



**CONSTRUCCIÓN DE GRÁFICAS,  
NOMOGRAMAS Y FLUJOGRAMAS PARA EL  
DISEÑO DE MIEMBROS DE CONCRETO  
REFORZADO SOLICITADOS A FLEXIÓN Y  
CORTE CONFORME A NORMAS  
NACIONALES E INTERNACIONALES**

**Autor:**  
Pérez R. Adriana A.

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CONSTRUCCIÓN DE GRÁFICAS, NOMOGRAMAS Y FLUJOGRAMAS  
PARA EL DISEÑO DE MIEMBROS DE CONCRETO REFORZADO  
SOLICITADOS A FLEXIÓN Y CORTE CONFORME A NORMAS  
NACIONALES E INTERNACIONALES**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
**INGENIERO CIVIL**

**Autor:** Pérez R. Adriana A.

C.I. 23.587.440

**Tutor:** Ing. Joel Curreri

San Diego, abril de 2018



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Joel Curreri portador de la cédula de identidad 17.338.221, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por la ciudadana Pérez R. Adriana A. Portadora de la cédula de identidad 23.587.440 titulado **“CONSTRUCCIÓN DE GRÁFICAS, NOMOGRAMAS Y FLUJOGRAMAS PARA EL DISEÑO DE MIEMBROS DE CONCRETO REFORZADO SOLICITADOS A FLEXIÓN Y CORTE CONFORME A NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES.”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los \_\_\_\_\_ del año 2018.

---

Ing. Joel Curreri.  
C.I.: 17.338.221



Universidad José Antonio Páez  
Facultad de Ingeniería

FI-CV-044-2018-1

Valencia, 25 de Enero de 2018.

Ciudadana:  
**Pérez Adriana**  
**C.I. 23.587.440**  
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 1-2018 de fecha 25/01/2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado "CONSTRUCCIÓN DE GRÁFICAS, NOMOGRAMAS Y FLUJOGRAMAS PARA EL DISEÑO DE MIEMBROS DE CONCRETO REFORZADO SOLICITADOS A FLEXIÓN Y CORTE CONFORME A NORMAS NACIONALES E INTERNACIONALES." Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación del Ing. Joel Curreri C.I. 17.338.221 y la Ing. Alicia Yanez de Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



**Prof. Zulay Salcedo**  
**Decana de la Facultad de Ingeniería**

c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

ZS/fr

## **AGRADECIMIENTOS**

A las instituciones las cuales me formaron durante mi carrera, mi primera etapa en la Universidad Carabobo y mi etapa final en la Universidad José Antonio Páez.

Le doy gracias a mis padres, Miguel y Marilis por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida. A Grey, Luis miguel, Luis Enrique y Nathalia (Nex).

A mis sobrinos, Luciano, Greysshell y Grethel por llenar mi vida de alegrías.

Al Ing. Joel Curreri, por brindarme su valiosa colaboración y orientación en este trabajo. Gracias profesor por acompañarme en este logro.

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación de tiempo a mis profesores: Emerly Castillo y Alejandro Pocaterra, por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad.

A mis amigos por confiar y creer en mí, por haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

## ÍNDICE

CONTENIDO	Pp
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	x
ÍNDICE DE NOMOGRAMAS.....	x
RESUMEN .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	
1.1 Planteamiento del Problema .....	3
1.2 Formulación .....	5
1.3 Objetivos de la Investigación .....	5
1.3.1 Objetivo General .....	5
1.3.2 Objetivos Específicos .....	5
1.4 Justificación .....	6
1.5 Alcance y Limitaciones .....	6
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes .....	8
2.2 Bases Teóricas .....	9
2.2.1 Concreto reforzado.....	9
2.2.2 Método de diseño.....	10
2.2.2.1 Factor de seguridad.....	11
2.2.3 Hipótesis fundamentales de teoría de rotura.....	13
2.2.3.1 Secciones controladas.....	14
2.2.4 Flexión en vigas de concreto reforzado.....	15
2.2.4.1 Modos de falla de una viga .....	15
2.2.4.2 Secciones rectangulares simplemente armadas sometidas a flexión pura .....	16
2.2.4.3 Acero de refuerzo de miembros solicitados a flexión	16
2.2.4.4 Cuantía de refuerzo .....	16
2.2.4.5 Recubrimiento mínimo del acero de refuerzo.....	17
2.2.5 Tipos de diseño estructural de vigas.....	20
2.2.6 Bloque rectangular de esfuerzos equivalentes.....	20
2.2.7 Corte.....	22
2.2.7.1 Tipos de refuerzo por corte.....	22
2.2.7.2 Estribos perpendiculares al eje del miembro.....	23
2.2.8 Normativas de diseño de elementos de concreto armado..	23
2.2.8.1 Código ACI 318-14.....	23
2.2.8.2 Documento técnico FONDONORMA 1753-2006....	24
2.2.8.3 Norma COVENIN 1753-1987.....	25
2.3 Definición de Términos Básicos.....	26

### III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación.....	27
3.2 Diseño de la Investigación.....	28
3.3 Nivel de la investigación.....	28
3.4 Técnica e Instrumentos de recolección de datos.....	29
3.5 Fases de la Investigación.....	29

### IV RESULTADOS

4.1 Describir los lineamientos técnicos y filosofía de diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 38-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.....	33
4.2 Generalizar una metodología de diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753- 87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.....	33
4.2.1 Determinación del refuerzo de acero necesario en una sección rectangular simplemente armada conforme al ACI 318-14,COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA1753 2006.....	33
4.2.2 Diseño estructural de una de viga rectangular de concreto armado simplemente armada conforme al ACI 318-14,COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006.....	36
4.2.3 Determinación del refuerzo de acero necesario en una sección rectangular simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006. (método rectangular equivalente de esfuerzos).....	39
4.2.4 Revisión estructural de una sección de viga rectangular de concreto armado simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006.....	41
4.2.5 Determinación del diámetro y la separación de los estribos a lo largo de la viga para resistir fuerzas cortantes conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753- 2006.....	43

4.3 Esquematizar los pasos a seguir para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753- 2006.....	45
4.3.1 Flujograma N° 1.....	47
4.3.2 Flujograma N° 2.....	48
4.3.3 Flujograma N° 3.....	50
4.3.4 Flujograma N° 4.....	51
4.3.5 Flujograma N° 5.....	52
4.4 Elaborar gráficas y nomogramas para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753- 2006.....	54
4.5 Comprobar el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte en ejercicios prácticos aplicando las gráficas, nomogramas y flujogramas desarrollados conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753- 2006.....	54
4.5.1 Ejercicio N° 1.....	54
4.5.2 Ejercicio N° 2.....	57
4.5.3 Ejercicio N° 3.....	61

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	69
Recomendaciones.....	70

<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	71
<b>ANEXOS</b>	
A Valores de $j_u$ , $k$ y $\omega$ para el diseño.....	73
B Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	74
C Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas $F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .....	82
D Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas $F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .....	90
E Cálculo de cortante resistente al concreto.....	98

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>FIGURA</b>		Pp
1	Combinaciones de solicitaciones para el estado límite de agotamiento resistente(FONDONORMA 1753-2006).....	11
2	Combinaciones de solicitaciones para el estado límite de agotamiento resistente(COVENIN 1753-87).....	11
3	Factores de minoración de la resistencia teórica	

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA	Pp
1 Valor de $\beta_1$ para $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	52
2 Cálculo del área de acero a tracción para $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $b = 30 \text{ cm}$ .....	57
3 Valor de $\beta_1$ para $F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .....	59
4 Cálculo del área de acero a tracción para $F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ y $b = 30 \text{ cm}$ .....	61
5 Cálculo de cuantía a través de gráficas para $F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ .....	64

## ÍNDICE DE NOMOGRAMAS

### NOMOGRAMAS

1 Cálculo de cortante resistente al concreto para $F'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ ACI 318-14 y FONDONORMA 1753-2006 = 0,75 .....	66
2 Cálculo de cortante resistente al concreto para $F'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ Covenin 1753-87 = 0,85 .....	67



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ FACULTAD DE  
INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Construcción de gráficas, nomogramas y flujogramas para el diseño de miembros de Concreto Reforzado solicitados a flexión y corte conforme a Normas Nacionales e Internacionales.**

**Autor(es):** Pérez R. Adriana A.

**Tutor:** Joel Curreri

**Fecha:** Abril, 2018

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo construir gráficas, nomogramas y flujogramas para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte basándose en lo establecido en el ACI 318-14, COVENIN 1753-87, y documento técnico FONDONORMA 1753-2006. Desde el punto de vista metodológico, la investigación fue aplicada ya que tuvo como finalidad la búsqueda y consolidación del saber, y la aplicación de los conocimientos, así mismo, el nivel de investigación fue de carácter descriptivo, describiendo los procesos o cambios a través del tiempo, y finalmente, el diseño de la investigación fue documental, debido a la suma de los documentos tomados en cuenta para la realización de la investigación. El propósito de la investigación es facilitar a los alumnos de la materia concreto armado de la Universidad José Antonio Páez una herramienta para visualizar en forma práctica parámetros para efectuar el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y por corte por medio de gráficas, flujogramas y nomogramas.

**Descriptor(es):** miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte, gráficas y nomograma

## INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de estructuras, entre sus componentes básicos se tienen las vigas y las columnas; Las vigas son parte integrante de una estructura monolítica, que en el caso de pórticos de edificios altos constituyen un sistema estructural de un elevado grado de hiperestaticidad. Para reducir la complejidad de los cálculos necesarios para el diseño, obtención de envolventes de los valores de momentos flectores y cortantes definidos por las posiciones más desfavorables de las cargas variables, se permite un análisis simplificado, para el caso de edificios que sean regulares en su estructura y en sus cargas, las vigas se encargan de transmitir las solicitaciones a las columnas y estas al sistema de fundación

A lo largo del tiempo se ha venido utilizando convencionalmente el diseño a la rotura o por resistencia última, este método ha adquirido un gran impulso en los últimos 40 años, por lo que es la metodología de diseño actual que contempla el ACI 318-14; el diseño por rotura se fundamenta en la predicción de la carga que ocasiona la falla del miembro estructural en estudio y analiza el modo de colapso del mismo.

Un elemento de concreto reforzado debe tener una cantidad balanceada de concreto y acero, debido a que los elementos con un exceso de acero son miembros rígidos y en caso de falla se puede presentar un aplastamiento del concreto antes que el acero llegue a ceder y en caso de no tener suficiente acero el elemento colapsara ante la presencia de la primera grieta. En un elemento es deseable que el acero fluya antes de una falla para poder apreciar los problemas en el elemento antes que este colapse.

En función a lo mencionado anteriormente se describe el presente proyecto de investigación, con la estructura metodológica presentada a continuación.

Capítulo I, El Problema: en el cual se presenta el planteamiento del problema, formulación del problema, objetivos generales y específicos de la investigación, e importancia, justificación y alcance de la misma.

Capítulo II, se plantea el Marco Teórico, aquí se encontrará los antecedentes, fundamentos y las bases teóricas de la investigación, además de una sección de definición de términos.

Capítulo III, Marco Metodológico, para el desarrollo de este capítulo se describen los procesos metodológicos utilizados, con la finalidad de satisfacer los objetivos planteados.

Capítulo IV, se encuentra el desarrollo de los objetivos planteados en la presente investigación, con su análisis de resultados.

Finalmente se encuentra las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial las estructuras se diseñan bajo una serie de normas para poder cumplir la función a la que están destinadas con un grado razonable de seguridad y de manera que tengan un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicio; las normas creadas para la construcción y diseño de edificaciones de concreto armado tienen como fin, el controlar todos los parámetros de diseño que puedan tener una vital influencia en el desempeño de estas obras, cada país tiene sus normas en base a las necesidades, requerimientos del cliente y a investigaciones realizadas.

El diseño de miembros de concreto armado en Venezuela se rige según la norma vigente: Norma Americana Código ACI 318-14 (American Concrete Institute), la cual establece las hipótesis, principios y procedimientos para el diseño de elementos de concreto reforzado solicitados por flexión, carga axial y sus combinaciones.

La propuesta del código venezolano es resultado del proyecto auspiciado por **FONACIT-SOCVIS**, titulado: **Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural 1753(R) 2003**, iniciado en marzo del año 2001. La comisión ponente antes nombrada, ha establecido como objetivo del proyecto, “La elaboración de un cuerpo de especificaciones destinadas a sustituir la norma **COVENIN 1753-87**, basada en el **Código ACI 318-83 (American Concrete Institution)**”, siendo el ACI la Norma de construcción de edificaciones de concreto para Estados Unidos. Con cierto avance del trabajo, a mediados del año 2002, se hizo público el Código **ACI 318** de ese año, en el cual dicha comisión examinó los conceptos fundamentales del diseño de estructuras de concreto reforzado. Tomando en cuenta lo anterior, y de común acuerdo con **FONACIT**, los responsables del Proyecto revisaron el trabajo adelantado y

continuaron la actualización de la norma **COVENIN 1753 (R) 2003** tomando como referencia el Código **ACI 318-02**.

Como resultado de este proyecto, surge el Documento Técnico FONDONORMA 1753-2006 titulado “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”, basado en la actualización del Código ACI-318 del año 2005, no obstante, no se logra la publicación del mismo en gaceta oficial.

Actualmente en Venezuela existe un gran vacío en normativas de diseño y construcción, como evidencia de ello, la última propuesta de esta fue en el 2006 (**FONDONORMA 1753-2006**), a partir de ese entonces, los ingenieros venezolanos se apoyan de ella y también en el Código **ACI 318-14** y todavía hay quienes diseñan con la norma COVENIN 1753 del año 1987 sin tomar en cuenta los últimos aportes de que han generado los investigadores e ingenieros en la materia.

Producto de esto, el país no cuenta con una normativa de diseño y construcción de obras en concreto armado actualizada, aunque existe una disposición transitoria que autoriza a los ingenieros venezolanos a usar la última versión del Código ACI-318, el cual realiza actualizaciones cada 3 años tales como ACI-318-08, ACI 318-11 y el más reciente, el ACI 318-14. Aun así, al no actualizarse la normativa nacional existen tablas, gráficas y nomogramas que no están actualizados a normativas vigentes.

En el campo de la ingeniería estructural es importante contar con herramientas de fácil utilización que permitan verificar información de forma rápida, específicamente de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte. Por lo tanto, es necesario tener gráficas y nomogramas que sirvan de base en el proceso de diseño de miembros estructurales.

## **1.2. Formulación del Problema**

En concordancia a lo expuesto con anterioridad, se plantea la siguiente interrogante.

¿A través de cuales gráficas y nomogramas podría un ingeniero que ejerza en Venezuela diseñar miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivos general**

Construir gráficas, nomogramas y flujogramas para diseñar miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

Describir lineamientos técnicos y filosofía de diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.

Generalizar una metodología de diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.

Esquematizar los pasos a seguir para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006, mediante la utilización de diagramas flujos.

Elaborar gráficas y nomogramas para el diseño de miembros de concreto reforzado sometidos a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.

Comprobar el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte en ejercicios prácticos aplicando las gráficas, nomogramas y flujogramas desarrollados conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.

#### **1.4. Justificación de la Investigación**

La actividad diaria del ingeniero estructural consiste en el análisis y diseño de estructuras. Las estructuras de concreto reforzado son de las más utilizadas en la infraestructura existentes en nuestro medio. Con la necesidad de optimización en tiempo y precisión de los cálculos estructurales, se hace necesario herramientas útiles y de fácil acceso para el calculista, tales como: gráficas, nomogramas y flujogramas especialmente elaboradas para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte.

A pesar de que existen gráficas y nomogramas que realizan el diseño de miembros estructurales de concreto reforzado solicitados a flexión y corte, dichas herramientas se encuentran construidas bajo códigos normativos desactualizados.

Un aporte importante a la comunidad estudiantil es la construcción de nuevas gráficas y nomogramas adaptadas a los códigos vigentes, y además desarrollar flujogramas que incorporan los casos comunes en el diseño de miembros de concreto reforzado.

La finalidad principal de construir gráficas y nomogramas es generar herramientas de fácil utilización que puedan ser usadas por la comunidad estudiantil de la universidad José Antonio Páez.

#### **1.5 Alcances y Limitaciones**

Este proyecto de investigación se basa en la construcción de gráficas, nomogramas y flujogramas para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte basándose en: la Norma de construcción de edificaciones de concreto para Estados Unidos (American Concrete Institution), en su última edición ACI 318-14, la norma nacional COVENIN 1753-2006 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006. En cuanto a la teoría empleada, se analizó la flexión y el corte por la teoría de rotura. Además, se limita el estudio a vigas rectangulares simplemente armadas.

Se elaboraron flujogramas para el diseño de miembros de concreto reforzado los cuales contemplan: determinación de la altura útil de la sección, cantidad de acero de

acuerdo a los requerimientos correspondientes., también se realizó el flujograma para la revisión de aquellos elementos cuya geometría se conoce y se desea saber si soporta satisfactoriamente las solicitaciones previstas, finalmente se realizó el flujograma para la determinación del diámetro y separación de los estribos a lo largo de la viga para resistir fuerzas cortantes.

Finalmente se presentarán las familias de gráficas con diferentes resistencias cilíndricas a compresión del concreto  $F'_c : 210 \frac{kgf}{m^2}$ ,  $250 \frac{kgf}{m^2}$  y  $280 \frac{kgf}{m^2}$ , esfuerzo cedente del acero de refuerzo  $F_y : 4200 \frac{kgf}{m^2}$ . Las gráficas están construidas para una variedad de bases que van desde: 25cm hasta 60cm y las alturas útiles varían desde: 25cm hasta 70cm.

Los nomogramas están contruidos para  $F'_c : 250 \frac{kgf}{cm^2}$  y  $280 \frac{kgf}{cm^2}$ , con  $\alpha = 0,75$  y  $\beta = 0,85$ .

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

En este capítulo, están planteados los antecedentes al presente trabajo de grado, los cuales aportan gran información relacionada a los estudios que se realizaron. Por consiguiente, se desarrollaron los fundamentos teóricos de los cuales está basada la investigación, cuya información y base de datos fueron tomadas de diferentes autores.

#### **2.1. Antecedentes**

Con la finalidad de respaldar teóricamente los estudios realizados se presentan textos, investigaciones y trabajos relacionados al uso de nomogramas en edificaciones de concreto armado, así como al estudio de normativas nacionales e internacionales que rigen la manera en que se diseñan, se detallan y se construyen miembros de concreto armado.

Betancourt, F; Márquez, O (2016), en su trabajo de grado titulado "**Análisis comparativo de las distintas metodologías y lineamientos técnicos normativos para el diseño sismorresistente de muros de corte en edificaciones de concreto reforzado**" realizado en la Universidad José Antonio Páez, Valencia, Venezuela, realizaron una investigación con la finalidad analizar y estudiar las diferencias existentes entre el Documento Técnico FONDONORMA 1753-2006 y el Código ACI 318-14; así como entre las distintas metodologías de diseño por flexo-compresión existentes, en el diseño de sistemas resistentes ante cargas laterales conformados por muros de corte proyectados en concreto armado

Así mismo, Estrada, A; Veleiro, J (2015), en su trabajo de grado titulado "**Construcción de los Diagramas de Interacción Adimensionales para el Diseño de Columnas de Concreto Armado conforme al ACI 318-11**" realizado la Universidad José Antonio Páez, Valencia, Venezuela, realizaron una investigación con la finalidad de desarrollar una metodología para la construcción de los diagramas de interacción adimensionales para el diseño de columnas de concreto armado basándose en lo

establecido en la norma ACI 318-11. El proyecto elaboro los diagramas de interacción unidireccionales en columnas de concreto armado para diferentes dimensiones y características del concreto, además, para diferentes propiedades del concreto armado que cumplan con los requerimientos dados por la norma o código ACI 318-11, resolviendo casos prácticos mediante el método de la excentricidad equivalente de Bresler utilizando los diagramas de interacción desarrollados.

Por último, Domínguez, C; (2013) en su trabajo de grado titulado “**Desarrollo de algoritmos para el análisis y diseño de elementos de concreto reforzado con base en la NSR-10**”, realizado en la Universidad de Antioquia, Medellín, realizaron una investigación con la finalidad de desarrollar una herramienta fundamental para el diseño y análisis de elementos de estructuras en concreto reforzado ante diferentes solicitaciones, principalmente el diseño a flexión y compresión; en el programa se aplicaron las disposiciones reglamentarias de la norma colombiana de diseño y construcción sismo-resistente (NSR-10) y las normas americanas ACI (Building Code Requirements for Structural Concrete, ACI 318-05)

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Concreto Reforzado**

El concreto, para poder ser utilizado eficientemente en la construcción de obras de ingeniería, es necesario incorporarle elementos que permitan incrementar su limitada resistencia a la tracción, el acero es el encargado de esta función.

El acero de refuerzo se le incorpora al concreto a través de varillas generalmente de sección transversal redonda principalmente en sitios donde la baja resistencia a la tracción del concreto limitaría la capacidad portante del elemento.

Para restringir el movimiento longitudinal de las varillas relativo al concreto que la rodea, se rolan protuberancias llamadas corrugaciones en la superficie de la varilla. Las varillas corrugadas de acero se producen en tamaños que van de los números 3 al 18 en el que el número de las varillas significa el número de octavos de pulgada ( $1/8 \text{ plg} = 3.18\text{mm}$ ) incluidos en el diámetro nominal de la varilla. (Park y Paulay, 1983).

## 2.2.2 Método de diseño

### Teoría de Rotura o Estado Limite de Agotamiento Resistente.

Se define como “diseño a la rotura” al método que requiere que las cargas de servicio o las sollicitaciones correspondientes se incrementen mediante factores de mayoración de carga o de sollicitación especificados para obtener la resistencia requerida y que además se reduzcan las resistencias nominales calculadas por medio de factores de minoración de resistencia especificados, definiendo así la llamada “resistencia de diseño”. (Covenin 1753-1987).

El diseño por rotura se fundamenta en la predicción de la carga que ocasiona la falla del miembro estructural en estudio y analiza el modo de colapso del mismo.

Los factores de seguridad son aplicados a las cargas o sollicitaciones y a las resistencias nominales de los miembros.

$$(Carga\ sollicitacion)_{servicio} F_{mayoracion} = Resistencia_{teorica} F_{minoracion}$$

$$\text{Momento : } M_u = M_n$$

$$\text{Corte : } V_u = V_n$$

Este método toma en consideración el comportamiento inelástico del acero y el concreto y, por lo tanto, se estima mejor la capacidad de carga de la pieza. Algunas de las ventajas de este procedimiento son:

El diseño por rotura permite controlar el modo de falla de una estructura compleja considerando la resistencia última de las diversas partes del sistema. Algunos elementos se diseñan con menor margen de seguridad que otros para inducir su falla primero.

Permite obtener un diseño más eficiente, considerando la distribución de esfuerzos que se presenta dentro del rango inelástico.

Este método no utiliza el módulo de elasticidad del concreto, el cual es variable con la carga. Esto evita introducir imprecisiones en torno a éste parámetro.

El método de diseño a la rotura permite evaluar la ductilidad de la estructura.

Este procedimiento permite usar coeficientes de seguridad distintos para los diferentes tipos de carga.

### 2.2.2.1 Factor de Seguridad:

Se definen dos tipos de factor de seguridad en las estructuras de concreto armado:

Factor de seguridad en las cargas aplicadas.

Factor de seguridad en la resistencia del miembro estructural.

#### Factor de Seguridad en las Cargas Aplicadas:

Las solicitaciones sobre la estructura, sus miembros y nodos para el Estado Límite de Agotamiento Resistente, U, se determinarán con base en las hipótesis de solicitaciones que produzcan el efecto más desfavorable, el cual puede ocurrir cuando una o más solicitaciones están actuando simultáneamente

$U = 1.4 (CP + CF)$	(9-1)
$U = 1.2 ( CP +CF + CT ) + 1.6 (CV + CE) + 0.5 CV_1$	(9-2)
$U = 1.2 CP + 1.6 CV_1 + (\gamma CV \text{ ó } \pm 0.8 W)$	(9-3)
$U = 1.2 CP \pm 1.6 W + \gamma CV + 0.5 CV_1$	(9-4)
$U = 1.2 CP + \gamma CV \pm S$	(9-5)
$U = 0.9 CP \pm 1.6 W$	(9-6)
$U = 0.9 CP \pm S$	(9-7)
$U = 0.9 CP \pm 1.6 CE$	(9-8)

El factor de combinación de solicitaciones y debidas a las acciones variables en las combinaciones (9-3) a (9-5) será 1,00, excepto en pisos y terrazas de edificaciones destinadas a vivienda en que se tomará como 0,50.

**Figura 1.** Combinaciones de solicitaciones para el estado límite de agotamiento resistente

Fuente: FONDONORMA 1753-2006

$$U = 1.4 CP + 1.7 CV$$

**Figura 2.** Combinaciones de solicitaciones para el estado límite de agotamiento resistente

Fuente: COVENIN 1753-87

### Factor de reducción de resistencia estructural ( $\phi$ ):

Simultáneamente a la amplificación de las cargas de servicio, el código propone la reducción de la resistencia teórica de los elementos de concreto armado como un medio para incrementar el factor de seguridad del diseño.

La resistencia teórica o nominal de una pieza es la determinada haciendo uso de los principios presentados en el código del ACI 318-14. La naturaleza misma del concreto armado y fundamentalmente su procedimiento constructivo generan que la resistencia calculada en el papel, no sea igual a la verificada en la realidad. Los factores de reducción de resistencia indican la fracción de la resistencia nominal que está disponible en un elemento determinado con una cierta certeza probabilística.

El código del ACI aprovecha el uso de los factores de resistencia no sólo para tomar en consideración las posibles imperfecciones constructivas del concreto, sino que además los usa para incrementar los factores de seguridad en piezas sometidas a determinadas sollicitaciones, ya sea por su tipo de falla o por la importancia de estos elementos dentro del conjunto estructural total.

RESISTENCIA TEÓRICA	FACTOR DE MINORACIÓN $\phi$
<b>Flexión o flexión simultánea con fuerzas axiales</b>	
a. Secciones controladas por compresión, tal como se definen en la Sección 10.2.6	
i. Miembros zunchados mediante refuerzo helicoidal continuo conforme a la Sección 10.4.3.	0.70
ii. Miembros con ligaduras cerradas como refuerzo transversal.	0.65
b. Secciones controladas por tracción del acero, tal como se definen en la Sección 10.2.6	0.90
c. Secciones en la zona de transición entre el control por compresión y el control por tracción, tal como se definen en la Sección 10.2.6	Ver Nota <sup>11)</sup>
d. Flexión en ménsulas, consolas y soportes similares	0.75
<b>Corte</b>	
Para cualquier miembro estructural, incluyendo los muros que no pertenezcan al sistema resistente a sismos.	0.75
Para muros estructurales que formen parte del sistema resistente a sismos.	0.60
En los nodos y las vigas de acoplamiento reforzadas con grupos interseccionados de barras en diagonal.	0.85
En los diafragmas, $\phi$ no necesita ser menor que el menor factor de minoración por corte aplicado a la resistencia de los componentes verticales del sistema resistente a sismo.	0.85 Véase Comentario

**Figura 3.** Factores de minoración de la resistencia teórica

Fuente: FONDONORMA 1753-2006

ACCION	$\phi$
Flexión, con o sin tracción axial	0.90
Tracción Axial	0.90
Compresión axial con o sin flexión:	
Para miembros con armadura helicoidal	0.75 (*)
Para otros miembros armados	0.70 (*)
Corte y torsión	0.85
Aplastamiento del concreto	0.70
Flexión del concreto sin armar	0.65

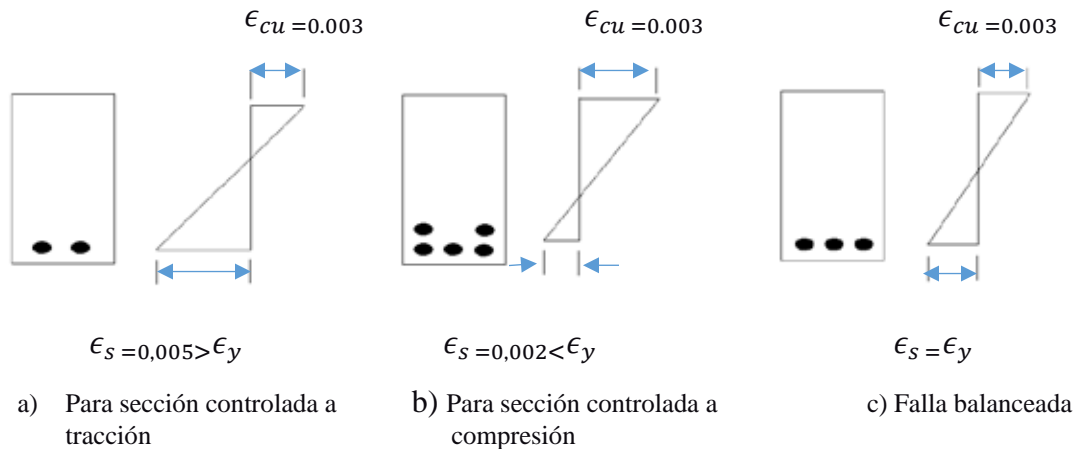
**Figura 4.** Factores de minoración de la resistencia teórica  
Fuente: COVENIN 1753-1987

### 2.2.3 Hipótesis Fundamentales de Teoría de Rotura.

1. El concreto no resiste esfuerzos a tracción.
2. Se considera válida la Hipótesis de Navier, que indica que una sección plana permanece plana después de aplicar carga: en efecto, las deformaciones unitarias en una sección son linealmente proporcionales a la distancia hasta el eje neutro.
3. Existe adherencia perfecta entre el acero de refuerzo y el concreto que lo rodea. Esto permite que la deformación del concreto sea la misma que la de una barra de acero de refuerzo en su mismo nivel.
4. El esfuerzo en el acero antes de alcanzar la cedencia es igual al producto de su módulo de elasticidad por su deformación unitaria. Para deformaciones mayores a la de cedencia, el esfuerzo en el refuerzo será independiente de la deformación e igual a  $F_y$ . Esta hipótesis refleja el modelo elasto-plástico de la curva esfuerzo-deformación del acero que asume el código del ACI.
5. El agotamiento resistente o falla de la pieza ocurre cuando el concreto alcanza su deformación máxima útil, que según la Norma Fondonorma y el ACI es del

3/1000 ( $\epsilon_{cu} = 0,003$ ).

En base a esto tenemos varias situaciones de diseño:



**Figura 5.** Distribución de deformaciones para los diversos tipos de fallas en flexión

**Fuente:** Diseño de concreto reforzado por J. McCormac y R. Brown ,2011.

### 2.2.3.1 Secciones controladas

El documento técnico FONDONORMA 1753-2006 especifica que las secciones de concreto se clasificarán en: secciones controladas por compresión, secciones controladas por tracción y secciones de transición.

- Secciones controladas por compresión:** Las secciones están controladas por compresión cuando la deformación neta a tracción en el acero de refuerzo más deformado a tracción es  $\epsilon_s < \epsilon_y$  y a la vez el concreto en compresión alcanza su deformación máxima  $\epsilon_{cu} = 0,003$ .
- Secciones controladas por tracción:** Las secciones están controladas por tracción cuando la deformación neta a tracción en el acero de refuerzo más deformado a tracción  $\epsilon_s$  alcanza su deformación máxima de  $\epsilon_{cu} = 0,003$ .
- Secciones en transición:** Las secciones están en una zona de transición entre

las secciones controladas por compresión y las controladas por tracción cuando la deformación neta atracción del acero de refuerzo extremo traccionado está comprendido entre  $\varepsilon_s = \varepsilon_y$  y  $\varepsilon_s = 0,005$

#### **2.2.4. Flexión en vigas de concreto reforzado**

"Las vigas de concreto simple son ineficientes como miembros sometidos a flexión debido a que la resistencia a la tracción en flexión es una pequeña fracción de la resistencia a compresión. En consecuencia, estas vigas fallan en el lado sometido a tracción a cargas bajas mucho antes de que se desarrolle la resistencia completa del concreto en el lado de la compresión" (Arthur H. Nilson pg. 64). Por la razón anterior se colocan barras de acero de refuerzo en el lado sometido a tracción, tan cerca como sea posible de la fibra extrema de la viga.

