

hormigón

***y ACERO***

*n°150*

*ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO.*

*DECLARADA DE UTILIDAD PUBLICA CON FECHA 4-3-77*

*INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE LA CONSTRUCCION Y DEL CEMENTO.*

*COSTILLARES (CHAMARTIN). MADRID-33.*

# *hormigón y acero*

*n.º 150*

1º trimestre, 1984

## CUOTAS ANUALES

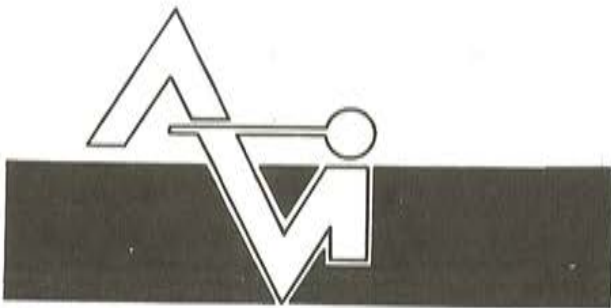
CATEGORIAS	ESPAÑA	EXTRANJERO
Miembros "Personales" (personas naturales) .....	2.000,- ptas.	40,- dólares
Miembros "Colectivos" (personas jurídicas) .....	5.000,- ptas.	100,- dólares
Miembros "Protectores" (personas naturales o jurídicas que deseen prestar una ayuda económica especial a la A.T.E.P.) .....	10.000,- ptas.	200,- dólares

Ni la Asociación ni el Instituto, una de cuyas finalidades es divulgar los trabajos de investigación sobre la construcción y sus materiales, se hacen responsables del contenido de ningún artículo y el hecho de que patrocinen su difusión no implica, en modo alguno, conformidad con la tesis expuesta.

De acuerdo con las disposiciones vigentes, deberá mencionarse el nombre de esta Revista en toda reproducción de los trabajos insertos en la misma.

APARTADO 19.002 - COSTILLARES - CHAMARTIN - MADRID - 33

Depósito Legal: M-853-1958  
Imprime: ACOR, S.A.- M. Hernández, 50 - MADRID  
ISSN: 0439-5689



PREFABRICACION LIGERA Y PESADA

**ALVISA**

PREFABRICADOS ALBAJÁR

**PUENTES - NAVES INDUSTRIALES - FORJADOS  
BOVEDILLAS - LADRILLOS - TEJAS - TUBOS DRENAJE**



**HUESCA:**

Oficina Comercial y Fábrica: P.º Lucas Mallada, s/n - Teléfono 22 39 00 - HUESCA

Oficina y Fábrica: Ctra. de Lérída, s/n - Teléfono 40 07 80 - MONZON

Oficina y Fábrica: Ctra. de Huesca - Teléfono 39 00 41 - GRAÑEN

**MADRID**

Oficina Comercial: Orense, 10, 1.º - Teléfonos 455 05 35 - 6 - 7 - MADRID-10

Oficina y Fábrica: Ctra. Torrejón a Loeches, Km 4,200 - Teléfonos 675 04 50 - 4 - 8 -  
TORREJON DE ARDOZ

Oficinas y Fábrica: Ctra. de Toledo, Km 7,300 - Teléfono 688 27 72 - LEGANES

**ZARAGOZA**

Oficina Comercial: P.º de la Constitución, 31 - Teléfonos 23 75 02 - 3 - ZARAGOZA-1



**Comité de Redacción  
de la Revista  
Hormigón y Acero**

ARENAS, Juan José  
BARREDO, Carlos  
CUVILLO, Ramón del  
CHUECA, Rafael  
ELICES, Manuel  
FERNANDEZ DE VILLALTA, Manuel  
FISAC, Miguel  
GONZALEZ VALLE, Enrique  
JODAR, Juan  
JULIA, Manuel  
LLOMBART, José Antonio  
MANTEROLA, Javier  
MARIA TOME, Javier  
MURCIA, Juan  
PIÑEIRO, Rafael  
POZO VINDEL, Florencio J. del  
ROMERO, Rafael  
SANCHEZ CASTRO, Carlos  
SANCHEZ GALVEZ, Vicente  
SIEGRIST, Carlos

# **hormigón y acero**

**n. 150**

**índice**

	<u>Pág.</u>
	9
<b>Informe resumido de las actividades desarrolladas por la Asociación Técnica Española del Pretensado durante el año 1983</b>	
Compte rendu de l'activité de l'Association Technique Espagnole de la Précontrainte au cours de 1983.	
Short report on the activity of the Spanish Technical Association of Prestressing during 1982.	
<i>R. Piñeiro.</i>	
<b>457-0-88 Dimensionamiento, a esfuerzo cortante, de los nervios de forjados realizados con viguetas semirresistentes de hormigón pretensado. ....</b>	<b>19</b>
Dimensionnement, compte tenu de l'effort tranchant, des nervures pour les planchers, réalisés sur des poutrelles demi-résistantes en béton précontraint.	
Shear strength design of the ribs of slabs floors, made with prestressed concrete semirresistant beams.	
<i>Benedicto Gómez Sedano.</i>	



		<u>Pág.</u>
457-0-89	<b>Análisis de la viga simple sobre lecho elástico a partir del método de los elementos de contorno.....</b> Analyse de la poutre d'une seule travée sur lit élastique à partir de la méthode des éléments de contour, Analysis of girders on elastic beds based on boundary elements. <i>Manuel Martínez Lafuente.</i>	31
457-2-24	<b>Dimensionamiento analítico directo de secciones de hormigón armado en estado límite último de agotamiento. ....</b> Dimensionnement analytique direct des sections en béton armé à l'état limite de rupture pour relaxation, Direct analytical design of reinforced concrete sections based on the ultimate limit of failure. <i>Hugo Corres, Oscar Unanue y Rafael Fernández.</i>	51
591-0-28	<b>Planteamiento conjunto hormigón armado-hormigón pretensado y tendencias futuras de la normativa.....</b> Le traitement unifié béton armé-béton précontraint et tendances pour l'avenir de la normative. Unified treatment of the reinforced concrete and prestressed concrete and future trends of the specifications. <i>Juan Murcia Vela.</i>	69
591-1-39	<b>Cálculo de piezas para forjados unidireccionales.....</b> Calcul des hourdis pour des planchers nervurés à poutrelles préfabriquées. Design of elements for one-way floors slabs. <i>Jorge Pérez Mañá.</i>	87
	<b>Recomendaciones para la preparación de artículos. ....</b> Recommandations pour la préparation de articles. Recommendations for writing articles. <i>R. Piñeiro.</i>	135

**RELACION DE EMPRESAS QUE EN LA FECHA DE CIERRE DEL PRESENTE NUMERO,  
FIGURAN INSCRITAS EN LA ASOCIACION TECNICA ESPAÑOLA DEL PRETENSADO,  
COMO "MIEMBROS COLECTIVOS"**

**ESPAÑA**

AGROMAN, S.A.— Madrid.  
ALBISA, S.A.— Algeciras (Cádiz).  
ARIDOS LIGEROS, S.A.— Madrid.  
AUTOPISTAS, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S.A.— Barcelona.  
AUXINI, S.A.— Madrid.  
BIGUETES, S.L.— Elche (Alicante).  
CAMARA OFICIAL DE COMERCIO, INDUSTRIA Y NAVEGACION.— (Barcelona).  
CASTRO HERMANOS, S.L.— Mislata (Valencia).  
CASTRO MATELO, V., S.A.— Siguiente (La Coruña).  
CATEDRA DE CONSTRUCCION II DE LA ESCUELA TECNICA DE INGENIEROS  
AGRONOMOS.— Córdoba.  
CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.— Madrid.  
COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS CANALES Y PUERTOS.— Madrid.  
COLEGIO DE INGENIEROS TECNICOS DE OBRAS PUBLICAS.— Madrid.  
COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES.— La Coruña.  
COLEGIO OFICIAL DE APAREJADORES Y ARQUITECTOS TECNICOS.— Gerona.  
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE ARAGON. SECCION BIBLIOTECA.—  
Zaragoza.  
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE CANARIAS. DEPARTAMENTO LABORA-  
TORIOS. Sta. Cruz de Tenerife.  
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE CATALUÑA.— Barcelona.  
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS DE MADRID. BIBLIOTECA.— Madrid.  
COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS VASCO-NAVARRO.— Bilbao.  
COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.— Málaga.  
CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL GUADALQUIVIR. BIBLIOTECA.— Sevilla.  
CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS, S.A.— Madrid.  
CONTROLEX.— Alicante.  
COTESA, COLOCACIONES TECNICAS, S.A.— Barcelona.  
CUBIERTAS M.Z.O.V., S.A.— Barcelona.  
CUMBRE MODULAR, S.A.— Barcelona.  
DEPARTAMENTO DE TEORIA DE ESTRUCTURAS. ESCUELA TECNICA SUPERIOR  
INGENIEROS INDUSTRIALES. UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA.— Zaragoza.  
DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA DEL MANDO SUPERIOR DE APOYO LOGIS-  
TICO DEL EJERCITO. MINISTERIO DEL EJERCITO.— Madrid.  
DITECO, S.L.— Valencia.  
DIVISION DE PLANTEAMIENTO Y PROYECTOS. CENTRO DE ESTUDIO Y APOYO  
TECNICO.— Valladolid.



ELABORADOS DE HORMIGON, S.A.— Burgos.  
ELEMENTOS ESTRUCTURALES PREFABRICADOS (EEPSA).— Manresa (Barcelona).  
ENAGA, S.A.— Pozuelo de Alarcón (Madrid).  
ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL.— Córdoba.  
ESTEBAN ORBEGOZO, S.A.— Zumárraga (Guipúzcoa).  
ESTUDIOS Y PROYECTOS TECNICOS INDUSTRIALES, S.A.— Madrid.  
E.T.S. DE ARQUITECTURA.— Barcelona.  
E.T.S. DE ARQUITECTURA.— Sevilla.  
EUROESTUDIOS, S.A.— Madrid.  
FERNANDEZ CONSTRUCTOR, S.A.— Madrid.  
FERROVIAL, S.A.— Zamora.  
FORJADOS DOL.— Esquivias (Toledo).  
GIJON E HIJOS, S.A.— Motril (Granada).  
GOMHERSA.— Talavera de la Reina (Toledo).  
HIDAQUE, S.A.— Granada.  
HISPANO FRANCESA DE VEHICULOS INDUSTRIALES, S.A. BIBLIOTECA.— Madrid.  
HORMIGONES GERONA, S.A.— Gerona.  
HORMYCER, S.L.— Madrid.  
IBERDUERO, S.A.— Bilbao.  
IBERDUERO, S.A. (CENTRO DE DOCUMENTACION).— Bilbao.  
IBERTECNICA, S.A.— Madrid.  
INBADELCA, S.A.— Baracaldo (Vizcaya).  
INDUSTRIAS VEYGA, S.A.— Tarrasa (Barcelona).  
INFORMES Y PROYECTOS, S.A. (INYPISA).— Madrid.  
INSTITUT CARTOGRAFIC DE CATALUNYA.— Barcelona.  
INSTITUTO NACIONAL DE EMPLEO Y PROMOCION SOCIAL. SECCION ASUNTOS  
GENERALES (SEAF-PPO).— Madrid.  
INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO.— Madrid.  
LA AUXILIAR DE LA CONSTRUCCION.— Sta. Cruz de Tenerife.  
LABORATORIO DE INGENIEROS DEL EJERCITO.— Madrid.  
LABORATORIO GEOCISA. BIBLIOTECA.— Coslada (Madrid).  
LABORATORIO DE CARRETERAS Y GEOTECNIA JOSE LUIS ESCARIO.— Madrid.  
LAING IBERICA, S.A.— Madrid.  
LIBRERIA RUBIÑOS.— Madrid.  
LUIS BATALLA, S.A. (LUBASA).— Castellón de la Plana.  
MAHEMA, S.A.— Granollers (Barcelona).  
MATERIALES Y TUBOS BONNA, S.A.— Madrid.  
MECANOGUMBA, S.A.— Mollet del Vallés (Barcelona).  
NEX TEN, S.A.— Vitoria.  
NUEVA CERAMICA CAMPO.— Lendo-Laracha (La Coruña).  
OTEP INTERNACIONAL, S.A.— Madrid.  
POSTELECTRICA, S.A.— Palencia.  
POSTENSA, S.A.— Bilbao.  
PRAINSA.— Barcelona.  
PRAINSA.— Zaragoza.  
PREBETONG CANARIA, S.A.— Sta. Cruz de Tenerife.  
PREFABRICADOS ALAVESES, S.A. (PREASA).— Vitoria.  
PREFABRICADOS DEL CEMENTO, S.A. (PRECESA).— León.  
PREFABRICADOS DEL HORMIGON, S.A. (CUPRE-SAPRE).— Valladolid.  
PREFABRICADOS NAVARROS, S.A.— Olazagutia (Navarra).



