

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

De Gaudí a Miralles. Cent Anys d'Estructura Metà·lica a Barcelona.



Autor: Josep Maria Pons Poblet

Directors: Frederic Marimon Carvajal
Josep Maria Fornons García

Tesi Doctoral presentada per a obtenir el títol de Doctor per la Universitat
Politécnica de Catalunya.

Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria.

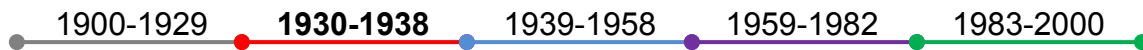
Programa de Doctorat en Anàlisi Estructural. Barcelona 2014.

BLOC II. 1930-1938



Àvila, juliol del trenta-sis:
ell va gravar els seus noms a la muralla.
El cel lluent d'estiu el travessaven
les bales negres de les orenetes
amb les notícies dels primers morts.
És l'èpica que em queda: anys més tard,
sota la por que vaig sentir d'infant,
vaig aprendre a callar i a somiar
sentint aquelles veus: Tindràs la teva guerra.





2.1. CONTEXT HISTÒRIC	5
2.2. MÈTODES DE CÀLCUL	17
2.2.1. Mètodes d'anàlisi global.....	18
2.2.1.1. Quatre Moments	20
2.2.2. Mètodes de dimensionament de peces i unions	24
2.3. NORMATIVA OFICIAL	34
2.3.1. Instrucción para la redacción de proyectos y construcción de estructuras metálicas.....	35
2.4. TECNOLOGIA INDUSTRIAL.....	72
2.4.1. Tecnologia dels materials	73
2.4.2. Tecnologia de fabricació i muntatge	86





2.1. CONTEXT HISTÒRIC

Tot i ser un període temporalment curt el que estem estudiant en aquest Bloc II, ja que de fet avarca menys d'una dècada, destaquen dos fets que sens dubte han marcat abastament la història del segle XX espanyol; **la proclamació de la Segona República i la Guerra Civil.**



Figura 2.1 Proclamació de la República. Font: Arxiu Fotogràfic de Barcelona. Josep Maria Sagarra.

Abans de tractar-los i de veure la influència directa o indirecta que han tingut en el nostre estudi, destacar que el període comença amb la dimissió de Primo de Rivera (1930) i la formació d'un govern provisional amb el general Dámaso Berenguer al capdavant, la coneguda Dictablanda¹. Tot i això, la monarquia, que havia donat suport explícit a la dictadura, comença a trobar-se en una situació bastant crítica alhora que existeix cada vegada més una forta polarització social i política entre opcions monàrquiques i republicanes.

Malgrat que al desembre de 1930 es produeix una proclamació de la República a la caserna de Jaca, fou considerada una insurrecció i ràpidament fou controlada, el canvi veritable es produí a les eleccions municipals d'abril de

¹ Nom humorístic amb el qual fou conegut el règim de transició presidit pel general Dámaso Berenguer (28 gener 1930 - 14 febrer 1931), que substituï la Dictadura de Primo de Rivera, de la qual atenuà algunes disposicions repressives. Font: <http://www.enciclopedia.cat/>

1931. Aquestes comtesses provocaren la victòria de les forces republicanes (a 41 de 50 capitals de província) fet que provocà que dos dies més tard, el 14 d'abril de 1931, es proclamés la República en molts consistoris espanyols; entre ells el de Barcelona.

Vistes les circumstàncies i el caire que estaven prenent els esdeveniments el rei, Alfons XIII, optà per presentar la renúncia al tron.

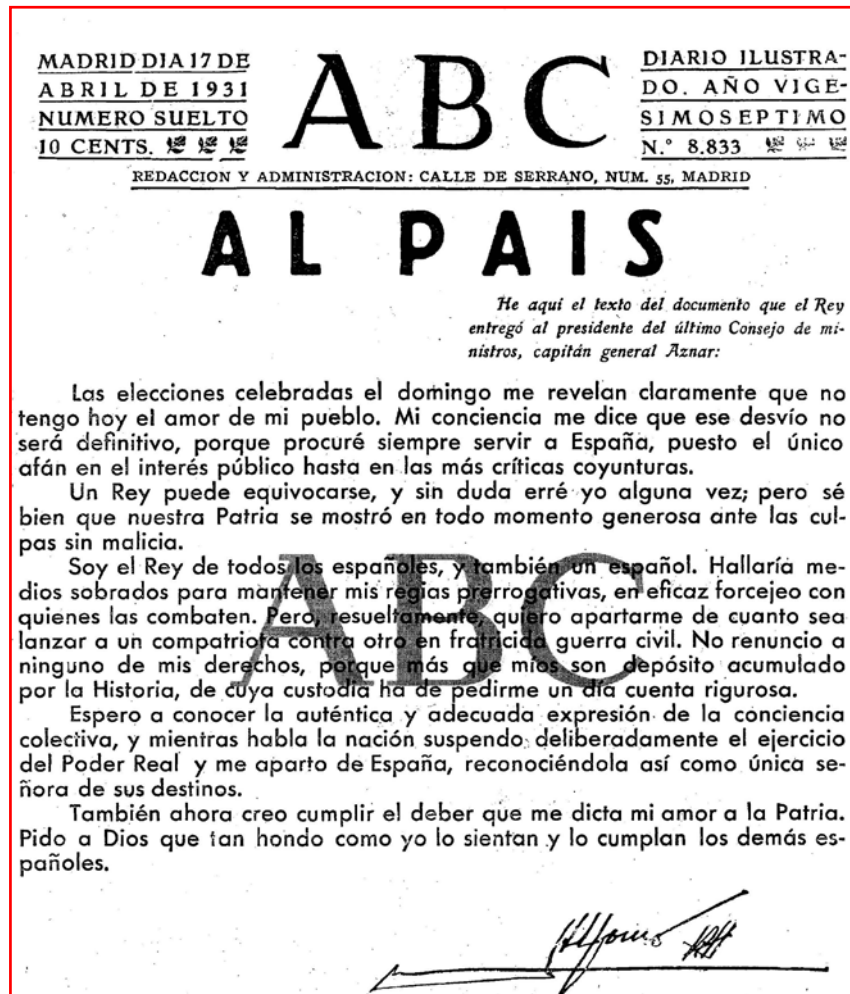


Figura 2.2 Manifest de renúncia d'Alfons XIII. Font: Diari ABC - 17.04.1931.

Niceto Alcalá Zamora, esdevindrà el cap d'un govern provisional format per socialistes i republicans fent-se càrrec del poder amb l'objectiu principal de la convocatòria d'unes noves eleccions.

En aquest context, el 28 de juny es celebraren eleccions a Corts constituents. La victòria dels republicans progressistes i socialistes fou clara. El nou parlament prengué com a compromís la redacció d'una nova Constitució

aprovada finalment el 9 de desembre del mateix 1931. Aquesta, establí entre d'altres qüestions, la llibertat de cultes, la llibertat d'expressió reunió i associació així com el dret al divorci i la laïcitat d'Espanya. Niceto Alcalá Zamora fou elegit com a president de la (Segona) República.

A Catalunya la victòria de les eleccions de l'abril també fou per a un partit de caire republicà; Esquerra Republicana de Catalunya (E.R.C) definit com a partit d'esquerres i nacionalista. Malgrat que havia estat format feia poc temps, va tenir un gran suport popular a les eleccions d'abril de 1931. Dos dies més tard, el 14 d'abril, Lluís Companys proclamà des del balcó de l'Ajuntament la República. Francesc Macià va proclamà *la República Catalana com a estat integrant de la Federació Ibèrica*. Tot i això sorgiren força problemes i la República catalana passà a anomenar-se Generalitat (provisional) fins el setembre de 1932 quan es va aprovar l'Estatut d'Autonomia i es convocaren eleccions al Parlament de Catalunya.

INFORMACION LOCAL

Proclamación de la República en Barcelona

Se constituye un Gobierno provisional presidido por el señor Maciá :: Los republicanos se posesionan del Ayuntamiento y de la Diputación :: Animación extraordinaria en las calles y desfile de banderas :: En la Capitanía General y en el Gobierno civil. Han sido libertados los presos de la Cárcel Modelo y Cárcel de Mujeres :: Las manifestaciones populares continuaron hasta la madrugada :: Por Radio y mediante poderosos altavoces, el Gobierno provisional aconseja a los obreros que no abandonen el trabajo y que mantengan el orden

Figura 2.3 Proclamación de la República en Barcelona. Font: La Vanguardia 15 d'abril de 1931.

Com es feia esment, amb les eleccions de juny de 1931 començà un període de dos anys anomenat *Bienni reformista* al qual seguirien l'anomenat *Bienni conservador (bienni negre)* per concloure amb l'etapa del *Front Popular*, que constitueixen les tres parts amb les quals es divideix la Segona República Espanyola.

Segona República Espanyola	
Juny 1931 - Novembre 1933	Bienni Reformista
Novembre 1933 - Febrer 1936	Bienni Conservador (Bienni Negre)
Febrer 1936 - Juliol 1936	Front Popular

Figura 2.4 Períodes de la Segona República.

- **Bienni reformista (juny 1931- novembre 1933)**

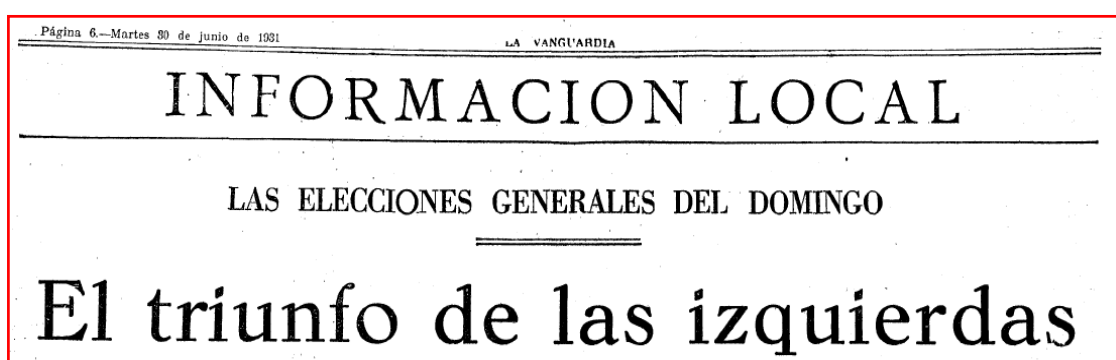


Figura 2.5 El triunfo de las izquierdas. Font: La Vanguardia 30 de juny de 1931.

Manuel Azaña formà un govern amb socialistes i republicans de centre esquerra. L'objectiu era posar en marxa tot un seguit de reformes per a la modernització d'Espanya; reforma agrària (inici del procés de redistribució social de la propietat de la terra), reforma militar (reforma i fidelització de l'Exèrcit), replantejament de les relacions entre Església i Estat (llibertat de cultes i supressió del pressupost de culte i clergat), aconfessionalitat de l'Estat, política educativa (universalització de l'escola pública), descentralització de l'Estat, aprovació de l'Estatut d'Autonomia de Catalunya (setembre de 1932) entre d'altres. Òbviament són ítems que s'apunten però que no és objectiu del present estudi el seu tractament. Sols indicar que algunes de les escomeses que acabem de citar provocaren fortes tensions i conflictes socials, degudes en part a la crisi econòmica, així com l'enfrontament de la patronal i moviments sindicals com la CNT. A l'estiu de 1932, el general Sanjurjo va protagonitzar un intent de cop d'Estat que va fracassar. Malgrat això, l'aguditzament de la crisi i els atacs tant des de part l'esquerra com de sectors de la dreta feren que

Azaña perdés suport i el president Alcalá Zamora es veié en la necessitat de la convocatòria de noves eleccions (en aquest cas pel mes de novembre).

Barcelona, que s'havia convertit en la capital política de Catalunya, ja arribava al milió d'habitants. Tenia plantejats nombrosos reptes de modernització urbana encallats des de feia dècades i patia una greu situació financera².

- **Bienni conservador (novembre 1933 - febrer 1936).**

Els resultats de les noves eleccions foren força distints dels obtinguts feia just dos anys. La dreta estava organitzada, l'esquerra molt fragmentada i l'abstenció era promoguda pels col·lectius anarquistes. En aquest cas la victòria fou pel *Partido Republicano Radical* i la *C.E.D.A.* amb la qual cosa el president Alcalá nomenà Alejandro Lerroux (Partido Radical) com a President del govern.



Figura 2.6 Cartell de la C.E.D.A.³ per a les eleccions de 1933.

² http://www.bcn.cat/historia/pag/capitols_ca.htm

³ La **Confederación Española de Derechas Autónomas** (C.E.D.A.), dirigida por Gil Robles. Font: <http://www.historiasiglo20.org/>

Immediatament s'aturaren les reformes promogudes pel govern anterior, l'anomenada *política de rectificaci3n*. Cal destacar el cas de la reforma agrària (amb l'expulsi3n de les terres de jornalers) i la reforma militar (amb atorgament de poder a militars antirepublicans com Emilio Mola i el mateix Franco).

També s'esmenta l'aturada de reformes educatives, enfrontaments amb nacionalismes i nova entesa amb l'Església Cat3lica les relacions amb la qual havien quedat força tocades durant el bienni anterior.

La crisi interna del govern provocarà la substituci3n de Lerroux pel nou president Samper. Destacar que en aquest període neix la *Falange Espa3ola de las JONS* per part de Jos3 A. Primo de Rivera, fill del dictador Miguel Primo de Rivera alhora que també s'amnistiaren els participants del cop del general Sanjurjo.

Aquestes actuacions causaren novament enfrontaments i radicalitzacions polítiques. Fonts hist3riques constaten que Espanya es polaritzà de manera molt notable en dretes (*C.E.D.A.*, *J.A.P.*⁴, *Renovaci3n Espa3ola* i la *Falange Espa3ola i de las JONS*, entre d'altres) i esquerres (*Izquierda Republicana*, el *PSOE*, *ERC*, i el *PCE*, també entre d'altres).

11

L'entrada de tres ministres de la *C.E.D.A.* l'octubre de 1934 al govern fou interpretada per sectors de l'esquerra com una escalada feixista i es convocà una vaga general contra el govern amb seguiment molt desigual. A Barcelona, els esdeveniments prengueren un caire diferent ja que la insurrecci3n promoguda per Lluís Companys provocà una revolta amb forta repressi3n per part de l'exèrcit.

Aquests fets marcaren profundament el període; és la coneguda **crisi d'octubre de 1934**: la de les revolucions a Astúries i Catalunya. Tot i que són fets que surten foren del nostre context fer constar que el govern declarà l'estat guerra, i que a Catalunya provocà l'empresonament de Companys i la suspensi3n de l'Estatut. A Barcelona es desposseí l'Ajuntament de la seva autonomia permetent-li una activitat gairebé nul·la.

⁴ Juventudes de Acci3n Popular.



Figura 2.7 Fets d'octubre de 1934. Font: La Vanguardia 9 d'octubre de 1934.

A Astúries, però, la vaga sí que va arribar a quallar i esdevingué una autèntica revolució organitzada per la UGT i la CNT. La revolta minera fou resolta amb la intervenció de l'exèrcit sota el comandament de Francisco Franco. El govern va emprar mètodes molt repressius essent el balanç dels fets de més de mil tres-cents morts, el doble de ferits i trenta mil detinguts. Aquests luctuosos fets conjuntament amb escàndols de corrupció causats per l'estraperlo i greus problemes interns dins el govern foren motiu de la convocatòria de noves eleccions a Corts al febrer de 1936.

12

- **L'etapa del Front Popular (febrer - juliol de 1936)**

Com es deia, per tercer i últim cop durant el període republicà Alcalá Zamora convocà eleccions. Bàsicament es presentaven dos gran coalicions; la de dretes; el *Bloque Nacional* (format fonamentalment per la C.E.D.A. i el Partit *Renovación Española*) i la d'esquerres; el *Frente Popular*⁵ (format principalment per socialistes i republicans). La victòria fou clara pel Front Popular. Es destitueix al president Alcalá i es nomena Manuel Azaña formant un govern presidit per Santiago Casares Quiroga. El nou govern retornà a les polítiques del primer bienni, promulgà una amnistia pels represaliats degut als fets d'octubre de 1934 i restablí l'Estatut de Catalunya alhora que tramità dos nous Estatus (Galícia i País Basc).

⁵ **Frente Popular**: pacto electoral firmado en enero de 1936 por Izquierda Republicana, PSOE, PCE, P.O.U.M. (Partido Obrero de Unificación Marxista) y Esquerra Republicana de Catalunya.



Figura 2.8 Cartell del Front Popular per a les eleccions de 1936

Lluny de l'assoliment d'un clima tranquil i de concòrdia, va créixer una forta tensió entre partidaris de la *Falange* i militants de partits d'esquerra que sovint acabaven amb violència als carrers provocant múltiples assassinats. També fou una època de conspiració contra el govern; conspiració política alimentada pels principals líders⁶ i per part del poder militar amb un nombre cada vegada més gran de generals⁷ implicats.

El general Emilio Mola es converteix en cap de la conspiració del cop que s'estava gestant. Arran de l'assassinat el 12 de juliol d'un oficial de la guàrdia d'assalt per part d'extremistes de dretes, les forces de seguretat assassinaren José Calvo Sotelo.

Finalment, en un ambient extraordinàriament tens, el 17 de juliol de 1936 l'exèrcit del Marroc es revoltà contra el govern republicà. Es pot considerar com un indici d'inici de la guerra civil. Els dos dies posteriors, el 18 i el 19 de juliol l'extensió de l'alçament ja és a la mateixa Península. Enfront aquests gravíssims fets, el govern republicà reaccionà lentament. Cert que l'abast del

⁶ José María Gil Robles, José Calvo Sotelo, Jose Antonio Primo de Rivera

⁷ Francisco Franco, Manuel Goded, Joaquín Fanjul, José Enrique Varela

cop fou divers ja que malgrat va triomfar en determinats indrets (Galícia, Castella - Lleó, Navarra, Canàries entre d'altres), n'hi hagué que es mantingueren fidels a la República com Barcelona i Madrid. Malgrat tot, el germen de la divisió en dos zones fou l'avís premonitori de la Guerra Civil que prompte començaria.



Figura 2.9 Informació apareguda diari La Voz.

Els esdeveniments s'anaren succeint amb diverses actuacions que tingueren lloc al llarg de tota la península i amb ajudes de l'exterior; Alemanya i Itàlia per part nacional així com Brigadistes Internacionals per part republicana.

Tal i com s'ha anat dient al llarg del treball, en no ser un element propi del nostre estudi, l'anàlisi que se'n fa és global tot i parant especial atenció en aquells fets que sí que tingueren una relació directa o molt directa amb el nostre treball. Un d'ells fou l'anomenada **Campanya del Nord**.

A partir de la primavera de 1937, els nacionals van conquistant el nord espanyol; País Basc, Astúries, Cantàbria entre d'altres. En aquest període de lloc el bombardeig de Durango (31 de març) i el bombardeig de Guernica (26 d'abril) degudes a la Legió Còndor enviada per Hitler.

Els fets foren de summe importància. Primerament, i com és de destacar, per la pèrdua de vides humanes així com pel mal i dolor irreparable als supervivents. Però un fet també destacable fou que es perderen les mines de carbó i de ferro de la zona. Aquest esdeveniment, tal i com veurem, marcà de

manera fonamental la construcció a l'estat ja que el nou règim, un cop ja vencedor i amb el poder a les mans es veurà obligat a promulgar tota una sèrie de normatives que sota el títol ***Restricciones del hierro en la edificación***⁸, prohibiran de manera explícita l'ús d'un material que era pràcticament inexistent, en part, per aquests luctuosos esdeveniments d'atac a la indústria del nord que era el lloc on es concentrava majoritàriament la producció d'aquests materials a l'època.

La opinión internacional manifiesta unánime indignación contra la salvaje destrucción de Guernica

La próxima reunión plenaria del Comité de no intervención estudiará la proposición de los Estados escandinavos y bálticos, para que los buques mercantes sean custodiados en aguas españolas

Figura 2.10 Guernica. Font: La Vanguardia 29 d'abril de 1937.

Destacar que des del 25 de juliol fins al 16 de novembre de 1938 es lliurà la batalla de l'Ebre que amb més de 100.000 morts fou la més cruenta de les batalles de la guerra. Amb la victòria nacional es podria afirmar que aquests tenien pràcticament la guerra guanyada.

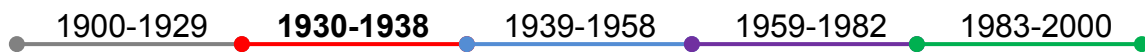
Finalment, remarcar que els fets que se succeïren foren: la caiguda de Barcelona (26 de gener de 1939), l'entrada a Madrid (28 de març) i la fi de la Guerra (1 d'abril de 1939).

A partir d'aquest punt es pot afirmar que començaria el període franquista (1939-1975) objecte d'estudi en Blocs posteriors.

⁸ Gobierno de la nación. Presidencia del gobierno. Decreto de 11 de marzo de 1941 sobre Restricciones del hierro en la edificación



Figura 2.11 La caiguda de Barcelona Le Corbusier. 1939. Museu Reina Sofia.



1930- 1938	Quatre Moments
-----------------------	-----------------------

2.2. MÉTODES DE CÁLCUL

2.2.1. Mètodes d'anàlisi global

Si a l'apartat anterior es feia esment de la gran quantitat de mètodes de càlcul que havien estat implementats, cal fer notar que ara, pràcticament, no se n'han trobat cap de nou, si més no que tingués a nivell general un ampli ressò.

Teoremes com el dels tres moments o bé l'estàtica gràfica que començaren a prendre cos en el període del BLOC I i que, com dèiem, encara poden ser vigents avui en dia, no tindran el seu anàleg al període del BLOC II. Podem dir que aquesta època, com posteriorment es constatarà, fou un període que en l'aspecte de càlcul es visqué d'allò après en èpoques precedents i que, pràcticament, no hi hagué cap innovació (sempre referint-nos a aquest camp específic).

Així doncs, destaquen obres calculades amb els mètodes clàssics i la mateixa estàtica gràfica que continuaven vigents tant als manuals com a les memòries.

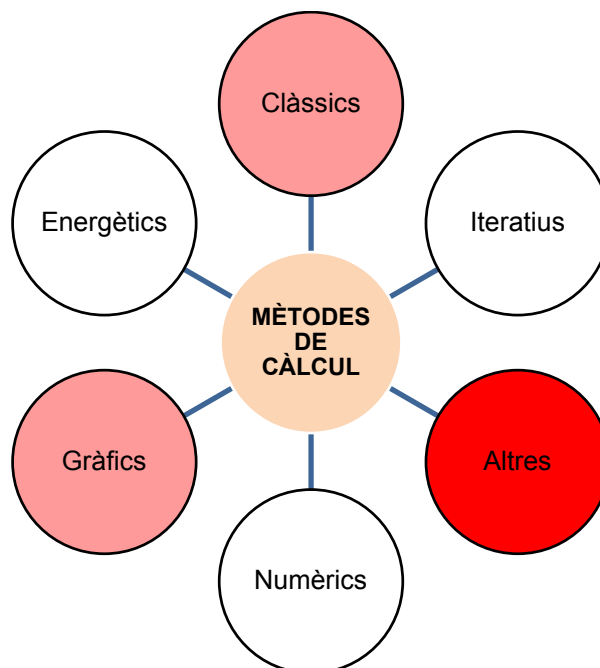
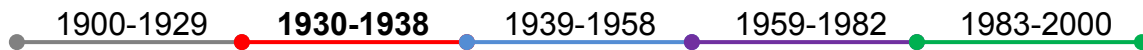


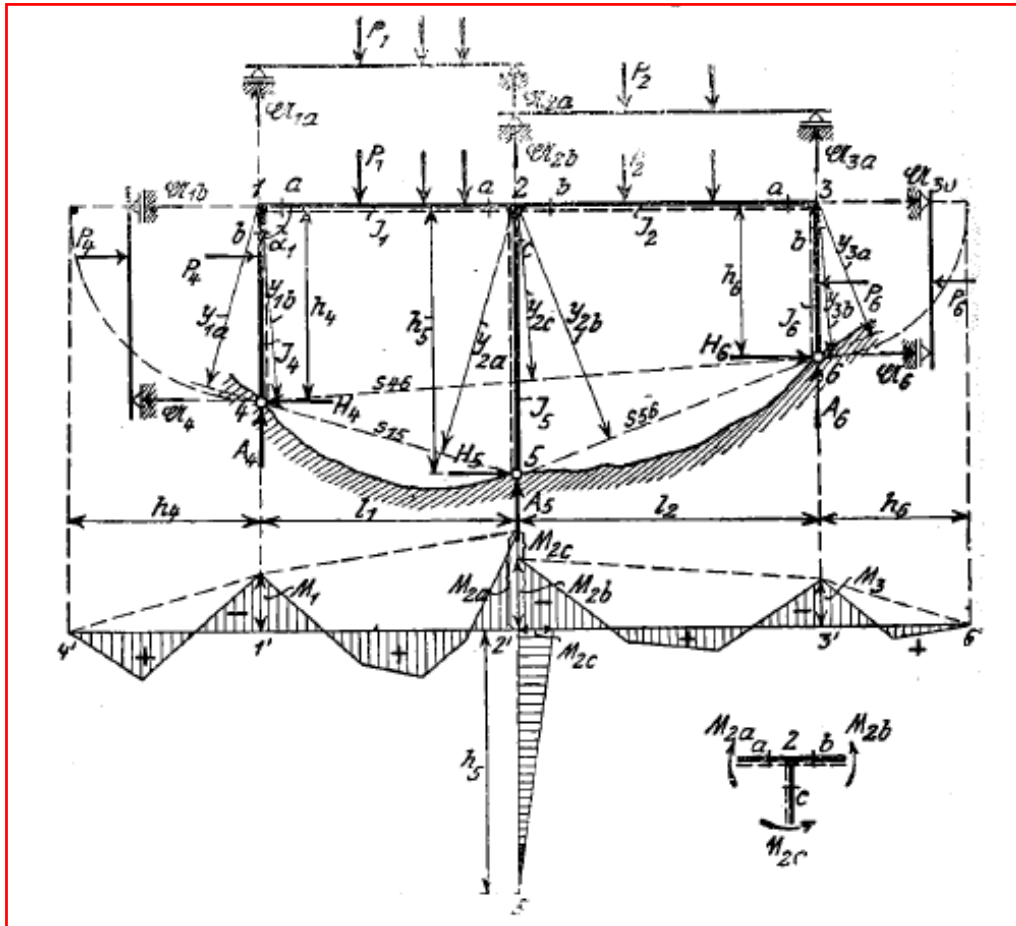
Figura 2.12 Mètodes de Càlcul. Mètodes Clàssics, gràfics i altres.

El material bibliogràfic tampoc fou molt innovador en aquesta època. Es recullen algunes obres, que posteriorment s'explicitaran, on hi figura puntualment alguna novetat respecte als llibres anteriors. Caldria destacar la



formulació que es definí en aquelles dates com el *teorema dels quatre moments* malgrat, com es veurà, no deixava de ser una sistematització del teorema de Clapeyron; *el teorema dels tres moments*.

És per aquest motiu que en aquest BLOC II s'ha gosat marcar el paper dels **altres** en el model que fem servir de definició de mètodes de càlcul tot i remarcar la cohabitació amb els mètodes emprats prèviament.



2.2.1.1. Quatre Moments

El teorema dels quatre moments tingué en aquesta època una *relativa* importància. A l'apartat corresponent del BLOC I s'ha definit el realment bàsic i fonamental; el teorema dels tres moments. Si aquest darrer esdevingué transcendent, i de fet avui en dia encara és freqüent trobar-lo explícitament transcrit o bé referenciat en els llibres actuals, no passa el mateix amb el dels quatre moments. Degut a això no ens hi estendrem gaire en la seva formulació. Més aviat l'hauríem de considerar com una *sistematització del teorema de Clapeyron*. Malgrat tot, s'ha cregut important incloure'l alhora que presentar un altre llibre fonamental pel calculista d'estructures com fou el titulat *Estática aplicada al cálculo de Estructuras y al hormigón armado*, conegut col·loquialment com el *Saliger*, obra deguda al professor Rudolf Saliger⁹, que és la font d'on s'ha tret la informació principal.

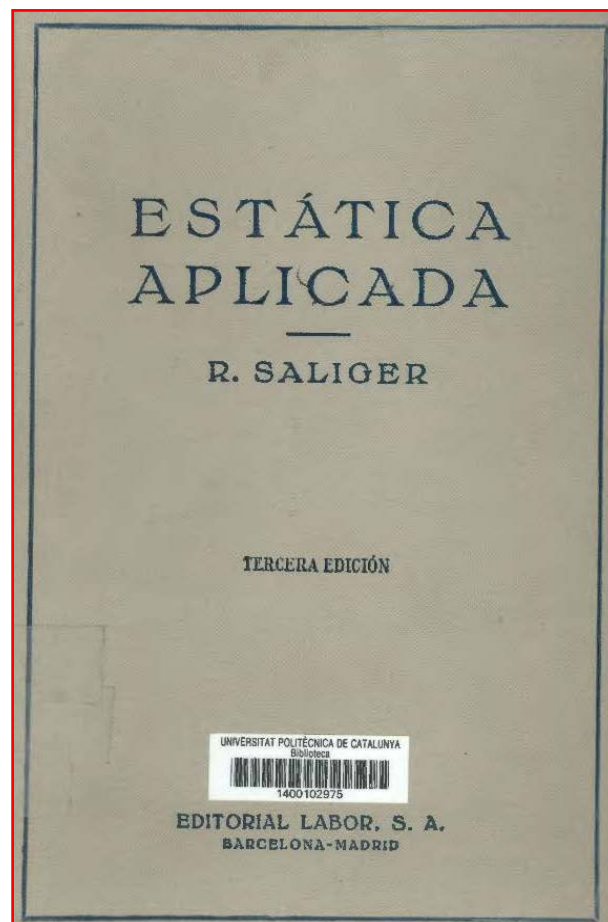


Figura 2.13 Estática aplicada al cálculo de Estructuras y al hormigón armado

⁹ Rudolf Saliger (1873-1958)

El punt de partida que l'autor considera és el d'una unió rígida (2) de tres barres (1-2, 2-3 i 2-4).

