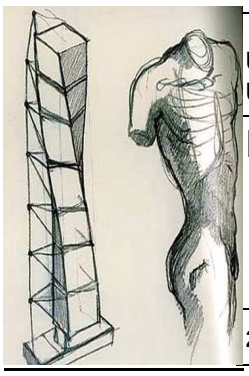


	UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA - FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO		
DNC	ESTRUCTURAS – NIVEL 1 - PLAN DE ESTUDIOS 6		
GE8	Taller: VERTICAL III – DELALOYE - NICO - CLIVIO		
	Guía de estudio nro. 8: MATERIALES DE EMPLEO HABITUAL EN LAS ESTRUCTURAS RESISTENTES		
2012	Elaboró: Ing. Alejandro Nico	Revisión: 0	Fecha agosto de 2012

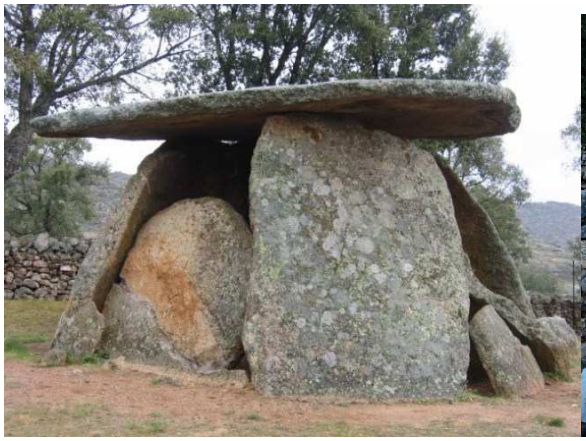
MATERIALES DE EMPLEO HABITUAL EN LAS ESTRUCTURAS RESISTENTES

1.- INTRODUCCION

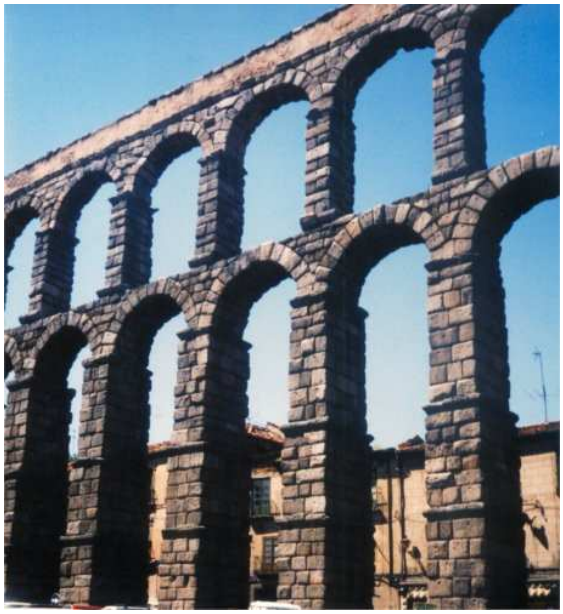
Desde el ***principio de la historia*** el hombre ha ***construido***, probablemente sin saberlo, ***estructuras*** con el fin de cubrir un espacio que lo proteja de las condiciones ambientales y que a la vez le permitieran salir y entrar de la misma, lo cual le exigía la necesidad de contar con elementos que soportaran esfuerzos de flexión, o arreglárselas con tipologías estructurales que estuvieran sometidas exclusivamente a esfuerzos axiles. Como se recordara de guías anteriores un ***esfuerzo de flexión*** provoca en una sección del elemento tensiones de ***tracción*** y ***compresión.***

En aquellas épocas, el ***único "material***" conocido con esta capacidad era la ***madera***, que por otro lado, si bien aporta estas tensiones, estas no son muy grandes, con lo cual las luces o cargas que podía soportar eran pequeñas.

El ***otro material*** disponible era ***lo roca o piedra*** que si bien tenia una ***gran resistencia a compresión***, era ***poca*** a la ***tracción*** con lo cual, nuevamente impedía la concreción de grandes luces.



Con el tiempo surgió la utilización del denominado ***"arco"*** que por ***forma*** consiguió recibir cargas perpendiculares a su eje pero ***transmitiéndola*** en forma de ***compresión*** con lo cual posibilito el uso como material estructural de piedras o mampuestos



2.- MATERIALES ACTUALES CON FINES ESTRUCTURALES

En la ***actualidad*** y luego de los conocidos adelantos tecnológicos, si bien es posible la utilización de los materiales vistos en la introducción, se pueden destacar los siguientes materiales, cada cual con sus beneficios y desventajas.

- ***ACERO***
- ***HORMIGON ARMADO***
- ***MADERA***
- ***ALUMINIO***
- ***TEXTILES***
- ***PLASTICO***

A continuación se describen las principales características de los ***tres primeros***:

3.- ACERO

El ***acero*** es una aleación de ***hierro*** y ***carbono***, fabricado por la industria,

Con una ***gran resistencia*** y un proceso constructivo que mediante moldes o laminados adecuados permite ***obtener distintas formas*** aptas para cada situación particular.

No debe confundirse el ***acero*** con el ***hierro***. Este nombre corresponde exclusivamente al elemento químico puro, que no se tiene en cuenta en la técnica constructiva a causa del elevado costo de fabricación y porque sus propiedades físicas lo hacen inadecuado para la mayoría de las aplicaciones técnicas

El ***acero*** conserva las características metálicas del hierro en estado puro, pero la adición de carbono (en % que van desde 0.1 a 2%, aunque normalmente estos valores se encuentran entre el ***0,2% y el 0,3%***) y de otros elementos tanto metálicos como no metálicos mejora sus propiedades físico-químicas.

Con concentraciones de carbono mayor al 2,0% se producen fundiciones que, en oposición al acero, son quebradizas y no es posible forjarlas sino que deben ser moldeadas.

3.1. PROPIEDADES

Aunque es ***difícil*** establecer unívocamente las ***propiedades físicas y mecánicas*** del acero debido a que estas varían con los ajustes en su composición y los diversos tratamientos térmicos, químicos o mecánicos, con los que pueden conseguirse aceros con combinaciones de características adecuadas para infinidad de aplicaciones, se pueden citar algunas propiedades genéricas:

- ✓ Su ***densidad media*** es de 7850 kg/m³.
- ✓ En función de la temperatura el acero se puede ***contraer, dilatar***
- ✓ El ***punto de fusión*** del acero depende del tipo de aleación y los porcentajes de elementos aleantes. pero frecuentemente temperaturas de fusión de alrededor de ***1.400 °C,***
- ✓ Posee una ***alta conductividad eléctrica***.
- ✓ Se puede **soldar con facilidad**.
- ✓ El acero da una ***falsa sensación de seguridad*** al ser incombustible, pero sus ***propiedades mecánicas*** fundamentales se ven gravemente ***afectadas*** por las ***altas temperaturas*** que pueden alcanzar los perfiles en el transcurso de un ***incendio.***

3.2.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ACERO

Desde el punto de vista de uso como material estructural el acero presenta las siguientes ventajas y desventajas

3.2.1.- Ventajas

- ✓ **Alta resistencia:** Su alta resistencia en relación a su peso, permite la elaboración de estructuras ligeras, las cuales sin acero aumentarían drásticamente sus dimensiones. Es esta alta resistencia tanto a compresión como a tracción lo que permite a las vigas obtener una notable resistencia a flexión.

- ✓ **Elasticidad:** Su comportamiento es linealmente elástico, cumpliendo con la ley de Hooke hasta cierto punto donde los esfuerzos ya son considerables.

- ✓ **Tenacidad:** Enorme capacidad de absorción de energía.

- ✓ **Ductilidad:** Esta cualidad dota al acero con la capacidad de deformarse considerablemente antes de entrar a un estado plástico o de rotura. Esta característica

permite que los elementos estructurales de hormigón armado avisen su falla mediante agrietamientos.

- ✓ **Reciclable:** El acero es reciclable en un 100% además de ser totalmente degradable.

- ✓ **Soldabilidad:** Es fácilmente soldable.

3.2.2.- Desventajas

- ✓ **Corrosión:** Este sería el principal inconveniente del acero, y es que cuando se encuentra a la intemperie este se corroe con facilidad, por esto simple se trata de proveerle con un recubrimiento, ya sea de un espesor de hormigón o de algún material dedicado para esto.

- ✓ **Endotérmico:** Las estructuras en acero o con partes en acero, propagan fácilmente el calor debido a las propiedades físicas de este material, y en caso de incendio, las altas temperaturas se propagarán fácilmente por la estructura haciendo "fluir" el material y que falle más rápido.