##### **2.2.4.1 Modos de Falla de una Viga de Concreto reforzado**

La viga puede fallar de dos maneras:

El acero de refuerzo se estira debido a los esfuerzos atracción de manera que entra en cedencia produciendo grietas considerables y deflexiones importantes en la viga. El concreto alcanza su esfuerzo máximo a compresión a una carga un poco mayor que la que produce la cedencia del acero y la pieza falla.

Esta falla es gradual y está precedida por signos visibles de peligro, se conoce como falla a tracción o falla por cedencia del acero.

La otra manera de producirse la falla es si se emplean grandes cantidades de refuerzo o cantidades normales de acero de muy alta resistencia, la resistencia del concreto puede agotarse antes de que el acero comience a ceder. El concreto falla por aplastamiento cuando las deformaciones unitarias son tan grandes que destruyen su integridad.

La falla a compresión debida al aplastamiento del concreto es repentina, de naturaleza casi explosiva y ocurre sin ningún aviso.

#### 2.2.4.2 Secciones Rectangulares simplemente armadas sometidas a Flexión Pura

Una sección rectangular es toda sección cuya área sometida a compresión es un rectángulo

#### 2.2.4.3 Acero de refuerzo de miembros solicitados a flexión

Otra modalidad de falla puede ocurrir en vigas con muy poco refuerzo. Si la resistencia a flexión de la sección fisurada es menor que el momento que produce el agrietamiento de la sección no fisurada con anticipación, la viga va a fallar de inmediato y sin ningún aviso de peligro una vez que se forme la primera grieta a flexión.

El área del acero de refuerzo y su distribución en los miembros solicitados cumplirá con los siguientes requisitos. (FONDONORMA 1753-2006)

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,79 \sqrt{F'_c}}{F_y} b_w d \quad \text{para } F'_c \geq 315 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14}{F_y} b_w d \quad \text{para } F'_c < 315 \text{ kgf/cm}^2$$

#### 2.2.4.4 Cuantía de refuerzo

La cuantía geométrica de acero se determina conociendo de antemano el área total de acero de refuerzo, el ancho y la altura efectiva de la viga. Para el caso de análisis de vigas esta cuantía se determina a partir de la siguiente ecuación

$$\rho = \frac{A_s}{b d}$$

#### Según el ACI 318-14 Y FONDONORMA 1753-2006

La cuantía máxima se determina a partir de la siguiente ecuación

$$\rho_{\max} = 0,625 \rho_b$$

#### Según COVENIN 1753-1987

La cuantía máxima se determina a partir de la siguiente ecuación

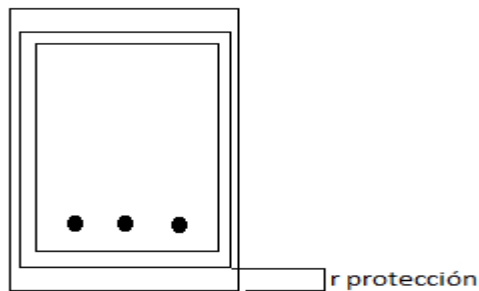
$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b$$

### 2.2.2.5 Recubrimiento mínimo del acero de refuerzo

El acero de refuerzo debe tener los recubrimientos mínimos de protección especificados en las tablas 3, 4 y 5. En ambientes agresivos deben utilizarse recubrimientos mayores que los mencionados en las tablas.

#### Recubrimiento de protección

El documento técnico FONDONORMA (1753-2006) define el recubrimiento de protección como la menor distancia entre la superficie del acero embebido en el concreto y la superficie más externa de la sección de concreto.



**Figura 6.** Recubrimiento de protección  
Fuente: FONDONORMA 1753-2006

**Tabla 1.** Recubrimientos mínimos

Características del ambiente	Recubrimiento mínimo en cm
	Vigas
Piezas al abrigo de la intemperie	2.5
Piezas expuestas a la intemperie a la intemperie en ambientes no agresivos	3
Piezas expuestas a la intemperie a la intemperie en ambientes medianamente agresivos	4
Piezas en contacto con el terreno	4

Piezas vaciadas contra el terreno y permanentemente en contacto con el mismo	7
--	---

Fuente: Covenin 1753-1987

**Tabla 2.** Recubrimientos mínimos

Características del ambiente	DIAMETRO DEL ACERO DE REFUERZO, $d_b$	Recubrimiento mínimo, cm
		Vigas
Piezas al abrigo de la intemperie	$d_b$ N°5 (16M) y alambres con $d_b < 16$ mm	4
	N°6 a N°11 (20M a 36M)	
	N°14 a N°18 (40M y mayor)	
Piezas expuestas a la intemperie en ambientes no agresivos	$d_b$ N°5 (16M) y alambres con $d_b < 16$ mm	4
	$d_b > N°6$ (20M)	5
Piezas vaciadas sobre el terreno y permanentemente en contacto con el mismo	Todos los diámetros	7.5
Nota	Al recubrimiento mínimo de protección se sumara el diámetro del acero de refuerzo transversal y se designara	

Fuente: FONDONORMA 1753-2006

**Tabla 3.** Recubrimientos mínimos

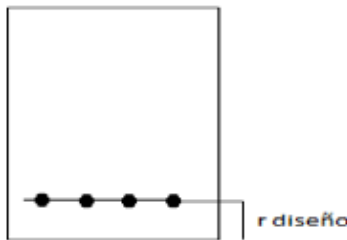
Exposición del concreto	Refuerzo	Recubrimiento especificado, pulg
		Vigas
Construido contra el suelo y permanentemente en contacto con el	Todos	3
Expuestos a la intemperie o en contacto con el suelo	Todos	1-1/2
No expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo	Refuerzo principal	1-1/2
	Estribos espirales y estribos cerrados de confinamiento	1

Fuente: ACI 318-14

### Recubrimiento de diseño

El documento técnico FONDONORMA (1753-2006) define el recubrimiento de diseño a la menor distancia entre el centro de gravedad del acero de refuerzo y la superficie externa de la sección de concreto.

$$r_{diseño} = r_{proteccion} + estribo + \frac{cabilla}{2}$$



**Figura 7.** Recubrimiento de diseño

Fuente: FONDONORMA 1753-2006

### 2.2.5. Tipos de diseño estructural de vigas

Se presentan dos (2) tipos de diseño estructural relativos al tema desarrollado de diseño y análisis de secciones rectangulares con acero a tracción o secciones simplemente armadas. Conocidas las características de los materiales concreto  $F'_c$ , el acero de refuerzo  $F_y$  y las cargas o en su defecto las solicitaciones de momento flector  $M_u$ , los dos tipos de ejercicios de análisis que se pueden desarrollar, tales como:

#### **Diseño estructural**

En este tipo del ejercicio de diseño estructural, conocido el momento último de diseño  $M_u$ , el diseñador tiene que determinar la geometría representada por: ancho (b), altura útil (d), altura total (h), área de acero a tracción ( $A_s$ ), Detallado del acero de refuerzo representado por cantidad y diámetros.

#### **Revisión Estructural**

En este tipo de ejercicio de revisión estructural, conocidas las características geométricas b, d, h y  $A_s$ , el diseñador tiene que determinar la capacidad resistente de la sección simplemente armada o momento flector de diseño último  $M_u$ .

### 2.2.6. Bloque Rectangular de Esfuerzos Equivalentes (Bloque Rectangular de Whitney)

La norma Covenin 1753-1987 define la distribución rectangular equivalente de esfuerzos en el concreto, de la siguiente forma:

Se supondrá un esfuerzo en el concreto de  $0,85F'_c$  uniformemente distribuido sobre una zona comprimida, limitada por los bordes de la sección y una línea recta paralela al eje neutro y ubicada a una distancia  $a = \beta_1 c$  de la fibra que tenga la máxima deformación en compresión

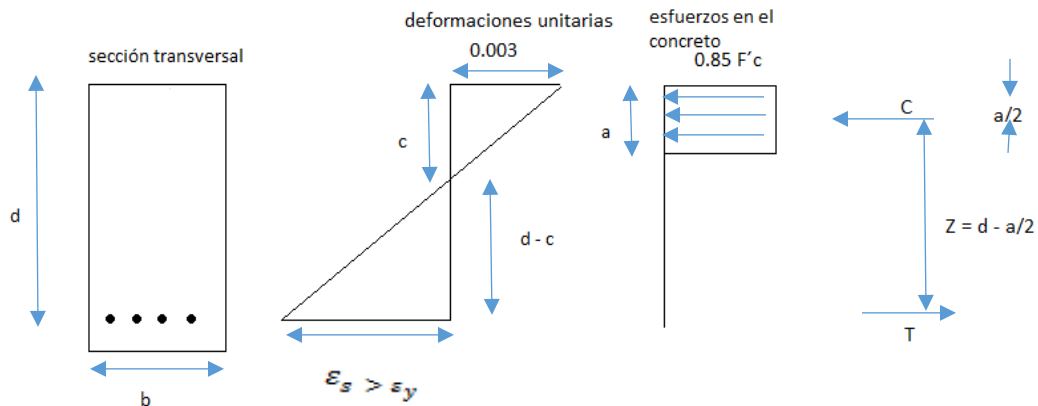
La distancia c desde la fibra con la máxima deformación en compresión hasta el eje neutro deberá medirse en una dirección perpendicular a este eje.

El factor  $\beta_1$  se tomará en la siguiente forma:

**Tabla 4.** Valores del factor  $\beta_1$

$f'_c$	$\beta_1$
$cm^2$	0,85
$> 280 \text{ kgf/cm}^2$	$1,05 - f'_c$

**Fuente:** FONDONORMA 1753-2006



**Figura 8.** Hipótesis sobre la distribución de deformaciones y esfuerzos en la zona de compresión

**Fuente:** FONDONORMA 1753-2006

Con el objetivo de desarrollar métodos sencillos de cálculo, los reglamentos de construcción recurren a hipótesis simplificadoras en las cuales se fija un valor de la deformación unitaria máxima útil del concreto y donde se definen diagramas idealizados de los esfuerzos de compresión, de tal manera que el área del diagrama de esfuerzos y la posición de la resultante de compresión sean semejantes a las que corresponderían a una distribución real.

La norma permite el uso de cualquier diagrama de esfuerzo de compresión en la sección, ya sea rectangular, triangular, trapezoidal, parabólico u otro, siempre que, haya una concordancia en los resultados de los ensayos que se realicen en el laboratorio.

Sin embargo, las normas han sugerido específicamente la utilización de la distribución rectangular equivalente de esfuerzos o también llamado solido rectangular equivalente de esfuerzos.

### 2.2.7. Corte

El diseño de los miembros solicitados por fuerza cortante debe satisfacer la condición:

$$V_u \leq V_n$$

Resistencia requerida	$\leq$	Resistencia de diseño
$V_u$	$\leq$	$\phi V_n$
$\phi V_n$	$\leq$	$\phi (V_c + V_s)$
$1.4 V_{CP} + 1.7 V_{CV}$	$\leq$	$\phi (0.53 \sqrt{f'_c} b_w d + \frac{A_v f_y d}{s})$

**Figura 9.** Corte

Fuente: COVENIN 1753-87

#### 2.2.7.1. Tipos de refuerzo por corte según FONDONORMA 1753-2006

El acero de refuerzo por corte puede consistir en:

- Estribos perpendiculares al eje del miembro o estribos que formen un Angulo de 45° o más con el acero de refuerzo longitudinal en tracción.
- Mallas de alambres electrosoldados, con alambres colocados perpendicularmente al eje del miembro.
- Zunchos o ligaduras.
- Barras de refuerzo longitudinal con dobleces que forman un ángulo de 30° o más con los restantes aceros de refuerzo longitudinales en tracción.
- Combinaciones de estribos y aceros de refuerzo longitudinales dobladas.

#### 2.2.7.2 Estribos perpendiculares al eje del miembro

**Separación máxima: (s)**

Cuando  $(V_u > V_c)$  :

$$1,06 \sqrt{F'_c} b_w d$$

$$S = 0,5 d \quad 60 \text{ cm}$$

$$> 1,06 \sqrt{F'_c} b_w d$$

$$S = 0,25 d \quad 30 \text{ cm}$$

**Según FONDONORMA 1753-2006 y ACI 318- 14**

$$= 0,75$$

**COVENIN 1753-1987**

$$= 0,85$$

**Separación requerida**

$$\frac{A_v F_y d}{(V_u - V_c)}$$

### **2.2.8. Normativas de Diseño de Elementos de Concreto Armado**

El diseño de estructuras de concreto se lleva a cabo generalmente dentro de un contexto de códigos que dan requisitos específicos para materiales, para el análisis estructural, para el dimensionamiento de elementos, etc.

En la práctica estructural a menudo se encuentran circunstancias especiales donde las disposiciones del Código sirven únicamente como guías y el ingeniero debe confiar en un firme entendimiento de los principios básicos de la mecánica estructural aplicada al concreto reforzado, y en un conocimiento profundo de la naturaleza de los materiales. (Nilson, 1999).

#### **2.2.8.1. Código ACI 318-14 “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural”**

El código ACI no es en sí mismo un documento legalmente aplicable. Es meramente una serie de principios para la buena práctica del diseño de concreto reforzado. Sin embargo, está escrito en forma de código o ley de manera que diversos organismos de la administración pública puedan decidir fácilmente si lo

incluyen en sus códigos locales de construcción y entonces pueda ser legalmente aplicable en esa comunidad. De esta manera, el código ACI ha sido votado como ley por innumerables organismos gubernamentales en Estados Unidos.

El International Building Code (IBC), que publicó por primera vez en el año 2000 el International Code Council, ha consolidado los tres códigos regionales de construcciones (Building Officials and Code Administrators, International Conference of Building Officials, and Southern Building Code Congress International) en un documento nacional. El código IBC se actualiza cada 3 años y se refiere a la edición más reciente del ACI 318 para la mayoría de sus disposiciones relacionadas con el diseño de concreto reforzado, con sólo algunas modificaciones. (McCormac, 2011).

#### **2.2.8.2. Documento Técnico FONDONORMA 1753-2006 “Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural”**

Este documento técnico, basado en el Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (ACI 318R-05) del Instituto Americano del Concreto, “establece los requisitos para el proyecto y la ejecución de edificaciones de concreto estructural que se proyecten o construyan en el territorio nacional”. (p. 3)

El documento que se presenta nace como iniciativa de la comisión ponente integrada por: Ing. José Grases, Ing. Arnaldo Gutiérrez e Ing. Denis Rodríguez, en año 2001 convirtiéndose en el Proyecto de Investigación Aplicada N° S1-2000000000550 “Proyectos y Construcción de Obras en Concreto Estructural” con patrocinio del FONACIT (Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación).

Después de varias interrupciones finalmente se llega al anteproyecto definitivo, el cual es presentado ante el Subcomité 1 Edificaciones adscrito al Comité Técnico 3 Construcciones de FONDONORMA para que sustituya la Norma Venezolana COVENIN 1753-1987 Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño, comenzándose las reuniones el 26 de octubre de

2004. El 02 de febrero de 2005, se inicia el lapso de Discusión Pública finalizando el 03 de mayo de 2005, de este proceso resultó un documento de observaciones extenso y muy variado dado el amplio contenido de este anteproyecto.

En julio de 2005 se inician las reuniones técnicas con frecuencia semanal en la sede de AVECRETO, con la finalidad de que el Subcomité diera respuesta a estas observaciones. Esta tarea finalizó el 16 de agosto de 2006, fecha en la cual el Subcomité 1 entrega formalmente a FONDONORMA la versión definitiva debidamente corregida y actualizada con el Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-05) and Commentary (ACI 318R-05) del Instituto Americano del Concreto, otras normas técnicas internacionales y experiencias nacionales.

### **2.2.8.3. Norma COVENIN 1753-87 “Estructuras de Concreto Armado para Edificaciones. Análisis y Diseño”**

De acuerdo a lo establecido en la ley de normas técnicas y control de calidad, en su artículo 15 y dado el CONVENIO firmado entre el Ministerio de Fomento, el Ministerio de Desarrollo Urbano, la Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN) y el fondo para la Normalización y Certificación de Calidad (FONDONORMA) el 4 de marzo de 1980, en el cual se establece que la elaboración de normas se hará en base a un procedimiento único y bajo la coordinación del Ministerio de Fomento. (p. 2)

La Comisión Venezolana de normas Industriales COVENIN, en su reunión N° 6-87(84), DEL 08-12-87 aprobó la presente norma, una vez concluida su etapa provisional, conservándose su contenido original, esta norma fue elaborada por la Comisión de Normas de Estructuras para Edificaciones del Ministerio del Desarrollo Urbano.

La Comisión de Normas para Estructuras de Edificaciones del Ministerio del Desarrollo Urbano presenta las Normas para "ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO. ANALISIS Y DISEÑO", basadas en el código "Building Code Requirements for Reinforced (ACI 318-83)" del Instituto Americano del Concreto

con las modificaciones que se consideraron pertinentes para adoptarlo a nuestro medio. Su filosofía es congruente con las Normas que estudia y ha venido publicando la Comisión. (p. 3)

### **2.3. Definición de términos básicos**

A continuación, se definen los términos relevantes que dan fundamentos teóricos al presente trabajo de grado

**Adherencia:** Es la resistencia a deslizarse desarrolladamente entre el concreto y las varillas. El esfuerzo de adherencia se expresa en  $\text{kg/cm}^2$ , del área superficial de contacto de varillas lisas, redondas.

**Ductilidad:** Es la capacidad de un material en incursionar en el rango inelástico sin pérdida apreciable de su resistencia

**Flexión:** Se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal

**Flujogramas:** Es un diagrama que expresa gráficamente las distintas operaciones que componen un procedimiento o parte de este, estableciendo su secuencia cronológica.

**Fluencia:** La fluencia o cedencia es la deformación irrecuperable de la probeta, a partir de la cual sólo se recuperará la parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible.

**Momento flector:** Es una sollicitación típica en vigas y pilares y también en losas ya que todos estos elementos suelen deformarse predominantemente por flexión. El momento flector puede aparecer cuando se someten estos

**Nomograma:** Es un instrumento gráfico de cálculo, un diagrama bidimensional que permite el cómputo gráfico y aproximado de una función de cualquier número de variables.

**Viga:** miembro estructural utilizado principalmente para resistir momentos de flexión, momentos de torsión y fuerza cortante.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Toda investigación requiere la definición de un conjunto de actividades y procedimientos que configuran su dimensión metodológica. Hurtado (2006), refiere al respecto "que en el campo de la investigación, la metodología incluye el estudio de los métodos, las técnicas, las tácticas, las estrategias y los procedimientos que el investigador utiliza para alcanzar los objetivos del trabajo". Para el caso de estudio cuyo objetivo se orientó en construir gráficas, nomogramas y flujogramas para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87, y documento técnico FONDONORMA 1753-2006. Se definen los siguientes aspectos.

#### **3.1 Tipo de investigación**

La investigación es tipo proyecto factible con base en fuentes documentales según el diseño.

El proyecto factible está orientado a resolver un problema permanente dentro de una organización. Esta modalidad, según la Universidad Pedagógica Experimental libertador (UPEL, 2012), consiste en "investigar, elaborar y desarrollar una propuesta viable para solucionar problemas o necesidades dentro de una organización". Decimos proyecto factible ya que permite dar a conocer a los lectores interesados en el tema, la importancia que tienen las gráficas y nomogramas para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte.

En este trabajo de grado se ha seleccionado este tipo de estudio, debido a que el autor del mismo, aplican los conocimientos obtenidos con la finalidad de alcanzar resultados prácticos que permitan solucionar el problema, a través de la aplicación del instrumento de observación documental.

### **3.2 Diseño de la investigación**

(Arias, 2006), define el diseño de la investigación como "la estrategia que adopta el investigador para responder al problema planteado". Por los instrumentos empleados, la investigación puede clasificarse en documental.

El manual UPEL (2006) define " la investigación documental es el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente en fuentes bibliográficas y documentales". Al hablar de la investigación documental, es necesario recalcar que la suma de los documentos tomados en cuenta para un estudio cualquiera constituye la fuente documental de la investigación. En el proyecto desarrollado, se empleó una revisión documental ya que, en él, se analizó e interpreto toda la literatura relacionada con el tema en estudio.

Según Arias Fidias (2006), la investigación documental o diseño documental "es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas". En la investigación llevada a cabo con el proyecto en desarrollo, se utilizan los fundamentos teóricos con la finalidad de obtener los conceptos y conocimientos fundamentales que puedan servir como guía para la construcción de gráficas, nomogramas y flujogramas para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87, y documento técnico FONDONORMA 1753-2006

### **3.3 Nivel de la Investigación**

“Es el grado de profundidad con el que se realiza el estudio, en este sentido la investigación podrá ser: exploratoria, descriptiva o explicativa” (Arias, 2006). De acuerdo con esto, el nivel del presente trabajo se corresponde al descriptivo, el cual “consiste en describir y analizar sistemáticamente características homogéneas de los fenómenos estudiados según la realidad, esto va más a la búsqueda de aquellos aspectos que desean conocer y de los que se pretende obtener respuestas” (Bavaresco, 2002). Es por ello, que la actual investigación busca Construir gráficas, nomogramas y

flujogramas para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87, y documento técnico FONDONORMA 1753-2006, generando así conclusiones y recomendaciones específicas de los mismos. De esta forma, se puede facilitar el diseño de miembros a flexión y corte, siendo esto un aporte académico relevante en materia de concreto armado.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Los datos según su procedencia, se dividen en primarios y secundarios, tal como lo señala Sabino (2002). Los datos primarios son aquellos que el investigador obtiene directamente de la realidad, recolectándolos con sus propios instrumentos.

Los datos secundarios, son todos aquellos registros debidamente documentados. Para el caso bajo estudio, se tomarán datos primarios apoyados en la técnica de la observación y el análisis de contenido. La observación acota Sabino (2002), "es percibir activamente la realidad exterior con el propósito de obtener los datos que previamente definidos como de interés de la investigación".

El análisis de contenido, "permite hacer apreciaciones sistemáticas sobre una temática. Desde esta perspectiva se revisaron textos, documentos técnicos, trabajos de investigaciones anteriores y consultas con profesionales de la ingeniería, de los cuales se extrajo la información necesaria para dar cumplimiento a los objetivos.

### **3.5 Fases metodológicas**

Con el fin de llevar un procedimiento ordenado y secuencial para el logro de los objetivos, se presenta una metodología estructurada en cinco (5) fases en las que se desarrollara el tema en estudio:

**Fase I: Describir lineamientos técnicos y filosofía de diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.**

Consultando las distintas fuentes de información tales como normas, guías de diseño, presentaciones de exposiciones, entre otras, se determinó la filosofía y lineamientos técnicos a seguir para diseñar miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte.

**Fase II: Generalizar una metodología de diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.**

Estas metodologías contienen todos los pasos a seguir para llevar a cabo el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte; estas metodologías contemplan:

- 1. Determinación del refuerzo de acero necesario en una sección rectangular simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006**

datos conocidos :  $F'_c, F_y, b, h, r, M_u$

incógnita: Área de acero de refuerzo a tracción:  $A_s$

- 2. Diseño estructural de una viga rectangular de concreto armado simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006**

datos conocidos :  $F'_c, F_y, r, M_u$

incógnitas:  $b, d, A_s$

- 3. Determinación del refuerzo de acero necesario en una sección rectangular simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006. (método rectangular equivalente de esfuerzos)**

datos conocidos :  $F'_c, F_y, b, h, r, M_u$

incógnita: Área de acero de refuerzo a tracción:  $A_s$

**4. Revisión estructural de una sección de viga rectangular de concreto armado simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006**

datos conocidos :  $F'_c, F_y, b, h, r, A_s$

incógnitas:  $M_u$  y  $M_n$

**5. Determinación del diámetro y la separación de los estribos a lo largo de la viga para resistir fuerzas cortantes conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006**

datos conocidos :  $h_v, b_v, d, r, F'_c, F_y$ , longitud

incógnitas: Diámetro y separación de los estribos

**Fase III:** Esquematizar los pasos a seguir para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006, mediante la utilización de diagramas flujos.

Se elaboraron diagramas de flujos cuya finalidad es resumir y resañar los pasos a seguir para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte tomando como base los lineamientos recolectados en los códigos ACI 318-14, COVENIN 1753-1987 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.

**Fase IV:** Elaborar gráficas, nomogramas y flujogramas para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.

Para desarrollar esta fase de la investigación, es necesaria la creación de hojas de cálculo, la cual debe ser de fácil manejo y entendimiento al lector; Al adquirir la información general recolectada de la herramienta computacional se procederá a construir las gráficas y nomogramas.

Para la construcción de las gráficas se utilizó la siguiente hoja de cálculo, en la cual se fue variando las dimensiones de la sección y la resistencia cilíndrica a compresión del concreto  $F'_c$ .

**Tabla 5.** Valores para la construcción de las gráficas.

P	As	b	d	Fy	F'c	Mu(Kgf.cm)	Mu(Kgf.m)	Mu(Tn.m)
0	0	60	25	4200	250	0,0000	0	0
0,000667	1	60	25	4200	250	93875,544	938,755	0,939
0,001333	2	60	25	4200	250	186502,176	1865,022	1,865
0,002000	3	60	25	4200	250	277879,896	2778,799	2,779
0,002667	4	60	25	4200	250	368008,704	3680,087	3,680
0,003333	5	60	25	4200	250	456888,600	4568,886	4,569
0,004000	6	60	25	4200	250	544519,584	5445,196	5,445
0,004667	7	60	25	4200	250	630901,656	6309,017	6,309
0,005333	8	60	25	4200	250	716034,816	7160,348	7,160
0,006000	9	60	25	4200	250	799919,064	7999,191	7,999
0,006667	10	60	25	4200	250	882554,400	8825,544	8,826
0,007333	11	60	25	4200	250	963940,824	9639,408	9,639
continua								

**Fuente:** Pérez Adriana, (2018)

Para la construcción de los nomogramas se utilizó la siguiente hoja de cálculo, en la cual se fue variando la resistencia cilíndrica a compresión del concreto  $F'_c$  y el factor de minoración correspondiente a cada norma.

ACI 318-14 y FONDONORMA 1753-2006 = 0,75

COVENIN 1753-1987 = 0,85

**Tabla 6.** Valores para la construcción de los nomogramas.

b (cm)	corte (kgf)	corte (ton)	d (cm)	F'c
10	652,837	0,653	10	210
15	1468,882	1,469	15	210
20	2611,346	2,611	20	210
25	4080,228	4,080	25	210
30	5875,529	5,876	30	210
40	10445,384	10,445	40	210
50	16320,913	16,321	50	210
60	23502,115	23,502	60	210
70	31988,990	31,989	70	210
80	41781,537	41,782	80	210
90	52879,758	52,880	90	210
100	65283,652	65,284	100	210

**Fuente:** Pérez Adriana, (2018)

**Fase V:** Comprobar el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte en ejercicios prácticos aplicando las gráficas, nomogramas y flujogramas desarrollados conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006

Para llevar a cabo esta fase se utilizarán las gráficas y nomogramas en ejercicios prácticos de manera de evaluar dichas herramientas y además de comprobar los resultados obtenidos de manera gráfica con los resultados manuales.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

Luego de haber planteado el objetivo general y los objetivos específicos del presente trabajo, haber realizado la investigación teórica y la metodología del mismo, es pertinente presentar el registro de los resultados obtenidos producto del desarrollo de cada fase definida durante el análisis metodológico del trabajo especial de grado.

**4.1. Describir lineamientos técnicos y filosofía de diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.**

Consultando las distintas fuentes de información tales como normas, guías de diseño, presentaciones de exposiciones, entre otras, se determinó la filosofía y lineamientos técnicos a seguir para diseñar miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte. Los lineamientos y la filosofía de diseño se describen en el capítulo II.

**4.2. Generalizar una metodología de diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.**

Para establecer una metodología de diseño, se tienen que definir los pasos básicos para el desarrollo del procedimiento conforme a la normativa ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006. A continuación, se presentan las metodologías a utilizar:

**4.2.1. Determinación del refuerzo de acero necesario en una sección rectangular simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006**

**Datos:**

**Materiales de la viga**

Resistencia cilíndrica a compresión del concreto:  $F'_c$

Esfuerzo cedente del acero de refuerzo:  $F_y$

**Características de la sección de la viga**

Altura de la sección de la viga:  $h$

Base de la sección de la viga:  $b$

Altura útil de la sección de la viga:  $d = \quad r$

**Recubrimientos según la normativa:**

Tabla 1 Covenin 1753-1987

Tabla 2 FONDONORMA 1753-2006

Tabla 3 ACI 318-14

**Solicitación última**

Momento último:  $M_u$

**Incógnita**

Área de acero de refuerzo a tracción:  $A_s$

**Paso 1. Cálculo de K**

$M_u = k f'_c b d^2$  despejando  $k$

$$k = \frac{M_u}{f'_c b d^2}$$

**Paso 2. Cálculo de cuantía mecánica ( $\omega$ ) y brazo mecánico ( $ju$ ).**

**Procedimiento gráfico:**

con el valor de  $k$  se busca  $ju$  en la tabla 14.

**Procedimiento analítico:**

$$K = \omega (1 - 0,59\omega)$$

= 0,90 asumiendo que esté controlada a tracción.

Se van a obtener dos valores de cuantía mecánica, tomar el valor lógico.

Sustituir el valor de cuantía mecánica ( $\omega$ ) en la siguiente ecuación para obtener ( $ju$ )

$$ju = (1 - 0,59 \omega)$$

**Paso 3. Cálculo del área de acero de refuerzo a tracción ( $A_s$ ).**

Acero mínimo requerido por cálculo para cumplir la condición de resistencia.

$$A_s = \frac{M_u}{F_y ju d}$$

**Paso 4. El  $A_s$  llevarla a un número de cabillas y diámetro comercial.**

verificar que entren en el ancho ( $b$ ) de la sección.

si el  $A_{s_{real}}$  no entra en el ancho de la sección se debe aumentar el diámetro de la cabilla.

**Paso 5. Verificar cuantías**

$\rho_{min}$   $\rho_{real}$   $\rho_{max}$  ok! Condición satisfactoria de diseño  
 cuantía geométrica mínima

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$$

cuantía geométrica acero a tracción

$$\rho_{real} = \frac{A_s}{b d}$$

cuantía geométrica máxima

ACI 318-14

Covenin 1753-87

FONDONORMA 1753-2006

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,625 \rho_b$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \frac{6300}{6300 + f_y}$$

$f_c$	$\beta_1$
210	0,85
240	0,85
280	0,85
320	0,82
350	0,80

$f'_c$	$\beta_1$
$cm^2$	0,85
$> 280 \text{ kgf/cm}^2$	$1,05 - f'_c$

$\rho_{min}$   $\rho_{real}$

✚ Se debe colocar el acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{0,79 \sqrt{F'_c}}{F_y} b_w d \quad \text{para } F'_c > 315 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{F_y} b_w d \quad \text{para } F'_c < 315 \text{ kgf/cm}^2$$

$\rho_{real}$   $\rho_{max}$

✚ Se debe armar doble o aumentar las dimensiones de la sección

#### 4.2.2. Diseño estructural de una de viga rectangular de concreto armado simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006

##### Datos:

##### Materiales de la viga

Resistencia cilíndrica a compresión del concreto:  $F'_c$

Esfuerzo cedente del acero de refuerzo:  $F_y$

Momento máximo mayorado:  $M_u$

##### Recubrimientos según la normativa

Tabla 1 Covenin 1753-1987

Tabla 2 FONDONORMA 1753-2006

Tabla 3 ACI 318-14

##### Incógnitas

Altura de la sección de la viga:  $h$

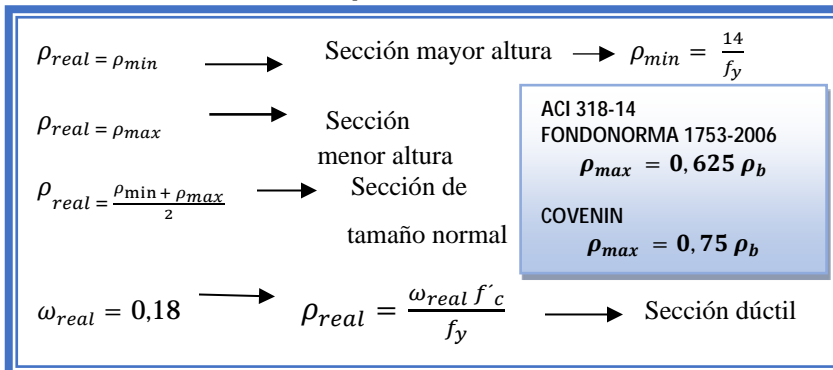
Base de la sección de la viga:  $b$

Área de acero de refuerzo a tracción:  $A_s$

##### Paso 1. Asumir $b$

$b_{min} \geq 25$

##### Paso 2. Asumir cuantía ( $\rho$ )



### Paso 3. Dimensionamiento de la altura de la sección

$$d = \sqrt{\frac{M_u}{\rho b f_y \left(1 - \frac{0,59 \rho f_y}{f'_c}\right)}}$$

### Paso 4. Cálculo de la altura de la sección de la viga

$$h = d + r$$

¿sección con buena apariencia estructural?

