		
U/d	t/d	p=Aa/b*d	U/d	t/d	p=Aa/b*d	U/d	t/d	p=Aa/b*d	U/d	t/d	p=Aa/b*d
0.0500	0.0000	0.000577	0.0500	0.0000	0.000658	0.0500	0.0000	0.000740	0.0500	0.0000	0.000823
0.0500	0.0500	0.000737	0.0500	0.0500	0.000795	0.0500	0.0500	0.000853	0.0500	0.0500	0.000911
0.0500	0.1000	0.000900	0.0500	0.1000	0.000953	0.0500	0.1000	0.000986	0.0500	0.1000	0.001000
0.0500	0.1500	0.001065	0.0500	0.1500	0.001073	0.0500	0.1500	0.001081	0.0500	0.1500	0.001069
0.0500	0.1658	0.001118	0.0500	0.1658	0.001118	0.0500	0.1658	0.001118	0.0500	0.1658	0.001118
0.1000	0.0000	0.001079	0.1000	0.0000	0.001139	0.1000	0.0000	0.001190	0.1000	0.0000	0.001200
0.1000	0.0500	0.001249	0.1000	0.0500	0.001283	0.1000	0.0500	0.001318	0.1000	0.0500	0.001352
0.1000	0.1000	0.001421	0.1000	0.1000	0.001420	0.1000	0.1000	0.001437	0.1000	0.1000	0.001446
0.1000	0.1158	0.001478	0.1000	0.1158	0.001478	0.1000	0.1158	0.001478	0.1000	0.1158	0.001478
0.1500	0.0000	0.001814	0.1500	0.0000	0.001850	0.1500	0.0000	0.001888	0.1500	0.0000	0.001922
0.1500	0.0500	0.001793	0.1500	0.0500	0.001802	0.1500	0.0500	0.001811	0.1500	0.0500	0.001819
0.1500	0.0658	0.001850	0.1500	0.0658	0.001850	0.1500	0.0658	0.001850	0.1500	0.0658	0.001850
0.2000	0.0000	0.002188	0.2000	0.0000	0.002215	0.2000	0.0000	0.002235	0.2000	0.0000	0.002244
0.2000	0.0158	0.002246	0.2000	0.0158	0.002246	0.2000	0.0158	0.002246	0.2000	0.0158	0.002248
0.2158	0.0000	0.002374	0.2158	0.0000	0.002374	0.2158	0.0000	0.002374	0.2158	0.0000	0.002374
b'/b = 0.4											
b'/b = 0.03			b'/b = 0.10			b'/b = 0.16			b'/b = 0.20		
U/d	t/d	p=Aa/b*d	U/d	t/d	p=Aa/b*d	U/d	t/d	p=Aa/b*d	U/d	t/d	p=Aa/b*d
0.0500	0.0000	0.000367	0.0500	0.0000	0.000699	0.0500	0.0000	0.000802	0.0500	0.0000	0.000908
0.0500	0.0500	0.000614	0.0500	0.0500	0.000887	0.0500	0.0500	0.000960	0.0500	0.0500	0.001033
0.0500	0.1000	0.001033	0.0500	0.1000	0.001077	0.0500	0.1000	0.001120	0.0500	0.1000	0.001152
0.0500	0.1500	0.001252	0.0500	0.1500	0.001272	0.0500	0.1500	0.001282	0.0500	0.1500	0.001292
0.0500	0.1658	0.001333	0.0500	0.1658	0.001333	0.0500	0.1658	0.001333	0.0500	0.1658	0.001333
0.1000	0.0000	0.001064	0.1000	0.0000	0.001188	0.1000	0.0000	0.001245	0.1000	0.0000	0.001292
0.1000	0.0500	0.001323	0.1000	0.0500	0.001387	0.1000	0.0500	0.001410	0.1000	0.0500	0.001484
0.1000	0.1000	0.001887	0.1000	0.1000	0.001868	0.1000	0.1000	0.001878	0.1000	0.1000	0.001886
0.1000	0.1158	0.001931	0.1000	0.1158	0.001931	0.1000	0.1158	0.001931	0.1000	0.1158	0.001931
0.1500	0.0000	0.001823	0.1500	0.0000	0.001968	0.1500	0.0000	0.002173	0.1500	0.0000	0.001758
0.1500	0.0500	0.001806	0.1500	0.0500	0.001877	0.1500	0.0500	0.001888	0.1500	0.0500	0.001890
0.1500	0.0658	0.001943	0.1500	0.0658	0.001943	0.1500	0.0658	0.001943	0.1500	0.0658	0.001943
0.2000	0.0000	0.002189	0.2000	0.0000	0.002250	0.2000	0.0000	0.002211	0.2000	0.0000	0.002223
0.2000	0.0158	0.002280	0.2000	0.0158	0.002226	0.2000	0.0158	0.002269	0.2000	0.0158	0.002280
0.2158	0.0000	0.002374	0.2158	0.0000	0.002374	0.2158	0.0000	0.002374	0.2158	0.0000	0.002374

TABLA D.16.1

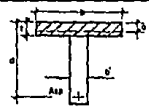
		SECCION SIMPLE O COMPUESTA QUE TRABAJA COMO RECTANGULAR							
		$f_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$		$f_{sr} = 19,000 \text{ kg/cm}^2$		$p = 0.003140$ max			
$p = \frac{As}{b \cdot d}$	$\frac{Mr}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{As}{b \cdot d}$	$\frac{Mr}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{As}{b \cdot d}$	$\frac{Mr}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{As}{b \cdot d}$	$\frac{Mr}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{As}{b \cdot d}$	$\frac{Mr}{b \cdot d^2}$
0.003140	41.57	0.002360	33.28	0.001560	23.75	0.000600	12.81		
0.003120	41.37	0.002340	33.06	0.001560	23.48	0.000780	12.51		
0.003100	41.17	0.002320	32.83	0.001540	23.22	0.000760	12.21		
0.003080	40.97	0.002300	32.60	0.001520	22.96	0.000740	11.91		
0.003060	40.77	0.002280	32.37	0.001500	22.69	0.000720	11.61		
0.003040	40.57	0.002260	32.13	0.001480	22.43	0.000700	11.30		
0.003020	40.37	0.002240	31.90	0.001460	22.16	0.000680	11.00		
0.003000	40.17	0.002220	31.67	0.001440	21.89	0.000660	10.69		
0.002980	39.96	0.002200	31.43	0.001420	21.62	0.000640	10.39		
0.002960	39.76	0.002180	31.20	0.001400	21.35	0.000620	10.08		
0.002940	39.56	0.002160	30.96	0.001380	21.08	0.000600	9.77		
0.002920	39.35	0.002140	30.73	0.001360	20.81	0.000580	9.46		
0.002900	39.14	0.002120	30.49	0.001340	20.54	0.000560	9.15		
0.002880	38.94	0.002100	30.25	0.001320	20.26	0.000540	8.84		
0.002860	38.73	0.002080	30.01	0.001300	19.99	0.000520	8.52		
0.002840	38.52	0.002060	29.77	0.001280	19.71	0.000500	8.21		
0.002820	38.31	0.002040	29.53	0.001260	19.44	0.000480	7.89		
0.002800	38.10	0.002020	29.29	0.001240	19.16	0.000460	7.58		
0.002780	37.89	0.002000	29.05	0.001220	18.89	0.000440	7.26		
0.002760	37.68	0.001980	28.80	0.001200	18.60	0.000420	6.94		
0.002740	37.47	0.001960	28.56	0.001180	18.32	0.000400	6.62		
0.002720	37.25	0.001940	28.31	0.001160	18.04	0.000380	6.30		
0.002700	37.04	0.001920	28.07	0.001140	17.76	0.000360	5.98		
0.002680	36.83	0.001900	27.82	0.001120	17.48	0.000340	5.65		
0.002660	36.61	0.001880	27.57	0.001100	17.19	0.000320	5.33		
0.002640	36.40	0.001860	27.32	0.001080	16.91	0.000300	5.01		
0.002620	36.18	0.001840	27.07	0.001060	16.62	0.000280	4.69		
0.002600	35.96	0.001820	26.82	0.001040	16.33	0.000260	4.35		
0.002580	35.74	0.001800	26.57	0.001020	16.05	0.000240	4.02		
0.002560	35.52	0.001780	26.32	0.001000	15.76	0.000220	3.69		
0.002540	35.30	0.001760	26.07	0.000980	15.47	0.000200	3.36		
0.002520	35.08	0.001740	25.81	0.000960	15.18	0.000180	3.03		
0.002500	34.86	0.001720	25.56	0.000940	14.89	0.000160	2.70		
0.002480	34.64	0.001700	25.30	0.000920	14.59	0.000140	2.37		
0.002460	34.41	0.001680	25.04	0.000900	14.30	0.000120	2.03		
0.002440	34.19	0.001660	24.79	0.000880	14.00	0.000100	1.70		
0.002420	33.96	0.001640	24.53	0.000860	13.71	0.000080	1.36		
0.002400	33.74	0.001620	24.27	0.000840	13.41	0.000060	1.02		
0.002380	33.51	0.001600	24.01	0.000820	13.11	0.000040	0.68		

TABLA B.17

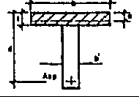
		SECCION SIMPLE O COMPUESTA QUE TRABAJA COMO RECTANGULAR					
		$f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$		$f_{sr} = 19,000 \text{ Kg/cm}^2$		$p = 0.00275$ max	
$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$
0.002750	38.42	0.002070	29.20	0.001390	20.88	0.000710	11.36
0.002730	38.23	0.002050	28.97	0.001370	20.62	0.000690	11.06
0.002710	38.03	0.002030	28.74	0.001350	20.36	0.000670	10.78
0.002690	37.83	0.002010	28.51	0.001330	20.09	0.000650	10.46
0.002670	37.63	0.001990	28.28	0.001310	19.83	0.000630	10.16
0.002650	37.43	0.001970	28.05	0.001290	19.56	0.000610	9.85
0.002630	37.22	0.001950	27.81	0.001270	19.30	0.000590	9.55
0.002610	37.02	0.001930	27.58	0.001250	19.03	0.000570	9.24
0.002590	36.82	0.001910	27.34	0.001230	18.78	0.000550	8.94
0.002570	36.61	0.001890	27.11	0.001210	18.49	0.000530	8.63
0.002550	36.41	0.001870	26.87	0.001190	18.22	0.000510	8.32
0.002530	36.20	0.001850	26.63	0.001170	17.94	0.000490	8.01
0.002510	35.99	0.001830	26.39	0.001150	17.67	0.000470	7.69
0.002490	35.78	0.001810	26.15	0.001130	17.39	0.000450	7.38
0.002470	35.57	0.001790	25.91	0.001110	17.12	0.000430	7.06
0.002450	35.36	0.001770	25.67	0.001090	16.84	0.000410	6.75
0.002430	35.15	0.001750	25.43	0.001070	16.56	0.000390	6.43
0.002410	34.94	0.001730	25.18	0.001050	16.28	0.000370	6.11
0.002390	34.73	0.001710	24.94	0.001030	16.00	0.000350	5.79
0.002370	34.52	0.001690	24.69	0.001010	15.72	0.000330	5.47
0.002350	34.30	0.001670	24.45	0.000990	15.44	0.000310	5.15
0.002330	34.08	0.001650	24.20	0.000970	15.15	0.000290	4.83
0.002310	33.87	0.001630	23.95	0.000950	14.87	0.000270	4.50
0.002290	33.65	0.001610	23.70	0.000930	14.58	0.000250	4.18
0.002270	33.43	0.001590	23.45	0.000910	14.30	0.000230	3.85
0.002250	33.21	0.001570	23.20	0.000890	14.01	0.000210	3.52
0.002230	32.99	0.001550	22.94	0.000870	13.72	0.000190	3.19
0.002210	32.77	0.001530	22.69	0.000850	13.43	0.000170	2.86
0.002190	32.55	0.001510	22.44	0.000830	13.14	0.000150	2.53
0.002170	32.33	0.001490	22.18	0.000810	12.84	0.000130	2.20
0.002150	32.10	0.001470	21.92	0.000790	12.55	0.000110	1.86
0.002130	31.88	0.001450	21.66	0.000770	12.26	0.000090	1.53
0.002110	31.65	0.001430	21.41	0.000750	11.96	0.000070	1.19
0.002090	31.43	0.001410	21.15	0.000730	11.66	0.000050	0.85

TABLA B.10

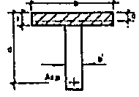
		SECCION SIMPLE O COMPUESTA QUE TRABAJA COMO RECTANGULAR					
		$f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$		$f_{sr} = 19,000 \text{ Kg/cm}^2$		$p = 0.00229$ max	
$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$
0.002290	30.34	0.001730	24.39	0.001170	17.66	0.000610	9.74
0.002270	30.14	0.001710	24.16	0.001150	17.29	0.000590	9.45
0.002280	29.94	0.001690	23.93	0.001130	17.03	0.000570	9.15
0.002230	29.74	0.001670	23.70	0.001110	16.77	0.000550	8.84
0.002210	29.54	0.001650	23.47	0.001090	16.50	0.000530	8.54
0.002190	29.34	0.001630	23.24	0.001070	16.24	0.000510	8.24
0.002170	29.13	0.001610	23.00	0.001050	15.97	0.000490	7.93
0.002150	28.93	0.001590	22.77	0.001030	15.70	0.000470	7.63
0.002130	28.72	0.001570	22.53	0.001010	15.43	0.000450	7.32
0.002110	28.52	0.001550	22.29	0.000990	15.16	0.000430	7.01
0.002090	28.31	0.001530	22.06	0.000970	14.88	0.000410	6.70
0.002070	28.10	0.001510	21.82	0.000950	14.61	0.000390	6.38
0.002050	27.89	0.001490	21.57	0.000930	14.33	0.000370	6.07
0.002030	27.66	0.001470	21.33	0.000910	14.06	0.000350	5.76
0.002010	27.47	0.001450	21.09	0.000890	13.78	0.000330	5.44
0.001990	27.26	0.001430	20.84	0.000870	13.50	0.000310	5.12
0.001970	27.04	0.001410	20.60	0.000850	13.22	0.000290	4.80
0.001950	26.83	0.001390	20.35	0.000830	12.94	0.000270	4.48
0.001930	26.61	0.001370	20.10	0.000810	12.65	0.000250	4.16
0.001910	26.39	0.001350	19.85	0.000790	12.37	0.000230	3.83
0.001890	26.18	0.001330	19.60	0.000770	12.08	0.000210	3.51
0.001870	25.96	0.001310	19.35	0.000750	11.79	0.000190	3.18
0.001850	25.74	0.001290	19.10	0.000730	11.51	0.000170	2.85
0.001830	25.51	0.001270	18.85	0.000710	11.22	0.000150	2.52
0.001810	25.29	0.001250	18.59	0.000690	10.92	0.000130	2.19
0.001790	25.07	0.001230	18.33	0.000670	10.63	0.000110	1.86
0.001770	24.84	0.001210	18.06	0.000650	10.34	0.000090	1.52
0.001750	24.62	0.001190	17.82	0.000630	10.04	0.000070	1.19