3.3.- TIPOS DE ACEROS

De acuerdo a los porcentajes de la ***aleación de carbono, adiciones y tratamientos particulares*** es posible obtener ***distintos tipos*** de acero, muchos de ellos no relacionados con el uso como fin estructural. Sin embargo a modo de una información básica y elemental se resumen ***algunas*** tipologías habituales

- ***Composición***

  - ✓ ***aceros al silicio***: silicio hasta 6,5% aumenta la resistencia eléctrica del acero
  - ✓ ***aceros inoxidables*** (10 % de cromo)
  - ✓ ***aceros rápidos***. En porcentajes del 14 al 18 % de Tungsteno, de alta dureza y resistente a las temperaturas (acero de corte)

- ***Tratamientos superficiales*** principalmente para aumentar la resistencia a la corrosión

  - ✓ ***Cincado*** tratamiento superficial antioxidante por proceso electrolítico o mecánico al que se somete a diferentes componentes metálicos.
  - ✓ ***Cromado***:
  - ✓ ***Galvanizado***
  - ✓ ***Niquelado***

- ***Tratamientos térmicos*** Mejora alguna de las propiedades mecánicas del acero, especialmente su dureza
  - ✓ ***Temple***
  - ✓ ***Revenido***
  - ✓ ***Recocido***

3.3.1- TIPOS DE ACEROS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION:

Si bien existen mucho aceros que son posible encontrar como uso de elementos estructurales, básica y resumidamente se pueden mencionar dos tipos distintos el ***hierro dulce o ST 37*** y el ***hierro conformado ADN 420 o ST 52.***

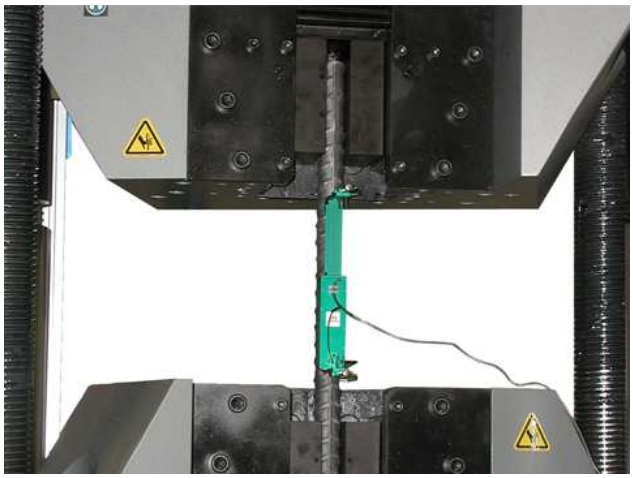
TIPO DE ACERO	*Denomi-nación*	*TENSIONES EN Kg/cm2)*				
		Normal admisible	*Normal de fluen-cia*	*Normal de rotu-ra*	*tangencial admisible*	*USO*
ACERO DULCE	*St 37*	*1400/1600*	*2400*	*3700*		*PERFILERIA HIERRO REDONDO LISO*
ACERO CON-FOMADO	*ADN 420 St 52*	*2400*	*4200*	*5200*		*BARRAS REDONDAS CONFORMADAS PARA Hº Aº*

TABLA 1

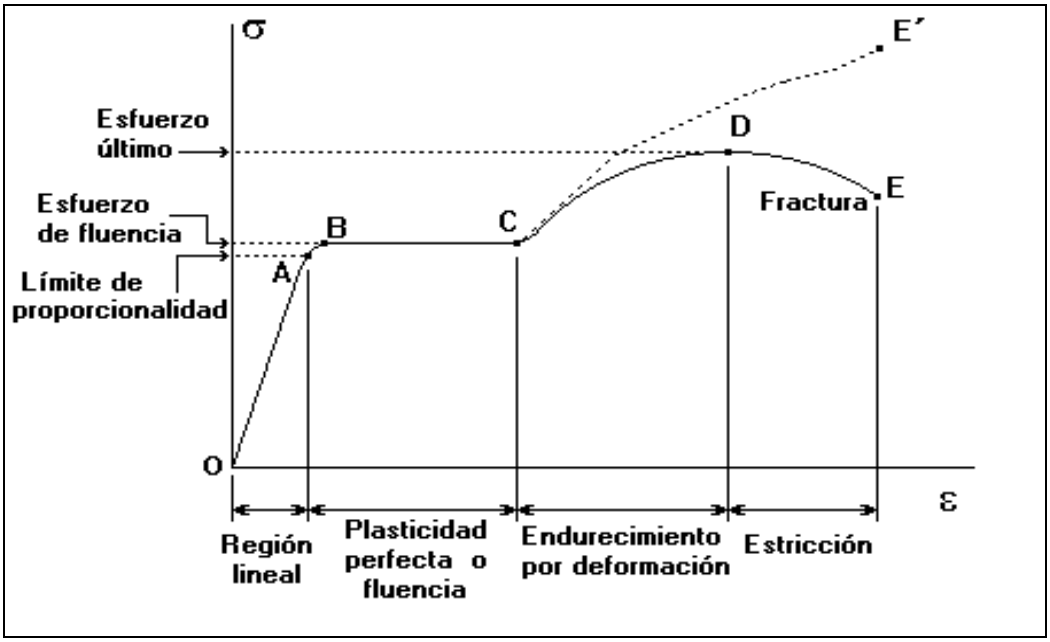
Perfilaría de acero dulce ***Barras de acero conformado ADN 420***

3.4.-DIAGRAMA TENSIONES DEFORMACIONES:

Desde el punto de vista de su conformación, el acero es un material ***isótropo y homogéneo***, y como material estructural se comporta, dentro de ciertos límites en forma ***elástica.*** La Figura muestra un clásico ensayo a tracción de una varilla de acero para determinar su resistencia y poder conocer su comportamiento o deformación frente a un esfuerzo de tracción. El dispositivo "verde" que se observa adosado a la barra es un ***"extensómetro"*** que permitirá ir ***midiend***o los ***estiramientos*** a medida que se incrementa la carga.



De esta forma, graficando para cada carga aplicada la correspondiente deformación se obtiene lo que se llama "diagrama tensiones-deformaciones" (ver g.e 7)



CURVA TENSIONES/DEFORMACIONES PARA EL ACERO

Si se lleva sobre el eje horizontal los alargamientos y sobre la ordenada las tensiones, se observa que hay una primer zona, donde las deformaciones son proporcionales a las tensiones (recorrido O-A, región lineal). La ley de Hooke (ver g.e7) expresa esta proporcionalidad de la siguiente manera:

$$\sigma = E\,\xi$$

El coeficiente de proporcionalidad **E** es una constante elástica del material llamada ***Módulo de Elasticidad*** y se expresa en kg/cm^2 o en t/cm^2. Para el acero, y durante este periodo vale ***2.100.000 Kg/cm^2***.

Si se quita la carga en cualquier punto de este primer recorrió se recupera íntegramente la deformación producida. Se dice que se está en presencia de ***"deformaciones elásticas".***

A partir del punto A se produce un alargamiento de la barra sin aumentar prácticamente la tensión, "el material entra en fluencia", y la tensión correspondiente a este período se denomina ***tensión de fluencia***. Ahora si retira la carga, la barra recupera parte de su deformación pero no toda. Efectivamente quedara un estiramiento remanente, producido por deformaciones plásticas = la deformación entre los puntos A-C es ***una deformación "elastoplastica***"

Posteriormente y a partir del punto C, el material recupera su resistencia, sin cumplir la Ley de Hooke, pasando por el punto de máxima tensión y llegando finalmente a la rotura, para una deformación del orden del 20%.

Como se ya se comento, para tensiones inferiores al límite de proporcionalidad, el material puede considerarse perfectamente elástico; por encima de este límite, parte de la deformación se conserva al descargar la barra. Es decir se presentan deformaciones permanentes. Para que la estructura esté siempre en condiciones elásticas y no exista la posibilidad de deformaciones permanentes, la tensión de trabajo o **tensión admisible** debe adoptarse por debajo del límite de proporcionalidad. Se toma como tensión admisible del material, la tensión de fluencia dividida por un coeficiente de seguridad.

Por ejemplo en el caso del ***acero de dureza natural ADN 420***, tomando un coeficiente de seguridad = 1,75, la tensión admisible será:

$$\sigma_{adm} = \sigma_{fluencia} \div 1.75 = 4200(kg/cm^2) / 1.75 = 2400\ kg/cm^2 \text{ (VER TABLA 1)}$$

Para el caso de estructuras conformadas por perfiles laminados o tubos estructurales, la tensión de fluencia es de 2400 kg/cm^2, y el coeficiente de seguridad es 1.6

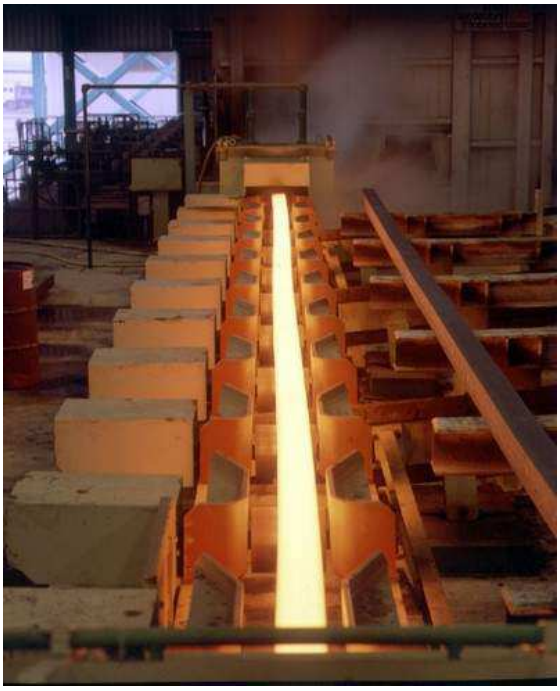
$$\sigma_{adm} = \sigma_{fluencia} \div 1.6 = 1500\ kg/cm^2$$

3.5.- FORMAS DISPONIBLES PARA FINES ESTRUCTURALES

De acuerdo a su forma de fabricación y utilización se consiguen en el mercado de la construcción las siguientes topologías:

- ***Laminados en caliente***
- ***Perfiles conformados en frío***
- ***Hierros redondos***
- ***Tubos y secciones cerradas***
- ***Barras Redondas conformadas***

3.5.1.- Laminados en caliente

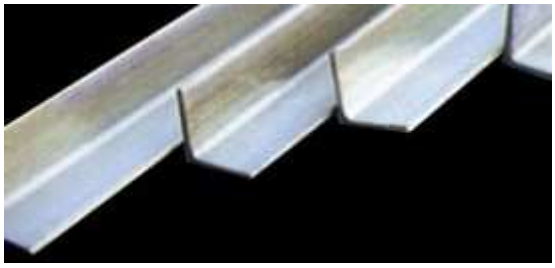


Se los denomina así ya que el proceso de elaboración es a través de ***trenes de laminación*** que conforman la sección deseada a ***altas temperaturas***. El acero que sale del horno alto de colada de la siderurgia es convertido en acero bruto fundido en lingotes de gran peso y tamaño que posteriormente hay que laminar para poder convertir el acero en los múltiples tipos de perfiles comerciales que existen de acuerdo al uso que vaya a darse del mismo.