Si, se continua con el paso 5.

No, se escoge una nueva base o  $\rho$  ( paso 1 y paso 2 respectivamente).

### Paso 5. Cálculo de k

$$K = \frac{M_u}{f'_c b d^2}$$

### Paso 6. Cálculo de cuantía mecánica ( $\omega$ ) y brazo mecánico ( $ju$ )

#### Procedimiento gráfico:

con el valor de k se puede buscar ju en la tabla 14

#### Procedimiento analítico:

$$K = \omega (1 - 0,59\omega)$$

= 0,90 asumiendo que esté controlada a tracción

Se van a obtener dos valores de cuantía mecánica, tomar el valor lógico.

Sustituir el valor de cuantía mecánica ( $\omega$ ) en la siguiente ecuación para obtener ( $ju$ )

$$ju = (1 - 0,59 \omega)$$

### Paso 7. Cálculo del área de acero de refuerzo a tracción ( $A_s$ )

$$A_s = \frac{M_u}{F_y ju d}$$

### Paso 8. El $A_s$ llevarla a un numero de cabillas y diámetro comercial

verificar que entren en el ancho (b) de la sección

si el  $A_{s_{real}}$  no entra en el ancho de la sección se debe aumentar el diámetro de la cabilla

**Paso 9. Verificar cuantías**

$\rho_{min}$   $\rho_{real}$   $\rho_{max}$  ok! Condición satisfactoria de diseño

**cuantía geométrica mínima**

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$$

**cuantía geométrica acero a tracción**

$$\rho_{real} = \frac{A_{s\ real}}{b\ d}$$

**cuantía geométrica máxima**

ACI 318-14

Covenin 1753-87

FONDONORMA 1753-2006

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0,625 \rho_b$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \frac{6300}{6300 + f_y}$$

$f'_c$	$\beta_1$
210	0,85
240	0,85
280	0,85
320	0,82
350	0,80

$f'_c$	$\beta_1$
$cm^2$	0,85
$> 280\ kgf/cm^2$	$1,05 - f'_c$

$\rho_{min}$   $\rho_{real}$

✚ Se debe colocar el acero mínimo

$$A_{s\ min} = \frac{0,79 \sqrt{F'_c}}{F_y} b_w d \quad \text{para } F'_c \geq 315\ kgf/cm^2$$

$$A_{s\ min} = \frac{14}{F_y} b_w d \quad \text{para } F'_c < 315\ kgf/cm^2$$

$\rho_{real}$   $\rho_{max}$

✚ Se debe armar doble o aumentar las dimensiones de la sección

**4.2.3. Determinación del refuerzo de acero necesario en una sección rectangular simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006. (método rectangular equivalente de esfuerzos)**

**Datos:**

**Materiales de la viga**

Resistencia cilíndrica a compresión del concreto:  $F'_c$

Esfuerzo cedente del acero de refuerzo:  $F_y$

**Características de la sección de la viga**

Altura de la sección de la viga:  $h$

Base de la sección de la viga:  $b$

Altura útil de la sección de la viga:  $d = r$

**Recubrimientos según la normativa**

Tabla 1 Covenin 1753-1987

Tabla 2 FONDONORMA 1753-2006

Tabla 3 ACI 318-14

**Solicitud ultima**

Momento ultimo:  $M_u$

**Incógnita**

Área de acero de refuerzo a tracción:  $A_s$

$$M_u \leq M_n = 0,90 \quad M_u = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

**Paso 1. Se calcula  $C_{asum}$**

$$C = \left\{ \frac{1}{4} d ; \frac{1}{3} d \right\}$$

✚ El  $C_{asum}$  es un rango entre estos dos valores

**Paso 2. Se calcula el  $A_s$  por el método iterativo**

1. Con el valor de  $C_{asum}$  calculado en el paso 1, se calcula  $a_{asumido} = \beta_1 C_{asum}$

2. Se calcula  $A_{s\text{calculado}} = \frac{M_u}{f_y \left( d - \frac{a_{asumido}}{2} \right)}$

3. Se calcula  $a_{calculado} = \frac{A_{s calculada} F_y}{0,85 F'_c b}$

$$a_{asumido} \quad A_{s calculada} \quad a_{calculado}$$

$$\quad \quad \quad =$$

**Al lograr la convergencia  $a_{asumido} = a_{calculado}$  se obtiene el  $A_s$**

- ✚ El valor de  $a_{calculado}$  se compara con el valor  $a_{asumido}$ , si los valores están cercanos o coinciden se finaliza el método iterativo y se obtiene el  $A_s$ .
- ✚ Si no se toma el valor  $a_{calculado}$  y se coloca en la columna de  $a_{asumido}$ , esto se repite hasta que el valor  $a_{calculado}$  sea igual al valor de  $a_{asumido}$ . Cuando se llega a la igualdad se toma el  $A_s$ .

**Paso 3. El  $A_s$  llevarla a un numero de cabillas y diámetro comercial**

verificar que entren en el ancho (b) de la sección  
 si el  $A_{s real}$  no entra en el ancho de la sección se debe aumentar el diámetro de la cabilla

**Paso 4. Verificar cuantías normativas**

$\rho_{min}$   $\rho_{real}$   $\rho_{max}$  ok! Condición satisfactoria de diseño

cuantía geométrica mínima

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$$

cuantía geométrica acero a tracción

$$\rho_{real} = \frac{A_{s real}}{b d}$$

cuantía geométrica máxima

ACI 318-14 FONDONORMA 1753-2006 $\rho_{max} = 0,625 \rho_b$	<b>Covenin 1753-87</b> $\rho_{max} = 0,75 \rho_b$
---	--

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \frac{6300}{6300 + f_y}$$

$f_c$	$\beta_1$	$f'_c$	$\beta_1$
210	0,85	$cm^2$	0,85
240	0,85	$> 280 \text{ kgf/cm}^2$	$1,05 - f'_c$
280	0,85		
320	0,82		
350	0,80		

$\rho_{min}$   $\rho_{real}$

✚ Se debe colocar el acero mínimo

$$A_{S_{min}} = \frac{0,79 \sqrt{F'_c}}{F_y} b_w d \quad \text{para } F'_c \geq 315 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_{S_{min}} = \frac{14}{F_y} b_w d \quad \text{para } F'_c < 315 \text{ kgf/cm}^2$$

$\rho_{real}$   $\rho_{max}$

✚ Se debe armar doble o aumentar las dimensiones de la sección

**4.2.4. Revisión estructural de una sección de viga rectangular de concreto armado simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006.**

**Datos:**

**Materiales de la viga**

Resistencia cilíndrica a compresión del concreto:  $F'_c$

Esfuerzo cedente del acero de refuerzo:  $F_y$

**Características de la sección de la viga**

Base de la sección de la viga:  $b$

Altura de la sección la viga:  $h$

Altura útil de la sección de la viga:  $d = h - r$

Área de acero de refuerzo a tracción:  $A_s$

**Recubrimientos según la normativa**

Tabla 1 Covenin 1753-1987

Tabla 2 FONDONORMA 1753-2006

Tabla 3 ACI 318-14

$$M_u = k f'_c b d^2$$

$$M_u = A_s f_y j u d$$

$$M_u \leq M_n$$

**Paso 1. Calcular el  $M_u$  por sollicitación mayorado**

depende de la carga, la condición de apoyo y la longitud de la viga

**Paso 2. Cálculo de cuantía geométrica**

$$\rho = \frac{A_s}{b d}$$

**Paso 3. Cálculo de Cuantía mecánica ( $\omega$ ) y ( $k$ )**

$$\omega = \frac{\rho f_y}{f'_c} \qquad \omega = \frac{A_s f_y}{b d f'_c}$$

$$k = \omega (1 - 0,59\omega) \longrightarrow = 0,90$$

Con el valor de k puedo sustituir directamente en la ecuación  $M_u = k f'_c b d^2$

**Paso 4. Cálculo de brazo mecánico ( $ju$ )**

$$ju = (1 - 0,59 \omega)$$

**Paso 5. Calcular la resistencia nominal minorada o momento último que resiste la viga**

$$M_u = A_s f_y j u d$$

**Paso 6. Verificar cuantías normativas**

$\rho_{min}$   $\rho_{real}$   $\rho_{max}$  ok! Condición satisfactoria de diseño

cuantía geométrica mínima

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y}$$

cuantía geométrica acero a tracción

$$\rho_{real} = \frac{A_{s \text{ real}}}{b d}$$

cuantía geométrica máxima

ACI 318-14  
FONDONORMA 1753-2006  
 $\rho_{max} = 0,625 \rho_b$

Covenin 1753-87  
 $\rho_{max} = 0,75 \rho_b$

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \frac{6300}{6300 + f_y}$$

$f'_c$	$\beta_1$
210	0,85
240	0,85
280	0,85
320	0,82
350	0,80

$f'_c$	$\beta_1$
$cm^2$	0,85
$> 280 \text{ kgf/cm}^2$	$1,05 - f'_c$

$\rho_{min}$     $\rho_{real}$

✚ Se debe colocar el acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{0,79 \sqrt{F'_c}}{F_y} b_w d \quad \text{para } F'_c > 315 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14}{F_y} b_w d \quad \text{para } F'_c < 315 \text{ kgf/cm}^2$$

$\rho_{real}$     $\rho_{max}$

✚ Se debe armar doble o aumentar las dimensiones de la sección.

**4.2.5. Determinación del diámetro y la separación de los estribos a lo largo de la viga para resistir fuerzas cortantes conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006**

**Datos:**

**Materiales de la viga**

Resistencia cilíndrica a compresión del concreto:  $F'_c$

Esfuerzo cedente del acero de refuerzo:  $F_y$

**Dimensiones de la viga**

Altura de la viga:  $v$

Ancho de la viga:  $b_v$

Longitud: L

**Recubrimientos según la normativa**

Tabla 1 Covenin 1753-1987

Tabla 2 FONDONORMA 1753-2006

Tabla 3 ACI 318-14

**Incógnitas:**

Diámetro y separación de los estribos

**Paso 1. Calcular el diagrama de corte**

**Paso 2. Calculo de la altura**

$$d = \quad r$$

**Paso 3. Calculo del cortante critico ( $V_d$ ) a una distancia d de la cara de la columna**

Por medio de una relación de triángulo

Si no tengo las dimensiones de la columna asumir d desde el apoyo

**Paso 4. Calculo del cortante resistente al concreto ( $V_c$ )**

Según el ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y FONDONORMA 1753-2006:

$$V_c = 0,53 \sqrt{F'_c} b_w d$$

**Paso 5. Chequeo la separación máxima según normativa**

ACI 318-14 y FONDONORMA 1753-2006

COVENIN 1753-87

$$(V_u - V_c) \leq 1,06 \sqrt{F'_c} b_w d \\ = 0,75$$

$$(V_u - V_c) \leq 1,06 \sqrt{F'_c} b_w d \\ = 0,85$$

Si cumple  $\longrightarrow$   $Sep_{max} =$

Si no cumple  $\longrightarrow$   $Sep_{max} =$

Si  $(V_u - V_c)$  da negativo? La viga no requiere acero transversal ya que el concreto resiste todo.

**Paso 6. Calcular la separación de estribos**

$$A_v = N^\circ \text{ de ramas } A_s$$

$A_v =$  acero de refuerzo transversal.

$N^\circ$  de ramas : se traza un plano horizontal , será el número de verticales que corte el acero transversal colocado.

$A_s$  = área del estribo.

Para vigas comunes se usa estribos de  $b = 3/8"$  ( diámetro mínimo )

$$Sep_1 = \frac{A_v F_y d}{(V_u - V_c)} \longrightarrow \text{redondeo a múltiplos de 5 hacia abajo}$$

**Comparar separación máxima (paso 5) con  $Sep_1$  para ver cuál predomina**

Si  $Sep_1 > Sep_{max} \longrightarrow$  se coloca la  $Sep_{max}$

### **Recomendaciones**

En caso de que la separación de estribos de menor a 10cm se recomienda modificar  $A_v$  o d.

No se recomienda colocar separaciones de estribos menores a 10cm.

### **Paso 7. Optimización de la separación de los estribos a lo largo de la viga.**

Con el corte  $V_d$  calculo la separación desde el apoyo hasta  $V_{2d}$  y con  $V_{2d}$  calculo la separación desde ese punto  $V = 0$  y con esto logro optimizar la colocación de los estribos.

### **Paso 8. Calculo del cortante critico $V_{2d}$ a una distancia $2d$ por medio de una relación de triangulo.**

### **Paso 9. Calcular la separación de estribos ( $sep_2$ ) con $V_{2d}$ .**

### **Paso 10. Detalle de colocación del acero transversal por corte en la viga.**

**4.3. Esquematizar los pasos a seguir para el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.**

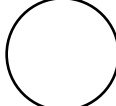
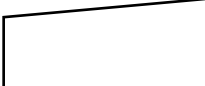

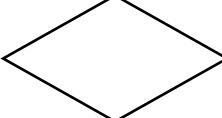


Los diagramas de flujos que se presentan a continuación tienen por objeto facilitar la aplicación de la metodología descrita en el objetivo anterior.

Se incluyen los siguientes flujogramas:

1. Determinación del refuerzo de acero necesario en una sección rectangular simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006.
2. Diseño estructural de una viga rectangular de concreto armado simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006.
3. Determinación del refuerzo de acero necesario en una sección rectangular simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006. (método rectangular equivalente de esfuerzos).
4. Revisión estructural de una sección de viga rectangular de concreto armado simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006.
5. Determinación del diámetro y la separación de los estribos a lo largo de la viga para resistir fuerzas cortantes conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006

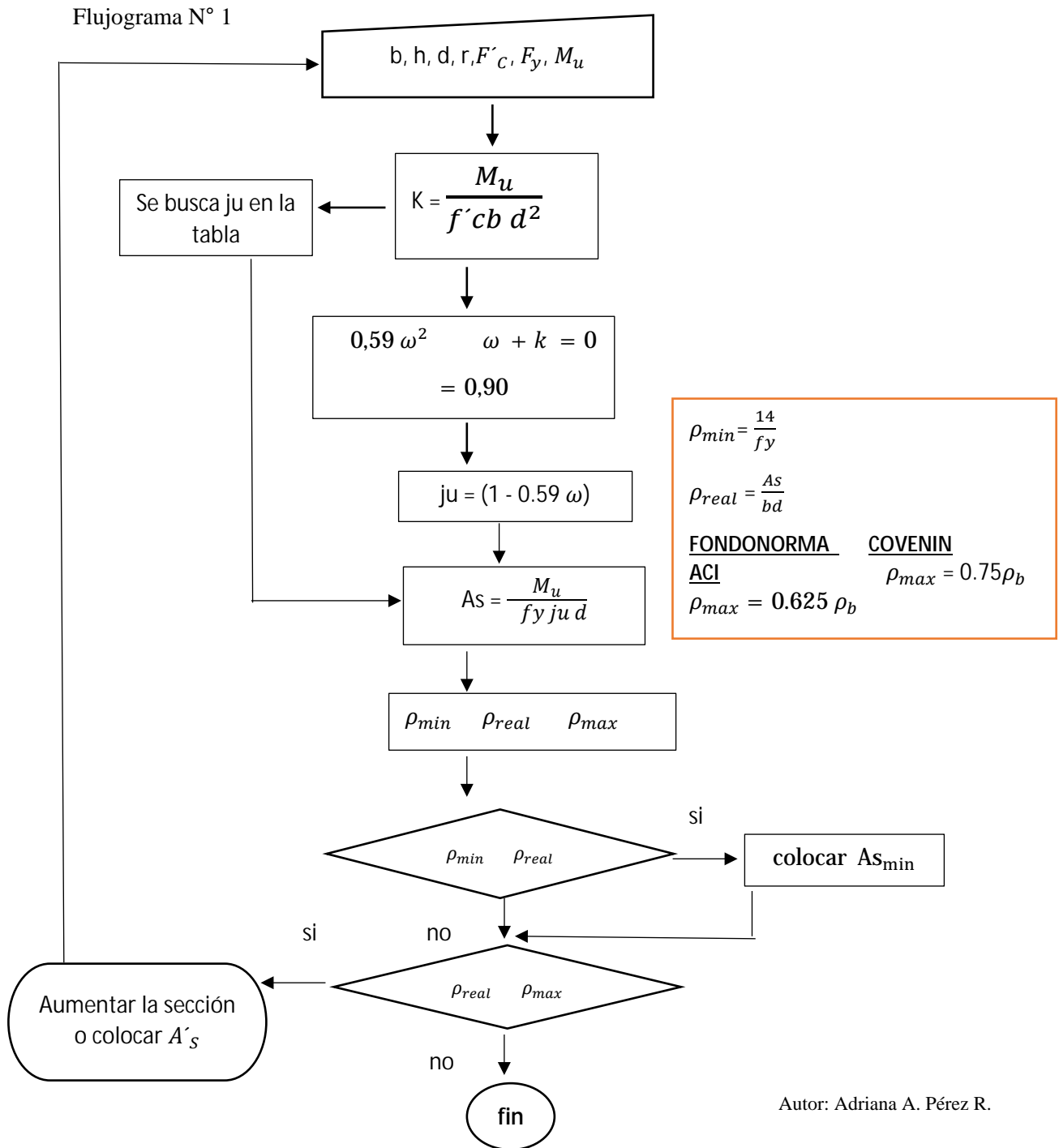
La simbología usada para la elaboración de estos diagramas de flujos se define en la siguiente tabla:

**Tabla7:** Simbología en los diagramas de flujos

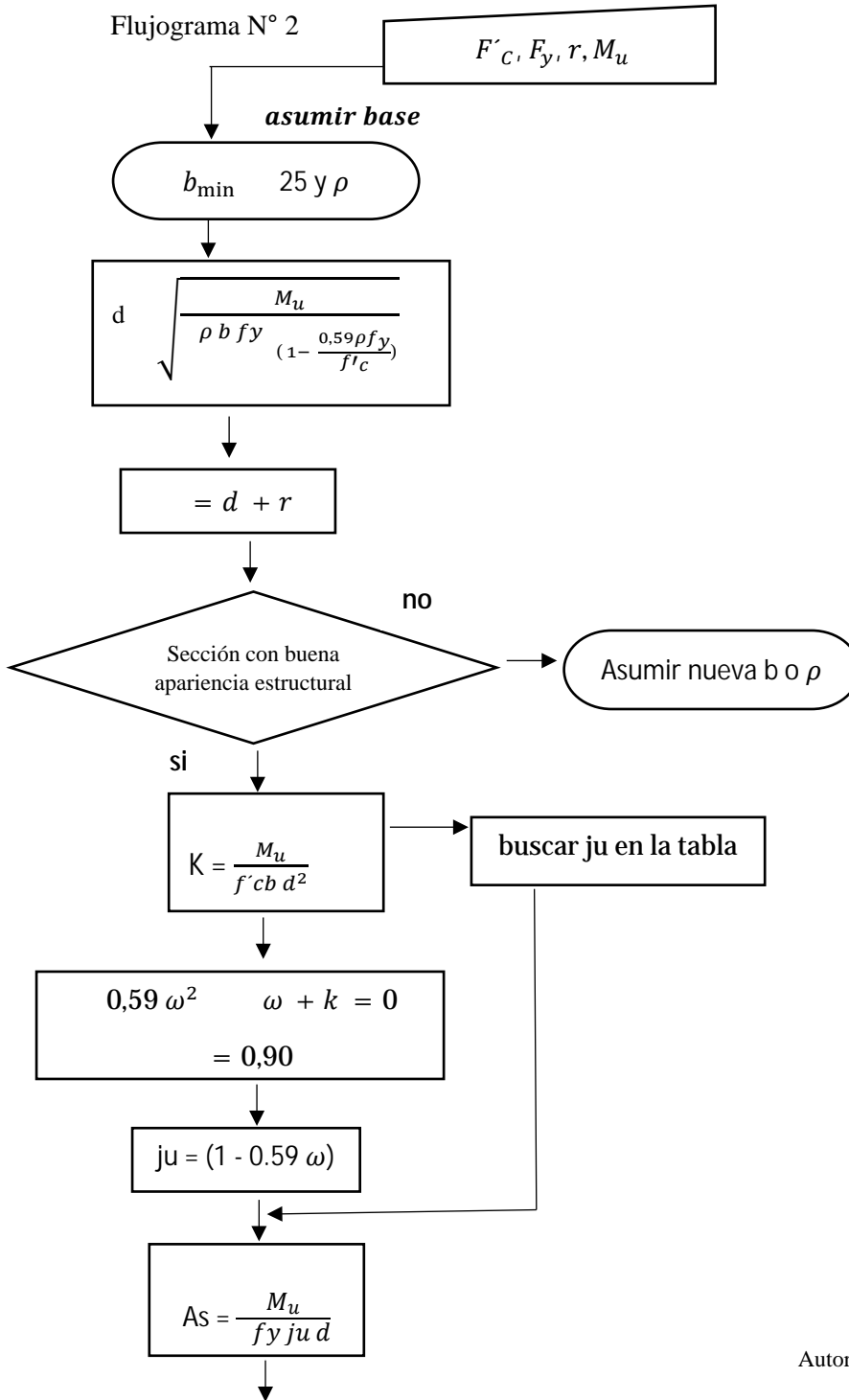
<b>Nombre</b>	<b>Imagen</b>	<b>Descripción</b>
<b>Inicio, Fin Continuación</b>		<b>Define el inicio, fin o continuación de un diagrama de flujo</b>
<b>Datos</b>		<b>Define los datos externos necesarios para utilizar en algún proceso</b>
<b>Decisión</b>		<b>Define un proceso de decisión de dos o más alternativas</b>
<b>Opción</b>		<b>Define una pregunta o proceso de selección de dos o más alternativas</b>
<b>Operaciones</b>		<b>Define análisis, calculo o algún otro proceso necesario dentro del diagrama de flujo</b>
<b>Conector</b>		<b>Define la conexión entre cada uno de los símbolos</b>

**Fuente:** Pérez Adriana, (2018)

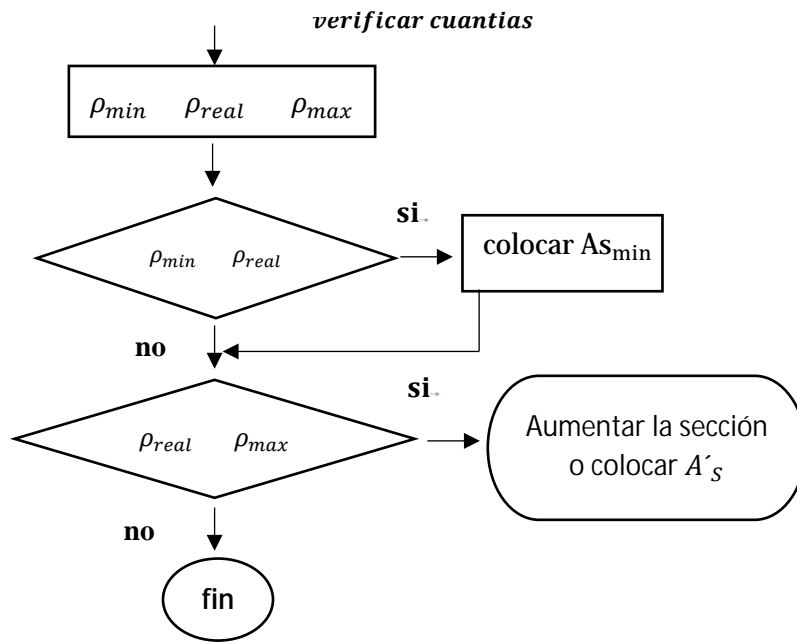
**4.3.1. Determinación del refuerzo de acero necesario en una sección rectangular simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006**



**4.3.2. Diseño de una sección rectangular simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006**



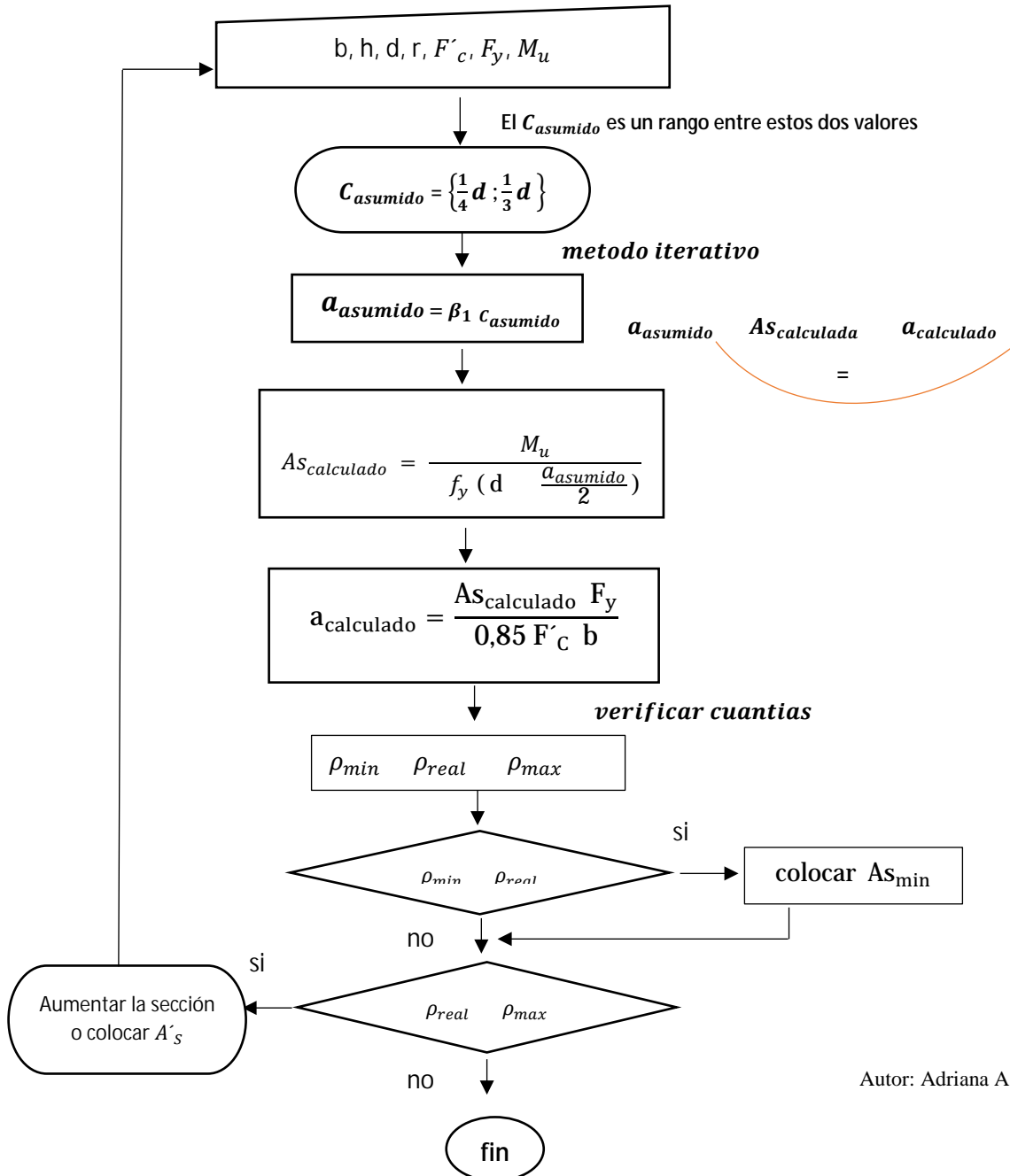
Autor: Adriana A. Pérez R.



**4.3.3. Determinación del refuerzo de acero necesario en una sección rectangular simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006.**

Flujograma N° 3

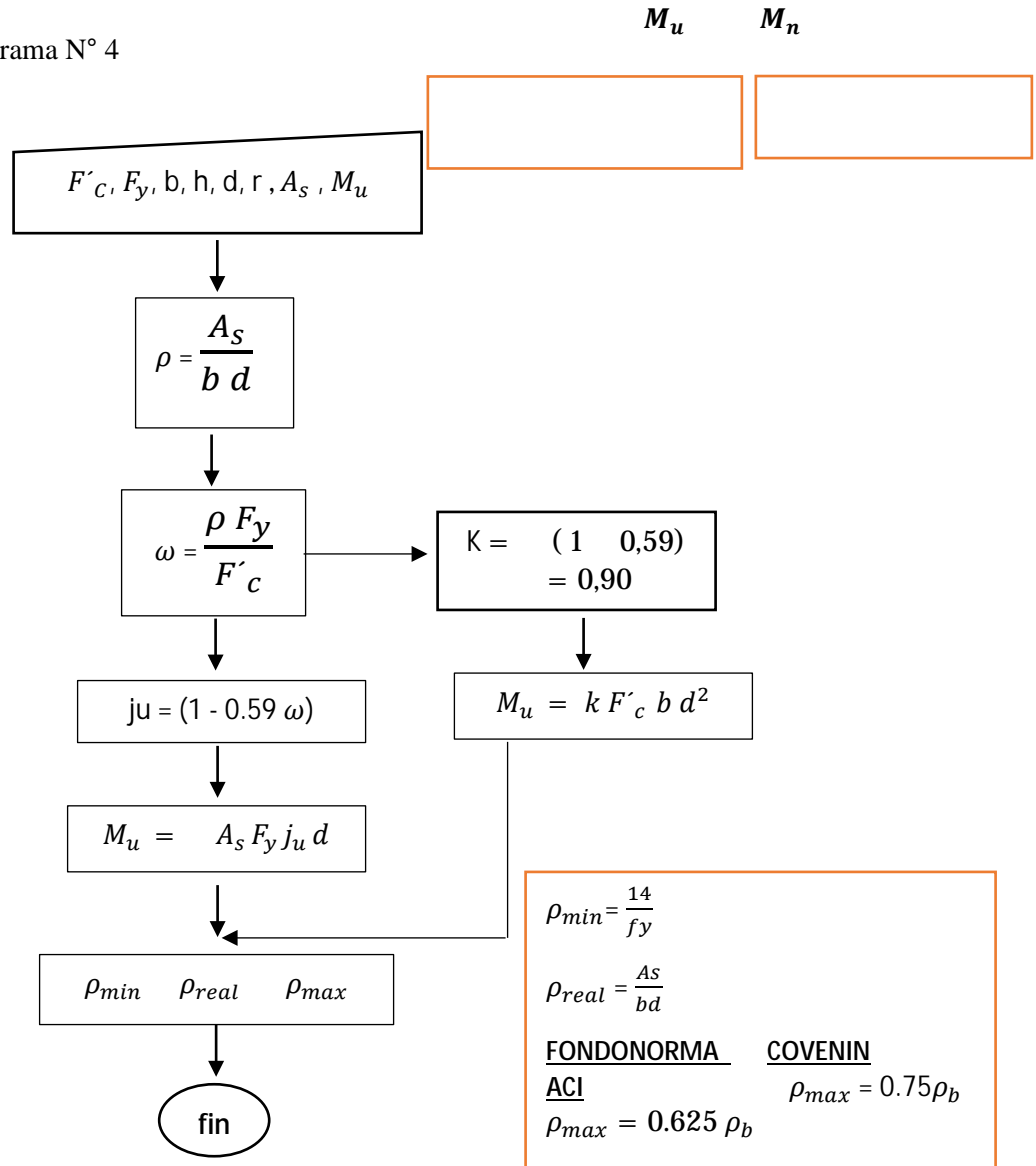
**Método rectangular equivalente de esfuerzos**



Autor: Adriana A. Pérez R.