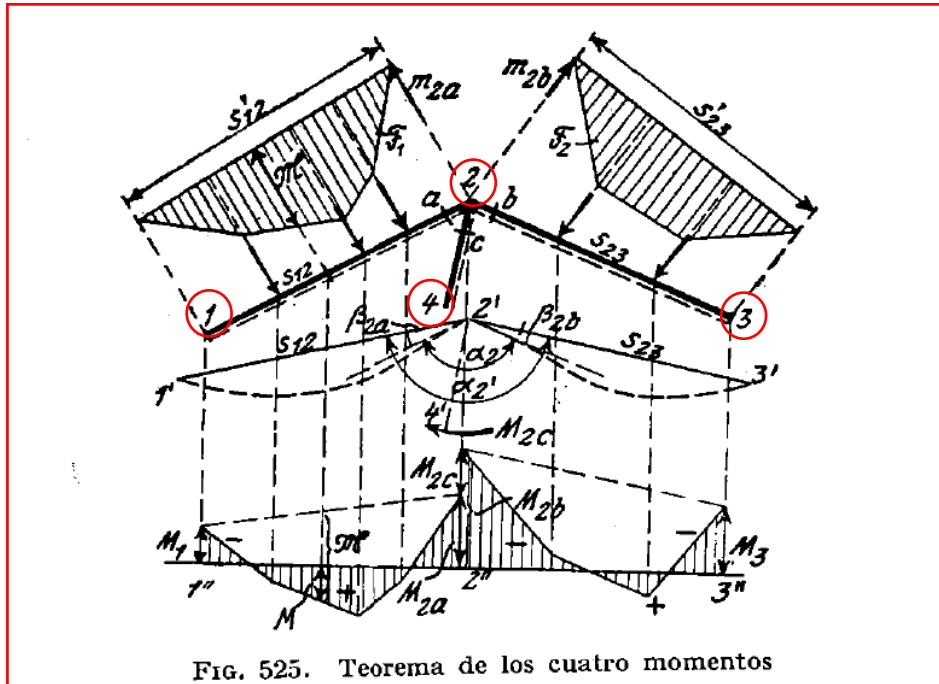


FIG. 525. Teorema de los cuatro momentos

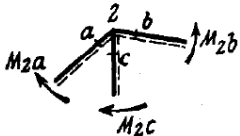
22

Un cop definit el problema la resolució plantejada consistiria en l'aplicació sistemàtica del teorema dels tres moments -que prèviament ell ja havia presentat.

$$\frac{6 E J_0}{s_0} \cdot \beta_{2a} = \kappa_1 M_1 + 2 \kappa_1 M_{2a} + 6 \kappa_1 m_{2a},$$

$$\frac{6 E J_0}{s_0} \cdot \beta_{2b} = \kappa_2 M_3 + 2 \kappa_2 M_{2b} + 6 \kappa_2 m_{2b},$$

y en virtud de ser $\overline{\Delta a_2} = a'_2 - a_2 = \beta_{2a} + \beta_{2b}$, la suma de las expresiones anteriores conduce a



$$\frac{6 E J_0}{s_0} \cdot \overline{\Delta a_2} = \Delta a_2 = \kappa_1 M_1 + 2 \kappa_1 M_{2a} + 2 \kappa_2 M_{2b} + \kappa_2 M_3 + 6 \kappa_1 m_{2a} + 6 \kappa_2 m_{2b} \quad (40)$$

Fig. 526. Momentos en los nudos que llamamos *teorema de los cuatro momentos*.

Como siempre, J_0 y s_0 se refieren a una barra tipo, siendo

$$\kappa_1 = \frac{J_0}{J_{12}} \frac{s_{12}}{s_0}, \quad \kappa_2 = \frac{J_0}{J_{23}} \frac{s_{23}}{s_0}$$

$$m_{2a} = \frac{a_{2a}}{s'_{12}}, \quad m_{2b} = \frac{a_{2b}}{s'_{23}}$$

Arribats a aquest punt ja només faltaria aplicar l'equilibri de moments al nus 2 considerat, cosa que afegiria una nova equació a les donades prèviament;

De la figura 526 deducimos ~~inmediatamente~~:

$$+ M_{2c} + M_{2a} - M_{2b} = 0;$$

luego,

$$M_{2c} = M_{2b} - M_{2a}$$

Finalment, si l'estructura fos sense translació, el nus immòbil ens introduiria una darrera simplificació;

$$\Delta\alpha_2 = 0$$

Només amb aquestes relacions prèvies l'autor presenta el teorema amb alguns exemples addicionals.

Prèviament es deia que Saliger dedicava especial èmfasi al *teorema dels tres moments* enfront al *teorema de quatre moments*. Val la pena remarcar el fet que l'autor dedica 83 pàgines del seu llibre al primer enfront les 15 del segon. Aquest fet constata novament que no fou aquest darrer un mètode que se li donés molta rellevància -ja en el seu moment. Això es traduiria en una nul·la aplicació a les memòries de càlcul, almenys les consultades, constatant només alguna breu citació dins les bibliografies docents.



2.2.2. Mètodes de dimensionament de peces i unions

Un cop vistes al Bloc precedent les unions reblonades, en aquest farem l'estudi corresponent a les **unions cargolades**. Aquestes també tingueren molta importància en les construccions industrials; la seva utilització, com dèiem prèviament, podia trobar-se perfectament en paral·lel a les reblonades.

Alhora de triar un llibre de guiatge per a la presentació de les mateixes, i un cop consultades persones i fonts, s'ha optat pel llibre que a continuació es presenta, obra dels *professor Robert Schindler i Bonaventura Bassegoda*.

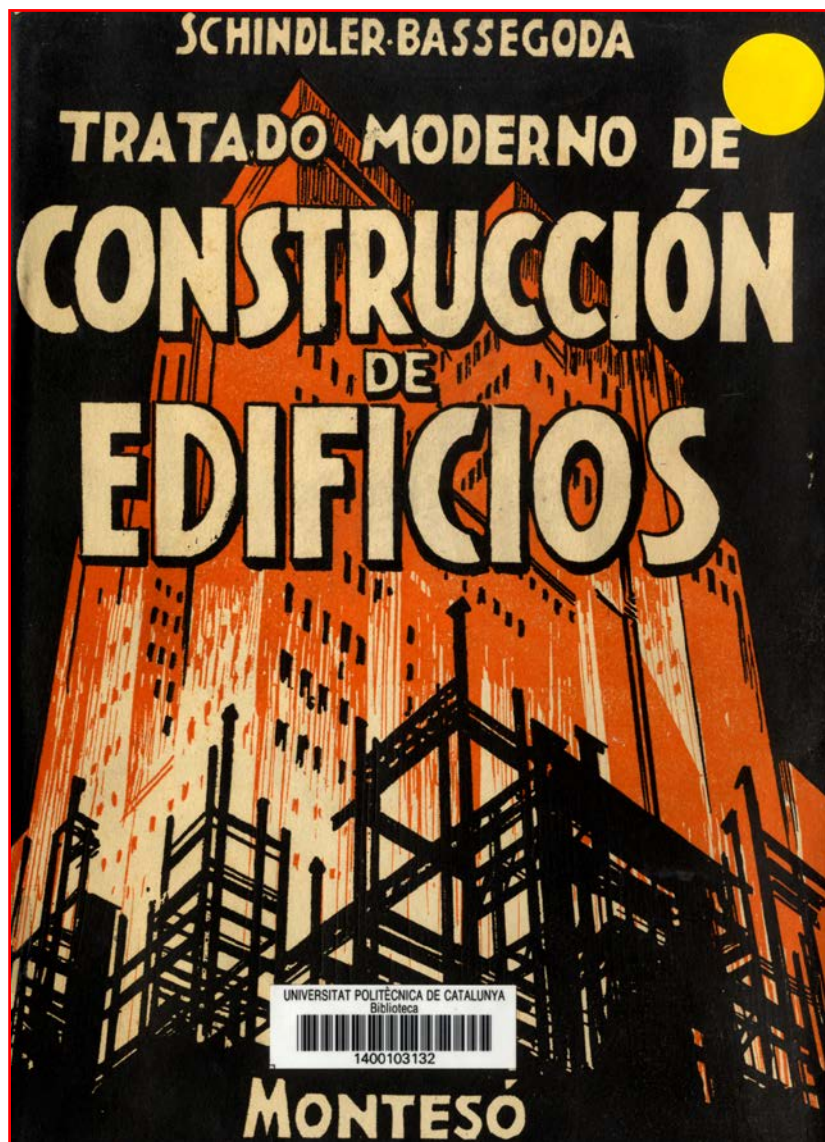


Figura 2.14 Construcción de edificios. Robert Schindler i Bonaventura Bassegoda

Si bé el mateix arribà a l'estat espanyol just al final d'aquest període, el podem considerar com a guia de referència ja que precisament en ell es recull

el que prèviament els professors havien formulat a les seves classes i que correspondria al període que ens abasta.

A més al llibre s'hi troben aspectes tècnics perfectament combinats amb els didàctics ja que s'hi recullen exercicis i dades que fan pensar en un aspecte divulgatiu i acadèmic que prèviament citàvem.



Figura 2.15 Detall unió cargolada. Autoria personal.

Es segueix per a l'estudi l'esquema proposat al bloc preliminar:

26

• Definició de l'element

Los tornillos y pernos sirven para unir piezas de hierro colado, cuya **fragilidad no tolera costura por remache** y para conseguir la **sujeción del hierro a elementos de madera o de piedra**.

És destacable el fet que els autors presenten, ja a la definició inicial, **els cargols en comparació amb els rebllons**, tot i indicant, les avantatges que els primers tindrien en una hipotètica unió. (S'han marcat en negre)

Además se emplean en lugar de roblones, cuando el **grueso de las piezas** que deben unirse excede del quíntuplo del diámetro de aquéllos, o cuando el **elemento de unión ha de trabajar por tracción**. También se aplican tornillos a las **ensambladuras que deban ser soldadizas** o hayan de gozar de cierta movilidad y en todos los puntos en que **no sea posible el remachado por falta de espacio**.

Finalmente prestan servicio insustituible para simplificar el montaje de los órganos metálicos.

D'aquesta consideració inicial en poden treure dues possibles conclusions. Primerament veure, com s'ha anat comprovant, **la cohabitació d'ambdós sistemes d'unions**, en cap llibre ni manual es parla d'un de sol. Aviat s'afegirà un tercer; la soldadura, que no sempre hi és recollida en aquests primers tractats. També fer esment que, en aquest cas i segons aquests autors, **seria preferible la unió cargolada**. Això, com és fàcil de comprendre no necessàriament sempre era així, ja que com hem vist en parlar dels reblons, els autors també hi apreciaven les seves avantatges.

Els cargols emprats, seguint ara ja el llibre, són de perfil Withworth¹⁰ (escala en polsades)

Perfil Withworth	
	d, diàmetre exterior de la rosca
	d ₁ , diàmetre del nucli cilíndric
	h, pas del filet
	t, profunditat de la rosca

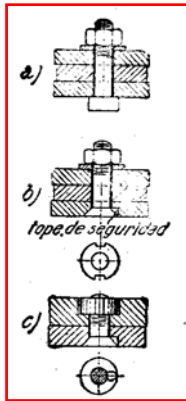
Figura 2.16 Dades del Perfil Withworth

Definit ja el tipus de cargol a emprar, els autors passen a explicitar-los sota la denominació *perns roscat (pernos roscados)*. La funció dels quals és clara; *se emplean para unir elementos constructivos de hierro*.

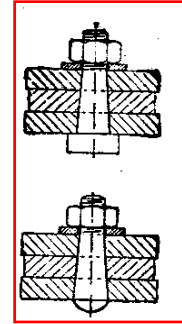
La diferent tipologia dels perns presentada al llibre és la següent:

Pernos roscados ordinarios. Vástago cilíndrico, cabeza cuadrada y tuerca hexagonal (a). Si falta espacio, se echa mano de pernos de cabeza

¹⁰ El perfil Withworth corresponde a un triángulo isósceles con un ángulo en el vértice de 55° que se descantilla para dar juego a la rosca.



perdida (b) y aun de tuerca hundida (c). Hay que disponer una pestaña para evitar el giro de la cabeza al atornillar la tuerca



Pernos roscados cónicos. Su uso es para casos especiales, que exigen un ajuste perfecto. Llenan por completo el taladro.

La taula següent mostra els diàmetres habituals de perns roscats per a l'edificació així com les dimensions de cap i rosca.

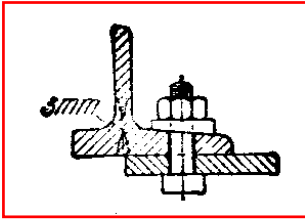
Tabla 16. Tornillos de escala Whitworth

Diámetro exterior de la roca d		Núcleo		Tuerca y cabeza				Arandela	
pulgadas	mm	d_1 mm	f_1 cm ²	h_1 mm	h_2 mm	D_1 mm	D_2 mm	D_u mm	δ_u mm
1/4	6,35	4,72	0,175	6	4	13	15	14	1,5
5/16	7,94	6,13	0,295	8	6	16	18	18	2,0
3/8	9,52	7,49	0,441	10	7	19	22	21	2,5
7/16	11,11	8,79	0,607	11	8	21	24	24	3,0
1/2	12,70	9,99	0,784	13	9	23	27	28	3,0
5/8	15,87	12,92	1,311	16	11	27	31	34	3,0
3/4	19,05	15,80	1,961	19	13	33	38	40	4,0
7/8	22,22	18,61	2,720	22	15	36	42	45	4,0
1	25,40	21,33	3,573	25	18	40	46	52	5,0
1 1/8	28,57	23,93	4,498	29	20	45	52	58	5,0
1 1/4	31,75	27,10	5,768	32	22	50	58	62	5,0
1 3/8	34,92	29,50	6,835	35	24	54	62	68	6,0
1 1/2	38,10	32,89	8,388	38	27	58	67	75	6,0
1 5/8	41,27	34,77	9,495	41	29	63	73	80	7,0
1 3/4	44,45	37,94	11,305	44	32	67	77	85	7,0
1 7/8	47,62	40,40	12,819	48	34	72	83	92	8,0
2	50,80	43,57	14,910	51	36	76	88	98	8,0
2 1/4	57,15	49,02	18,873	57	40	85	98	110	9,0
2 1/2	63,50	55,37	24,079	64	45	94	108	122	9,0
2 3/4	69,89	60,55	28,795	70	49	103	119	134	10,0
3	76,20	66,90	35,151	76	53	112	129	146	11,0

Figura 2.17 Diámetros corrientes en pernos roscados para edificios

S'inclouen, també, dues columnes dedicades a les volanderes (*arandelas*). Fins ara no s'havia parlat d'elles. Se'ns presenten com a elements que garanteixen un augment de superfície de recolzament i alhora faciliten el repartiment millor de les pressions.

Per finalitzar els autors especifiquen dos casos concrets que poden tenir una rellevant importància;



Los hierros U i doble T requieren en sus alas arandelas cuneiformes. Para asegurar que no se suelte el tornillo de manera imprevista, se pone contratuerca (a) o chaveta (b)

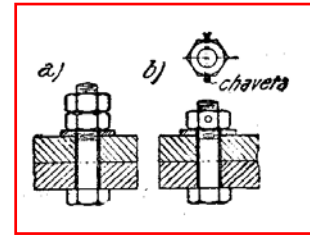


Figura 2.18 Detall unió cargolada. Autoria personal.

• **Càlcul de l'element**

El càlcul de l'element se'ns ha presentat implementat per dues sol·licitacions concretes; **la sol·licitació a tallant i la de tracció.**

Càlcul dels perns	
	1. Sol·licitat per Tallant
	2. Sol·licitat per Tracció

Figura 2.19 Sol·licitacions dels perns.

1. Perno solicitado por cortadura

En este caso se hace como los roblones, poniendo en vez de **d** el diámetro de la rosca.

Resulta sorprendente que per explicar el càlcul del cargols es reenvii al lector (alumne) al tema dels reblons. Aquesta frase es pot entendre de moltes maneres però creiem que, en aquest cas concret, s'està primant la importància dels reblons enfront dels cargols. Primer perquè s'han presentat abans i segon perquè a l'hora del càlcul dels cargols es deriva a l'apartat dels reblons.

Aquesta sentència sembla contraposar-se amb la inicial que lloava les virtuts de la unió cargolada enfront la reblonada. La conclusió que s'estima que es podria treure fora que ambdós sistemes eren igualment vàlids i emprats i que els seu ús, tret de casos concrets, era indistint.

Així doncs, tenint en compte el prèviament dit, el càlcul del cargol vindria donat per¹¹:

30

La resistencia del roblón (**tornillo**) viene limitada, prescindiendo de los esfuerzos de flexión, por las fatigas por esfuerzo cortante en la caña o por las presiones contra los bordes del taladro. Se admite, en primera aproximación, la repartición uniforme de ambas clases de esfuerzos.

Si **d** representa el diámetro del roblón (**diámetro de la rosca**), δ el espesor mínimo de las piezas que se unen, τ el coeficiente de trabajo por cortadura, σ la presión admisible en los bordes del taladro, se obtiene la resistencia de un roblón (**tornillo**) en costura por simple recubrimiento por;

$$\text{Cortadura: } N_{\tau} = \frac{\pi d^2}{4} \tau$$

$$\text{Presión en los bordes: } N_l = d\delta\sigma$$

Admitiendo $\sigma = 2\tau$ resulta; se **calcula por cortadura** cuando $d < 2,55\delta$ y por **presión en los bordes** cuando $d > 2,55\delta$.

¹¹ Indiquem entre parèntesi la informació corresponent al cargol.

La resistencia de un roblón (**tornillo**) en costura por doble cubrejuntas vale:

$$\text{Cortadura: } N_{\tau} = 2 \frac{\pi d^2}{4} \tau$$

$$\text{Presión en los bordes: } N_l = d \delta \sigma$$

En este caso δ representa el espesor de la pieza central o la suma de los de las chapas exteriores, tomando el menor de ambos valores.

Admitiendo $\sigma = 2\tau$ resulta; se calcula por cortadura cuando $d < 1,27\delta$ y por presión en los bordes cuando $d > 1,27\delta$.

Como que d suele tomarse alrededor de 2δ , **las costuras simples se calculan por cortadura** y las **dobles por presión en los labios del taladro**.



Figura 2.19 Exemple d'unió cargolada. Autoria personal.

En general, el cálculo de una costura se reduce a determinar el número n de roblones (**tornillos**) necesarios para absorber la fuerza P , fijando el diámetro de los mismos en vista de condiciones constructivas. Al efecto, se parte de la hipótesis incierta de repartir uniformemente el esfuerzo P entre

todos los remaches (**tornillos**). Si N indica la resistencia de un roblón (**tornillo**) dada por las fórmulas anteriores, para calcular N tenemos,

$$nN \geq P$$

Como el perno ordinario no llena bien el taladro, se adoptan coeficientes de trabajo normalmente inferiores a los válidos para roblones y pernos cónicos.

Tornillo en pulgadas	Sección del perno cm ²	Por cortadura $\tau = 750$ kg/cm ²		Por presión en los bordes del taladro $\sigma_1 = 1500$ kg/cm ² y espesor de chapas en mm															
		Una secc	Dos seccs	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20		
3/8	0,712	0,534	1,068	0,71	0,86	1,00	1,14	1,29	1,43	1,57	1,71	1,86	2,00	2,14	2,28	2,57	2,86		
1/2	1,267	0,950	1,900	0,95	1,14	1,33	1,52	1,71	1,91	2,10	2,29	2,48	2,67	2,86	3,05	3,43	3,81		
5/8	1,978	1,484	2,967	1,19	1,43	1,67	1,90	2,14	2,38	2,62	2,86	3,09	3,33	3,57	3,81	4,28	4,76		
3/4	2,850	2,138	4,275	1,43	1,71	2,00	2,29	2,56	2,86	3,14	3,43	3,71	4,00	4,29	4,57	5,14	5,72		
7/8	3,878	2,908	5,817	1,67	2,00	2,33	2,67	3,00	3,33	3,67	4,00	4,33	4,67	5,00	5,33	6,00	6,67		
1	5,067	3,800	7,601	1,91	2,29	2,67	3,05	3,43	3,81	4,19	4,57	4,95	5,33	5,72	6,10	6,86	7,62		

Figura 2.20 Resistència pràctica de cargols ordinaris en tones.

Se indican en la siguiente tabla las resistencias admisibles en pernos roscados ordinarios bajo coeficientes de trabajo $\tau=550$ kg/cm² y $\sigma_1=1500$ kg/cm². Al organizar la unión es preciso conseguir que la parte aterrjada del perno no penetre en el taladro. Para atornillar la tuerca basta el espesor de la arandela. Para no entorpecer el roscado la distancia entre pernos ha de ser superior al paso de una costura roblada; como mínimo de 3,5 a 4 d

2. Perno solicitado por tracción

Aquest cas concret sí que ve especificat al propi llibre dins l'apartat de càlcul dels cargols.

Siendo d_1 el diámetro y f_1 la sección del núcleo y σ el coeficiente de trabajo por tracción, la resistencia de un perno roscado vale¹²;

¹² Es suposa que a la fórmula hi ha un error ja que el valor del diàmetre hauria de ser al quadrat.

$$Z = \frac{\pi d}{4} \sigma = f_1 \sigma$$

Si P es el esfuerzo que debe ser resistido y n el número de pernos ha de cumplirse;

$$nf_1 \sigma \geq P$$

• **Aplicació de l'element**

L'aplicació fonamental del cargol, almenys en l'àmbit que ens ocupa, ha estat el d'**unió de distints elements resistius entre sí**.

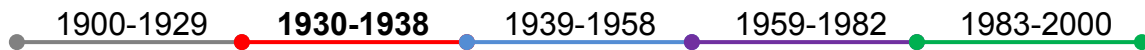
Caldria insistir que la informació del càlcul de la unió en les memòries consultades ha estat molt escassa. En molts casos als plànols hi apareixien però en cap lloc hi consta el seu càlcul.

Destacar que, almenys en el referit a obra existent, ha resultat més fàcil apreciar unions reblonades que cargolades. De fet en múltiples obres, encara avui en dia, hi són observables els reblons; els cargols també però no amb tanta freqüència.

Hauran de passar anys quant, existint ja exemples de soldadura, veurem que existeixen les tres tipologies, és a dir **la unió reblonada** (que ja anirà en desús), **la unió cargolada** i **la unió soldada**. Això serà motiu d'estudi al BLOC III i BLOC IV.



Figura 2.21 Detall unió cargolada i reblonada. Autoria personal.



1930-1940	Instrucción para la redacción de proyectos y construcción de estructuras metálicas.
------------------	--

2.3. NORMATIVA OFICIAL

Instrucciones y Reglamentos Españoles

MINISTERIO DE FOMENTO

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS

Instrucción para la redacción de proyectos y construcción de estructuras metálicas, redactada por el Ingeniero primero del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos D. Domingo Mendizábal y Fernández, aprobada por Real orden de 17 de marzo de 1930, y que en cumplimiento de lo dispuesto en la misma, se inserta a continuación.

2.3.1. Instrucción para la redacción de proyectos y construcción de estructuras metálicas.

MINISTERIO DE FOMENTO

INSTRUCCIÓN PARA LA REDACCIÓN DE PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS, redactada por el Ingeniero primero del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos D. Domingo Mendizábal y Fernández, aprobada por Real orden de 17 de Marzo de 1930.

Publicación: 17/04/1930, número 107

Referencia: 1930/04541

Ministerio de Fomento

Páginas: 384 -392

Estructura**Capítulo I.**

Bases para el cálculo de estructuras metálicas.

Capítulo II.

Equilibrio estático y elástico.

Capítulo III.

Justificación de la estabilidad.

Capítulo IV.

Disposiciones del proyecto.

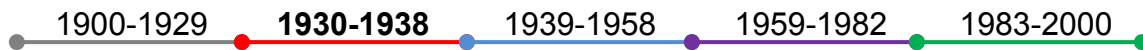
Capítulo V.

Trabajo en taller.

Capítulo VI.

Trabajos en obra.

Dada la importancia que alcanza la construcción de estructuras, la especialización que exige su estudio, proyecto y construcción, en los técnicos que de ella se ocupan, **se justifica la existencia de normas generalmente de carácter oficial en los países que más se preocupan de la unificación de estos estudios con objeto de no dejar libres por completo a los proyectistas.**



No son muy numerosas estas instrucciones en la actualidad, pudiendo únicamente citarse las siguientes:

- **Instrucción francesa, 1903**
- Instrucción suiza, 1913
- Instrucción norteamericana, 1916
- Instrucción belga, 1920
- **Instrucción alemana, 1921**

La instrucción española de 10 de abril de 1930, estudiada y propuesta por el autor de estas notas (Domingo Mendizábal Fernández), **recoge de las anteriores cuanto estimó conveniente y digno de consideración, utilizándolo en forma ordenada y lógica.**

Firma

Madrid, 10 de abril de 1930.

El director general José María Acacio.

DIRECCION-ADMINISTRACION:
Calle del Carmen, núm. 29, entresuelo.
Teléfono núm. 12.523



VENTA DE EJEMPLARES
Ministerio de la Gobernación, planta baja,
Número suelto, 0,50

GACETA DE MADRID

SUMARIO

Parte oficial.

Ministerio de Justicia y Culto.

Real decreto indultando a Fernando Hernández Ortega de las penas que le fueron impuestas en la causa y delito que se mencionan.—Página 378.

Presidencia del Consejo de Ministros.

Real orden relativa a los devengos que por viajes y movilidad general han de percibir los funcionarios del servicio de Catastro parcelario.—Página 378.

Otra disponiendo que los Ingenieros Geógrafos que se mencionan, que perciban por el Instituto Geográfico y Catastral diferencia de sueldo por quinquenios concedidos por el Ministerio del Ejército, deben cesar en el presente mes de Abril.—Páginas 378 y 379.

Otra nombrando en ascenso de escala Auxiliar de segunda clase de Planimetría catastral a D. Juan Bautista Sendra Nadal, y disponiendo sea amortizado la vacante que se produce en dicho ascenso de Auxiliar tercero de Planimetría catastral.—Página 379.

Otra concediendo un mes de licencia por enfermo a D. Gregorio Bueno Muñoz.—Página 379.

Otra ídem un mes de prórroga a la licencia que por enfermo disfruta don Ramón Ráez Peñalver, Auxiliar de segunda clase de Planimetría catastral.—Página 379.

Otra ídem un mes de licencia por enfermo al Portero cuarto Serapio Poveda Abaro.—Página 379.

Ministerio de Justicia y Culto.

Real orden nombrando para la Secretaría del Juzgado de primera instancia de Yecla a D. Pedro Marcelo Núñez Núñez.—Página 379.

Reales.—Instrucción para la redacción de proyectos y construcción de estructuras metálicas, redactada por el Ingeniero primero del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos D. Domingo Mendizábal y Fernández, aprobada por Real orden de 17 de Marzo último.—Página 384.

Otra disponiendo se expida Real carta de sucesión en los Títulos de Duque de Híjar, Conde de Palma del Río, ambos con Grandeza; Conde de Rivadeo y Marqués de Almenara, a favor de D. Alfonso de Silva y Fernández de Córdoba, Duque de Altaga.—Páginas 379 y 380.

Otra nombrando para la plaza de Secretario de gobierno de la Audiencia de Pamplona a D. Luis Usera Bugallal.—Página 380.

Ministerio del Ejército.

Real orden concediendo el ingreso en Inválidos al Capitán de Infantería D. José Rodríguez Pérez.—Página 380.

Otra ídem id. al Teniente de Infantería, hoy Capitán, D. José Martínez García.—Página 380.

Otras ídem id. a los Cabos del Tercio Vicente Valle Frias y Victoriano Párriz del Amo.—Página 380.

Otra ídem id. al soldado de la Comandancia de Artillería de Costa Arturo Magán Castro.—Páginas 380 y 381.

Otra, circular, dictando las reglas que se indican relativas a la aplicación del indulto por las Autoridades militares del Real decreto de fecha 14 del mes actual.—Página 381.

Ministerio de Marina.

Real orden promoviendo a su inmediato empleo al Cortador de navío D. Francisco I. Gómez Mollá.—Páginas 381 y 382.

Ministerio de la Gobernación.

Real orden disponiendo que el Tribunal que ha de juzgar las Memorias de los Médicos del Cuerpo de Baños quede modificado, sustituyendo en la Presidencia del mismo el Sr. García Durán al Sr. Bécares.—Página 382.

Ministerio de Instrucción pública y Bellas Artes.

Real orden disponiendo que la Cátedra vacante de Patología quirúrgica en

la Universidad Central, sea agregada a la convocatoria de oposiciones para la provisión de igual Cátedra de la Facultad de Medicina de Cádiz.—Página 382.

Otras anunciando a concurso de traslado la provisión de las Cátedras de Derecho procesal, vacantes en las Facultades de Derecho de las Universidades de Oviedo y Sevilla.—Página 382.

Otra desestimando la reclamación de doña Rosalía Vilaverde y doña Carmen Higuelmo, por no existir precepto legal que imponga al Ayuntamiento de Madrid la obligación de abonar indemnizaciones de casa-habitación a los Profesores del Colegio de Sordomudos.—Páginas 382 y 383.

Ministerio de Fomento.

Real orden nombrando Delegados representantes del Gobierno español en el Congreso Internacional, relacionado con la construcción de obras de hormigón, que ha de celebrarse en Lieja en el mes de Septiembre próximo, a los Profesores de la Escuela Especial del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos que se mencionan.—Página 383.

Ministerio de Trabajo y Previsión.

Real orden desestimando instancia de D. Miguel Durán Aguilár, Profesor auxiliar de Escuelas Superiores del Trabajo, en situación de excedente.—Página 383.

Ministerio de Economía Nacional.

Reales órdenes resolviendo instancias solicitando impartaciones de maíz.—Páginas 383 y 384.

Administración Central.

FOMENTO.—Dirección general de Obras públicas.—Personal y Asuntos gene-

ANEXO ÚNICO.—BOLSA.—OPOSICIONES.—SUBASTAS.—ADMINISTRACIÓN PROVINCIAL.—ANUNCIOS DE PREVIO PAGO DE LA Compañía Transatlántica; Ayuntamiento Constitucional de Madrid; B. F. Goodrich (S. A.); Gran Empresa Sugarra, S. A.; Kallium, S. A.; "Cristal Madrid", S. A.; Sociedad

gón; Los Remedios, S. A., y Juzgados de primera instancia del distrito del Hospital, de Bilbao; de la Universidad, de Madrid; de San Lorenzo de El Escorial, y de San Vicente (Sevilla).—EDICTOS.—CUADROS ESTADÍSTICOS DE

Figura 2.22 Instrucción para la redacción de proyectos y construcción de estructuras metálicas, redactada por el Ingeniero primero del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos, D. Domingo Mendizábal y Fernández, aprobada por Real orden de 17 de Marzo

entender que ha de redundar en beneficio de los agricultores nacionales; toda vez que ha de destinarse a semilla para la obtención de forraje:

Considerando que la autorización solicitada no contraría el propósito que motivó la Real orden de 11 de Enero del presente año, por la que se suspendió la importación del maíz en las condiciones que en la misma se determinan,

S. M. el Rey (q. D. g.), de conformidad con lo propuesto por la Dirección general de Comercio y Política Arancelaria, se ha servido disponer que dentro del plazo de dos meses, contados a partir de la fecha de la presente disposición, se permita que por la Aduana de Irún se importen 2.000 kilogramos de maíz "Gigante Caragua", blanco, previo el pago de los correspondientes derechos de Arancel, con las bonificaciones en vigor y con destino a la Asociación Provincial de Ganaderos de Santander, siendo condición precisa para tal importación la de que la mercancía sea reconocida por el Ingeniero Jefe agrónomo de la provincia, el que certificará que, en efecto, se trata de maíz para simiente de la variedad expresada.

Lo que de Real orden comunico a V. E. para su conocimiento y efectos. Dios guarde a V. E. muchos años. Madrid, 12 de Abril de 1930.

WAIS

Señores Ministro de Hacienda y Director general de Comercio y Política Arancelaria.

Núm. 173.

Excmo. Sr.: Vista la solicitud presentada por el Delegado de Fomento en la Confederación Sindical Hidrográfica del Duero, interesando que se permita la importación de 10.000 kilogramos de maíz Caragua y 300 de distintas variedades de cincuantino, destinadas a ensayos por los Servicios agrónomos a su cargo:

Resultando que la Dirección general de Agricultura emite informe favorable a lo solicitado, por estimar que con ello no se puede ocasionar ningún perjuicio a los piensos nacionales:

Considerando que el maíz gigante de Caragua y las variedades de cincuantino, procedente de Italia, de que se trata, es forzoso importarlos por no encontrarse en el mercado nacional:

Considerando que la importación que se solicita no contraría el sentido de la Real orden de este Ministerio, fecha 11 de Enero del presente año, que dispuso la suspensión de importación de maíz en las condiciones que en la misma se determinan,

S. M. el Rey (q. D. g.), de conformidad con lo propuesto por la Dirección general de Comercio y Política Arancelaria, del Ministerio de Economía, se ha servido disponer que se permita a la Confederación Sindical Hidrográfica del Duero la importación de 10.000 kilogramos de maíz gigante de Caragua y 300 kilogramos de distintas variedades de cincuantino, cuya importación habrá de verificarse por la Aduana de Irún, previo el pago de los correspondientes derechos marcados para la expresada mercancía en el Arancel de importación, con las bonificaciones en vigor y con la condición de que a la llegada sea reconocido por el Ingeniero Jefe agrónomo de la provincia, el que deberá certificar que, en efecto, se trata de maíz de las condiciones a que se refiere esta autorización.