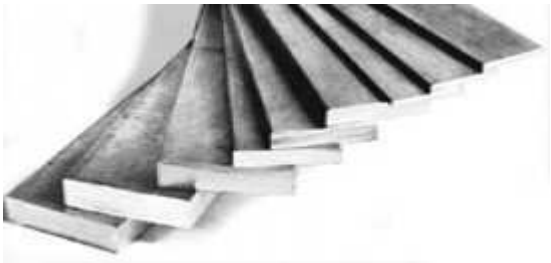
El proceso de laminado consiste en calentar previamente los lingotes de acero fundido a una temperatura que permita la deformación del lingote por un proceso de estiramiento y desbaste que se produce en una cadena de cilindros a presión llamado tren de laminación

Las formas que se obtienen con la ***laminación*** son de lo ***más diversa***s. Pero con fines estrictamente estructurales se pueden encontrar secciones ***doble T (IPN), U (UPN), ángulo, T y planchuelas*** Ej.:

PERFIL T



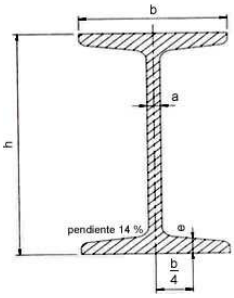
PERFIL L DE ALAS IGUALES



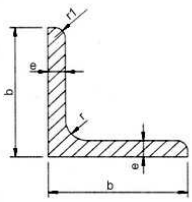
PLANCHUELA

PERFIL DOBLE T

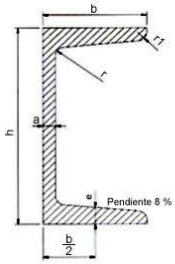
Sección Doble T



Sección Angulo



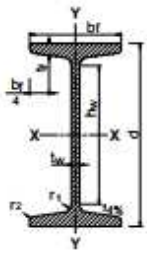
Sección U



Las ***dimensiones*** de los ***perfiles normalizados*** son universales, lo que posibilita la existencia de tablas únicas donde obtener todos los datos geométricos (y peso) que permitirán el dimensionado en el uso como elemento estructural

IPN 10: Perfil normal (o normalizado) (puede no serlo) doble T (I) nro. 10 (altura del perfil)

IPN según
IRAM-IAS
U 500-511

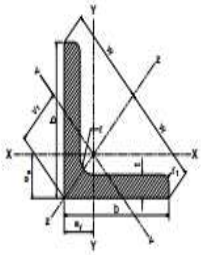


Ag = Área bruta de la sección transversal.
I = Momento de Inercia de la sección. respecto de los ejes principales.
$r = \sqrt{I/A}$ Radio de giro .
S = Módulo resistente elástico de la sección.
Q = Momento estático de media sección.
Z = Módulo plástico de la sección.

Designación	Dimensiones						Relaciones		Ag	Peso	X - X					Y - Y					
	d	bf	tf	hw	tw=r1	r2	bf/2tf	hw/tw			Ix	Sx	rx	Qx	Zx	Iy	Sy	ry	Qy	1,5.Sy	Zy
	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm²	Kg/m	cm⁴	cm³	cm	cm³	cm³	cm⁴	cm³	cm	cm³	cm³	cm³
80	80	42	5,9	59	3,9	2,3	3,56	15,1	7,57	5,94	77,8	19,5	3,20	11,4	22,8	6,29	3,00	0,91	2,46	4,50	4,93
100	100	50	6,8	75	4,5	2,7	3,68	16,7	10,6	8,34	171	34,2	4,01	19,9	39,8	12,2	4,88	1,07	4,02	7,32	8,04
120	120	58	7,7	92	5,1	3,1	3,77	18,0	14,2	11,1	328	54,7	4,81	31,8	63,6	21,5	7,41	1,23	6,12	11,12	12,24
140	140	66	8,6	109	5,7	3,4	3,84	19,1	18,2	14,3	573	81,9	5,61	47,7	95,4	35,2	10,7	1,40	8,85	16,05	17,70
160	160	74	9,5	125	6,3	3,8	3,89	19,8	22,8	17,9	935	117	6,40	68,0	136	54,7	14,8	1,55	12,28	22,20	24,55
180	180	82	10,4	142	6,9	4,1	3,94	20,6	27,9	21,9	1450	161	7,20	93,4	187	81,3	19,8	1,71	16,50	29,70	33,00
200	200	90	11,3	159	7,5	4,5	3,98	21,2	33,4	26,2	2140	214	8,00	125	250	117	26,0	1,87	21,58	39,00	43,16

PNL 40:40:5: Perfil normal L de alas iguales de 40 mm de ancho x 5 mm de espesor

Perfiles Angulo
según
IRAM-IAS
U 500-558



Ag = Área bruta de la sección transversal.
I = Momento de Inercia de la sección. respecto de los ejes principales.
$r = \sqrt{I/A}$ Radio de giro.
S = Módulo resistente elástico de la sección.
Q = Momento estático de media sección.
Z = Módulo plástico de la sección.
J = Módulo de torsión.
Cw = Módulo de alabeo.

Página 1/2

Designación del perfil	Designación Comercial	Dimensiones		Radios de acuerdo		Relación	Ag	Peso	Distancias al centro de gravedad			X - X = Y - Y			v - v			z - z		J	Cw
		b	t	r	r1	b/t			ex=ey	w	v1	Ix = Iy	Sx = Sy	rx = ry	Iv	Sv	iv	Iz	iz		
		mm	mm	mm	mm		cm²	Kg/m	cm	cm	cm	cm⁴	cm³	cm	cm⁴	cm³	cm	cm⁴	cm	cm⁴	cm⁶
L 16x 16 x 3,2*	L 5/8 x 5/8 x1/8	15,9	3,2	4	2	5,0	0,94	0,74	0,50	1,13	0,71	0,20	0,18	0,46	0,08	0,12	0,30	0,31	0,57	0,031	0,005
L 19 x 19 x 3,2 *	L 3/4 x 3/4 x 1/8	19	3,2	4	2	5,9	1,13	0,89	0,58	1,34	0,82	0,35	0,26	0,55	0,14	0,18	0,36	0,55	0,70	0,038	0,010
L 22 x 22 x 3,2 *	L 7/8 x 7/8 x 1/8	22,2	3,2	4	2	6,9	1,32	1,04	0,65	1,56	0,92	0,56	0,36	0,65	0,23	0,25	0,42	0,89	0,82	0,045	0,016
L 25 x 25 x 3,2 *	L 1 x 1l x 1/8	25,4	3,2			7,9	1,51	1,19	0,73	1,77	1,03	0,84	0,48	0,75	0,34	0,34	0,48	1,34	0,94	0,052	0,025
x 4,8*	x3/16	25,4	4,8	4	2	5,3	2,19	1,72	0,79	1,77	1,11	1,17	0,68	0,73	0,5	0,45	0,48	1,84	0,92	0,170	0,075
x 6,4 *	x 1/4	25,4	6,4			4,0	2,81	2,2	0,85	1,77	1,19	1,44	0,87	0,72	0,66	0,55	0,48	2,23	0,89	0,388	0,159
L 29 x 29 x 3,2	L 1 1/8 x 1 1/8 x 1/8	28,6	3,2	5	2,5	8,9	1,65	1,3	0,77	1,91	1,09	1,06	0,55	0,80	0,42	0,39	0,51	1,70	1,01	0,059	0,036

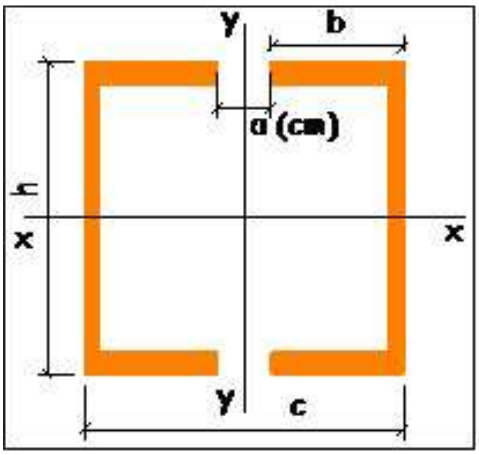
3.5.1.1.- Usos estructurales de los perfiles laminados en caliente

Los perfiles laminados mencionados en el punto anterior pueden ser utilizados individual o colectivamente formando elementos estructurales, de acuerdo al esfuerzo a que este está solicitado.