**4.3.4. Revisión estructural de una sección de viga rectangular de concreto armado simplemente armada conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006**

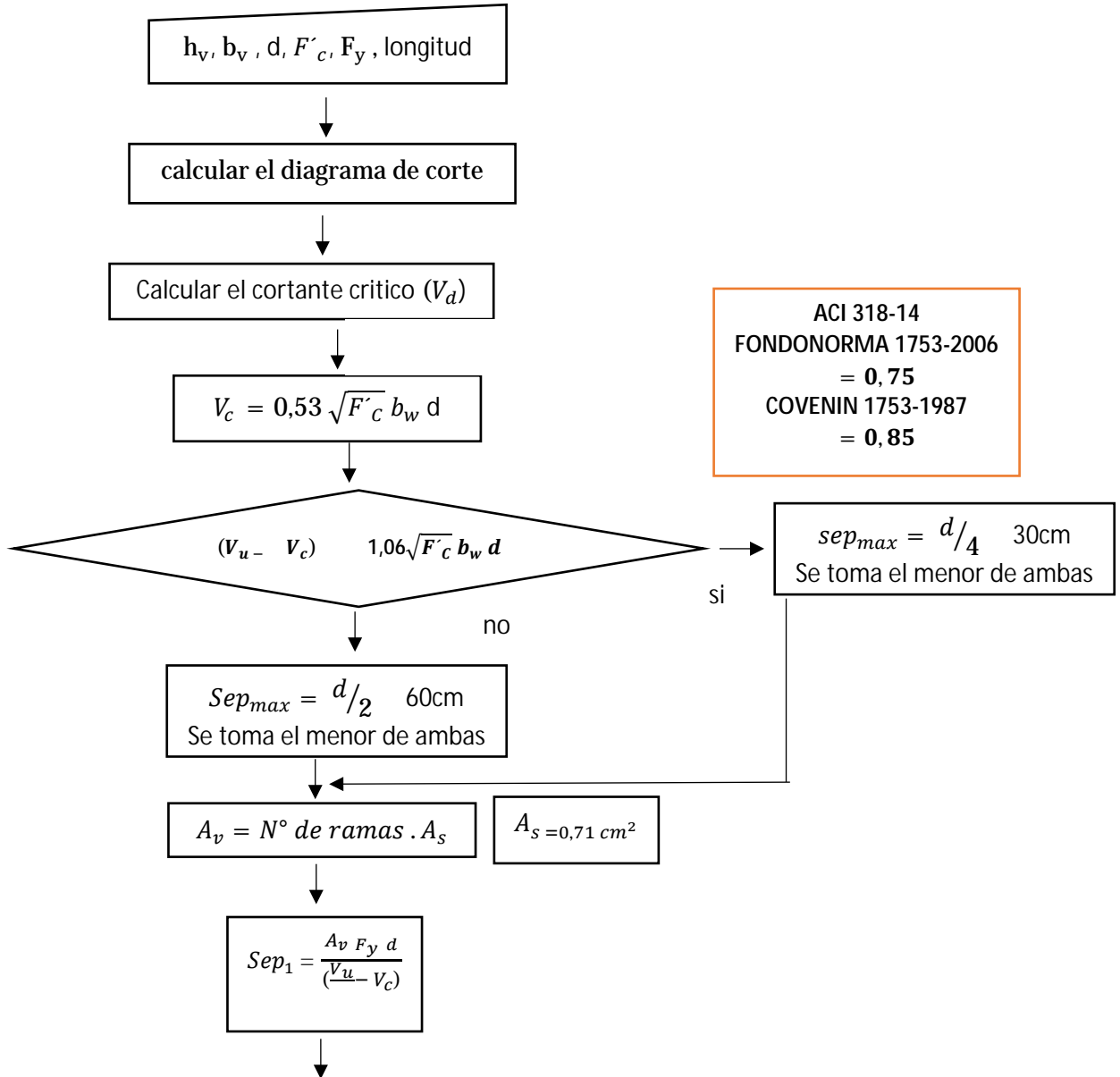
Flujograma N° 4



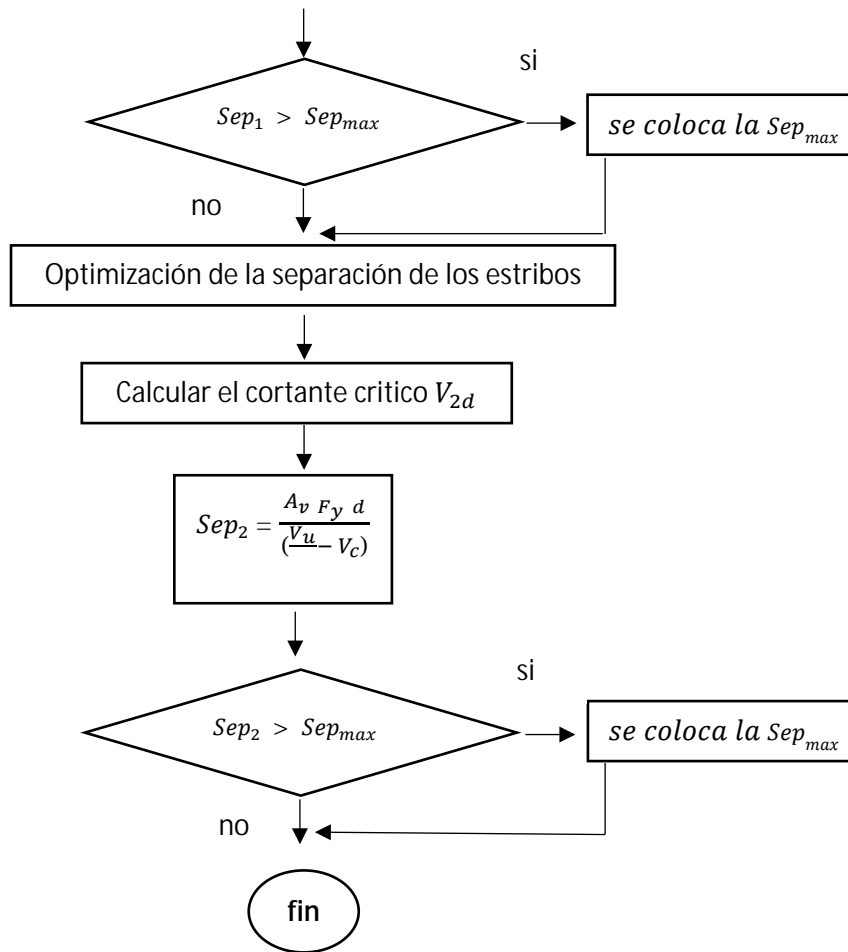
Autor: Adriana A. Pérez R.

**4.3.5. Determinación del diámetro y la separación de los estribos a lo largo de la viga para resistir fuerzas cortantes conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006**

Flujograma N° 5



Autor: Adriana A. Pérez R.



**4.4. Elaborar gráficas y nomogramas para el diseño de miembros de concreto reforzado sometidos a flexión y corte conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.**

La familia de gráficas y nomogramas se presenta en los anexos de este trabajo de grado.

**4.5. Comprobar el diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte en ejercicios prácticos aplicando las gráficas, nomogramas y flujogramas desarrollados conforme al ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y el documento técnico FONDONORMA 1753-2006.**

Mediante la demostración de los ejercicios presentados a continuación, se puede constatar la utilización de la gráficas y nomogramas.

**4.5.1. Ejercicio N° 1**

**Datos:**

**Materiales de la viga**

Resistencia cilíndrica a compresión del concreto:  $F'_c = 210 \frac{kgf}{cm^2}$

Esfuerzo cedente del acero de refuerzo  $F_y = 4200 \frac{kgf}{cm^2}$

**Características de la sección de la viga**

Altura de la sección de la viga:  $h = 50 \text{ cm}$

Base de la sección de la viga:  $b = 30 \text{ cm}$

Altura útil de la sección de la viga:  $d = \quad r = 45 \text{ cm}$

Recubrimiento:  $r = 5 \text{ cm}$

**Solicitación última**

Momento último:  $M_u = 14.000 \text{ kgf. m} = 14 \text{ ton. m}$

**Incógnita**

Área de acero de refuerzo a tracción:  $A_s$

**Por fórmula :**

1.  $K = \frac{M_u}{f'_c b d^2} = 0,1097$

✚ Procedimiento analítico



$$\omega_1 = 1,5627$$

$$\omega_2 = 0,1322$$

2.  $0,59 \omega^2 \quad \omega + k = 0$

Se toma el valor lógico  $\omega = 0,1322$

asumiendo que la seccion esta controlada a traccion  $= 90$

3.  $j_u = (1 - 0.59 \omega) = 0,9220$

✚ Procedimiento grafico

**Tabla 8.** Valor de  $j_u$  para  $k = 0,1097$

$\omega$		0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,11	k	0,0926	0,0934	0,0941	0,0949	0,0957	0,0965	0,0973	0,0980	0,0988	0,0996
	$j_u$	0,935	0,935	0,934	0,933	0,933	0,932	0,932	0,931	0,930	0,930
0,12	k	0,1004	0,1011	0,1019	0,1027	0,1034	0,1042	0,1050	0,1057	0,1065	0,1073
	$j_u$	0,929	0,929	0,928	0,927	0,927	0,926	0,926	0,925	0,924	0,924
0,13	k	0,1080	0,1088	0,1095	0,1103	0,1111	0,1118	0,1126	0,1133	0,1141	0,1148
	$j_u$	0,923	0,923	0,922	0,922	0,921	0,920	0,920	0,919	0,919	0,918

Fuente: Pérez Adriana, (2018)

4.  $A_s = \frac{M_u}{f_y j_u d} = 8,93 \text{ cm}^2$

✚ El  $A_s$  llevarla a un numero de cabillas y diámetro comercial

$A_{s\text{real}} = 5 \frac{5}{8} = 9,90 \text{ cm}^2$

5.  $\rho_{min} \quad \rho_{real} \quad \rho_{max}$

$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = 0,003333$

$\rho_{real} = \frac{A_{s\text{real}}}{b d} = 0,00733$

**FONDONORMA 1753-2006**

**ACI 318-14**

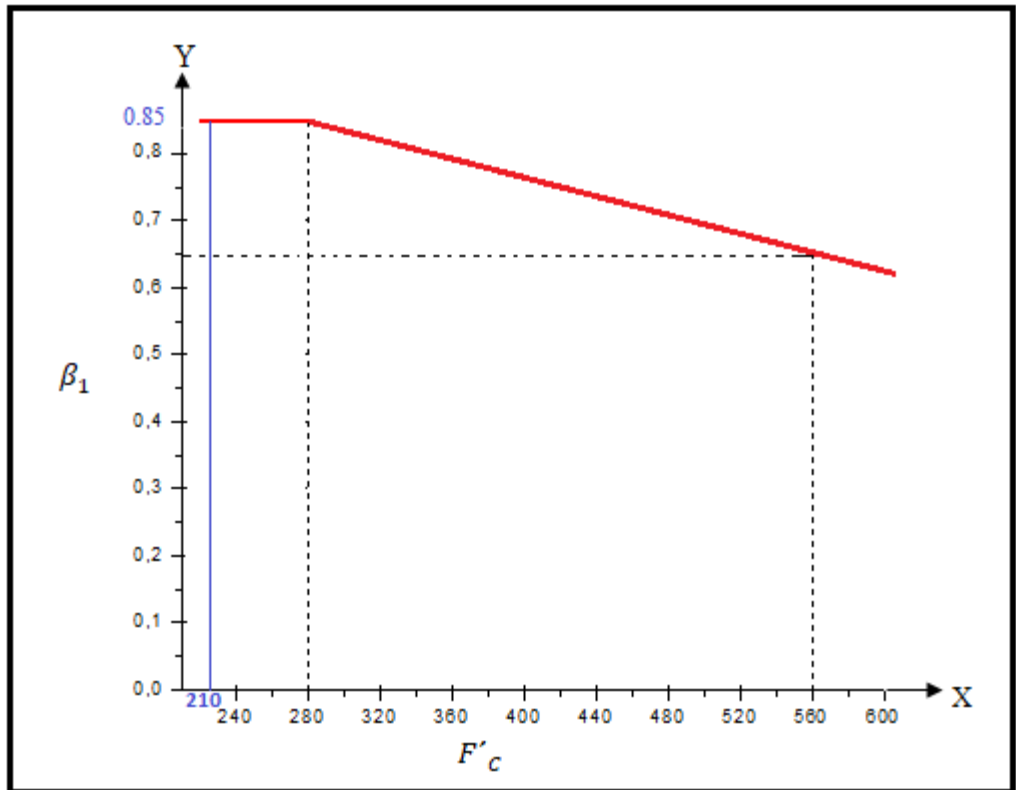
$\rho_{max} = 0.625 \rho_b = 0,0135$

$\rho_{min} \quad \rho_{real} \quad \rho_{max}$

0,003333    0,00733    0,0135 **ok! condición satisfactoria de diseño**

$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 F'_c}{F_y} \frac{6300}{6300+F_y} = 0,0216$

**Gráfico 1.** Valor de  $\beta_1$  para  $F'_C = 210 \frac{kg}{cm^2}$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**COVENIN 1753-1987**

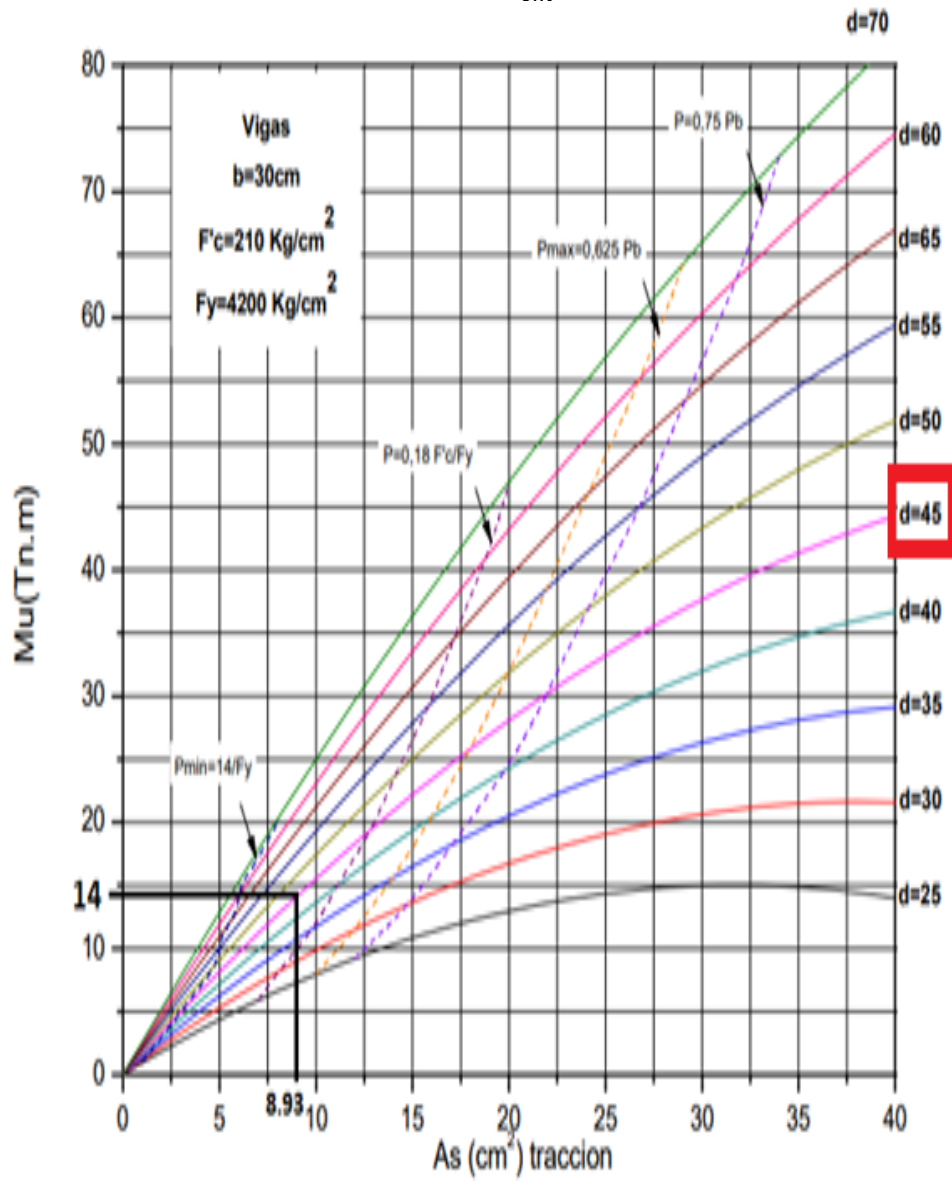
$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,0162 \quad \rho_{min} \quad \rho_{real} \quad \rho_{max}$$

$$0,003333 \quad 0,00733 \quad 0,0162 \quad \text{ok! condición satisfactoria de diseño}$$

**Por gráfica:**

1. Se busca el valor  $M_u = 14 \text{ ton.m}$  en el eje Y , a la izquierda de la gráfica
2. Se busca  $d = 45$  en el eje Y, a la derecha de la gráfica
3. Se intercepta el valor de  $M_u$  con  $d$  , finalmente se lee el valor de  $A_s = 8,93 \text{ cm}^2$  en el eje x

**Gráfico 2.** Cálculo del área de acero a tracción a través de gráficas para  $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $b = 30 \text{ cm}$



**Fuente:** Pérez Adriana, (2018)

## 4.5.2. Ejercicio N° 2

### Datos:

#### Materiales de la viga

Resistencia cilíndrica a compresión del concreto:  $f'_c = 250 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Esfuerzo cedente del acero de refuerzo  $F_y = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

#### Características de la sección de la viga

Recubrimiento:  $r = 5 \text{ cm}$

#### Solicitación última

Momento último:  $M_u = 27.000 \text{ kgf.m} = 27 \text{ ton.m}$

#### Incógnita

Área de acero de refuerzo a tracción:  $A_s$

Altura de la sección de la viga:  $h$

Base de la sección de la viga:  $b$

### Por fórmula

#### 1. Para una sección dúctil

Asumiendo  $\omega_{real} = 0,18$   $\rho_{real} = \frac{\omega_{real} f'_c}{f_y} = 0,0107$

#### 2. Asumiendo $b = 30 \text{ cm}$

$$3. \quad d = \sqrt{\frac{M_u}{\rho b f_y \left(1 - \frac{0,59 \rho f_y}{f'_c}\right)}} = 49,89 \quad 50 \text{ cm}$$

$$4. \quad h = d + r = 55 \text{ cm}$$

$$5. \quad K = \frac{M_u}{f'_c b d^2} = 0,144$$

✚ Procedimiento analítico

$$6. \quad 0,59 \omega^2 \quad \omega + k = 0 \quad \rightarrow \quad \omega_1 = 1,5160$$

$$\omega_2 = 0,1789$$

Se toma el valor lógico  $\omega = 0,1789$

asumiendo que la sección está controlada a tracción  $= 90$

$$7. \quad j_u = (1 - 0,59 \omega) = 0,8944$$

✚ procedimiento gráfico

**Tabla 9.** Valor de  $j_u$  para  $k = 0,144$

$\omega$		0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,17	k	0,1377	0,1384	0,1391	0,1398	0,1405	0,1412	0,1420	0,1427	0,1434	0,1441
	ju	0,900	0,899	0,899	0,898	0,897	0,897	0,896	0,896	0,895	0,894
0,18	k	0,1448	0,1455	0,1462	0,1469	0,1476	0,1483	0,1490	0,1497	0,1504	0,1511
	ju	0,894	0,893	0,893	0,892	0,891	0,891	0,890	0,890	0,889	0,888

Fuente: Pérez Adriana, (2018)

8.  $A_s = \frac{M_u}{f_y j_u d} = 15,97 \text{ cm}^2$

✚ El  $A_s$  llevarla a un numero de cabillas y diámetro comercial

$A_{s\text{real}} = 1" = 20,27 \text{ cm}^2$

9.  $\rho_{min} \quad \rho_{real} \quad \rho_{max}$

$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = 0,003333$

$\rho_{real} = \frac{A_{s\text{real}}}{b d} = 0,0135$

**FONDONORMA 1753-2006**

**ACI 318-14**

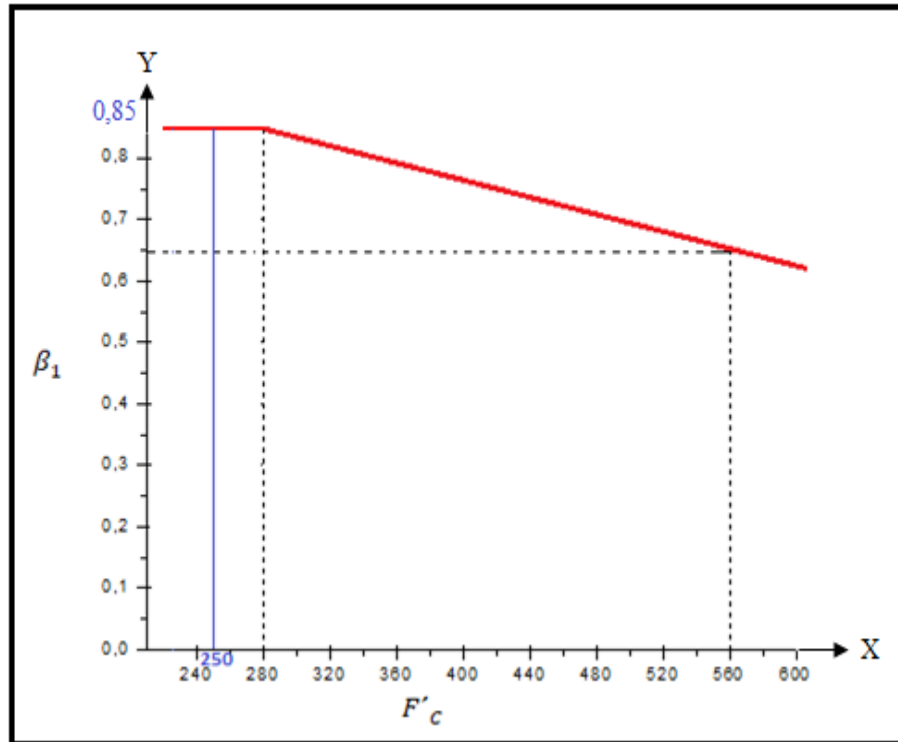
$\rho_{max} = 0,625 \rho_b = 0,0161$

$\rho_{min} \quad \rho_{real} \quad \rho_{max}$

0,003333    0,0135    0,0161 ok! condición satisfactoria de diseño

$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f'c}{f_y} \frac{6300}{6300+f_y} = 0,0258$

**Gráfico 3.** Valor de  $\beta_1$  para  $F'_c = 250 \frac{kg}{cm^2}$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**COVENIN 1753-1987**

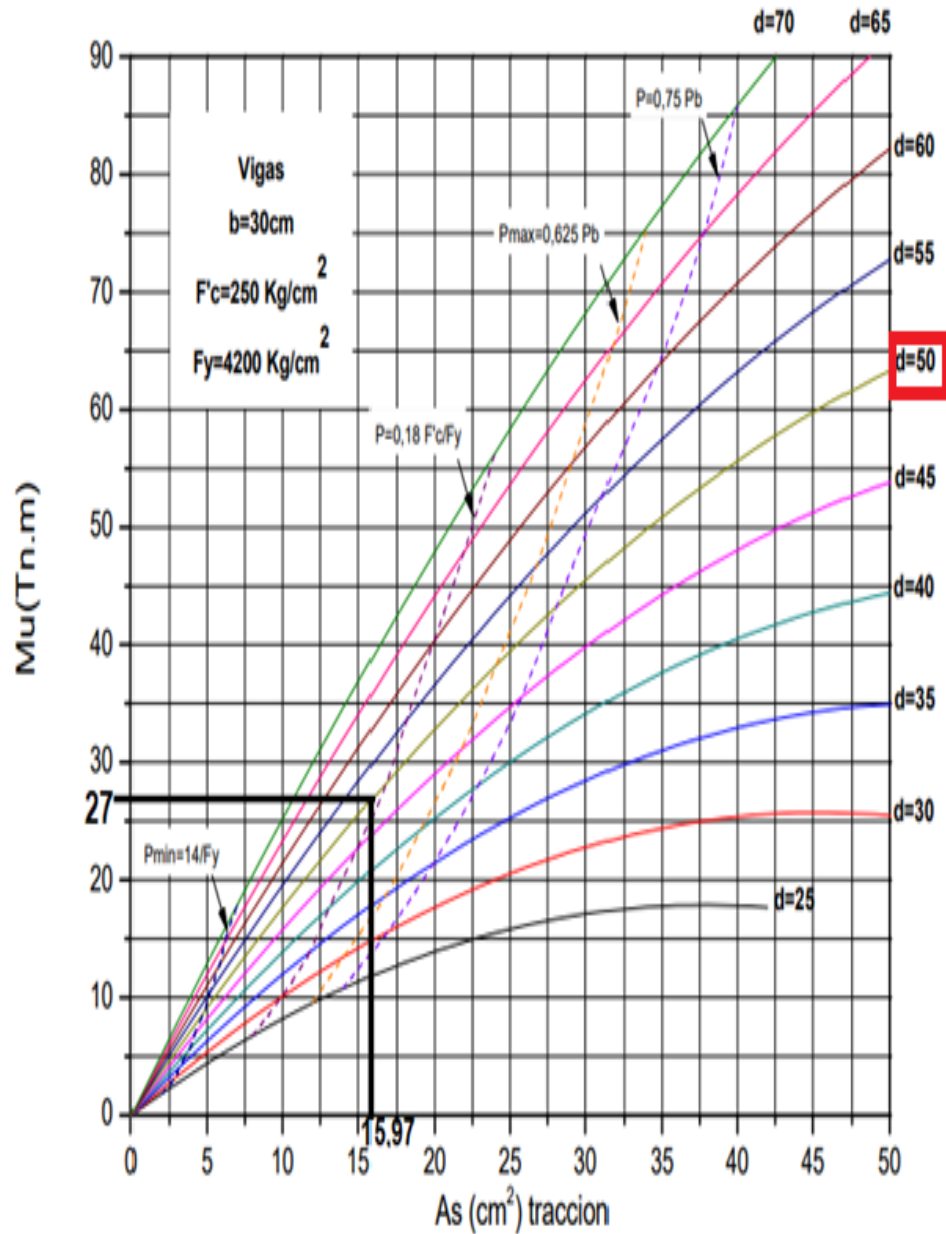
$$\rho_{max} = 0.75 \rho_b = 0,0193 \qquad \rho_{min} \quad \rho_{real} \quad \rho_{max}$$

0,003333    0,0135    0,0193 **ok! condición satisfactoria de diseño**

**Por gráfica:**

1. Se busca el valor  $M_u = 27 \text{ ton.m}$  en el eje Y , a la izquierda de la gráfica
2. Se busca  $d = 50$  en el eje Y, a la derecha de la gráfica
3. Se intercepta el valor de  $M_u$  con  $d$  , finalmente se lee el valor de  $A_s = 15,97 \text{ cm}^2$  en el eje x

**Gráfico 4.** Cálculo del área de acero a tracción a través de gráficas para  $F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$  y  $b = 30 \text{ cm}$



**Fuente:** Pérez Adriana, (2018)

### 4.5.3. Ejercicio N° 3

#### Datos

##### Materiales de la viga

Resistencia cilíndrica a compresión del concreto:  $F'_c = 250 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Esfuerzo cedente del acero de refuerzo  $F_y = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

##### Características de la sección de la viga

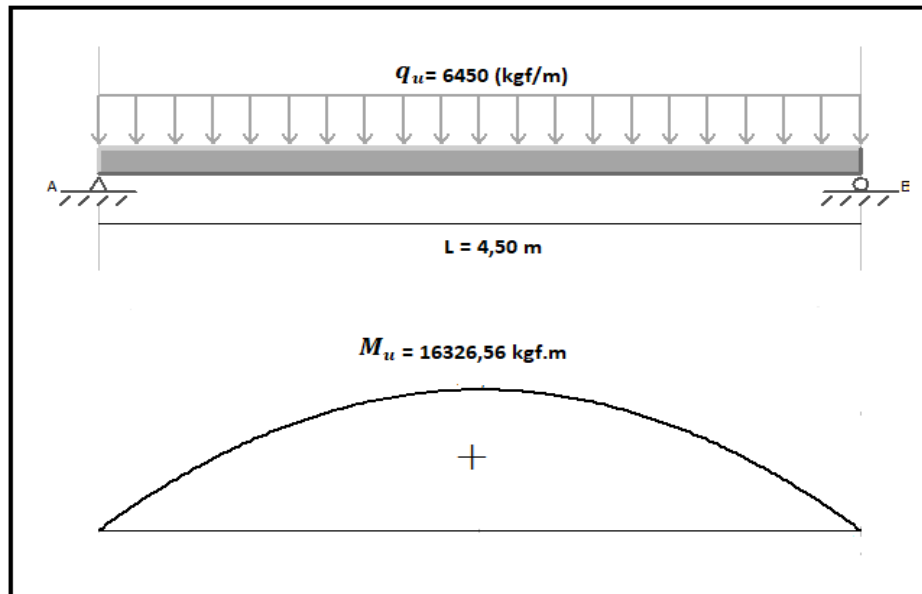
Base de la sección de la viga:  $b = 30 \text{ cm}$

Altura de la sección de la viga:  $h = 50 \text{ cm}$

Altura útil de la sección de la viga:  $d = h - r = 45 \text{ cm}$

Recubrimiento:  $r = 5 \text{ cm}$

Área de acero de refuerzo a tracción:  $A_s = 4 \frac{7}{8} = 15,50 \text{ cm}^2$



**Figura 10.** Diagrama de momento

Fuente: Pérez Adriana, (2018)

$$M_u = \frac{q_u \cdot L^2}{8} = 16326,56 \text{ kgf.m}$$

**Por formula:**

1.  $\rho = \frac{A_s}{b d} = 0,01148$
2.  $\omega = \frac{\rho F_y}{F'_c} = 0,192889$
3.  $j_u = (1 - 0,59 \omega) = 0,886195$

**Tabla 10.** Valor de  $j_u$  para  $k = 0,1539$

$\omega$		0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,18	k	0,1448	0,1455	0,1462	0,1469	0,1476	0,1483	0,1490	0,1497	0,1504	0,1511
	ju	0,894	0,893	0,893	0,892	0,891	0,891	0,890	0,890	0,889	0,888
0,19	k	0,1518	0,1525	0,1532	0,1539	0,1546	0,1553	0,1560	0,1567	0,1574	0,1581
	ju	0,888	0,887	0,887	0,886	0,886	0,885	0,884	0,884	0,883	0,883
0,20	k	0,1588	0,1594	0,1601	0,1608	0,1615	0,1622	0,1629	0,1635	0,1642	0,1649
	ju	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,879	0,878	0,878	0,877	0,877

