

**MANUAL DE CALCULO  
DE HORMIGON ARMADO**  
BASADO EN EL CODIGO ACI 318-99

ATA



**GERDAU AZA**

*Palabra de Acero*

**MANUAL DE CALCULO  
DE HORMIGON ARMADO  
BASADO EN EL CODIGO ACI 318-99**



# **MANUAL DE CALCULO DE HORMIGON ARMADO**

## **BASADO EN EL CODIGO ACI 318-99**

Autores: Alfonso Larraín Vial.  
Fernando Yañez Uribe.

Editores: Jorge Manríquez Pimentel.  
Carlos Rondon San Martín.

No está permitida la reproducción total o parcial de este documento, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios, sin la aprobación y por escrito de Gerdau AZA S.A.

Diseño y Producción Gráfica: Publicitaria Reactiva.

Fotografía: Francisco Aguayo.  
Jorge Brantmayer.

DERECHOS RESERVADOS © 2001 POR:  
GERDAU AZA S.A.  
La Unión N° 3.070, Renca, Santiago, Chile.

Copyright © MMI, por GERDAU AZA S.A.

Inscripción en Propiedad Intelectual: 118.562

1ª Edición 1.500 ejemplares, Junio 2001.

Otros documentos técnicos de Gerdau AZA S.A., disponibles para los usuarios interesados, son:

- Manual de Recomendaciones Técnicas para la Fabricación e Instalación de Armaduras.
- Manual de Diseño para Angulos Estructurales L-AZA.
- Catálogo Técnico de Productos Laminados.

Para otras consultas sobre nuestros productos y servicios, visite nuestra pagina web:

[www.aza.cl](http://www.aza.cl)



## **CURRICULA DE LOS AUTORES**

**Alfonso Larraín Vial**, ingeniero civil estructural de la Universidad de Chile, "Premio Marcos Orrego Puelma 1969" otorgado por el Instituto de Ingenieros de Chile al mejor alumno y compañero de su promoción. Desde el año 1973, es profesor de la cátedra de Hormigón Estructural I y II en la escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile.

El ingeniero Larraín es miembro del Colegio de Ingenieros de Chile AG, del Instituto de Ingenieros, de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales AG y del Comité de Estructuras de la Cámara Chilena de la Construcción, en su calidad de especialista en cálculo, diseño y evaluación de proyectos estructurales.

Como socio, hasta el año 1999, de la empresa Larraín, Ruiz y Saavedra y Cía Ltda., y fundador a partir de ese mismo año, de Alfonso Larraín V. y Asociados, desde 1970 ha participado en el diseño y cálculo de proyectos estructurales para más de 2.200 obras, con una superficie superior a los 6.000.000 m<sup>2</sup> de construcción.

**Fernando Yañez Uribe**, ingeniero civil estructural de la Universidad de Chile y Doctor en Ingeniería Civil (Ph. D.) University of Canterbury (N.Z); es profesor de la cátedra de Hormigón Estructural I y II y de Hormigón Pretensado en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, Sub-Director del Instituto de Investigaciones y Ensayes de Materiales (IDIEM), consultor experto en comportamiento sísmico de estructuras de hormigón armado y especialista en evaluación y reparación de estructuras.

El doctor Yañez es además, Director de la Asociación de Ingenieros Civiles Estructurales AG, Presidente de las comisiones de Diseño Estructural y de Tecnología e Innovación de la Cámara Chilena de la Construcción y miembro de los siguientes comités de la American Concrete Institute (ACI): ACI 318H Seismic Provisions, ACI 374 Performance Based Design y ACI 445-1 Strut and Tie Models.



## **PRESENTACION**

Gerdau AZA S.A., empresa perteneciente al Grupo Gerdau, tiene el agrado de presentar la primera edición de su Manual de Cálculo de Hormigón Armado, obra realizada por sus autores sobre la base del Código ACI 318-99, y en conformidad a los criterios de diseño vigentes.

El contenido de esta publicación está dividido en ocho capítulos, los cuales se han orientado fundamentalmente, hacia todos los profesionales relacionados con el diseño estructural y la docencia de la especialidad hormigón armado.

Entre las materias abordadas, se distinguen los procesos de fabricación y control de calidad de las barras de refuerzo AZA para hormigón, realizados de acuerdo a los estándares de la más alta calidad en las instalaciones de su moderna planta siderúrgica, ubicada en la Comuna de Colina, Región Metropolitana.

Como temas centrales se destacan los métodos de cálculo utilizados, el capítulo destinado al diseño sísmico, la selección de ejemplos de cálculo y la serie de ábacos y diagramas de interacción y flexión biaxial en columnas rectangulares, confeccionados mediante técnicas computacionales, que posibilitan visualizar la forma de rotura de una sección dada.

Agradecemos, muy sinceramente, el valioso aporte técnico de los autores y la favorable acogida de los usuarios a la recepción de este manual, al permitirnos contribuir de esta forma con el desarrollo de la ingeniería estructural y construcción de hormigón armado en Chile.

A todos ellos, un sincero reconocimiento por el respaldo y la confianza que han depositado en nuestra empresa, y de manera muy especial, a todas aquellas personas que directa o indirectamente, día a día, especifican o utilizan nuestros productos.



Vista panorámica Planta Colina GERDAU AZA.