Los ***IPN*** son aptos para ser usados individualmente a solicitaciones de flexión ya que para una misma cantidad de material son los que poseen mayor momento de inercia y modulo resistente, lo que disminuye la máxima ***tensión normal de trabajo σ.*** Efectivamente y recordando de la g.e 7 la máxima tensión de la fibra más alejada será

$$\sigma max = M/W$$

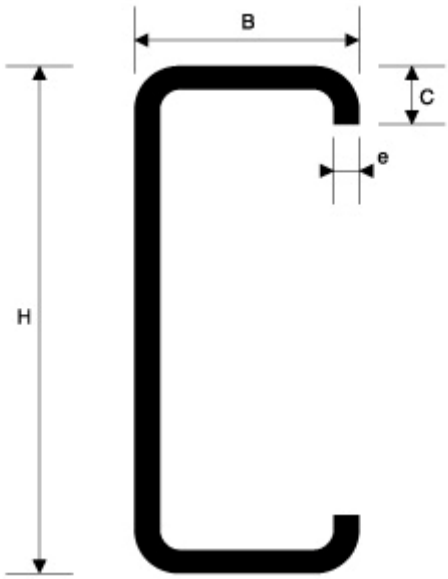
Los ***UPN***, en cambio, pueden ser usado en conjunto con otra perfilaría como cordón comprimido o traccionado de una viga reticulada o bien, enfrentados de a 2 formando secciones aproximadamente cuadradas aptas para el funcionamiento como columnas sometidas a compresión



Los perfiles L de alas iguales o los T, son de menor tamaño que los anteriores y, estructuralmente hablando, se los utiliza formando parte de un conjunto ya sea como viga o columna reticulada

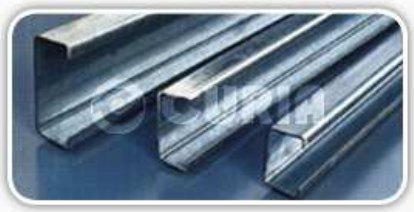
3.5.2.- Perfiles conformados en frío:

La conformación de la sección se logra plegando un fleje de acero para darle la forma deseada. Este proceso se realiza a temperatura ambiente y se consigue elementos de poca sección y livianos con "material alejado del eje neutro aptos para soportar esfuerzos de flexión. Es muy utilizada perfilaría de este tipo, por ejemplo en las montantes y soleras de los sistemas de construcción en seco (tipo durlock) o correas de techo tipo "C" y "Z".



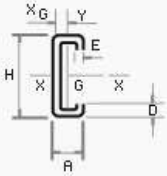
Perfiles C

Los perfiles estructurales "C" se fabrican en chapa laminada en caliente o galvanizada, a partir de los flejes que provienen del corte de bobinas. Estos flejes son conformados en frío en conformadoras contínuas de rodillos que deforman la chapa hasta la obtener la sección deseada.



El proceso de conformado contínuo asegura exactitud en las dimensiones y gran productividad.
Se utilizan para todo tipo de estructuras, simples y recticuladas: como ser columnas, vigas, cabriadas, paneles, entrepisos, etc.

El recubrimiento galvanizado brinda una excelente protección a la corrosión sin necesidad del pintado posterior, eliminando el mantenimiento.EE2



Dimensiones (cm)	Espesor (cm)	Peso (kg/vm)	Sección (cm²)	Valores estáticos relativos a los ejes XX-YY						
				Wx (cm³)	Jx (cm⁴)	Ix (cm)	Xg (cm)	Wy (cm³)	Jy (cm⁴)	Iy (cm)
80 x 40 x 15	1,60	2,23	2,84	7,52	30,08	3,26	1,48	2,78	7,02	1,57
	2	2,73	3,48	9,22	36,89	3,26	1,48	3,38	8,51	1,56
	2,50	3,34	4,25	11,25	45,02	3,25	1,48	4,07	10,25	1,55
	3,20	4,13	5,26	13,93	55,70	3,25	1,48	4,94	12,44	1,54
80 x 50 x 15	1,60	2,48	3,16	8,75	35	3,33	1,91	3,84	11,89	1,94
	2	3,05	3,88	10,74	42,98	3,33	1,91	4,69	14,50	1,93

Tabla de perfiles conformados "C" con los valores geométricos necesarios para su dimensionado

3.5.3.- Hierros redondos

Son de sección redonda maciza, utilizado al igual que los perfiles ángulos, en conjunto formando elementos reticulados ya sea para ser usados como vigas o columnas. Los parámetros geométricos se obtienen directamente recordando que:

Área = πr^2
Momento de inercia = $\pi r^4/4$
Radio de giro = $r/2$

3.5.4.- Tubos y secciones cerradas:

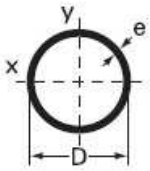
Son secciones cerradas y huecas que forman un tubo que pueden ser de sección circular, rectangular y cuadrada. Hay diferentes formas de fabricación, pueden ser laminados o electro soldados. Como ejemplo de uso estructural se puede mencionar las estereoestructuras donde con secciones circulares a modo de barras se conforma un reticulado espacial apto para cubrir grandes superficies sin apoyos intermedios

TUBOS CUADRADOS

Square Tubes

DIMENSIÓN *Size*	ESPESOR *Thickness* e	RADIO *Radius*	PESO *Weight*	AREA DE LA SECCIÓN *Sectional Area*	MOMENTO DE INERCIA *Moment of Inertia*	MÓDULO DE INERCIA *Elastic Modulus*	RADIO DE GIRO *Gyration Radius*
A x B	mm	mm	kg/m	cm²	cm⁴	cm³	cm
12,5 x 12,5	0.80	1.20	0.285	0.374	0.086	0.137	0.479
	0.90	1.35	0.317	0.418	0.094	0.151	0.475
	1.10	1.65	0.377	0.502	0.110	0.175	0.468
	1.20	1.80	0.406	0.542	0.117	0.187	0.464
15 x 15	0.80	1.20	0.348	0.454	0.153	0.204	0.581
	0.90	1.35	0.388	0.508	0.169	0.225	0.577
	1.10	1.65	0.464	0.612	0.198	0.264	0.569
	1.20	1.80	0.501	0.662	0.212	0.282	0.566
	1.60	2.40	0.639	0.858	0.260	0.347	0.551
	0.80	1.20	0.474	0.614	0.378	0.378	0.785

PARTE DE TABLA DE PARAMETROS GEOMETRICOS DE SECCIONES CUADRADAS



DIMENSIÓN *Size* D		ESPESOR *Thickness* e	PESO *Weight*	AREA DE LA SECCIÓN *Sectional Area*	MOMENTO DE INERCIA *Moment of Inertia*	MÓDULO DE INERCIA *Elastic Modulus*	RADIO DE GIRO *Gyration Radius*
Pulg. *Inches*	mm	mm	kg/m	cm²	cm⁴	cm³	cm
1 5/8''	41.27	0.80	0.798	1.017	2.122	1.028	1.444
		0.90	0.896	1.141	2.370	1.148	1.441
		1.10	1.090	1.388	2.854	1.383	1.434
		1.20	1.186	1.511	3.091	1.498	1.430
		1.60	1.565	1.994	4.002	1.939	1.417
		2.00	1.937	2.467	4.857	2.354	1.403
		2.50	2.390	3.045	5.852	2.836	1.386
		0.80	0.861	1.097	2.660	1.197	1.557
		0.90	0.966	1.231	2.973	1.338	1.554

PARTE DE TABLA DE PARAMETROS GEOMETRICOS DE SECCIONES CIRCULARES

3.5.5.- Barras Redondas conformadas

Los Aceros conformados de Dureza Natural (ADN) son aceros al carbono destinados a la construcción, elaborados en hornos eléctricos. Sus características mecánicas se obtienen a través de su composición química acorde con cada producto. Su superficie es conformada con dos nervaduras longitudinales, y nervaduras transversales a la barra, dispuestas en espina de pescado a 45° con Respecto al eje de la misma. La producción estándar es en barras de 12 metros de longitud

El acero conformado ADN 420 (así se lo llama) se utiliza para la provisión de la armaduras en cualquier elemento de una estructura de hormigón armado, losas, vigas y columnas, etc.