Fuente: Pérez Adriana, (2018)

4.  $M_u = A_s F_y j_u d = 23364,97 \text{ kgf.m} \rightarrow M_n = 23364,97 \text{ kgf.m}$

5.  $\rho_{min} \quad \rho_{real} \quad \rho_{max}$

$$\rho_{min} = \frac{14}{f_y} = 0,003333$$

$$\rho_{real} = \frac{A_s \text{ real}}{b d} = 0,01148$$

**FONDONORMA 1753-2006**

**ACI 318-14**

$\rho_{max} = 0,625 \rho_b = 0,0161$        $\rho_{min} \quad \rho_{real} \quad \rho_{max}$   
 0,003333    0,01148    0,0161 **ok! condición satisfactoria de diseño**

$$\rho_b = \frac{0,85 \beta_1 f'_c}{f_y} \frac{6300}{6300 + f_y} = 0,0258$$

**COVENIN 1753-1987**

$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,0193$        $\rho_{min} \quad \rho_{real} \quad \rho_{max}$   
 0,003333    0,0135    0,0193 **ok! condición satisfactoria de diseño**

$M_u$	$M_n$
16326,56 kgf.m	23364,97 kgf. m

**Por gráfica:**

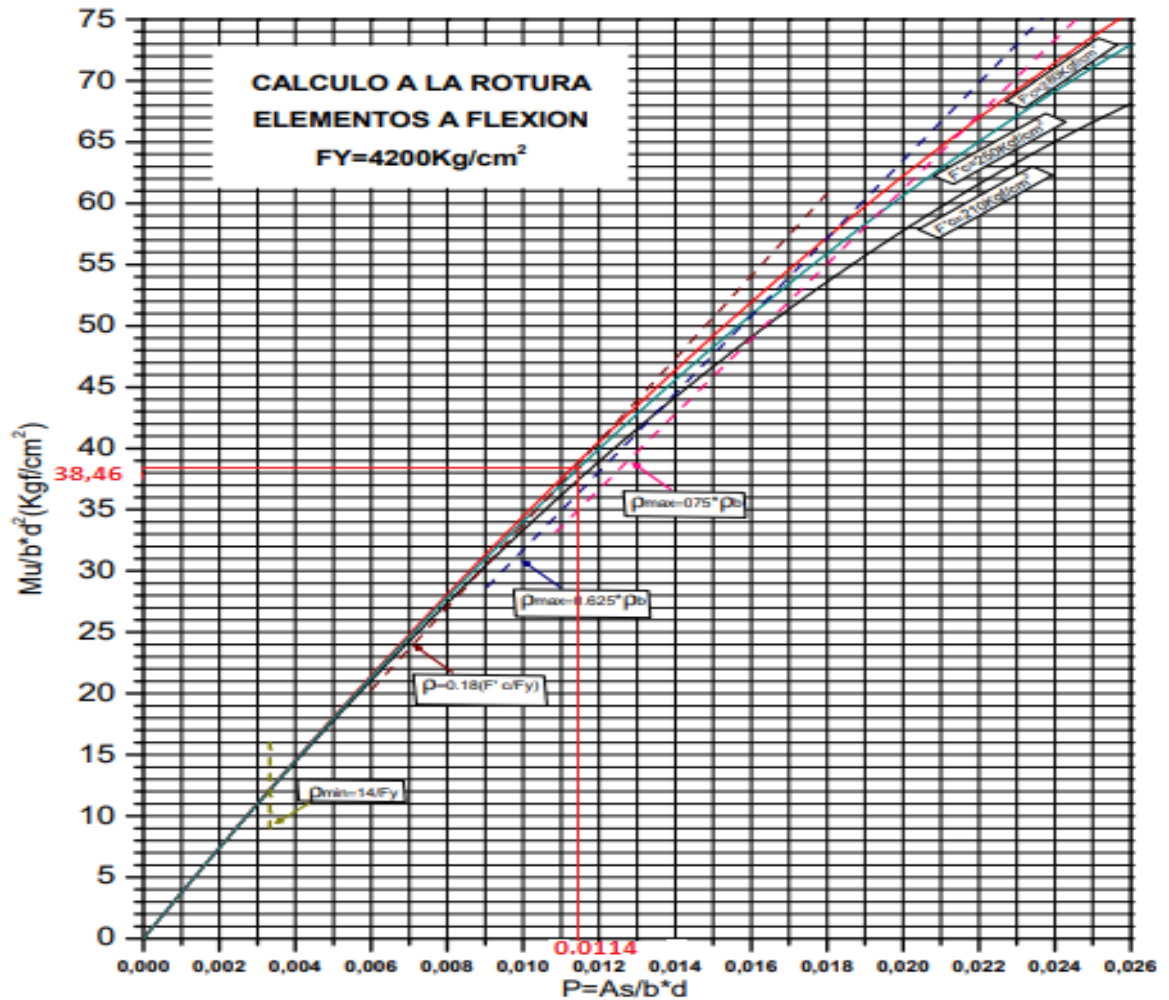
1.  $M_u = 23364,97 \text{ kgf.m} = 2336497 \text{ kgf.cm}$

2.  $\frac{M_u}{b d^2} = 38,460 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

3. Se busca la relación  $\frac{M_u}{b d^2}$  en el eje Y a la izquierda de la gráfica, y se intercepta con  $F'_c = 250 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ , finalmente se lee el valor de cuantía en el eje x.

**Gráfico 5.** Cálculo de cuantía a través de gráficas para

$$F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Datos:**

**Materiales de la viga**

Resistencia cilíndrica a compresión del concreto:  $F'_c = 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

Esfuerzo cedente del acero de refuerzo:  $F_y = 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

**Dimensiones de la viga**

Altura de la viga:  $v = 45 \text{ cm}$

Ancho de la viga:  $b_v = 30 \text{ cm}$

Longitud:  $L = 7 \text{ m}$

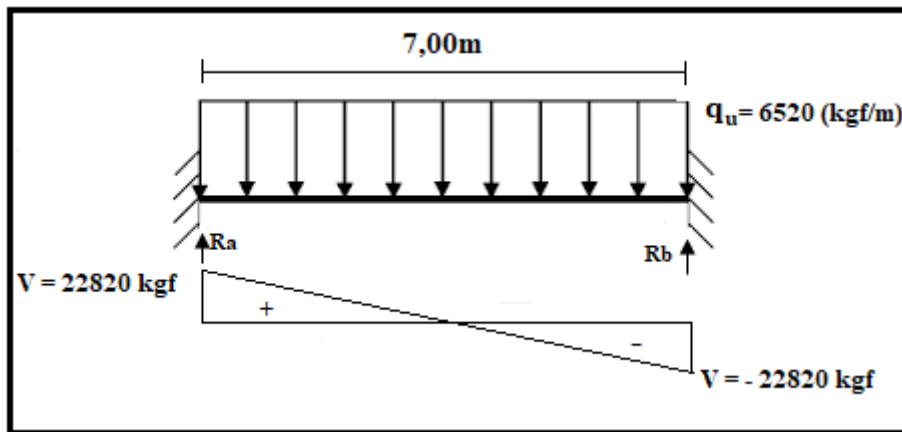
Recubrimiento:  $r = 5 \text{ cm}$

**Incógnitas:**

Diámetro y separación de los estribos

**Por formula**

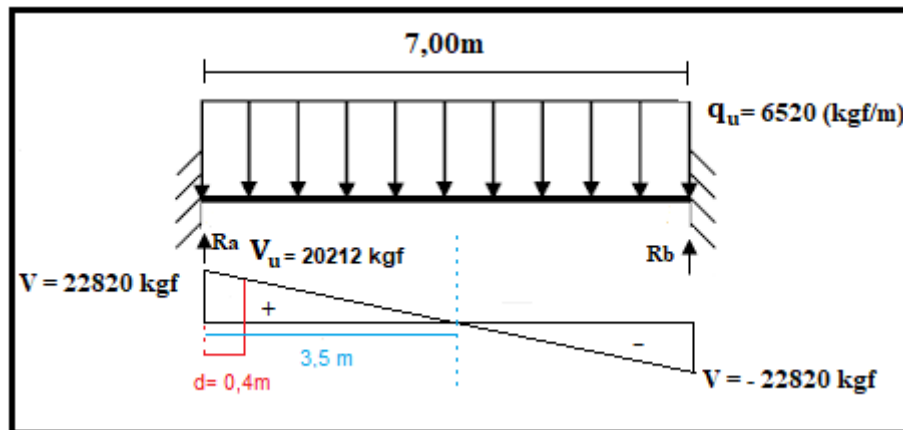
1. Cálculo de diagrama de corte



**Figura 11.** Diagrama de corte

Fuente: Pérez Adriana, (2018)

2.  $d = r = 40 \text{ cm}$
3. cálculo del cortante crítico  $V_d$  a una distancia  $d$  del apoyo



**Figura 12.** Diagrama de corte, cortante crítico  $V_d$

Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Relación de triángulo:**

$$\frac{V_d}{(3,5 \quad 0,4)} = \frac{22820}{3,5 \text{ m}}$$

$$V_d = 20212 \text{ kgf}$$

$$4. V_c = 0,53 \sqrt{F'_c} b_w d = 9216,52 \text{ kgf}$$

**5. Separación máxima según normativa:**

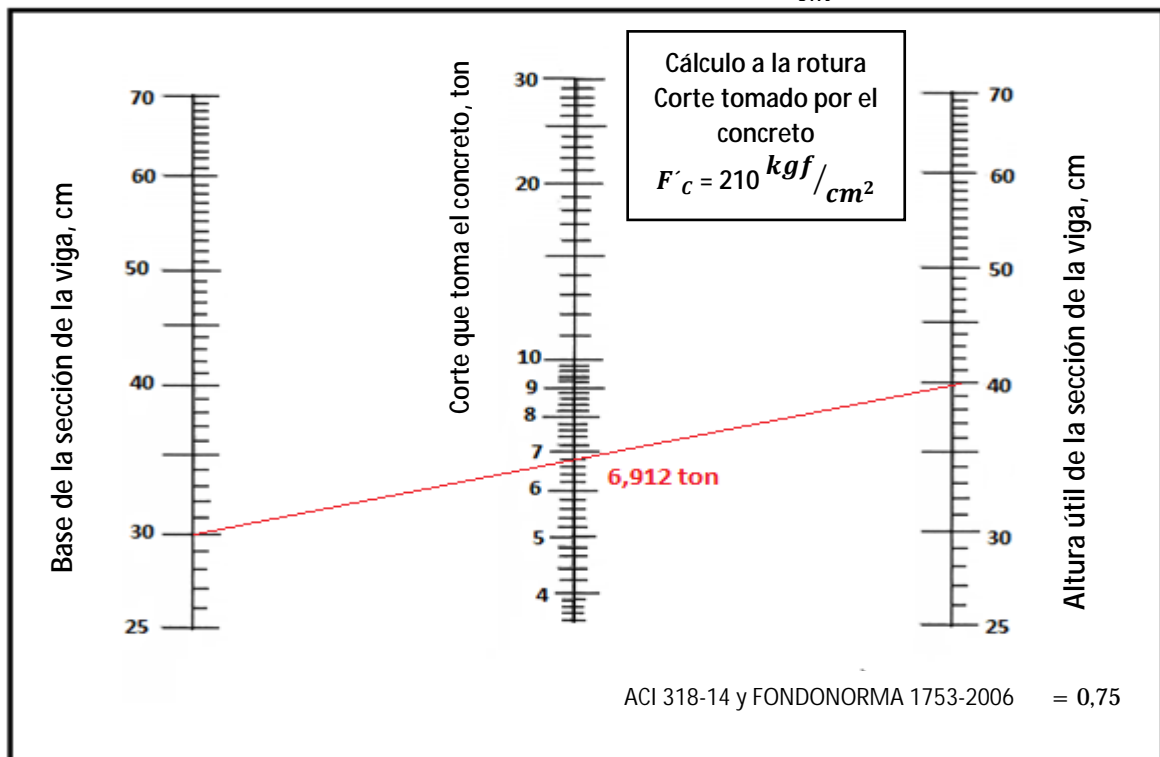
ACI 318-14 y FONDONORMA 1753-2006

$$(V_u - V_c) \quad 1,06 \sqrt{F'_c} b_w d \quad = \mathbf{0,75}$$

$$13299,61 \text{ kgf} \quad 13824,77 \text{ kgf} \quad \text{ok!}$$

$V_c = 6912,386 \text{ kgf} = 6,912 \text{ ton}$ . Valor que se puede obtener a través de los nomogramas.

**Nomograma 1.** Cálculo de cortante resistente al concreto a través de nomogramas para  $F'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$



**Fuente:** Pérez Adriana, (2018)

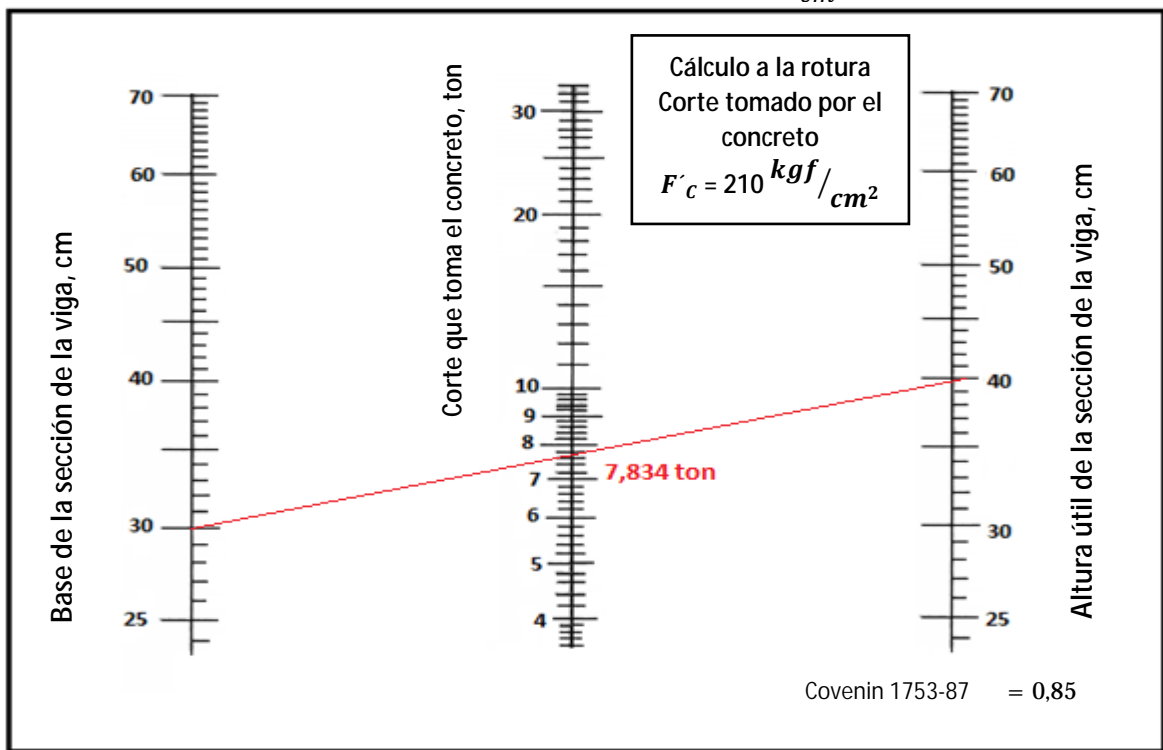
COVENIN 1753-87

$$(V_u - V_c) \leq 1,06 \sqrt{F'_c} b_w d = 0,85$$

$$12377,96 \text{ kgf} \leq 15668,07 \text{ kgf} \text{ ok!}$$

$V_c = 7834,038 \text{ kgf} = 7,834 \text{ ton}$ . Valor que se puede obtener a través de los nomogramas.

**Nomograma 2.** Cálculo de cortante resistente al concreto a través de nomogramas para  $F'_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

$$Sep_{max} = \quad =$$

Se escoge el menor entre ambas  $Sep_{max} = 20 \text{ cm}$

### 6. Separación de estribos

Para vigas comunes se usa estribos de  $b = 3/8"$  ( diámetro mínimo )

$$A_v = N^\circ \text{ de ramas } A_s \quad 1.42 \text{ cm}^2$$

$$N^\circ \text{ de ramas} \quad 2$$

$$A_s = \frac{3}{8"} \quad 0,71 \text{ cm}^2$$

$$Sep_1 = \frac{A_v F_y d}{(V_u - V_c)} \quad 13,46 \text{ cm redondeo a múltiplos de 5 hacia abajo}$$

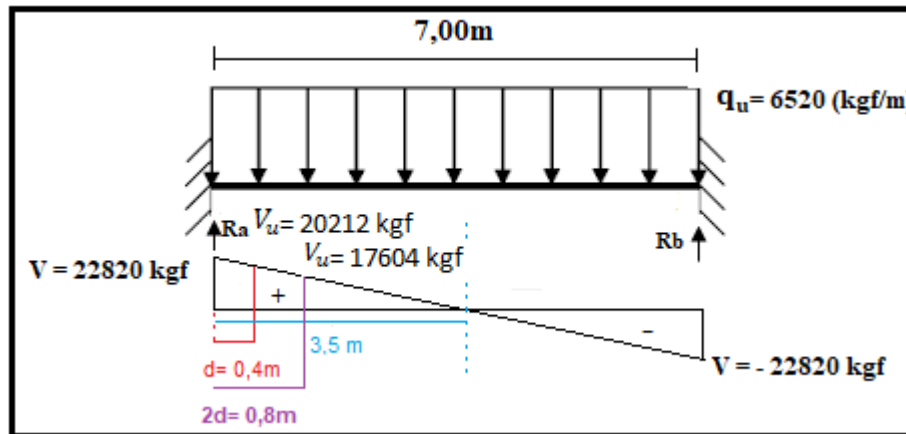
$$Sep_1 \quad 10 \text{ cm}$$

**Comparar separación máxima con  $Sep_1$  para ver cuál predomina**

Si  $Sep_1 > Sep_{max}$   $\longrightarrow$  se coloca la  $Sep_{max}$

### 7. Optimización de la separación de los estribos a lo largo de la viga

Con el corte  $V_d$  cálculo la separación desde el apoyo hasta  $V_{2d}$  y con  $V_{2d}$  cálculo la separación desde ese punto  $V = 0$  y con esto logro optimizar la colocación de los estribos



**Figura 13.** Diagrama de corte, cortante crítico  $V_{2d}$

Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Relación de triángulo:**

$$\frac{V_{2d}}{(3,5 - 0,8)} = \frac{22820}{3,5 \text{ m}}$$

$$V_{2d} = 17604 \text{ kgf}$$

### 8. Separación de estribos

Para vigas comunes se usa estribos de  $b = 3/8"$  (diámetro mínimo)

$$A_v = N^\circ \text{ de ramas } A_s \quad 1,42 \text{ cm}^2$$

Nº de ramas  $2$

$$A_s = \frac{3}{8"} \quad 0,71 \text{ cm}^2$$

$$Sep_1 = \frac{A_v F_y d}{(V_u - V_c)} \quad 16,73 \text{ cm redondeo a múltiplos de 5 hacia abajo}$$

$$Sep_2 = 15 \text{ cm}$$

**Comparar separación máxima con  $Sep_1$  para ver cuál predomina**

Si  $Sep_2 > Sep_{max}$   $\longrightarrow$  se coloca la  $Sep_{max}$

## **Conclusiones**

1. El diseño por flexión y corte está amarrado a una serie de requisitos y lineamientos normativos que exigen los códigos ACI 318-14, documento técnico FONDONORMA 1753-2006 y COVENIN 1753-87, los cuales garantizan el adecuado funcionamiento y comportamiento del miembro estructural ante acciones gravitacionales.
2. La explicación de las metodologías de diseño por flexión y corte ayudo a tener un entendimiento de las filosofías y lineamientos técnicos planteadas por las normativas ACI 318-14, COVENIN 1753-87 y documento técnico FONDONORMA 1753-2006, lo cual permitió generalizar un procedimiento ordenado y sencillo que puede ser aplicado al diseño de miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte.
3. Los diagramas de flujos al ser una representación que desglosa un proceso de forma resumida, garantiza que las metodologías presentadas en este trabajo de grado servirán de base para diseñar miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte de forma rápida.
4. Las gráficas y nomogramas presentadas en este trabajo de grado corresponden a herramientas para diseñar miembros de concreto reforzado solicitados a flexión y corte, pues proporcionan soluciones rápidas para hallar un valor en específico
5. Con la validación realizada a las gráficas y nomogramas se determinó que cumplen con el objetivo principal, que los porcentajes de error no son significativos, comparados con los resultados obtenidos por fórmulas.

## **Recomendaciones**

Realizar metodologías que involucren los lineamientos técnicos y la filosofía de diseño de otros códigos normativos internacionales.

Se recomienda efectuar el estudio para construir gráficas para secciones doblemente armadas y secciones T.

Se propone aumentar la familia de gráficas para valores de  $F'_c$  conocidos en Latinoamérica, y además presentar las gráficas con otros sistemas de unidades.

Desarrollar un software que genere de forma automatizada los pasos descritos en la metodología de diseño.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACI 318 (2014). “**Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural** (ACI 318S-14)”. Norma. Farmington Hills. U.S.A.
- Arias F. (2006) **El Proyecto de Investigación**, Caracas-Venezuela, Editorial Episteme, Quinta Edición.
- Balestrini M. (2002) **Como se elabora el proyecto de investigación**, Caracas-Venezuela, Editorial BL Consultores Asociados, Quinta Edición.
- Bavaresco A. (2002) **Proceso metodológico en la investigación (Cómo hacer un diseño de investigación)**. Maracaibo, Venezuela, Editorial Ediluz.
- COVENIN-MINDUR (1753-1987): “**Estructura de Concreto Armado Para Edificaciones Análisis y Diseño**”. Norma. Caracas. Venezuela.
- FONDONORMA (1753-2006): “**Proyecto y Construcción de Obras en Concreto Estructural**”. Documento Técnico. Caracas. Venezuela.
- Fratelli, M (1998): “**Diseño Estructural en Concreto Armado**”. Caracas. Venezuela.
- Henrique, A. (1984). “**Manual para el proyecto de estructuras de concreto armada para edificaciones**”. Caracas. Venezuela
- Hurtado, J. (2006). **El proyecto de investigación. Metodología de la Investigación. Holística**. Caracas, Venezuela. Ediciones Quiron-Sypal.
- Juvarra M (2010). **Manual de Cálculo Práctico y Tablas más usuales en Concreto Armado**, Venezuela, Tercera Edición.
- McCormac, J., Brown, R. (2011): **Diseño de Concreto Reforzado**. Octava Edición. México: Editorial Alfaomega.
- UPEL (2006): “**Manual de Trabajos de Grado de Especialización, Maestría y Tesis Doctorales**”. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas. Venezuela.

# **ANEXOS**

## Anexos A

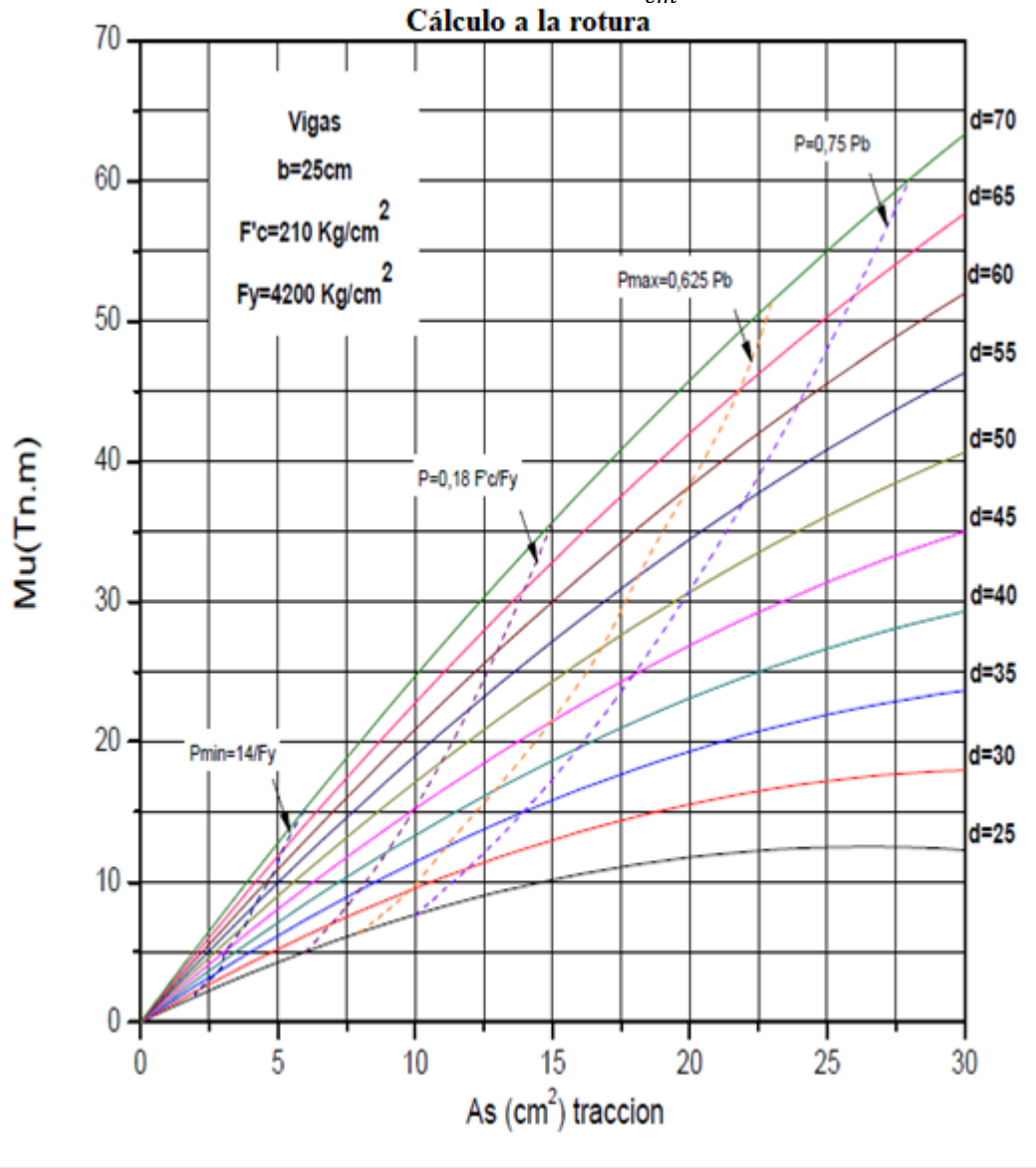
Valores de  $j_u$ ,  $k$  y  $\omega$  para el diseño

Diseño de secciones rectangulares a rotura											
$j_u = (1 - 0,59\omega)$ $k = 0,9$ $\omega (1 - 0,59\omega)$											
$\omega$		0,000	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
0,01	k	0,0089	0,0098	0,0107	0,0116	0,0125	0,0134	0,0143	0,0151	0,016	0,0169
	ju	0,994	0,994	0,993	0,992	0,992	0,991	0,991	0,99	0,989	0,989
0,02	k	0,0178	0,0187	0,0195	0,0204	0,0213	0,0222	0,0230	0,0239	0,0248	0,0257
	ju	0,988	0,988	0,987	0,986	0,986	0,985	0,985	0,984	0,983	0,983
0,03	k	0,0265	0,0274	0,0283	0,0291	0,0300	0,0308	0,0317	0,0326	0,0334	0,0343
	ju	0,982	0,982	0,981	0,981	0,980	0,979	0,979	0,978	0,978	0,977
0,04	k	0,0352	0,0360	0,0369	0,0377	0,0386	0,0394	0,0403	0,0411	0,0420	0,0428
	ju	0,976	0,976	0,975	0,975	0,974	0,973	0,973	0,972	0,972	0,971
0,05	k	0,0437	0,0445	0,0454	0,0462	0,0471	0,0479	0,0487	0,0496	0,0504	0,0513
	ju	0,971	0,970	0,969	0,969	0,968	0,968	0,967	0,966	0,966	0,965
0,06	k	0,0521	0,0529	0,0538	0,0546	0,0554	0,0563	0,0571	0,0579	0,0587	0,0596
	ju	0,965	0,964	0,963	0,963	0,962	0,962	0,961	0,960	0,960	0,959
0,07	k	0,0604	0,0612	0,0620	0,0629	0,0637	0,0645	0,0653	0,0662	0,0670	0,0678
	ju	0,959	0,958	0,958	0,957	0,956	0,956	0,955	0,955	0,954	0,953
0,08	k	0,0686	0,0694	0,0702	0,0710	0,0719	0,0727	0,0735	0,0743	0,0751	0,0759
	ju	0,953	0,952	0,952	0,951	0,950	0,950	0,949	0,949	0,948	0,947
0,09	k	0,0767	0,0775	0,0783	0,0791	0,0799	0,0807	0,0815	0,0823	0,0831	0,0839
	ju	0,947	0,946	0,946	0,945	0,945	0,944	0,943	0,943	0,942	0,942
0,10	k	0,0847	0,0855	0,0863	0,0871	0,0879	0,0886	0,0894	0,0902	0,0910	0,0918
	ju	0,941	0,940	0,940	0,939	0,939	0,938	0,937	0,937	0,936	0,936
0,11	k	0,0926	0,0934	0,0941	0,0949	0,0957	0,0965	0,0973	0,0980	0,0988	0,0996
	ju	0,935	0,935	0,934	0,933	0,933	0,932	0,932	0,931	0,930	0,930
0,12	k	0,1004	0,1011	0,1019	0,1027	0,1034	0,1042	0,1050	0,1057	0,1065	0,1073
	ju	0,929	0,929	0,928	0,927	0,927	0,926	0,926	0,925	0,924	0,924
0,13	k	0,1080	0,1088	0,1095	0,1103	0,1111	0,1118	0,1126	0,1133	0,1141	0,1148
	ju	0,923	0,923	0,922	0,922	0,921	0,920	0,920	0,919	0,919	0,918
0,14	k	0,1156	0,1163	0,1171	0,1178	0,1186	0,1193	0,1201	0,1208	0,1216	0,1223
	ju	0,917	0,917	0,916	0,916	0,915	0,914	0,914	0,913	0,913	0,912
0,15	k	0,1231	0,1238	0,1245	0,1253	0,1260	0,1267	0,1275	0,1282	0,1289	0,1297
	ju	0,912	0,911	0,910	0,910	0,909	0,909	0,908	0,907	0,907	0,906
0,16	k	0,1304	0,1311	0,1319	0,1326	0,1333	0,1340	0,1348	0,1355	0,1362	0,1369
	ju	0,906	0,906	0,904	0,904	0,903	0,903	0,902	0,901	0,901	0,900
0,17	k	0,1377	0,1384	0,1391	0,1398	0,1405	0,1412	0,1420	0,1427	0,1434	0,1441
	ju	0,900	0,899	0,899	0,898	0,897	0,897	0,896	0,896	0,895	0,894
0,18	k	0,1448	0,1455	0,1462	0,1469	0,1476	0,1483	0,1490	0,1497	0,1504	0,1511
	ju	0,894	0,893	0,893	0,892	0,891	0,891	0,890	0,890	0,889	0,888
0,19	k	0,1518	0,1525	0,1532	0,1539	0,1546	0,1553	0,1560	0,1567	0,1574	0,1581
	ju	0,888	0,887	0,887	0,886	0,886	0,885	0,884	0,884	0,883	0,883
0,20	k	0,1588	0,1594	0,1601	0,1608	0,1615	0,1622	0,1629	0,1635	0,1642	0,1649
	ju	0,882	0,881	0,881	0,880	0,880	0,879	0,878	0,878	0,877	0,877
0,21	k	0,1656	0,1663	0,1669	0,1676	0,1683	0,169	0,1696	0,1703	0,1710	0,1716
	ju	0,876	0,876	0,875	0,874	0,874	0,873	0,873	0,872	0,871	0,871
0,22	k	0,1723	0,1730	0,1736	0,1743	0,1750	0,1756	0,1763	0,1769	0,1776	0,1783
	ju	0,870	0,870	0,869	0,868	0,868	0,867	0,867	0,866	0,865	0,865
0,23	k	0,1789	0,1796	0,1802	0,1809	0,1815	0,1822	0,1828	0,1835	0,1841	0,1848
	ju	0,864	0,864	0,863	0,863	0,862	0,861	0,861	0,860	0,860	0,859
0,24	k	0,1854	0,1861	0,1867	0,1873	0,1880	0,1886	0,1893	0,1899	0,1905	0,1912
	ju	0,858	0,858	0,857	0,857	0,856	0,855	0,855	0,854	0,854	0,853
0,25	k	0,1918	0,1924	0,1931	0,1937	0,1943	0,1950	0,1956	0,1962	0,1969	0,1975
	ju	0,853	0,8520	0,851	0,851	0,850	0,850	0,849	0,848	0,848	0,847
0,26	k	0,1981	0,1987	0,1994	0,2000	0,2006	0,2012	0,2018	0,2024	0,2031	0,2037
	ju	0,847	0,846	0,845	0,845	0,844	0,844	0,843	0,842	0,842	0,841
0,27	k	0,2043	0,2049	0,2055	0,2061	0,2067	0,2073	0,2080	0,2086	0,2092	0,2098
	ju	0,841	0,840	0,840	0,839	0,838	0,838	0,837	0,837	0,836	0,835