TABLA B.19

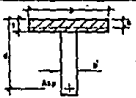
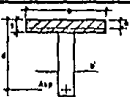
		SECCION SIMPLE O COMPUESTA QUE TRABAJA COMO RECTANGULAR							
		$f_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$		$f_{sr} = 17,600 \text{ Kg/cm}^2$		$p = 0.00324$ max			
$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$
0.003240	40.18	0.002440	32.14	0.001840	22.95	0.000840	12.49		
0.003220	39.99	0.002420	31.92	0.001820	22.70	0.000820	12.21		
0.003200	39.80	0.002400	31.71	0.001800	22.45	0.000800	11.93		
0.003180	39.61	0.002380	31.49	0.001580	22.21	0.000780	11.65		
0.003160	39.42	0.002360	31.27	0.001560	21.96	0.000760	11.37		
0.003140	39.23	0.002340	31.05	0.001540	21.71	0.000740	11.08		
0.003120	39.04	0.002320	30.83	0.001520	21.46	0.000720	10.80		
0.003100	30.85	0.002300	30.61	0.001500	21.21	0.000700	10.52		
0.003080	38.66	0.002280	30.39	0.001480	20.96	0.000680	10.23		
0.003060	38.48	0.002260	30.17	0.001460	20.71	0.000660	9.94		
0.003040	38.27	0.002240	29.95	0.001440	20.45	0.000640	9.66		
0.003020	38.06	0.002220	29.73	0.001420	20.20	0.000620	9.37		
0.003000	37.85	0.002200	29.51	0.001400	19.95	0.000600	9.08		
0.002980	37.64	0.002180	29.28	0.001380	19.69	0.000580	8.79		
0.002960	37.43	0.002160	29.06	0.001360	19.43	0.000560	8.50		
0.002940	37.22	0.002140	28.83	0.001340	19.18	0.000540	8.21		
0.002920	37.01	0.002120	28.60	0.001320	18.92	0.000520	7.92		
0.002900	36.80	0.002100	28.38	0.001300	18.66	0.000500	7.63		
0.002880	36.59	0.002080	28.15	0.001280	18.40	0.000480	7.33		
0.002860	36.38	0.002060	27.92	0.001260	18.14	0.000460	7.04		
0.002840	36.17	0.002040	27.69	0.001240	17.88	0.000440	6.74		
0.002820	35.96	0.002020	27.46	0.001220	17.62	0.000420	6.44		
0.002800	35.75	0.002000	27.23	0.001200	17.36	0.000400	6.15		
0.002780	35.54	0.001980	27.00	0.001180	17.09	0.000380	5.85		
0.002760	35.33	0.001960	26.77	0.001160	16.83	0.000360	5.55		
0.002740	35.12	0.001940	26.53	0.001140	16.56	0.000340	5.25		
0.002720	34.91	0.001920	26.30	0.001120	16.30	0.000320	4.95		
0.002700	34.70	0.001900	26.07	0.001100	16.03	0.000300	4.65		
0.002680	34.49	0.001880	25.83	0.001080	15.76	0.000280	4.34		
0.002660	34.28	0.001860	25.59	0.001060	15.50	0.000260	4.04		
0.002640	34.07	0.001840	25.36	0.001040	15.23	0.000240	3.73		
0.002620	33.85	0.001820	25.12	0.001020	14.96	0.000220	3.43		
0.002600	33.64	0.001800	24.88	0.001000	14.68	0.000200	3.12		
0.002580	33.43	0.001780	24.64	0.000980	14.41	0.000180	2.81		
0.002560	33.21	0.001760	24.40	0.000960	14.14	0.000160	2.50		
0.002540	33.00	0.001740	24.16	0.000940	13.87	0.000140	2.19		
0.002520	32.79	0.001720	23.92	0.000920	13.59	0.000120	1.88		
0.002500	32.57	0.001700	23.68	0.000900	13.32	0.000100	1.57		
0.002480	32.36	0.001680	23.43	0.000880	13.04	0.000080	1.26		
0.002460	32.15	0.001660	23.19	0.000860	ERR	0.000060	0.95		

TABLA B.20



SECCION SIMPLE O COMPUESTA QUE TRABAJA COMO RECTANGULAR

$f'_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{sr} = 17,800 \text{ Kg/cm}$ $p = 0.00284$
max

$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{A_{sp}}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$
0.002840	35.23	0.002140	28.19	0.001440	20.15	0.000740	11.00
0.002820	35.04	0.002120	27.97	0.001420	19.90	0.000720	10.72
0.002800	34.85	0.002100	27.76	0.001400	19.65	0.000700	10.44
0.002780	34.66	0.002080	27.54	0.001380	19.41	0.000680	10.16
0.002760	34.47	0.002060	27.32	0.001360	19.18	0.000660	9.88
0.002740	34.28	0.002040	27.10	0.001340	18.91	0.000640	9.59
0.002720	34.09	0.002020	26.89	0.001320	18.66	0.000620	9.31
0.002700	33.90	0.002000	26.66	0.001300	18.41	0.000600	9.02
0.002680	33.70	0.001980	26.44	0.001280	18.16	0.000580	8.74
0.002660	33.51	0.001960	26.22	0.001260	17.90	0.000560	8.45
0.002640	33.32	0.001940	26.00	0.001240	17.65	0.000540	8.16
0.002620	33.12	0.001920	25.77	0.001220	17.39	0.000520	7.88
0.002600	32.92	0.001900	25.55	0.001200	17.14	0.000500	7.59
0.002580	32.73	0.001880	25.32	0.001180	16.88	0.000480	7.29
0.002560	32.53	0.001860	25.10	0.001160	16.63	0.000460	7.00
0.002540	32.33	0.001840	24.87	0.001140	16.37	0.000440	6.71
0.002520	32.13	0.001820	24.64	0.001120	16.11	0.000420	6.42
0.002500	31.93	0.001800	24.41	0.001100	15.85	0.000400	6.12
0.002480	31.73	0.001780	24.19	0.001080	15.59	0.000380	5.83
0.002460	31.53	0.001760	23.95	0.001060	15.32	0.000360	5.53
0.002440	31.32	0.001740	23.72	0.001040	15.06	0.000340	5.23
0.002420	31.12	0.001720	23.49	0.001020	14.80	0.000320	4.93
0.002400	30.92	0.001700	23.26	0.001000	14.53	0.000300	4.63
0.002380	30.71	0.001680	23.02	0.000980	14.27	0.000280	4.33
0.002360	30.51	0.001660	22.79	0.000960	14.00	0.000260	4.03
0.002340	30.30	0.001640	22.55	0.000940	13.73	0.000240	3.72
0.002320	30.09	0.001620	22.32	0.000920	13.46	0.000220	3.42
0.002300	29.88	0.001600	22.08	0.000900	13.19	0.000200	3.11
0.002280	29.68	0.001580	21.84	0.000880	12.92	0.000180	2.81
0.002260	29.47	0.001560	21.60	0.000860	12.65	0.000160	2.50
0.002240	29.26	0.001540	21.36	0.000840	12.38	0.000140	2.19
0.002220	29.04	0.001520	21.12	0.000820	12.10	0.000120	1.88
0.002200	28.83	0.001500	20.88	0.000800	11.83	0.000100	1.57
0.002180	28.62	0.001480	20.63	0.000780	11.55	0.000080	1.26
0.002160	28.40	0.001460	20.39	0.000760	11.27	0.000060	0.95

TABLA B.21

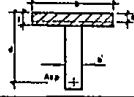
		SECCION SIMPLE O COMPUESTA QUE TRABAJA COMO RECTANGULAR					
		$f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$		$f_{tr} = 17,600 \text{ Kg/cm}^2$		$p = 0.00237$ max	
$p = \frac{Asp}{b \cdot d}$	$\frac{Mr}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{Asp}{b \cdot d}$	$\frac{Mr}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{Asp}{b \cdot d}$	$\frac{Mr}{b \cdot d^2}$	$p = \frac{Asp}{b \cdot d}$	$\frac{Mr}{b \cdot d^2}$
0.002370	29.39	0.001790	23.56	0.001210	16.91	0.000650	9.35
0.002350	29.20	0.001770	23.35	0.001190	16.67	0.000610	9.07
0.002330	29.01	0.001750	23.13	0.001170	16.42	0.000590	8.79
0.002310	28.82	0.001730	22.91	0.001150	16.17	0.000570	8.51
0.002290	28.63	0.001710	22.70	0.001130	15.92	0.000550	8.23
0.002270	28.44	0.001690	22.48	0.001110	15.67	0.000530	7.95
0.002250	28.25	0.001670	22.26	0.001090	15.42	0.000510	7.66
0.002230	28.06	0.001650	22.04	0.001070	15.17	0.000490	7.38
0.002210	27.86	0.001630	21.81	0.001050	14.92	0.000470	7.09
0.002190	27.67	0.001610	21.59	0.001030	14.67	0.000450	6.80
0.002170	27.47	0.001590	21.37	0.001010	14.41	0.000430	6.51
0.002150	27.27	0.001570	21.14	0.000990	14.15	0.000410	6.22
0.002130	27.07	0.001550	20.92	0.000970	13.90	0.000390	5.93
0.002110	26.88	0.001530	20.69	0.000950	13.64	0.000370	5.64
0.002090	26.68	0.001510	20.46	0.000930	13.38	0.000350	5.35
0.002070	26.47	0.001490	20.23	0.000910	13.12	0.000330	5.05
0.002050	26.27	0.001470	20.00	0.000890	12.86	0.000310	4.76
0.002030	26.07	0.001450	19.77	0.000870	12.59	0.000290	4.46
0.002010	25.87	0.001430	19.54	0.000850	12.33	0.000270	4.16
0.001990	25.66	0.001410	19.30	0.000830	12.06	0.000250	3.86
0.001970	25.46	0.001390	19.07	0.000810	11.80	0.000230	3.56
0.001950	25.25	0.001370	18.83	0.000790	11.53	0.000210	3.25
0.001930	25.04	0.001350	18.60	0.000770	11.26	0.000190	2.95
0.001910	24.83	0.001330	18.36	0.000750	10.99	0.000170	2.65
0.001890	24.62	0.001310	18.12	0.000730	10.72	0.000150	2.34
0.001870	24.41	0.001290	17.88	0.000710	10.45	0.000130	2.03
0.001850	24.20	0.001270	17.64	0.000690	10.18	0.000110	1.72
0.001830	23.99	0.001250	17.40	0.000670	9.90	0.000090	1.41
0.001810	23.78	0.001230	17.15	0.000650	9.63	0.000070	1.10

TABLA B.22

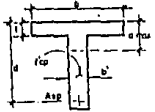
				SECCION SIMPLE QUE TRABAJA COMO "T" (P _{max}) y M _r /b _d ²			
				f _{st} = 19,000 Kg/cm ² (270 k) f _{cp} = 350 Kg/cm ²			
b'/b	t/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	b'/b	t/d	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$
0.10	0.0100	0.000390	6.03	0.60	0.0100	0.001829	25.78
0.10	0.0500	0.000854	13.34	0.60	0.0500	0.002061	29.03
0.10	0.1000	0.001462	22.04	0.60	0.1000	0.002360	32.90
0.10	0.1500	0.002100	30.28	0.60	0.1500	0.002668	36.56
0.10	0.2000	0.002795	38.04	0.60	0.2000	0.002986	40.01
0.10	0.2239	0.003142	41.59	0.60	0.2239	0.003142	41.59
0.20	0.0100	0.000664	9.98	0.70	0.0100	0.002141	29.73
0.20	0.0500	0.001085	16.47	0.70	0.0500	0.002320	32.17
0.20	0.1000	0.001836	24.21	0.70	0.1000	0.002550	35.07
0.20	0.1500	0.002216	31.53	0.70	0.1500	0.002784	37.82
0.20	0.2000	0.002833	38.44	0.70	0.2000	0.003025	40.40
0.20	0.2239	0.003142	41.59	0.70	0.2239	0.003142	41.59
0.30	0.0100	0.000944	13.93	0.80	0.0100	0.002463	33.68
0.30	0.0500	0.001321	19.61	0.80	0.0500	0.002587	35.31
0.30	0.1000	0.001812	26.38	0.80	0.1000	0.002743	37.24
0.30	0.1500	0.002327	32.79	0.80	0.1500	0.002902	39.07
0.30	0.2000	0.002871	38.63	0.80	0.2000	0.003064	40.80
0.30	0.2239	0.003142	41.59	0.80	0.2239	0.003142	41.59
0.40	0.0100	0.001231	17.88	0.90	0.0100	0.002796	37.63
0.40	0.0500	0.001562	22.75	0.90	0.0500	0.002860	38.45
0.40	0.1000	0.001991	28.50	0.90	0.1000	0.002940	39.41
0.40	0.1500	0.002439	34.05	0.90	0.1500	0.003021	40.33
0.40	0.2000	0.002909	39.22	0.90	0.2000	0.003103	41.19
0.40	0.2239	0.003142	41.59	0.90	0.2239	0.003142	41.59
0.50	0.0100	0.001525	21.83	1.00	0.0100	0.003142	41.58
0.50	0.0500	0.001809	25.89	1.00	0.0500	0.003142	41.58
0.50	0.1000	0.002174	30.73	1.00	0.1000	0.003142	41.58
0.50	0.1500	0.002553	35.30	1.00	0.1500	0.003142	41.58
0.50	0.2000	0.002947	39.62	1.00	0.2000	0.003142	41.58
0.50	0.2239	0.003142	41.59	1.00	0.2239	0.003142	41.58