El aleteado comentado en el punto anterior permite aumentar la adherencia entre el acero y el hormigón, necesario para el trabajo en conjunto como hormigón armado

Diám. nominal	Perim. nominal	Peso nominal	Peso por barra 12m	Secciones nominales / número de barras										ø mandril de doblado mínimo (1)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
mm	cm	kg/m	kg	cm2										cm
6	1.88	0.222	2.6	0.28	0.56	0.85	1.13	1.41	1.70	1.98	2.26	2.54	2.83	2.40 (4ø)
8	2.51	0.395	4.8	0.50	1.00	1.51	2.01	2.51	3.01	3.52	4.02	4.52	5.03	3.20 (4ø)
10	3.14	0.617	7.4	0.79	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	4.00 (4ø)
12	3.77	0.888	10.7	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.79	7.92	9.05	10.18	11.31	4.80 (4ø)
16	5.03	1.58	18.9	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.10	20.11	6.40 (4ø)
20	6.28	2.47	29.6	3.14	6.28	9.42	12.57	15.71	18.84	21.99	25.14	28.27	31.42	14.00 (7ø)
25	7.85	3.85	46.2	4.91	9.82	14.73	19.64	25.55	29.46	34.37	39.28	44.19	49.10	17.50 (7ø)
32	10.1	6.31	75.7	8.04	16.08	24.13	32.17	40.21	48.26	56.30	64.34	72.38	80.42	22.40 (7ø)
40	12.6	9.86	118.0	12.57	25.13	37.70	50.26	62.83	75.40	87.96	100.53	113.12	125.66	-

TABLA DE SECCIONES NOMINALES DE BARRAS DE HIERRO CONFORMADAS COMERCIALES

4.- HORMIGON

La existencia del ***hormigón*** como se lo conoce en la ***actualidad*** (con un conglomerantes de cemento Portland) data de ***fines de siglo XVII*** y principios del XVIII. Anteriormente existían hormigones pero que utilizaban como aglomerantes en el mejor de los casos cales y yesos.

Debe mencionarse, antes de seguir adelante, que ***no*** se puede hablar del hormigón como elemento estructural individualmente sino acompañado de acero para formar el ***hormigón armado***, y lo que sigue es una descripción como material en si mismo

La amplia difusión que ha tenido el hormigón en la industria de la construcción se debe principalmente a 4 ***grandes factores***:

1.- Buena ***resistencia*** a la ***compresión***

2.- ***Fluido*** o liquido a temperatura ambiente en los ***primeros instantes*** (fraguado) de su fabricación lo que, colocado en moldes o encofrados, permite ***obtener tamaños y formas disimiles***

3.- Relativa ***resistencia*** a ***medios agresivos***

4.- ***Buena*** competitividad ***económica***

5.- ***Capacidad*** (con un correcto recubrimiento) de ***protege***r a la eventual ***armadura*** en el hormigón armado

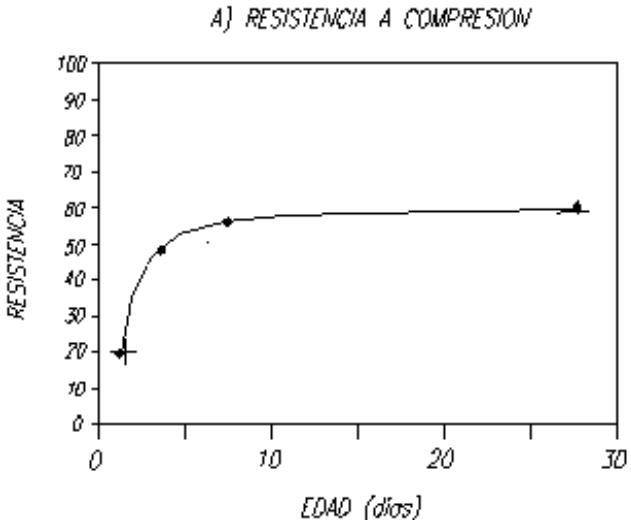
A continuación se desarrollaran ***algunos conceptos*** acerca de la ***tecnología del hormigón***, es decir abordar a este, desde el punto de vista de sus propiedades, capacidades, fabricación y elaboración, (para mas detalles ver g.e nro. 3 plan 5)

En una primer instancia, el hormigón (o concreto, en otros países de habla hispana) es una ***piedra artificial***, resultado de mezclar en proporciones adecuadas materiales económicos (piedras, arenas o agregados) con una pasta de cemento y agua.

La ***"piedra artificial***" se obtiene de la reacción química que se produce entre los ***silicatos de calcio*** que posee el cemento y ***el agua***. Esta reacción es ***exotérmica*** (liberadora de calor) y comienza luego de un periodo de puesto en contacto el cemento con el agua. Durante este ***lapso "milagroso"*** (milagroso ya que si no existiera tampoco existiría el hormigón) se producen una serie de situaciones que ***inhiben*** el desarrollo de ***la reacción química*** durante un cierto tiempo en el cual el hormigón puede ser mezclado, transportado, colocado y compactado sin romper estructura química alguna.

Luego de un cierto tiempo ***(aproximadamente 2 horas*** dependiendo fundamentalmente de la temperatura ambiente), si ***comienza*** finalmente ***la reacción***, y el hormigón empieza a endurecer. A este momento se lo conoce como ***tiempo de fraguado del hormigón*** y es el que distingue al mismo en ***estado fresco o endurecido***.

Una vez comenzada la reacción, la ganancia de resistencia es paulatina y se dice que alcanza su ***valor máximo*** a los ***28 días***



.

4.1.- COMPOSICION

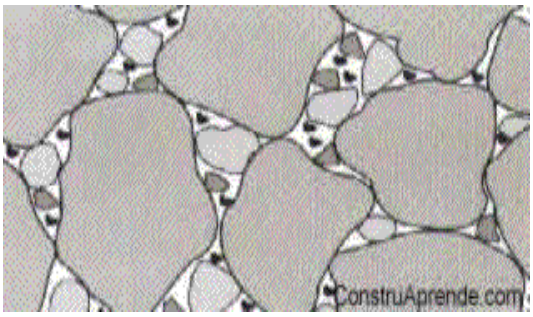
El ***hormigón*** es un material formado por los ***siguientes elementos***

- ***Cemento***
- ***Agua***
- ***Agregados***
- ***Aire***

Y eventualmente

- **Aditivos**
- **Adiciones minerales**

Conceptualmente hablando se trata de una ***matriz*** formado por el resultado de la "unión" del ***cemento*** y el ***agua*** donde ***"flotan"*** los ***agregados***.



Esta matriz o pasta de cemento tiene la función de:

I) ***Llenar*** los ***vacíos*** existentes entre las partículas de los áridos, lubricando la masa plástica y comunicando impermeabilidad al material endurecido.

II) ***Proporcionar resistencias*** al hormigón endurecido.

Por otro lado los ***áridos ocupan*** aproximadamente el ***75% del volumen del hormigón.*** Las partículas de tamaño menor que las aberturas de un tamiz de aproximadamente 5 mm constituyen lo que se denomina ***arena*** o árido fino, las mayores de ***5 mm*** constituyen el árido grueso o ***piedra***

Los agregados así mezclados tienen la función de:

I) Proveer un **material de relleno** relativamente ***barato*** para permitir aumentar el volumen del material cementicio.

II) Proveer una masa de partículas de características adecuadas para **resistir** la acción de las ***cargas aplicadas***, el desgaste, el pasaje de humedad y la acción de la intemperie.

III) Reducir 1os **cambios de volumen** que se producen durante los procesos de fraguado y endurecimiento, y también con los cambios de humedad interna de la pasta de cemento

El espacio no ocupado por los áridos (aproximadamente el 25%) está lleno por la pasta cementícea y vacíos.

4.2- PROPIEDADES DEL HORMIGON:

Cuando se refiere al hormigón se piensa principal, y a veces únicamente, en que ***sea resistente***. Si bien esto es cierto existen otras dos propiedades paralelas y tan importantes como la resistencia que el hormigón debe cumplir: ***Trabajabilidad y durabilidad***. Es decir el hormigón debe ser:

EN ESTADO FRESCO ***TRABAJABLE***

EN ESTADO ENDURECIDO RESISTENTE Y DURABLE

Cualquiera de las ***tres*** es tan ***importante*** como las restantes: De nada sirve preparar un hormigón que sea ***resistente***, si por sus características, no puede ser colocado dentro de los encofrados ***(trabajabilidad)*** o si no va a ser capaz de mantener la resistencia durante toda la vida útil de la estructura ***(durabilidad).***

Para tener una idea de la ***trabajabilidad*** existen diferentes métodos, pero el más práctico es el denominado ***Cono de Abrams***. Consiste en llenar en forma normalizada un molde troncocónico con el hormigón en estudio, desmoldar y medir el ***Asentamiento*** (así se lo llama) de la masa fresca. Esta medida da una idea de la consistencia del hormigón

Cono de Abrams

Asentamiento

4.3.- PARAMETROS RESISTENTES DEL HORMIGON

4.3.1.- RESISTENCIA A COMPRESION

El Hormigón es un material con ***buena resistencia a la compresión*** pero poca o casi ***nula a la tracción***, lo que hace que para poder ejecutar elementos estructurales sometidos a flexión y/o tracción deba ir ***acompañado del acero*** para absorber las tracciones.

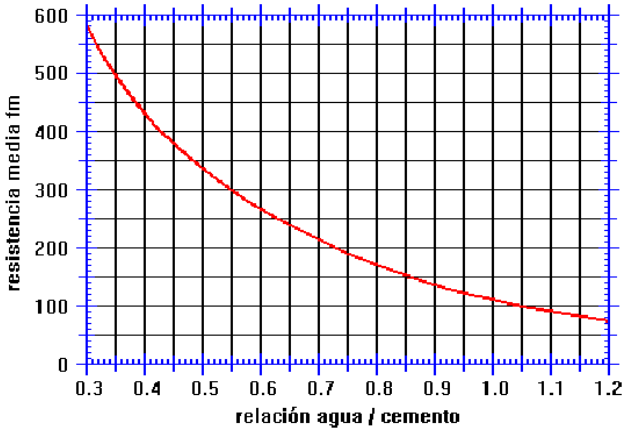
Para evaluar la resistencia a compresión se ensayan a compresión una probeta cilíndrica de 15 cm de diámetro x 30 de alto, que se la somete a una carga axil hasta la rotura. Dividiendo esta carga sobre el área se obtiene la resistencia a compresión.