PREFABRICADOS POUSA, S.A.— Santa Perpetua de Moguda (Barcelona).  
PREFLEX. COMPAÑIA LABORAL, S.A.— Gijón (Oviedo).  
PRETENSADOS AEDIUM, S.L.— Mutilva Baja (Navarra).  
PRODUCTOS DERIVADOS DEL CEMENTO, S.A. HORTE.— Valladolid.  
REALIZACIONES Y ESTUDIOS DE INGENIERIA, S.A.— Pinto (Madrid).  
RENFE.— Madrid.  
SAINCE.— Madrid.  
S.E.A.T. (BIBLIOTECA).— Barcelona.  
SERVICIO MILITAR DE CONSTRUCCIONES.— Barcelona.  
SERVICIO TERRITORIAL DE CARRETERAS.— Gerona.  
SOCIEDAD ANONIMA ESPAÑOLA TUBO FABREGA.— Madrid.  
SOCIEDAD ANONIMA FERROVIAL.— Madrid.  
SOCIEDAD ANONIMA MATERIALES Y OBRAS.— Valencia.  
SPANDECK CATALANA, S.A.— Barcelona.  
SUBDIRECCION GENERAL DE EDIFICACION. SECCION DE NORMATIVA (MOPU).—  
Madrid.  
SUBDIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS ECONOMICOS Y TECNOLOGIA (MOPU).—  
Madrid.  
TEJERIAS "LA COVADONGA".— Muriedas de Camargo (Santander).  
TEPSA.— Tarrasa (Barcelona).  
TOSAM, S.L.— Segovia.  
TUBERIAS Y PREFABRICADOS, S.A. (TYPASA).— Madrid.  
UNIVERSIDAD POLITECNICA. HEMEROTECA.— Valencia.  
VALLEHERMOSO, S.A.— Madrid.  
VIAS Y OBRAS PROVINCIALES.— San Sebastián.  
VIGAS REMARRO.— Motril (Granada).

## EXTRANJERO

ASOCIACION DE FABRICANTES DE CEMENTO PORTLAND DEL URUGUAY.—  
Montevideo (Uruguay).  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND.— Sao Paulo (Brasil).  
BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA. UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
Buenos Aires (Argentina).  
BIBLIOTECA DE INGENIERIA. UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU.— Lima (Perú).  
BIBLIOTECA UNIVERSIDAD CATOLICA.— Quito (Ecuador)  
CEPIC, S.C.— Córdoba (Argentina).  
CONSULAR. CONSULTORES ARGENTINOS ASOCIADOS.— Buenos Aires (Argentina).  
CONSULBAIRES.— Buenos Aires (Argentina).

FACULTAD DE ARQUITECTURA, UNIVERSIDAD DE VALPARAISO.—Valparaíso (Chile).  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERIA.—Rosario (Argentina).  
FACULTAD DE INGENIERIA, BIBLIOTECA.—Caracas (Venezuela).  
INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS, BIBLIOTECA CENTRAL, Sao Paulo (Brasil).  
LABORATORIO DE ENGENHARIA DE ANGOLA.—Luanda (Rep. P. de Angola).  
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE, DIRECCION DE BIBLIOTECAS. —  
Santiago (Chile).  
SCIENCE REFERENCE LIBRARY.—Londres (Inglaterra).  
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, FACULTAD DE INGENIERIA, Mérida (Venezuela).  
UNIVERSIDAD CATOLICA VALPARAISO, BIBLIOTECA CENTRAL, DEPARTAMENTO  
ADMINISTRATIVO, Valparaíso (Chile).  
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO, BIBLIOTECA.— Mayaguez (Puerto Rico).

---

### AVISO IMPORTANTE

#### DISCUSION DE LOS ARTICULOS ORIGINALES PUBLICADOS EN LA REVISTA "HORMIGON Y ACERO"

Todos los artículos originales que se publican en "Hormigón y Acero", quedan sometidos a discusión y al comentario de nuestros lectores. La discusión debe limitarse al campo de aplicación del artículo, y ser breve (cuatro páginas mecanografiadas a doble espacio, como máximo, incluyendo figuras y tablas).

Debe tratarse de una verdadera discusión del trabajo publicado y no ser una ampliación o un nuevo artículo sobre el mismo tema; el cual será siempre aceptado para su publicación en nuestra Revista, pero con tal carácter.

Debe ofrecer un interés general para los lectores. De no ser así, se trasladará al autor del artículo al que se refiera, para que la conteste particularmente.

Los comentarios deben enviarse, por duplicado, a la Secretaría de la A.T.E.P., Apartado 19.002, Madrid-33, dentro del plazo de tres meses contados a partir de la fecha de distribución de la Revista.

El autor del artículo cerrará la discusión contestando todos y cada uno de los comentarios recibidos.

Los textos, tanto de las discusiones y comentarios como de las contestaciones de los autores de los correspondientes artículos, se publicarán conjuntamente en una Sección especial que aparecerá en las últimas páginas de la Revista.



# **Informe resumido de las actividades desarrolladas por la Asociación Técnica Española del Pretensado durante el año 1983**

**Por: R. Piñeiro**  
**Vocal Secretario de la ATEP**

El comenzar un nuevo año, y ya son treinta y cinco desde la fundación de la ATEP por nuestro inolvidable Maestro el Profesor D. Eduardo Torroja, de acuerdo con las normas establecidas es necesario dar a conocer las principales actividades desarrolladas por la Asociación durante los últimos doce meses anteriores, con un doble objeto: 1º. Que quede constancia, para el futuro, de los trabajos que se realizan; 2º. Que sirva de recordatorio a los que en estos trabajos han colaborado y de estímulo para todos los Asociados, que les incite a participar activamente en la importante labor que la ATEP tienen encomendada en el campo de la técnica del pretensado, con vistas a su perfeccionamiento y desarrollo; labor que, sin triunfalismo, puede afirmarse que viene desarrollando con reconocido éxito, dentro de lo que sus posibilidades le permiten.

Como oportunamente se comunicó, el pasado año esta labor informativa fue realizada, con beneficio para todos, por el Presidente de la Asociación, debido a que el que esto suscribe se encontraba en Bolivia en Comisión de Servicio. Incorporado de nuevo a mi trabajo habitual, las cosas vuelven a normalizarse y aquí estoy otra vez, como en tantas ocasiones anteriores, dispuesto a dar a conocer, lo más resumidamente posible, lo que ha sido la actuación de la ATEP durante 1983.

Para empezar, conviene destacar un hecho realmente alentador y, creemos, muy significativo de la difusión y prestigio que ha alcanzado nuestra Revista "Hormigón y Acero". Si hasta hace no muchos años era necesario insistir constantemente en la campaña para conseguir artículos originales para su publicación, en la actualidad la situación es radicalmente opuesta y la Revista se nos ha quedado pequeña; En ocasiones, nos faltan páginas para dar cabida a todos los originales que se reciben; y algunos deben esperar para ser publicados en números posteriores, con el consiguiente perjuicio para los autores y para el propio Comité de Redacción puesto que, como lógica reacción, subsiguiente, cuando esto ocurre, viene a continuación una época en la que los Colaboradores se retraen y dejan de enviar sus trabajos. Y de nuevo se han de reanudar las gestiones de solicitud de artículos.



Ante esta realidad, fácil es comprender que procuremos dar a este resumen anual la menor extensión posible, con el objeto de no robar espacio a las interesantes colaboraciones que tenemos en cartera pendientes de publicación.

Con independencia de la acostumbrada enumeración ordenada de las principales actividades desarrolladas por la ATEP durante el año 1983 que ahora concluye, parece conveniente destacar algunos hechos singulares que, por su naturaleza, no tendrían encaje adecuado en dicha enumeración.

En primer lugar, debe llamarse la atención sobre los cambios introducidos en el Comité de Redacción de la Revista. Lamentablemente, alguno de los Miembros del anterior Comité, se han visto forzados a dejar de prestarnos su valiosa y desinteresada colaboración, que nunca agradeceremos bastante, por impedírsele sus habituales ocupaciones. Para suplir estas obligadas bajas, han sido designados otros Miembros de la ATEP que, amablemente, han aceptado pasar a formar parte del Comité: con lo cual éste ha quedado constituido por los siguientes señores, citados por orden alfabético:

ARENAS, Juan José  
BARREDO, Carlos  
CUVILLO, Ramón del  
CHUECA, Rafael  
ELICES, Manuel  
FERNANDEZ DE VILLALTA, Manuel  
FISAC, Miguel  
GONZALEZ VALLE, Enrique  
JODAR, Juan  
JULIA, Manuel  
LLOMBART, José Antonio  
MANTEROLA, Javier  
MARIA TOME, Javier  
MURCIA, Juan  
PIÑEIRO, Rafael  
POZO VINDEL, Florencio J. del  
ROMERO, Rafael  
SANCHEZ CASTRO, Carlos  
SANCHEZ GALVEZ, Vicente  
SIEGRIST, Carlos

Durante el pasado año, la Comisión en su día formada para la redacción del nuevo Manual de la ATEP en el que habrán de recogerse las recomendaciones necesarias para la adecuada conservación de las obras pretensadas, ha concluido su importante labor y, en estos momentos, la imprenta ha iniciado la edición del Manual que confiamos podrá empezar a distribuirse en fecha próxima. El tema tratado en este Manual es realmente importante en estos momentos, como lo demuestran los numerosos trabajos que sobre el mismo se vienen publicando y su inclusión en varias de las reuniones últimamente celebradas por diversas Organizaciones Internacionales. La necesidad de la conservación de las obras, cualesquiera que sean su tipo y los materiales utilizados en su construcción, resulta evidente ya que cada día se hace más patente la obligación de prevenir el inevitable deterioro que sufren las estructuras en el transcurso del tiempo, y las propias deficiencias inherentes tanto a su proyecto como a su construcción y que se ponen de manifiesto, así mismo, a lo largo del tiempo. La conservación permite, también, evitar la progresión de los daños hasta situaciones en que puede llegar a ser muy costosa, o incluso imposible, la reparación de la obra.

Por todo ello, en la actualidad es ya admitido, generalmente, que existen sobradas razones que justifican las inversiones en programas de conservación que garanticen el mantenimiento de las características fundamentales de las estructuras en servicio, tanto en lo que se refiere a su funcionalidad como a sus aspectos estéticos o de cualquier otro tipo.

No obstante, hasta ahora se carece totalmente de una normativa oficial específica sobre el tema. Con el propósito de contribuir, en la medida de las posibilidades de la Asociación, a llenar esta evidente laguna, se ha preparado este nuevo Manual en el que también se recogen las oportunas recomendaciones para la mejor aplicación de la técnica del pretensado en la realización de reparaciones y refuerzos de estructuras, campo en el cual la utilización del pretensado constituye uno de los medios más eficaces y de más frecuente uso, con innegables ventajas, en obras construídas con toda clase de materiales.

La labor realizada que, como fácilmente se comprende, ha presentado numerosas dificultades dadas las peculiares características del tema en estudio, pronto podrá ser juzgada cuando se publique este nuevo Manual que confiamos habrá de tener, al menos, la misma favorable acogida que los anteriores de la serie que, a lo largo de los años, se han venido editando.

Otros acontecimientos dignos de comentario especial, han sido las reuniones que en España han celebrado, recientemente, el Consejo de la Federación Internacional del Pretensado, y su Comisión de "Prefabricación". La reseña detallada de ambas reuniones se ha incluido en el nº 149 de "Hormigón y Acero", correspondiente al último trimestre del pasado año. Ello nos permite reducir este comentario a destacar la importancia que tiene para nuestra Asociación el hecho de que el Consejo de la FIP, su más elevado Organó de dirección, haya aceptado nuestra invitación para que, una de sus dos reglamentarias reuniones anuales, la celebre en los locales del Instituto Eduardo Torroja que, amablemente, nos fueron cedidos para esta ocasión. Desde 1968, no se había reunido en España este Consejo.

La Comisión de "Prefabricación", celebró su reunión en Santiago de Compostela, durante los días 13 y 14 de octubre.

En la reunión del Consejo participaron 21 Delegados en representación de 15 países, y en la de la Comisión de "Prefabricación", 20 Miembros procedentes de 12 naciones distintas. Todos los asistentes a ambas reuniones se mostraron muy satisfechos por los resultados obtenidos y las atenciones recibidas; así lo han hecho constar en las cartas que posteriormente han enviado felicitando a la ATEP por la buena organización de los diferentes actos programados.

Por último, se estima que conviene destacar también el hecho de que, en la reunión de nuestra Junta de Gobierno, celebrada el 22 del pasado septiembre, se acordó nombrar a la Asociación Boliviana del Pretensado, Miembro Correspondiente de la ATEP, de conformidad con lo dispuesto en el Artículo 6º, Apartado E, de los Estatutos.

La Asociación Boliviana del Pretensado ha sido creada en junio del último año, con la asistencia del Secretario de la ATEP. Entre los acuerdos adoptados en su Sesión Fundacional figuraban, solicitar de nuestra Asociación se le concediese el nombramiento de Miembro "Correspondiente", y que se le prestase colaboración y apoyo, tanto para el desarrollo de su labor como para que fuese aceptada como nuevo Grupo Nacional Miembro de la FIP. Con respecto a este último punto, en la reunión del Consejo de la FIP celebrada en Madrid, en octubre, la Delegación española presentó y apoyó la solicitud oficial de la Asociación Boliviana para integrarse en la Federación; solicitud que se espera sea aceptada en fecha próxima.

Debe hacerse notar que la Asociación Boliviana pasa a ser el primer Miembro "Correspondiente" de la ATEP.



Terminamos con ésto los comentarios a los acontecimientos singulares y pasamos a la ordenada y resumida exposición de las principales actividades, de carácter normal, realizadas por la ATEP durante el año 1983.

## 1. REUNIONES PUBLICAS ORGANIZADAS POR LA ASOCIACION

En el transcurso del pasado año sólo han podido organizarse dos conferencias públicas que, como de costumbre, se celebraron en el Salón de Actos del Instituto Eduardo Torroja.