Lo que de Real orden comunico a V. E. para su conocimiento y a los efectos oportunos. Dios guarde a V. E. muchos años. Madrid, 12 de Abril de 1930.

WAIS

Señores Ministro de Hacienda y Director general de Comercio y Política Arancelaria.

Núm. 174.

Excmo. Sr.: Vista la instancia suscitada por la Federación Católica-Agraria de Vizcaya, en la que solicita la importación de 500 kilogramos de maíz blanco procedente de Veracruz, conducido al puerto de Bilbao por el vapor "Cristóbal Colón":

Visto el informe emitido sobre el particular por la Dirección general de Agricultura, favorable a la importación que se solicita, en atención a que no puede causar perjuicio alguno a los piensos nacionales, por tratarse de una partida de poca significación, que, no obstante, ha de ser de poca utilidad a los agricultores, por destinarse a semilla para la obtención de forrajes:

Considerando que los fines que se pretendieron con la Real orden de 11 de Enero próximo pasado no se contrarían accediendo a la petición de que se trata, de la que sólo beneficios pueden deducirse para los intereses agrícolas afectados,

S. M. el Rey (q. D. g.), de conformidad con lo propuesto por la Dirección general de Comercio y Política Arancelaria, se ha servido disponer que se autorice a la Federación Católica-Agraria de Vizcaya para "aportar por la Aduana de Bilbao, previo el pago de los correspondientes derechos de Arancel, con las bonificaciones en vigor, 500 kilogramos de maíz blanco procedente de

Veracruz y llegado a dicho puerto por el vapor "Cristóbal Colón", condicionándose la importación de esta mercancía a su reconocimiento por el Ingeniero Jefe agrónomo de la provincia, el que deberá certificar que se trata, en efecto, de maíz blanco para simiente.

Lo que de Real orden comunico a V. E. para su conocimiento y efectos correspondientes. Dios guarde a V. E. muchos años. Madrid, 12 de Abril de 1930.

WAIS

Señores Ministro de Hacienda y Director general de Comercio y Política Arancelaria.

ADMINISTRACION CENTRAL

MINISTERIO DE FOMENTO

DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS

PERSONAL Y ASUNTOS GENERALES

Instrucción para la redacción de proyectos y construcción de estructuras metálicas, redactada por el Ingeniero primero del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos D. Domingo Mandiábal y Fernández, aprobada por Real orden de 17 de Marzo último, y que en cumplimiento de lo dispuesto en la misma, se inserta a continuación.

I

BASES PARA EL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

Artículo 1.º

Cargas permanentes.—Para la determinación de las cargas permanentes que deben considerarse en los cálculos, se fijará por separado:

a) Los pesos, bien sobre toda la estructura, bien por metro cuadrado o metro lineal de la misma o por metro cuadrado o metro lineal de todos y cada uno de los elementos constituyentes, de todos los materiales, como forjados, relleños, pisos, tabiques, muros, cubiertas, cielos rasos, etc., que de un modo fijo o definitivo forman aquella.

Estos pesos se deben determinar con toda exactitud, por conocerse igualmente la disposición y detalle de todos sus elementos.

Se tomarán como pesos unitarios de los diversos elementos que pueden constituir la construcción, los siguientes, por metro cúbico:

Hierro soldado.....	7.800 Kgs.
Acero laminado.....	7.850 —
Hierro fundido.....	7.250 —
Acero moldeado.....	7.800 —
Piomo.....	11.400 —
Madera húmeda.....	1.050 —
Hormión en masa.....	2.200 —
Hormión armado.....	2.400 —
Fábrica de ladrillo de cemento.....	2.700 —
Asfalto.....	1.750 —

Los demás materiales y elementos, según su peso real.

b) El peso supuesto de la estructura metálica se determinará de un modo aproximado utilizando fórmulas y diagramas de pesos o por la comparación con otras de condiciones semejantes ya construidas.

Estos valores se tomarán como base de los cálculos de los esfuerzos que han de resistir todas las piezas y elementos de la estructura.

Una vez terminado el cálculo y proyecto de la construcción, se determinará el peso de la estructura mediante el conocimiento del de cada una de sus piezas constituyentes, ya a la vista de sus dimensiones y de los perfiles de todos sus elementos.

Si este peso, así determinado, fuese idéntico al utilizado en el cálculo, se considerará la estructura bien calculada.

Si, por el contrario, estos pesos así determinados fuesen mayores que los utilizados, se calcularán aquellos nuevamente, tomándolos como base, y si los esfuerzos que resulten para todos y cada uno de sus elementos sobrepasaran a los límites admitidos de trabajo en más del 5 por 100, se rectificará el proyecto hasta conseguir que los esfuerzos queden dentro de dicho límite, no rectificándose por el contrario y admitiéndose como buena la carga permanente primeramente utilizada si los excesos de trabajo no rebasaran del expresado 5 por 100.

En todo caso, después de terminado el proyecto debe indicarse en su Memoria la carga permanente exacta, determinada de un modo preciso, y debe compararse con la utilizada para el cálculo.

Artículo 2.º

Sobrecargas normales.—Los elementos resistentes de toda estructura deben calcularse para que resistan no solamente a las cargas permanentes objeto del artículo 1.º, sino las sobrecargas que sobre ellas hayan de actuar.

Estas sobrecargas que corrientemente se colocan sobre las piezas de la estructura y obran por gravedad, pueden actuar en formas varias no solamente sobre los elementos que forman aquélla, sino también sobre los que constituyen los entramados de muros, tabiques, cubiertas, etc., con esfuerzos y direcciones muy diversas que en cada caso particular deben considerarse y valorarse.

Los esfuerzos verticales que sobre las piezas actúan se transmiten a los elementos resistentes de los entramados verticales u oblicuos que constituyen la estructura.

Las sobrecargas verticales que sobre los pisos, escaleras, etc., actúan, deben determinarse con la mayor aproximación; pero es frecuente tomar valores admitidos en la práctica como máximos según la utilización que de la estructura haya de hacerse.

Pueden admitirse, sin que sean oblicuas, las siguientes sobrecargas por metro cuadrado, bien entendido que en el caso de no utilizarse, se deben justificar la variación, tanto sea por exceso o por defecto.

Viviendas	100 a	150 Kgs.
Oficinas	150 a	200 —
Edificios públicos.	300 a	350 —

Salones para espectáculos	400 a	500 Kgs.
Almacenes	500 a	2.500 —

En los casos en que pueda ocurrir, como pasa en los locales para espectáculos, reuniones, etc., en que todas las personas concurrentes pueden levantarse simultáneamente, produciendo acción de choque sobre la estructura, se incrementarán los valores expresados en un 50 por 100.

Si se trata de una estructura cuya aplicación no está comprendida en la relación anterior, se determinará para ella el valor de la sobrecarga uniformemente repartida correspondiente.

Además de las sobrecargas uniformemente repartidas, antes señaladas, deben tenerse en cuenta, siempre que se presenten, las sobrecargas concentradas por su valor, las que solamente afectarán a determinados elementos para cuyo cálculo han de tenerse en cuenta estas circunstancias.

En el caso en que una estructura haya de soportar los efectos dinámicos producidos por sobrecargas móviles, como transmisiones y elementos de maquinaria, puentes-grúas, etc., se incrementarán las sobrecargas en un 25 por 100 de su valor absoluto para compensar las acciones dinámicas o de choque y vibratorias por aquéllos producidos.

Artículo 3.º

Sobrecargas accidentales.—Nieve.—Debe preverse la existencia de una sobrecarga formada por una capa de nieve de diverso espesor por metro cuadrado de superficie cubierta, según las condiciones de ubicación, especialmente de altitud sobre el nivel del mar de la estructura de que se trata, de acuerdo con la escala siguiente:

35 kgs. para una altitud de 0 a 100 metros.
40 kgs. ídem ídem ídem. de 100 a 200 id.
45 kgs. ídem ídem ídem. de 200 a 300 id.
50 kgs. ídem ídem ídem. de 300 a 400 id.
55 kgs. ídem ídem ídem. de 400 a 500 id.

Cubiertas	Sin nieve.....	1,00 P.	
	Con nieve.....	0,60 P.	
Muros.....	En masas urbanizadas.	Hasta 15 metros altura.....	0,50 P.
		De 15 a 20 metros ídem.....	0,75 P.
		De 20 a 25 metros ídem.....	1,00 P.
		Más de 25 metros ídem.....	1,25 P.
En el campo.....		1,25 P.	

A pesar de las reglas indicadas, cada proyectista podrá adoptar las presiones y coeficientes de aprovechamiento que estime más próximos a la realidad, previa justificación, aumentando o disminuyendo los indicados.

Debe tomarse en consideración y valorarse o adoptar las medidas oportunas, tanto en la disposición de la estructura como en la resistencia de sus elementos constituyentes, el efecto de elevación de las cubiertas por la acción del viento, que obre verticalmente de abajo arriba cuando la disposición del edificio lo permita; en este caso, el valor para la presión del viento nunca debe ser mayor de 0,70 P., teniendo en cuenta el peso del elemento levantado

60 kgs. ídem ídem ídem. de 500 a 600 id.
65 kgs. ídem ídem ídem. de 600 a 700 id.

Para altitudes superiores, se determinará la sobrecarga por la siguiente fórmula:

$$P = 40 \left(1 + \frac{h}{500} \right) \text{ kgs. } \times \text{ m}^2$$

siendo h la altura sobre el nivel del mar.

Esta sobrecarga puede despreciarse cuando las cubiertas forman con la horizontal un ángulo igual o mayor de 50º.

Si la disposición de la cubierta presenta zonas en las cuales la nieve puede acumularse, se debe tener en cuenta esta circunstancia, así como también la posibilidad de que en algún otro elemento de la construcción pueda depositarse la nieve.

Artículo 4.º

Sobrecargas accidentales.—Viento.—Debe tomarse en consideración la existencia del viento que, actuando sobre la construcción, produzca en ésta presiones de importancia, pudiéndose tomar como presión base P. por metro cuadrado sobre una superficie normal a su dirección, las siguientes:

Edificios situados en una zona de 20 kilómetros, contados normalmente, a la costa.....	200 kgs.
Edificios en el interior del país	120 "

La dirección general del viento puede considerarse como formando un ángulo de 10º con la horizontal; pero todo proyectista debe adoptar la que crea más ajustada a la realidad en la ubicación de la obra proyectada, previa la justificación precisa.

Las presiones que deben tenerse en cuenta en los cálculos, variarán según los coeficientes de aprovechamiento que a continuación se señalan, tomando como tales las que se indican en el párrafo primero:

Sin nieve.....	1,00 P.
Con nieve.....	0,60 P.
Hasta 15 metros altura.....	0,50 P.
De 15 a 20 metros ídem.....	0,75 P.
De 20 a 25 metros ídem.....	1,00 P.
Más de 25 metros ídem.....	1,25 P.
En el campo.....	1,25 P.

También deben valorarse los efectos de vacío del viento, que en ciertas construcciones se producen, en la parte posterior a la directamente azotada por él, en análoga forma que ocurre con las corrientes de agua, incrementándose en este caso las presiones directamente recibidas.

Debe preverse la acción del viento sobre los elementos de un edificio en construcción al no estar enlazados debidamente, estableciendo la trabazón necesaria; para cubrir este riesgo debe hacerse entrar en el cálculo la presión del viento sobre los expresados elementos con un coeficiente de aprovechamiento de 1,25 P.

Artículo 5.º

Sobrecargas accidentales.—Temperatura.—Este efecto debe tenerse en cuenta en cuantas construcciones permita su disposición que los diversos elementos de las mismas estén afectados por las variaciones de temperatura por no estar completamente protegidos o cubiertos con otros materiales o partes de la construcción.

Se considerará una variación de temperatura de 30º centígrados en más o en menos de la temperatura media local.

Si en algún caso particular determinados elementos de la construcción estuviesen protegidos en parte, se considerarán variaciones de temperatura menores que las señaladas, dejando al criterio del proyectista adoptar los límites que estime convenientes, previa justificación.

Análogamente y si por causas especiales los diversos elementos de una construcción estuviesen sometidos a temperaturas cuyas diferencias fueran importantes, se tendrá en cuenta esta circunstancia en los cálculos de aquéllos y éstas.

Artículo 6.º

Sobrecargas accidentales.—Frenado y arranque.—En el cálculo de toda estructura sobre la cual hayan de apoyarse o moverse puercas, grúas o cualquier otro mecanismo semejante, se tendrá en cuenta, no solamente en la determinación de la sección de las vigas de apoyo correspondientes, sino también en los demás elementos que con ellos están relacionados, los efectos del frenado y arranque de los mismos.

A menos de poseer datos bien concretos que permitan obtener este efecto, se calcularán por la fórmula:

F = P / 20 ; en la cual: P es el empuje horizontal en kilogramos y P el peso del puente y carga, suponiendo todo el esfuerzo concentrado en una de las vigas.

Artículo 7.º

Sobrecargas accidentales.—Efectos de montaje.—Si durante las operaciones de montaje de la estructura, así como por cualquier causa accidental o transitoria, algunos de sus elementos estuviesen sometidos a esfuerzos anormales que hicieran trabajar a los mismos en condiciones más desfavorables que durante el servicio normal que aquéllos han de realizar, se tendrán en cuenta en los cálculos de resistencia los expresados esfuerzos anormales, pudiéndose admitir para los mismos coeficientes de trabajo superiores en un 50 por 100 a los normales y siempre que los trabajos normales sean menores que el límite de elasticidad del material de que están formados.

II

EQUILIBRIO ESTÁTICO Y ELÁSTICO

Artículo 8.º

Equilibrio estático y elástico.—Debe justificarse completamente la estabilidad de la construcción metálica, siempre que como consecuencia de la acción de causas exteriores se pueda producir una variación de la posición del conjunto o parte de la misma.

Se calcularán los esfuerzos experimentados por todos los elementos de la estructura, comprobando que el trabajo elástico correspondiente al valor máximo de aquéllas no rebase los límites que se señalan en el artículo 27.

Artículo 9.º

Sección de cálculo.—El cálculo del trabajo elástico se realizará tomando las secciones netas de cada pieza, descontando de la sección bruta cuantos orificios presenten aquéllas por roblones, tornillos, pasadores, etc.

Artículo 10.º

Trabajo elástico de las piezas.—Se deberán calcular por separado y para cada pieza de la estructura los esfuerzos producidos por las diversas causas de trabajos normales y anormales señalados en los artículos 1.º al 7.º; ambos inclusive, deduciendo los valores de los trabajos elásticos correspondientes por milímetro cuadrado, empleando los métodos y principios corrientemente admitidos en la "Resistencia de materiales", teniendo en cuenta las observaciones que se indican en los mismos artículos de los casos particulares que se mencionan.

Artículo 11.º

Pandeo.—En las piezas sometidas a compresión en el sentido de su longitud, susceptibles de experimentar flexión a causa de ser aquélla grande relativamente a sus dimensiones transversales, el trabajo elástico obtenido por división de aquél esfuerzo por su sección neta, se multiplica en todas las ocasiones, para contrarrestar aquella tendencia por cualquiera de las varias causas, por un coeficiente de momento estudiado por diversos autores, siempre que sean acertados y sancionados por la práctica, pero se recomienda, sin que esta indicación tenga carácter preceptivo, el siguiente:

R = 1 + M' X N X (L^2 / r^2)

La letra M' designa un factor numérico que depende del modo de unión de las piezas consideradas con los elementos vecinos; la letra N designa análogamente otro factor numérico que depende de la calidad del metal; las letras L y r designan, respectivamente, la longitud libre de la pieza y el radio de giro mínimo de la sección en que la pieza es susceptible de pandeo.

A título de ejemplo, se indican en continuación los valores de los coeficientes M' y N en varios casos de aplicación.

M' = 2, si la pieza está articulada en sus dos extremos.

M' = 1/2, si la pieza está articulada en un extremo y empotrada en otro.

M' = 1/4, si la pieza está empotrada en sus dos extremos.

M' = 4, si una extremos está libre y el otro empotrado.

N = 0,0004 para el acero laminado.

N = 0,0015 para el hierro laminado.

N = 0,0002 para el fundido y hierro.

N = 0,0015 para el acero fundido.

Artículo 12.º

Esfuerzos alternativos.—Cuando al

gún elemento de una estructura metálica está sometido a esfuerzos alternativos de tracción y compresión, los coeficientes de trabajo unitario, fijados según la naturaleza del material en el artículo 27, se disminuirán utilizando cualquiera de las muchas fórmulas estudiadas, siempre que sean acertadas y sancionadas por la práctica, recomendándose, aunque no con carácter preceptivo, la siguiente:

R = (R - 250) * (A/B) = Kgs. m^2

designándose por R y R1 los coeficientes normal y reducido de trabajo, por A y B, respectivamente, los mínimos y máximos esfuerzos, a los que en valor absoluto están sometidos los elementos considerados.

Artículo 13.º

Esfuerzos secundarios.—En el cálculo de la resistencia de cuantos elementos constituyen una estructura metálica que por su disposición y realización práctica están sometidos a esfuerzos secundarios, serán en él tenidos en cuenta, debiéndose reducir los proyectos en forma que estos esfuerzos no existan o alcancen la menor importancia posible.

Cuando se unen estos esfuerzos secundarios a los producidos por la carga permanente y sobrecargas normales, se aumentará en un 25 por 100 los límites de trabajo de las piezas consideradas.

Si se unen, además, los esfuerzos producidos por las sobrecargas accidentales, los aumentos en los límites de trabajo podrán alcanzar el 35 por 100.

III

JUSTIFICACIÓN DE LA ESTABILIDAD

Artículo 14.º

Calidad de los materiales.—Los diversos elementos que forman las estructuras metálicas han de estar constituidos por materiales que cumplan las condiciones de calidad que se determinan en el siguiente artículo.

Artículo 15.º

Materiales laminados. Condiciones generales.—Los elementos que forman las piezas robustas de toda estructura metálica, así como sus partes secundarias, podrán estar constituidos en general por materiales ferrosos compuestos dentro de los escalas que, comenzando en el hierro fino laminado en el acero laminado, siempre que por las circunstancias y condiciones especiales de los mismos materiales justificadas a juicio del proyectista o constructor, una determinada calidad, la cual se fijará.

Los materiales laminados deben ser perfectamente homogéneos y estar exentos de soldaduras, impurezas y otros defectos de fabricación, su tracción presentará una fricción fija y granada y la superficie exterior será tan limpia y desprovista de defectos.

Los materiales deben someterse a las pruebas por tracción en caliente o en frío que se indican a continuación. Estas pruebas se efectuarán, por lo menos, en una pieza por cada lote de veinticinco (25) piezas iguales e similares, y si cada uno de estos tuviera compuesto de mayor número

de piezas, se ensayará, también como mínimo, una pieza.
 Si sus resultados no correspondieran a las conclusiones siguientes, se someterán a nuevos ensayos, siempre en número doble del que se ha indicado, o sea en dos piezas por cada lote de veinticinco (25). Si los resultados de los nuevos ensayos no fueran satisfactorios, el lote o lotes correspondientes serán desechados.

Artículo 16.

Pruebas a) Pruebas de tracción. Las pruebas por tracción consistirán en determinar la carga de rotura por tracción directa y el alargamiento mínimo proporcional después de la rotura, tanto en el sentido del laminado como en el normal a éste.

Las barras de pruebas se cortarán en frío de las piezas destinadas al ensayo. La sección de aquellas será un rectángulo del espesor de la pieza, cuyo ancho se fijará como sigue:

Treinta (30) milímetros para las piezas de tres a diez milímetros de espesor.

Veinticinco (25) milímetros para las piezas de espesor de 10 a 20 milímetros.

Veinte (20) milímetros para las piezas de espesor superior a 20 milímetros.

Las barras de ensayo deberán tener doscientos (200) milímetros de longitud, sin embargo, cuando las condiciones de las piezas que se ensayan no permitan cortar en el sentido en que se debe efectuar el ensayo, bastará la prueba en barras de cien (100) milímetros de longitud. En consecuencia, siempre que el ancho de la pieza permita cortar en este sentido, bastará de 100 milímetros de longitud, podrán exigirse los ensayos a la tracción en sentido transversal.

Las probetas no deberán ser recocidas en ningún caso.

Las cabezas o extremos de las probetas se acomodarán a las disposiciones de los órganos de sujeción de la máquina de ensayo, de sección rectangular, por regla general, y para el enlace de dichas cabezas con la sección restante de las probetas se preparará éstas de suete que las superficies curvas de unión tengan en su sección meridiana radios de 10 milímetros. Para la determinación del alargamiento se marcarán en el centro de la barra dos trozos de alfileres, cuya separación en centímetros será por medio de la fórmula:

$$L = \sqrt{65,57 \times e}$$

siendo e el área en centímetros cuadrados de la sección recta de la probeta.

Siempre que las probetas o trozos variables de tracción de treinta (30) kilogramos por milímetro cuadrado de su sección inicial, cuando se rotan, no deberán romperse agudamente, sin rotura ni alargamiento mínimo proporcional de 25 por 100, medido entre las señales marcadas en la barra; si límite de elasticidad tendrá un valor mínimo de 25 kilogramos por mm² y un coeficiente de calidad de 10,5.

b) **Pruebas en frío.**—Plegado.—En palastros se someterán, sin que apun-

rezcan grietas, a ensayos de plegado por medio del martillo, verificándose el ensayo en probetas de veinte (20) centímetros de longitud por tres (3) de ancho, plegándose en forma tal que los dos extremos de la probeta se encuentren en contacto, y que la mayor separación de las caras exteriores de la barra plegada quede reducida a cuatro veces su espesor.

Punzonado.—Otra barreta de veinte (20) centímetros de longitud y seis (6) de ancho, punzonada en su punto medio, se plegará en frío, de manera que las caras exteriores formen un ángulo de 90° (noventa). Ninguna grieta ni hendidura deberá manifestarse durante esta prueba.

c) **Pruebas de temple.**—Los ensayos de temple del acero se efectuarán en probetas tomadas en los palastros tanto en el sentido del laminado como en el normal. Las probetas preparadas para los ensayos no deberán tener redondeados sus bordes longitudinales y únicamente se tolerará que los ángulos se maten por medio de la lima.

Las probetas se calentarán uniformemente hasta el rojo cereza algo obscuro, y se sumergirán en agua a la temperatura de veintiocho (28) grados.

Preparadas de este modo las probetas, deberán poder tomar, sin presentar señales de rotura, una curvatura cuyo radio medio interiormente sea poco menor que el grueso de la barra.

Artículo 17.

Materiales perflados.—a) **Pruebas por tracción.**—Se sacarán probetas en la forma indicada anteriormente en las alas si se trata de ángulos, y en el alma si se trata de piezas en T, doble T y U; haciendo las pruebas por tracción en el sentido del laminado; pruebas que deberán dar resultados idénticos a los señalados para los palastros.

b) **Pruebas en frío.**—Serán las mismas que las indicadas para los palastros.

c) **Pruebas en caliente.**—Ángulos.—Una de las alas de un trozo de ángulo cortado de una barra se formará un mango cilíndrico, cuyo eje será perpendicular al plano de la segunda ala no curvada, y cuyo diámetro sea igual a cinco veces el ancho del ala que se conserva plana.

Un segundo trozo de ángulo cortado en otra barra se abrirá por su arista hasta que las caras exteriores de las dos alas formen un ángulo de 135°. Un tercer trozo de costocera se cortará hasta que las caras exteriores de las dos alas formen un ángulo de 45°.

Todas estas pruebas, han de poder realizarse sin que se presenten hendiduras, grietas ni desgarraduras en las piezas ensayadas.

Se comprobará si los trozos de una costocera previamente rota se sueldan fácilmente, aunque se deforme en parte, debiendo presentar la soldadura una resistencia análoga a la de la pieza antes de su rotura.

Barra en simple T.—Se encorvará análogamente con buen resultado la extremidad de una barra en forma tal que el alma quede plana, formándose con la cabeza una superficie cilíndrica de un cuarto de círculo, con

un radio igual a cinco veces la altura del alma.

Barra en doble T y en U.—Se empezará por hender en frío la extremidad de una barra, de manera que la headidura divida longitudinalmente el alma en dos partes iguales, en una longitud igual a tres veces la altura de la sección transversal; para señalar el límite de dicha hendidura se abrirá de antemano un pequeño agujero en el alma de la pieza.

Una vez realizada esta operación se encorvará con regularidad una de las mitades de la barra, hasta que la distancia entre los bordes interiores de las dos partes separadas en la extremidad de las mismas sea igual a la altura de la pieza.

También deberán salir estas piezas pruebas de apertura y cierre de su alas, en la misma forma y condiciones que las anteriormente prescritas para los ángulos; todas estas pruebas han de dar resultados idénticamente favorables.

Artículo 18.

Barra redonda para roblones, pasadores y tornillos.—Los trozos cortados de las barras habrán de resistir el plegado a noventa (90) grados y ser enderezados después sin presentar ninguna señal de grietas.

Se practicarán ensayos por tracción para determinar el coeficiente de rotura y el alargamiento proporcional, no bajando el primero de 25 kilogramos por mm² de la sección primitiva de la barra que se ensaya y de 25 por 100 el alargamiento de la misma. Su límite máximo de elasticidad no bajará de 25 kilogramos por mm² ni su coeficiente de calidad de 11,00.

Artículo 19.

Hierro fundido.—El hierro fundido deberá ser sano y perfectamente moldeado. Las piezas que antes o después del ajuste presenten sopladuras susceptibles de alterar la solidez serán desechadas. Las piezas deberán siempre estar reconocidas antes de ser colocadas en obra.

Las piezas de hierro fundido se probarán por medio de barras cortadas en la pieza misma cuando su forma se preste a ello y, en caso contrario, cortadas en frío en lingotes colocados en arena seca, al mismo tiempo que las piezas.

El ensayo consistirá en una prueba por tracción.

Pruebas por tracción.—Se efectuarán por medio de probetas cilíndricas de ciento cincuenta milímetros cuadrados (0,00225 m²) de sección y diez (100) milímetros de longitud, sometidas a ensayos de tracción cuyos resultados no han de ser inferiores a los siguientes:

Carga de rotura, 1500 kilogramos mm².

Alargamiento después de la rotura 6 por 100.

Se aceptará, sin embargo, una tolerancia de dos (2) kilogramos en la carga de rotura (6 sea 13,00 kilogramos), siempre que el alargamiento correspondiente sea por lo menos de siete (7) por ciento.

Se aceptará igualmente una tolerancia de uno (1) por ciento en el alargamiento (6 sea de 5 por 100), siempre que la carga correspondiente de

tura sea por lo menos de dieciséis (16) kilogramos por milímetro cuadrado.

Si en un primer ensayo las probetas no dieran resultados satisfactorios, se podrá hacer sufrir a todas las piezas y al lingote un enfriamiento lento, después de lo cual se ejecutará una segunda serie de pruebas; si este ensayo diera también resultados insuficientes serán definitivamente desechadas todas las piezas de la colada.

Estas prescripciones son únicamente preceptivas para aquellos elementos que para su determinación y elección de dimensiones sea preciso el cálculo no siéndolo para todos aquellos elementos de carácter decorativo u ornamental.

Artículo 20.

Acero fundido.—El acero colado deberá ser sano y perfectamente moldeado. Las piezas que antes o después del ajuste presenten sopladuras susceptibles de alterar la solidez serán desechadas. Las piezas deberán siempre estar reconocidas antes de ser colocadas en obra.

Las piezas de acero moldeado se probarán por medio de barras forjadas en las piezas mismas cuando su forma se preste a ello, y en caso contrario, cortadas en frío en lingotes colados en arena seca, al mismo tiempo que las piezas.

Los ensayos comprenderán una prueba por tracción y otra por choque:

a) **Pruebas por tracción.**—Se efectuarán por medio de probetas cilíndricas de ciento cincuenta milímetros cuadrados (0,000150) de sección y cien (100) milímetros de longitud, sometiéndolas a ensayos de tracción, cuyos resultados no han de ser inferiores a los siguientes:

Carga de rotura, 45,00 kilogramos mm².

Alargamiento después de la rotura, 18 por 100.

Se aceptará, sin embargo, una tolerancia de tres (3,00) kilogramos en la carga de rotura (o sean 42,00 kilogramos), siempre que el alargamiento correspondiente sea, por lo menos, de veintuno (21) por ciento. Se aceptará igualmente una tolerancia de tres centésimas en el alargamiento (o sea 15 por 100), siempre que la carga de rotura correspondiente sea, por lo menos, de cuarenta y ocho (48,00) kilogramos por mm².

b) **Pruebas por choque.**—Las probetas de tres centímetros de escuadría y de 20 centímetros de longitud deberán soportar sin romperse el choque de una masa de 18 kilogramos, cayendo de altura variable de cinco en cinco centímetros, desde un metro hasta un metro y medio. El peso del yunque será, por lo menos, de trescientos cincuenta (350) kilogramos, y la distancia entre cuchillos de apoyo de la probeta, de 16 centímetros.

Si en un primer ensayo las probetas no dieran resultados satisfactorios, se podrá hacer sufrir a todas las piezas y al lingote de prueba de la

misma colada un recalentamiento seguido de un enfriamiento lento, después de lo cual se ejecutará una segunda serie de pruebas. Si este ensayo diera también resultados insuficientes, todas las piezas de la colada serán definitivamente desechadas.

Artículo 21.

Acero forjado.—Este material deberá estar exento de toda clase de defectos y satisfacer a las mismas pruebas por choque que las establecidas para el acero moldeado.

La carga mínima de rotura en los ensayos por tracción deberá ser de cincuenta y cinco (55,00) kilogramos por mm² de sección.

Los rodillos deberán poder soportar sin experimentar ninguna deformación una carga uniformemente repartida correspondiente a cuarenta (40,00) kilogramos por centímetro cuadrado de sección longitudinal por el eje del rodillo.

Se podrá comprobar si esta condición está cumplida por medio de pruebas, ya directamente sobre los rodillos terminados, sea (en caso de imposibilidad) sobre muestras del mismo metal de 30 centímetros de longitud, por lo menos.

Artículo 22.

Resumen.—Como resumen de cuanto se expone en los artículos anteriores, las condiciones que deben cumplir los materiales que constituyen las piezas que forman una estructura metálica son las siguientes:

MATERIALES	Valor mínimo de la carga de rotura R = Kg. mm ²	TRACCIÓN		Valor mínimo del coeficiente de calidad R × λ	Compresión de carga mínima de rotura Kg. mm ²	Corte o tronchadura transversal Kgs. mm ²
		Alargamiento mínimo proporcional λ = %	Límite mínimo aparente de elasticidad R' = Kg. mm ²			
Hierros y aceros laminados.....	36	25	25	10,5	•	•
Barras para roblones.....	36	28	25	11,0	•	27
Hierro fundido.....	15	6	6	9,0	•	•
Acero fundido.....	45	18	22	9,0	•	•
Acero forjado.....	55	20	25	12,5	•	40

Artículo 23.

Realización de los ensayos.—Los ensayos prescritos en todos los artículos anteriores podrán realizarse utilizando máquinas propiedad de las fábricas abastecedoras, pudiéndose exigir por los Ingenieros-Inspectores que dichos ensayos se realicen en algún Laboratorio oficial, especialmente para contrastar los resultados obtenidos y asegurarse del buen funcionamiento de aquéllas.