TABLA B.23

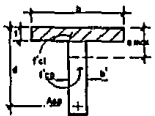
				SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO 'T'			
				(P _{max}) y M _r /b ³ d ²			
				f _{ar} = 19,000 Kg/cm ² (270 k)			
				f _{cp} = 350 Kg/cm ²			
				f _{cl} = 250 kg/cm ²			
b/b	td	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b^3 \cdot d^2}$	b/b	td	$p = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b^3 \cdot d^2}$
0.10	0.0100	0.000357	5.47	0.60	0.0100	0.001793	25.22
0.10	0.0500	0.000884	10.60	0.60	0.0500	0.001882	26.29
0.10	0.1000	0.001119	16.71	0.60	0.1000	0.001996	27.55
0.10	0.1500	0.001567	22.49	0.60	0.1500	0.002115	28.77
0.10	0.2000	0.002053	27.93	0.60	0.2000	0.002238	29.90
0.10	0.2239	0.002299	30.42	0.60	0.2239	0.002296	30.42
0.20	0.0100	0.000630	9.42	0.70	0.0100	0.002105	29.16
0.20	0.0500	0.000913	13.74	0.70	0.0500	0.002139	29.43
0.20	0.1000	0.001264	18.88	0.70	0.1000	0.002183	29.74
0.20	0.1500	0.001675	23.74	0.70	0.1500	0.002228	30.02
0.20	0.2000	0.002090	28.33	0.70	0.2000	0.002275	30.30
0.20	0.2239	0.002299	30.42	0.70	0.2239	0.002296	30.42
0.30	0.0100	0.000909	13.37	0.80	0.0100	0.002427	33.13
0.30	0.0500	0.001147	18.88	0.80	0.0500	0.002403	32.57
0.30	0.1000	0.001457	21.05	0.80	0.1000	0.002373	31.91
0.30	0.1500	0.001783	25.00	0.80	0.1500	0.002343	31.28
0.30	0.2000	0.002127	28.72	0.80	0.2000	0.002313	30.69
0.30	0.2239	0.002296	30.42	0.80	0.2239	0.002296	30.42
0.40	0.0100	0.001190	17.32	0.90	0.0100	0.002759	37.08
0.40	0.0500	0.001387	20.01	0.90	0.0500	0.002674	35.71
0.40	0.1000	0.001834	23.22	0.90	0.1000	0.002567	34.08
0.40	0.1500	0.001892	26.25	0.90	0.1500	0.002459	32.54
0.40	0.2000	0.002164	29.11	0.90	0.2000	0.002350	31.08
0.40	0.2239	0.002296	30.42	0.90	0.2239	0.002296	30.42
0.50	0.0100	0.001490	21.27	1.00	0.0100	0.003104	41.02
0.50	0.0500	0.001881	23.15	1.00	0.0500	0.002954	38.65
0.50	0.1000	0.001814	25.39	1.00	0.1000	0.002765	36.25
0.50	0.1500	0.002003	27.51	1.00	0.1500	0.002577	33.70
0.50	0.2000	0.002201	29.51	1.00	0.2000	0.002380	31.48
0.50	0.2239	0.002296	30.42	1.00	0.2239	0.002296	30.42

TABLA B.24

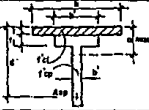
						SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "T"					
						(F_{max}) y $M/b \cdot d^2$ $f_{cr} = 19,000 \text{ Kg/cm}^2$ (270 k) $f_{cp} = 350 \text{ Kg/cm}^2$ $f_{cd} = 250 \text{ kg/cm}^2$					
b/b'	t/t'	t/d	t'/d'	$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$	b/b'	t/t'	t/d	t'/d'	$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$	$\frac{M_r}{b \cdot d^2}$
0.10	0.02	0.0500	0.0000	0.000504	8.09	0.20	0.04	0.0500	0.0000	0.000549	8.71
0.10	0.02	0.0500	0.0500	0.000535	8.86	0.20	0.04	0.0500	0.0500	0.000652	10.28
0.10	0.02	0.0500	0.1000	0.000607	9.89	0.20	0.04	0.0500	0.1000	0.000737	11.73
0.10	0.02	0.0500	0.1500	0.000659	10.28	0.20	0.04	0.0500	0.1500	0.000862	13.11
0.10	0.02	0.0500	0.1739	0.000684	10.60	0.20	0.04	0.0500	0.1739	0.000913	13.74
0.10	0.02	0.1000	0.0000	0.000978	14.97	0.20	0.04	0.1000	0.0000	0.001012	15.40
0.10	0.02	0.1000	0.0500	0.001032	15.70	0.20	0.04	0.1000	0.0500	0.001121	16.87
0.10	0.02	0.1000	0.1000	0.001087	16.39	0.20	0.04	0.1000	0.1000	0.001231	18.25
0.10	0.02	0.1000	0.1239	0.001113	16.71	0.20	0.04	0.1000	0.1239	0.001284	18.89
0.10	0.02	0.1500	0.0000	0.001483	21.48	0.20	0.04	0.1500	0.0000	0.001504	21.73
0.10	0.02	0.1500	0.0500	0.001540	22.17	0.20	0.04	0.1500	0.0500	0.001619	23.11
0.10	0.02	0.1500	0.0739	0.001587	22.49	0.20	0.04	0.1500	0.0739	0.001675	23.74
0.10	0.02	0.2000	0.0000	0.002024	27.82	0.20	0.04	0.2000	0.0000	0.002031	27.70
0.10	0.02	0.2000	0.0239	0.002053	27.93	0.20	0.04	0.2000	0.0239	0.002090	28.33
0.10	0.02	0.2239	0.0000	0.002299	30.42	0.20	0.04	0.2239	0.0000	0.002298	30.42
0.10	0.04	0.0500	0.0000	0.000549	8.71	0.20	0.08	0.0500	0.0000	0.000630	9.97
0.10	0.04	0.0500	0.0500	0.000587	9.29	0.20	0.08	0.0500	0.0500	0.000717	11.13
0.10	0.04	0.0500	0.1000	0.000628	9.84	0.20	0.08	0.0500	0.1000	0.000796	12.23
0.10	0.04	0.0500	0.1500	0.000665	10.38	0.20	0.08	0.0500	0.1500	0.000875	13.26
0.10	0.04	0.0500	0.1739	0.000684	10.60	0.20	0.08	0.0500	0.1739	0.000913	13.74
0.10	0.04	0.1000	0.0000	0.001012	15.40	0.20	0.08	0.1000	0.0000	0.001079	16.27
0.10	0.04	0.1000	0.0500	0.001052	15.95	0.20	0.08	0.1000	0.0500	0.001151	17.37
0.10	0.04	0.1000	0.1000	0.001093	16.47	0.20	0.08	0.1000	0.1000	0.001244	18.41
0.10	0.04	0.1000	0.1239	0.001113	16.71	0.20	0.08	0.1000	0.1239	0.001284	18.86
0.10	0.04	0.1500	0.0000	0.001604	21.73	0.20	0.08	0.1500	0.0000	0.001546	22.23
0.10	0.04	0.1500	0.0500	0.001547	22.25	0.20	0.08	0.1500	0.0500	0.001633	23.27
0.10	0.04	0.1500	0.0739	0.001587	22.49	0.20	0.08	0.1500	0.0739	0.001675	23.74
0.10	0.04	0.2000	0.0000	0.002031	27.70	0.20	0.08	0.2000	0.0000	0.002048	27.85
0.10	0.04	0.2000	0.0239	0.002053	27.93	0.20	0.08	0.2000	0.0239	0.002090	28.33
0.10	0.04	0.2239	0.0000	0.002299	30.42	0.20	0.08	0.2239	0.0000	0.002298	30.42

TABLA B.25

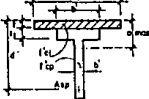
				SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "T" (P _{max}) y M _r /b'd ²							
f _{cr} = 19,000 Kg/cm ² (270 k)											
f _{cp} = 350 Kg/cm ²											
f _{cd} = 250 kg/cm ²											
b/b'	b'/b	t/d	t'/d	p = $\frac{A_s}{b'd}$	$\frac{M_r}{b'd^2}$	b'/b	b/b'	t/d	t'/d	p = $\frac{A_s}{b'd}$	$\frac{M_r}{b'd^2}$
0.40	0.10	0.0500	0.0000	0.000684	10.60	0.60	0.15	0.0500	0.0000	0.000798	12.17
0.40	0.10	0.0500	0.0500	0.000681	13.50	0.60	0.15	0.0500	0.0500	0.001099	16.52
0.40	0.10	0.0500	0.1000	0.001083	16.24	0.60	0.15	0.0500	0.1000	0.001409	20.64
0.40	0.10	0.0500	0.1500	0.001287	18.83	0.60	0.15	0.0500	0.1500	0.001728	24.52
0.40	0.10	0.0500	0.1739	0.001387	20.02	0.60	0.15	0.0500	0.1739	0.001882	26.29
0.40	0.10	0.1000	0.0000	0.001113	16.71	0.60	0.15	0.1000	0.0000	0.001168	17.79
0.40	0.10	0.1000	0.0500	0.001320	19.45	0.60	0.15	0.1000	0.0500	0.001513	21.91
0.40	0.10	0.1000	0.1000	0.001531	22.04	0.60	0.15	0.1000	0.1000	0.001836	25.79
0.40	0.10	0.1000	0.1239	0.001634	23.22	0.60	0.15	0.1000	0.1239	0.001997	27.57
0.40	0.10	0.1500	0.0000	0.001567	22.49	0.60	0.15	0.1500	0.0000	0.001621	23.11
0.40	0.10	0.1500	0.0500	0.001786	25.07	0.60	0.15	0.1500	0.0500	0.001952	27.00
0.40	0.10	0.1500	0.0739	0.001892	26.26	0.60	0.15	0.1500	0.0739	0.002115	28.77
0.40	0.10	0.2000	0.0000	0.002053	27.93	0.60	0.15	0.2000	0.0000	0.002072	28.13
0.40	0.10	0.2000	0.0239	0.002164	29.12	0.60	0.15	0.2000	0.0239	0.002236	29.90
0.40	0.10	0.2239	0.0000	0.002299	30.42	0.60	0.15	0.2239	0.0000	0.002299	30.42
0.40	0.20	0.0500	0.0000	0.000918	13.74	0.60	0.30	0.0500	0.0000	0.001147	16.88
0.40	0.20	0.0500	0.0500	0.001047	15.57	0.60	0.30	0.0500	0.0500	0.001353	19.78
0.40	0.20	0.0500	0.1000	0.001183	17.50	0.60	0.30	0.0500	0.1000	0.001564	22.52
0.40	0.20	0.0500	0.1500	0.001320	19.23	0.60	0.30	0.0500	0.1500	0.001776	25.11
0.40	0.20	0.0500	0.1739	0.001387	20.01	0.60	0.30	0.0500	0.1739	0.001882	26.29
0.40	0.20	0.1000	0.0000	0.001284	18.88	0.60	0.30	0.1000	0.0000	0.001457	21.05
0.40	0.20	0.1000	0.0500	0.001424	20.71	0.60	0.30	0.1000	0.0500	0.001671	23.78
0.40	0.20	0.1000	0.1000	0.001565	22.43	0.60	0.30	0.1000	0.1000	0.001890	26.38
0.40	0.20	0.1000	0.1239	0.001634	23.22	0.60	0.30	0.1000	0.1239	0.001997	27.56
0.40	0.20	0.1500	0.0000	0.001675	23.74	0.60	0.30	0.1500	0.0000	0.001783	25.00
0.40	0.20	0.1500	0.0500	0.001821	25.47	0.60	0.30	0.1500	0.0500	0.002006	27.59
0.40	0.20	0.1500	0.0739	0.001892	26.25	0.60	0.30	0.1500	0.0739	0.002115	28.77
0.40	0.20	0.2000	0.0000	0.002090	28.33	0.60	0.30	0.2000	0.0000	0.002127	28.72
0.40	0.20	0.2000	0.0239	0.002164	29.12	0.60	0.30	0.2000	0.0239	0.002238	29.90
0.40	0.20	0.2239	0.0000	0.002299	30.42	0.60	0.30	0.2239	0.0000	0.002299	30.42