La primera tuvo lugar el jueves día 27 de enero y estuvo a cargo de D. José Antonio Torroja, que se ocupó del tema "Proyecto asistido por ordenador".

La segunda corrió a cargo de D. Carlos Alonso Cobo y su título fue "Deformaciones diferidas en puentes construídos por avance en voladizo". El texto de esta conferencia será incluido en uno de los próximos números de "Hormigón y Acero".

Al término de ambas conferencias se abrieron sendos coloquios durante los cuales los conferenciantes tuvieron ocasión de aclarar algunos conceptos expuestos y contestar cumplidamente a las preguntas que les fueron formuladas.

Como es sabido, con estos Actos se trata de mantener vivo el contacto directo entre todos los Asociados y facilitarles la mejor información posible sobre los distintos problemas relativos a la técnica del pretensado y sobre las novedades que, en este campo, van apareciendo.

## PUBLICACIONES

Para información general, a continuación se reproducen los índices de los cuatro números (146, 147, 148 y 149) de nuestra Revista "Hormigón y Acero", publicados durante 1983.

### Número 146. Primer trimestre de 1983

- "Informe resumido de las actividades desarrolladas por la Asociación Técnica española del pretensado, durante el año 1982", por F. Arredondo.
- "Tesado de la estructura del edificio de contención de la Central Nuclear de Ascó, Grupo I", por A. Vives Escuder.
- "Traviesas de hormigón pretensado para ferrocarril", por J.I. Rodríguez Mira.
- "Construcción por empuje, de un acueducto, en hormigón pretensado, constituido por dovelas", por J. Pellón.
- "Puente de ferrocarril en Guadarranque (Cádiz)", por C. Siegrist.
- "Algunas realizaciones en el tramo Pontevedra Sur - Rande, de la Autopista del Atlántico", por F. Da Cunha.
- "Puente de ferrocarril, sobre el río Cadagua", por M. Julia.
- "Cubeto de seguridad, de hormigón pretensado, para un depósito de amoníaco líquido de 10.000 t", por R. Merino Vila.





J. A. Torroja



C. Alonso Cobo

- "Hipótesis de diseño que deben considerarse en proyectos de almacenamientos criogénicos y su aplicación a un depósito de 80.000 m<sup>3</sup> de capacidad", por J.L. Rivas.
- "Tres puentes de hormigón pretensado", por F. del Pozo Frutos.
- "Viaductos de las autopistas AU-1 y AU-6 en Buenos Aires", por L. Fernández Troyano.
- "Viaducto de Rontegui sobre la ría de Bilbao", por R. Chueca.
- "Estructuras de la variante de la Cuesta de Silva (Gran Canaria)", por J.M. Villar.
- "Promoción de las Jornadas Nacionales sobre el homigón armado y pretensado en centrales nucleares", por A. Vives Escuder.
- "Discurso de Clausura de la X Asamblea Técnica Nacional de la ATEP", por F. Arredondo.

#### Número 147. Segundo trimestre de 1983

- "Planteamiento directo del método de los elementos de contorno a partir del torema de reciprocidad", por M. Martínez Lafuente.
- "Dimensionamiento de soportes esbeltos de hormigón armado. 1ª Parte. Método de las curvaturas de referencia", por H. Corres y F. Morán.
- "Tolerancias dimensionales: Normativa internacional", por J. Salas.
- "Influencia de las imperfecciones en la carga crítica de estructuras de entramados planos", por G. Gutiérrez y A. Samartín.
- "Reparto de cargas horizontales entre los elementos de rigidación de un edificio", por A. Recuero y J.P. Gutiérrez.
- "Un método para el cálculo de zapatas de muros de contención", por F. Pérez García, y M. Montes.

#### Número 148. Tercer trimestre de 1983

- "Dimensionamiento de soportes esbeltos de hormigón armado. 2ª Parte. Abacos de dimensionamiento", por H. Corres y F. Morán.
- "Estados de cargas de máxima exigencia en secciones de hormigón armado solicitadas a flexión compuesta por acciones aleatorias múltiples", por C. Vilas.
- "Análisis gráfico de la carga crítica de soportes complejos con distintas condiciones de apoyo", por F. Escrig.
- "Diagramas axil-momento-curvaturas ( $N-M_x-M_y-C_x-C_y$ ) de una sección de hormigón armado solicitada por una flexo-compresión plana o biaxial", por L.M. Villegas y J.J. Arenas.
- "Tratamiento en nivel 2 de seguridad del cálculo de secciones de hormigón armado", por P. Miguel Sosa.
- "Puentes de hormigón pretensado construídos en Bolivia", por A. Subieta.
- "La demolición de los "Halles Centrales", de Reims. Una propuesta alternativa de salvación y recuperación", por J.A. Fernández Ordóñez y A. González Serrano.

- "Dimensionamiento de soportes esbeltos de hormigón armado. 3ª Parte. Fórmulas de dimensionamiento", por H. Corres y F. Morán.
- "Estudio de una pila esbelta, en ménsula, de hormigón armado, con sección y armadura variables a lo largo de su altura, solicitada por acciones contenidas en uno o en sus dos planos principales", por J.J. Arenas y L.M. Villegas.
- "Elementos de contorno adaptables", por E. Alarcón.
- "Recomendaciones para hormigones estructurales de áridos ligeros. Comisión de Materiales del Comité Español del CEB", por J. Alonso y A. Delibes.
- "Generación automática de malla triangular de elementos finitos", por A. Recuero y J.P. Gutiérrez.
- "El puente internacional sobre el río Iguazú", por O.R. Caracciolo y J.F.J. Solari.
- "El postesado y el arte. Monumento en Jeddah", por R. Martí y J. Ripoll.
- "Relación entre la temperatura ambiente y la temperatura del hormigón fresco: hormigonado en tiempo frío y caluroso", por J. Fernández Gómez y A. Delibes.

Nuevamente hemos de agradecer, a cuantos nos envían originales para su publicación en nuestra Revista, la magnífica colaboración que nos vienen prestando y gracias a la cual "Hormigón y Acero" ha alcanzado unos niveles de interés y calidad que la colocan en los primeros lugares entre las revistas de carácter técnico. Lo único que cabe añadir, en relación con este tema, es el ruego de que continúe como hasta ahora tan valiosa ayuda, para que se pueda mantener el elevado prestigio alcanzado por nuestro órgano de difusión, tanto en España como en el extranjero.

### 3. DISTRIBUCION DE LIBROS

Como en años precedentes, durante 1983 se han distribuido varios de los libros que con carácter de exclusividad y apreciables descuentos nos ofreció la FIP. Aunque los precios de estas publicaciones son cada vez más elevados, hecho que se agrava por el desfavorable cambio de nuestra moneda, ya que tienen que ser abonados en libras esterlinas, las ofertas que se hacen a todos los miembros de la ATEP, continúan teniendo gran aceptación, como lo demuestra el hecho de que, durante el último año, se hayan distribuido 83 libros con arreglo al siguiente detalle:

- 4 ejemplares de "Cryogenic behaviour of materials for prestressed concrete".
- 5 ejemplares de "Permanent anchorages for offshore structures".
- 9 ejemplares de "Special concretes".
- 4 ejemplares de "Sea operations".
- 4 ejemplares de "An international survey of in-service inspection experience with prestressed pressure vessels and containment for nuclear reactors".
- 10 ejemplares de "Recommendations for the design and construction of prestressed concrete ground anchors".
- 6 ejemplares de "Design philosophy for precast buildings of two or more storeys".



- 5 ejemplares de “9th Congress Proceedings. Vol. 1”.
- 5 ejemplares de “9th Congress Proceedings. Vol 2”.
- 5 ejemplares de “9th Congress Proceedings. Vol 3”.
- 3 ejemplares de “Preliminary recommendations for the design of prestressed concrete containment structures for the storage of refrigerated liquefied gases (RLG)”.
- 5 ejemplares de “Ductility of tie connections for concrete components in precast structures”.
- 5 ejemplares de “Design principles for hollow-core slabs regarding shear and transverse load bearing capacity, splitting and quality control”.
- 4 ejemplares de “Prestressed concrete pressure vessels for non-nuclear thermal processes”, y
- 9 ejemplares de “The inspection, maintenance and repair of concrete sea structures”.

Aparte de esto, se han distribuido también 50 ejemplares de los “Proceedings” correspondientes al ‘III Simposio Internacional sobre corrosión bajo tensión de los aceros de pretensado’, celebrado en septiembre de 1981, en El Escorial (Madrid); y, lamentablemente, ha quedado sin poder ser atendidas varias peticiones más, por haberse agotado la edición.

También se está distribuyendo entre nuestros Asociados, el libro titulado “Técnicas del hormigón armado y pretensado en centrales nucleares”, en el que se recogen todas las comunicaciones presentadas a las “Jornadas sobre centrales nucleares” que, organizadas por la ATEP, se celebraron en los locales del Instituto Eduardo Torroja, en mayo de 1982, con señalado éxito. Buena prueba del interés de estas Jornadas es el elevado número de peticiones que se están recibiendo de la citada publicación; lo cual hace prever que la edición quedará agotada en fecha próxima. Los que aún no la hayan solicitado y estén interesados en recibirla, deben apresurarse a cursar su petición.

#### 4. OTRAS ACTIVIDADES

Como consecuencia de las “Conclusiones” aprobadas en las Jornadas sobre Centrales Nucleares a las que acabamos de referirnos y que, en su día fueron elevadas a la Comisión Permanente del Hormigón, del MOPU, dicha Comisión decidió constituir un Grupo de Trabajo para el estudio de la necesaria normativa específica aplicable a este tipo especial de estructuras que, por sus peculiares características, no aparecen recogidas en las Instrucciones oficiales vigentes. A petición de la mencionada Comisión Permanente, la ATEP ha designado a uno de sus Miembros, D. Florencio J. del Pozo Vindel, para que colabore en los trabajos encomendados al citado Grupo.

Continúa la ATEP colaborando con diversos Organismos y Entidades, nacionales y extranjeras, en trabajos relacionados con la técnica del pretensado, de acuerdo con lo dispuesto en sus Estatutos. Así, viene participando, por ejemplo, en las labores encomendadas a la Comisión Permanente del Hormigón antes citada; en los Grupos de Trabajo que se encargan de la revisión de las UNE correspondientes a los aceros para pretensado y sus métodos de ensayo; en los Organos Directivos de los Sellos de Conformidad CIETAN, para viguetas de hormigón pretensado y de hormigón armado, homologados por el MOPU, etc.

En relación con las Comisiones Técnicas que vienen trabajando en el seno de la FIP, en la actualidad la ATEP está representada por los Miembros que a continuación se indican:

- En la Comisión de “Práctica Constructiva”, por D. Santiago Pérez Fadón;



- En la de "Vasijas de Presión", por D. Rafael Chueca y D. Manuel Fernández de Villalta;
- En la de "Depósitos", por D. Enrique González Valle;
- En la de "Aceros y Sistemas de Pretensado", por D. José Climent, D. Manuel Elices y D. José Manuel Gállego;
- En la de "Estructuras en Zonas Sísmicas", por D. Vicente Sánchez Coello;
- En la de "Prefabricación", por D. José Calavera y D. Rafael Piñeiro;
- En el Grupo de Trabajo sobre "Construcciones en ferrocemento", por D. Teófilo Serrano.

Además, continúa participando en los Organos Directivos de la Federación Internacional del Pretensado, como viene haciendo desde la fundación de la FIP.

Finalmente, debe hacerse constar que, de conformidad con lo dispuesto en los Estatutos, la Junta de Gobierno, Organó Directivo de nuestra Asociación, encargado como tal de encauzar, dirigir y controlar todas las actividades de la ATEP, ha celebrado sus seis reuniones anuales reglamentarias, durante los meses de enero, marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre del pasado año.

Y ya, como siempre, antes de concluir estos comentarios, queremos hacer mención de algunos temas relativos al año que ahora se inicia y que, por su innegable importancia y probable trascendencia para la Asociación, creemos merecen ser destacados.

Como oportunamente se ha anunciado, del 24 al 28 del próximo septiembre se celebrará, en Santander, la XI Asamblea Técnica Nacional de la ATEP. Se han iniciado los trabajos de organización; pero queda mucho por hacer y poco tiempo para ello. Hay que tener en cuenta que, dadas las fechas fijadas, por necesidades locales, para esta Asamblea, y su proximidad con el período normal de las anuales vacaciones reglamentarias de verano, es imprescindible que para finales de junio quede ya todo perfectamente programado y concretado. Ello afecta, fundamentalmente, a todos aquellos que, según ya han anunciado, tienen intención de presentar alguna comunicación en las correspondientes Sesiones Técnicas. Los textos de estas comunicaciones deberán presentarse, lo más tarde, en la primera quincena de junio, para que sea posible organizar adecuadamente las distintas Sesiones y dejar así, cerrado el programa definitivo de la Asamblea para que pueda entregarse a la imprenta con tiempo suficiente para su edición. Por todo ello, esta llamada de atención va especialmente dirigida a los que piensan presentar comunicaciones, con el objeto de que, conociendo como están las cosas, no se vean a última hora agobiados por el tiempo.