Artículo 24.

Actas de los ensayos.—Se redactarán actas de los resultados de todos estos ensayos, las cuales, suscritas por los Ingenieros que las hayan realizado, se conservarán para su consulta siempre que fuese preciso.

Artículo 25.

Aceros especiales.—Si el autor del proyecto de una estructura estimase conveniente para la obra el empleo de

aceros de calidad especial en toda o parte, propondrá las condiciones de trabajo del nuevo material, según su composición y características, fundamentándolas debidamente.

Artículo 26.

Presiones sobre los apoyos.—La sustentación de la estructura debe realizarse a través de aparatos de apoyo, los que transmiten al terreno u otro elemento de la construcción, generalmente de fábrica, las reacciones.

Deben intercalarse entre los aparatos de apoyo y en terreno o dichos elementos de fábrica, siempre que la presión unitaria resultante así lo justifique, sillares o macizos de fábrica para repartir dichas presiones a superficies más amplias, con objeto de conseguir que dichas presiones no rebasen los límites que las normas de una buena construcción exigen.

Cuando se trate de terreno natural, el examen de las condiciones y cali-

dad de éste marcará el límite que debe establecerse; si se trata de elementos constructivos, no se rebasarán los siguientes por centímetro cuadrado:

Sillares de granito.....	45 Kgs.
Sillares de caliza.....	30 —
Mampostería con cemento... 28 —	
Hormigón en masa de cemento.....	18 —
Fábrica de ladrillo.....	10 —

Las dimensiones de los aparatos de apoyo, sillares, macizos intermedios, etcétera, se calcularán teniendo en cuenta la carga permanente y sobrecargas normales y accidentales; es muy importante no olvidar, por la frecuencia con que se presentan, los descentramientos de la posición de las cargas sobre aquellos sillares o macizos de fábrica, dadas las condiciones de la resultante de todas las componentes que se transmiten, pudiendo llegar en ocasiones a producir tensiones en aquéllas, las que en ningún ma-

mento deben rebasar los límites admisibles.

Los aparatos de apoyo, así como los extremos de las piezas apoyadas, se suelen unir a dichos sillares macizos o fábricas por fuertes pasadores, que son los llamados a transmitir a los mismos las tensiones que pueden presentarse.

Dichos pasadores deben calcularse no haciéndolos trabajar con un coeficiente superior al de 11 kilogramos por milímetro cuadrado del cuello no fileteado de los mismos.

Artículo 27.

Coefficientes de trabajo de los materiales.—Los coeficientes límite de trabajo por milímetro cuadrado admitidos para estos materiales, serán los siguientes:

Acero laminado:
11 Kgs. a la extensión o compresión; será reducido en un 1/5 cuando se trata de cortaduras.

Acero para roblones:
8 Kgs. al esfuerzo constante; si se calculara el esfuerzo de arranque de cabezas, se reducirá este trabajo en 1/4.

Hierro fundido:
10 y 2 Kgs. a la compresión o extensión.

Acero fundido:
11 Kgs. a la compresión y 8 a la flexión.

Acero forjado:
12,50 Kgs. a la extensión o compresión.

Se entenderá que los coeficientes definidos anteriormente se refieren siempre a la sección mínima efectiva de cada pieza, después de haber sido descontados los orificios para los roblones, tornillos, etc.

Se evitará siempre que el coeficiente de trabajo exceda de la mitad del límite aparente de elasticidad.

Cuando, por la adherencia de los morteros con los elementos verticales de una estructura, los forjados y rellenos que dentro de las células se establezcan puedan dejar de actuar por todo su peso sobre los elementos resistentes de la misma, se puede admitir para éstos, coeficientes de trabajo superiores en un kilogramo (1,00) a los anteriormente establecidos, siempre que de un modo preciso se justifique la favorable disposición supuesta.

Siempre que las piezas que antes se estudien estén sometidas a esfuerzos alternativos o de pandeo, se realizará en el coeficiente antes señalado las reducciones que se prescriben en los artículos 11 y 12.

Si se toman en consideración los esfuerzos secundarios, se pueden incrementar los anteriores coeficientes en la forma prescrita en el artículo número 13.

Artículo 28.

Coefficientes de estabilidad.—Debe comprobarse la estabilidad de toda estructura metálica como consecuencia de la acción de cuantas causas exteriores sobre ella puedan actuar, cargas permanentes, sobrecargas normales, accidentales, etc., teniendo en cuenta que esta comprobación debe realizarse no solamente para la situación final de la construcción, sino también en diferentes fases de su construcción y montaje, eligiendo las más desfavorables.

En ningún caso el coeficiente de estabilidad debe ser menor de 1,50; si por circunstancias especiales e inevitables fuera preciso construir alguna estructura que no cumpliera esta condición, deberá enlazarse o sujetarse con toda eficacia a los apoyos para evitar el vuelco.

Artículo 29.

Construcciones de carácter provisional.—Si se tratase de estructuras de carácter provisional o transitorio, previa justificación, podrán adoptarse coeficientes de trabajo superiores a los expresados en los artículos anteriores, siempre que sean menores que el límite de elasticidad del material.

IV

DISPOSICIONES DEL PROYECTO

Artículo 30.

Disposiciones generales.—a) Se dispondrán las estructuras en forma que todos los elementos que no puedan ser cubiertos por las fábricas y materiales que para su relleno y forjado se colocan, sean accesibles para la debida vigilancia y posible pintura con objeto de mantenerlos en buen estado de conservación, evitándose a toda costa partes que durante el servicio no puedan ser visitadas.

b) Los diversos elementos de la estructura en los que pueda depositarse agua, estarán provistos de orificios o ranuras de desagüe, o bien se rellenarán de materiales que no la absorban, si no pudiera adoptarse aquella disposición.

Artículo 31.

Construcción de las estructuras.—a) Siempre que sea posible, se procurará que la disposición de la sección transversal de las piezas sea simétrica, con objeto de alcanzar la mayor regularidad posible en la transmisión de los esfuerzos.

b) El espesor mínimo de los elementos resistentes que constituyen una estructura que por estar en contacto con el medio ambiente pueden estar expuestos a la oxidación por falta de atención en la conservación de los mismos, será de siete milímetros, tanto se trate de palastro planos, perfilados, etc.

c) **Vigas de alma llena.**—1.º El espesor de las almas de las vigas de este tipo no bajará de 1/160 de la altura o distancia libre de aquéllas comprendida entre los bordes inferiores de las piezas que constituyen las cabezas.

2.º Estas vigas deben estar dotadas de montantes de refuerzo de sus almas en ambos lados de éstas, en los apoyos, en los puntos de unión de las piezas que transmiten las cargas concentradas y en cuantos lugares sean precisos para conservar la rigidez de aquéllas; siempre que el espesor de éstas descienda del anteriormente señalado, se colocarán montantes a distancia mínima igual a la altura libre de dicha alma.

Estos montantes se colocarán ajustándose al perfil de las vigas, bien con acodillado de sus extremos sobre los espesores de los elementos de sus cabezas, bien por la colocación de forros, siendo preferible esta segunda disposición.

Se dispondrá en los elementos de las cabezas, así como en su alma, las

embrejuntas precisas en los elementos de unión necesarios para la completa transmisión de los esfuerzos que han de resistir.

3.º Los palastro que forman las cabezas de las vigas compuestas, se limitarán para que no se extiendan más de 150 milímetros del eje de la línea de roblones de unión de dichos palastro con los angulares que constituyen aquéllas, ni más de ocho veces el espesor del elemento más delgado.

d) **Vigas de celosía.**—1.º Se aplicarán a las cabezas de estas vigas los mismos principios anteriormente expuestos.

2.º Las vigas sometidas a esfuerzos de compresión compuestas por elementos aislados y separados que no cuentan para alcanzar la resistencia debida con un alma llena, se enlazarán con barras de celosía que, anclando aquéllas, consigan, con su perfecta unión, evitar el pandeo parcial.

Se procurará que las dimensiones de estas barras se ajusten a las siguientes proporciones:

Sus espesores no descenderán de 1/40 o 1/60 de la separación de sus roblones de unión con las cabezas, según que la celosía sea simple o doble.

Su anchura no será menor de 40 milímetros y la inclinación de las barras, con relación al eje de las piezas, no quedará por bajo de 45.º

Se colocará celosía doble cuando la distancia entre los roblones sucesivos en cada cabeza para la unión de las diversas barras de una celosía simple sea mayor de 400 metros.

e) **Piezas o barras sustentando cristales.**—Cuando en una estructura existen piezas o barras de la misma que hayan de mantener cristales que sirven de forjado de las células simples correspondientes, deberán calcularse de modo que, además de la resistencia necesaria, no tengan una flecha máxima de 1/500 de luz de cálculo de aquéllas.

f) **Vigas de rodadura para apoyar puentes-grúas y columnas para su resistencia.**—Tanto en el cálculo como en el proyecto de unas y otras, se ha de tener en cuenta la acción dinámica producida por la circulación, frenado y arranque rápido de las mismas, efectos que se suelen calcular de un modo aproximado por la fórmula

$$F = \frac{P}{20}$$

siendo P el peso del carrillo con carga máxima, obrando sobre una viga armada.

Cuando un mismo apoyo tenga que sostener dos o más puentes-grúas, sólo se tomará el 80 por 100 de la suma de los efectos máximos calculados, simultaneando la acción de todos ellos.

g) No conviene proyectar, como no sea en casos excepcionales y previa justificación, células elementales que hayan de ser forjadas con fábricas de ladrillo ordinario con dimensiones superiores a las deducidas de la siguiente fórmula, en la cual e es el espesor de aquel forjado:

$$l = 25 \times e$$

y siempre con la condición de que la superficie máxima de aquéllas no pase de la siguiente:

$$S = 140 \times e - 4,$$

señalándose todas estas dimensiones en metros.

Si el relleno o forjado se realiza con ladrillo armado, hormigón armado o cualquier otro material, se determinará la dimensión de la célula y la superficie del forjado para que éste quede en todo momento en las mejores condiciones de construcción y estabilidad.

Artículo 32.

Arriostramientos.—Se deben establecer arriostramientos transversales, longitudinales, suficientemente resistentes para contrarrestar los efectos del viento, enlazando los diversos elementos: cerchas, jácenas, vigas, etc., para constituir un conjunto estable, mediante la unión de todos ellos. Las piezas de arriostramientos deben de ser rígidas para resistir aquellos efectos, no solamente durante el montaje de la estructura, sino, principalmente, cuando ésta se encuentre en servicio.

Artículo 33.

Aparatos de apoyo.—Se dotará de aparatos de apoyo a todos los elementos de las estructuras metálicas que, como consecuencia de los efectos producidos por las variaciones de temperatura o cualquier otro defecto, deben permitirlos movimientos, dilataciones, contracciones, etc.

Igualmente debe procurarse de análogas disposiciones a todas las partes de aquellos que, por tener que colocarse sobre las fábricas o terrenos de diversas clases, transmitan reacciones cuya cuantía por unidad de superficie no deba rebasar determinadas lmites.

Estos aparatos de apoyo pueden tener disposiciones variadas, siendo bien: planos, lisos, con juegos de rodillos, rótulas, etc., según la importancia de los efectos soportados y cuantía de las reacciones transmitidas.

Generalmente estos aparatos deben de ser de acero fundido, con excepción de los rodillos y rótulas, que deben ser de acero forjado.

Estos aparatos deben proyectarse para que todas y cada una de sus partes y elementos tengan la resistencia debida y puedan ser visitados y conservados.

Cuando se trate de efectos debidos a las variaciones de temperatura en elementos expuestos íntegramente a ellas, deberán disponer de la posibilidad de alcanzar variaciones de 600°C menos por metro lineal.

Si los elementos de que se trata no estuviesen completamente expuestos a las variaciones de temperatura, se harán los cálculos de acuerdo con las previsiones que se estimen adecuadas, previa justificación.

Artículo 34.

Roblonado.—Las uniones y enlaces de las diversas barras que constituyen una estructura, se realizarán por medio de roblonado, utilizando solamente tornillos con carácter excepcional.

La distancia entre centros de los orificios para roblones, no será menor de tres veces su diámetro, ni mayor, en el sentido de las escuadras y que se encuentren sometidas las piezas, de 150 milímetros, cuando éstas estén formadas por perfilados y palastro.

Cuando se trate de piezas compuestas con perfilados angulares, en las cuales existen orificios al tresbolillo en ambas alas, la distancia máxima entre centros de orificios de un ala podrá llegar al doble de la antes citada.

Cuando se trate de unir varios palastros o planos entre sí, se coserán por roblones cuya distancia, en cualquier dirección, no sea mayor de 300 milímetros.

En piezas extendidas compuestas por ángulos o perfilados, se admitirá una distancia de 300 milímetros entre los roblones que las aseguran y una.

La distancia entre el centro del orificio para un roblón y el borde del elemento cosido, no será menor de 55 milímetros para los roblones de diámetros superiores a 19 milímetros y 25 milímetros para los de 19 milímetros o menor diámetro.

Dicha distancia no será mayor, en ningún caso, de ocho veces el espesor del elemento cosido.

El diámetro de los roblones que hayan de utilizarse para la unión de escuadras o perfilados, no pasará de la cuarta parte de la anchura del ala de dicha elemento.

Artículo 35.

Uniones articuladas.—Cuando las uniones se realicen articuladas, utilizando perales, anclando piezas compuestas o simples, deben reforzarse, siempre que sea preciso, la zona de unión de cada una de ellas para que su resistencia no quede disminuida en ninguna de sus partes.

Los perales deben tener la longitud necesaria para que puedan establecer el debido contacto de las piezas unidas, con el fin de evitar movimientos laterales de éstas.

V

TRABAJOS EN TALLER

Artículo 36.

Mano de obra.—La mano de obra se realizará con arreglo a los principios y siguiendo las normas de una buena construcción.

Artículo 37.

Preparación de las piezas.—Antes de comenzar el trabajo de las piezas debe procederse al alineamiento y enderezamiento de los palastros planos y perfilados, con objeto de que no presenten torceduras ni alabeos algunos.

Estas operaciones, que deben realizarse en frío, se efectuarán con la prensa, rodillo, martillo, etc., teniendo cuidado, si se efectúan con este último medio, no presenten señales de deterioro del material y cambios de estructura molecular, debiéndose realizar lo necesario para que desaparezcan estos efectos; si no se consigue, debe descartarse la pieza averiada o en malas condiciones.

Para el trazado de los elementos que han de constituir piezas o barras aisladamente o en unión de otras, se ha de tener especial cuidado de ajustarse en lo posible en el estudio de las supuestas del proyecto, con objeto principalmente de constituir en la debida forma los vértices y nudos y evitar esfuerzos secundarios.

Igualmente se trazará las juntas con la máxima atención para que los

supuestos queden cumplidos exactamente.

Los extremos de las piezas que constituyen la estructura han de prepararse mediante cortes para darles con sumo cuidado la longitud precisa deducida en el proyecto; estos cortes deben hacerse con preferencia en frío con tijeras, cizallas, etc., teniendo la precaución, si se hace con elople oxidrico o cualquier otro procedimiento que altere la estructura del metal, de dejar las piezas con creces mínimas de tres (3) milímetros, que serán cepilladas, fresadas, limadas, etc., no realizando esta operación si se trata de piezas secundarias, como furros, suplementos, etc.

Los ángulos entrantes deberán redondearse y para su preparación se utilizarán cizallas o cualquier otro procedimiento, siempre que no se presenten grietas ni rasas en el material.

Todas las piezas o elementos que para su preparación hubiesen sido objeto de calentamientos o que por realizarse en ellos determinadas operaciones se sequeen estas consecuencias, se reconocerán debidamente para hacer desaparecer los posibles contingencias de aquel tratamiento.

Una vez señalados en todas las piezas los orificios que deban abrirse para el paso de los roblones, tornillos, perales, etc., se amparearán aquellos mediante punzonado o taladrado con barrenas, empleándose este procedimiento en las piezas de actuación más delicada y, sobre todo, cuando hayan de usarse en un solo punto un número de ellas.

Los orificios se abrirán con un diámetro que exceda en un milímetro al de los roblones o tornillos, hasta un diámetro de 16 milímetros, y con creces de 1,5 milímetros para los diámetros superiores.

Cuando se emplee el punzonado de barrenas iguales los orificios mediante alfileres, escarabidos, etc., hasta conseguir la perfecta coincidencia de los correspondientes a las diversas piezas que han de unirse, permitiéndose el aumento del diámetro de los orificios con introducción de barrenas y tallos sucesivos.

Artículo 38.

Roblonado.—Antes de proceder al roblonado se ajustará con tornillos las piezas que hayan de unirse en número suficiente para que se tenga máximo relativo, permitiéndose con máximas las partes aquellas que hayan de quedar en contacto.

Los roblones tendrán las dimensiones señaladas en los planos de ejecución, obtenidos del proyecto; se calentará el rojo claro con una temperatura inferior al rojo cereza, previa limpieza para evitar tengan aristas, cuerpos extraños, escamas, partes salientes, etc., debiendo ser colocados sucesivamente, sin que la colocación se haga en aquellos casos de necesidad absoluta.

Dichos roblones completamente los orificios sin holgura alguna, teniendo sus cabezas perfectamente centradas con la espiga, quedando bien redondeadas sin grietas ni rebabas.

El constructor debe hacer lo posible la colocación de roblones en obras, preparando las piezas y elementos en el taller con el mayor número de uniones realizadas, sin otra

limitación que la que presenten los medios de transporte y manejo de las piezas.

El calafateado de roblones sólo se consentirá en las uniones de piezas con cierre hermético.

Una vez terminado el roblonado se aprobará su ejecución, viéndose si está firme y rebota el martillo.

Todos aquellos que no estén firmemente colocados o no cumplan enalguna de las condiciones anteriormente señaladas, deberán quitarse y sustituirse por otros que reúnan aquéllas, sin consentir en ningún caso el recalque de las cabezas en frío.

Una vez colocados, se deben pintar las cabezas de los mismos con dos manos de pintura.

Artículo 30.

Uniones de pasadores.—Se tocareán éstos a su diámetro exacto y se comprobará que sean rectos, lisos y libres de defectos.

Las barras que hayan de usarse se colocarán derechas, de perfil correcto y dimensiones exactas, exentas de torceduras y sin deformaciones y defectos en su cuello y cabeza; éstas se harán por embudición, mandrinado o forja, sin que se admita la soldadura.

Los orificios de los pasadores quedarán en el eje de la pieza y en el centro de sus cabezas, preparándose con el diámetro debido, siendo éstos y desechos normales a las superficies de las expuestas piezas.

Las distancias entre centros de orificios para pasadores deberán ser exactas en las propiedades, admitiéndose una tolerancia de 0,5 milímetros.

El diámetro de los orificios no excederá el de los pasadores en más de 0,5 milímetros cuando éstos tengan un diámetro menor de 130 milímetros y 0,2 para mayores diámetros.

Artículo 31.

Montaje en el taller.— Toda estructura montada debe ser provisional y cuidadosamente montada en el taller para asegurarse de la perfecta concordancia de los elementos de la misma que han de unirse.

Excepcionalmente se podrá autorizar que algunos elementos se monten por completo en el taller en alguno de los siguientes casos:

a) Cuando la estructura es de tamaño excepcional, no siendo suficientes los medios habituales y corrientes de que se pueda disponer para el montaje y colocación de los diversos elementos de la misma, pudiéndose en este caso autorizar el montaje por separado de algunos de sus principales elementos.

b) Si se tratara de un lote de varios elementos, cerchas, vigas, etcétera, idénticos, será preceptivo el montaje completo de uno para cada diez o menos que constituyan aquél, debiéndose montar en los demás únicamente los elementos más importantes y delicados.

Artículo 31.

Pintura y expedición de piezas.—Antes del montaje provisional en el taller o definitivo en obra, todas las piezas y elementos metálicos que constituyen la estructura serán fuertemente raspados con cepillos metálicos para separar del metal toda huella de oxidación y cuantas materias extrañas puedan tener adheridas.

Todas las superficies que hayan de quedar ocultas como consecuencia del roblonado, bien en el taller o en obra, se recubrirán de una capa de mínimo de hierro diluida en aceite de linaza cocido, con exclusión de esencias de trementina.

Antes de su salida del taller para su montaje en obra deberán cubrirse todas las piezas con una capa de igual pintura, la que no podrá ser aplicada al aire libre como no sea en tiempo perfectamente seco.

Durante el montaje deberá cubrirse con las mismas pinturas todas las superficies que hayan de quedar ocultas, así como las cubrejuntas, forros, cabezas de los roblones y todos los elementos colocados en obra.

Deberán señalarse en el taller cuidadosamente todos los elementos que en obra han de montarse, para facilitar este trabajo, debiéndose acompañar planos y notas de montaje con suficientes definidas para que pueda realizarse dicho montaje persona ajena al trabajo del taller.

Artículo 42.

Inspección.—Durante el trabajo de construcción y preparación en talleres tendrá el Ingeniero-Inspector libre entrada, para que en todo momento pueda comprobar la marcha de aquella, asegurándose no solamente de la calidad y condiciones de los materiales, sino también de que la mano de obra es cuidadosa, ajustándose la construcción a cuanto en el proyecto se ha establecido.

Señalará de un modo inmediato cuantas piezas haya examinado, marcando de modo diferente, bien claro, las piezas que considere aceptadas, así como las que rechaza, pudiéndose en todo momento separar toda pieza no marcada.

Podrá exigir en fábrica o taller las máquinas de ensayo, que deberán estar debidamente contrastadas, para comprobar las condiciones de los materiales.

Podrá el Ingeniero-Inspector pedir que se realicen ensayos en piezas completas determinadas, siendo de cuenta del fabricante los gastos que representarán estos ensayos, si los resultados fueran desfavorables, y, por el contrario, de cuenta del que pidió el ensayo si los resultados fueran satisfactorios.

Igualmente se comprobará en todo momento el corte de piezas, remachado, pintura, etc., etc.

VI

TRABAJOS EN OBRA

Artículo 43.

Montaje.—Deberá formar parte del proyecto de una estructura la indicación suficientemente detallada del sistema de montaje de la misma, con descripción del andamiaje que se utilice y medios auxiliares de elevación y manejo de las piezas, a cuyo proyecto se ajustará la operación, con objeto de que los trabajos que los diversos elementos experimenten no rebasen de los calculados.

Este montaje deberá realizarse con la máxima celeridad posible para evitar los trabajos suplementarios que

durante el mismo experimenten algunas piezas y los riesgos inherentes a esta situación provisional, durante la cual la estabilidad y solidaridad del conjunto es más precaria, sobre todo si se encuentran sometida a sobrecargas accidentales.

El proyecto de andamiaje que se redacte habrá de ser aprobado previamente, y en él se ha de tener presente, además de que tengan la resistencia y solidez necesaria, que deje libre paso a las aguas, si sobre éstas se encuentran la estructura, a los vehículos, personas, móviles, etc., que por su parte inferior haya de transitarse, cumplimentándose cuantas disposiciones oficiales sobre el particular hayan de observarse.

Debe tenerse presente que ha de ser observadas cuantas reglas sean prescriptas en una buena construcción metálica.

Para el roblonado, colocación de tornillos y pasadores, han de tenerse en cuenta las mismas prescripciones que deben observarse en el montaje provisional en el taller.

Artículo 44.

Comprobación.—Una vez terminado el montaje definitivo, y antes de que la estructura se establezca los forjados, se precisa para su utilización se compruebe debidamente la horizontalidad, verticalidad, ortogonalidad de las diversas piezas que constituyen aquéllas, para que su posición correspondan a los supuestos del proyecto.

Se comprobará de un modo especial la alineación y nivelación de las vigas de rodadura, puentes-grúas, etc., así como los ángulos que deben formar las diversas piezas.

En caso de obra, colocación de roblones, tornillos y posición de piezas, se verificará especialmente objeto de comprobación escrupulosa.

Si alguna unión no estuviese realizada con las debidas condiciones, se rehacerá las veces que sea preciso, hasta que no haya nada que objetar sobre su preparación.

Asimismo, serán corregidas cuantas piezas presenten defecto, torceduras, grietas, etc., siendo sustituidas, por otras nuevas si fuese preciso.

Artículo 45.

Ensayos.—Siempre que sea posible, deben realizarse pruebas de la resistencia y trabajos de todos los elementos que constituyen una estructura metálica, sometiendo a la acción de sobrecargas idénticas a las que han servido para su cálculo y determinación de las secciones de los mismos.

Cuando, dada la disposición de la estructura, aplicación que de la misma haya de hacerse, imposibilidad de medir los esfuerzos desarrollados en las piezas por quedar éstas envueltas con otros materiales y por cualquier otra causa, no se realizarán dichos ensayos con carácter general, si esta circunstancia se presenta solamente aislada en algunos de aquellos elementos, realizándose en los que esta circunstancia no se presente; si en ninguno de ellos fuere posible hacer pruebas, se prescindirá de ella, exigiéndose entonces mayor vigilancia en la construcción y comprobación de la estructura, para tener la certeza de que se ajusta a los su-

puestos del proyecto y detalles de éstos.

En la Memoria de cada proyecto se hará constar el programa de pruebas al que se piense someter a la estructura, justificándose, cuando en su totalidad o en parte se prescindiera de ellas, las razones que lo aconsejen.

Resultarán estas pruebas obligatorias dentro de la posibilidad y siempre recomendadas.

Artículo 46.

Clases de pruebas.—Estas pruebas, con casi carácter de generalidad, son estáticas, es decir, que se somete a los elementos correspondientes de la estructura, en su totalidad o en parte, según las circunstancias, a las sobrecargas estáticas equivalentes a las que se han utilizado en el proyecto para el cálculo de aquéllos.

Cuando alguna pieza o elemento esté sometido a esfuerzos dinámicos, de choque, etc., se procurará realizar las expresadas pruebas, sometiendo a los elementos correspondientes a esfuerzos semejantes y con análogas condiciones a las en que en definitiva habrán de trabajar.

Todas las pruebas se efectuarán antes de la recepción provisional de la estructura.

Conviendrá tener en cuenta que las sobrecargas accidentales estudiadas no se pueden fácilmente convertir en sobrecargas de prueba que se adopten a las estructuras para determinar los esfuerzos suplementarios experimentados, mientras que el efecto de la nieve es susceptible de ser transformado en sobrecargas fijas estáticas que deben emplearse con el objeto señalado.

Todas las sobrecargas fijas o móviles que se empleen, habrán de colocarse en la cuantía y en la posición que más desfavorables efectos produzcan en el elemento o pieza que se considere.

Artículo 47.

Medición de esfuerzos.—Se emplearán aparatos debidamente comprobados para la determinación de esfuerzos unitarios de tracción o compresión que cada elemento experimente, así como las flechas o deformaciones verticales o laterales, que se registrarán con aparatos debidamente graduados.

Los esfuerzos medidos y las deformaciones encontradas, no deben rebasar los que el cálculo determina para la aplicación de las sobrecargas que en realidad soporten aquéllos en la prueba.

Artículo 48.

Pruebas definitivas.—Las pruebas anteriormente indicadas se considerarán como provisionales, debiendo repetirse, siempre que sea posible en análoga forma, una vez transcurrido un año de la fecha en que aquéllas se realicen.

Artículo 49.

Elementos que deben sustituirse.—Siempre que como consecuencia de las pruebas realizadas, tanto con carácter provisional como definitivo, se obtengan en algunas piezas o elementos trabajos excesivos debidos a algún defecto de construcción de los mismos o de su colocación en la estructura, podrá ser exigido por la Inspección se sustituyan por otros en los que no existan estos inconvenientes.

Artículo 50.

Registro de los resultados.—Todos cuantos resultados se obtengan en las pruebas de una estructura, así como cuantas circunstancias puedan interesar, se harán constar en un acta que será firmada por el Ingeniero de la Inspección y el de la entidad constructora.

Artículo 51.

Inspección.—En todo momento podrán los Ingenieros Inspectores vigilar la construcción y montaje definitivo de las estructuras, pudiendo, tan pronto perciban cualquier circunstancia desfavorable para la buena conservación de la misma en su resistencia o se falta abiertamente a las condiciones establecidas en el proyecto, disponer cuanto sea preciso para corregir aquéllas y que la construcción se haga del modo más perfecto posible.

Artículo 52.

Pintura.—Todos los elementos de la estructura, una vez terminado el montaje definitivo, deben quedar cubiertos de una mano de minio de hierro, bien hayan de permanecer dichas piezas o elementos envueltos por otra clase de materiales en la construcción o al descubierto, en cuyo caso se aplicarán sobre las piezas dos manos de la pintura que oportunamente se determine.

Artículo 53.

Recepción provisional.—En el caso de que las pruebas realizadas con determinación de los esfuerzos unitarios y deformaciones indiquen que unos y otros no pasan de los límites fijados

en esta Instrucción, si los apoyos ofrecen toda clase de garantías y las uniones están realizadas con arreglo al proyecto, podrá recibirse provisionalmente la estructura.

En el caso en que los esfuerzos o deformaciones excedan del límite tolerado, la estructura será revisada cuidadosamente, comprobándose las dimensiones de sus diversos elementos con las propuestas en el proyecto aprobado, revisando nuevamente este con todo detalle.

Se examinará si existen esfuerzos secundarios y su influencia sobre la estructura.

Si las uniones presentan algún defecto de construcción que pueda comprometer su estabilidad se suspenderá la recepción hasta encontrar la causa por la cual no se ajustan los resultados obtenidos a los previstos, corrigiéndose debidamente, realizándose con posterioridad nuevas pruebas provisionales hasta poder poner en servicio la estructura.

Artículo 54.

Recepciones definitivas.—Al transcurrir un año en esta situación, si la estructura no ha experimentado deformaciones o averías de importancia se repetirán, siempre que sea posible, todas las pruebas provisionales. Si los resultados concuerdan con los anteriormente obtenidos, la estructura puede ser aceptada definitivamente.

Caso contrario, será preciso modificar o sustituir los elementos que hayan experimentado deformaciones o averías, reforzándolos si fuera preciso y en último caso, si a pesar de estas modificaciones los resultados obtenidos no fuesen satisfactorios, se podrá rechazar la estructura examinada.

Artículo 55.

Casos en que no pueden realizarse las pruebas.—Cuando por circunstancias ya señaladas en el artículo 45 no puedan realizarse pruebas de resistencia de parte o de la totalidad de los elementos de una estructura, se prescindirá de ellas, haciéndose, sin embargo la recepción provisional o definitiva correspondiente, con separación de un año, de análogo modo que en el caso anterior, examinándose de la manera que sea posible la conservación y resistencia de la estructura transcurrido el plazo señalado.

Madrid, 10 de Abril de 1930.—El Director general, José M. Azcoaga.

Estudi de la normativa

I. Bases para el cálculo de estructuras metálicas.

Serà la normativa de l'any 1930 la primera que recollirà amb escreix els valors de les càrregues i sobrecàrregues a tenir presents. Tot i que no es pot considerar tant extensiva com la futura *Acciones en la edificación*, sí que per primera vegada hi apareixeran quantificats valors que fins ara només s'hi havia fet esment o foren referenciats de manera poc precisa. Així doncs, la normativa considera:

- Cargas permanentes.
- Sobrecargas normales.
- Sobrecargas accidentales. Nieve.
- Sobrecargas accidentales. Viento.
- Sobrecargas accidentales. Temperatura.
- Sobrecargas accidentales. Frenado y arranque.
- Sobrecargas accidentales. Efectos de montaje.