Fuente: Pérez Adriana, (2018)

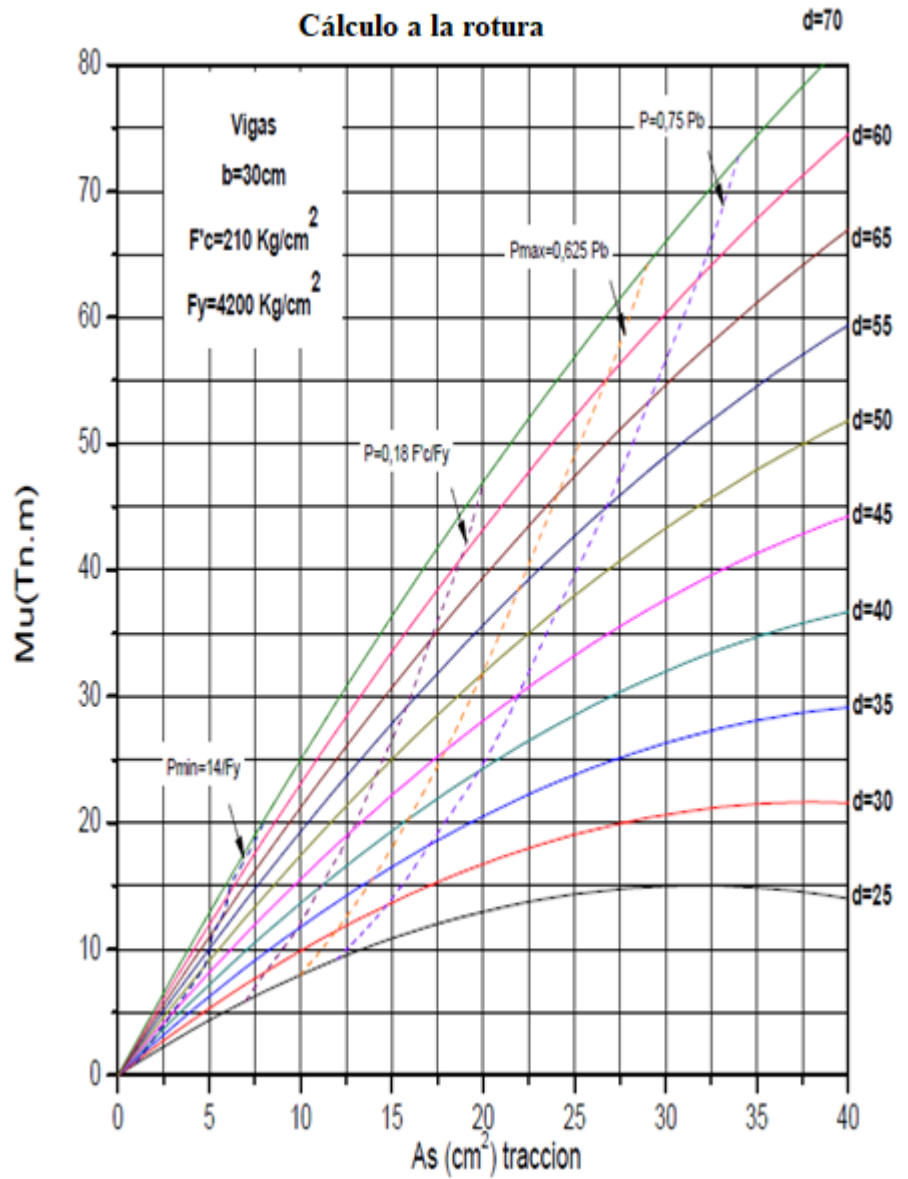
## Anexo B

**Anexo B1.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas para  $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $b = 25 \text{ cm}$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

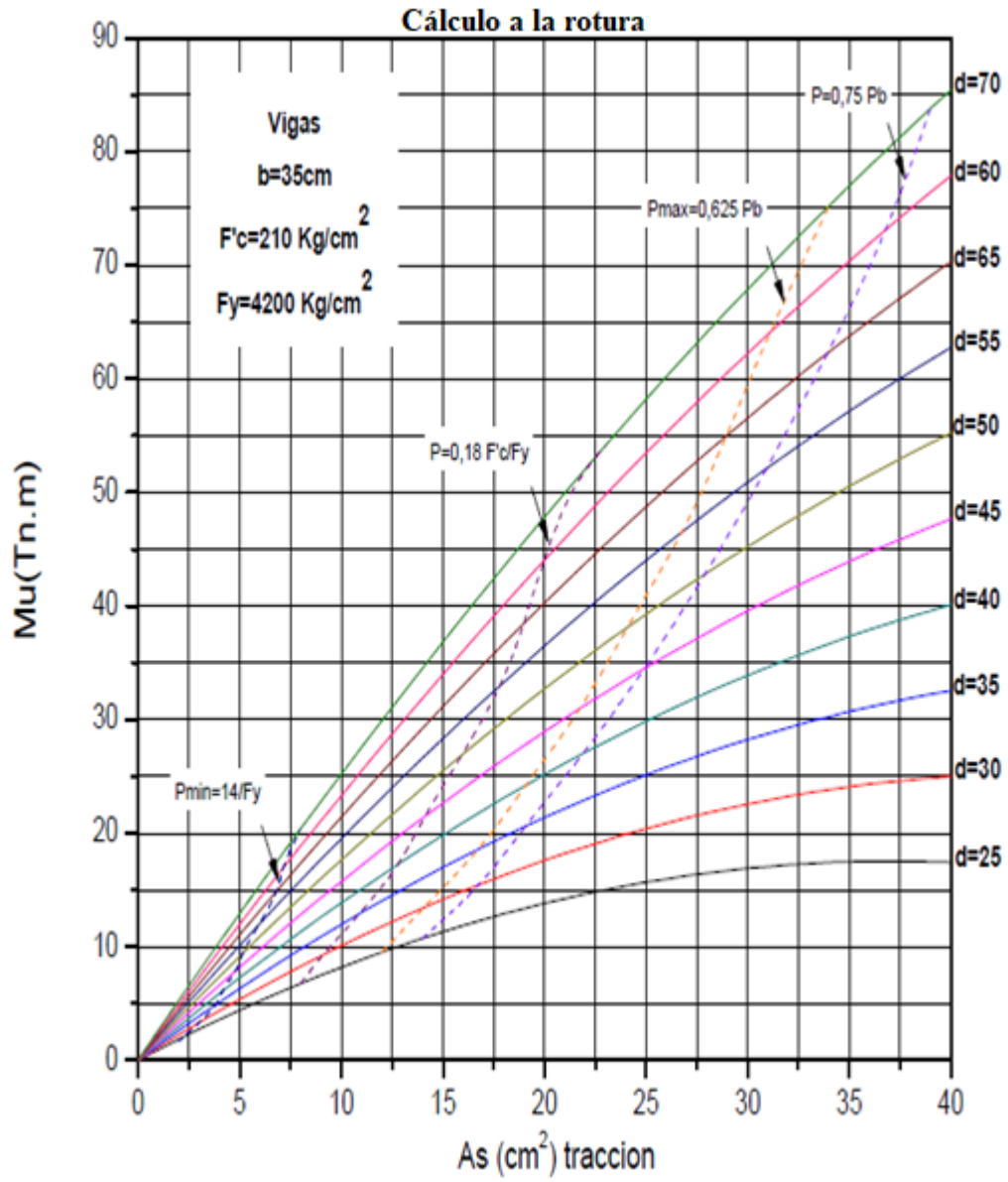
**Anexo B2.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas  $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $b = 30 \text{ cm}$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo B3 . Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas**

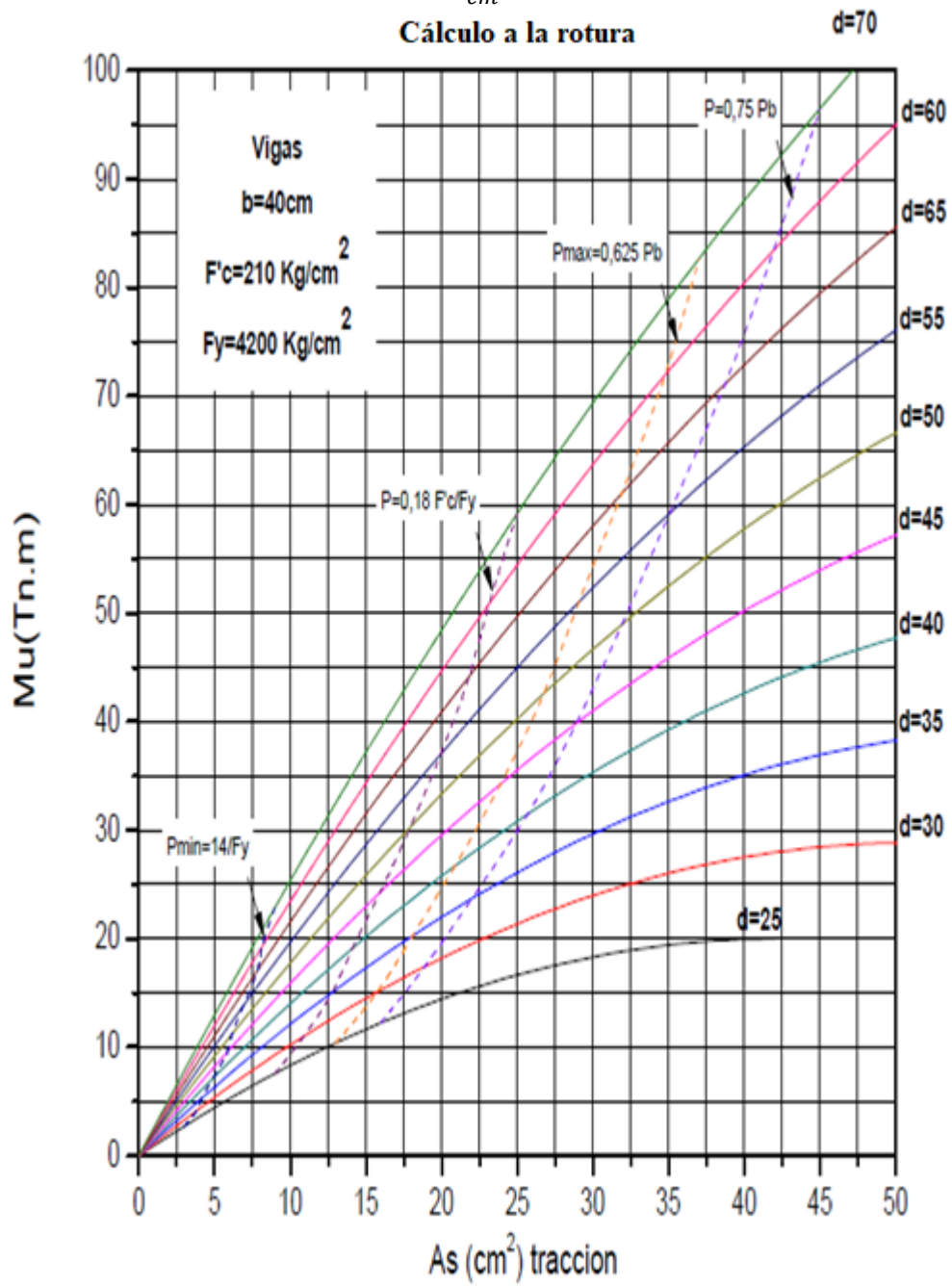
$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 35 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo B4.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

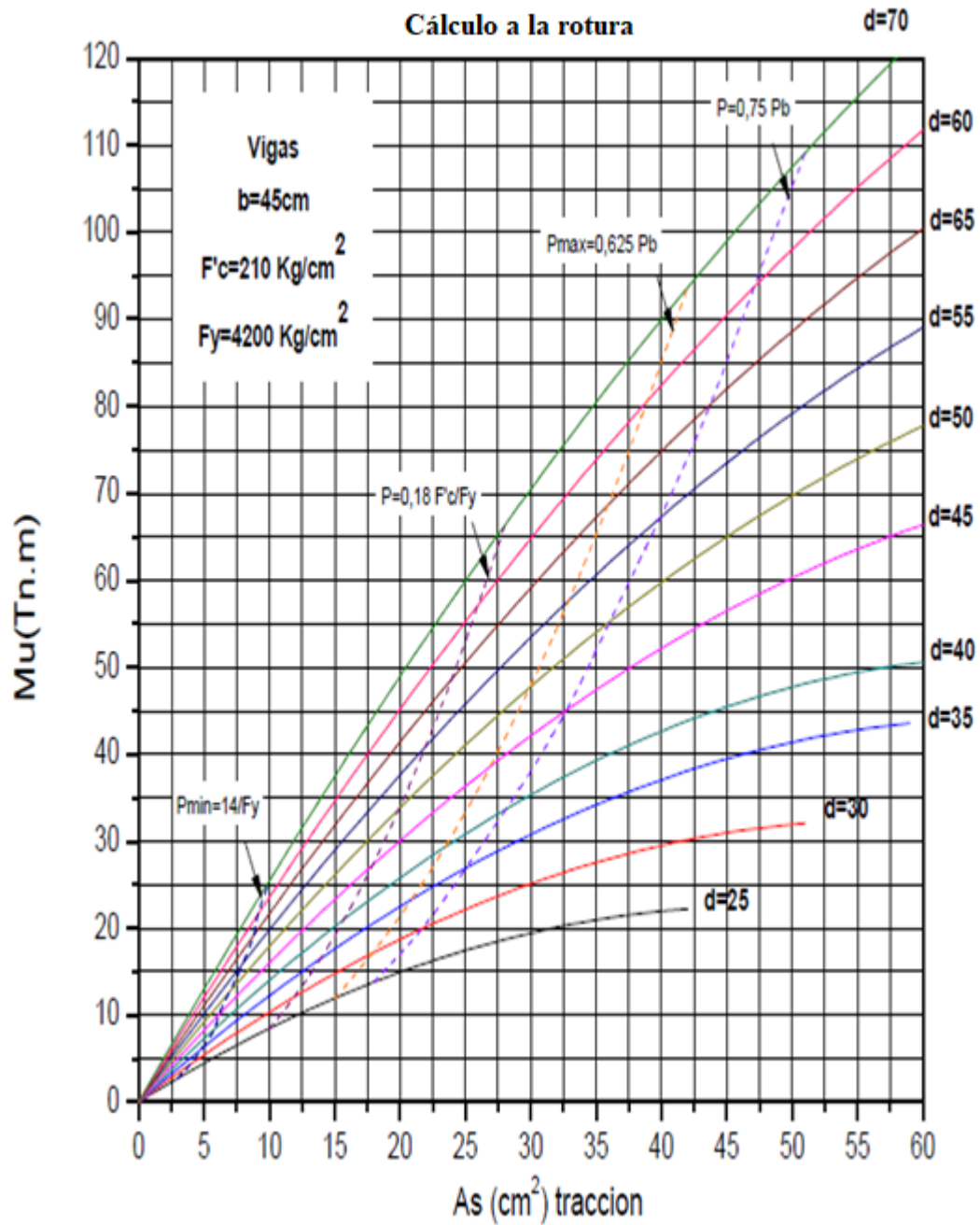
$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 40 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo B5.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 45 \text{ cm}$$

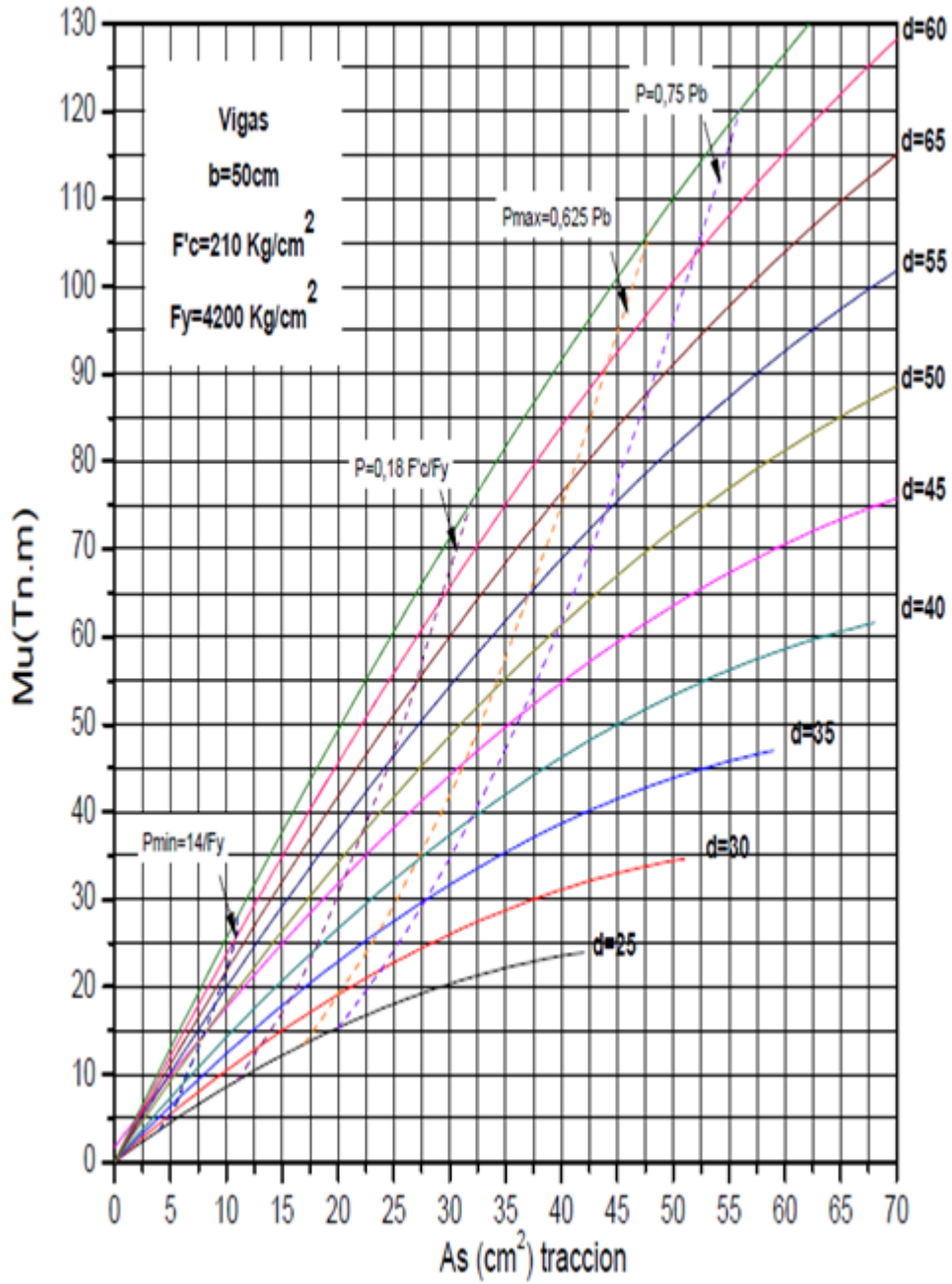


Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo B6. Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas**

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 50 \text{ cm}$$

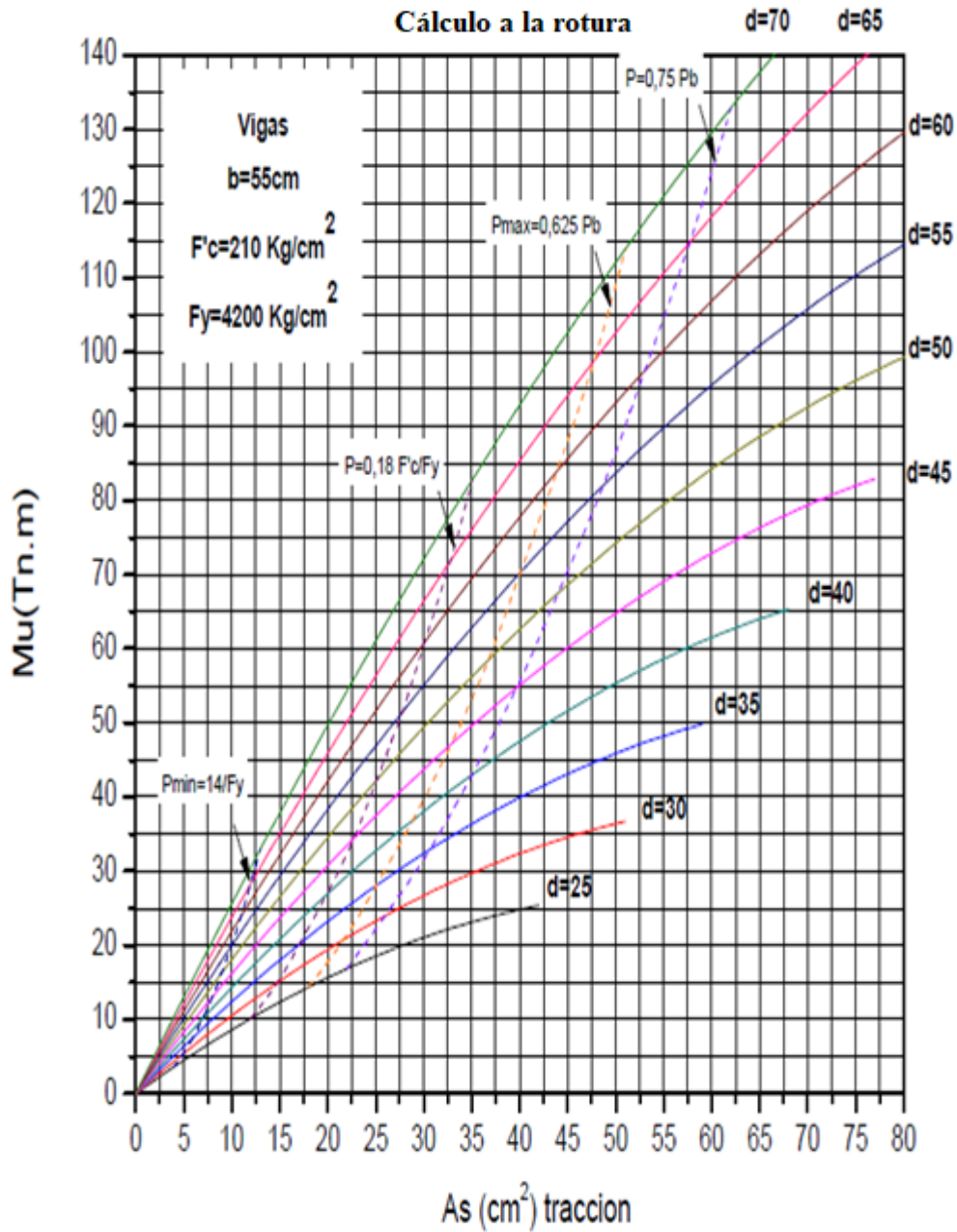
**Cálculo a la rotura d=70**



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo B7. Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas**

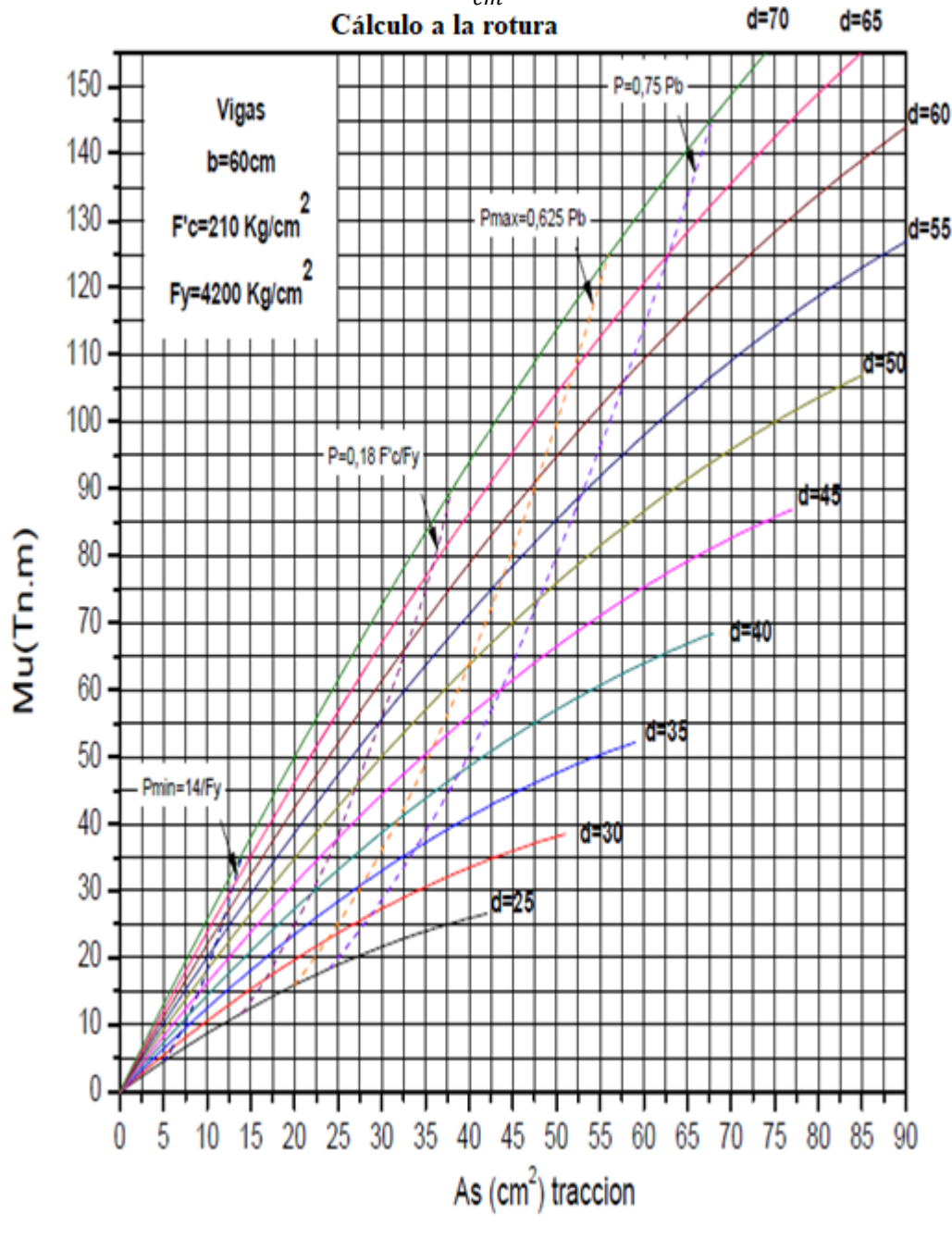
$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 55 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo B8.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 60 \text{ cm}$$



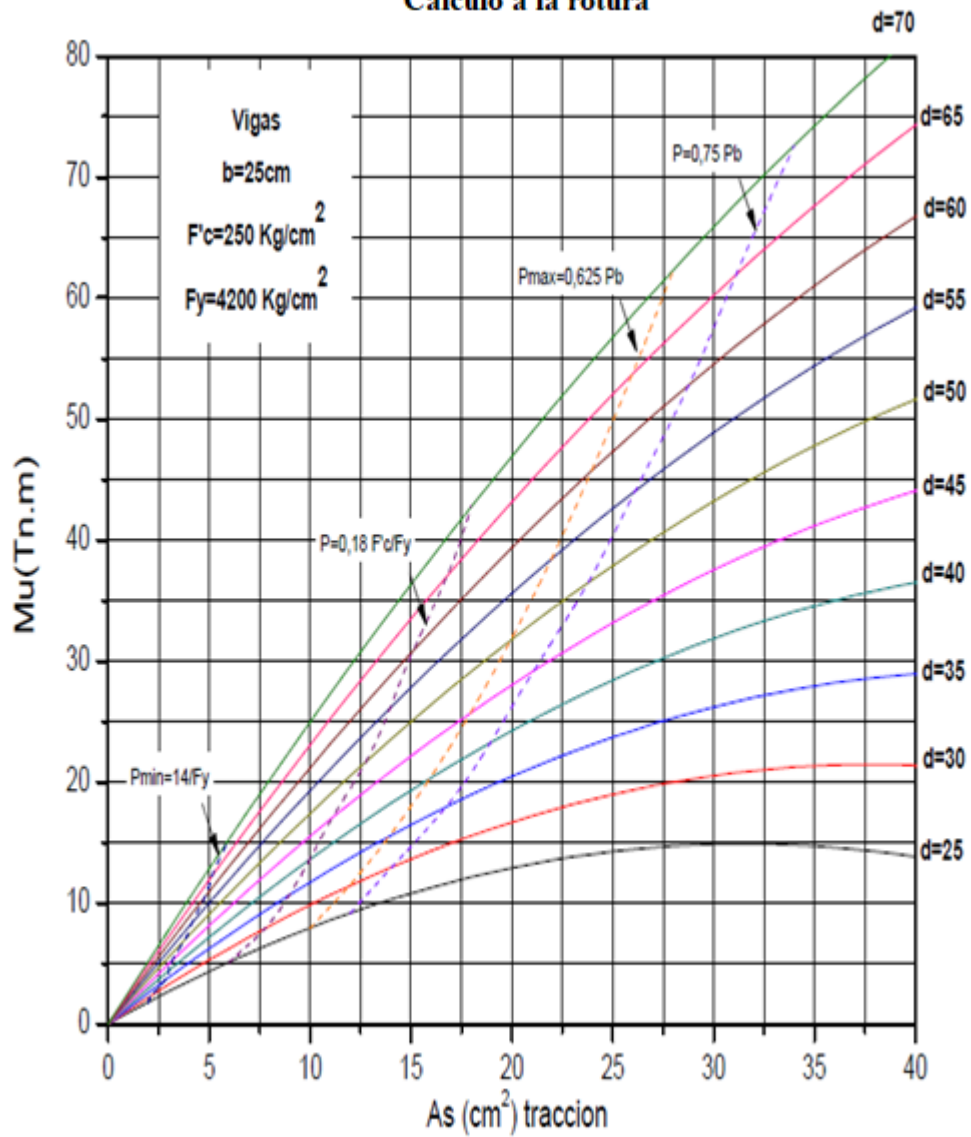
Fuente: Pérez Adriana, (2018)