Ensayo de una probeta de hormigón

Las probetas habían sido realizadas cuando el hormigón estaba en estado fresco, llenando un molde metálico o de plástico con la muestra en estudio. Al día siguiente se la desmolda y se coloca en cámara húmeda para proseguir con el correspondiente curado y finalmente a la edad de 28 días y previo un encabezado se la somete al ensayo de compresión

Moldeo de una probeta de hormigón

La resistencia de un hormigón, depende de muchos factores, algunos propios de sus componentes y de las cantidades relativas de cada uno de ellos (especialmente de la razón a/c) y otros de factores externos (Edad, curado, compactación, etc.). Este hecho lo diferencia sustancialmente del acero, ya que este es un material producido bajo estrictas condiciones de elaboración y control de calidad lo que asegura una resistencia relativamente pareja en toda la entrega. En cambio, el hormigón, a pesar de los avances tecnológicos de los últimos tiempos, tiene una variabilidad mucho más grande de su resistencia, a pesar que se quiera intentar evitarlo. Efectivamente, el carácter netamente heterogéneo del hormigón, hace que su resistencia final dependa de muchos factores (mantenimiento de la calidad de los diversos componentes, cantidades ingresadas en cada pastón, compactación, curado, etc.) y que, a pesar de supuestamente estar recibiendo un único hormigón a lo largo de una obra, en realidad se está en presencia de valores erráticos alrededor de un valor medio



4.3.2.- RESISTENCIA CARACTERISTICA

La variabilidad que se produce en la resistencia de, teóricamente un mismo hormigón, ha planteado la necesidad de buscar un valor de referencia que unifique en un solo parámetro todas esas infinitamente posibles resistencias de rotura. Para ello se ha optado por definir a ese único valor como ***la resistencia característica*** que estadísticamente hablando se la define como

"aquella que tiene una cierta probabilidad (90 o 95%) de ser superada por un ensayo de la población (todo el hormigón de una dada estructura) tomada al azar"

En términos más sencillos se podría definir a la resistencia característica como la resistencia de rotura "casi" mínima de todas las que van a estar presente en el hormigón colocado en la estructura

La existencia de la alta variabilidad en la resistencia de un mismo hormigón, ha hecho que los modernos reglamentos adopten el concepto de resistencia característica para ser utilizado en el dimensionado de elementos de hormigón armado (VER GE nro. 9 P6)). Antiguamente se utilizaba el concepto de resistencia o tensión admisible (como la vista en otros materiales) pero dado que este valor para el hormigón es muy fluctuante se prefiere dimensionar con valores "casi mínimos"

4.3.3.- CLASES DE HORMIGONES

Existirán tanto tipos de hormigones como mezclas distintas de cada uno de los componentes se puedan hacer, en especial de la razón entre la cantidad de agua y cemento a/c. De todas formas y a fin de unificar criterios se ha preferido establecer algunas tipologías particulares denominadas por el valor de su resistencia característica

Efectivamente la nomenclatura utilizada para calificar a los hormigones es la siguiente

H21 → Hormigón con 21 Mpa de σ'_{bk}

Donde σ'_{bk} significa

σ = tensión normal
´ = compresión
b = hormigón (betón en alemán)
k = característico

Nacionalmente y para unificar criterios los hormigones se encuentran tipificados y agrupados en los siguientes tipos

H13	**H17**	**H21**	**H30**	**H38**	**H47**

Entonces, en la elección o compra de un hormigón se los denominara H?, de acuerdo a la resistencia característica deseada, Además deberá indicarse "el asentamiento" necesario de acuerdo al lugar y forma donde se colocara el hormigón

4.3.4.- RESISTENCIA AL CORTE

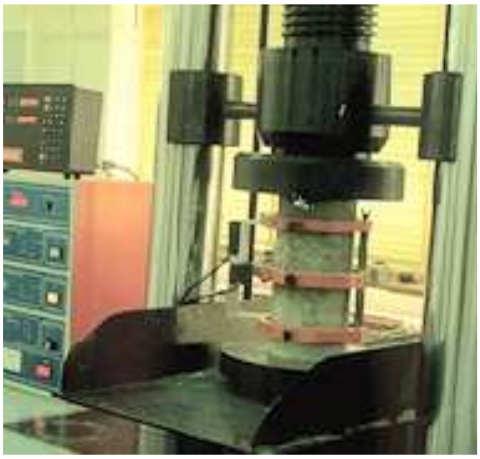
El Hormigón, ***además*** de ***resistencia a compresión*** tiene ***resistencia a los esfuerzos de corte*** que le generan tensiones tangenciales ζ, El CIRSOC 201 (Reglamento Argentino que regula todo lo relacionado con cuestiones estructurales) contempla dos valores como "admisibles" a los efectos de realizar el dimensionado de las distintas secciones para soportar los esfuerzos de corte. Una tensión básica de corte menor tau 012 que la que se supone aguanta el hormigón por sí solo, es decir sin colaboración del acero. Como se verá más adelante en la GE10 (P6), en este caso solo se coloca armadura mínima de corte. En cambio si las tensiones de corte de trabajo superan el tau 012, pero no superan el tau 02, deberá calcularse y colocarse una armadura adicional de corte. Finalmente si la tau de trabajo supera la tau 02, entonces habrá que redimensionar el tamaño de la sección de hormigón

A continuación se vuelcan los valores del CIRSOC 201-05, donde se indican los valores del tau 012 y tau 02 para distintos tipos de hormigones H?

H	13	17	21	30	38	47
$\tau 012$ [Kg/cm²]	5.00	6.50	7.50	10.00	11.00	12.50
$\tau 02$ [Kg/cm²]	12.00	15.00	18.00	24.00	27.00	30.00

4.3.5.- DIAGRAMA TENSIONES DEFORMACION – MODULO DE ELASTICIDAD

La siguiente imagen muestra el ensayo que se realiza sobre una probeta de hormigón de 15 x 30 para medir las deformaciones que sufre la misma a medida que se incrementa la carga actuante (y por lo tanto la tensión)



ENSAYO PARA DETERMINAR DEFORMACIONES DEL HORMIGON

Si se llevaran los valores obtenidos a un grafico tensiones deformaciones se obtendría una curva como la de la figura siguiente

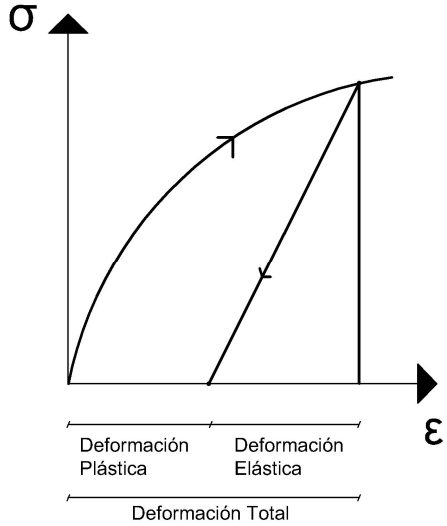
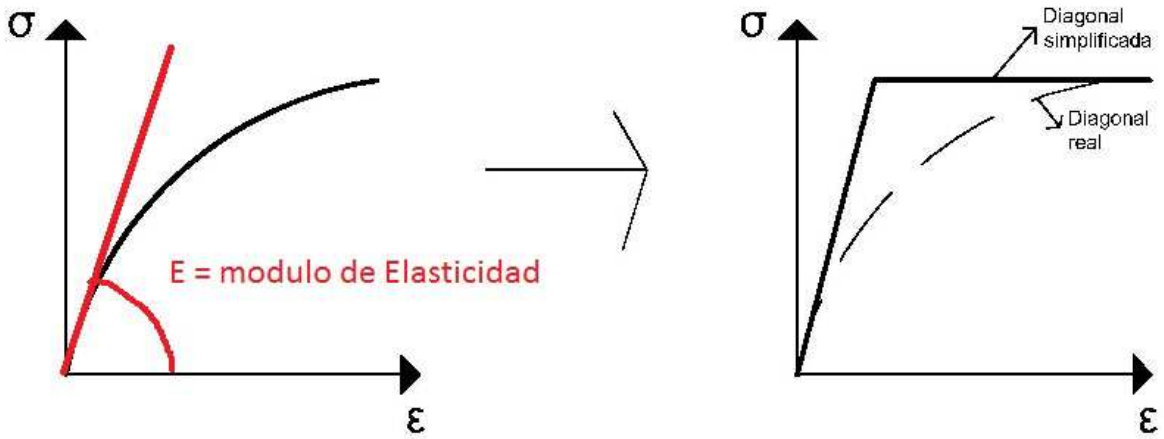


Diagrama tensiones-deformaciones del hormigón

Como se observa en el diagrama la rama ascendente no es recta como ocurría con los materiales que cumplen la ley de Hooke, sino que es curva (a medida que aumenta la carga, "mas se deforma el material (proporcionalmente). Además, si descargamos la probeta en algún punto, se ve que la deformación (rama descendente) no vuelve al origen sino que queda una deformación remanente o plástica: Las deformaciones que se provocan sobre el hormigón son elasto-plasticas….una parte se recupera y otra no