TABLA B.28

						SECCION COMPUESTA QUE TRABAJA COMO "T" (P _{max}) y M _u /b*d ²					
						f _{sr} = 18,000 Kg/cm ² (270 k)					
						f _{cp} = 350 Kg/cm ²					
						f' _{cl} = 250 kg/cm ²					
b'/b	b''/b	t/d	t'/d	p = $\frac{A_s}{b*d}$	$\frac{M_r}{b*d^2}$	b'/b	b''/b	t/d	t'/d	p = $\frac{A_s}{b*d}$	$\frac{M_r}{b*d^2}$
0.80	0.20	0.0500	0.0000	0.000913	13.74	1.00	0.25	0.0500	0.0000	0.001030	15.31
0.80	0.20	0.0500	0.0500	0.001020	19.54	1.00	0.25	0.0500	0.0500	0.001547	22.56
0.80	0.20	0.0500	0.1000	0.001744	25.03	1.00	0.25	0.0500	0.1000	0.002091	29.42
0.80	0.20	0.0500	0.1500	0.002185	30.21	1.00	0.25	0.0500	0.1500	0.002666	35.90
0.80	0.20	0.0500	0.1739	0.002403	32.57	1.00	0.25	0.0500	0.1739	0.002954	38.85
0.80	0.20	0.1000	0.0000	0.001284	18.88	1.00	0.25	0.1000	0.0000	0.001370	19.96
0.80	0.20	0.1000	0.0500	0.001709	24.37	1.00	0.25	0.1000	0.0500	0.001910	26.83
0.80	0.20	0.1000	0.1000	0.002153	29.55	1.00	0.25	0.1000	0.1000	0.002480	33.30
0.80	0.20	0.1000	0.1239	0.002373	31.91	1.00	0.25	0.1000	0.1239	0.002765	36.25
0.80	0.20	0.1500	0.0000	0.001875	23.74	1.00	0.25	0.1500	0.0000	0.001729	24.37
0.80	0.20	0.1500	0.0500	0.002122	28.92	1.00	0.25	0.1500	0.0500	0.002294	30.84
0.80	0.20	0.1500	0.0739	0.002343	31.28	1.00	0.25	0.1500	0.0739	0.002577	33.80
0.80	0.20	0.2000	0.0000	0.002090	28.33	1.00	0.25	0.2000	0.0000	0.002108	28.52
0.80	0.20	0.2000	0.0239	0.002313	30.69	1.00	0.25	0.2000	0.0239	0.002368	31.48
0.80	0.20	0.2239	0.0000	0.002299	30.42	1.00	0.25	0.2239	0.0000	0.002298	30.42
0.80	0.40	0.0500	0.0000	0.001387	20.01	1.00	0.50	0.0500	0.0000	0.001631	23.13
0.80	0.40	0.0500	0.0500	0.001669	23.68	1.00	0.50	0.0500	0.0500	0.001994	27.69
0.80	0.40	0.0500	0.1000	0.001959	27.54	1.00	0.50	0.0500	0.1000	0.002370	32.57
0.80	0.40	0.0500	0.1500	0.002257	31.00	1.00	0.50	0.0500	0.1500	0.002781	36.88
0.80	0.40	0.0500	0.1739	0.002403	32.57	1.00	0.50	0.0500	0.1739	0.002954	38.85
0.80	0.40	0.1000	0.0000	0.001834	23.22	1.00	0.50	0.1000	0.0000	0.001814	25.39
0.80	0.40	0.1000	0.0500	0.002125	26.86	1.00	0.50	0.1000	0.0500	0.002185	29.97
0.80	0.40	0.1000	0.1000	0.002226	30.33	1.00	0.50	0.1000	0.1000	0.002574	34.28
0.80	0.40	0.1000	0.1239	0.002373	31.91	1.00	0.50	0.1000	0.1239	0.002785	36.25
0.80	0.40	0.1500	0.0000	0.001892	26.25	1.00	0.50	0.1500	0.0000	0.002003	27.51
0.80	0.40	0.1500	0.0500	0.002195	29.71	1.00	0.50	0.1500	0.0500	0.002387	31.82
0.80	0.40	0.1500	0.0739	0.002343	31.28	1.00	0.50	0.1500	0.0739	0.002577	33.79
0.80	0.40	0.2000	0.0000	0.002184	29.11	1.00	0.50	0.2000	0.0000	0.002201	28.51
0.80	0.40	0.2000	0.0239	0.002313	30.69	1.00	0.50	0.2000	0.0239	0.002388	31.48
0.80	0.40	0.2239	0.0000	0.002298	30.42	1.00	0.50	0.2239	0.0000	0.002298	30.42

TABLA B.27

APENDICE B

G R A F I C A S

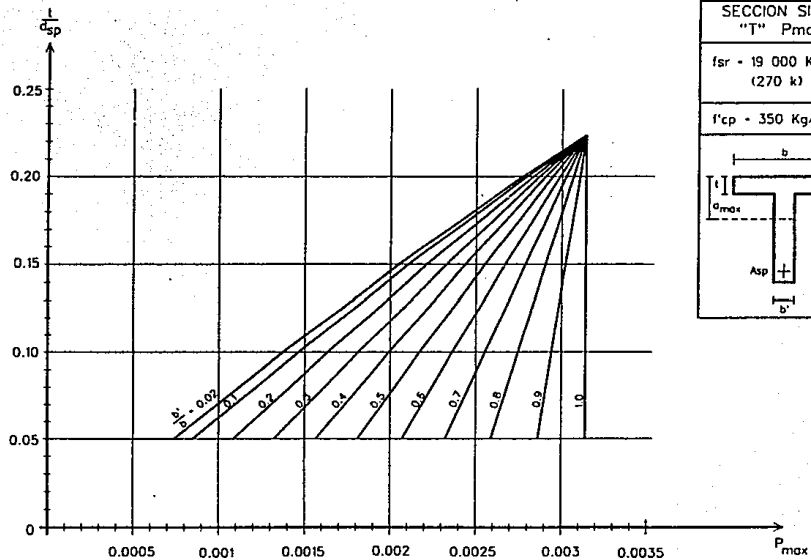


Figura B.1

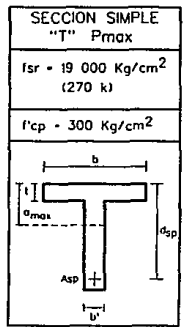
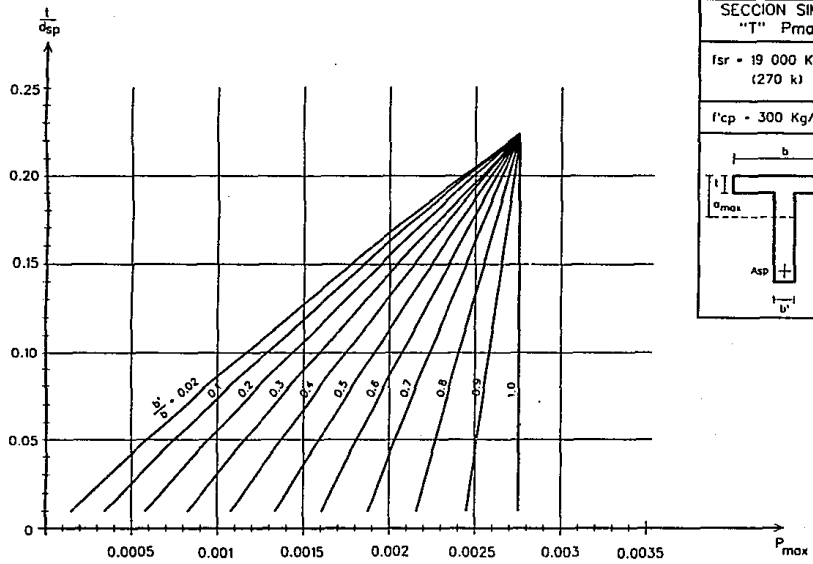


Figura B.2

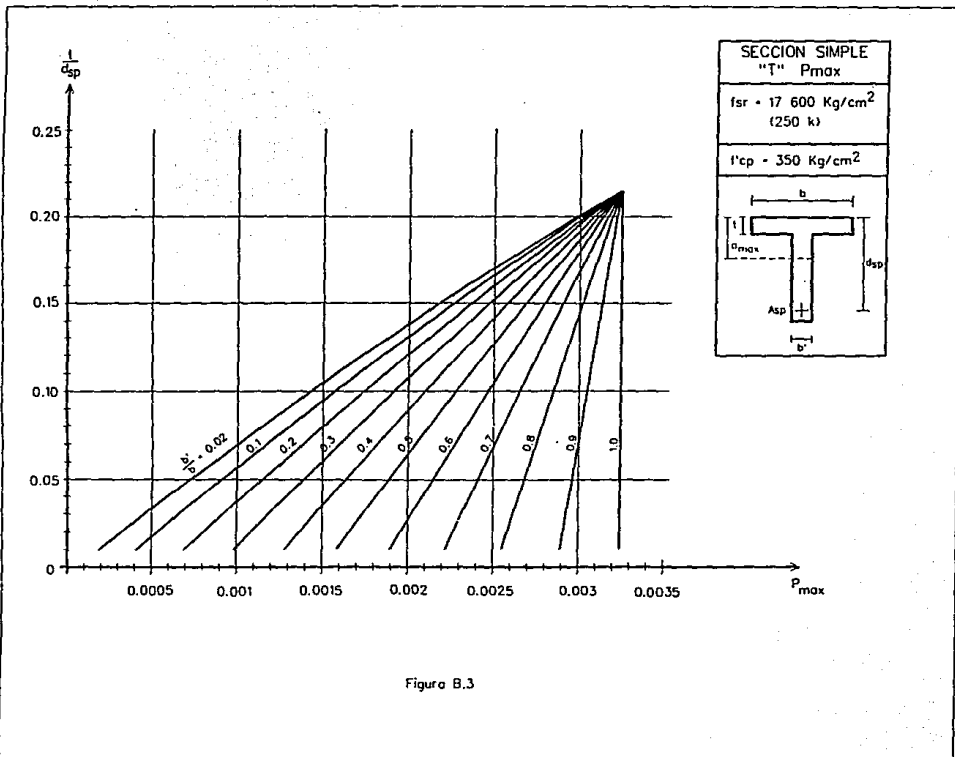


Figura B.3

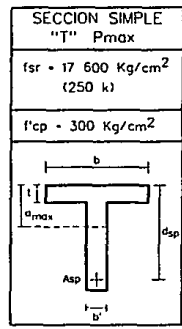
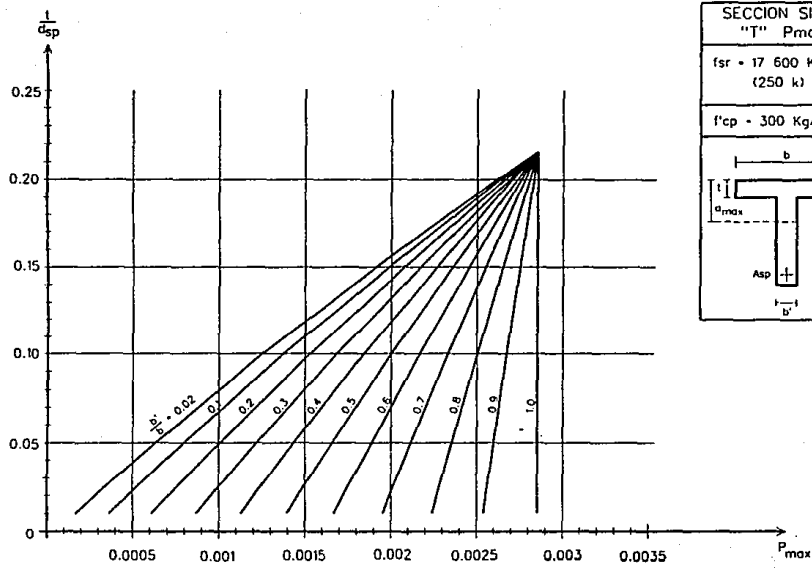