## ***AGRADECIMIENTOS DE LOS AUTORES***

A las siguientes personas, por su valioso aporte y calaboración técnica en la creación de este manual, ingenieros civiles:

Sr. Victor Aguila Olave  
Sr. Enrique Celedón Valenzuela  
Srta. Daniela Hernández Chávez  
Sr. Leonardo Massone Sanchez  
Srta. María Soledad Torres Henríquez



# CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>CAPITULO 1 - PROCESO DE FABRICACION Y CONTROL DE CALIDAD DE LAS BARRAS DE REFUERZO AZA PARA HORMIGON</b>	<b>1</b>
1.1 Proceso de fabricación del acero AZA	1
1.2 Colado del acero	2
1.3 Laminación en caliente de las barras	3
1.4 Control de calidad y certificación	4
<b>CAPITULO 2 - CARACTERISTICAS DE LAS BARRAS DE REFUERZO AZA PARA HORMIGON</b>	<b>9</b>
2.1 Calidades y propiedades mecánicas del acero de refuerzo AZA para hormigón	9
2.2 Relaciones Tensión-Deformación	11
2.3 Identificación del producto y especificaciones de la entrega	14
<b>CAPITULO 3 - LONGITUD DE DESARROLLO Y EMPALMES PARA BARRAS EN TRACCION Y COMPRESION</b>	<b>15</b>
3.0 Notación	15
3.1 Longitud de desarrollo.	16
3.1.1 Longitud de desarrollo para barras en tracción	16
3.1.1.1 Tablas de longitudes de desarrollo para barras en tracción	19
3.1.2 Longitud de desarrollo para barras en compresión	36
3.1.2.1 Tablas de longitudes de desarrollo para barras en compresión	37
3.1.3 Longitud de desarrollo para barras con ganchos	39
3.1.3.1 Tablas de longitudes básicas de desarrollo para barras con gancho	41
3.2 Empalmes de las armaduras	46
3.2.1 Empalmes de barras sometidas a tracción	46
3.2.2 Empalmes de barras sometidas a compresión	46
<b>CAPITULO 4 - RECUBRIMIENTOS</b>	<b>49</b>
4.1 Generalidades	49
4.2 Condiciones severas	49
4.3 Condiciones normales	49
4.4 Recubrimientos para el hormigón vaciado en obra	50
4.5 Recubrimientos para el hormigón prefabricado en condiciones de control de planta	51
4.6 Recubrimientos para el hormigón pretensado	52
4.7 Recubrimientos mínimos para paquetes de barras	52
4.8 Recubrimientos mínimos en ambientes corrosivos	52
4.9 Recubrimientos mínimos de hormigón, recomendados como protección contra el fuego	53

# CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>CAPITULO 5 - ESTADOS DE SERVICIO</b>	<b>55</b>
5.0 Notación	55
5.1 Fisuración	56
5.2 Distribución de la armadura de tracción	56
5.3 Deformaciones	59
5.3.1 Flechas instantáneas	59
5.3.2 Flechas diferidas	62
5.3.3 Flechas máximas admisibles	63
5.4 Espesores mínimos para losas	64
5.5 Ejemplos de cálculo	66
<b>CAPITULO 6 - CALCULO DE SECCIONES</b>	<b>69</b>
6.0 Notación	69
6.1 Flexión	71
6.1.1 Aspectos básicos para el diseño a flexión	71
6.1.2 Flexión simple	73
6.1.3 Flexión compuesta	73
6.1.4 Flexión esviada	74
6.2 Diagramas de interacción, Momento Flector versus Carga Axial ( $P_u - M_u$ )	76
6.3 Esfuerzo de corte, $V_u$	77
6.3.1 Condiciones de diseño	77
6.3.2 Resistencia nominal al corte proporcionada por el hormigón	77
6.3.3 Armadura por corte	78
6.4 Torsión $T_u$ en elementos no pretensados	79
6.4.1 Condiciones de diseño	79
6.4.2 Armaduras por torsión	81
6.5 Ejemplos de cálculo	83
<b>CAPITULO 7 - DISEÑO SISMICO DE HORMIGON ARMADO</b>	<b>89</b>
7.0 Notación	89
7.1 Materiales	90
7.1.1 Hormigón	90
7.1.2 Acero	90
7.2 Elementos sometidos a flexión	90
7.2.1 Armadura transversal	90
7.2.2 Armadura longitudinal	91
7.3 Elementos sometidos a flexocompresión	95
7.3.1 Armadura transversal	95
7.3.2 Armadura longitudinal	96
7.4 Esfuerzo de corte	98
7.4.1 Vigas	98



# CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
7.4.2 Columnas	99
7.5 Ejemplos de cálculo	101
<b>CAPITULO 8 - ABACOS</b>	<b>105</b>
8.1 DIAGRAMAS DE INTERACCION $P_u - M_u$	107
8.2 DIAGRAMAS DE FLEXION BIAXIAL EN COLUMNAS RECTANGULARES	163
<b>APENDICE</b>	<b>231</b>
A. Tabla de Sobrecargas de Uso Uniformemente Distribuidas para Pisos	233
B. Unidades de Medición	234
C. Tabla de Conversión Pesos y Medidas	236
D. Propiedades de Secciones Geométricas	238
E. Tabla de Areas, Pesos y Perímetros de Barras de Refuerzo AZA para Hormigón	246