## ANEXO C

### Anexo C1. Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

$$F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 25 \text{ cm}$$

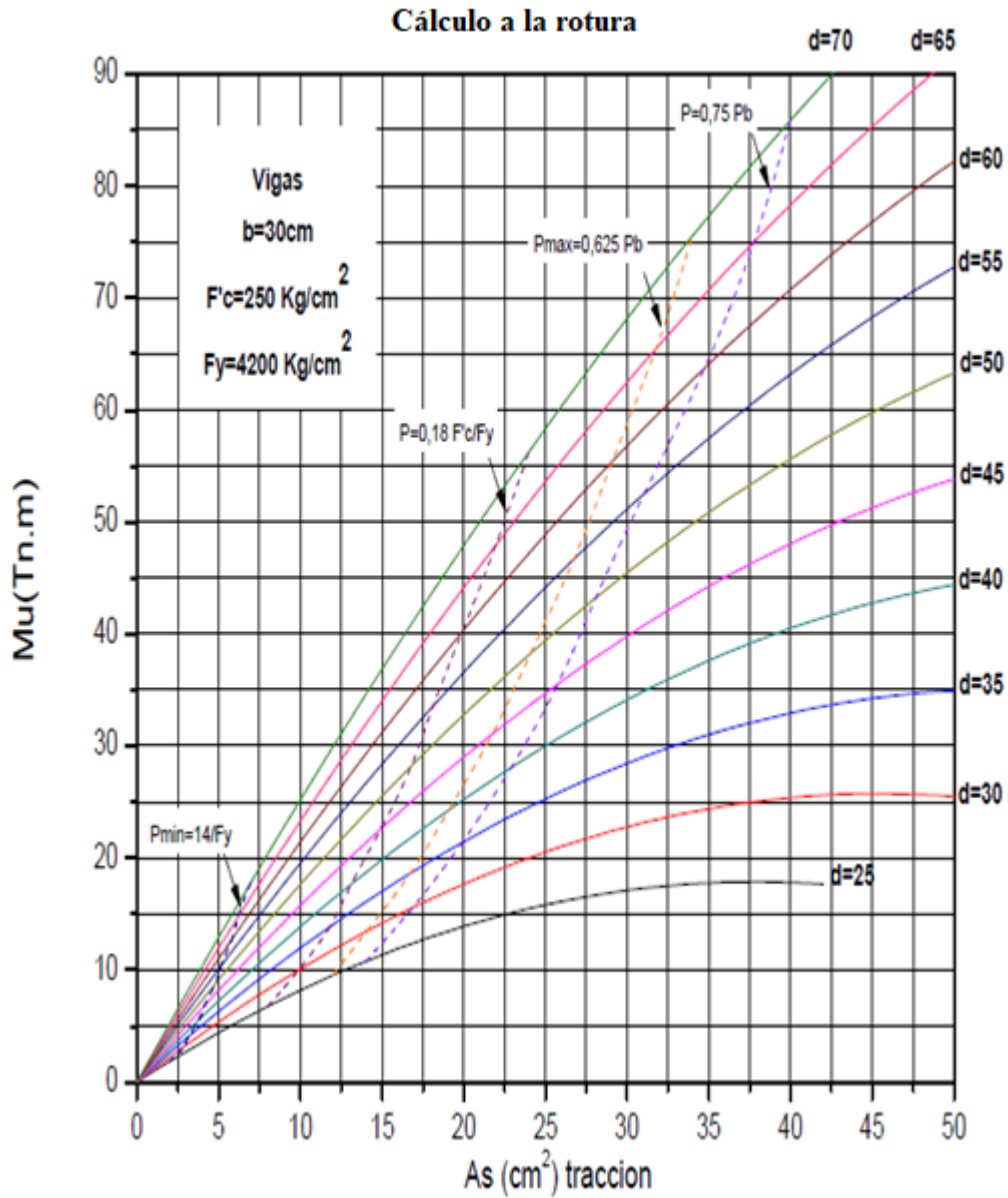
#### Cálculo a la rotura



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo C2.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

$$F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 30 \text{ cm}$$

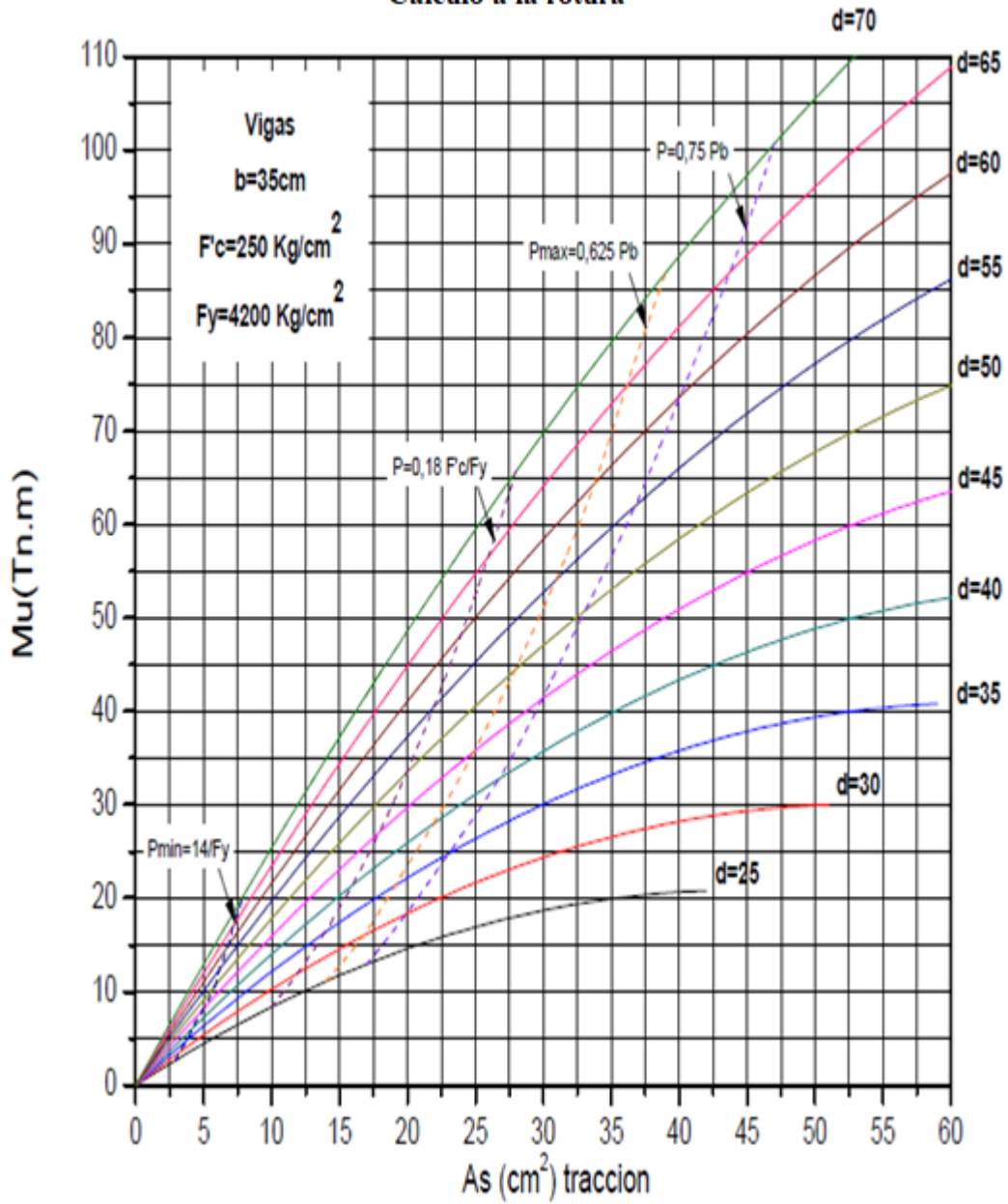


Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo C3. Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas**

$$F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 35 \text{ cm}$$

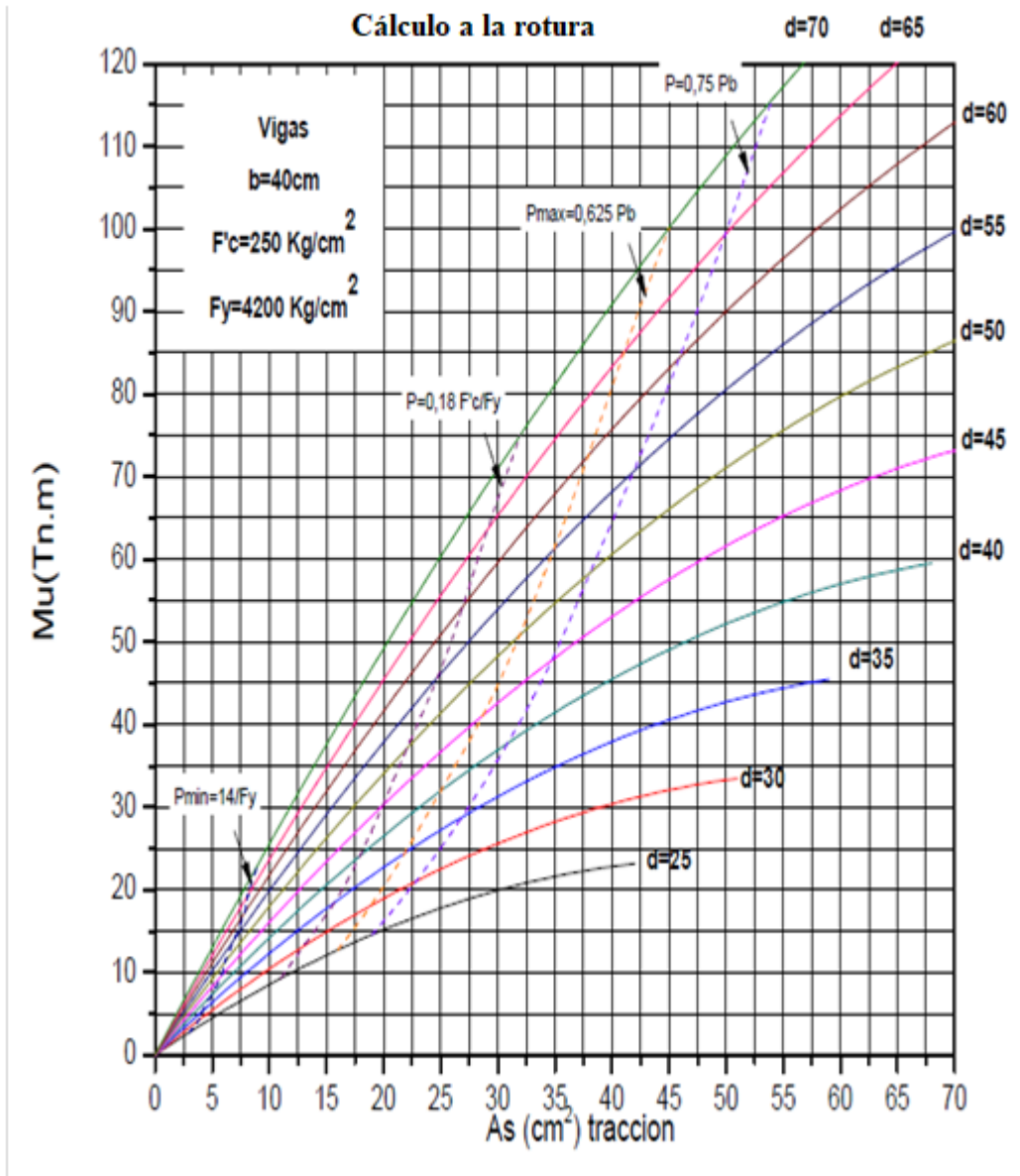
**Cálculo a la rotura**



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo C4.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

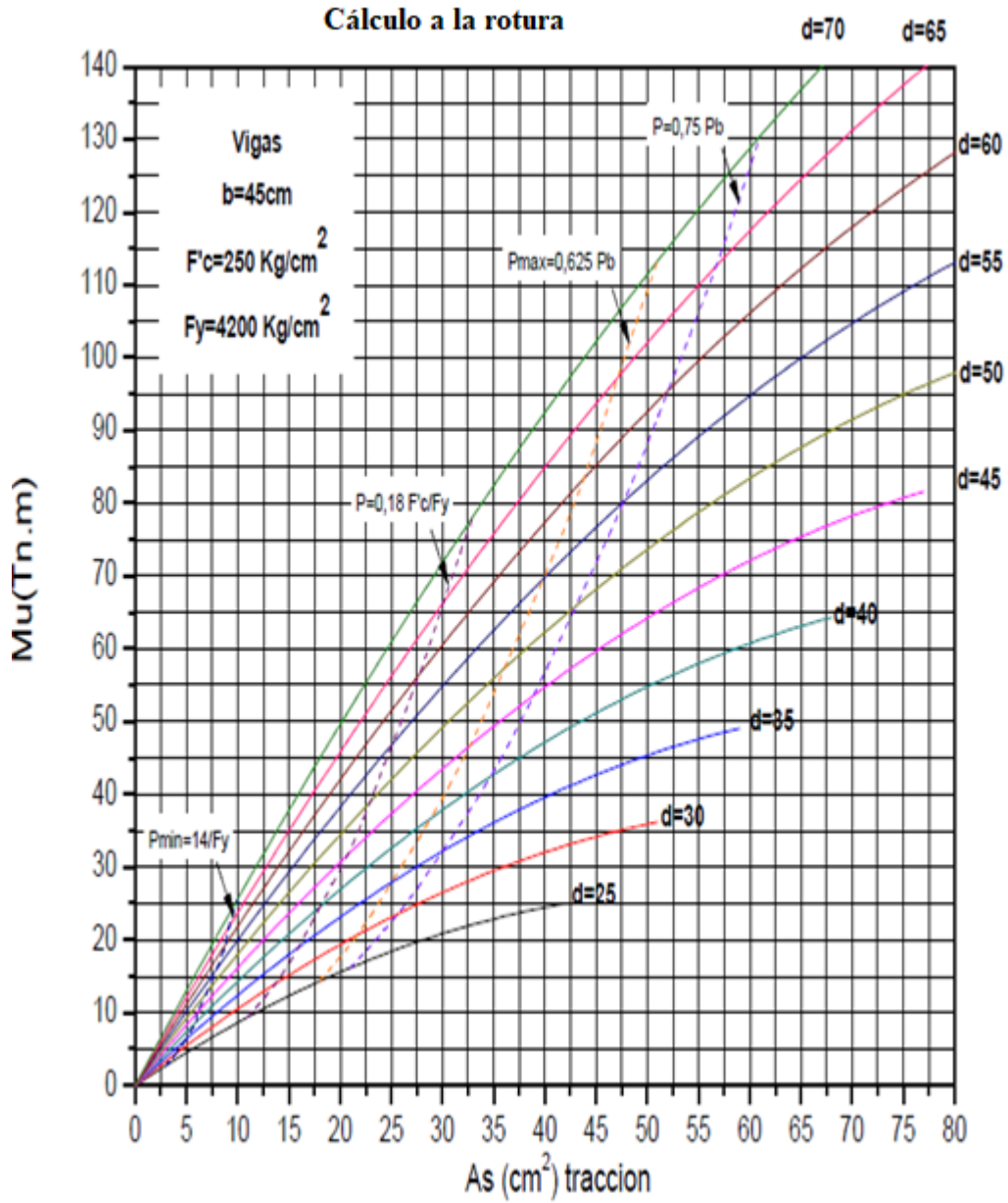
$$F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 40 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo C5. Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas**

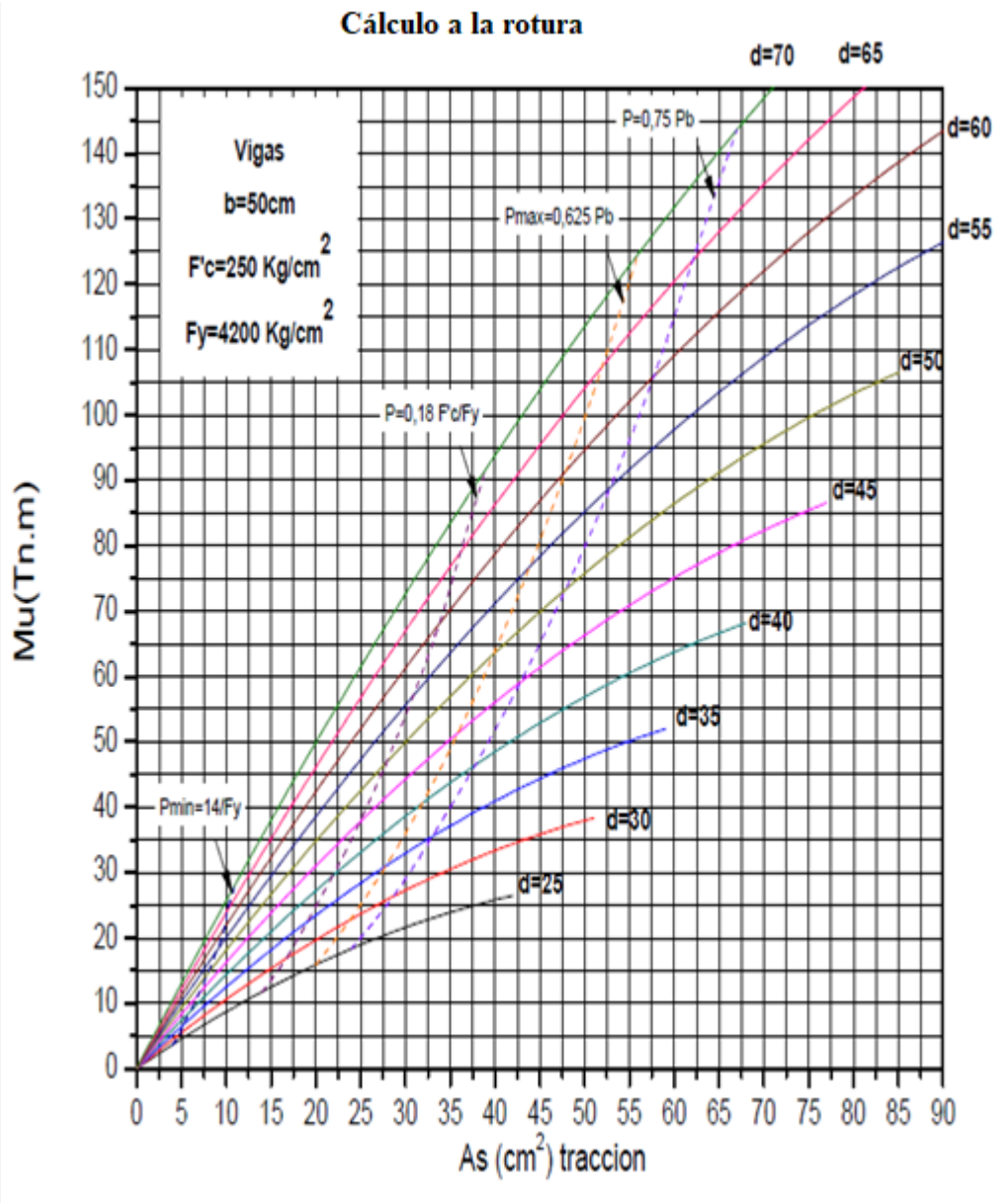
$$F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 45 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo C6. Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas**

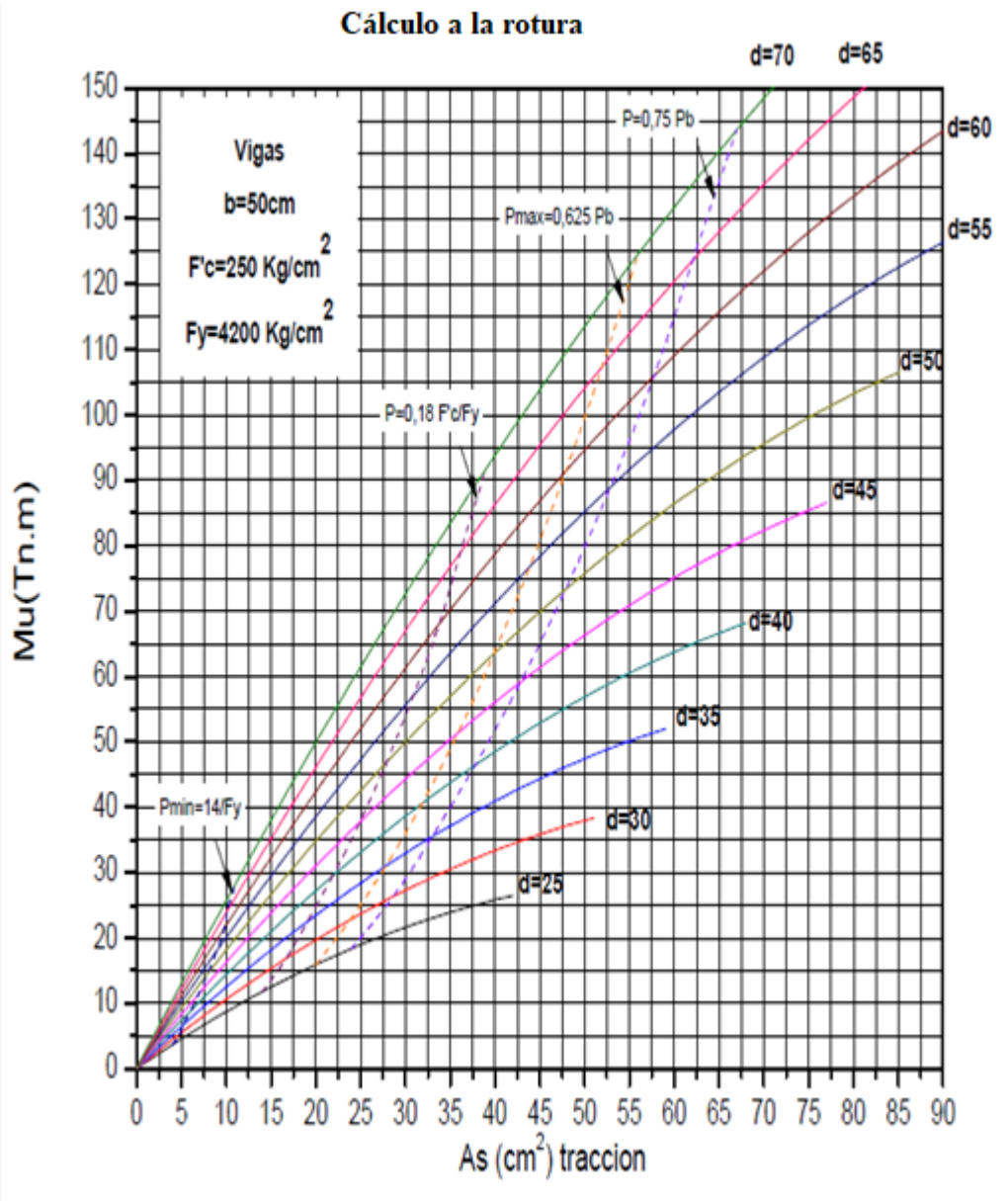
$$F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 50 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo C7. Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas**

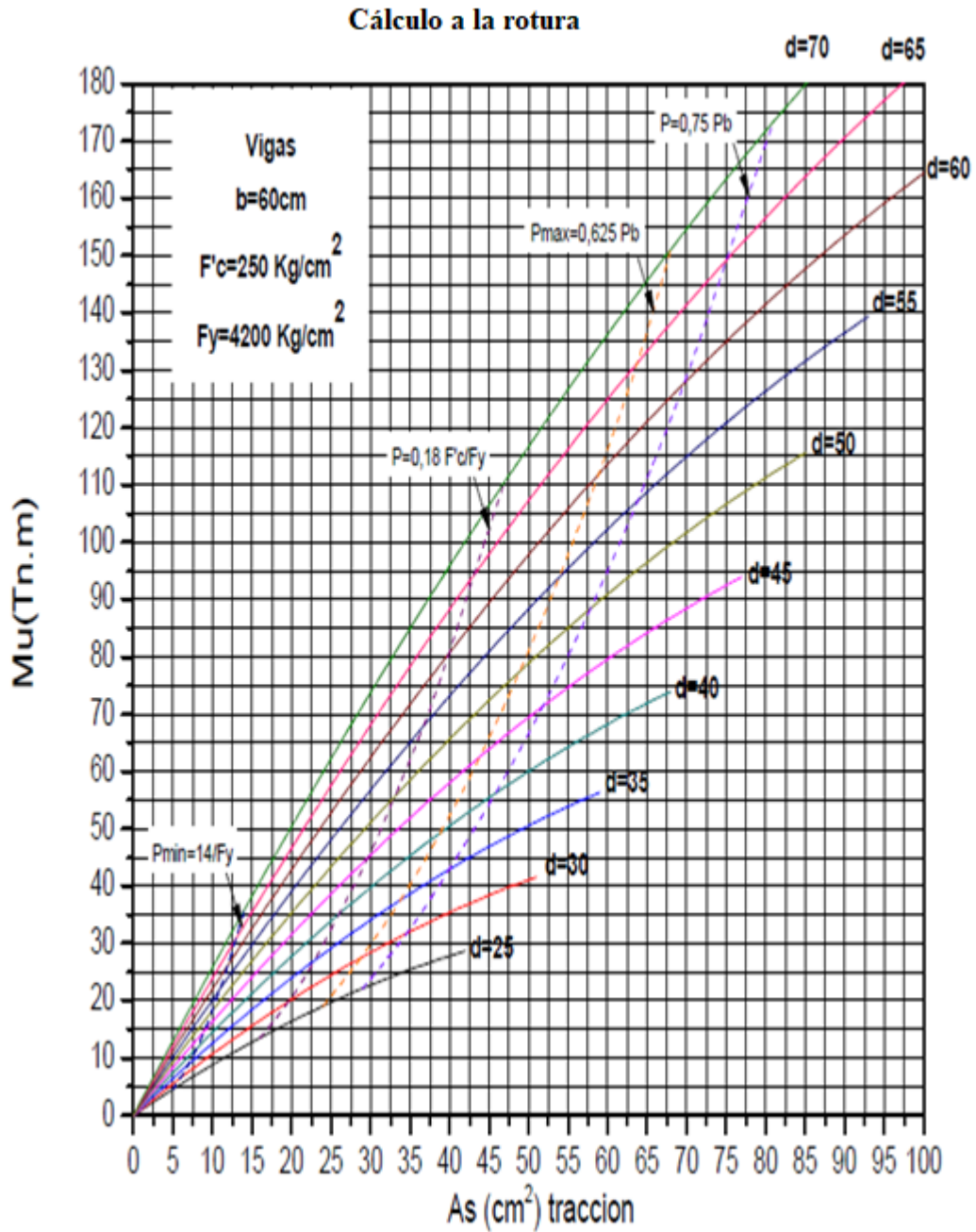
$$F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 55 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo C8. Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas**

$$F'_c = 250 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 60 \text{ cm}$$

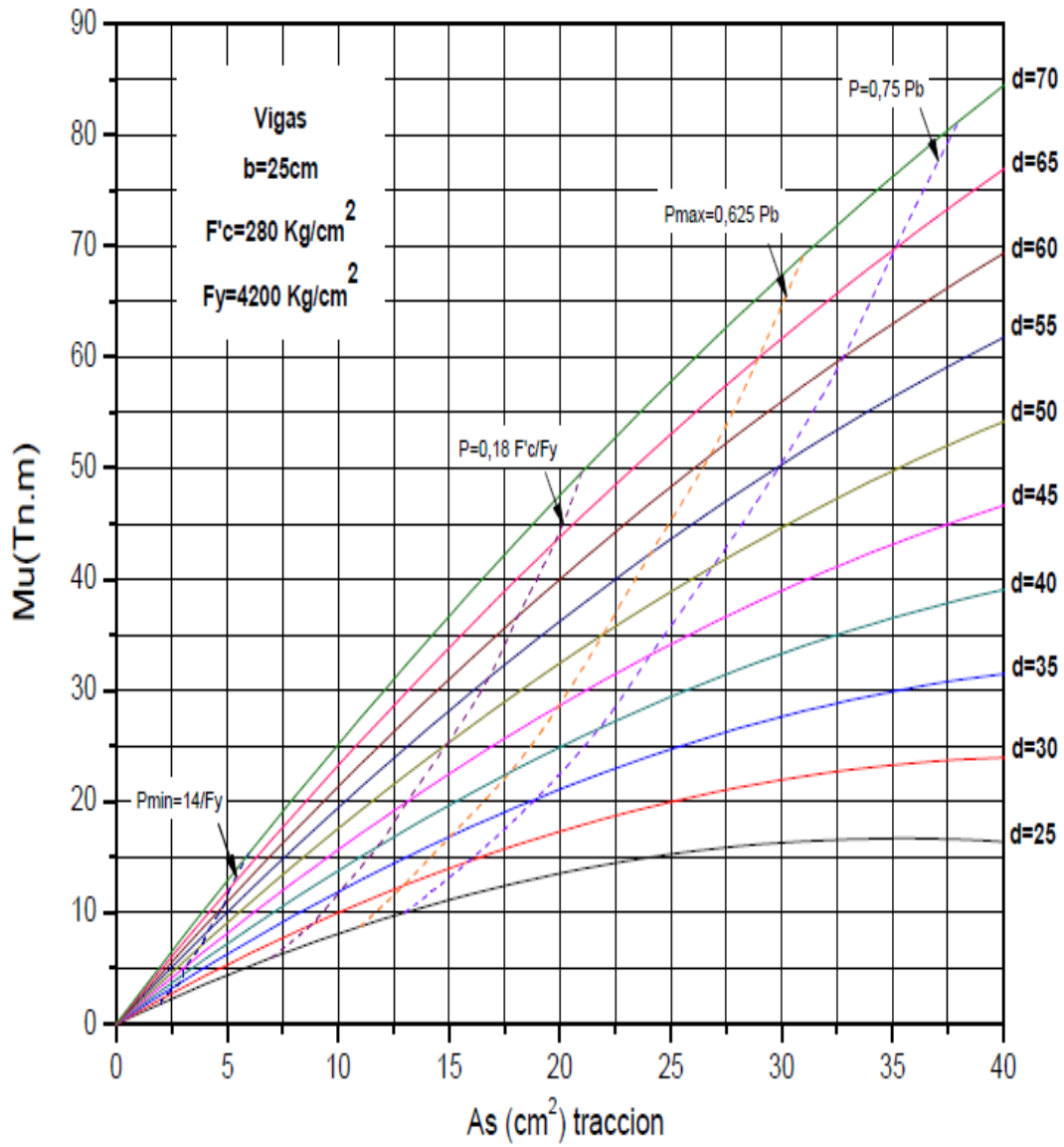


Fuente: Pérez Adriana, (2018)