Por cuestiones prácticas que se verán más adelante la curva real se reemplaza por dos rectas quedando el diagrama simplificado de la derecha



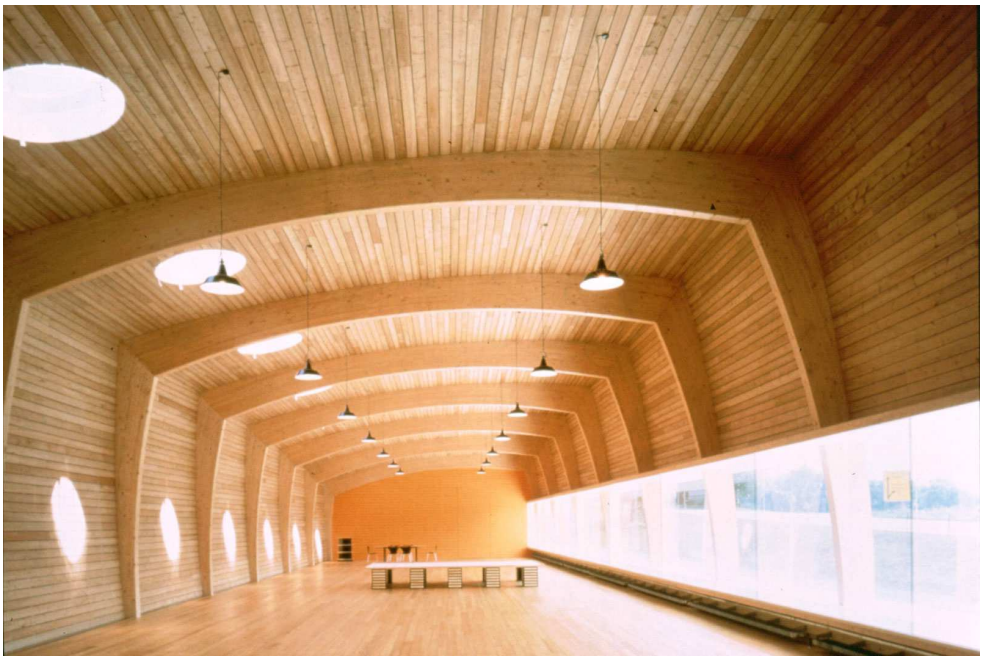
MODULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGON Y DIAGRAMA SIMPLIFICADO

Recordando, que el modulo de Elasticidad de un material, es la pendiente del correspondiente diagrama tensiones deformaciones, para el hormigón tiene un valor aproximado de 300.000 kg/cm^2 equivalente a 30000 Mpa. Vale recordar que para el acero ese valor es de 210.000 Mpa, casi 7 veces mayor, lo que en términos prácticos significa que a igualdad de largo y sección de una pieza de acero y otra de hormigón esta se va a deformar 7 veces más.

5.- MADERAS

tiempo, se observa la necesidad de trabajar con grandes coeficientes de seguridad aplicados a la tensión máxima de rotura que cada especie posea. A modo de comparación, el acero, cuyo proceso de fabricación esta rígidamente controlado, es un material que se lo afecta con pequeños coeficientes de seguridad.

La ***madera***, es un material orgánico de origen natural y por consiguiente heterogéneo y complejo, cuyas características, aun para una misma especie vegetal, difieren según sea el clima, el suelo, la orientación, etc. Si a esto se le suma la posible destrucción de la madera con el



Desde el punto de vista de su uso estructural, presenta similar resistencia a esfuerzos de tracción y compresión, siendo ambos valores por supuesto muy inferiores a los del acero, lo que hace, a la madera un material no apto para grandes estructuras. En este mismo sentido presenta el problema de tener una relativamente gran elasticidad lo que genera grandes deformaciones. Por otro lado presenta la ventaja de su gran valor estético/arquitectónico frente al acero o el hormigón

Otro factor destacable o diferente frente a otros materiales cual es el ***comportamiento anisotrópico*** de la misma, es decir que presenta características diferentes en dos direcciones distintas. Efectivamente, la madera está constituida por fibras alargadas en di-

rección longitudinal del tronco, lo que provoca una mayor resistencia en esta dirección respecto a un esfuerzo perpendicular a las fibras, lo que produce una rotura del material por desgarramiento de una fibra respecto a la contigua.

A pesar de lo comentado en los párrafos anteriores y simplificando, se considerara a la madera como un ***material homogéneo y elástico*** con lo cual su dimensionado se realizara de forma similar al acero (salvando las distancias de sus diferentes resistencias).

5.1.- CLASIFICACION DE LAS MADERAS

Existen en el mundo una cantidad importante de diferentes especies arbóreas que nos proveen distintos tipos de maderas. Y para cada una de ellas deberían conocerse sus propiedades resistentes para poder realizar el dimensionado. A modo de ejemplo lo siguiente es solo una pequeña parte de un listado de especies posibles

Nº	Nombre vulgar	Nombre científico	Tipo de madera	Peso específico [Kg/dm³]	
				mínimo	máximo
1	Guayacán	Fam. Leguminosae	Muy dura	0.883	1.292
2	Lapacho Amarillo	Fam. Bignoniaceae	Muy dura	0.912	1.119
3	Lapacho Blanco	Fam. Bignoniaceae	Muy dura	1.007	1.027
4	Lapacho Rosa	Fam. Bignoniaceae	Muy dura	0.992	1.148
5	Palo Santo	Fam. Zygophillaceae	Muy dura	0.925	1.303

Para evitar esa gran cantidad de información, se prefiere agrupar a las maderas en tres grandes grupos y en cada caso se buscara asociar la madera disponible a una de estas topología. Esta clasificación está hecha en base a la dureza de la madera ya que esta está íntimamente ligada a su resistencia: ***"maderas más duras serán más resistentes"***. A su vez estas dos propiedades también se relacionan con la densidad.

Entonces de acuerdo a lo anterior, se establece la siguiente clasificación:

1- **MADERAS DURAS:** Pertenecen a este grupo las maderas pesadas, son de estructura compacta y homogénea de color oscuro, difíciles de trabajar. Su peso especifico va para Maderas duras de 750 - 950 kg/m3 y Maderas muy duras, superior a 950 kg/m3. Merecen destacarse en este grupo: quebracho colorado, lapacho, curunday, algarrobo, incienso, etc.

2.- ***MADERAS SEMIDURAS***: Pertenecen a este grupo: nogal, roble, cedro, palo blanco, etc. Densidad 550 - 750 Kg/m3

3.- MADERAS BLANDAS Y RESINOSAS: Representadas por pino blanco, pino tea, pino sauce, pino Paraná; sauce etc. Densidad hasta 550 Kg/m3

A partir de la clasificación anterior es posible unificar los parámetros resistentes y elásticos en los 3 tipos diferentes.

5.2.- TENSIONES ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD

Existen múltiples causas que influyen en la resistencia de las maderas que hace muy difícil fijar las tensiones admisibles y obligan a aceptar coeficientes de reducción y de seguridad muy elevados

Los ensayos han demostrado que es bastante mayor la resistencia

a la tracción que a la compresión. Lo mismo sucede respecto a la resistencia a la flexión. Sin embargo, en la práctica, se consideran valores de tensiones admisibles poco diferentes, debido a la influencia desfavorable de los nudos y dirección no longitudinal de las fibras a los esfuerzos de tracción

En la tabla I se vuelcan los valores de las tensiones admisibles de cálculo y el modulo de elasticidad para las 3 diferentes clasificaciones

TABLA I

TENSIONES ADMISIBLES DE MADERAS (Kg/cm2)						
TIPOS DE MADERAS	***Corte***		***tracción***	***compr.***	***flexión***	**modulo elástico**
	//	L				
Maderas duras	20	90	150	150	150	150000
Maderas semiduras	15	80	100	80	100	100000
Maderas blandas Y resinosas	10	60	80	60	80	75000

De la tabla anterior merecen hacerse los siguientes comentarios:

- Los valores de tensiones que figuran son ***valores admisibles***, no de rotura, que estos afectados de unos coeficientes de seguridad o disminución. En general, y para la madera, la tensión admisible es de 1/6 a 1/10 de la tensión de rotura, valores mucho mayores que, por ejemplo, los del acero, debido a la "inseguridad" que significa el origen "natural" de las maderas y sus condicionantes (humedad, nudos, podredumbres, etc.)

- Se observa que para el corte figuran dos valores admisibles posibles: paralelos y perpendiculares "a la fibra". De acuerdo a la forma de actuar del esfuerzo de corte estará en una u otra forma, pero como se verá en la GE9 (P6) siempre deberá tomarse el menor de los dos en el dimensionado ya que las tensiones de corte actuante también lo hacen en los dos sentidos.

- En los otros tipos de esfuerzos no aparece distinguido este comportamiento anisotrópico de la madera. Esto es, porque en "condiciones normales" (el eje longitudinal de la viga es paralelo a la dirección de las fibras (dirección de crecimiento del árbol)) los esfuerzos de tracción y compresión puras o por flexión actúan en la dirección paralela a las fibras y no perpendicular.