48

Passem doncs a l'estudi detallat de la seva implementació

HIPOTESIS DE CALCULO.-
Como cargas se han considerado además de la de los pesos propios, una sobrecarga de nieve de 35,00 kilogramos, que es la que corresponde como máximo con arreglo a la Instrucción para Estructuras Metálicas, aprobada por el Ministerio de Obras Públicas de 17 de Abril de 1930 para poblaciones dentro de España con altitud menor de 100 metros.

Figura 2.23 ETM-284-001. Tribuna cubierta para el Campo de fútbol de Las Corts [Exp. 513].

Font: Archivo Torroja.

Artículo 1º. Cargas permanentes.

Para la determinación de las cargas permanentes que deben considerarse en los cálculos se fijará por separado:

a) Los pesos, **bien sobre toda la estructura, bien por metro cuadrado o metro lineal de la misma**, o por metro cuadrado o por metro lineal de todos y cada uno de los elementos constituyentes, de todos los materiales, como forjados, rellenos, pisos, tabiques, muros, cubiertas, cielos rasos, etc.... que de un modo fijo o definitivo forman parte de aquélla. **Estos pesos se deben determinar con toda exactitud, por conocerse igualmente la disposición y detalle de todos sus elementos.** Se tomarán como pesos unitarios de los diversos elementos que pueden constituir la construcción los siguientes por metro cúbico:

Hierro soldado.....	7.800	Kgs.
Acero laminado.....	7.850	—
Hierro fundido.....	7.250	—
Acero moldeado.....	7.800	—
Plomo	11.400	—
Madera húmeda.....	1.050	—
Hormión en masa.....	2.200	—
Hormigón armado.....	2.400	—
Fábrica de ladrillo de cemento	2.700	—
Asfalto	1.750	—

Los demás materiales y elementos según su peso real.

b) El peso supuesto de la estructura metálica se determinará de un modo aproximado utilizando las fórmulas y diagramas de pesos o por la comparación con otras de condiciones semejantes ya construidas. Estos valores se tomarán como base de los cálculos de los esfuerzos que han de resistir todas las piezas y elementos de la estructura. **Una vez terminado el cálculo y proyecto de la construcción, se determinará el peso de la estructura** mediante el conocimiento del de cada una de sus piezas constituyentes, ya a la vista de sus dimensiones y de los perfiles de todos sus elementos. [...].

En todo caso después de terminado el proyecto, **debe indicarse en su Memoria la carga permanente exacta**, determinada de un modo preciso y debe comparársela con la utilizada para el cálculo.

Artículo 2º. Sobrecargas normales.

Los elementos resistentes de toda estructura deben calcularse para que resistan no solamente a las cargas permanentes sino a las sobrecargas que sobre ellas hayan de actuar. Estas sobrecargas que corrientemente se colocan sobre las piezas de la estructura y obran por gravedad, pueden actuar en formas varias no solamente sobre los elementos que forman aquella, sino también sobre los que constituyen los entramados de muros, tabiques, cubiertas, etc., con esfuerzos y direcciones muy diversas que en cada caso particular deben considerarse y valorarse. [...].

<u>P U E N T E S O B R E E L M U G A</u>			
<u>C A L C U L O S J U S T I F I C A T I V O S</u>			
<u>E S T R U C T U R A M E T A L I C A</u>			
<u>C A R G A S G E N E R A L E S P A R A T O D O E L A N C H O</u>			
Peso propio incluso pavimento	=	6.000 kg/m.l.	6.420
Sobrecarga (Flexión)	=	6.000 "	x
Sobrecarga (Esfuerzos cortantes)	=	6.600 "	y
Peso aproximado de la estructura metálica.	=	900 "	x
Peso aproximado de la estructura metálica, mas el hormigón de los largueros.	=	2.300 "	3.020
Viento sobre la estructura metálica	=	420 "	
Peso total del puente sobrecargado	=	380,00 ton.	

Figura 2.24 ETM-200-001. Puente sobre el Muga [Exp. 381]. Font: Archivo Torroja.

Pueden admitirse, sin que sean obligatorias, **las siguientes sobrecargas por metro cuadrado**, bien entendido que en el caso de no utilizarse, se deben justificar la variación, tanto sea por exceso como por defecto.

Viviendas	100 a	150 Kgs.
Oficinas	150 a	200 —
Edificios públicos..	300 a	350 —

Salones para espec- táculos	400 a	500 Kgs.
Almacenes	500 a	2.500 —

En los casos en que pueda ocurrir, como pasa en los locales para espectáculos, reuniones, etc., en que todas **las personas concurrentes puedan levantarse simultáneamente, produciendo acción de choques sobre la estructura, se incrementarán los valores escogidos en un 50 por 100.**

Si se trata de una estructura cuya aplicación no está comprendida en la relación anterior, se determinará para ella el valor de la sobrecarga uniformemente repartida correspondiente.

Además de las sobrecargas uniformemente repartidas, antes señaladas, deben tenerse en cuenta, siempre que se presenten, las sobrecargas concentradas por su valor, las que solamente afectarán a determinados elementos para cuyo cálculo han de tenerse en cuenta estas circunstancias.

En el caso en que **una estructura haya de soportar los efectos dinámicos** producidos por cargas móviles, como transmisiones y elementos de maquinaria, puentes-grúas, etc., **se incrementarán las sobrecargas en un 25 por 100 de su valor absoluto** para compensar las acciones dinámicas o de choques y vibratorias por aquéllos producidos.

Artículo 3º. Sobrecargas accidentales. Nieve.

Debe preverse la existencia de una sobrecarga formada por una capa de nieve de diverso espesor por metro cuadrado **de superficie de cubierta, según las condiciones de ubicación, especialmente de altitud sobre el nivel del mar de la estructura de que se trata, de acuerdo con la escala siguiente:**

35 kgs. para una altitud de 0 a 100 metros.
40 kgs. idem id. id. de 100 a 200 id.
45 kgs. idem id. id. de 200 a 300 id.
50 kgs. idem id. id. de 300 a 400 id.
55 kgs. idem id. id. de 400 a 500 id.

60 kgs. ídem íd. íd. de 500 a 600 íd.
65 kgs. ídem íd. íd. de 600 a 700 íd.

Para altitudes superiores, se determinará la sobrecarga por la siguiente fórmula:

$$P = 40 \left(1 + \frac{h}{500} \right) \text{ kgs. } \times \text{ m}^2.$$

Siendo h la altura sobre el nivel del mar.

Esta sobrecarga puede despreciarse cuando las cubiertas forman con la horizontal un ángulo igual o mayor a 50° .

Si la disposición de la cubierta presenta zonas en las cuales la nieve puede acumularse, se debe tener en cuenta esta circunstancia, así como también la posibilidad de que en algún otro elemento de la construcción pueda depositarse la nieve.

Como cargas se han considerado además de la de los pesos propios, una sobrecarga de nieve de 35,00 kilogramos, que es la que corresponde como máximo con arreglo a la Instrucción para Estructuras Metálicas,

Figura 2.25 ETM-284-001. Tribuna cubierta para el Campo de fútbol de Las Corts [Exp. 513].

Font: Archivo Torroja.

Artículo 4º. Sobrecargas accidentales. Viento.

Debe tomarse en consideración la existencia del viento que, actuando sobre la construcción, produzca en ésta presiones de importancia, pudiéndose tomar como presión base P por metro cuadrado sobre una superficie normal a su dirección, las siguientes:

Edificios situados en una zona de 20 kilómetros, contados normalmente, a la costa.....	200 kgs,
Edificios en el interior del país	120 "

La dirección general del viento puede considerarse como formando un ángulo de 10° con la horizontal; pero todo proyectista debe adoptar la que

crea más ajustada a la realidad en la ubicación de la obra proyectada, previa la justificación precisa.

Las presiones que deben tenerse en cuenta en los cálculos, variarán según los coeficientes de aprovechamiento que a continuación se señalan, tomando como tales las que se indican en el párrafo primero:

Cubiertas.....	}	Sin nieve.....	1,00 P.
		Con nieve.....	0,60 P.
Muros.....	}	En masas urbanizadas.	
		Hasta 15 metros altura.....	0,50 P.
		De 15 a 20 metros idem.....	0,75 P.
		De 20 a 25 metros idem.....	1,00 P.
En el campo.....		Más de 25 metros idem.....	1,25 P.
			1,25 P.

A pesar de las reglas indicadas, cada proyectista podrá adoptar las presiones y coeficientes de aprovechamiento que estime más próximos a la realidad, previa justificación, aumentando o disminuyendo los indicados. [...].

Para las hipótesis de viento, se ha aplicado el proyecto de Normas alemanas para empujes de viento en estructuras, de 1934. Partiendo de un módulo de empuje de viento de 120,00 kg/m² como indican estas normas para poblaciones costeras y considerando que el viento puede actuar en los dos sentidos normales a la alineación general de la tribuna, se obtienen los empujes y succiones que se indican en la Memoria de cálculo.

Figura 2.25 ETM-284-001. Tribuna cubierta para el Campo de fútbol de Las Corts [Exp. 513].

Font: Archivo Torroja.

Artículo 5º. Sobrecargas accidentales. Temperatura.

Este efecto debe tener-se en cuenta en cuantas construcciones permita su disposición que los diversos elementos de los mismos estén afectados por las variaciones de temperatura por no estar completamente protegidos y abiertos con otros materiales o partes de la construcción.

Se considerará una variación de temperatura de 30° centígrados en más o en menos de la temperatura media local. [...].

En general, las variaciones de temperatura y la retracción tienen poca influencia en este tipo de estructuras, dadas las disposiciones adoptadas al objeto. La dilatación ó contracción longitudinales tampoco tienen importancia, ya que la longitud entre pórticos extremos es de 25,00 metros, y la suma de esbelteces de los soportes es de este mismo orden de cifra.

Figura 2.26 ETM-284-001. Tribuna cubierta para el Campo de fútbol de Las Corts [Exp. 513].

Font: Archivo Torroja.

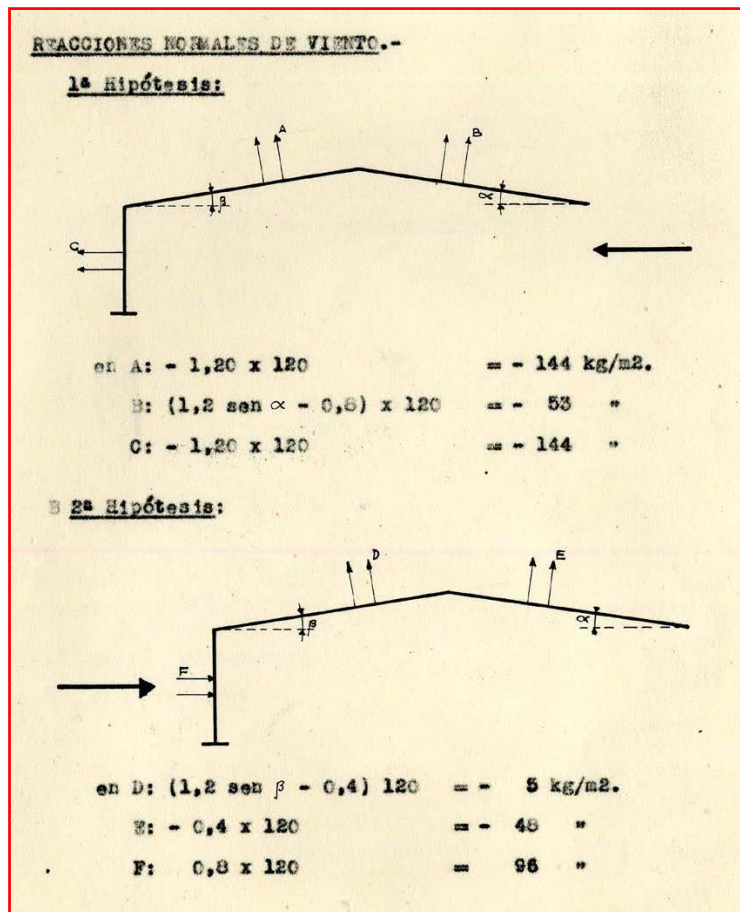


Figura 2.27 ETM-284-001. Tribuna cubierta para el Campo de fútbol de Las Corts [Exp. 513].

Font: Archivo Torroja.

Artículo 6°. Sobrecargas accidentales. Frenado y arranque. [...].

Artículo 7º. Sobrecargas accidentales. Efectos de montaje.

Si durante las operaciones de montaje de la estructura, así como por cualquier causa accidental o transitoria, algunos de sus elementos estuviesen sometidos a esfuerzos anormales que hiciesen trabajar a los mismos en condiciones más desfavorables que durante el servicio normal que aquellos han de realizar, se tendrán en cuenta en los cálculos de resistencia de los expresados esfuerzos anormales, pudiéndose admitir para los mismos coeficientes de trabajo superiores en un 33 por 100 a los normales y siempre que los trabajos reales sean menores que del límite de elasticidad del material de que están formados.

II. Equilibrio estático y elástico.

Artículo 8º. Equilibrio estático y elástico. Debe justificarse completamente la estabilidad de la construcción metálica, siempre que como consecuencia de la acción de causas exteriores se pueda producir una variación de la posición del conjunto o parte de la misma. [...].

55

Artículo 9º. Sección de cálculo. El cálculo del trabajo elástico se realizará **tomando las secciones netas de cada pieza**, descontando, de la sección bruta cuantos orificios presenten aquéllas por **roblones, tornillos, pasadores**, etc.

Aquest ítem ens confirma la cohabitació temporal d'ambdós medis d'unió.



Figura 2.28 Detall unió cargolada i reblonada. Autoria personal.

Artículo 10. Trabajo elástico de las piezas. [...].

Artículo 11. Pandeo. En las piezas sometidas a compresión en el sentido de su longitud, susceptibles de experimentar flexión a causa de ser aquella grande relativamente a sus dimensiones transversales, **el trabajo elástico obtenido por división de aquel esfuerzo por su sección neta se multiplicará en todas ocasiones, para contrarrestar aquella tendencia, por cualquier de los varios coeficientes de aumento, estudiados por diversos autores,** siempre que sean acertados y sancionados por la práctica, **pero se recomienda,** sin que esta indicación tenga carácter preceptivo, el siguiente:

$$K = 1 + M * N * \frac{L^2}{r^2}$$

M designa un factor numérico que depende del modo de unión de las piezas consideradas con los elementos vecinos; **N** designa análogamente otro factor numérico que depende de la calidad del metal; las letras **L** y **r** designan, respectivamente, la longitud libre de la pieza y el radio de giro mínimo de la sección en que la pieza es susceptible de pandeo.

Coeficient	Valor	Peça	Material
M	1	Articulada en sus dos extremos	
	$\frac{1}{2}$	Articulada en un extremo y empotrada en otro	
	$\frac{1}{4}$	Empotrada en los dos extremos	
	4	Libre en un extremo y en el otro empotrado	
N	0,0001		Acero dulce laminado
	0,00015		Hierro laminado
	0,0002		Fundido y hierro
	0,0015		Acero fundido

En aquest cas s'ha cregut important destacar que la normativa pren el model de l'anterior de 1925 tot i afegint-hi nous materials. Aquest fet indicaria que el progrés ha arribat també a les siderúrgies on a més de **fabricar nous perfils**, també s'hi ofereixen **nous materials**.

També notar que específicament ja es parla de **vinclament**, terminologia omesa fins ara i indicada amb d'altres sinònims com flexió per compressió. Queda patent la influència dels llibres de resistència de materials i les diferents normatives a les quals ens referíem al començament del capítol.

Artículo 12. Efectos alternativos. Cuando algún elemento de una estructura metálica está **sometido a esfuerzos alternativos de tracción y compresión**, los coeficientes de trabajo unitario (fijados según la naturaleza del material en el artículo 27), se disminuirán utilizando cualquiera de las muchas fórmulas estudiadas, siempre que sean acertadas y sancionadas por la práctica, recomendándose, aunque no con carácter preceptivo, la siguiente:

$$R_o = (R - 2,50 \frac{A}{B}) \text{ (Kg/mm}^2\text{)}$$

Designándose por R_o y R los coeficientes normal y reducido de trabajo; A y B , respectivamente, los mínimos y máximos esfuerzos a los que en valor absoluto están sometidos los elementos considerados.

Aquest ítem normatiu sí que podem dir no ha variat i queda amb la mateixa ambigüitat a la qual es feia referència quant parlàvem de les normatives precedents. Es deixa indicada la fórmula en funció d'una paràmetres però en cap cas es diu, com no es deia llavors, quins valors prenen.

Artículo 13. Efectos secundarios. [...]. Cuando se unen estos efectos secundarios a los producidos por la carga permanente y sobrecargas normales, se aumentará en un 25 por 100 los límites de trabajo de las piezas consideras. Si se unen, además, los esfuerzos producidos por las sobrecargas accidentales, los aumentos en los límites de trabajo podrán alcanzar el 33 por 100.

III. Justificación de la estabilidad.

Artículos 14 a 21. Calidad de los materiales. [...]. Material laminado. [...]. Palastros. [...]. Material perfilado. [...]. Barras redondas para roblones, pasadores y tornillos. [...]. Hierro fundido. [...]. Acero fundido. [...]. Acero forjado. [...].

Artículo 22. Resumen. Como resumen de cuanto se expone en los artículos anteriores, **las condiciones que deben cumplir los materiales que constituyen las piezas que forman una estructura metálica son las siguientes:**

MATERIALES	Valor mínimo de la carga de rotura — R = Kg. mm ²	TRACCIÓN		Valor mínimo del coeficiente de calidad — R × λ	Compresión carga mínima de rotura — Kg. mm ²	Corte o tronchadura transversal — Kgs. mm ²
		Alargamiento mínimo proporcional — λ = %	Límite mínimo aparente de elasticidad — R' = Kg. mm ²			
Hierros y aceros laminados.....	36	25	25	10,5	*	*
Barras para roblones.....	36	28	25	11,0	*	27
Hierro fundido.....	15	6	6	9,0	*	*
Acero fundido.....	45	18	25	9,0	100	*
Acero forjado.....	55	20	25	12,5	*	40

Artículo 23 i 24. Realización de ensayos. [...]. Actas de los ensayos. [...].

Artículo 25. Aceros especiales. Si el autor del proyecto de una estructura estimase conveniente para la obra **el empleo de aceros de calidad especiales** toda o en parte, **propondrá las condiciones de trabajo del nuevo material** según su composición y características fundamentándolas debidamente.

Artículo 26. Presiones sobre los apoyos. La sustentación de la estructura debe realizarse a través de los apoyos, los que transmiten al terreno u otro elemento de la construcción, generalmente de fábrica, las reacciones.

Deben intercalarse entre los aparatos de apoyo y en terreno o en dichos elementos de fábrica, siempre la presión unitaria resultante así lo justificase, **sillares o macizos de fábrica para repartir dichas presiones a superficies más amplias con objeto de conseguir que dichas**

presiones no rebasen los límites que las normas de una buena construcción exigen.

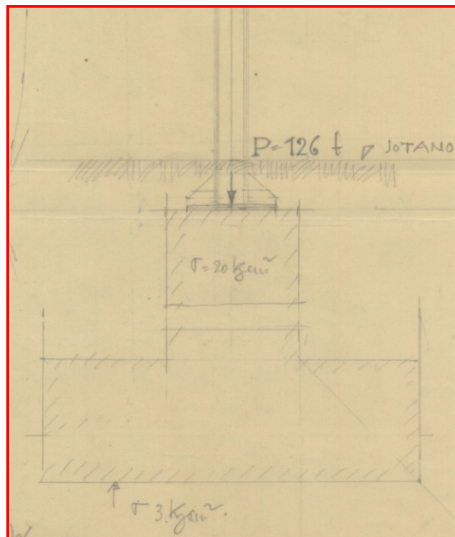


Figura 2.30 Detall de la cimentació de la obra citada. Font: Edifici d'habitatges pel Sr. Josep Mateu Batlle. C.O.A.C.

Cuando se trate de terreno natural, el examen de las condiciones y calidad de éste marcará el límite que debe establecerse; si se trata de elementos constructivos no se rebasará las siguientes por centímetro cuadrado:

60

Terreny	Límit (kg/cm ²)
Sillares de granito	45
Sillares de caliza	30
Mampostería de cemento	28
Hormigón en masa de cemento	18
Fábrica de ladrillo	10

Novament fer esment de l'ampliació formal que la normativa que ens ocupa ha aportat respecte les anteriors. Aquest cas s'hi afegeixen, tot i mantenint la resta igual -i amb iguals valors, dos nou materials.



Figura 2.31 Rases per realitzar els fonaments. Casa Bloc¹³.



Figura 2.32 Unions. Casa Bloc¹⁴. Dècada dels anys 30.

Artículo 27. Coeficiente de trabajo de los materiales. Los coeficientes límite de trabajo por milímetro cuadrado admitidos para estos materiales, serán los siguientes:

¹³ Estudi de dos edificis: Dispensari Central Antituberculós de Barcelona i Casa Bloc. Autor: Berenguer Allaert, Boris. Tutor: Pons Poblet, Josep Maria.

<http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/13564>

¹⁴ Ibídem.

Acero laminado
11 kg a la extensió o compresi3; ser3 reducid en $\frac{1}{5}$ cuando se trate de cortaduras.
Acero para roblones
3 kg al esfuerzo constante; si se calcula el esfuerzo de arranque de cabezas se reducir3 este trabajo en $\frac{1}{4}$.
Hierro fundido
10 y 2 kg a la compresi3 o extensió.
Acero fundido
11 kg a la compresi3 y 8 a la flexi3.
Acero forjado
12,50 kg a la extensió o compresi3.

Se entender3 que los coeficientes definidos anteriormente se refieren **siempre a la secci3 m3nima efectiva de cada pieza**, despu3 de haber sido descontados los orificios para los **roblones, tornillos**, etc.

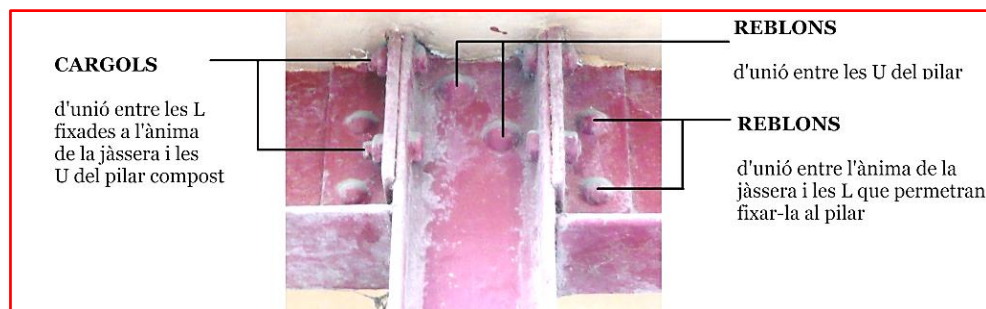


Figura 2.33 Detall unió amb cohabitaci3 de cargols i reblons¹⁵.

Se evitar3 siempre que el coeficiente de trabajo exceda de la mitad del l3mite aparente de elasticidad. [...].

¹⁵ Estudi de dos edificis: Dispensari Central Antitubercul3s de Barcelona i Casa Bloc. Autor: Berenguer Allaert, Boris. Tutor: Pons Poblet, Josep Maria.

Siempre que las piezas que antes se estudien estén sometidas a esfuerzos alternativos o de pandeo, se realizará en el coeficiente señalado las reducciones que se prescriben en los artículos 11 y 12.



Figura 2.34 Detall unió amb cohabitació de cargols i rebllons¹⁶.

Si se toman en consideración los esfuerzos secundarios, se pueden incrementar los anteriores coeficientes en la forma prescrita en el artículo número 13.

Artículo 28. Coeficientes de estabilidad. Debe comprobarse la estabilidad de toda estructura metálica como consecuencia de la acción de cuantas causas exteriores sobre ella puedan actuar, cargas permanentes, sobrecargas normales, accidentales, etc., teniendo en cuenta que esta comprobación debe realizarse no solamente para la situación final de la construcción, sino también en diferentes fases de su construcción y montaje, eligiendo las más desfavorables.

En ningún caso el coeficiente de estabilidad debe ser menor de 1,50; si por circunstancias especiales e inevitables fuera preciso construir alguna estructura que no cumpliera esta condición, deberá enlazarse o sujetarse con toda eficacia a los apoyos para evitar el vuelco.

¹⁶ Estudi de dos edificis: Dispensari Central Antituberculós de Barcelona i Casa Bloc. Autor: Berenguer Allaert, Boris. Tutor: Pons Poblet, Josep Maria.

Artículo 29. Construcciones de carácter provisional. [...].

IV. Disposiciones del proyecto.

Artículo 30. Disposiciones generales. [...].

Artículo 31. Construcción de las estructuras.

a) Siempre que sea posible, **se procurará que la disposición de la sección transversal de la pieza sea simétrica**, con objeto de alcanzar la mayor regularidad posible en la trasmisión de esfuerzos.

b) **El espesor mínimo de los elementos resistentes que constituyen una estructura** que por estar en contacto con el medio ambiente pueden estar expuestos a la oxidación por falta de atención en la conservación de los mismos, **será de 7 mm**, en tanto se trate de palastros planos, perfilados, etc.



Figura 2.35 Detall constructiu¹⁷. Dècada dels anys 30.

Arribats a aquest punt, dins l'estudi de la construcció de les estructures, la normativa dedicarà dos extensos apartats a parlar tant de les **bigues d'ànima plena** com de les **bigues en gelosia**.

¹⁷ Estudi de dos edificis: Dispensari Central Antituberculós de Barcelona i Casa Bloc. Autor: Berenguer Allaert, Boris. Tutor: Pons Poblet, Josep Maria.

Cal fer esment novament de la generalització que la normativa de 1930 està duent a terme tot i comparant-la amb les precedents estudiades tant de 1902 com de 1925.

c) Vigas de alma llena.

1. El espesor de las almas de las vigas este tipo no bajará $\frac{1}{160}$ de la altura o distancia libre de aquéllas comprendida entre los bordes inferiores de las piezas que constituyen las cabezas.

2. Estas vigas deben estar dotadas de montantes de refuerzo de sus almas en ambos lados de éstas, en los apoyos, en los puntos de unión de las piezas que transmiten las cargas concentradas y en cuantos lugares sean precisos para la rigidez de aquéllas; siempre que el espesor de éstas descienda del anteriormente señalado, se colocarán montantes a distancia mínima igual a la altura libre de dicha alma.[...]

Se dispondrá en los elementos de las cabezas, así como en su alma, las cubrejuntas precisas en los elementos de unión necesarios para la completa transmisión de los esfuerzos que han de resistir.

65



Figura 2.36 Detall constructiu¹⁸.

¹⁸ Estudi de dos edificis: Dispensari Central Antituberculós de Barcelona i Casa Bloc. Autor: Berenguer Allaert, Boris. Tutor: Pons Poblet, Josep Maria.

3. Los palastros que forman las cabezas de las vigas compuestas, se limitarán para que no se extiendan más de 150 milímetros del eje de la línea de los roblones de unión de dichos palastros con los angulares que constituyen aquéllas, ni más de ocho veces el espesor del elemento más delgado.

d) **Vigas de celosía.**

1. Se aplicarán a las cabezas de éstas vigas los mismos principios anteriormente expuestos.



Figura 2.37 ETM-284. Tribuna cubierta del Campo de fútbol de Les Corts. Barcelona. Font: Archivo Torroja.

2. Las vigas sometidas a esfuerzos de compresión compuestas por elementos aislados y separados que no cuentan para alcanzar la resistencia debida con un alma llena, se enlazarán con las barras de celosía que, uniendo aquellas, consigan, con su perfecta unión evitar el pandeo parcial.

Se procurará que las dimensiones de estas barras se ajusten a las siguientes proporciones:

Sus espesores no descenderán de $\frac{1}{40}$ ó $\frac{1}{60}$ de la separación de sus roblones de unión con las cabezas, según que la celosía sea simple o doble.

Su anchura no será menor de 40 milímetros y la inclinación de las barras, con relación al eje de las piezas no quedará por bajo de 45°.

Se colocará celosía doble cuando la distancia entre los roblones sucesivos en cada cabeza para la unión de las diversas barras de una celosía simple sea mayor de 400 metros.



Figura 2.38 ETM-284. Tribuna cubierta del Campo de fútbol de Les Corts. Barcelona. Font: Archivo Torroja.

e) Piezas o barras sustentando cristales. **Cuando en una estructura existen piezas o barras de la misma que hayan de mantener cristales que sirven de forjado de la células simples correspondientes**, deberán calcularse de modo que, además de la resistencia necesaria, no tengan **una flecha máxima de $1/500$** de la luz de cálculo de aquéllas.

f) **Vigas de rodadura para apoyo de puentes- grúa y columnas para su resistencia**. Tanto en el cálculo como en el proyecto de unas y otras, se ha de tener en cuenta **la acción dinámica producida por la circulación, frenado y arranque rápido de las mismas**, efectos que se suelen calcular de un modo aproximado por la fórmula:

$$F = P/20$$

siendo P el peso del carrillo con carga máxima, obrando sobre una viga armada.

Cuando un mismo apoyo tenga que sostener dos o más puentes-grúas, sólo se tomará el 80 por 100 de la suma de los efectos máximos calculados, simultaneando la acción de todos ellos.

g) No conviene proyectar, como no sea en casos excepcionales y previa justificación, células elementales que hayan de ser forjadas con fábrica de ladrillo ordinario con dimensiones superiores a las deducidas de la siguiente fórmula, en la cual e es el espesor de aquel forjado:

$$l = 25 * e$$

y siempre con la condición de que la superficie máxima de aquéllas no pase de la siguiente:

$$S = 140 * e - 9$$

Señalándose todas estas dimensiones en metros. [...].

Artículo 32. Arriostramiento. Se deben establecer **arriostramientos transversales, longitudinales**, suficientemente resistentes para contrarrestar los efectos del viento, enlazando los diversos elementos: cerchas, jácenas, vigas, etc., para constituir un conjunto estable, mediante la unión de todos ellos. Las piezas de arriostramiento deben ser rígidas para resistir aquéllos efectos, no solamente durante el montaje de la estructura, sino, principalmente, cuando ésta se encuentre en servicio.



PF: Estudi de dos edificis:
Dispensari Central Antituberculós
de Barcelona i Casa Bloc
Autor: Boris Berenguer
Font: AFB

Artículo 33. Aparatos de apoyo. Se dotará de aparatos de apoyo a todos los elementos de las estructuras metálicas que, como consecuencia de los

efectos producidos por las variaciones de temperatura o cualquier otro defecto, deben permitírseles movimientos, dilataciones, contracciones, etc. Igualmente debe procederse de análogas disposiciones a todas las partes de aquellos que, por tener que colocarse sobre las fábricas o terrenos de diversas clases, transmitan reacciones cuya cuantía por unidad de superficie no deba rebasar determinados límites.

Estos aparatos de apoyo pueden tener disposiciones variadas, siendo bien planos, lisos, con juegos, de rodillos, rótulas, etc., según la importancia de los efectos soportados y cuantía de las reacciones transmitidas.

Generalmente estos aparatos deben de ser de acero fundido con excepción de los rodillos y rótula, que deben ser de acero forjado. [...]

Cuando se trate de efectos debidos a las variaciones de temperatura en los elementos expuestos íntegramente a ellas, deberán disponer de la posibilidad de alcanzar variaciones de 0,0003 metros por metro lineal. [...].

Gairebé acabant la normativa se'ns presenta un article molt interessant respecte a la **disposició constructiva dels reblons**. Aquests són considerats com a elements fonamentals malgrat, com hem vist a les diverses fotografies, la cohabitació amb els reblons era freqüent.

Artículo 34. Roblonado. Las uniones y los enlaces de las diversas barras que constituyen una estructura se realizarán por medio de roblones, utilizando solamente tornillos con carácter excepcional.