En relación con este mismo tema, debe también recordarse que, con motivo de la Asamblea, hay que otorgar las tres Medallas de la ATEP correspondientes a los años 82, 83 y 84. De acuerdo con lo dispuesto en el oportuno Reglamento, la concesión de estas Medallas se realiza por votación de todos los Miembros, previa presentación de candidaturas. A tal efecto, en fecha inmediata se enviará una circular a los Asociados rogándoles que propongan sus candidatos. Conviene, por consiguiente, ir pensando en ello. Hay que tener en cuenta que el número de las personas merecedoras de esta distinción "por su singular aportación al desarrollo en España del pretensado, en cualquiera de sus aspectos", según se hace constar en el Reglamento vigente para la concesión de estas Medallas, es muy elevado pero, lamentablemente, sólo son tres las que se pueden asignar; lo que hace que la selección sea cada vez más difícil y haya que meditarla detenidamente.

Otro acontecimiento importante previsto para 1984 es el Simposio Internacional de la FIP que habrá de celebrarse, en Calgary, Canadá, durante los días 25 al 31 de agosto, y para



el cual se han elegido los tres temas siguientes: Depósitos y vasijas de presión; Estructuras marítimas en las regiones árticas, y Prefabricación. En el número 149 de "Hormigón y Acero", se ha incluido una nota anunciando el Simposio. Actualmente se está considerando la posibilidad de, como se ha hecho en anteriores ocasiones, organizar un viaje colectivo, en el caso de que el número de interesados en participar en este Simposio lo haga aconsejable.

Y para terminar, sólo unas palabras par dar cuenta de que, en reunión recientemente celebrada por la Junta de Gobierno de nuestra Asociación, se discutió la conveniencia o no de modificar, para 1984, el importe de las cuotas que vienen abonando los Miembros de la ATEP, importe que, a pesar de las evidentes constantes alzas generales de precios, punto sobre el que no parece necesario insistir y que nos afecta fundamentalmente en los costos de nuestra Revista "Hormigón y Acero", no se ha modificado desde 1980; por lo que la situación económica de la ATEP, aún con la generosa ayuda que en todo momento nos viene prestando el Instituto Eduardo Torroja, resulta cada día más delicada. La Junta de Gobierno no obstante, en consideración a que tales dificultades se dejan sentir con más o menos intensidad, de un modo general, en todos los ámbitos, ha acordado mantener invariables durante el próximo año, las cuotas actualmente vigentes.

Se confía en que, contando con que no habrá de faltarnos la valiosa colaboración que en todo momento nos brindan nuestros Asociados, podremos mantener nuestra línea de actuación sin necesidad de tener que prescindir de ninguna de las actividades que hasta ahora venimos desarrollando, con reconocido éxito, en pro del perfeccionamiento y desarrollo de la técnica del pretensado, objetivo primordial de nuestra Asociación y en cuya consecución, por consiguiente, todos estamos involucrados.

## **Dimensionamiento, a esfuerzo cortante, de los nervios de forjados realizados con viguetas semirresistentes de hormigón pretensado (\*)**

**Benedicto Gómez Sedano**  
Profesor de Estructuras de la E.T.S.I.I. de Madrid

### **RESUMEN**

Se indica un método de dimensionamiento a esfuerzos cortantes, de las secciones compuestas, que forman los nervios de forjados realizados con viguetas semirresistentes de hormigón pretensado, fabricadas con máquinas de moldeo continuo, y sin disponer armadura de conexión del hormigón prefabricado y del hormigón in situ. Se completa con lo indicado al respecto por la Instrucción Española de Hormigón Pretensado, HP-80, y se une ejemplo de aplicación.

### **INTRODUCCION**

Relacionado profesionalmente durante años con los prefabricados de hormigón y entre éstos con los forjados realizados con viguetas semirresistentes de hormigón pretensado, se ha echado en falta la existencia de una reglamentación que al menos sirviese como base de dimensionamiento de los esfuerzos cortantes de las secciones existentes y, como base en las nuevas secciones que haya que proyectar, aunque los valores de proyecto hubiesen de ser comprobados o corregidos, en su caso, con la experimentación.

La investigación de estos esfuerzos cortantes y rasantes en secciones compuestas, resulta dispersa como el mismo fenómeno y, por lo tanto, de dudosos resultados técnicos si se carece de orientación.

Históricamente, las viguetas semirresistentes de hormigón pretensado han evolucionado, desde fabricarse moldeándolas en encofrados metálicos y armadas con armadura saliente (estribos) de conexión entre hormigones (prefabricados e in situ), a fabricarse con máquina moldeadora continua y sin dicha armadura saliente.

(\*) *Nota Editorial:* Agradecemos a la Dirección de la Revista "Anales de Ingeniería Mecánica", su amable autorización para que se publique este artículo.



La nueva Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón Pretensado, HP-80, indica la formulación que debe aplicarse en el dimensionamiento de esfuerzos cortantes de elementos lineales sin armadura transversal (formulación que coincide con la propuesta por el Comité Europeo del Hormigón); pero quedan aspectos confusos en su aplicación y sobre los cálculos relativos a la junta entre elementos prefabricados y cabeza hormigonada in situ, indica únicamente, en el apartado 48.1.3.73, que "es preceptiva la comprobación de la resistencia a esfuerzo cortante de esta junta".

El presente artículo pretende dar un sistema de dimensionamiento, aplicable a los forjados de edificación contruídos con semiviguetas fabricadas con moldeadora contfnua y sin armadura de conexión, que sirva de punto de partida para el dimensionamiento de secciones ya existentes, proyecto de nuevas secciones, orientación para los resultados experimentales o, al menos, como punto de partida de un método que pueda ser completado por los especialistas del ramo.

El sistema está basado en el estudio desarrollado por Calavera J. en "Cálculo, Construcción y Patología de Forjados de Edificación", INTEMAC, Madrid, 1981, y en las referencias que en dicho libro se indican.

## TENSIONES RASANTES EN SECCIONES COMPUESTAS

- Tipos de uniones.

La unión entre los dos hormigones que forman la sección compuesta, el hormigón prefabricado y el hormigón in situ, puede realizarse:

- Disponiendo armadura transversal, con cuantía geométrica superior a  $3,8/f_{yd}$ , siendo  $f_{yd}$  la tensión de cálculo del acero ( $\sim 4.200 \text{ kg/cm}^2$ ) expresada en  $\text{Kp/cm}^2$ , siendo la UNION DUCTIL. En este tipo de unión, los esfuerzos rasantes se absorben con redistribución del fenómeno lo que permite evaluar en su absorción la armadura y esfuerzo existente entre secciones de momento flector nulo.
- Sin disponer armadura de conexión, UNION FRAGIL, así llamada porque la rotura de la sección sucede brúscamente, (sin readaptación plástica) al sobrepasarse las tensiones rasantes, límites, entre los hormigones.

El tipo de unión que se analizará es una UNION FRAGIL al carecer de armadura de conexión entre hormigones; y sus propiedades resistentes son función, principalmente:

- De la forma del perímetro de contacto.
- De la rugosidad de la superficie de contacto.
- De la limpieza de la superficie de contacto.

En todo caso, debe considerarse que la rotura por rasante de la UNION FRAGIL es agria y los valores que se obtienen muy dispersos.

- Sección tipo que se considera.

En la sección fig. 1, se ha representado un forjado tipo, de intereje 70 cm., canto 20 cm., con semivigueta de canto 12 cm.

La semisección derecha, representa un aligeramiento que, cumpliendo la normativa de la Instrucción española, da lugar, por el estrechamiento del nervio in situ, a una deficiente conexión entre hormigones.

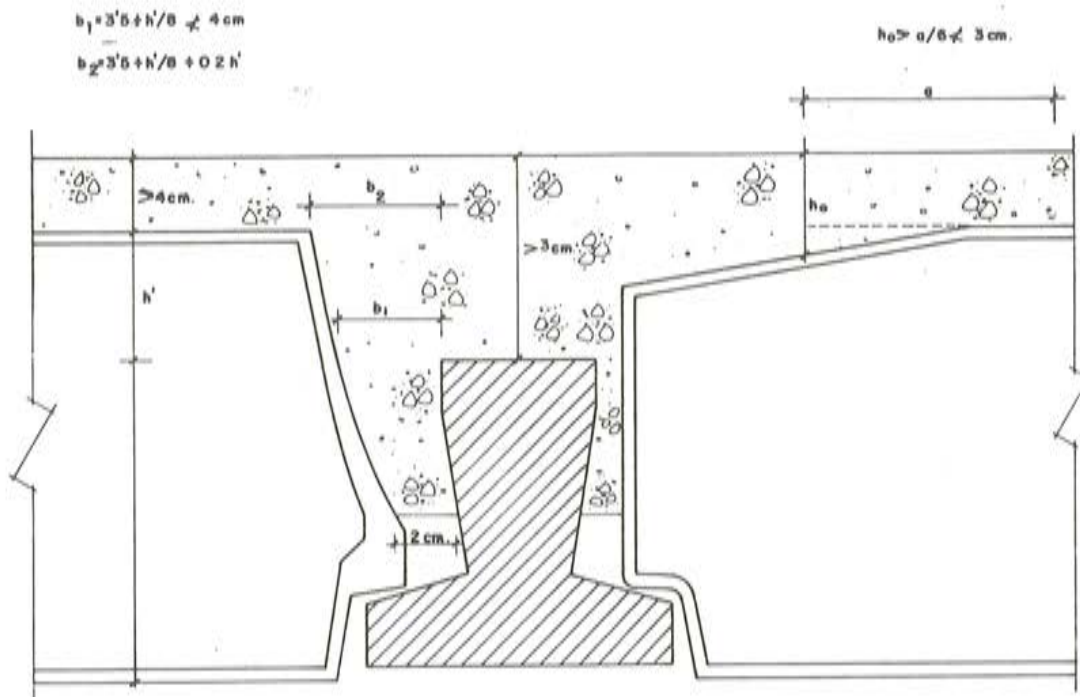


Fig. 1.

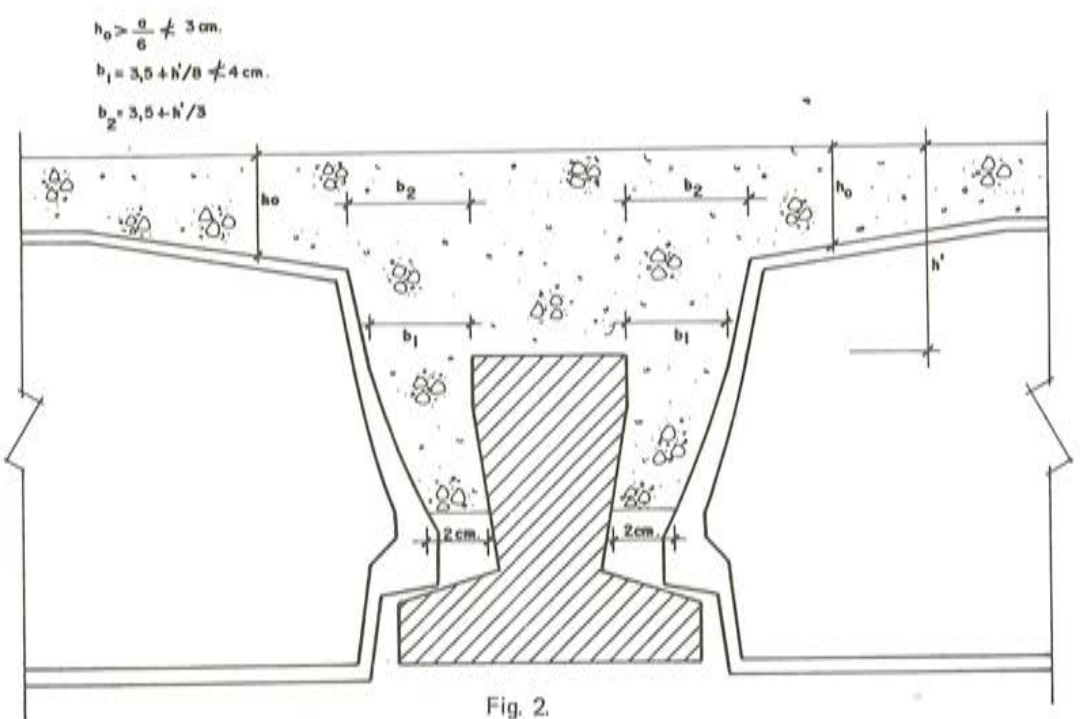


Fig. 2.

La semisección izquierda, representa el perfil de nervio in situ obtenido de las prescripciones francesas para poder considerarse la "UNION" de hormigones, sin armadura de conexión.

En lo que sigue se considera:

- Un perfil mínimo del hormigón del nervio in situ, según la definición de la fig. 2, que



recoge las limitaciones de la Instrucción española en el vano y de las prescripciones francesas en el nervio. Se considera como hormigón in situ eficaz, el que tiene un espesor mínimo de 2 cm, pues se supone que con espesores inferiores el llenado y compactado del hormigón no se consigue.

La UNION (absorción de los esfuerzos rasantes) entre ambos hormigones (prefabricado e in situ) puede dimensionarse sin armadura de conexión para las cargas de edificación, si tiene lugar una de las dos condiciones siguientes:

- El perímetro útil de contacto de la vigueta prefabricada (laterales y parte superior) presenta fuerte rugosidad (dientes, por ejemplo).
- El perfil de la vigueta no tiene dicha rugosidad en los laterales, pero cumple las condiciones geométricas que se indican en la fig. 3 y tiene rugosidad en la cara superior. El grado de rugosidad de la cara superior es el que se consigue en la fabricación con moldeadoras continuas.