- A mayor dureza de la madera mayor resistencia y mayor modulo de elasticidad (menos elástica es)

- Comparar los valores admisibles con los del acero dulce (tensión admisible a tracción y compresión 1400 Kg./cm2 y Modulo de elasticidad 2.100.000 Kg./cm2)

5.3.- ESCUADRIAS COMERCIALES

Si bien es cierto que es posible obtener cualquier forma y tamaño (limitado, claro está, a un máximo) comercialmente se conocen una serie de tamaños tipos de los cuales no conviene apartarse por el encarecimiento que significan los cortes a medida. Habi-

tualmente las medidas vienen expresada en pulgadas y su conversión a centímetros resulta inmediata recordando que:

1 pulgada = 2.54 cm

En la tabla II figuran las dimensiones de las escuadrías comerciales expresadas en pulgadas y centímetros. Simultáneamente se acompañan los valores del momento de inercia y él modula de inercia según el eje de simetría x y el y.

TABLA II

ESCUADRIAS COMERCIAL DE MADERA

$Jx = b.h^3 / 12$ **$Wx = b.h^2/6$** **h**

$Jy = h.b^3 / 12$ **$Wy = h.\ b^2/6$** **b**

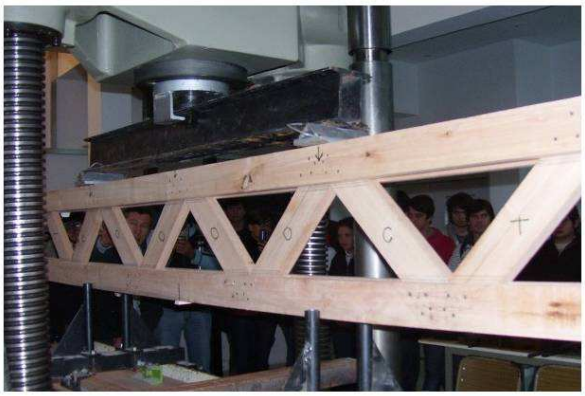
Designación	***Dimensiones***				***Sección***	***Momentos de inercia***		***Módulos resistentes***	
	Pulgadas		***cm.***			***Jx***	***Jy***	***Wx***	***Wy***
	b	***h***	***b***	***h***	***cm2***	***cm4***	***cm4***	***cm3***	***cm3***
Alfajías	1	3	2,5	7,6	19,3	93	10	24	8
Listones	1	6	2,5	15,2	38,6	732	20	96	15
Tablas	1	12	2,5	30,5	77,2	5911	39	387	31
"	11/2	12	3,8	30,5	115,9	8985	139	589	73
Tablones	2	12	5,1	30,5	156	12058	337	790	132
Tirantes	2	3	5,1	7,6	38,7	186	84	49	32
"	2	4	5,1	10,2	52	451	112	84	44
"	2	6	5,1	15,2	77,5	1493	168	196	65
"	3	3	7,6	7,6	57,7	278	278	73	73
"	3	4	7,6	10,2	77,5	672	373	131	98
"	3	5	7,6	12,7	96,5	1297	464	204	122
"	3	6	7,6	15,2	115,5	2224	556	292	146
"	3	9	7,6	22,9	174	7606	837	664	220
"	3	12	7,6	30,5	231,8	17969	1115	1178	293
"	4	4	10,2	10,2	104	902	902	176	176
"	4	6	10,2	15,2	155	2985	1344	392	263
"	4	9	10,2	22,9	233,6	10208	2025	891	397
"	4	12	10,2	30,5	311,1	24117	2697	1581	528
Vigas	6	6	15,2	15,2	231	4448	4448	585	585
"	6	8	15,2	20,3	308,6	10600	5940	1045	782
"	6	9	15,2	22,9	348,1	15211	6701	1328	881
"	6	12	15,2	30,5	463,6	35939	8925	2356	1174
"	8	8	20,3	20,3	412,1	14152	14152	1394	1394
"	10	10	25,4	25,4	645,2	34686	34686	2731	2731
"	12	12	30,5	30,5	930,2	72113	72113	4728	4728

ra. También se pueden lograr uniones a través del abulanamiento o utilizando planchuelas de unión.

Si el tamaño requerido supera los existentes en "la naturaleza" es posible ***"fabricar"*** formas y tamaños diversos a través de la técnica del clavado o encolado, creando las conocidas como ***vigas laminadas***, que consisten en vigas conformadas por laminas de pequeño espesor pegadas una con otras obteniéndose tamaños tan ***altos y largos*** como se quie-

Asimismo es posible obtener secciones con formas no "rectangulares" buscando alejar la sección del eje de simetría para mejorar el comportamiento de la sección frente a solicitaciones de flexión.

También con el objeto de mejorar el rendimiento frente a esfuerzos de flexión es posible construir vigas reticuladas de cabreadas de madera.



6.- COMPARACION FINAL ENTRE ACERO-HORMIGON-MADERA

6.1.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

A modo de resumen se describen a continuación las ventajas y desventajas de los materiales descriptos y sus respectivos parámetros resistentes

Como se menciono anteriormente consignar al hormigón individualmente como se plantea en esta tabla no es correcto, ya que como uso estructural se lo acompaña con armadura formando el hormigón armado, relativizando las ventajas y desventajas planteadas en forma individual.

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
ACERO	*.- Alta resistencia a tracción y compresión (flexión)* *.- Muy buena relación resistencia/peso* *.- Deformaciones elásticas* *.- Tenacidad* *.- Ductilidad* *.- Reciclable*	*.- Mano de obra especializada* *.- Corrosión* *.- Alta transmitancia térmica* *.- Costoso* *.- Deformable bajo la acción del fuego*
HORMIGON	*.- Buena resistencia a compresión* *.- Económico* *.- Adaptabilidad a distintas formas* *.- Bajo Mantenimiento* *.- Mano de obra semiespecializada* *.- Protección de la corrosión de la armadura* *.- Resistente al fuego*	*.- Baja resistencia a tracción…no apto para la flexión* *.- Deformaciones elastoplasticas* *.- No reciclable (¿??)* *.- Mala relación resistencia/peso.* *.- Frágil*
MADERA	*.- Gran valor estético/arquitectónico* *.- Resistencia por igual a compresión y tracción y por lo tanto a flexión* *.- Durable (con tratamientos)* *.- Mano de obra semiespecializada* *.- Resistente al fuego ¿?? Por su baja conductividad térmica* *.- Reciclable* *.- Uniones eficientes y sencillas* *.- Bajo costo*	*.- Bajos valores de resistencia* *.- Necesidad de mantenimiento: Poca resistencia al sol, humedad, insectos (sin tratamientos)*

6.2.- PARAMETROS RESISTENTES

En la siguiente tabla se indican los parámetros resistentes de los materiales estudiados:

		densidad	σ_{adm} compresion	σ_{adm} tracción	ζ_{adm}	E (mod. De elasticidad)
Material	Tipo	Kg/m³	(mpa)	(mpa)	(mpa)	(mpa)
Acero	St 37 (dulce)	7800	160	160	105	210000
	St 52 (ADN 420)		240	240	105	
Hormigón	H21	2400	15	1.5	0.75	30000
Madera	Blandas	< 550	8	6	1 (*)	7500
	Semiduras	550-750	10	8	1.5 (*)	10000
	Duras	>750	15	15	2 (*)	15000

(*) Los valores son para tensiones paralelas a las fibras

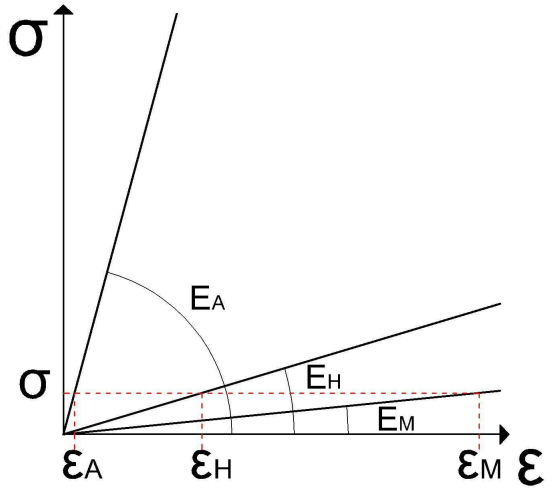
NOTAS:

Los valores indicados en la tabla anterior son, en algunos casos aproximados y con el solo fin de realizar una comparativa. Para el dimensionado de algún elemento estructural deberá estudiarse cada caso en particular y los valores correctos a utilizar.

Por ejemplo, y como se menciono oportunamente, hablar de tensiones admisibles para el hormigón no es correcto ya que en el dimensionado del hormigón armado se utilizan los valores característicos al igual que para el acero ADN 420.

6.3.- MODULO DE ELASTICIDAD

Durante toda esta guía, y en la tabla del punto anterior, se han volcado los ***distinto***s valores ***del modulo de Elasticidad*** del ***acero, hormigón y madera***. Para comprender mejor esta diferencia resulta interesante dibujar en un ***mismo grafico tensiones deformaciones*** y en la misma escala, el comportamiento de cada uno de ellos, recordando que el modulo de elasticidad es la pendiente de la recta en el mencionado diagrama **σ - ξ**



Del grafico se desprende que ***para una misma tensión,*** un elemento de *madera* semidura se **deformara mucho más** que uno de ***hormigón*** (3 veces) , ***y muchísimo má***s que uno de ***acero*** (21 veces más ya que esa es la relación aproximada entre cada uno de los módulos de elasticidad correspondiente