Figura B.4

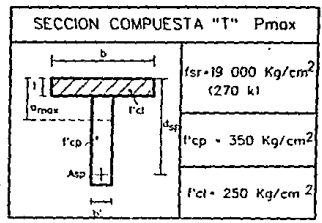
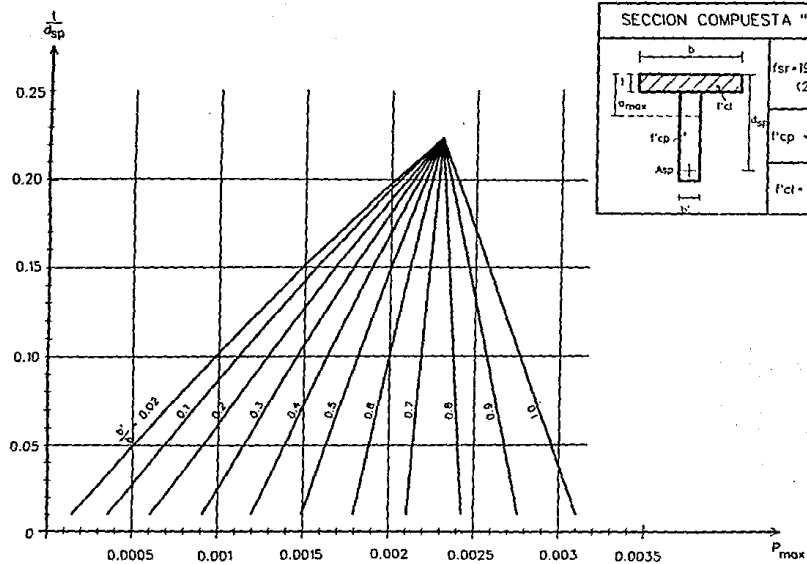
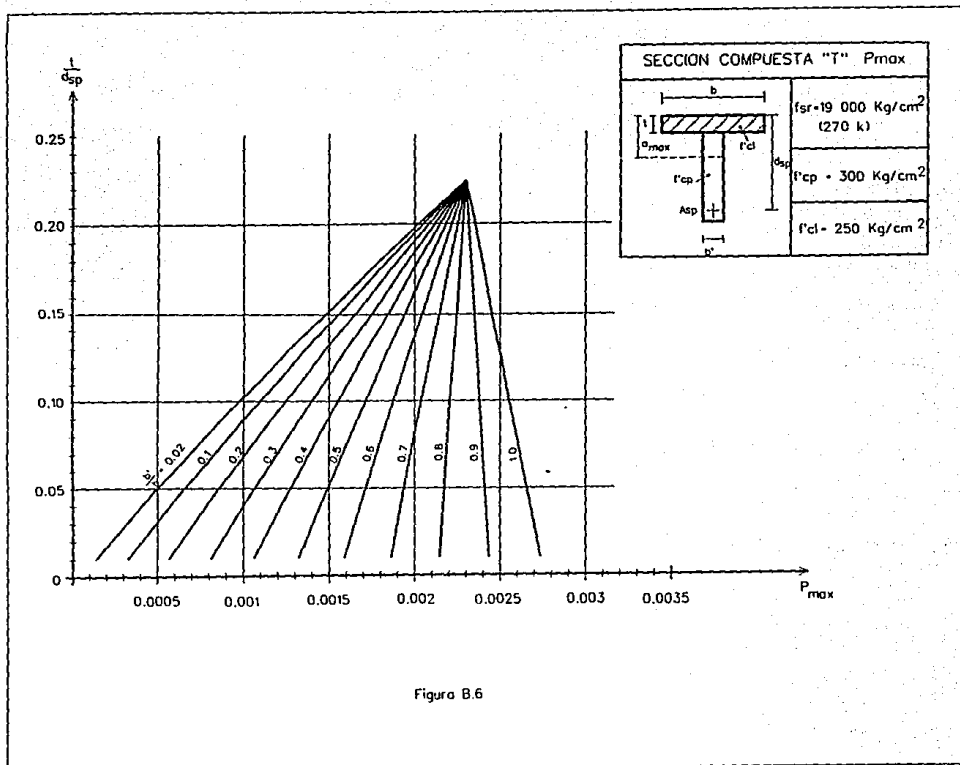
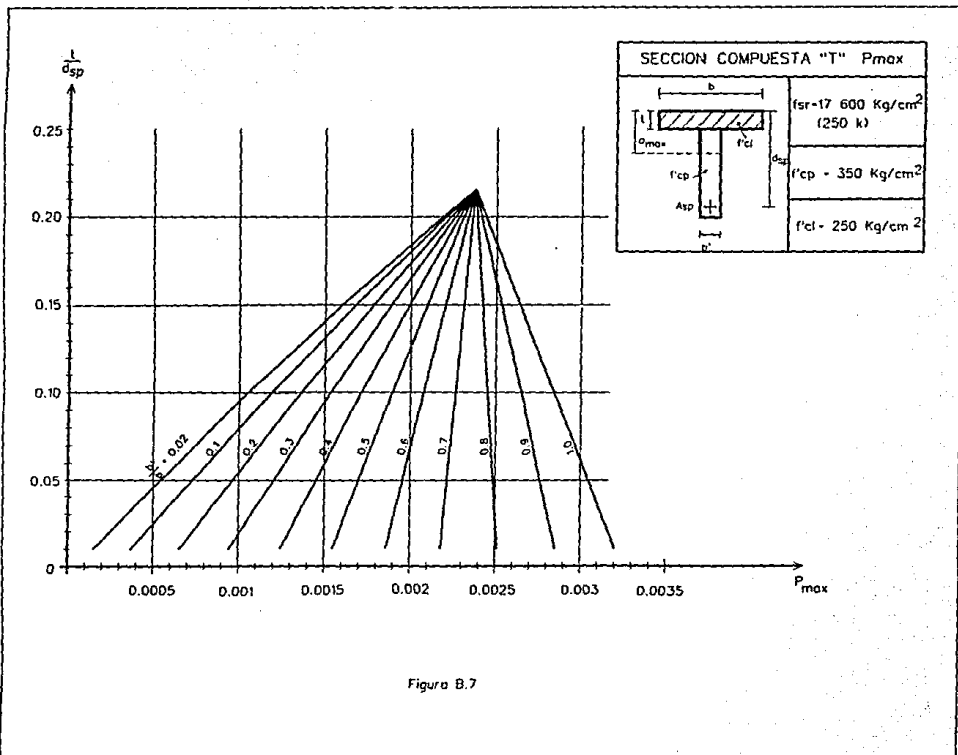


Figura B.5





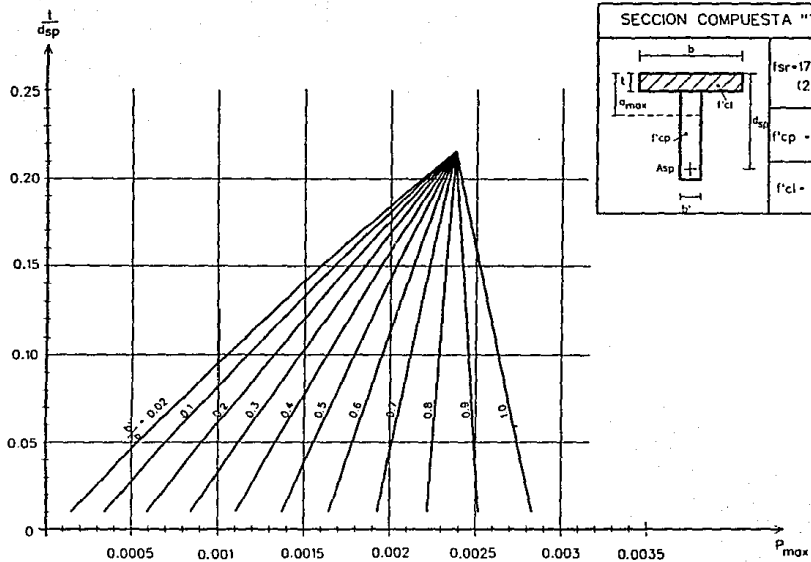


Figura B.8

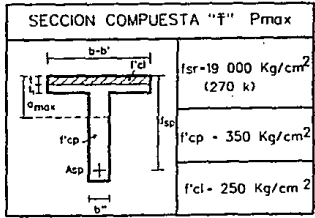
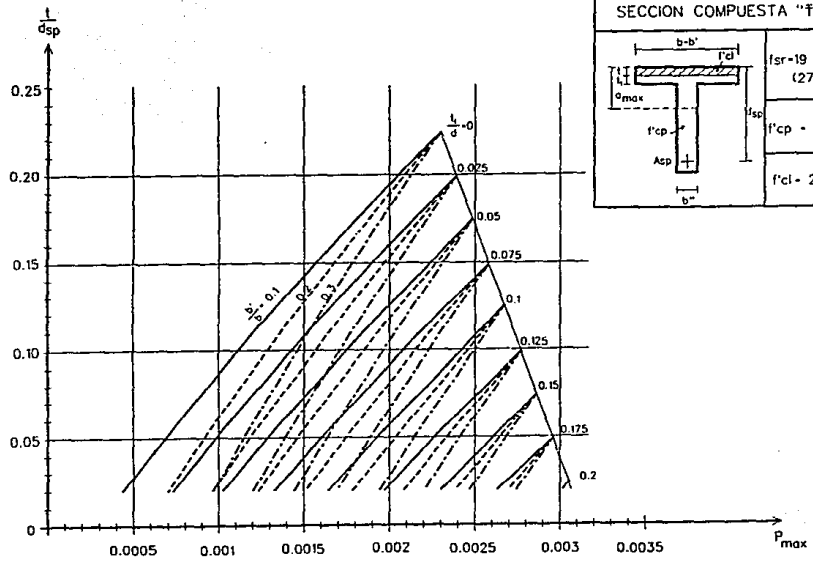
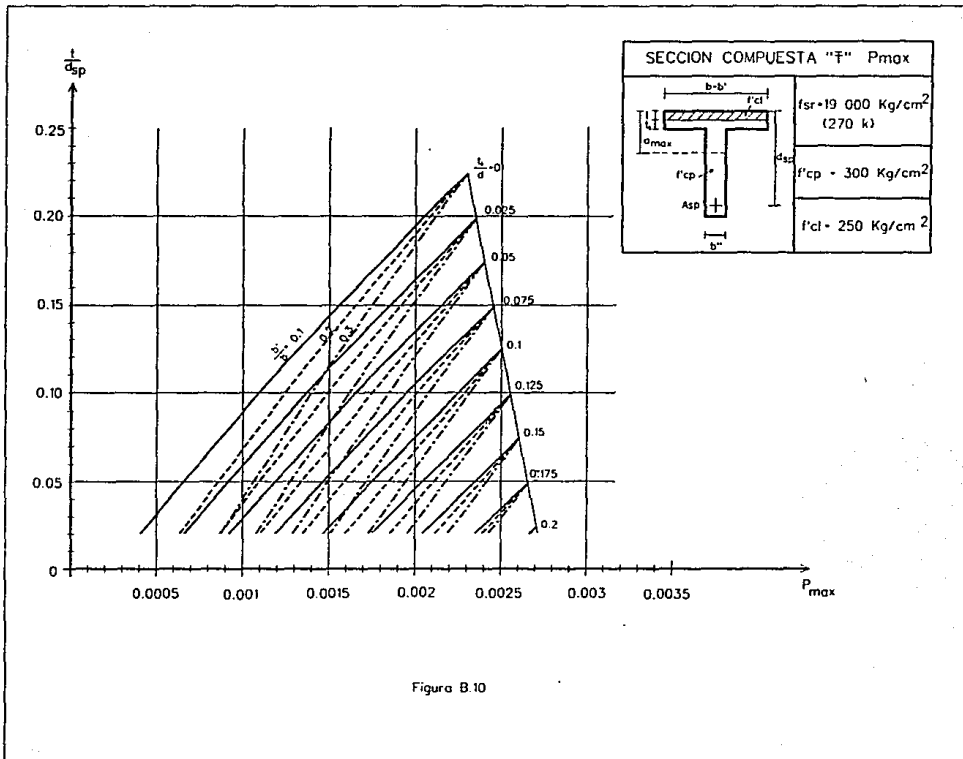
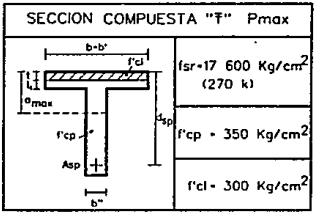
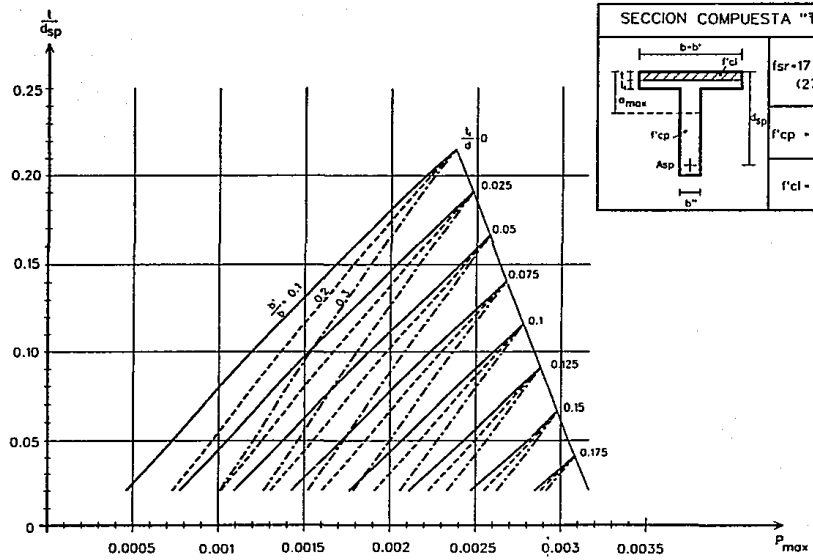