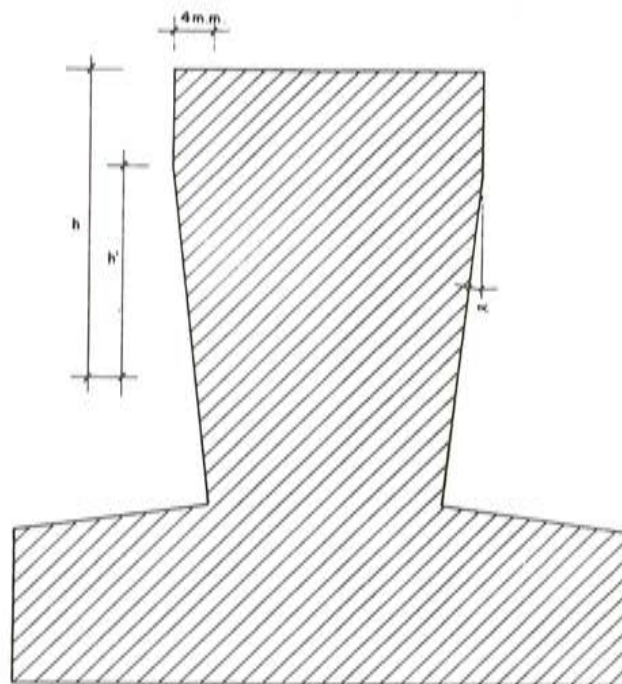


Fig. 3.

La altura,  $h$ , es la que corresponde al perímetro de contacto útil, definido por un espesor del hormigón in situ, mínimo, de 2 cm.

La altura,  $h'$ , del perfil con inclinación, ha de ser  $h' \geq 2/3 h$ ; y su pendiente  $\leq 6$  por 100.

- Evaluación del esfuerzo cortante y de la tensión rasante.
- Esfuerzo cortante.

El valor del esfuerzo cortante que hay que considerar en cada sección es el que se obtiene por los métodos de la resistencia de materiales, suma del isostático y del hiperestático. Por ser la unión frágil, no es admisible, basándose en la readaptación de las secciones, dimensionar con valores medios. Sí puede suponerse que las cargas próximas a los apoyos ( $0,75 d$  de la cara de la viga) se transmiten directamente al apoyo.

– Tensión rasante.

La tensión rasante media en el perímetro de contacto, en una sección dada, con valor del esfuerzo cortante exterior  $V_d$  (valor de cálculo) es:

$$t_d = \frac{V_d S}{pI}$$

siendo:

$S$ , el momento estático de la sección de hormigón in situ (o de la viga), respecto al centro de gravedad de la sección compuesta.

$I$ , el momento de inercia de la sección compuesta.

$p$ , el perímetro de contacto.

Se hace notar que los valores indicados se obtienen de la sección eficaz, es decir, de la sección de hormigón comprimido y de la armadura homogeneizada; y que el estado de fisuración de la sección se considera a partir de las tensiones de flexión existentes en estado de servicio, concomitantes con el esfuerzo cortante  $V = V_d / \gamma_f$  ( $\gamma_f$  es el coeficiente de mayoración de acciones). La práctica de operar con valores de cálculo ( $V_d$ ), se realiza por homogeneizar los cálculos.

- Valores admisibles de la tensión rasante.
- En la unión de hormigones.

La fig. 4, tomada del "Cálculo, Construcción y Patología de los Forjados de Edificación", de CALAVERA J., indica, según las distintas normativas, los valores de las tensiones rasantes de agotamiento (que deben compararse con los valores de cálculo).

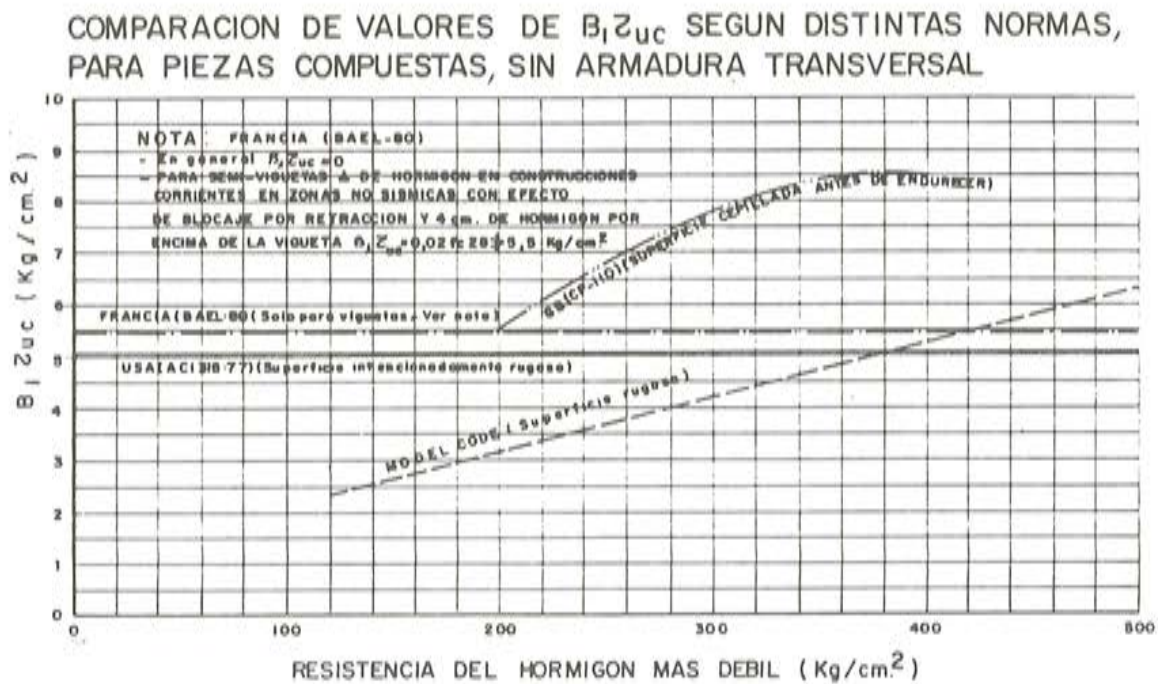


Fig. 4.



Se hace notar, como valor que hay que considerar en el caso que nos ocupa, el de 5,5, Kp/cm<sup>2</sup>, especificado por "LE CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES COMUNES AUX PROCEDES DE PLANCHERS" como resultado experimental precisamente de los forjados análogos a los que se consideran en este trabajo.

– En el hormigón prefabricado.

En el nervio de la vigueta – hormigón prefabricado pretensado – se admite, como tensión rasante de agotamiento (que hay que comparar con los valores de cálculo), el valor:

$$t_u = 0,57 \gamma_f \sqrt{f_{cd}}$$

expresión en la que  $\gamma_f$  es el coeficiente de mayoración de acciones y  $f_{cd}$  la tensión de cálculo del hormigón:

$$f_{cd} = f_c / \gamma_c$$

– Esfuerzo cortante de agotamiento de una sección.

El esfuerzo cortante de agotamiento probabilístico de una sección (valor que hay que comparar con el cortante de cálculo,  $V_d$ ), viene limitado por el valor obtenido en:

- Nervio prefabricado;
- Nervio de hormigón in situ;
- Unión entre ambos hormigones.
- En el nervio prefabricado, el valor se obtiene, según la Instrucción HP-80, para secciones sin armadura transversal y con esfuerzos normales de compresión, aplicando las siguientes expresiones:

Para secciones con momento de vano:

$$V_d = 0,5 \times 0,5 \sqrt{f_{cd}} \text{ bd } (1,6 - d) \\ (1 + 50\rho) (1 + M_o/M_d)$$

con las limitaciones  $1 + 50 \rho \geq 2$  y  $1 + M_o/M_d \geq 2$

siendo:

- d el canto útil, en m, del forjado.
- $\rho$  la cuantía geométrica evaluada en acero de las características del acero corrugado de alta adherencia.
- b el menor ancho del nervio prefabricado.
- $M_o$  el momento exterior que anula las compresiones de la fibra extrema de la sección que tracciona el momento flector.
- $M_d$  el momento flector de cálculo actuante en la sección que se está analizando.

Para secciones con momento de apoyo, de

$$t_u = V_u / b \cdot S/I = 0,57 \gamma_f \sqrt{f_{cd}} \\ \text{se obtiene } V_u = 0,57 \gamma_f \sqrt{f_{cd}} \cdot b \cdot I / S.$$

La primera observación que hay que considerar es el hecho de que el valor del esfuerzo cortante de agotamiento de una sección es función del momento flector actuante, que gobierna el estado de fisuración de dicha sección.

La segunda observación es la referente a la evaluación de  $M_o$ , ya que las acciones han actuado en parte, sobre la sección compuesta. Puede considerarse, con suficiente aproximación, que la sección compuesta se ha realizado sobre la simple, cimbrada en toda su longitud y en consecuencia, el valor de  $M_o$  es igual al módulo resistente de la fibra extrema por la tensión del pretensado permanente de dicha fibra, multiplicado por  $\gamma_p = 0,9$ .

- En el nervio in situ, análogamente, se obtiene tanto para secciones con momento de vano, como secciones con momento de apoyo (dado que al no existir tensiones de pretensado en el hormigón in situ  $M_o = 0$ )

$$V_d = 0,5 \times 0,5 \sqrt{f_{cd}} \cdot b \cdot d (1,6 - d) (1 + 50 \rho)$$

siendo  $b$  el ancho del nervio a la altura que se está comprobando, más 2 cm por colaboración de las bevedillas.

La cuantía geométrica  $\rho$ , se obtiene con respecto al ancho de nervio que tiene la sección a la altura de comprobación.

- En la unión de ambos hormigones la tensión rasante, como ya se ha indicado, es:

$$t_u = \frac{V_u S}{pI}$$

Fijado el valor de  $t_u$  para las características geométricas y de rugosidad de las secciones en contacto, en  $5,5 \text{ kp/cm}^2$ , se obtiene, conocido el estado tensional normal de la sección y, por lo mismo, los valores de  $I$  y  $S$ , el valor de  $V_u$  que limita el agotamiento de la sección por fallo de la conexión entre hormigones.

## CONCLUSIONES

En la unión de hormigones sin armaduras de conexión, en el tipo de sección compuesta que se trata, –vigüeta semirresistente más losa superior hormigonada sobre bovedilla aligerante, se ha de considerar:

1. Que la forma geométrica de la sección de la vigüeta, cumpla las limitaciones indicadas en la fig. 3.
2. Que la coronación de la vigüeta tenga un grado de rugosidad análogo al obtenido en dicha cara con máquina de moldeo continuo.
3. Que la sección del nervio tenga la geometría mínima, resultante de que las bovedillas aligerantes cumplan las limitaciones que se indican en la fig. 2.
4. Se limitará la geometría del hormigón in situ, a una anchura mínima de 2 cm.
5. Se limitará el cortante de agotamiento de la sección, al menor valor obtenido en:
  - El menor ancho del nervio prefabricado pretensado.
  - El menor ancho del nervio in situ, más 2 cm de colaboración de las bovedillas.
  - De considerar el valor límite de la tensión rasante entre hormigones igual a  $5,5 \text{ Kp/cm}^2$ .

### NOTA:

La armadura longitudinal considerada en la obtención de la cuantía geométrica  $\rho$ , debe estar anclada “más allá” de la sección distante un canto útil,  $d$ , de la sección que se comprueba.



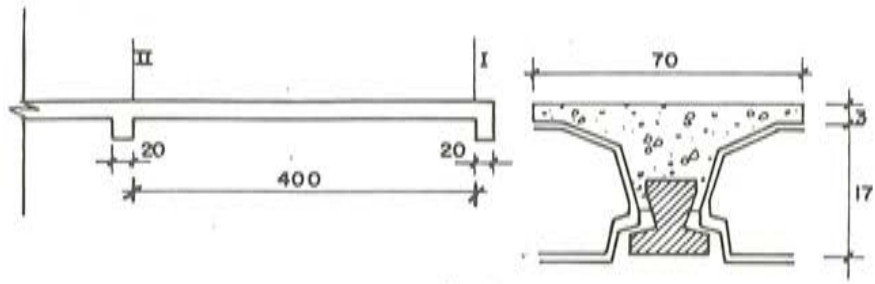


Fig. 5.

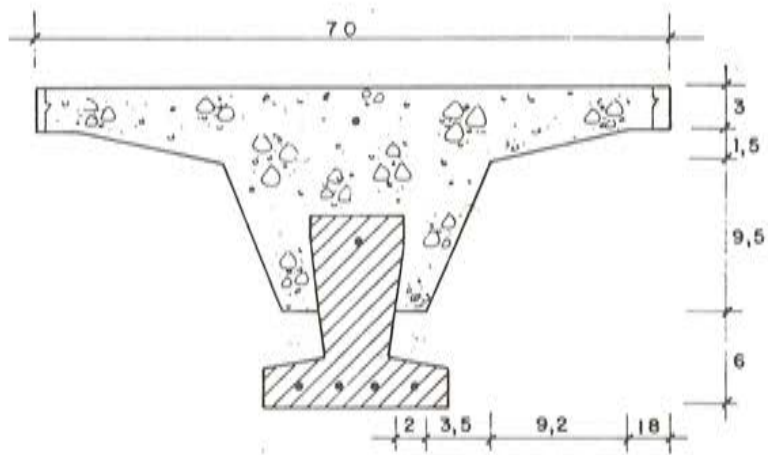


Fig. 6.