La distancia entre centros de los orificios para roblones, no será menor de tres veces su diámetro, ni mayor, en el sentido de los esfuerzos que se encuentran sometidas las piezas, de 150 milímetros, cuando éstas estén formadas por perfilados y palastros.

Cuando se trate de piezas compuestas con perfilados angulares, en las cuales existan orificios al tresbolillo en ambas alas, la distancia máxima entre centros de orificios de un ala podrá llegar al doble de la antes citada.

Cuando se trate de unir varios palastros o planos entre sí, se coserán por roblones cuya distancia, en cualquier dirección, no sea mayor de 300 milímetros.

En piezas extendidas compuestas por ángulos o perfilados, se admitirá una distancia de 300 milímetros entre los roblones que las aseguran y unen.

La distancia entre el centro del orificio para un roblón y el borde del elemento cosido, no será menor de 35 milímetros para los roblones de diámetro superior a 19 milímetros y 25 milímetros para los de 19 milímetros o menor diámetro.

Dicha distancia, no será mayor, en ningún caso, de ocho veces al espesor del elemento cosido.

El diámetro de los roblones que hayan de utilizarse para la unión de escuadras o perfilados, no pasará de la cuarta parte de la anchura del ala de dicho elemento.

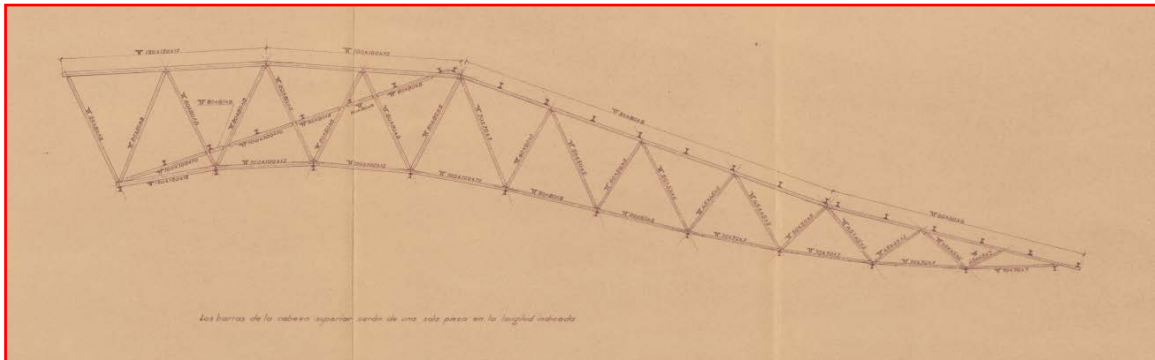


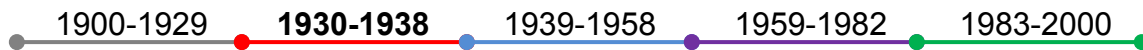
Figura 2.39 Croquis de la cercha roblonada N° 513.239. Un detalle en una hoja. Font: Archivo Torroja

Artículo 35. Uniones articuladas. Cuando las uniones se realizan articuladas, utilizando pasadores, enlazando piezas compuestas o simples, deben reforzarse, siempre que sea preciso, la zona de unión de cada una de ellas para que su resistencia no quede disminuida en ninguna de sus partes.

Los pasadores deben tener la longitud necesaria para que puedan establecer el debido contacto de las piezas unidas, con el fin de evitar movimientos laterales de ellas.

V. Trabajo en taller.

Artículos 36 a 42. Mano de obra. [...]. Preparación de las piezas. [...]. Roblonado. [...]. Uniones de pasadores. [...]. Montaje en el taller.[...]. Pintura y expedición de piezas. [...]. Inspección. [...].



VI. Trabajos en obra.

Artículos 43 a 55. Montaje. [...]. Comprobación. [...]. Pruebas. [...]. Clases de pruebas. [...]. Medición de esfuerzos. [...]. Pruebas definitivas. [...]. Elementos que deben sustituirse. [...]. Registro de los resultados. [...]. Inspección. [...]. Pintura. [...]. Recepción provisional. [...]. Recepciones definitivas. [...]. Casos en que no pueden realizarse las pruebas. [...].

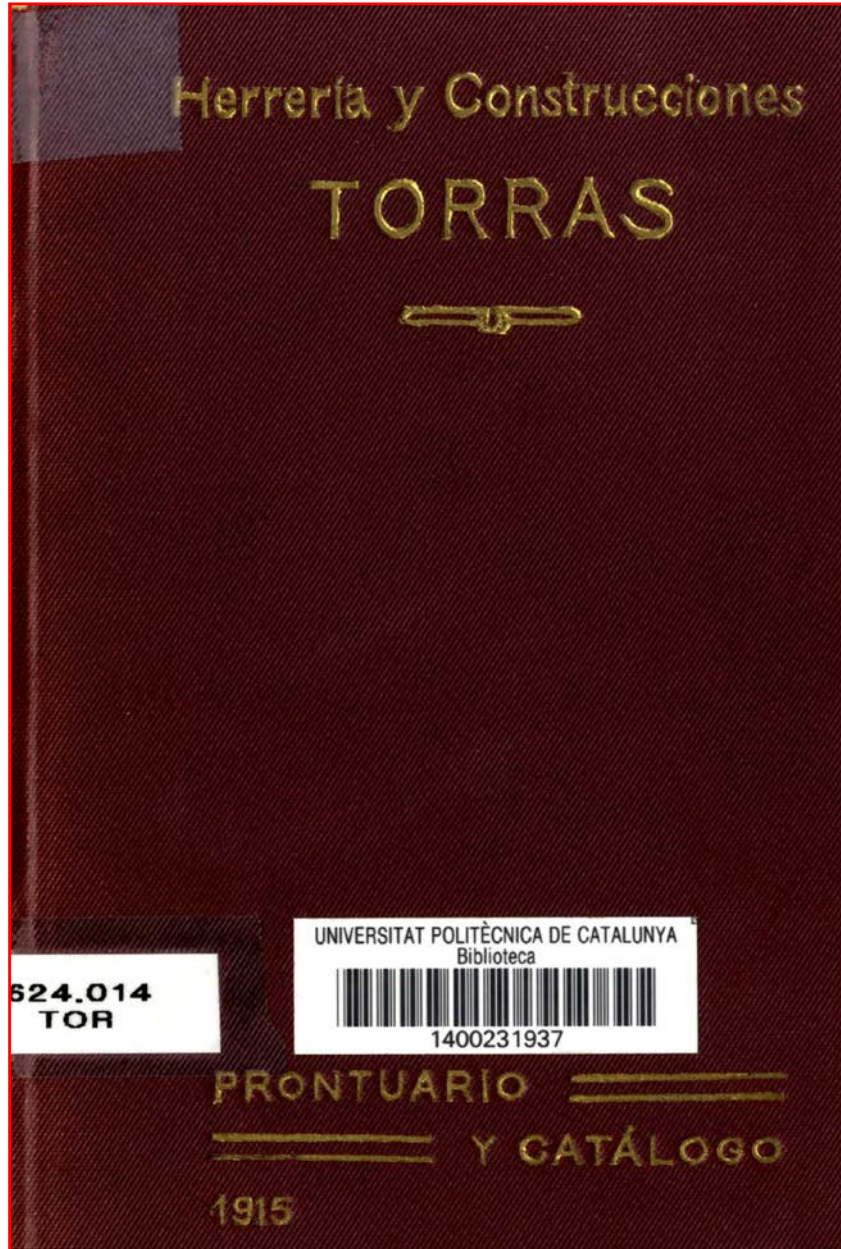


TELEGRAMAS: ANONIMATORRAS

APARTADO DE CORREOS, 148
TELÉFONO N.º 11500

TORRAS - HERRERÍA Y CONSTRUCCIONES, S. A.
RONDA DE SAN PEDRO, 74

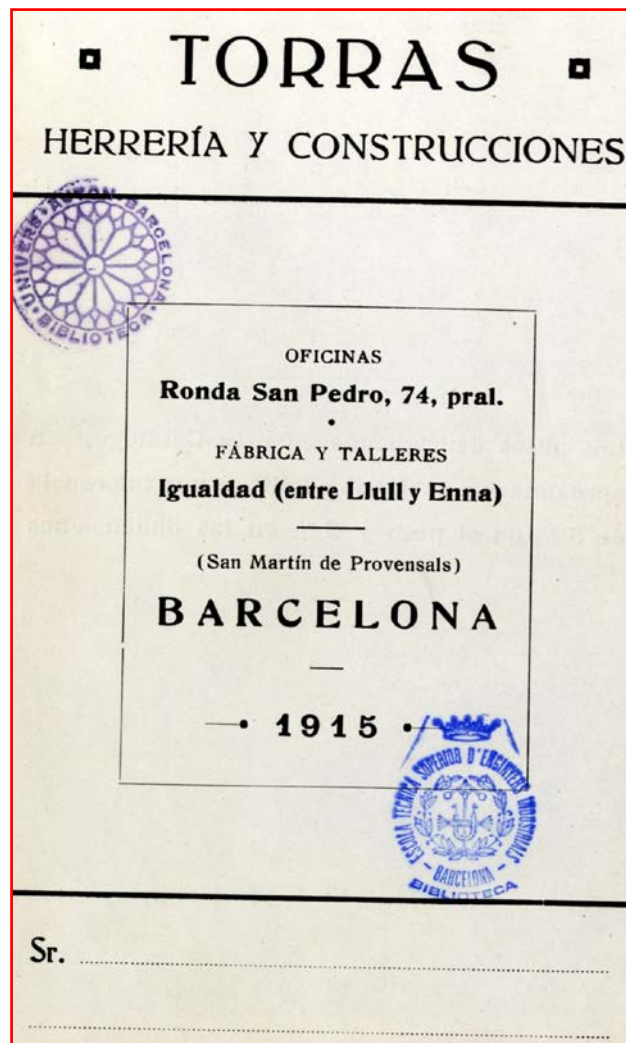
2.4. TECNOLOGIA INDUSTRIAL



2.4.1. Tecnologia dels materials

Si al BLOC I dedicàvem aquest apartat al promptuari de l'empresa *Altos Hornos de Vizcaya*, en aquest mostrarem el cas del proporcionat per una empresa catalana; **Can Torras**¹⁹.

El Prontuario y Catalogo, tot i aparèixer al voltant dels anys 15, tingué una influència fonamental gairebé durant mitja part del segle XX -fet que confirma la rellevància de l'empresa. Es pot veure encara a Barcelona, en múltiples perfilats de bigues, la tipografia de la paraula TORRAS, en clara referència al subministrador dels mateixos.



Se construyen toda clase de jácenas, armaduras para cubiertas, pies derechos, depósitos para líquidos, puentes de todos los sistemas,

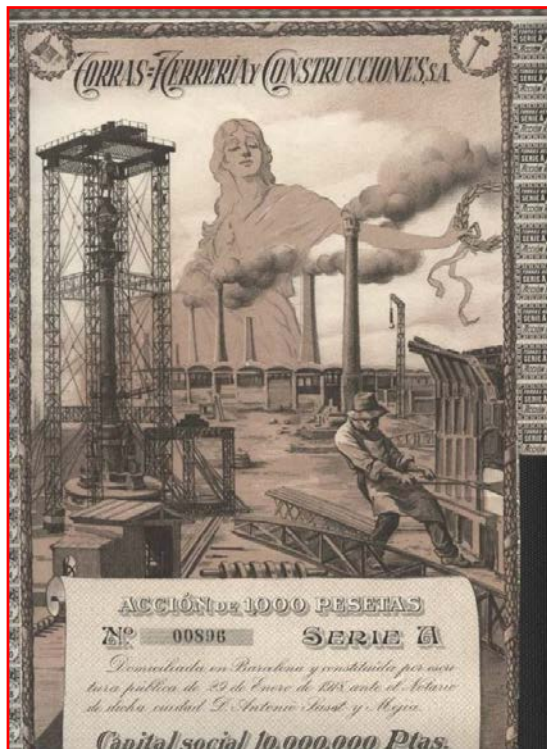
¹⁹ Torras. Herrería y Construcciones.

mercados, claraboyas y todo lo que sea concerniente al ramo de cerrajería de armar.

Se hacen proyectos y presupuestos de **construcciones metálicas**.

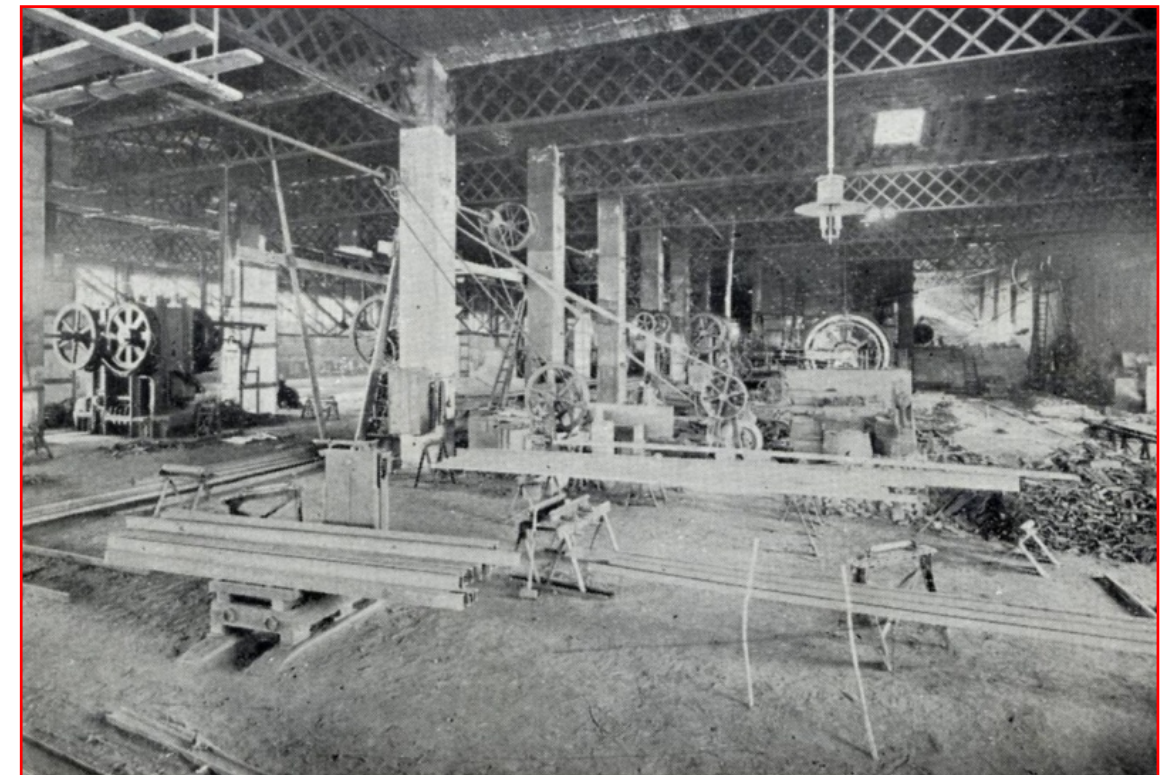
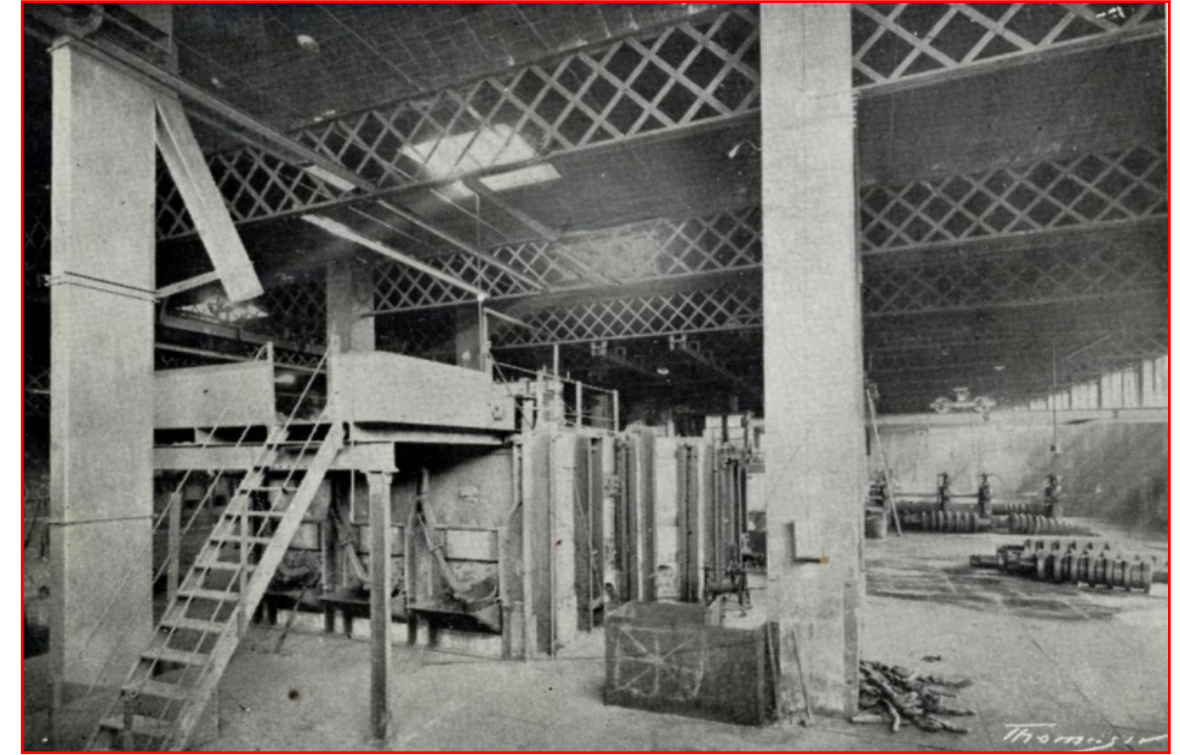
El promptuari no tindrà l'extensió, ni de fet la diversitat que apareixia al de l'empresa de Biscaia; bàsicament s'hi mostraran els perfils que l'empresa fabricava en aquell moment.

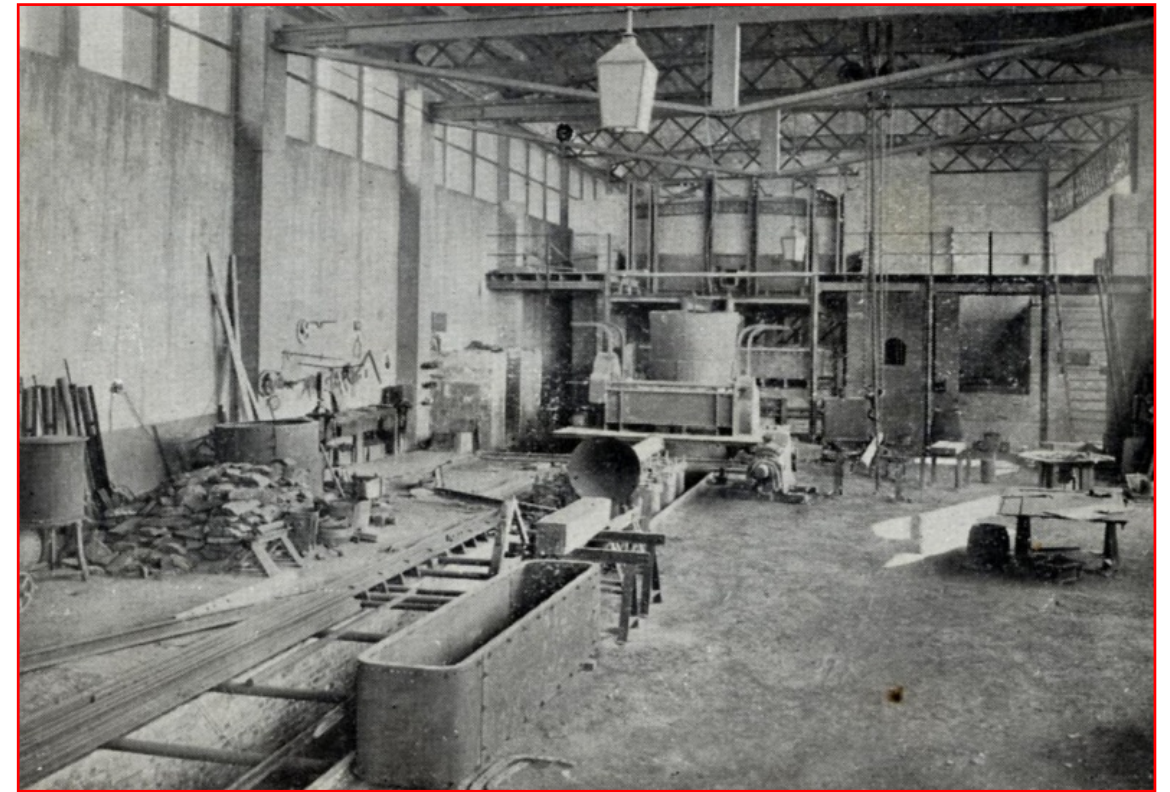
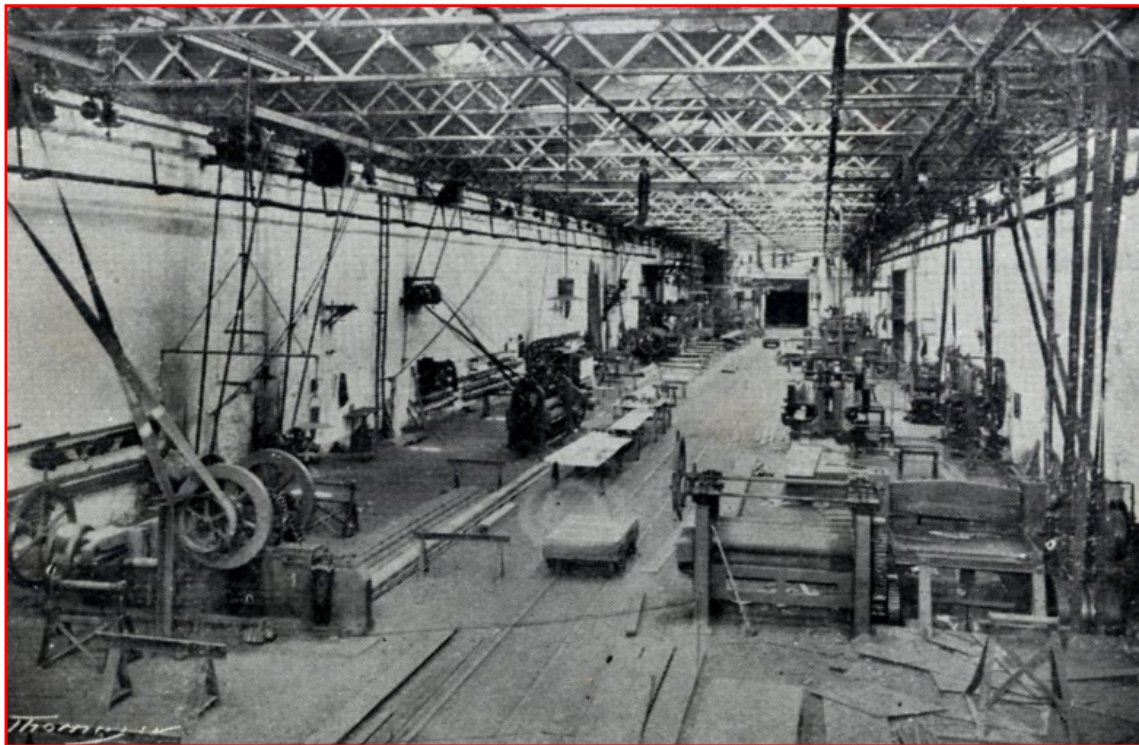
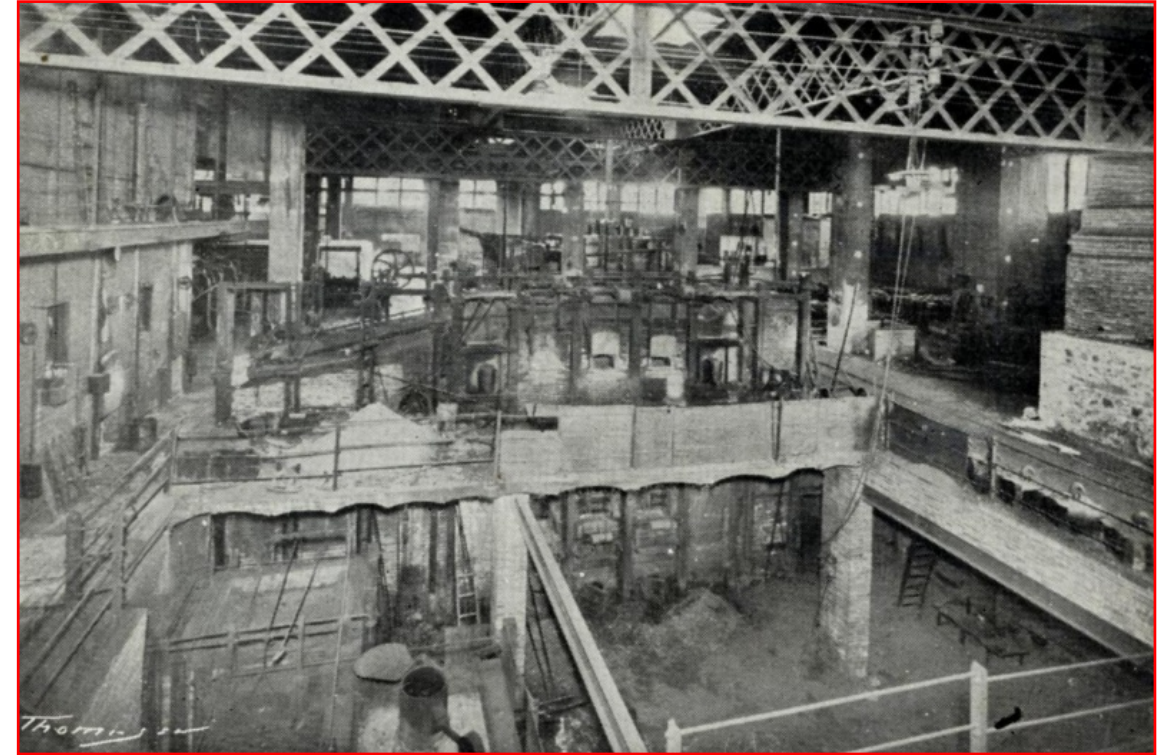
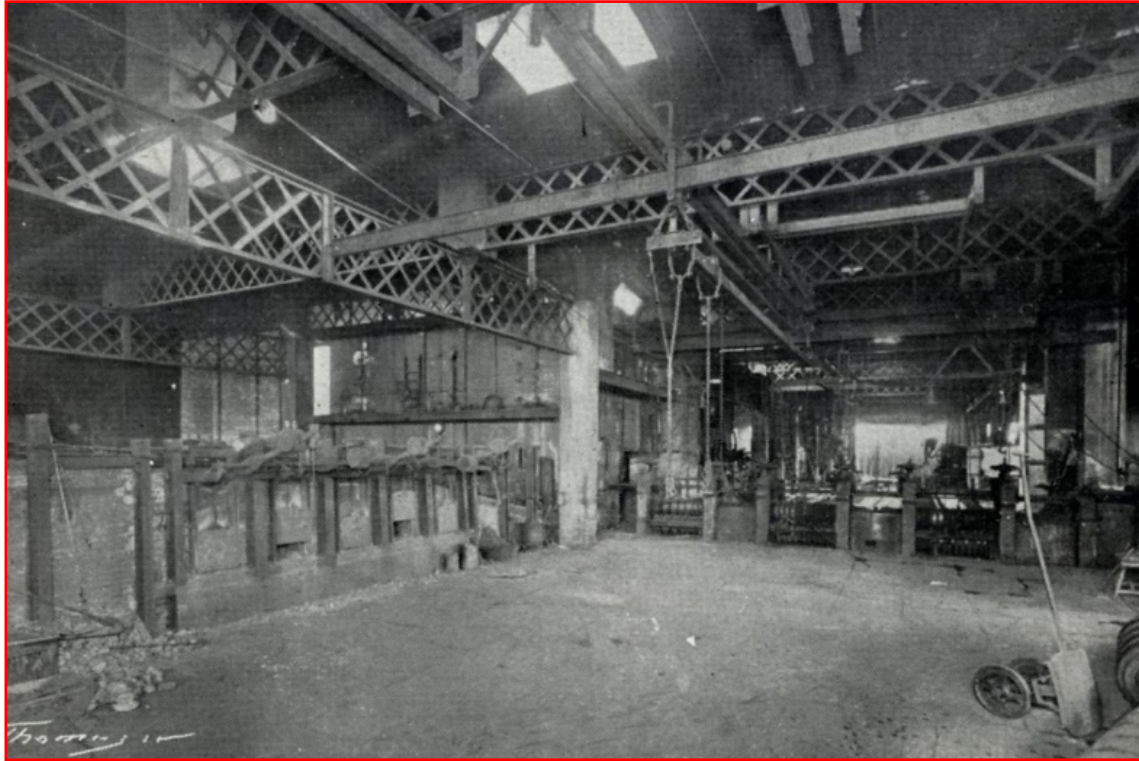
Val a dir que ha estat de suma importància l'existència del mateix promptuari doncs l'empresa, com dèiem, tingué una rellevància fonamental durant el segle XX i per tant, part de les construccions metàl·liques que es



construïen tenien el material comprat a l'empresa barcelonina. Aquest fet va provocar que se la conegué popularment com "**Can Torras del ferros**". Així doncs, gràcies al catàleg podem deduir, *a posteriori*, les propietats mecàniques i geomètriques dels perfils fet que ens pot ajudar on la manca (o pèrdua) d'informació ens dificulta la interpretació dels mateixos. El promptuari, a diferència del vist anteriorment de l'empresa *Altos Hornos de Vizcaya*, també era una mena de propaganda de la mateixa ja

que en ell es recollia informació gràfica i visual de diferents elements de la nau així com un recull de tota la tipologia constructiva d'arreu del país resultant però, insistim, més breu en quant a informació constructiva i tipologia que, com s'ha vist, fou molt abundant al promptuari de 1903.