Figura B.9





Figuro B.11

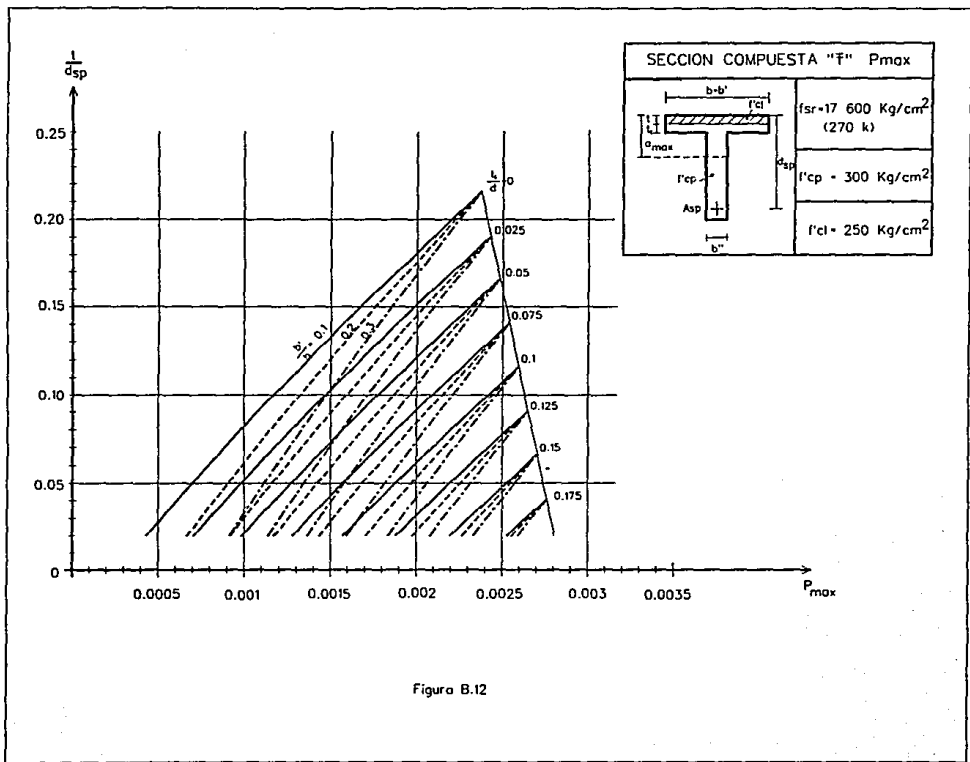
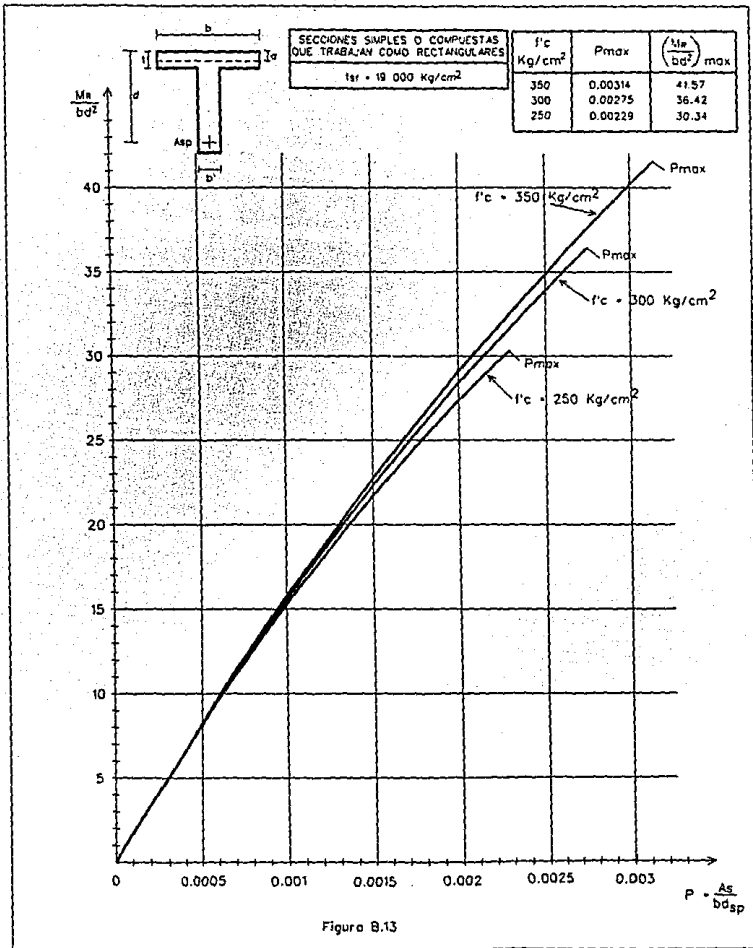
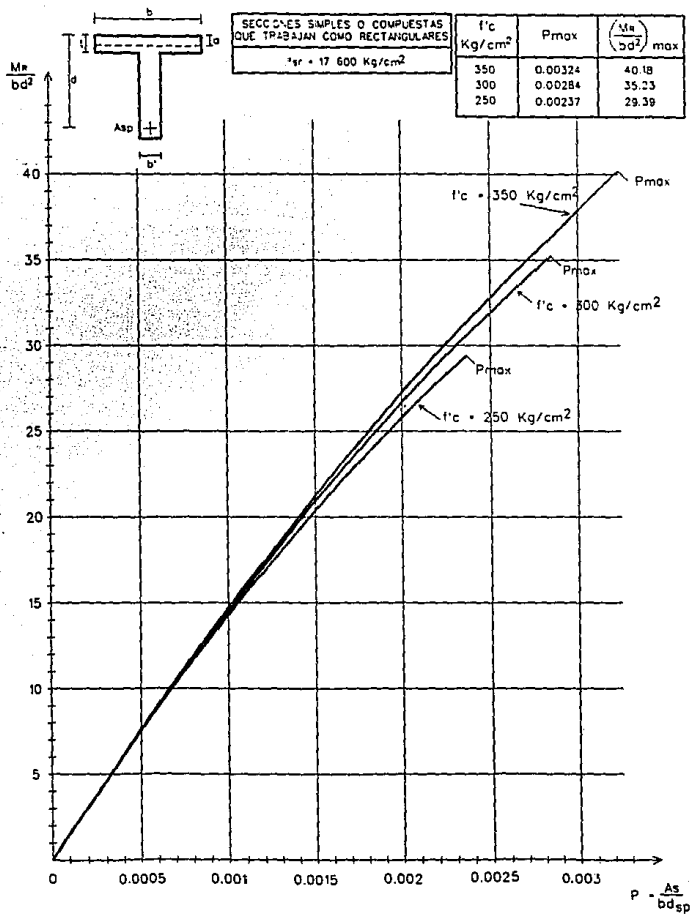


Figura B.12





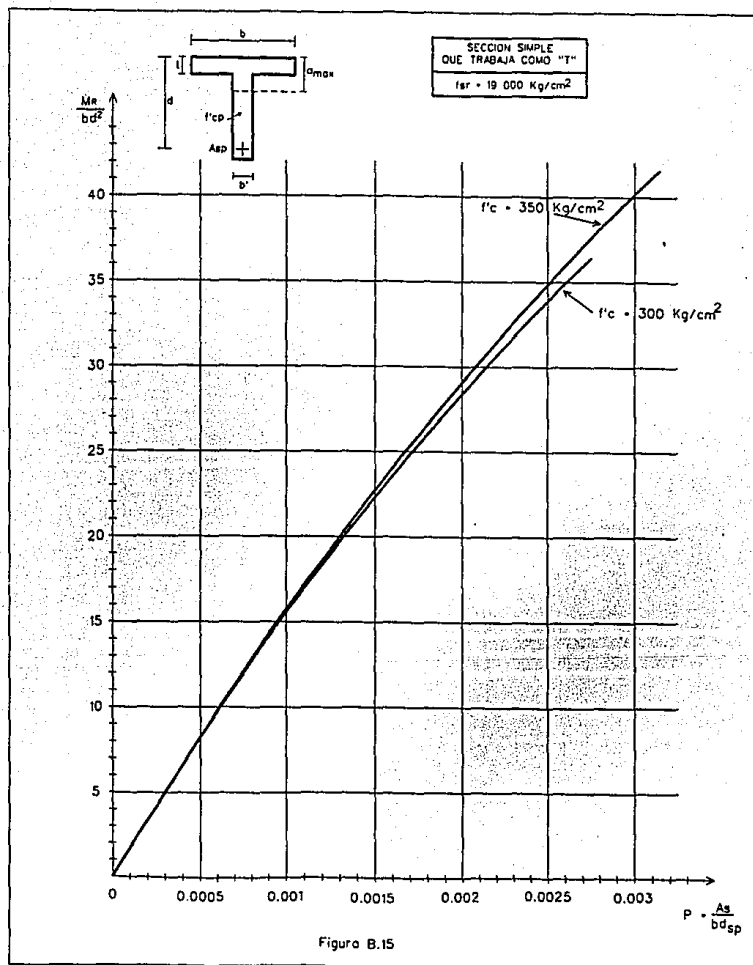
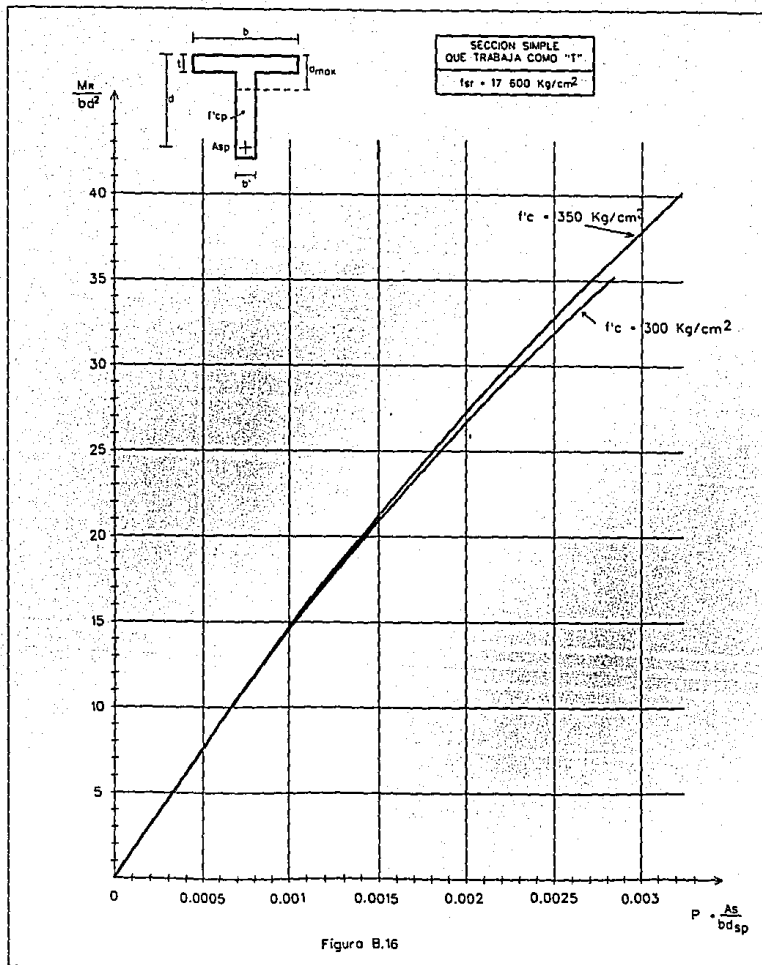
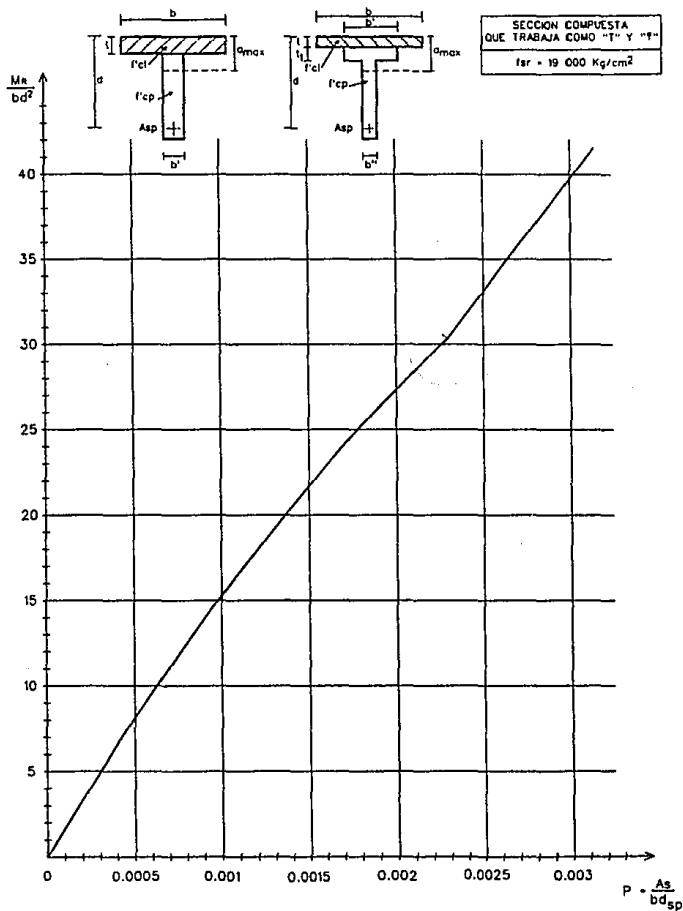
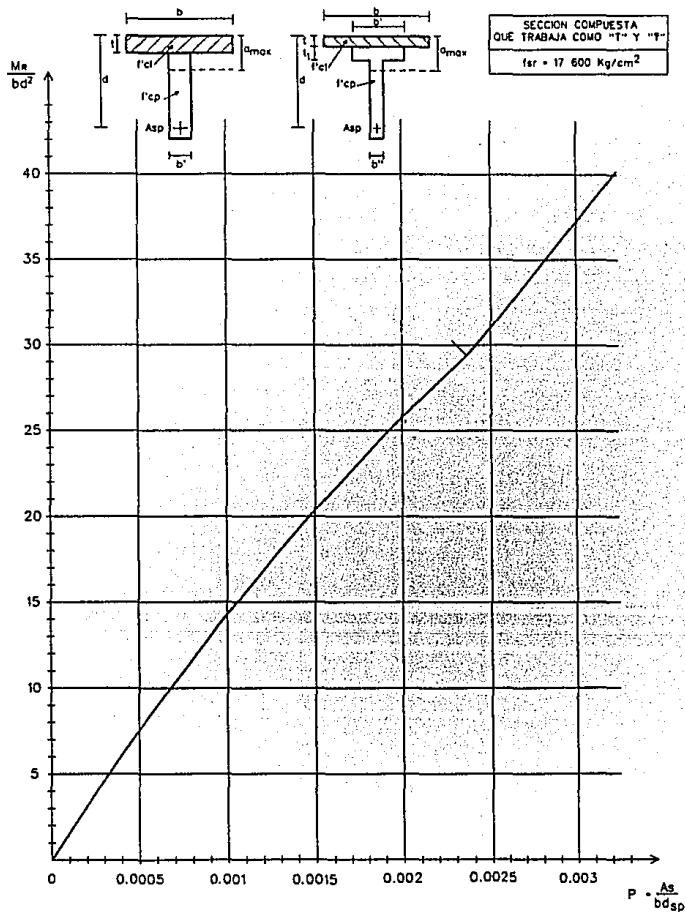


Figura B.15







APENDICE C

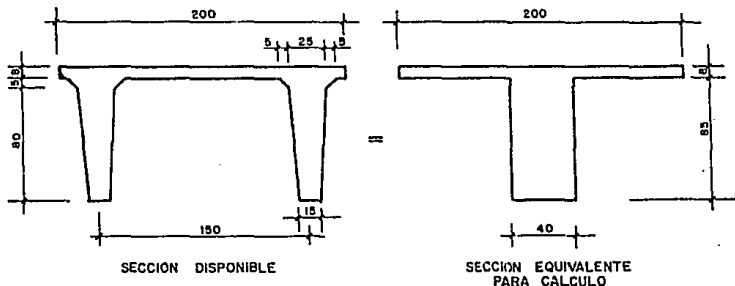
EJEMPLOS

EJEMPLO C-1

Diseñar las traveses pretensadas por el criterio de resistencia, para un puente peatonal con dos claros distintos, que se construirá sobre el Periférico, con los siguientes datos:

$$\begin{aligned} w_{scm} & \text{---} 170 \text{ Kg/m}^2 \\ w_{cv} & \text{---} 450 \text{ kg/m}^2 \\ f'c & \text{---} 350 \text{ kg/cm}^2 \\ fsr & \text{---} 19,000 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_y & \text{---} 4,200 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{claro 1} & \text{---} 25.50 \text{ m} \\ \text{claro 2} & \text{---} 20.00 \text{ m} \\ \text{toron} & \text{---} \text{diam. } 1/2'' \end{aligned}$$