## ANEXO D

**Anexo D1.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

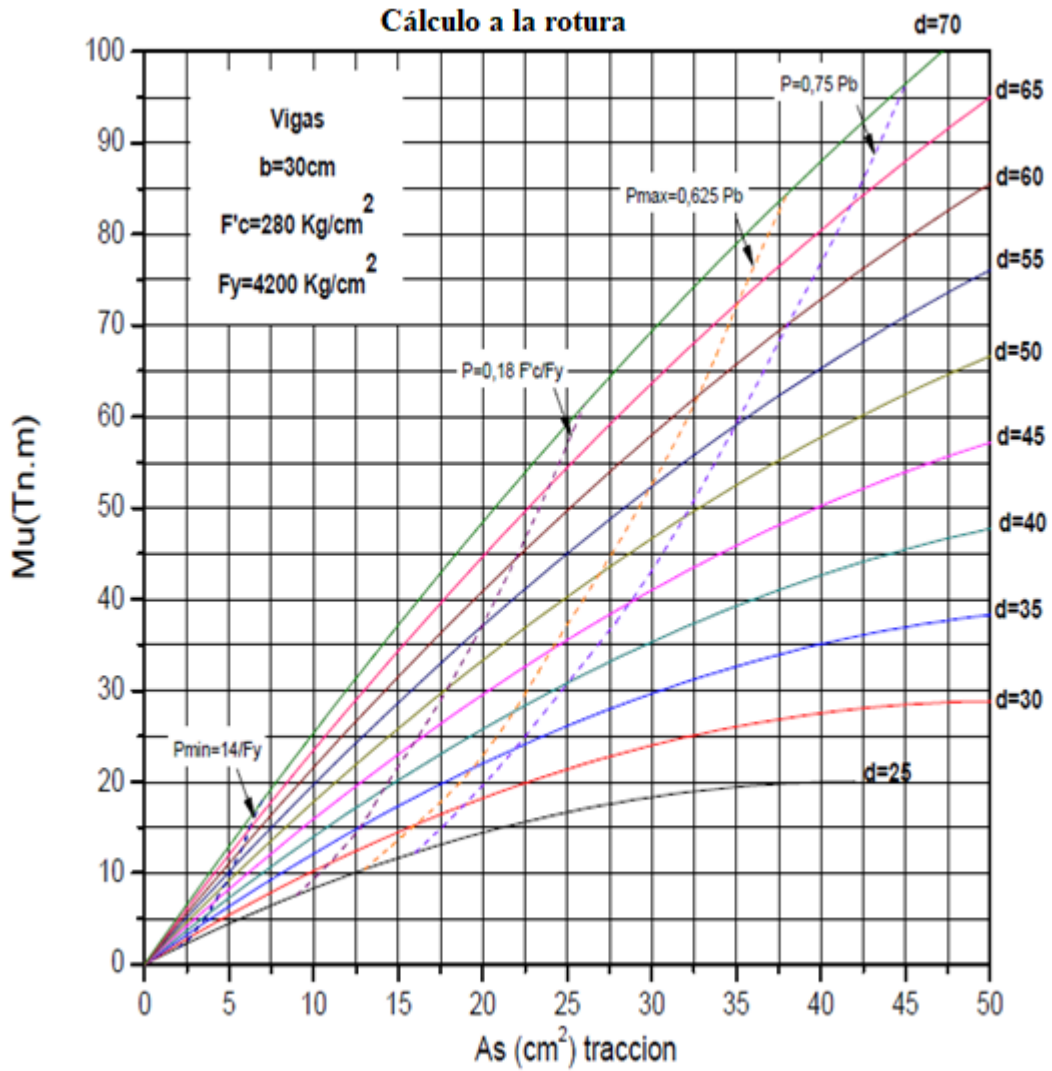
$$F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 25 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo D2.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

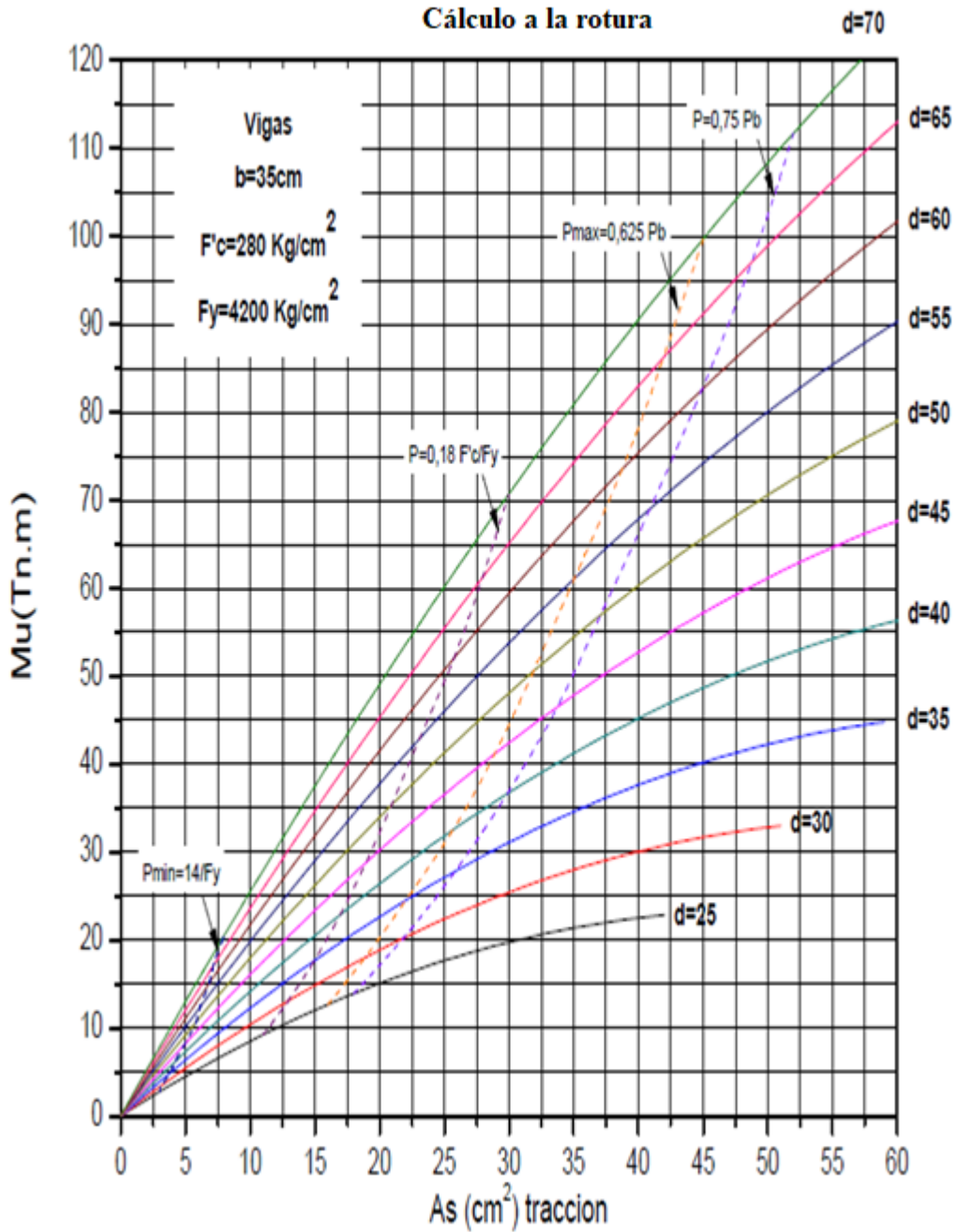
$$F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 30 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo D3.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

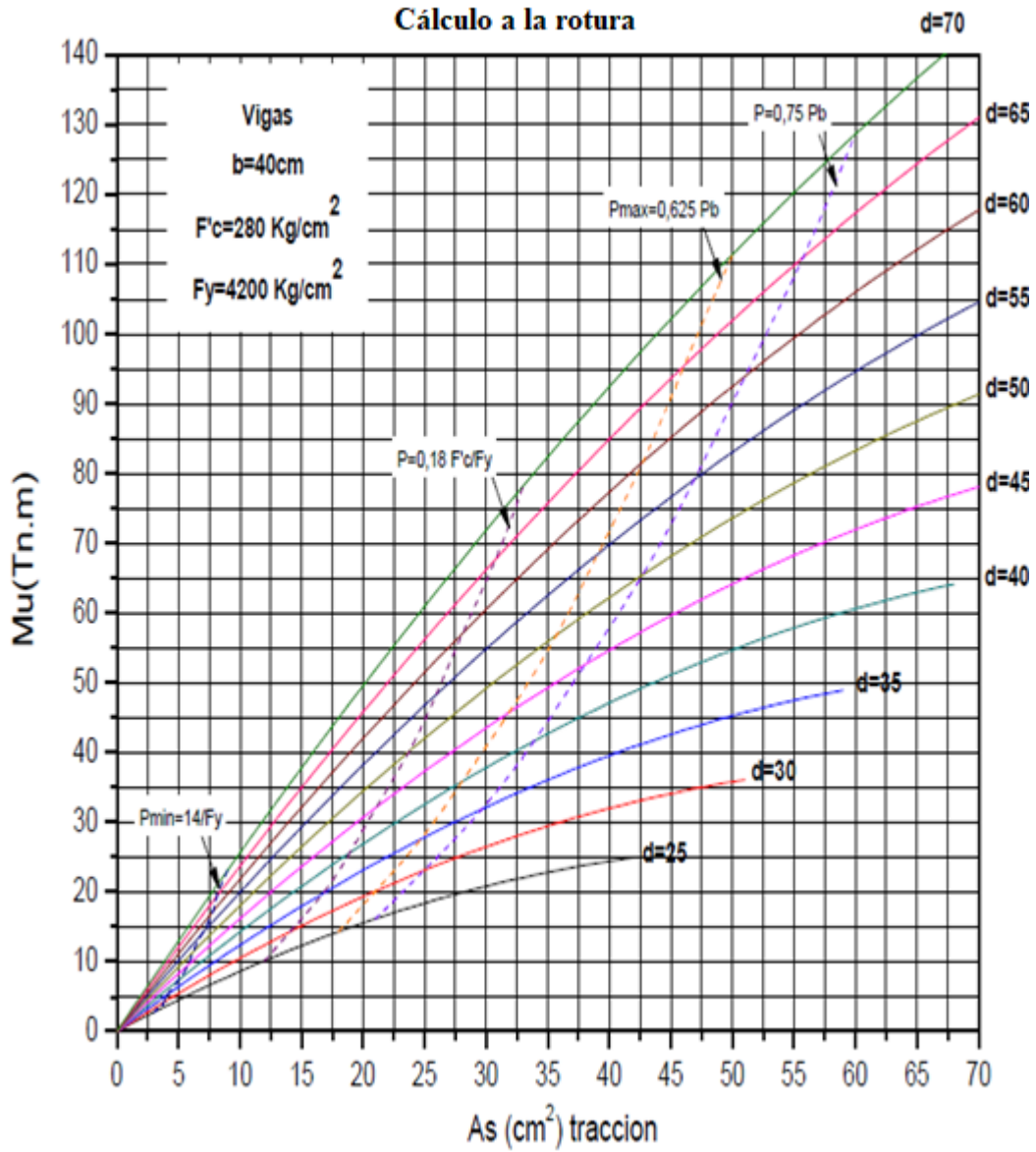
$$F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 35 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo D4.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

$$F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 40 \text{ cm}$$

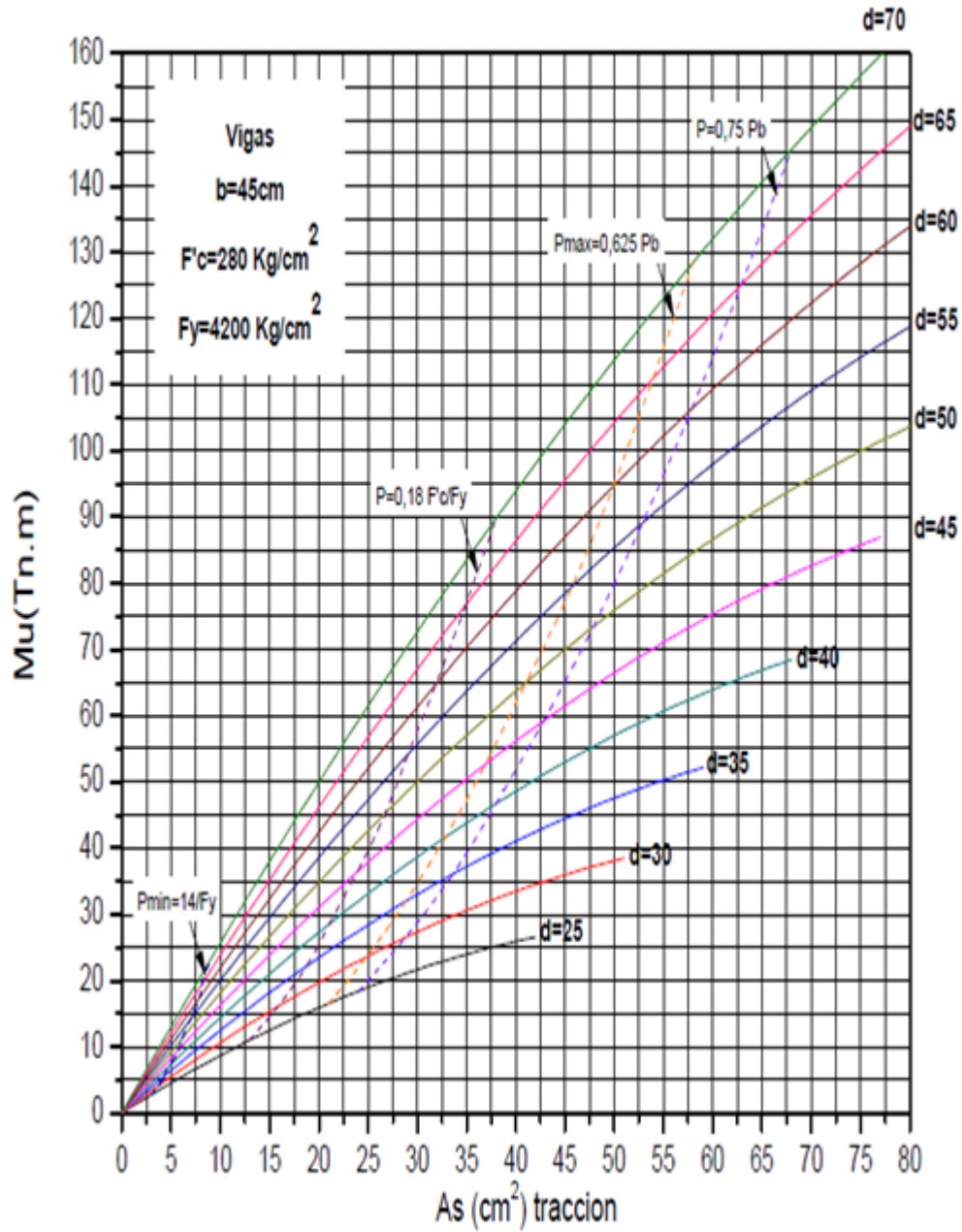


Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo D5.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

$$F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 45 \text{ cm}$$

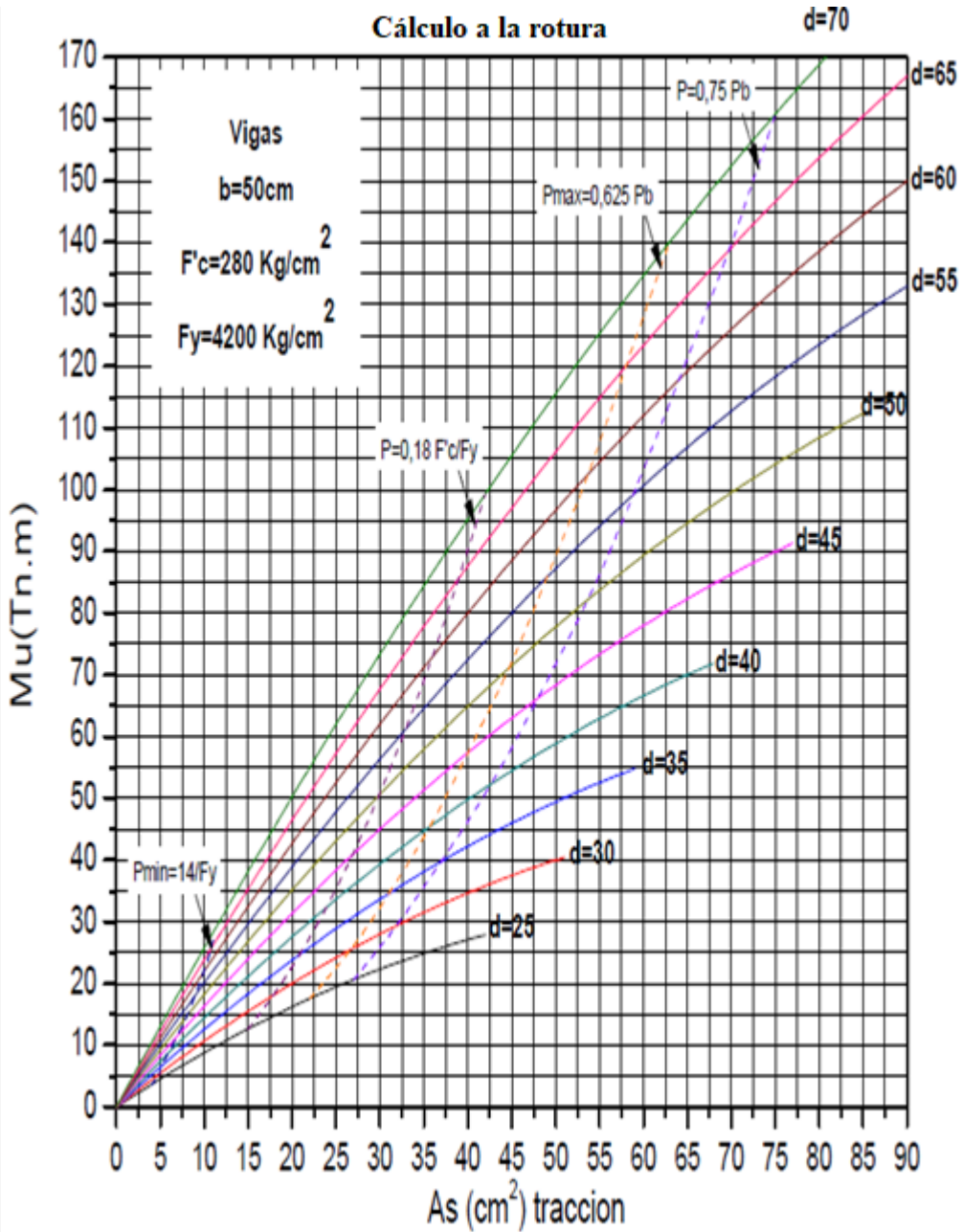
**Cálculo a la rotura**



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo D6.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

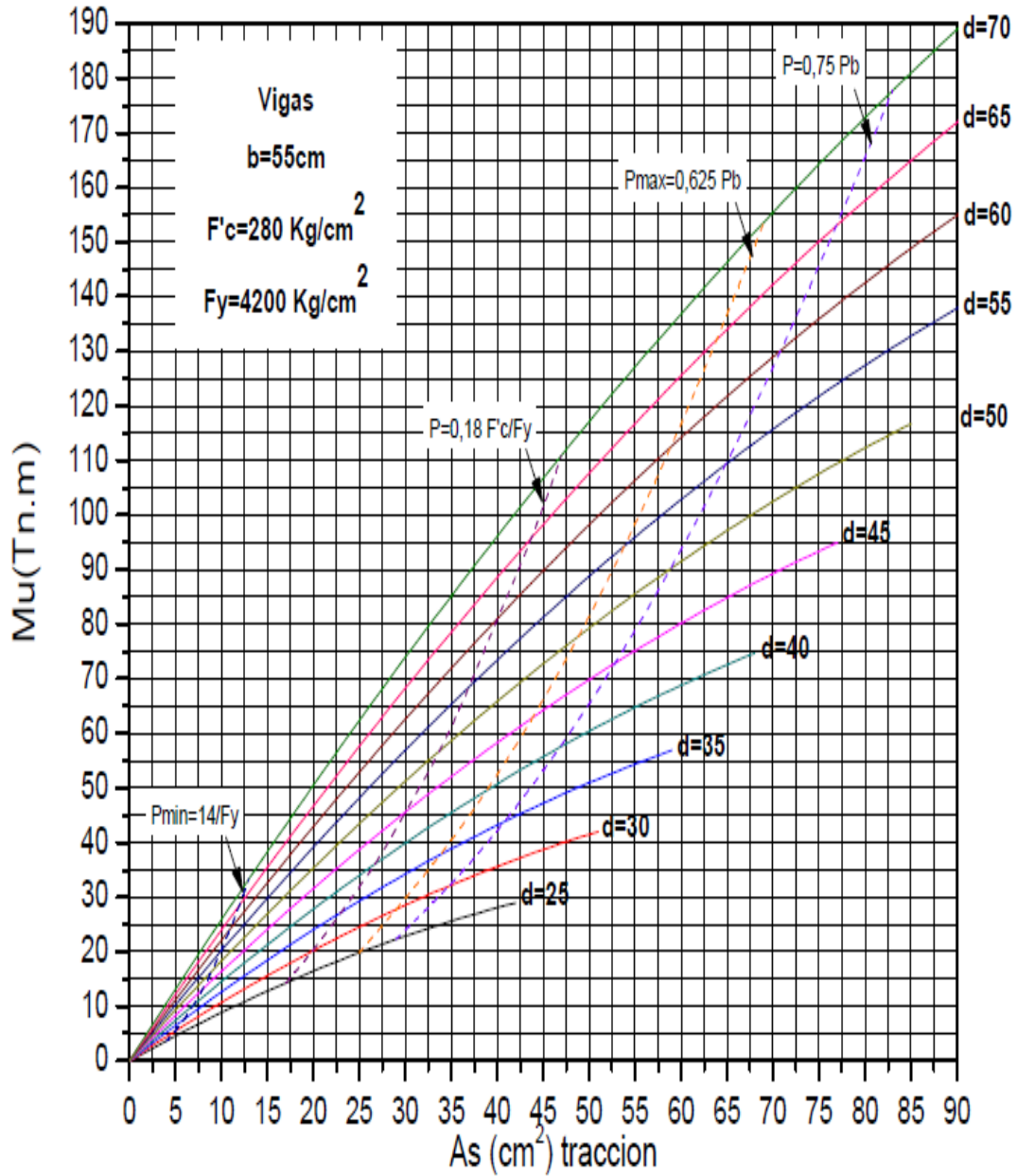
$$F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 50 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo D7.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

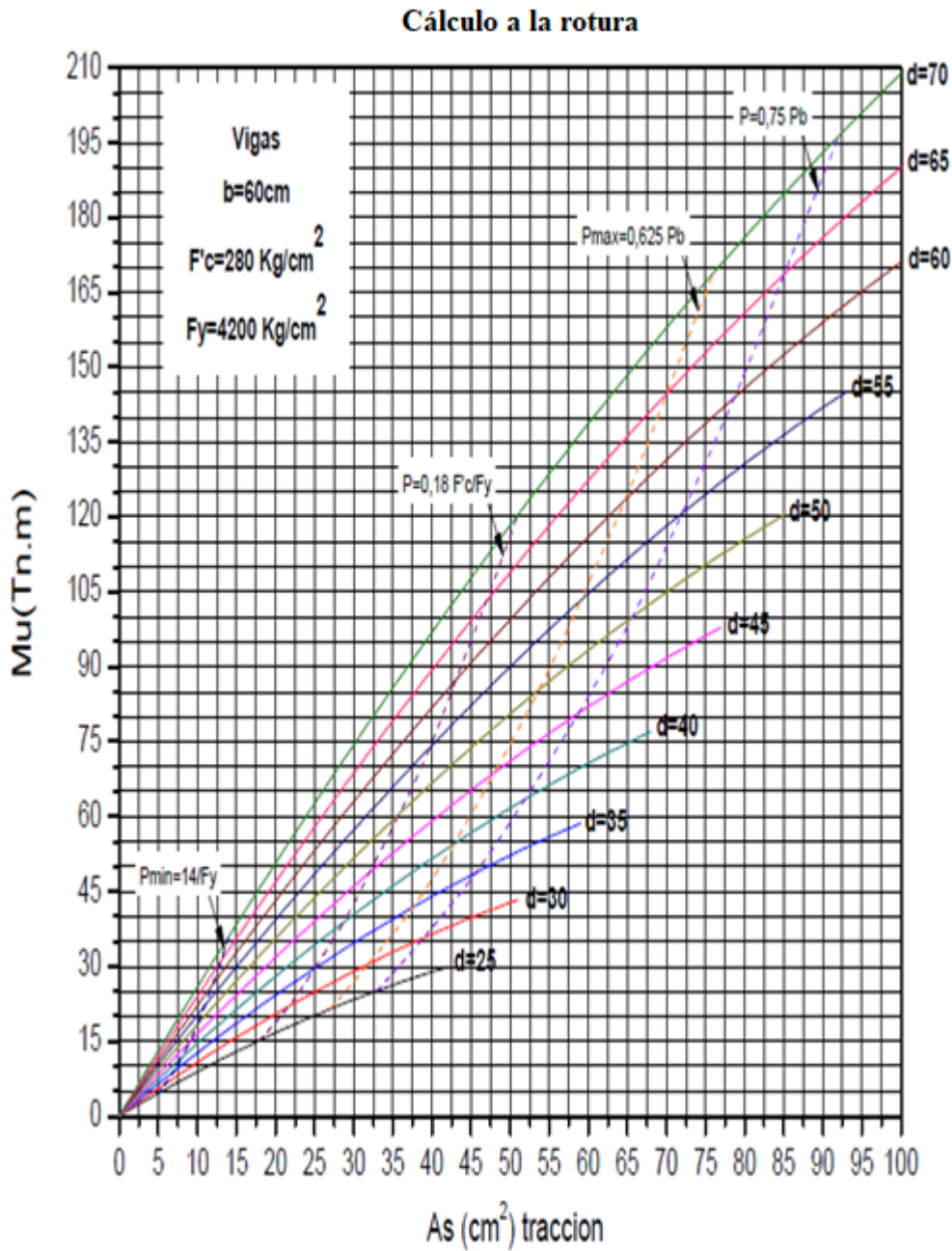
$$F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 55 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo D8.** Cálculo a la rotura para vigas rectangulares simplemente armadas

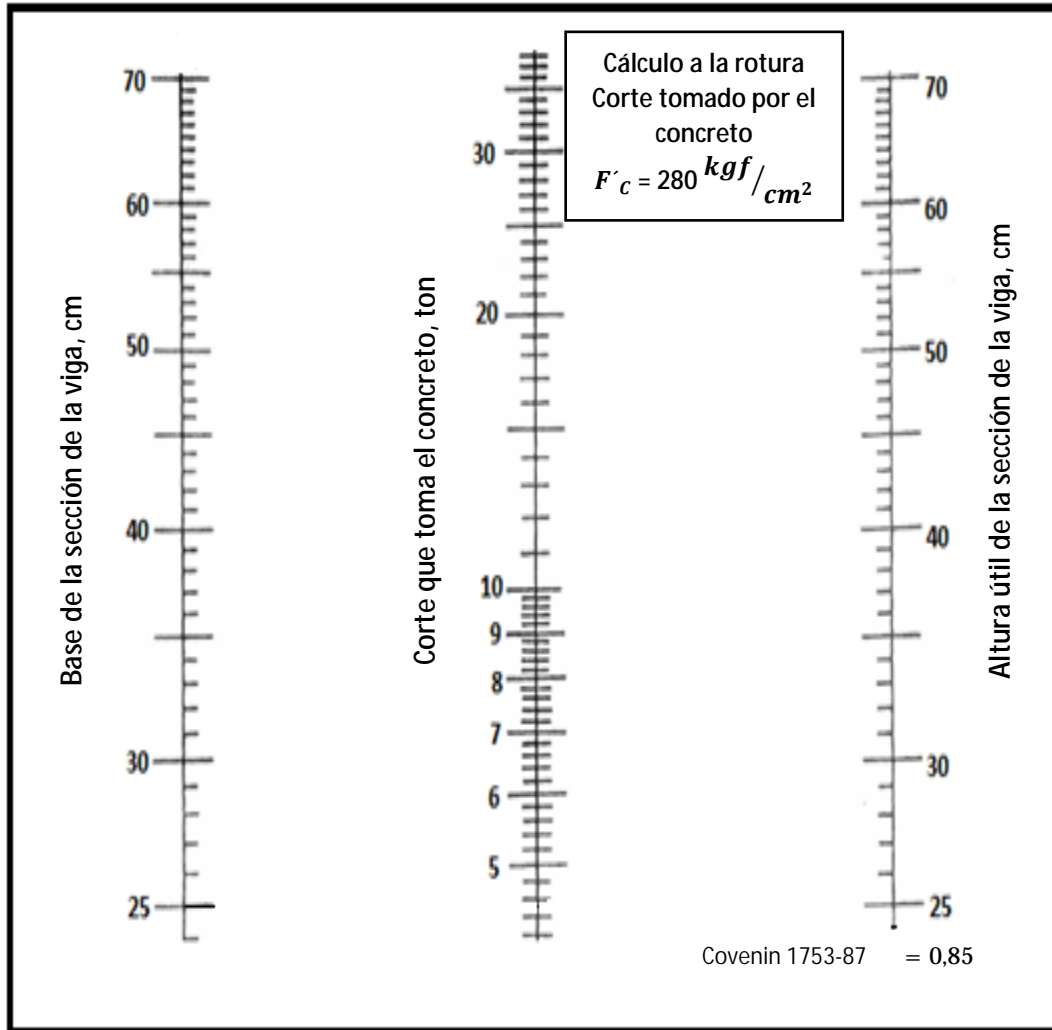
$$F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } b = 60 \text{ cm}$$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

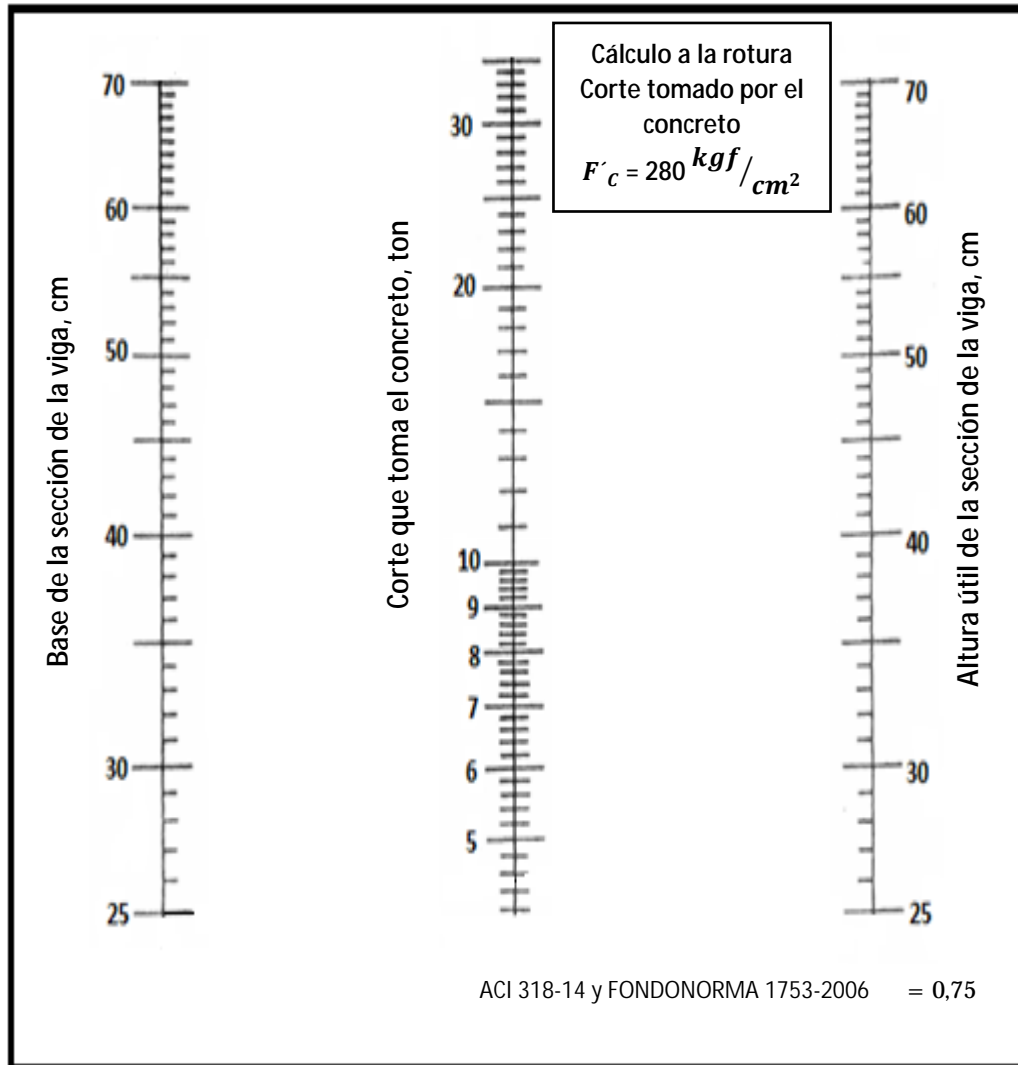
## ANEXO E

Anexo E1. Cálculo de cortante resistente al concreto  
a través de nomogramas para  $F'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)

**Anexo E2.** Cálculo de cortante resistente al concreto a través de nomogramas para  $F'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$



Fuente: Pérez Adriana, (2018)