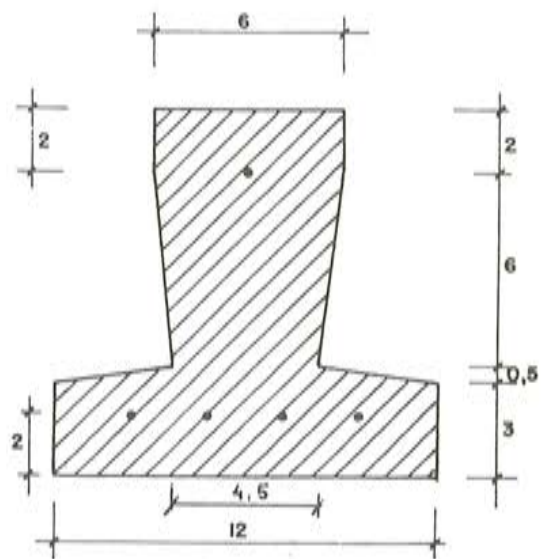


Fig. 7.

## EJEMPLO

### 1. DATOS

Se comprueba el dimensionamiento a esfuerzo cortante del vano del forjado que se indica en la figura 5.

Siendo:

La carga total de  $600 \text{ Kp/cm}^2$ .

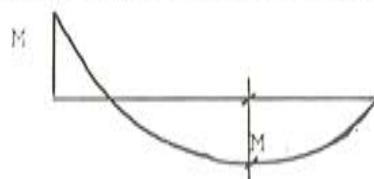
La resistencia del hormigón in situ,  $f_c = 200 \text{ Kp/cm}^2$ .

La resistencia del hormigón prefabricado,  $f_c = 400 \text{ Kp/cm}^2$ .

La sección resistente considerada a efectos de flexión, la representada en la figura 6.

La sección y armadura activa de la vigueta, la indicada en la figura 7.

Supuesto que el momento en el apoyo está condicionado por el vano extremo, la hipótesis de plastificación igualando el momento de vano al momento de apoyo, nos llevaría a un dimensionamiento a flexión con el diagrama:



Tendríamos:

$M = 1/11,66 \times 600 \times 0,7 \times 4^2 = 576 \text{ mkp}$  como momento flector de utilización y  $M_d = 576 \times 1,6 = 922 \text{ mkp}$ , como valor del momento flector de cálculo, con el coeficiente de mayoración de acciones correspondiente a las condiciones normales de nivel del control.

Los esfuerzos cortantes de cálculo son:

En el apoyo derecho:

$$V_d = 600 \times 0,7 \times (4 \times 0,414 - 0,10 - 0,75 \times 0,20) \times 1,6 = 945 \text{ Kp}$$

En el apoyo izquierdo:

$$V_d = 600 \times 0,7 (4 \times 0,586 - 0,10 - 0,75 \times 0,20) \times 1,6 = 1407 \text{ Kp}$$

Los momentos flectores de cálculo concomitantes con dichos esfuerzos cortantes son:

En el apoyo derecho, sección I-I:

$$M_d = 945 \times 0,10 = 95 \text{ mkp}$$

En el apoyo izquierdo, sección II-II:

$$M_d = 922 - 1407 \times 0,10 = 782 \text{ mkp}$$

Y los armados a flexión resultantes supuestos:

- En la vigueta, 5 redondos  $\phi 4 \text{ mm}$ , de acero AH 160/180, con los diagramas de tensiones de pretensado permanente de la figura 8.
- En el apoyo, 1  $\phi 14$  de acero AEH 400.

Para los coeficientes de cálculo, se toman los valores que corresponden a niveles de control normales, excepto en el hormigón de la vigueta que se adopta con nivel de control intenso:

$$\gamma_c = 1,4$$



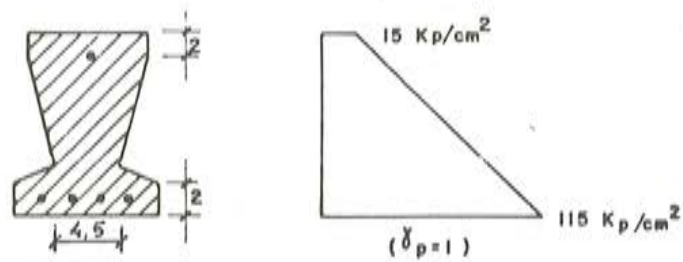


Fig. 8.

## 2. ESFUERZOS CORTANTES DE AGOTAMIENTO DEL NERVIO

2.1. En el apoyo derecho, sección I-I:

a) Por agotamiento del nervio prefabricado:

$$V_u = 0,5 \times 0,5 \sqrt{\frac{400}{1,4}} \times 4,5 \times 18 (1,6 - 0,18) \times \left( 1 + 50 \times \frac{0,126 \times 5 \frac{16.000}{4.100}}{4,5 \times 18} \right) \times \left( 1 + \frac{M_o}{95} \right)$$

siendo:

$$M_o = 115 \times 0,9 \times 2056 = 212.796 \text{ Kp. cm.}$$

2056 cm<sup>3</sup>, es el módulo resistente de la fibra inferior de la sección del nervio resistente.

Sustituyendo, se obtiene:  $V_u = 1616 \text{ Kp.}$

b) Por agotamiento del nervio in situ:

$$V_u = 0,5 \times 0,5 \times \sqrt{\frac{200}{1,5}} \times (14 + 2) \times 18 (1,6 - 0,18) \times \left( 1 + 50 \frac{0,126 \times 5 \frac{16.000}{4.100}}{(14 + 24) \times 18} \right) \times 1 = 1.575 \text{ Kp}$$

c) Por tensiones rasantes admisibles:

$$t_u = 5,5 = \frac{V_d S}{pI}$$

Siendo  $p \approx 18 \text{ cm}$ , y  $S$  e  $I$  los obtenidos para la sección I-I eficaz, que se establece igualando el momento estático de la semivigueta al momento estático del hormigón in situ en compresión; resultando la altura de la fibra neutra, sobre la fibra inferior, 10 cm, se deduce:

$$I = 17950 \text{ cm}^4, S = 482 \text{ cm}^3 \text{ e } I/S = 37,2 \text{ cm.}$$

y sustituyendo:

$$5,5 = \frac{V_u}{16} \frac{1}{37,2}; \text{ se obtiene:}$$

$$V_u = 3.274 \text{ Kp}$$

El valor de cálculo del esfuerzo cortante en la sección I—I resulta, en consecuencia, limitado por el agotamiento del nervio in situ.

$$V_d \leq V_u = 1575 \text{ Kp}$$

2.2. En el apoyo izquierdo, sección II—II (apoyo con momento de vano), se tienen los valores límites:

a) Por agotamiento del nervio prefabricado.

Se define la sección eficaz, igualando el momento estático de la armadura de vano al momento estático de la vigueta homogeneizada, más el hormigón in situ en compresión (por debajo del eje neutro), obteniéndose:

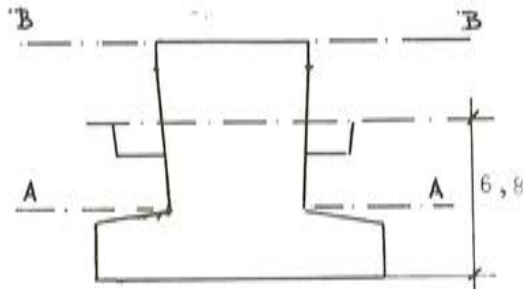


Fig. 9.

En la sección A—A (véase figura 9):

$$t_u = 0,57 \sqrt{f_{cd}} = 0,57 \times 1,6 \sqrt{\frac{400}{1,4}} = 15,4 \text{ Kp/cm}^2$$

$$t_u = V_u / b \cdot S / I$$

siendo  $b = 4,5 \text{ cm}$ .

El momento estático  $S$  de la sección de vigueta por debajo de la sección A—A, resulta:

$$S \sim 220 \text{ cm}^3$$

El momento de inercia de la sección eficaz es:  $I = 3550 \text{ cm}^4$ .

Se obtiene:

$$t_u = 15,4 = \frac{V_u}{4,5} \times \frac{220}{3.550}, \text{ de donde:}$$

$$V_u = 1.120 \text{ Kp}$$



b) Por agotamiento del nervio in situ.

En la sección con mínimo ancho B-B.

Se tiene:

$$V_u = 0,5 \times 0,5 \sqrt{\frac{200}{1,5}} \times (14 + 2) \times 18 \times (1,6 - 0,18) \times \\ \times \left(1 + 50 \frac{1,54}{(16 + 2) \times 18}\right) = 1.495 \text{ Kp}$$

c) Por tensiones rasantes admisibles en la unión entre hormigones:

$$t_u = 5,5 = \frac{V_u S}{pI}$$

Siendo:

$$p = 18 \text{ cm.}$$

$$I = 3.550 \text{ cm}^4.$$

$$S \sim 160 \text{ cm}^3.$$

Se obtiene:  $V_u = 2196 \text{ Kp}$ .

El valor del esfuerzo cortante en la sección II-II, queda limitado, por el agotamiento de la sección A-A, a:

$$V_d \leq V_u = 1120 \text{ Kp.}$$

Al ser éste valor inferior al de cálculo,  $V_d = 1407 \text{ Kp}$  es necesario cambiar el dimensionamiento, por ejemplo: macizando hasta la sección a 68 cm del eje del apoyo, sección en la que:

$$V_d = 1120 \text{ Kp}$$

## REFERENCIAS

- 1.- Calavera J. "Cálculo Construcción y Patología de los Forjados de Edificación", 2ª Edición, Intemac Madrid 1981.
- 2.- CAHIER DES PRESCRIPTION TECHNIQUES COMMUNES AUX PROCEDES DE PLANCHERS. Cahiers du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment Numéro 212 Septiembre 1980. Titre I Partie Première.

# Análisis de la viga simple sobre lecho elástico a partir del método de los elementos de contorno

Manuel Martínez Lafuente  
Dr. Ingeniero de Caminos  
Sener, Técnica Industrial y Naval, S.A.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Introducción

El modelo de "viga sobre lecho elástico", pese a que se basa en hipótesis simples que no se verifican en los casos reales, viene utilizándose habitualmente en la práctica ingenieril, ya que proporciona soluciones suficientemente satisfactorias bajo el punto de vista técnico. Por este motivo, su estudio está recogido en los tratados básicos de Resistencia de Materiales y Mecánica del Suelo (referencias 1 y 2). Por otra parte, la sencillez de su formulación hace que sea éste uno de los problemas de cálculo estructural que mejor se adaptan a su "mecanización" cara al ordenador.

Pese a ello, el análisis de vigas apoyadas sobre lecho elástico permite ilustrar una de las aplicaciones más simples del METODO DE LOS ELEMENTOS DE CONTORNO (referencia 3), mediante el que se formula con gran sencillez la solución general de la ecuación diferencial resultante. Dicha solución constituye una generalización del método convencional de Hetenyi para el cálculo de "vigas cortas" y permite considerar cualquier tipo de cargas exteriores y de coacciones externas sobre la viga.

En la exposición que sigue se llega a la solución general del problema estructural mediante la aplicación del "teorema de la reciprocidad" entre el caso genérico a analizar y los correspondientes a las "soluciones fundamentales" (ver referencia 4), ya que de esta manera se puede asimilar mejor el "sentido físico" de las operaciones involucradas en el cálculo integral.

Como resultado del análisis se llega a una formulación matricial, fácilmente programable en ordenador (dada la sencillez de las expresiones resultantes) con la que pueden resolverse la mayoría de los casos usuales en la práctica.

Por último, se presentan algunas aplicaciones prácticas del método en casos simples.



## 1.2. Nomenclatura

El significado de la terminología utilizada en el presente trabajo es el siguiente:

- [A] : matriz genérica, cuya inversión resuelve el problema de contorno.
- {B} : matriz columna cuyos términos dependen de las cargas exteriores.
- $C_1$  : constante de integración.
- E : módulo de elasticidad de la viga.
- f : función genérica.
- {F} : matriz columna cuyos términos son conocidos.
- [G] : matriz cuadrada cuyos coeficientes son los de los movimientos en la ecuación general de contorno.
- [H] : matriz cuadrada cuyos coeficientes son los de los esfuerzos extremos en la ecuación general de contorno.
- I : momento de inercia de la viga.
- k : coeficiente de balasto del terreno.
- [K] : matriz de rigidez de la viga apoyada sobre lecho elástico.
- L : longitud de la viga.
- m : momento exterior actuante en la viga por unidad de longitud.
- M : momento exterior concentrado.
- $\mathcal{M}$  : momento flector.
- P : carga vertical concentrada.
- {P} : matriz columna cuyos términos son los esfuerzos actuantes en los extremos de la viga.
- q : carga vertical actuante en la viga por unidad de longitud.
- r : reacción del lecho elástico sobre la viga.
- $[S_i(\xi)]$  : matriz fila cuyos coeficientes permiten determinar las sollicitaciones internas en la viga.
- {U} : matriz columna cuyos términos son los desplazamientos en el contorno.
- v : desplazamiento vertical.
- $\varphi$  : esfuerzo cortante.
- x : abscisa genérica.
- {X} : matriz columna cuyos términos son las incógnitas del problema de contorno.
- $\chi$  : coeficiente de rigidez relativa.
- $\xi$  : abscisa genérica.
- $\varphi$  y  $\psi$  : funciones de cálculo.