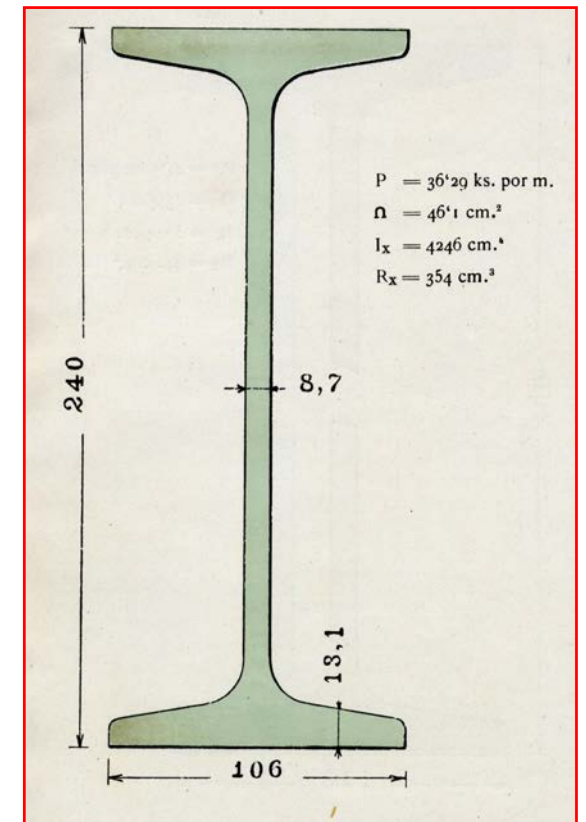
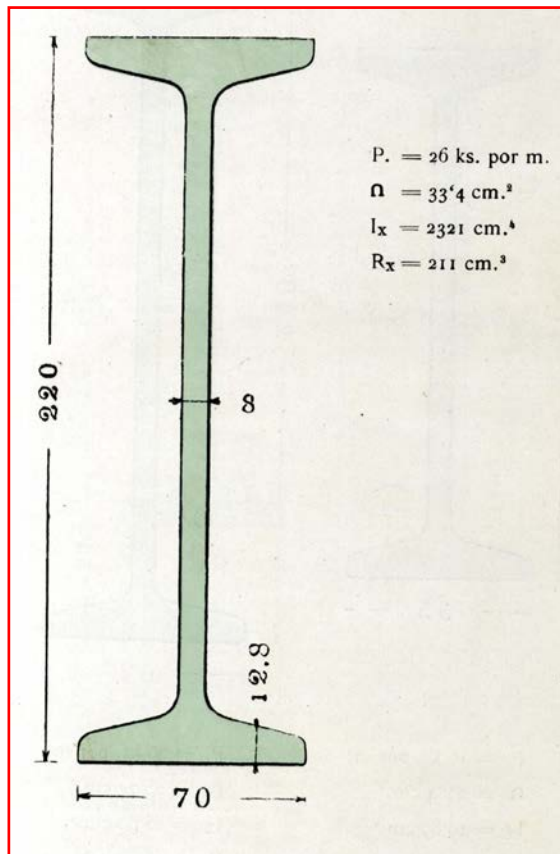
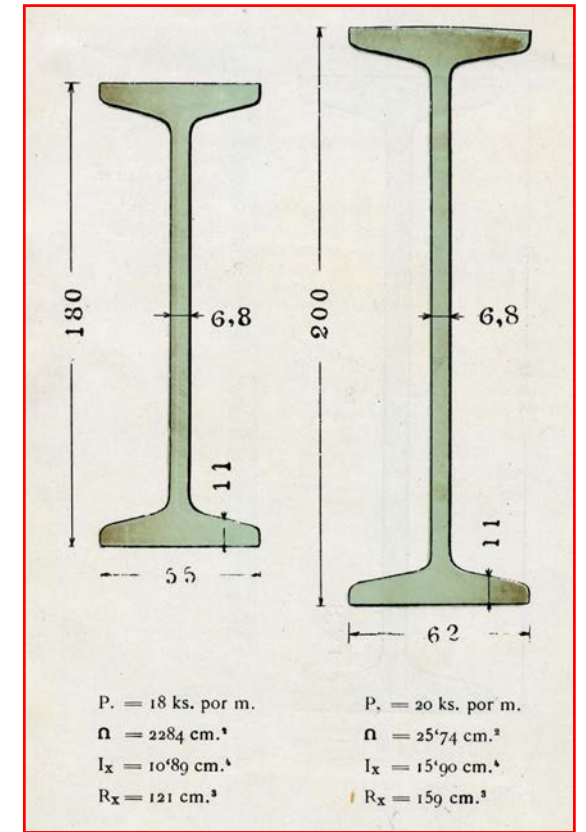
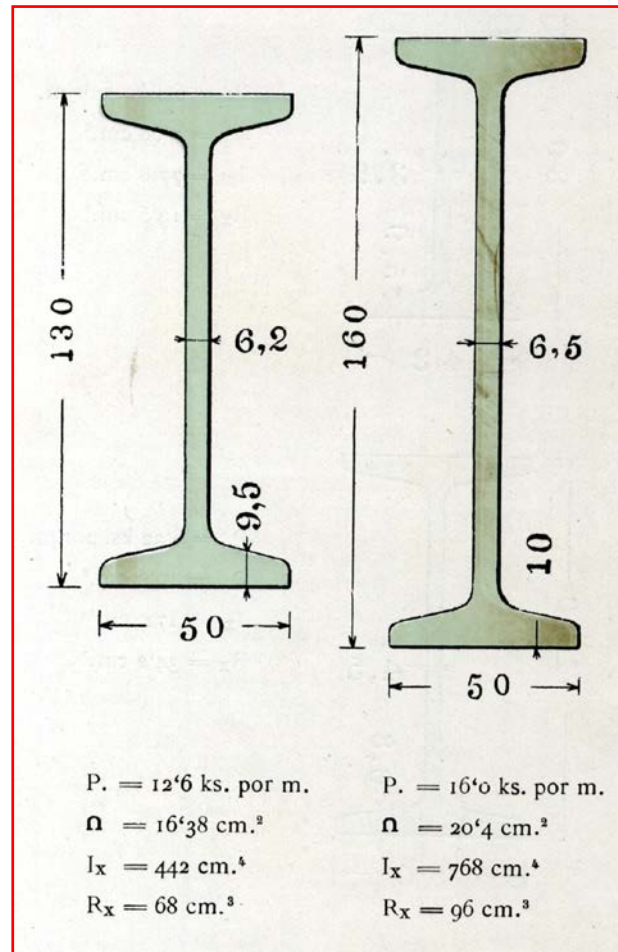
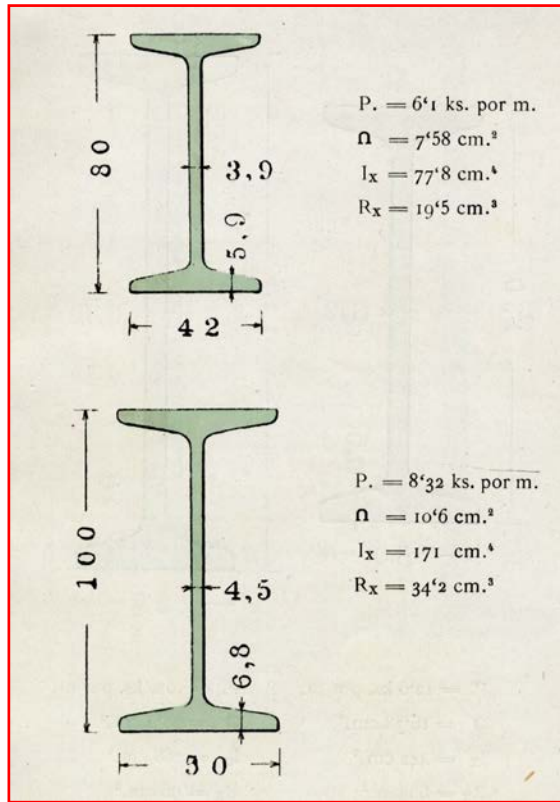


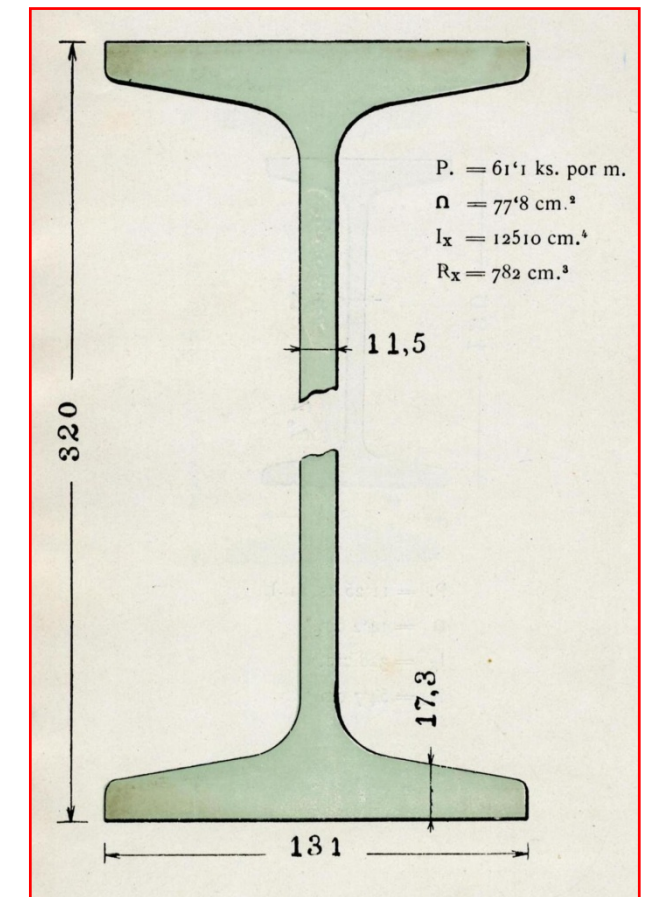
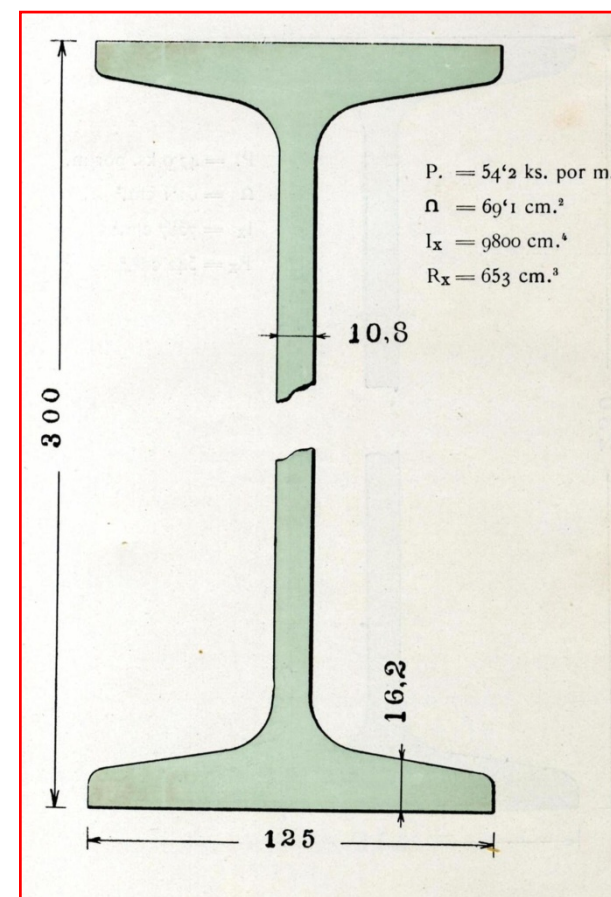
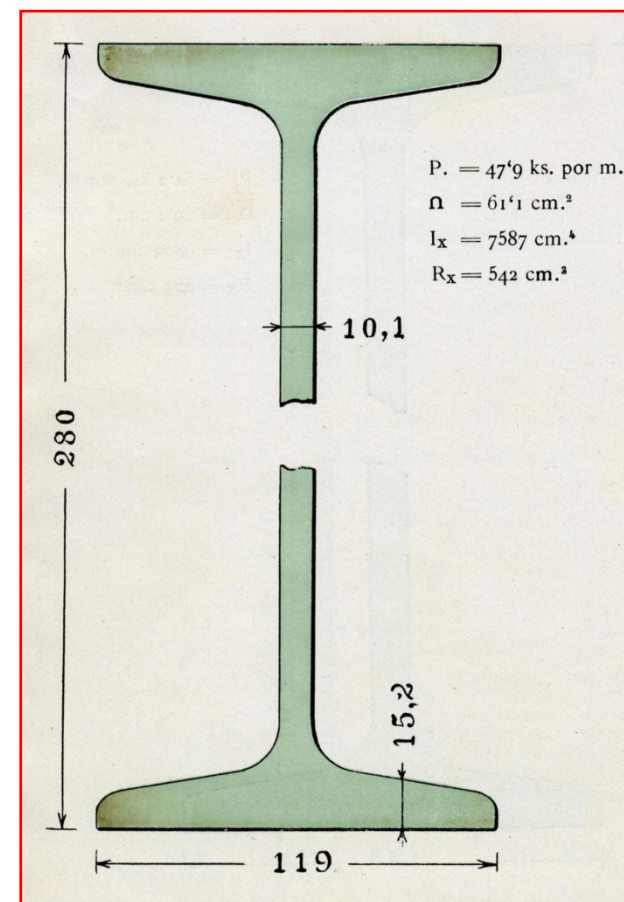
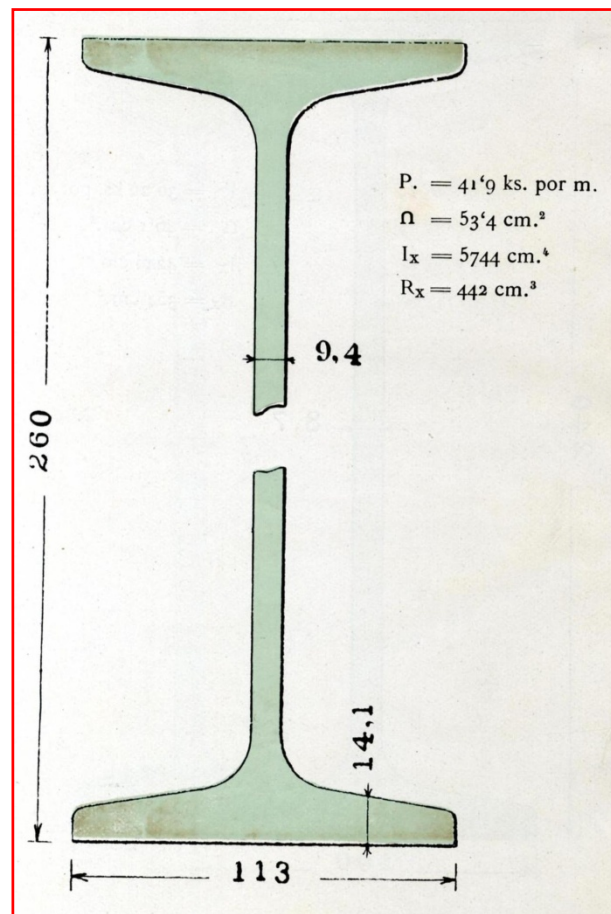
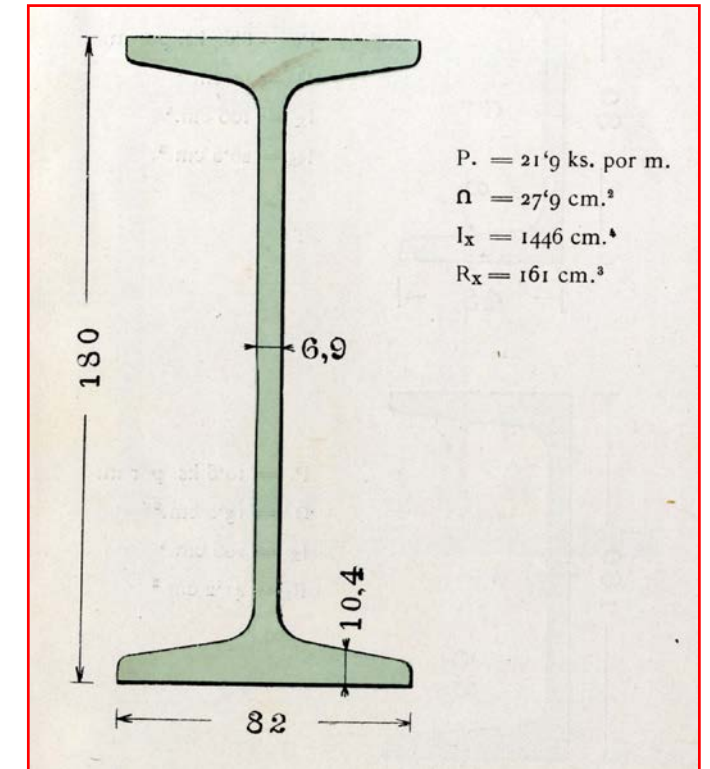
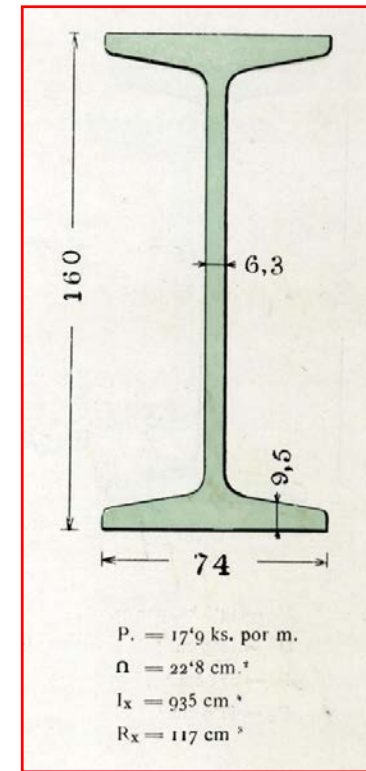
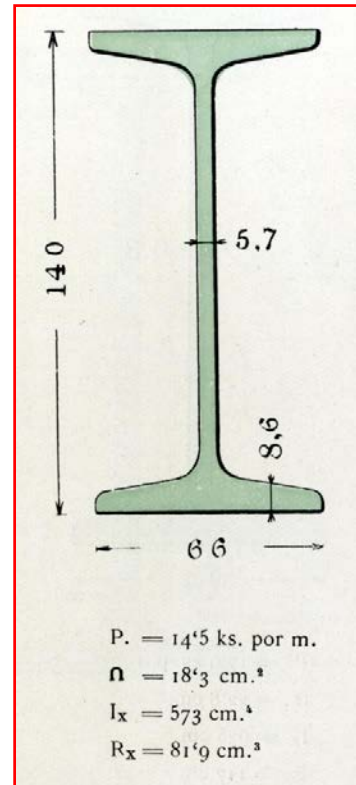
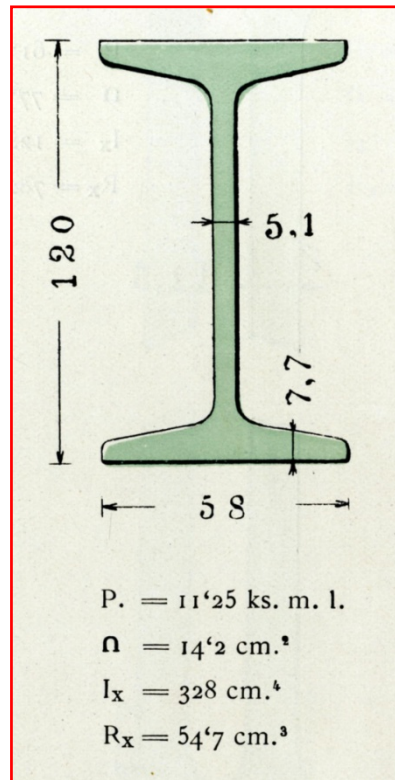


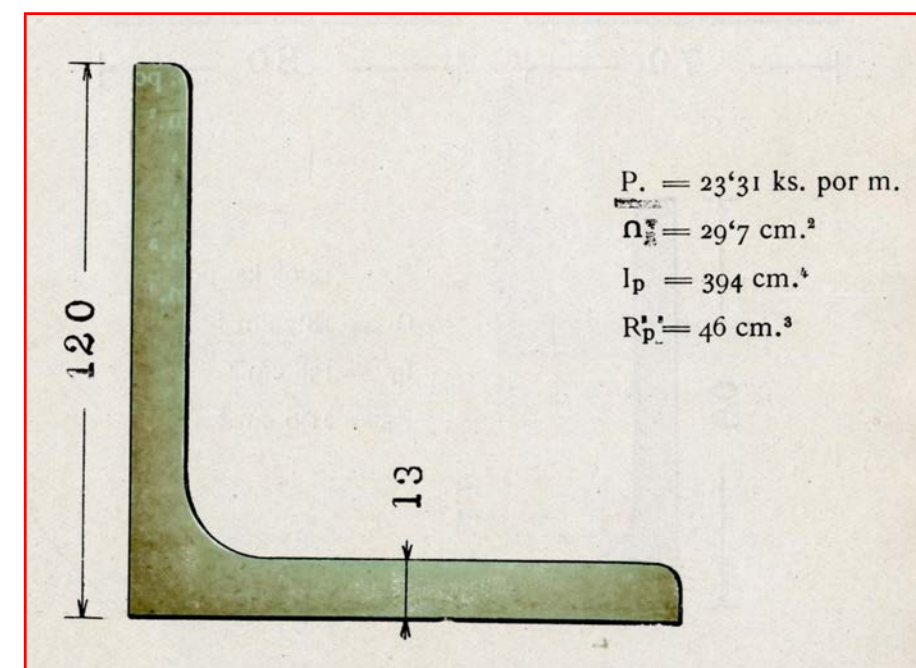
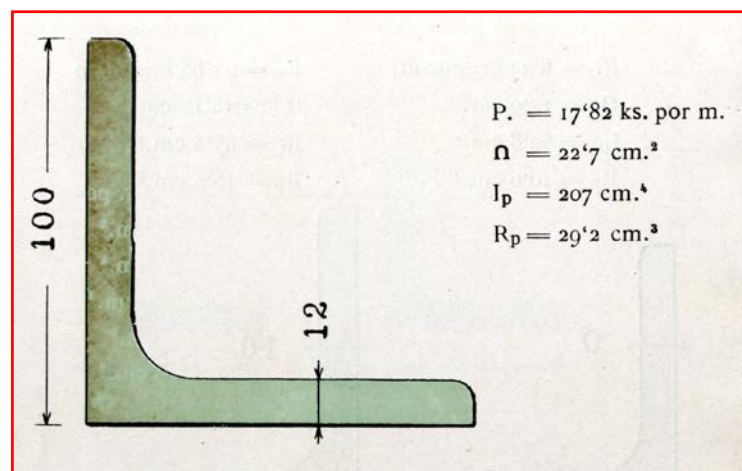
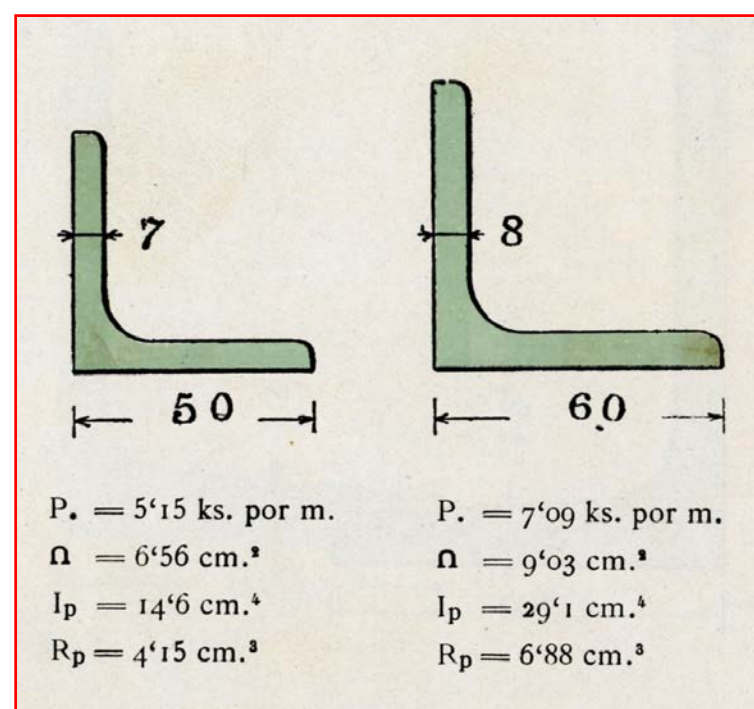
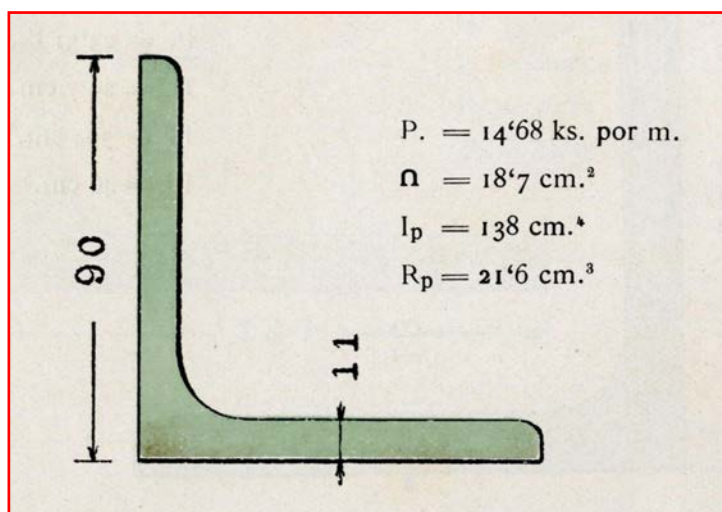
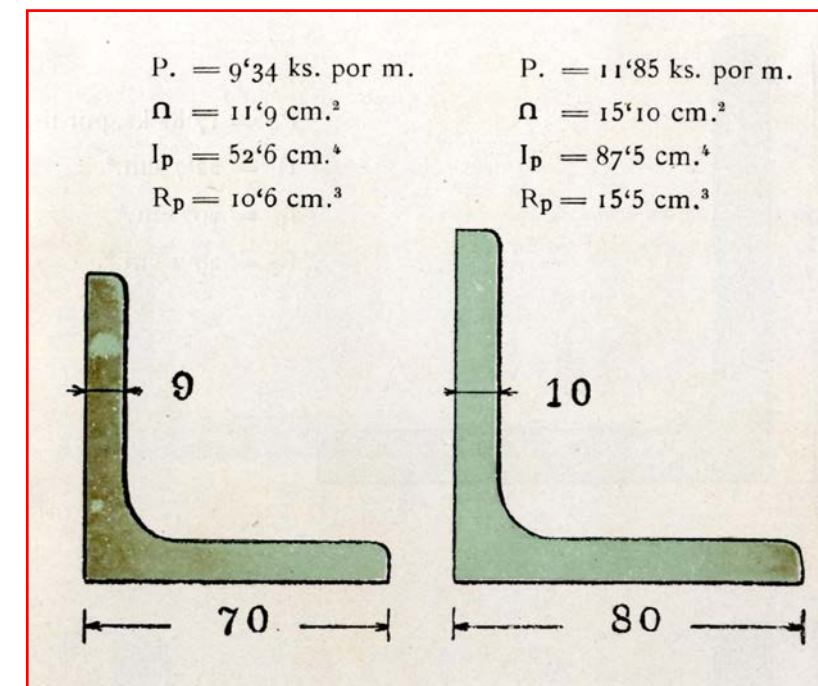
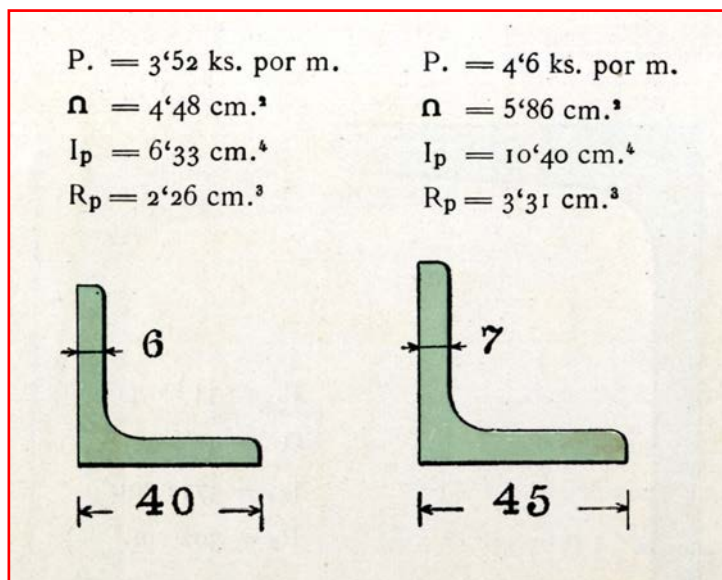
L'empresa mostrava totes la tipologies seriades que a l'any 1915 oferia²⁰.