I.- CLARO 1

A) Elementos Mecánicos

w_{PoPo}	0.51 x 2.4	1.224 t/m
w_{scm}	(barandal, letreros, etc.)	0.170 t/m
w_{cv}	450 x 2	0.900 t/m
		<hr/>
		2.294 t/m

$$M_a = \frac{2.294 \times 25.50^2}{8} = 186.46 ; M_{Ua} = 1.4 \times 186.46 = 261.04 \text{ T. m}$$

B) Area de acero máximo

-Profundidad del bloque de esfuerzos máxima a_{max}

$$d_{sup} = 93 - 15 = 78 \text{ cm}$$

$$a_{max} = 0.2239 \times 78 = 17.46 \text{ cm} > t = 8 \text{ cm}$$

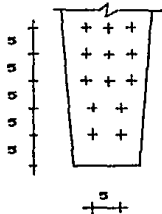
por lo tanto la sección trabaja como sección simple "T" si se coloca el área de acero máxima. De la figura B.1 obtenemos el porcentaje máximo como se muestra a continuación.

$$\frac{t}{d} = \frac{8}{78} = 0.103 ; \quad \frac{b'}{b} = \frac{40}{200} = 0.2 ; \quad \therefore p_{\max} = 0.00168$$

$$A_{s_{\max}} = 0.00168 \times 200 \times 78 = 26.21 \text{ cm}^2$$

$$\text{No. de torones} = \frac{26.21}{0.987} = 26.55 \Rightarrow 26 \text{ torones}$$

-Distribución de torones y peralte efectivo real (d_r)



$$e_r = \frac{2(5+10) + 3(15+20+25)}{13} = 16.15 \text{ cm}$$

$$d_r = 93 - 16.15 = 76.85 \text{ cm}$$

$$p = \frac{26 \times 0.987}{200 \times 76.75} = 0.00167$$

con el porcentaje obtenido anteriormente, de la figura B.15 obtenemos el M_R

$$\text{con } p = 0.00167 \Rightarrow \frac{M_R}{bd^2} = 24.8 \quad \dots(1)$$

$$M_R = 24.8 \times 200 \times 76.85^2 = 292.93 \text{ T.m} > M_{ua} = 261.04 \text{ T.m}$$

Si dejamos la sección con este porcentaje quedaría un 12% sobrada, por lo que analizaremos cuanto se puede reducir el peralte, y ésto lo podemos obtener, sustituyendo en la ecuación (1) el M_{ua} por el M_R y despejando el peralte "d", quedando para un primer tanteo de la siguiente manera:

1er Tanteo

$$d_n = \frac{M_{ua}}{b \times 24.8} = \frac{261.04 \times 10^5}{200 \times 24.8} = 72.54 \text{ cm}$$

El nuevo porcentaje máximo es:

$$\frac{t}{d} = \frac{8}{72.54} = 0.11; \quad \frac{b'}{b} = \frac{40}{200} = 0.2 \Rightarrow p_{\max} = 0.00176$$

Con este nuevo porcentaje máximo, de la figura B.15:

$$\frac{M_R}{bd^2} = 26.0 \Rightarrow M_{R_{\max}} = 26 \times 200 \times 72.54^2 = 273.62 \text{ T.m} > 261.04$$

20. Tanteo

$$d_n = \frac{M_{uc}}{b \times 26} = \frac{261.04 \times 10^5}{200 \times 26} = 70.85$$

El nuevo porcentaje máximo es:

$$\frac{t}{d} = \frac{8}{70.85} = 0.1129; \quad \frac{b'}{b} = \frac{0.4}{200} = 0.2 \Rightarrow p_{\max} = 0.0018$$

Con este nuevo porcentaje máximo, de la figura B.15:

$$\frac{M_R}{bd^2} = 26.6 \Rightarrow M_{R_{\max}} = 26.6 \times 200 \times 70.85^2 = 267.04 \text{ T.m} = 261.04$$

no hacemos otro tanteo ya que el peralte que obtengamos no reducirá significativamente

-Área de acero máximo

$$A_{s_{\max}} = 0.0018 \times 200 \times 70.85 = 25.50 \text{ cm}^2$$

No. de torones

$$\frac{25.50}{0.987} = 25.84 \Rightarrow 26 \text{ torones}$$

como la distribución para 26 torones la obtuvimos anteriormente, donde se tenía una excentricidad $e_r = 16.15$ cm, el peralte total de la trabe resulta $h = 70.85 + 16.15 = 87$ cm y como el peralte inicial es de 93 cm sólo se está reduciendo 6.0 cm el peralte, que no es significativo para tener un ahorro por carga muerta y económicamente por la reducción de concreto. Por lo que se decide dejar la sección original y se colocará el área de acero con 26 torones de 1/2".

C) Revisión por Resistencia

Calculo de la profundidad del bloque de compresión suponiendo que trabaja como "T", mediante la ecuación V.6 que es la siguiente:

$$a = t + \frac{A_s f_{sp} - t b f''c}{b' f''c}$$

donde:

$$f_{sp} = 19,000 \left(1 - 0.5 \times \frac{26 \times 987}{200 \times 76.85} \frac{19,000}{232.4} \right) = 17,703 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = 8 + \frac{25.66 \times 17703 - 8 \times 200 \times 232.4}{40 \times 232.4} = 16.87 \text{ cm} > t = 8$$

$$a' = a - t = 16.87 - 8 = 8.87 \text{ cm}$$

el momento resistente se calcula con la ecuación V.2 en donde se sustituye ($a_{max} - t$) por a' quedando la siguiente ecuación:

$$M_R = F R f''c (b t (d - t/2) + a' b' (d - t - a'/2))$$

$$M_R = 0.9 \times 232.4 (200 \times 8 (76.85 - 4) + 8.87 \times 40 (76.85 - 8 - 4.435))$$

$$M_R = 291.55 \text{ T.m} > 261.04 \text{ T.m}$$

D) Revisión por esfuerzos permisibles

D.1) Esfuerzos permisibles en el concreto

- Inmediatamente despues de la transferencia

$$f_{p_T} = f'c_i = - 0.8 \times 350 = -16.73 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{p_c} = 0.6 \times f'c_i = 0.6 \times 0.8 \times 350 = 168 \text{ kg/cm}^2$$

- En condiciones de servicio

$$f_{p_T} = -1.6 f'c = -1.6 \times 350 = -29.93 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{p_c} = 0.45 f'c = 0.45 \times 350 = 157.50 \text{ kg/cm}^2$$

D.2) Esfuerzos permisibles en el acero

- Acero de Presfuerzo

$$f_o = 0.7 f_{sr} = 0.7 \times 19,000 = 13,300 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_o = 0.987 \times 13,300 = 13,127 \text{ kg}$$

$$f = k f_o = 0.8 \times 13,300 = 10,640 \text{ kg/cm}^2$$

$$F = 0.987 \times 10,640 = 10,502 \text{ kg}$$

- Acero de refuerzo

$$f_{yp} = 0.5 \times 4,200 = 2,100 \text{ kg/cm}^2$$

D.3) Propiedades de la sección

$$A = 5,100 \text{ cm}^2$$

$$y_s = 33.03 \text{ cm}$$

$$I = 4'068,504 \text{ cm}^4$$

$$S_i = 67,840 \text{ cm}^3$$

$$y_i = 59.97 \text{ cm}$$

$$S_s = 123,184 \text{ cm}^3$$

D.4) Calculo de esfuerzos

- Inmediatamente despues de la transferencia (Seccion en los apoyos)

$$P_o = 26 \times 13,127 = 341,302 \text{ kg}$$

$$f_a = \frac{341,302}{5,100} - \frac{341,302(59.97-16.15)}{123,184}$$

$$f_a = 66.92 - 121.41 = -54.48 \text{ kg/cm}^2 > -16.73 \text{ (engrasar)}$$

$$f_t = 66.92 + \frac{341,302 \times 43.82}{67,840}$$

$$f_t = 66.92 + 220.45 = 287.37 \text{ kg/cm}^2 > 168 \text{ (engrasar)}$$

- En condiciones de servicio (Sección al centro del claro)

$$M_{\text{Poro}} = \frac{2.294 \times 25.50^2}{8} = 186.46 \text{ T.m}$$

$$P_o = 26 \times 10,502 = 273,052 \text{ kg}$$

$$f_a = \frac{273,052}{5,100} - \frac{273,052 \times 43.82}{123,184} + \frac{18'646,000}{123,184}$$

$$f_a = 53.54 - 97.13 + 151.36$$

$$f_a = 107.77 \text{ kg/cm}^2 < 157.5 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{o.k.}$$

$$f_t = \frac{273,052}{5,100} + \frac{273,052 \times 43.82}{67,840} - \frac{18'646,000}{67,840}$$

$$f_t = 53.54 + 176.37 - 274.85$$

$$f_t = -44.94 \text{ kg/cm}^2 > -29.93 \text{ kg/cm}^2$$

Para tomar las tensiones del lecho inferior ponemos acero de refuerzo

$$\frac{107.73 + 44.94}{93} = \frac{44.94}{y} \Rightarrow y = 27.36 \text{ cm}$$

$$T = \frac{44.94 \times 27.36 \times 40}{2} = 24,591.17 \text{ kg}$$

$$A_s = \frac{24,591.17}{2,100} = 11.71 \text{ cm}^2$$

colocando varillas del numero 5 se tiene lo siguiente

$$\frac{11.71}{1.98} = 5.91 \text{ varillas} \Rightarrow 3 \text{ varillas No. 5 en c/nervio}$$

calculo del indice de presfuerzo

$$I_p = \frac{25.66 \times 17,703}{25.66 \times 17,703 + 11.85 \times 4200} = 0.9$$

por lo tanto la trabe se considera con presfuerzo total, quedando el diseño con 13 torones de 1/2'' en cada nervio.

II.- CLARO 2

A) Elementos Mecánicos

Con la carga uniformemente repartida de $w = 2.294 \text{ t/m}$ obtenemos el M_{Ua}

$$M_a = \frac{2.294 \times 20.00^2}{8} = 114.7 ; M_{Ua} = 1.4 \times 114.70 = 160.58 \text{ T.m}$$

B) Area de acero máximo

El area de acero máximo se obtuvo anteriormente, resultando 26 torones de 1/2''. Si colocamos este acero máximo en la sección quedaría muy sobrada

$$M_{R_{\max}} = 291.55 \text{ T.m} > M_{Ua} = 160.58 \text{ T.m}$$

pero como se tiene la disponibilidad de un solo molde y por requerimientos arquitectónicos, se tiene que dejar la sección original, colocando el área de acero requerida, la cual se obtiene de la figura B.15 y suponiendo $d = 93 - 10 = 83 \text{ cm}$.

$$\frac{M_{ua}}{b d^2} = \frac{160.58 \times 10^5}{200 \times 83^2} = 11.65 \Rightarrow p = 0.00075$$

El área de acero requerida en la sección es la siguiente:

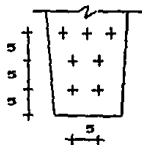
$$A_s = 0.00075 \times 200 \times 83 = 12.45 \text{ cm}^2$$

Número de torones

$$\frac{12.45}{0.987} = 12.61 \quad \therefore \text{ponemos 7 torones en cada nervio}$$

C) Revisión por Resistencia

Calculo de la profundidad del bloque de compresión suponiendo que trabaja como rectangular mediante la ecuación V.5, donde necesitamos saber el peralte efectivo real d_r y se obtiene a continuación



$$e_r = \frac{2(5 + 10) + 3(15)}{7} = 10.71 \text{ cm}$$

$$d_{\text{real}} = 93 - 10.71 = 82.28 \text{ cm}$$

profundidad del bloque de compresión ec. V.5

$$a = \frac{A_s p f_s p}{b' f' c}$$

donde:

$$f_s p = 19,000 \left(1 - 0.5 \times \frac{14 \times 0.987}{200 \times 82.28} \right) \frac{19,000}{232.4} = 18,347 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = \frac{13.818 \times 18,347}{200 \times 232.4} = 5.45 \text{ cm} < t = 8 \text{ cm}$$

por lo tanto la sección trabaja como rectangular y el momento resistente se calcula con la ecuación V.1 como sigue.

$$M_R = FR(abf''c(d - a/2))$$

$$M_R = 0.9(5.45 \times 200 \times (82.28 - 5.45/2))$$

$$M_R = 181.37 \text{ T.m} > M_{u_a} = 160.58 \text{ T.m} \quad \text{O.k.}$$

D) Revisión por esfuerzos permisibles

Los esfuerzos permisibles del acero y del concreto se calcularon anteriormente, así como las propiedades de la sección son las mismas