## 2. SOLUCION FUNDAMENTAL APLICABLE AL ANALISIS DE VIGAS APOYADAS SOBRE LECHO ELASTICO CON SECCION CONSTANTE

### 2.1. Hipótesis básicas

En la exposición que sigue se han asumido las hipótesis simplificativas que vienen admitiéndose convencionalmente en el análisis de vigas apoyadas sobre "lecho elástico" y que pueden resumirse en:

- La viga está constituida por un material homogéneo e isótropo caracterizado por su módulo de Young  $E$ .
- La sección transversal de la viga, cuyas dimensiones pueden despreciarse frente a la longitud de la misma, posee un plano de simetría sobre el que están aplicadas las cargas exteriores.
- El desplazamiento de la viga y del lecho elástico es el mismo en cualquier sección, en la dirección perpendicular a la superficie de contacto entre ambos elementos, despreciándose el efecto de rozamiento a lo largo de la misma.
- La reacción que ejerce el lecho elástico sobre la viga, perpendicularmente a la directriz de ésta, es proporcional y de dirección contraria al desplazamiento de la viga en dicho sentido (hipótesis de Winkler). A la constante de proporcionalidad, que caracteriza la rigidez del lecho elástico, se le denomina "coeficiente de balasto", y se le designará en lo que sigue como " $k$ ".
- La deformación de la viga por flexión verifica la hipótesis de Navier-Bernoulli, siendo despreciable la motivada por los esfuerzos cortantes.
- Los movimientos originados por las cargas exteriores son lo suficientemente pequeños como para poder admitir el "principio de superposición de efectos", lo que equivale a admitir un comportamiento estructural "lineal" y reversible.

Como, según se desprende de la hipótesis c), las deformaciones axiales de la viga son libres e independientes de las del lecho elástico, sólo se van a considerar aquí los estados de carga que provocan flexiones en aquélla, es decir, fuerzas perpendiculares a la directriz de la pieza y momentos con eje ortogonal a esta última.

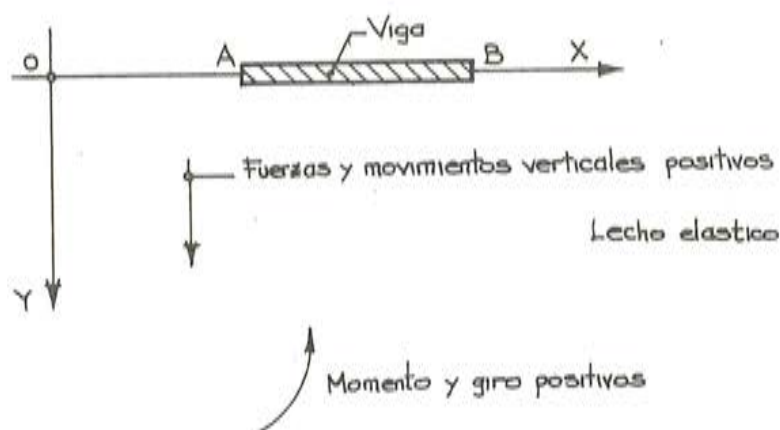


Figura II.1

## 2.2. Convenio de signos

Considérese la viga de directriz  $\overline{AB}$  representada en la Figura II.1 y adóptese como sistema de referencia al OXY, en el que el eje de las abscisas coincide con la directriz y el de ordenadas está dirigido hacia el interior del lecho elástico.

Las fuerzas exteriores y los desplazamientos de la viga en el sentido perpendicular a la directriz de ésta ("verticales") se considerarán positivos cuando su dirección sea la positiva del eje de ordenadas. Los momentos y giros se tomarán como positivos cuando vayan dirigidos contrariamente al giro de las agujas del reloj.

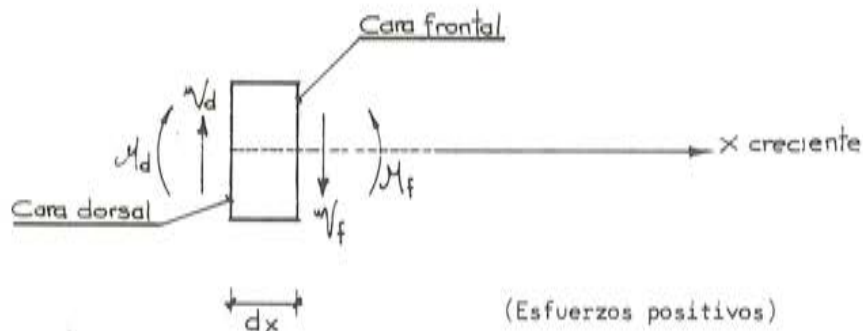


Figura II.2

En cuanto a las sollicitaciones internas en la viga, se adoptarán como positivas cuando los esfuerzos que actúan sobre la cara frontal de la rebanada elemental sean positivos según el criterio establecido con anterioridad para las fuerzas y momentos exteriores (ver figura II.2).

## 2.3. Ecuaciones que gobiernan las condiciones de equilibrio y de deformación de las vigas apoyadas en lecho elástico

Sean "q" y "m", respectivamente, las intensidades de la fuerza vertical y del momento exterior por unidad de longitud de la pieza (ver figura II.3) y "r" la reacción vertical que ejerce el lecho elástico sobre aquélla por unidad de longitud. Si se designa por "v" al desplazamiento vertical de la viga, la hipótesis d) permite formular la relación siguiente:

$$r = k \cdot v \quad (II.1)$$

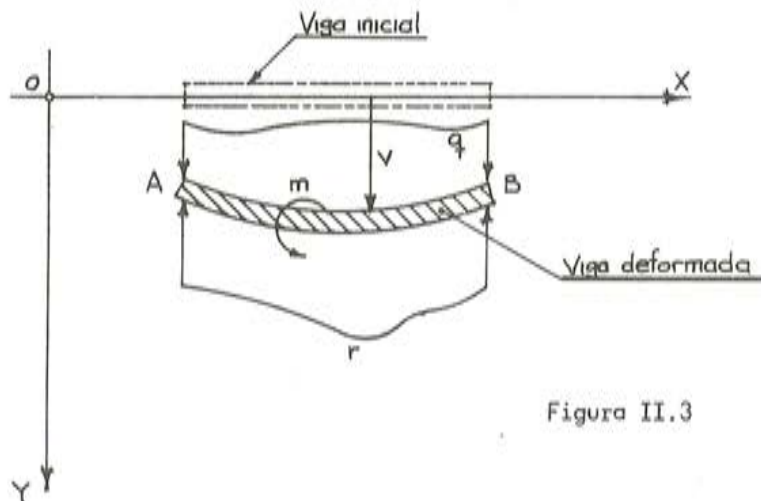
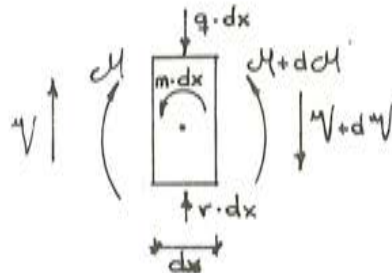


Figura II.3



Denominando  $\mathcal{V}$  y  $\mathcal{M}$ , respectivamente, al esfuerzo cortante y al momento flector en una sección genérica de la viga, las condiciones de "equilibrio interno" de la rebanada elemental proporcionan, despreciando los infinitésimos de orden superior, las ecuaciones siguientes (ver figura II.4):



$$\left. \begin{aligned} \frac{d\mathcal{V}}{dx} &= -q + r \\ \frac{d\mathcal{M}}{dx} &= \mathcal{V} - m \end{aligned} \right\} \text{(II.2)}$$

Figura II.4

Por su parte, la hipótesis e) permite escribir la relación entre el momento flector y la curvatura de la viga (cuando ésta es pequeña) en la forma:

$$\mathcal{M} = -EI \cdot \frac{d^2 v}{dx^2} \quad \text{(II.3)}$$

Donde  $I$  es el momento de inercia de la sección transversal de la viga respecto del eje perpendicular a su plano de simetría que pasa por el baricentro de aquella.

Sustituyendo las relaciones (II.1) y (II.3) en las expresiones (II.2) se obtiene la ecuación diferencial que gobierna la deformación de la viga apoyada sobre lecho elástico, que se escribe en forma:

$$EI \cdot \frac{d^4 v}{dx^4} + k \cdot v = q + \frac{dm}{dx} \quad \text{(II.4)}$$

Por último, si se designa por " $\theta$ " al giro de la directriz de la viga en una sección genérica de la misma, la hipótesis f) permite expresarlo en función del desplazamiento vertical mediante la relación:

$$\theta = -\frac{dv}{dx} \quad \text{(II.5)}$$

Obtenidas las ecuaciones generales que definen el comportamiento estructural de la viga apoyada sobre un lecho elástico, su resolución, habida cuenta de la disponibilidad de métodos de cálculo numérico existentes hoy en día, puede parecer, en principio, una tarea fácilmente abordable. No obstante, bajo un punto de vista ingenieril, merece la pena profundizar algo más en el problema planteado y llegar a soluciones globales que puedan resultar aplicables en gran número de casos prácticos, como son aquéllos en los que la viga es de sección constante, sobre los que se tratará a continuación.

#### 2.4. Solución general del problema en vigas de sección constante

Cuando la viga es de sección constante, la integral general de la ecuación (II.4) se escribe en la forma siguiente:

$$v = C_1 \cdot e^{\chi x} \cdot \cos \chi x + C_2 \cdot e^{\chi x} \cdot \sen \chi x + C_3 \cdot e^{-\chi x} \cdot \cos \chi x + \\ + C_4 \cdot e^{-\chi x} \cdot \sen \chi x + f(x) \quad \text{(II.6)}$$

donde los términos  $C_1$  a  $C_4$  son coeficientes constantes a determinar a partir de las "condiciones de contorno" del problema y  $f(x)$  es una solución particular de la ecuación (II.4), que depende de la distribución de cargas y momentos exteriores en la viga.

En la ecuación (II.6) se ha designado por " $\chi$ " a la constante de valor:

$$\chi = \sqrt[4]{\frac{k}{4EI}} \quad (II.7)$$

que resulta ser la inversa de la "longitud elástica" de la viga.

Partiendo de la ecuación (II.6) pueden obtenerse las "soluciones fundamentales" que permiten resolver la integración por el "Método de los Elementos de Contorno", tal como se expone a continuación.

## 2.6. Soluciones fundamentales

Considérese una viga indefinida de sección constante cargada exclusivamente en un punto intermedio de la misma mediante una fuerza vertical  $P$  y un momento exterior  $M$ . Si se escoge el origen del sistema de coordenadas de manera que coincida con el punto de aplicación de las cargas, es fácil comprobar que la integral general, definida por la ecuación (II.6), se reduce en este caso a:

$$\left. \begin{aligned} v &= C_1 \cdot e^{\chi x} \cdot \cos \chi x + C_2 \cdot e^{\chi x} \cdot \operatorname{sen} \chi x; \text{ para } x \leq 0 \\ v &= C_3 \cdot e^{-\chi x} \cdot \cos \chi x + C_4 \cdot e^{-\chi x} \cdot \operatorname{sen} \chi x; \text{ para } x \geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (II.8)$$

puesto que las deformaciones de la viga deben ser prácticamente despreciables en las secciones de aquélla situadas a suficiente distancia del origen. Las constantes  $C_1$  a  $C_4$  se determinan imponiendo las condiciones de equilibrio y de compatibilidad de deformaciones en las secciones situadas a ambos lados del punto de aplicación de las cargas. Así, teniendo en cuenta las relaciones (II.2), (II.3) y (II.5), se obtienen las relaciones siguientes (ver Figura II.5):

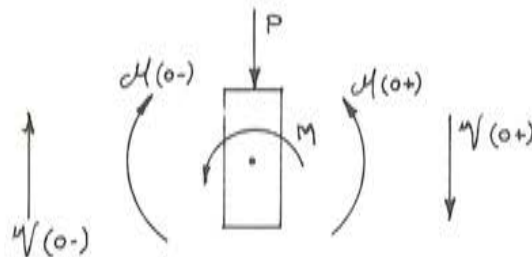


Figura II.5

$$\left. \begin{aligned} v(0+) &= v(0-) & \longleftrightarrow & C_1 = C_3 \\ \theta(0+) &= \theta(0-) & \longleftrightarrow & 2C_1 + C_2 - C_4 = 0 \\ \mathcal{V}(0+) &= \mathcal{V}(0-) - P & \longleftrightarrow & 2C_1 - C_2 + C_4 = \frac{P}{2EI\chi^3} \\ \mathcal{M}(0+) &= \mathcal{M}(0-) - M & \longleftrightarrow & C_2 + C_4 = -\frac{M}{2EI\chi^2} \end{aligned} \right\} \quad (II.9)$$

Resolviendo las ecuaciones anteriores se llega a:

$$\left. \begin{aligned} C_1 = C_3 &= \frac{P}{8 EI \chi^3} \\ C_2 &= - \frac{P + 2 \chi M}{8 EI \chi^3} \\ C_4 &= \frac{P - 2 \chi M}{8 EI \chi^3} \end{aligned} \right\} \quad (II.10)$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación (II.8) se obtiene la "solución fundamental" correspondiente al análisis de vigas apoyadas sobre lecho elástico con sección constante, que se expresa en la forma:

$$\left. \begin{aligned} v^f(x) &= \frac{e^{\chi x}}{8 EI \chi^3} [P (\cos \chi x - \operatorname{sen} \chi x) - 2 \chi M \cdot \operatorname{sen} \chi x]; \quad \text{para } x \leq 0 \\ v^f(x) &= \frac{e^{-\chi x}}{8 EI \chi^3} [P (\cos \chi x + \operatorname{sen} \chi x) - 2 \chi M \cdot \operatorname{sen} \chi x]; \quad \text{para } x \geq 0 \end{aligned} \right\} \quad (II.11)$$

Para simplificar la formulación que se desarrolla en los capítulos siguientes, interesa descomponer esta "solución fundamental" en otras dos, que son:

- a) "Primera solución fundamental": viga indefinida de sección constante solicitada por una fuerza vertical unitaria en el origen (ver Figura II.6).