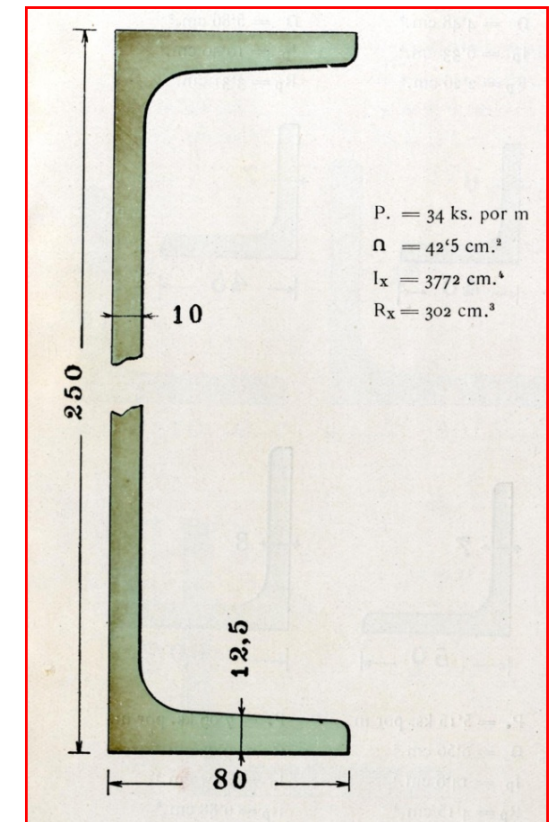
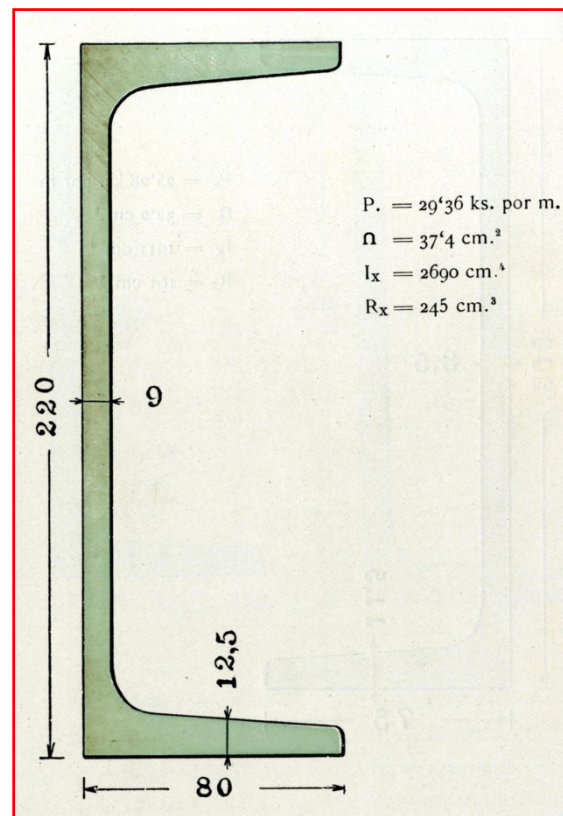
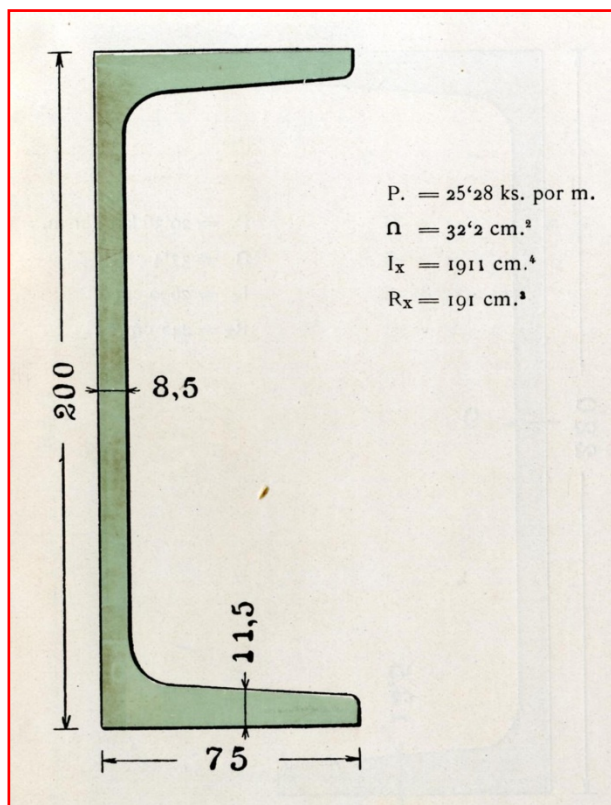
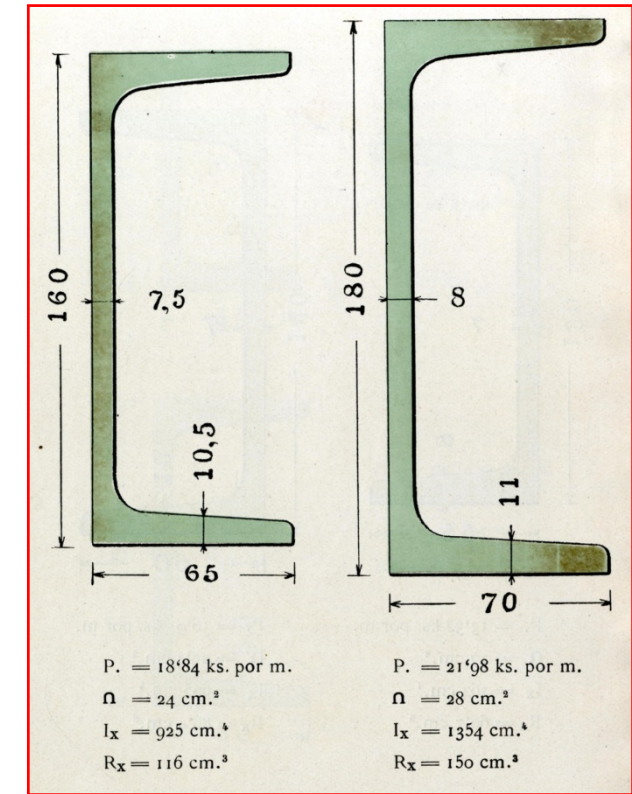
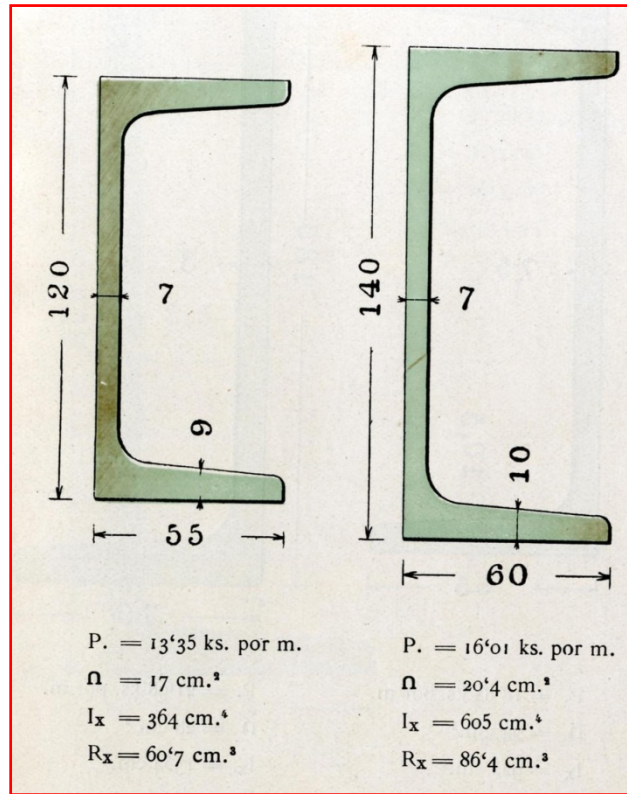
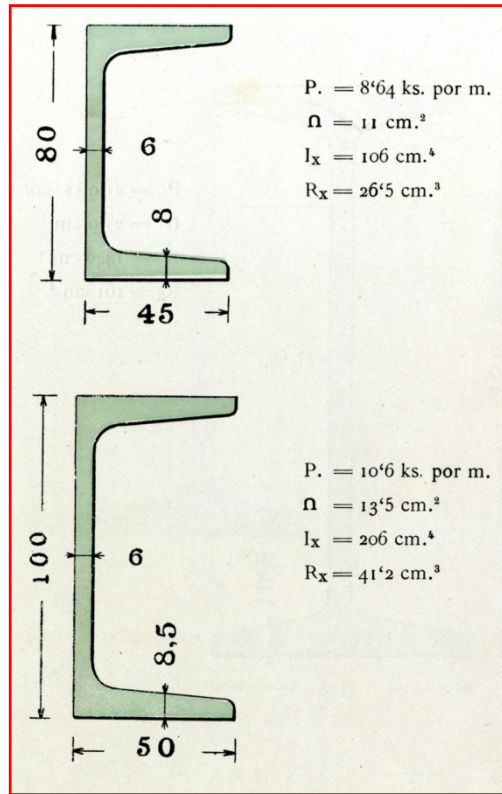
Perfils TORRAS			
Ala estrecha	80.42	L	40.6
	100.50		45.7
	130.50		50.7
	160.50		60.8
	180.55		70.9
	200.62		80.10
	220.70		90.11
	240.106		100.12
			120.13
Ala ancha	120.58	T	40.5
	140.66		45.5,5
	160.74		50.6
	180.82		60.7
	260.103	U	70.8
	260.113		80.45
	280.119		100.50
	300.125		120.55
	320.131		140.60
	360.143		160.65
	400.155		180.70
	450.170	200.75	
	500.185	Cuadrados	5mm ÷ 100mm
	550.200	Redondos	∅5mm÷∅32mm
	600.215	Planos	10.1 ÷ 10.40
			100.1 ÷ 100.40

²⁰ S'ha cregut annexar-les tot seguit pel seu valor històric alhora tècnic.









$$P. = 2'96 \text{ ks. por m.}$$

$$\Omega = 3'77 \text{ cm.}^2$$

$$I_x = 5'28 \text{ cm.}^4$$

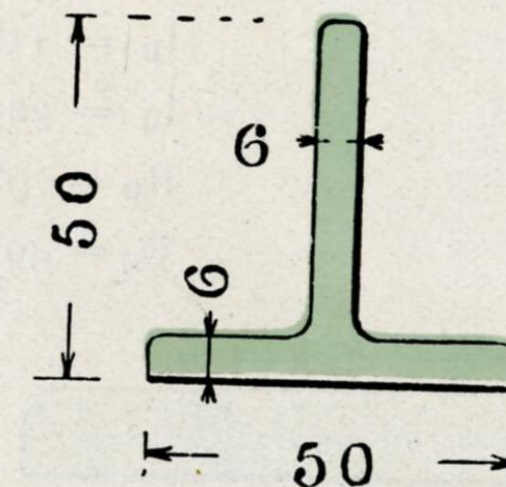
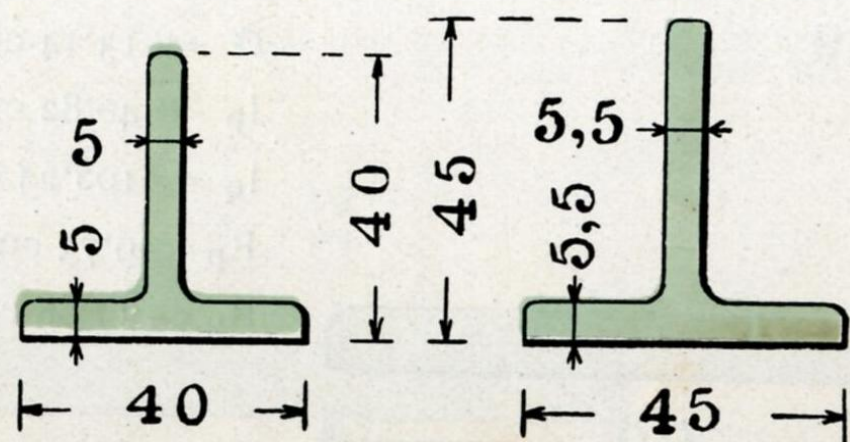
$$R_x = 1'84 \text{ cm.}^3$$

$$P. = 3'67 \text{ ks. por m.}$$

$$\Omega = 4'67 \text{ cm.}^2$$

$$I_x = 8'13 \text{ cm.}^4$$

$$R_x = 2'51 \text{ cm.}^3$$

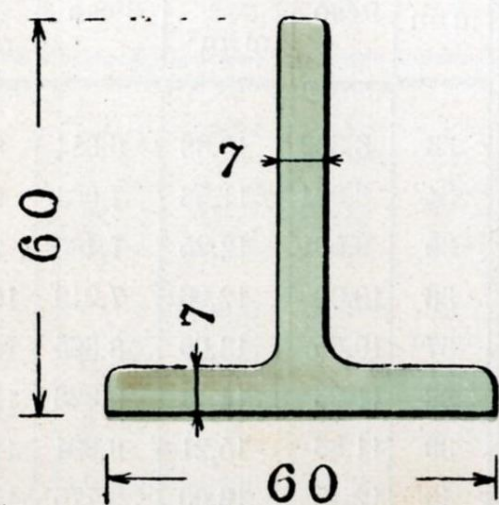


$$P. = 4'44 \text{ ks. por m.}$$

$$\Omega = 5'66 \text{ cm.}^2$$

$$I_x = 12'1 \text{ cm.}^4$$

$$R_x = 3'36 \text{ cm.}^3$$

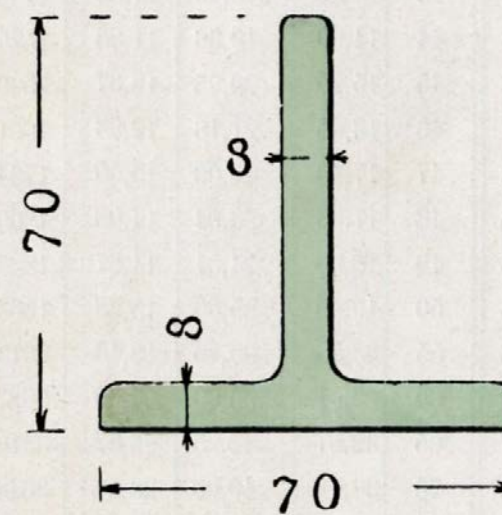


$$P. = 6'23 \text{ ks. por m.}$$

$$\Omega = 7'94 \text{ cm.}^2$$

$$I_x = 23'8 \text{ cm.}^4$$

$$R_x = 5'48 \text{ cm.}^3$$



$$P. = 8'32 \text{ ks. por m.}$$

$$\Omega = 10'6 \text{ cm.}^2$$

$$I_x = 44'5 \text{ cm.}^4$$

$$R_x = 8'79 \text{ cm.}^3$$

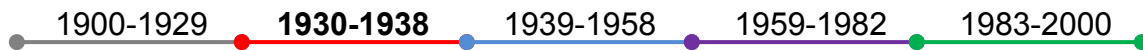
L'estructura del promptuari és semblant a la presentada pels *Altos Hornos de Vizcaya*. Així doncs, una de les primeres taules que s'hi troben és la del càlcul de *vigas laminadas apoyadas en los extremos* amb una estructura de càlcul igual que la del cas anterior. En aquest cas, igualment, el material treballa a 10 kilograms per mil·límetre quadrat (també es suposa la possibilitat de treball a 8 kilograms per mil·límetre quadrat com en el cas anterior).

VIGAS LAMINADAS I_b APOYADAS EN LOS EXTREMOS																				
Cargas totales uniformemente repartidas que pueden soportar trabajando el material a 10 kgs. por milímetro cuadrado.																				
Dimensiones		Momentos resistentes		Peso por metro		LUCES EN METROS														
h	b	Rx	P	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6	7	8	9	10	11		
m/m	m/m	cm ³	kilgs.																	
80	42	19,5	6,1	1560	1040	780	624	520												
100	50	34,2	8,3	2736	1824	1368	1064	912	781											
130	50	68,0	12,6	5440	3627	2720	2176	1813	1554	1360										
160	50	96,0	16,0	7680	5120	3840	3072	2560	2194	1920	1707	1536	1380							
180	55	121,0	18,0	9680	6453	4840	3872	3226	2765	2420	2151	1936	1713	1383						
200	62	159,0	20,0	12720	8480	6360	5088	4240	3634	3180	2827	2544	2300	1817	1500					
220	70	211,0	26,0	16880	11253	8440	6752	5626	4822	4220	3749	3376	3075	2411	2110					
240	106	351,0	36,3	26220	18280	14160	11280	9440	8033	7080	6293	5640	4720	3845	3540	3146				
Ala ancha	120	58	54,7	11,2	4376	2917	2188	1750	1458	1250	1094									
	140	66	81,9	14,5	6552	4308	3276	2620	2184	1872	1638									
	160	74	117,0	17,9	9360	6240	4680	3744	3120	2674	2340	2080								
	180	82	161,0	21,9	12880	8586	6440	5152	4263	3680	3220	2862	1872	1560	1840					

Figura 2.40 Taula de càrregues totals repartides suportades(I).

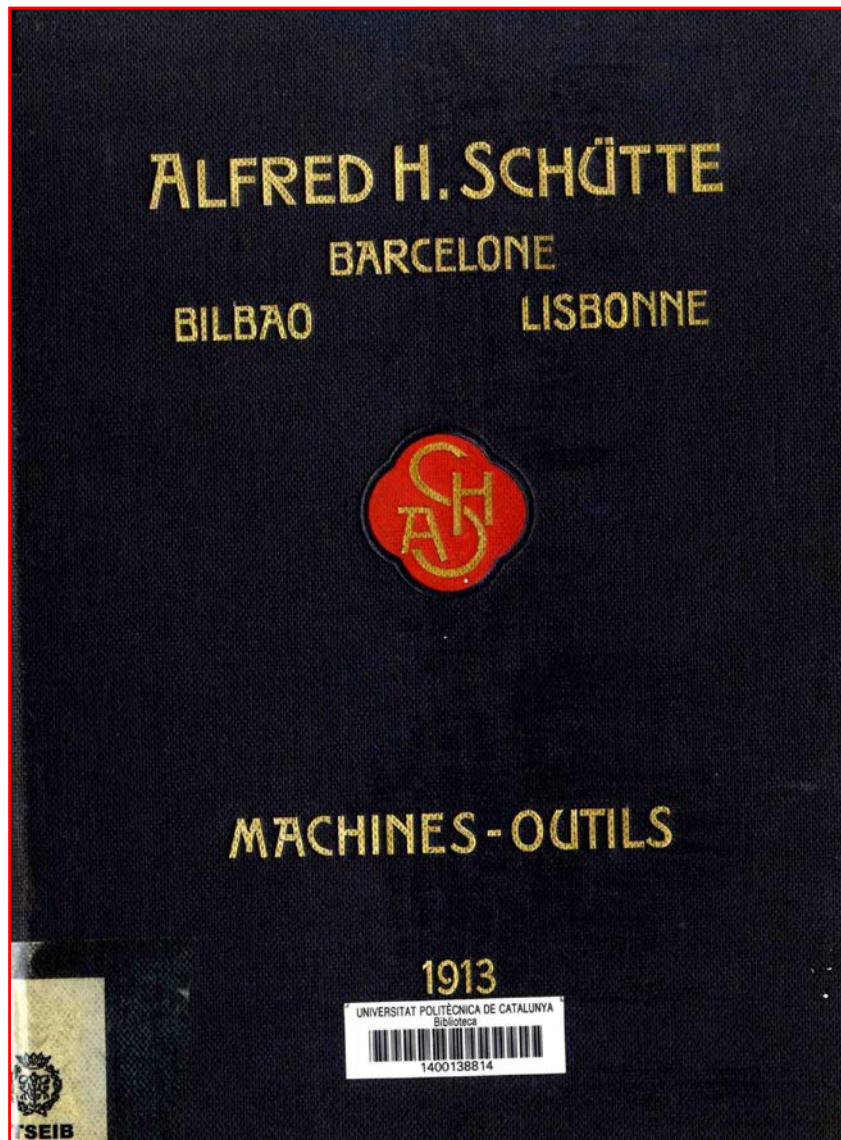
Cargas uniformemente repartidas que pueden soportar las jácenas laminadas, suponiéndolas apoyadas por sus extremos y haciendo trabajar el material a 10 kgs. por mm ²																			
Dimensiones		Momentos resistentes		Peso por metro		DISTANCIAS l ENTRE LOS PUNTOS DE APOYO EN METROS													
h	b	Rx	P	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10	11	
m/m	m/m	cm ³	kilgs.																
260	103	452	44,5	36160	24106	18080	14464	12053	10331	9040	8035	7232	6025	5165	4520	4017			
260	113	442	41,92	35360	23573	17680	14144	11786	10102	8840	7857	7072	5893	5051	4420	3928			
280	119	542	47,96	43360	28906	21680	17347	14433	12388	10840	9635	8672	7226	6194	5420	4817			
300	125	633	54,24	52240	34826	26120	20896	17413	14924	13060	11608	10448	8706	7462	6530	5804	5224		
320	131	782	61,07	62560	41706	31280	25024	20853	17874	15640	13902	12512	10426	8937	7820	6951	6256	5687	
360	143	1088	76,20	87040	58026	43520	34816	29013	24868	21760	19342	17408	14506	12434	10880	9670	8704	7913	
400	155	1459	92,60	116720	77813	58360	46588	38906	33348	29180	25937	23344	19453	16674	14590	12967	11672	10611	
450	170	2040	115,4	163200	108800	81600	65280	54400	46628	40800	36266	32640	27300	23314	20400	18131	16320	14836	
500	185	2750	140,5	220000	146666	110000	88000	73333	62857	55000	48888	44000	36666	31428	27500	24444	22000	20000	
550	200	3602	166,4	288160	192106	144080	115264	96053	82331	72040	64035	57632	48026	41165	36020	32017	28816	26196	
600	215	4664	199,4	373120	248746	186560	149248	124373	106605	93280	82915	74624	62186	53302	46640	41457	37312	33920	

Figura 2.41 Taula de càrregues totals repartides suportades (II).



Podem extreure dues consideracions que venen implícites a la taula; primer, novament la consideració de **biga recolzada als extrems** fet que reforça la idea presentada de la dificultat tant de càlcul com constructiva de la unió encastada. I, també el **valor de la tensió per mil·límetre quadrat** amb què es treballa.

Aquestes dues consideracions seran hipòtesi que, a manca de dades de les memòries de càlcul, sempre es podran fer degut a la seva reiteració en el manuals i les bibliografies.



2.4.2. Tecnologia de fabricació i muntatge

Si prèviament es feia esment que havia estat difícil trobar procediments de fabricació dels reblons, contextualitzats al principi de segle XX, cal fer notar que en aquest cas concret, el dels processos de fabricació dels cargols no ha estat així. Són múltiples les referències que s'hi han trobat, no des de l'entrada bibliogràfica de fabricació de cargols, sinó des del punt de vista de les màquines eina que ho duien a terme.

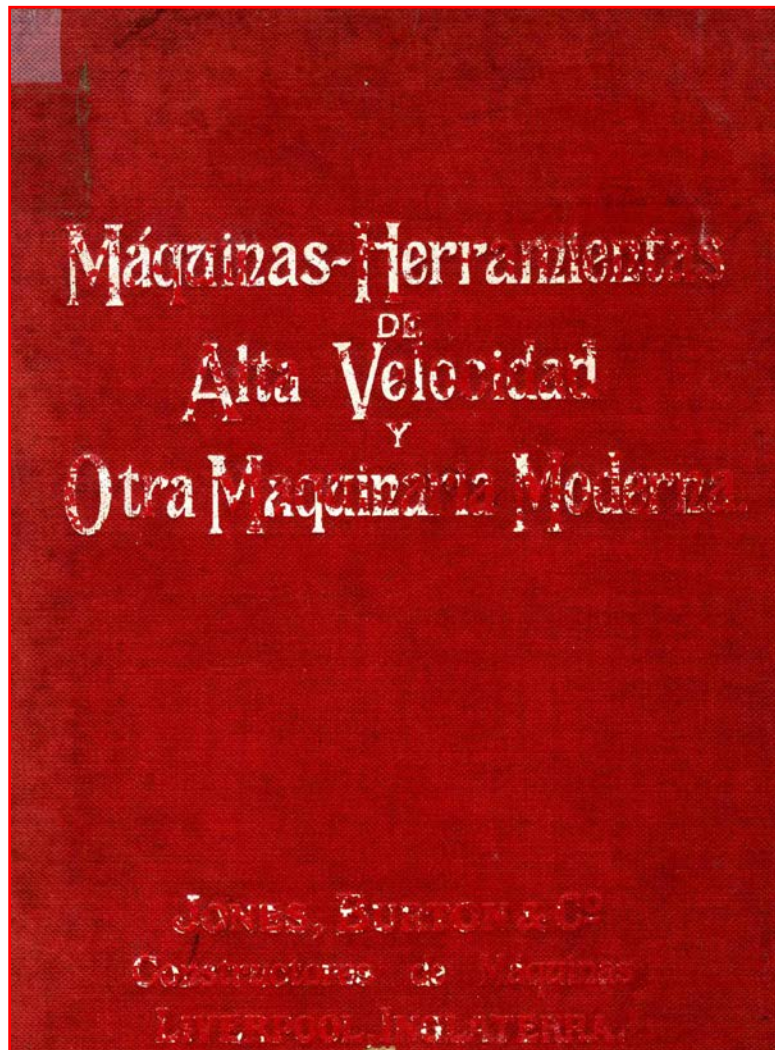


Figura 2.42 Máquinas herramientas de alta velocidad y otra maquinaria moderna

Tot i que fonamentalment la principal màquina eina era **el torn**, amb les seves múltiples varietats tant de tipologia com d'accionament (manual, automàtic), els tractats descriuen una varietat de màquines la missió principal de les qual era la de fer cargols (conjuntament, algunes d'elles, amb d'altres elements com podien ser els mateixos reblons i les rosques entre d'altres).

Els dos llibres dels quals s'ha extret gran part de la informació i que m'han estat especialment recomanats han estat els següents - ubicats al fons antic de l'E.T.S.E.I.B.²¹:

- *Máquinas-herramientas de alta velocidad y otra maquinaria moderna.* Jones, Burton & Co., constructores de máquinas.

- *Werkzeugmaschinen = Machine-tools = Machines-outils = Macchine-utensili = Máquinas-herramientas.* Alfred H. Schütte.

Bàsicament, als manuals citats prèviament, es destacarien dues tipologies de màquina eina;

- Màquines per fabricar reblons, rosques i cargols
- Màquines de doble efecte per forjar cargols i reblons

Màquines per fabricar reblons, rosques i cargols

Con esta máquina **se pueden fabricar tornillos de cualquier longitud** con cabezas cuadradas, hexagonales, de tambor, seta ó orificios de entrada biselada y con gargantas cuadradas, rectangulares ó redondas de varillas ó de hierro ordinarias.

88

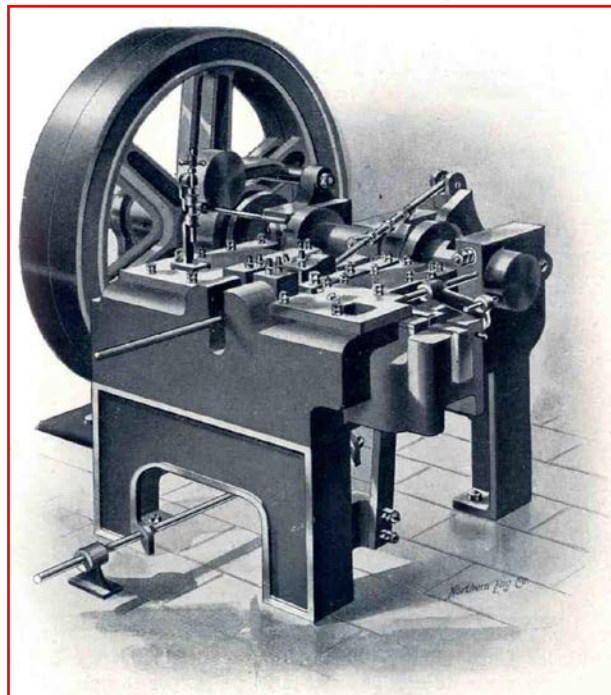


Figura 2.43 Màquina eina (I)

²¹ Són citats tal i com apareixen al fons bibliogràfic de la mateixa E.T.S.E.I.B

La cabeza se forma al extremo de la barra caliente y luego antes de que se enfríe cortar la longitud requerida. Pueden producirse de 5 á 25 gruesas por día de 9 horas según tamaño y forma.

Destacar la variabilitat de cargols a fabricar però, sobretot, no deixa de ser curiós la jornada laboral de 9 hores.

Esta máquina produce también tuercas cuadradas ó hexagonales que se forman al extremo de la barra caliente de manera parecida al procedimiento que se ha descrito para tornillos.

Una ventaja notable que ofrece esta máquina es que de ella **salen tornillos** y tuercas cuadradas ó hexagonales (ó sean los núcleos á roscar) **ya perfectos** y no tienen que ser manipulados para su acabado final. Las velocidades de la máquina según los tamaños que se fabriquen, deben ser de entre 40 y 80 revoluciones por minuto.

Màquines de doble efecte per forjar cargols i reblons

89

De un solo golpe de estas máquinas se producen tornillos ó remaches con gargantas redondas y con cabezas de cualquiera forma que sea. Son de construcción muy fuerte y sencilla y no son fáciles de descomponerse.

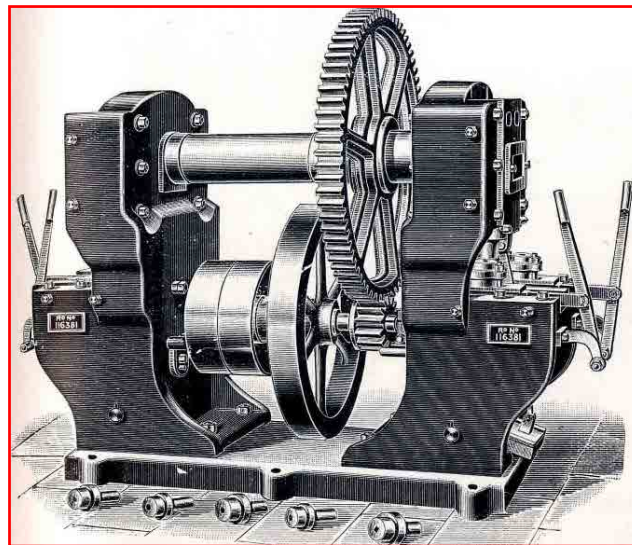
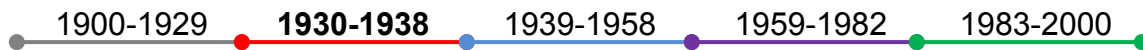


Figura 2.44 Màquina eina (II)



Para tornillos de garganta cuadrada, se emplean dos pares de perforaciones y herramientas superiores, siendo necesarios dos golpes de máquina para hacer el tornillo.

El tornillo es sacado por una herramienta después del primer golpe y puesto en la otra, del par, que lo acaba de formar; pero aún con las dos operaciones un solo calentamiento del núcleo ó varilla, es suficiente. Se pueden hacer tornillos de hasta 16 pulgs. de longitud. **Va provisto de un mecanismo automático que extrae el tornillo acabado**, y se le coge entonces con las pinzas ó tenazas. Mientras está la máquina en operación se cuidará de dirigir un chorro constante de agua á cada una de las herramientas superior é inferior.

Figura 2.1 Proclamació de la República. Font: Arxiu Fotogràfic de Barcelona. Josep Maria Sagarra.	6
Figura 2.2 Manifest de renúncia d'Alfons XIII. Font: Diari ABC - 17.04.1931.7	7
Figura 2.3 Proclamación de la República en Barcelona. Font: La Vanguardia 15 d'abril de 1931.....	8
Figura 2.4 Períodes de la Segona República.....	9
Figura 2.5 El triunfo de las izquierdas. Font: La Vanguardia 30 de juny de 1931.	9
Figura 2.6 Cartell de la C.E.D.A. per a les eleccions de 1933.....	10
Figura 2.7 Fets d'octubre de 1934. Font: La Vanguardia 9 d'octubre de 1934.	12
Figura 2.8 Cartell del Front Popular per a les eleccions de 1936.....	13
Figura 2.9 Informació apareguda diari <i>La Voz</i>	14
Figura 2.10 Guernica. Font: La Vanguardia 29 d'abril de 1937.....	15
Figura 2.11 La caiguda de Barcelona Le Corbusier. 1939. Museu Reina Sofía.....	16
Figura 2.12 Mètodes de Càlcul. Mètodes Clàssics, gràfics i altres.....	18
Figura 2.13 Estática aplicada al cálculo de Estructuras y al hormigón armado	21
Figura 2.14 Construcción de edificios. Robert Schindler i Bonaventura Bassegoda	25
Figura 2.15 Detall unió cargolada. Autoria personal.....	26
Figura 2.16 Dades del Perfil Withworth	27
Figura 2.17 Diámetros corrientes en pernos roscados para edificios.....	28
Figura 2.18 Detall unió cargolada. Autoria personal.....	29
Figura 2.19 Exemple d'unió cargolada. Autoria personal.	31
Figura 2.20 Resistència pràctica de cargols ordinaris en tones.	32
Figura 2.21 Detall unió cargolada i reblonada. Autoria personal.....	33
Figura 2.22 Instrucción para la redacción de proyectos y construcción de estructuras metálicas, redactada por el Ingeniero primero del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos, D. Domingo Mendizábal y Fernández, aprobada por Real orden de 17 de Marzo.....	38

Figura 2.23 ETM-284-001. Tribuna cubierta para el Campo de fútbol de Las Corts [Exp. 513]. Font: Archivo Torroja.	48
Figura 2.24 ETM-200-001. Puente sobre el Muga [Exp. 381]. Font: Archivo Torroja.	50
Figura 2.25 ETM-284-001. Tribuna cubierta para el Campo de fútbol de Las Corts [Exp. 513]. Font: Archivo Torroja.	53
Figura 2.26 ETM-284-001. Tribuna cubierta para el Campo de fútbol de Las Corts [Exp. 513]. Font: Archivo Torroja.	54
Figura 2.27 ETM-284-001. Tribuna cubierta para el Campo de fútbol de Las Corts [Exp. 513]. Font: Archivo Torroja.	54
Figura 2.28 Detall unió cargolada i reblonada. Autoria personal.	55
Figura 2.29 Detall de l'estudi de vinculament en pilar. Fons C.O.A.C.	58
Figura 2.30 Detall de la cimentació de la obra citada. Font: Edifici d'habitatges pel Sr. Josep Mateu Batlle. C.O.A.C.	60
Figura 2.31 Rases per realitzar els fonaments. Casa Bloc.	61
Figura 2.32 Unions. Casa Bloc.	61
Figura 2.33 Detall unió amb cohabitació de cargols i reblons.	62
Figura 2.34 Detall unió amb cohabitació de cargols i reblons.	63
Figura 2.35 Detall constructiu.	64
Figura 2.36 Detall constructiu.	65
Figura 2.37 ETM-284. Tribuna cubierta del Campo de fútbol de Les Corts. Barcelona. Font: Archivo Torroja.	66
Figura 2.38 ETM-284. Tribuna cubierta del Campo de fútbol de Les Corts. Barcelona. Font: Archivo Torroja.	67
Figura 2.39 Croquis de la cercha roblonada N° 513.239. Un detalle en una hoja. Font: Archivo Torroja.	70
Figura 2.40 Taula de càrregues totals repartides suportades(I).	84
Figura 2.41 Taula de càrregues totals repartides suportades (II).	84
Figura 2.42 Máquinas herramientas de alta velocidad y otra maquinaria moderna.	87
Figura 2.43 Màquina eina (I)	88
Figura 2.44 Màquina eina (II)	89