D.1) Cálculo de esfuerzos

- Inmediatamente después de la transferencia (Sección en los apoyos)

$$P_o = 14 \times 13,127 = 183,778 \text{ kg}$$

$$f_s = \frac{183,778}{5,100} - \frac{183,778(59.97 - 10.71)}{123,184}$$

$$f_s = 36.03 - 73.49 = -37.46 \text{ kg/cm}^2 > -16.73 \text{ (engrasar)}$$

$$f_c = 36.03 + \frac{183,778 \times 49.26}{67,840}$$

$$f_c = 36.03 + 134.44 = 169.47 \text{ kg/cm}^2 = 168$$

- En condiciones de servicio (Sección al centro del claro)

$$M_{PoPo} = \frac{2.294 \times 20.00^2}{8} = 114.7 \text{ T.m}$$

$$P_o = 14 \times 10,502 = 147,028 \text{ kg}$$

$$f_u = \frac{147,028}{5,100} - \frac{147,028 \times 49.26}{123,184} + \frac{11'470,000}{123,184}$$

$$f_u = 28.83 - 58.79 + 93.11$$

$$f_u = 63.15 \text{ kg/cm}^2 < 157.5 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{o. k.}$$

$$f_l = \frac{147,028}{5,100} + \frac{147,028 \times 49.26}{67,840} - \frac{11'470,000}{67,840}$$

$$f_l = 28.83 + 106.76 - 169.07$$

$$f_l = -33.48 \text{ kg/cm}^2 > -29.93 \text{ kg/cm}^2$$

Para tomar las tensiones del lecho inferior ponemos acero de refuerzo

$$\frac{63.15 + 33.48}{93} = \frac{33.48}{y} \Rightarrow y = 32.22 \text{ cm}$$

$$T = \frac{33.48 \times 32.22 \times 40}{2} = 21,574 \text{ kg}$$

$$A_s = \frac{21,574}{2,100} = 10.27 \text{ cm}^2$$

colocando varillas del numero 4 se tiene lo siguiente

$$\frac{10.27}{1.27} = 8 \text{ varillas} \Rightarrow 4 \text{ varillas No. 4 en c/nervio}$$

calculo del indice de presfuerzo

$$I_p = \frac{13.818 \times 18,347.83}{13.818 \times 18,347.83 + 10.16 \times 4200} = 0.92$$

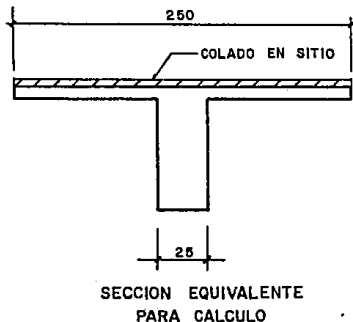
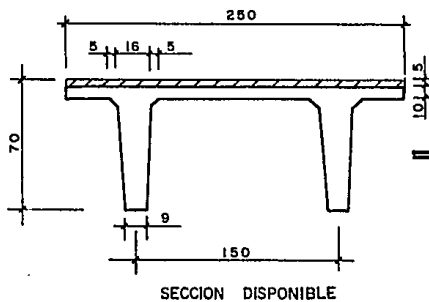
por lo tanto la trabe se considera con presfuerzo total, quedando el diseño con 7 torones de 1/2'' en cada nervio.

EJEMPLO C-2

En la zona Sur de la Ciudad de México se construirá un edificio que se destinará para el uso de oficinas, el cual se proyectará a base de elementos prefabricados, siendo el sistema de piso mediante traveses prefabricados, la cual se diseñará a continuación por el método de resistencia, con los siguientes datos.

$$\begin{aligned} w_{scm} & \text{ ————— } 100 \text{ Kg/m}^2 \\ w_{cv} & \text{ ————— } 250 \text{ kg/m}^2 \\ f'c_p & \text{ ————— } 350 \text{ kg/cm}^2 \\ f'c_l & \text{ ————— } 250 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f_{sr} & \text{ ————— } 19,000 \text{ kg/cm}^2 \\ f_y & \text{ ————— } 4,200 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{claro} & \text{ ————— } 17.50 \text{ m} \\ \text{toron} & \text{ ————— } \text{diam. } 1/2'' \end{aligned}$$



A) Elementos Mecánicos

$$\begin{aligned} w_{\text{PoPo}} & 0.3960 \times 2.4 \\ w_{\text{firme}} & 0.125 \times 2.4 \\ w_{scm} & 0.100 \times 2.5 \\ w_{cv} & 0.250 \times 2.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & 0.9504 \text{ T/m} \\ & 0.300 \text{ T/m} \\ & 0.250 \text{ T/m} \\ & 0.625 \text{ T/m} \\ \hline & 2.1254 \text{ T/m} \end{aligned}$$

$$M_a = \frac{2.1254 \times 17.50^2}{8} = 81.36 ; M_{Ua} = 1.4 \times 81.36 = 113.9 \text{ T.m}$$

B) Area de acero máximo

-Profundidad del bloque de esfuerzos máxima a_{\max}

$$d_{\text{sup}} = 70 - 20 = 50 \text{ cm}$$

$$a_{\max} = 0.2239 \times 50 = 11.19 \text{ cm} > t + t_1 = 15 \text{ cm}$$

por lo tanto la sección trabaja como sección compuesta "T" si se coloca el área de acero máxima, para conocer esta $A_{s_{\max}}$, el ancho efectivo de compresión será el menor de los siguientes valores:

$$b_v + 16h_f = 25 + 16(15) = 285 \text{ cm}$$

$$\text{c.a.c.} = 250 \text{ cm} \quad (\text{rige})$$

$$l/4 = 17.5/4 = 425 \text{ cm}$$

con el ancho de 250 cm y peralte efectivo $d_{\text{sup}} = 50 \text{ cm}$ entramos a la figura B.5 para encontrar el porcentaje máximo.

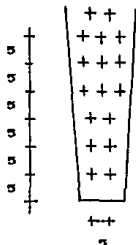
$$\frac{t}{d} = \frac{5}{50} = 0.1; \quad \frac{b'}{b} = \frac{250}{250} = 1.0; \quad \therefore p_{\max} = 0.00277$$

$$A_{s_{\max}} = 0.00277 \times 250 \times 50 = 34.625 \text{ cm}^2$$

$$\frac{34.625}{0.987} = 35 \text{ torones de } 1/2''$$

como no podemos poner un número impar en c/nervio se colocan 17 torones por nervio.

-Distribución de torones y peralte efectivo real (d_r)



$$e_r = \frac{2(5+10+15+35) + 3(20+25+30)}{17} = 20.88 \text{ cm}$$

$$d_{\text{real}} = 70 - 20.88 = 49.11 \text{ cm}$$

$$p = \frac{34 \times 0.987}{250 \times 49.71} = 0.00273$$

con el porcentaje obtenido anteriormente, de la figura B.17 obtenemos el M_r

$$\text{con } p = 0.00273 \quad \Rightarrow \quad \frac{M_r}{bd^2} = 36.2 \quad \dots(1)$$

$$M_r = 36.2 \times 250 \times 49.11^2 = 218.26 \text{ T.m} > M_{u_a} = 113.91 \text{ T.m}$$

Si dejamos el $A_{s_{\max}}$ quedaría demasiado sobrada y como el molde que se tiene es el único disponible, no podemos reducir la sección. Por lo tanto se opta por dejar sección original y colocaremos el A_s requerido, la cual se obtiene de la figura B.17 suponiendo $d = 70 - 10 = 60 \text{ cm}$ y se obtiene a continuación:

$$\frac{M_{u_a}}{bd^2} = \frac{113.9 \times 10^5}{250 \times 60^2} = 12.65 \quad \Rightarrow \quad p = 0.00082$$

El área de acero requerida en la sección es la siguiente:

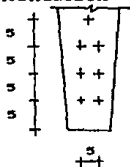
$$A_s = 0.00082 \times 250 \times 60 = 12.30 \text{ cm}^2$$

Numero de torones

$$\frac{12.30}{0.987} = 12.46 \quad \therefore \text{ ponemos 7 torones en cada nervio}$$

C) Revisión por Resistencia

Calculo de la profundidad del bloque de compresión suponiendo que trabaja como rectangular mediante la ecuación V.5, donde necesitamos saber el peralte efectivo real d_r y se obtiene a continuación



$$e_r = \frac{2(5 + 10 + 15) + 20}{7} = 11.42 \text{ cm}$$

$$d_{\text{real}} = 70 - 11.42 = 58.57 \text{ cm}$$

profundidad del bloque de compresión ec. V.5

$$a = \frac{A_s f_{sp}}{b' f' c}$$

donde:

$$f_{sp} = 19,000 \left(1 - 0.5 \times \frac{14 \times 0.987}{250 \times 58.57} \frac{19,000}{232.4} \right) = 18,267 \text{ kg/cm}^2$$

$$a = \frac{13.818 \times 18,267}{250 \times 232.4} = 4.34 \text{ cm} < t = 5 \text{ cm}$$

por lo tanto la sección trabaja como rectangular y el momento resistente se calcula con la ecuación V.1 como sigue.

$$M_R = FR (abf'c(d - a/2))$$

$$M_R = 0.9(4.34 \times 250 \times 232.4(58.57 - 4.34/2))$$

$$M_R = 127.98 \text{ T.m} > M_{u_a} = 113.9 \text{ T.m} \quad \text{O.K.}$$

D) Revisión por esfuerzos permisibles

Los esfuerzos permisibles del acero y del concreto se calcularon en el ejemplo C-1 y las propiedades de la sección son las siguientes.

Sección Simple

$$\begin{aligned} A &= 3,980 \text{ cm}^2 \\ I &= 1'166,892 \text{ cm}^4 \\ y_i &= 49.3 \text{ cm} \\ y_s &= 15.7 \text{ cm} \\ S_i &= 23,665 \text{ cm}^3 \\ S_s &= 74,311.6 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Sección Compuesta

$$\begin{aligned} A &= 5,018 \text{ cm}^2 \\ I &= 1'445,084 \text{ cm}^4 \\ y_i &= 53.13 \text{ cm} \\ y_s &= 16.87 \text{ cm} \\ S_i &= 27,199 \text{ cm}^3 \\ S &= 85,660 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

D.1) Cálculo de esfuerzos

- Inmediatamente después de la transferencia (Sección en los apoyos)

$$P_o = 14 \times 13,127 = 183,778 \text{ kg}$$

$$f_s = \frac{183,778}{3,960} - \frac{183,778(49.3 - 11.42)}{74,311.6}$$

$$f_s = 46.40 - 93.68 = -47.20 \text{ kg/cm}^2 > -16.73 \text{ (engrasar)}$$

$$f_t = 46.40 + \frac{183,778 \times 37.88}{23,665}$$

$$f_t = 46.40 + 294.16 = 340.00 \text{ kg/cm}^2 = 168 \text{ (engrasar)}$$

- En condiciones de servicio (Sección al centro del claro)

$$P_o = 14 \times 10,502 = 147,028 \text{ kg}$$

$$M_{\substack{\text{PoPo} \\ \text{firme}}} = \frac{1.2504 \times 17.50^2}{8} = 47.86 \text{ T.m}$$

los esfuerzos producidos por este momento se resistirán por la sección simple.

$$M_{\text{scm+cv}} = \frac{0.875 \times 17.5^2}{8} = 33.49 \text{ T.m}$$

los esfuerzos producidos por este momento se resistirán por la sección compuesta

-Esfuerzos debidos al presfuerzo, PoPo, y firme

$$f_s = \frac{147,028}{3,960} - \frac{147,028 \times 37.88}{74,311.6} + \frac{4'786,000}{74,311.6}$$

$$f_s = 37.13 - 74.94 + 64.40$$

$$f_s = 26.59 \text{ kg/cm}^2 < 157.5 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$f_i = \frac{147,028}{3,960} + \frac{147,028 \times 37.88}{23,665} - \frac{4 \cdot 786,000}{23,665}$$

$$f_i = 37.13 + 235.34 - 202.23$$

$$f_i = 70.24 \text{ kg/cm}^2 > 157.50 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{O.K.}$$

-Esfuerzos debidos a $v_{scm} + v_{cv}$

$$f_a = \frac{3 \cdot 349,000}{85,660} = 39.09 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_i = \frac{3 \cdot 349,000}{27,199} = -113.13 \text{ kg/cm}^2$$

los esfuerzos al nivel del lecho superior valen

$$\frac{39.09}{16.87} = \frac{f_{ss}}{11.86} \Rightarrow f_{ss} = 27.48 \text{ kg/cm}^2$$

los esfuerzos combinando las secciones simple y compuesta son:

$$f_{a_{sc}} = 39.04 \text{ kg/cm}^2 < 157.5 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$f_{a_{sc}} = 20.59 + 27.48 = 54.07 < 157.5 \quad \text{O.K.}$$

$$f_{i_{sc}} = 70.24 - 113.13 = -42.89 \text{ kg/cm}^2 > -29.9$$

Para tomar las tensiones del lecho inferior ponemos acero de refuerzo

$$\frac{54.07 + 42.80}{65} = \frac{42.80}{y} \Rightarrow y = 28.72 \text{ cm}$$

$$T = \frac{42.80 \times 28.72 \times 40}{2} = 15,365 \text{ kg}$$

$$A_s = \frac{15,365}{2,100} = 7.32 \text{ cm}^2$$

colocando varillas del numero 5 se tiene lo siguiente

$$\frac{7.32}{1.98} = 3.6 \text{ varillas} \Rightarrow 2 \text{ varillas No. 5 en c/nervio}$$

calculo del indice de presfuerzo

$$I_F = \frac{13.818 \times 18,267}{13.818 \times 18,267 + 7.92 \times 4200} = 0.89 = 0.9$$

por lo tanto la trabe se considera con presfuerzo total, quedando el diseño con 7 torones de 1/2'' en cada nervio.

BIBLIOGRAFIA

T. Y. Lin

**Diseño de Estructuras de Concreto Reforzado. Segunda
impresión CECSA**

Arthur H Nilson

**Diseño de Estructuras de Concreto Presforzado. Segunda
reimpresión 1990 Noriega Limusa.**

A. H. Allen

**Introducción al Concreto Presforzado.
I.M.G.Y.C 1986.**

PCI Design Handbook

Prestressed Concrete Institute

Reglamento de las construcciones de Concreto Reforzado

A.G.L. 318-89.

**American Association State Highway and Transportation
Officials Standars.**

A.A.S.H.T.O. 1989

**Normas Técnicas Complementarias para diseño y Construcción
de Estructuras de Concreto.**

R.C.D.F 1987.

Rodríguez Cabello C.

**Apuntes de la Asignatura Presfuerzo y Prefabricación.
Facultad de Ingeniería de La UNAM 1985.**

Freyre Gonzalez Francisco

Dimensionamiento de Elementos Presforzados empleando dos criterios diferentes. Tesis Profesional 1989.

Asociacion Nacional de Industrias del Presfuerzo y Prefabricacion. ANIPPAC-GAMESA.