Si en las expresiones (II.11) se sustituyen los valores  $P = 1$  y  $M = 0$  se obtiene la siguiente solución, válida para las abscisas positivas:

$$v_1^f(x) = \frac{1}{8 EI \chi^3} [(\chi x) + \psi(\chi x)] \quad (II.12)$$

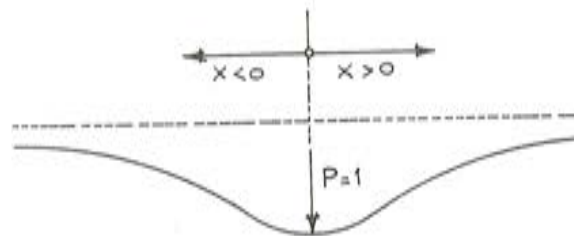


Figura II.6

donde las funciones  $\varphi(\chi x)$  y  $\psi(\chi x)$  valen:

$$\left. \begin{aligned} \varphi(\chi x) &= e^{-\chi x} \cdot \cos \chi x \\ \psi(\chi x) &= e^{-\chi x} \cdot \operatorname{sen} \chi x \end{aligned} \right\} \quad (II.13)$$



Sustituyendo la ecuación (II.12) en las fórmulas (II.5), (II.3) y (II.2) se llega a las expresiones siguientes para el giro, momento flector y esfuerzo cortante para las abscisas positivas:

$$\left. \begin{aligned} \theta_1^f(x) &= \frac{1}{4EI} \psi(x) \\ \mathcal{M}_1^f(x) &= \frac{1}{4} [\varphi(x) - \psi(x)] \\ \mathcal{Q}_1^f(x) &= -\frac{1}{2} \cdot \varphi(x) \end{aligned} \right\} \quad (II.14)$$

En el semiespacio correspondiente a las abscisas negativas es fácil comprobar que, por simetría, se verifican las relaciones siguientes:

$$\left. \begin{aligned} v_1^f(-x) &= v_1^f(x) \\ \theta_1^f(-x) &= -\theta_1^f(x) \\ \mathcal{M}_1^f(-x) &= \mathcal{M}_1^f(x) \\ \mathcal{Q}_1^f(-x) &= -\mathcal{Q}_1^f(x) \end{aligned} \right\} \quad (II.15)$$

Como puede apreciarse en las fórmulas anteriores, existe una discontinuidad en la ley de esfuerzos cortantes en el origen, aunque como se expondrá en el apartado próximo puede obviarse fácilmente mediante consideraciones acerca de la continuidad física de la solución en las secciones extremas de la viga. De esta forma se puede formular el análisis utilizando exclusivamente las soluciones fundamentales correspondientes al semiespacio de abscisas positivas.

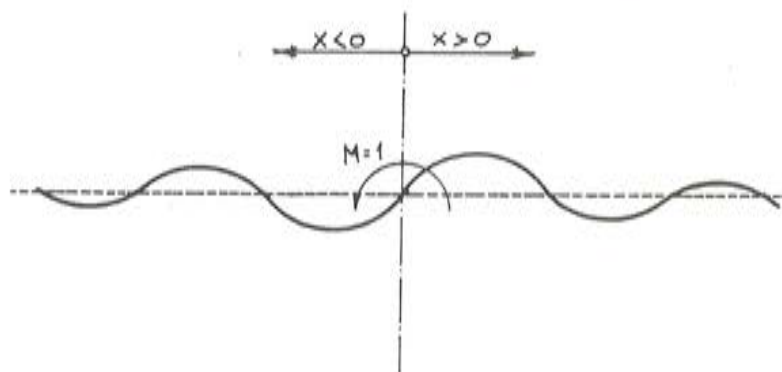


Figura II.7

- b) "Segunda solución fundamental": viga indefinida de sección constante solicitada por un momento unitario en el origen (ver Figura II.7):

Si en las expresiones (II.11) se sustituyen los valores  $P = 0$  y  $M = 1$ , se llega a la solución siguiente, válida para las abscisas positivas:

$$v_2^f(x) = -\frac{1}{4EI} \psi(x) \quad (II.16)$$

Reemplazando la ecuación (II.16) en las fórmulas (II.5), (II.3) y (II.2) se obtienen las expresiones siguientes para el giro, momento flector y esfuerzo cortante para las abscisas positivas:

$$\left. \begin{aligned} \theta_2^f(x) &= \frac{1}{4EI} [\varphi(x) - \psi(x)] \\ \mathcal{M}_2^f(x) &= -\frac{1}{2} \cdot \varphi(x) \\ \mathcal{V}_2^f(x) &= \frac{x}{2} [\varphi(x) + \psi(x)] \end{aligned} \right\} \quad (II.17)$$

Puede comprobarse fácilmente que, debido a las condiciones de antimetría del problema, la solución válida en el semiespacio con abscisas negativas verifica las condiciones siguientes:

$$\left. \begin{aligned} v_2^f(-x) &= -v_2^f(x) \\ \theta_2^f(-x) &= \theta_2^f(x) \\ \mathcal{M}_2^f(-x) &= -\mathcal{M}_2^f(x) \\ \mathcal{V}_2^f(-x) &= \mathcal{V}_2^f(x) \end{aligned} \right\} \quad (II.18)$$

donde "x" designa a una abscisa arbitraria positiva.

Análogamente a como sucedía en el caso anterior, existe una discontinuidad en la ley de momentos flectores en el origen, pero, aunque como veremos, no influye en la aplicación práctica del método.

### 3. PARTICULARIZACION DEL METODO DE LOS ELEMENTOS DE CONTORNO AL ANALISIS DE VIGAS APOYADAS SOBRE LECHO ELASTICO CON SECCION CONSTANTE

#### 3.1. Expresión general de los movimientos en función de las cargas exteriores

Considérese la viga AB de longitud "L" representada en la Figura III.1a) solicitada por una distribución genérica de fuerzas verticales y momentos exteriores. Como consecuencia de las posibles coacciones existentes en los extremos de la viga aparecerán, en general, reacciones verticales ( $P_a$  y  $P_b$ ) y momentos de empotramiento ( $M_a$  y  $M_b$ ) en aquéllas. Se admitirá que no existen coacciones intermedias en la pieza.

Supóngase ahora la misma viga solicitada por una fuerza vertical unitaria en la sección genérica de abscisa "ξ" y por las sollicitaciones extremas que se producirían en el caso de que la pieza fuera indefinida (ver Figura II.1b).

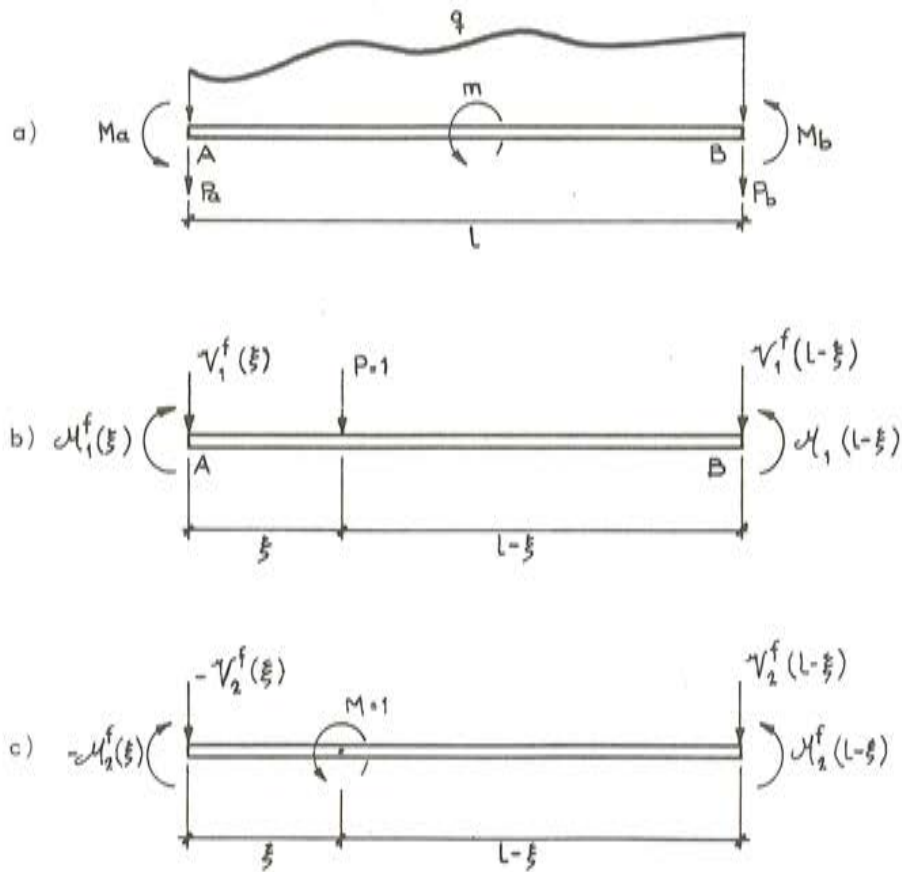


Figura III.1

Aplicando el "teorema de la reciprocidad" entre ambos estados de carga se llega a la siguiente expresión para el desplazamiento vertical en una sección inferior cualquiera:

$$\begin{aligned}
 v(\xi) = & -\mathcal{V}_1^f(\xi) \cdot v_a + \mathcal{M}_1^f(\xi) \cdot \theta_a - \mathcal{V}_1^f(L-\xi) \cdot v_b - \\
 & -\mathcal{M}_1^f(L-\xi) \cdot \theta_b + v_1^f(\xi) \cdot P_a - \theta_1^f(\xi) \cdot M_a + \\
 & + v_1^f(L-\xi) \cdot P_b + \theta_1^f(L-\xi) \cdot M_b + f_v(\xi)
 \end{aligned} \quad (\text{III.1})$$

siendo el término  $f_v(\xi)$  una función de las cargas exteriores que escribe en la forma:

$$\begin{aligned}
 f_v(\xi) = & \int_0^\xi [q(x) \cdot v_1^f(\xi-x) - m(x) \cdot \theta_1^f(\xi-x)] dx + \\
 & + \int_\xi^L [q(x) \cdot v_1^f(x-\xi) + m(x) \cdot \theta_1^f(x-\xi)] dx
 \end{aligned} \quad (\text{III.2})$$

donde el origen de abscisas está en el extremo dorsal de la viga.

Análogamente, si se considera la viga inicial solicitada por un momento exterior unitario en la sección de abscisa "ξ" y por las sollicitaciones extremas que resultarían en el caso de que la pieza fuera indefinida (ver Figura III.1c), la aplicación del "teorema de la reciprocidad" entre el estado original y este último conduce a la siguiente expresión para el giro en una sección interior cualquiera:



$$\begin{aligned} \theta(\xi) = & \mathcal{V}_2^f(\xi) \cdot v_a - \mathcal{M}_2^f(\xi) \cdot \theta_a - \mathcal{V}_2^f(L - \xi) \cdot v_b - \\ & - \mathcal{M}_2^f(L - \xi) \cdot \theta_b - v_2^f(\xi) \cdot P_a + \theta_2^f(\xi) \cdot M_a + \\ & + v_2^f(L - \xi) \cdot P_b + \theta_2^f(L - \xi) \cdot M_b + f_\theta(\xi) \end{aligned} \quad (III.3)$$

donde el término  $f_\theta(\xi)$ , función de las cargas exteriores, se escribe en la forma:

$$\begin{aligned} f_\theta(\xi) = & - \int_0^\xi [q(x) \cdot v_2^f(\xi - x) - m(x) \cdot \theta_2^f(\xi - x)] dx + \\ & + \int_\xi^L [q(x) \cdot v_2^f(x - \xi) + m(x) \cdot \theta_2^f(x - \xi)] dx \end{aligned} \quad (III.4)$$

Para extrapolar las relaciones (III.1) y (III.3) a las secciones extremas de la viga, habida cuenta de las discontinuidades existentes en algunos términos de las soluciones fundamentales en el origen, basta con considerar las situaciones en las que los influjos unitarios actúan en aquéllas como límites, necesariamente continuos, de las que se producen cuando aquéllos actúan en el interior de la pieza. En estas condiciones, la validez de las expresiones (III.1) y (III.3) puede considerarse general, si se asigna en el origen a los términos correspondientes de las soluciones fundamentales respectivas los valores que adoptan a la derecha del mismo (abscisas positivas).

Con este criterio, la particularización de las fórmulas anteriores para las secciones extremas de la pieza conduce a las ecuaciones siguientes:

a) En el extremo dorsal de la viga:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2} v_a = & \mathcal{M}_1^f(0) \cdot \theta_a - \mathcal{V}_1^f(L) \cdot v_b - \mathcal{M}_1^f(L) \cdot \theta_b + \\ & + v_1^f(0) \cdot P_a + v_1^f(L) \cdot P_b + \theta_1^f(L) \cdot M_b + f_v(0) \\ \frac{1}{2} \theta_a = & \mathcal{V}_2^f(0) \cdot v_a - \mathcal{V}_1^f(L) \cdot v_b - \mathcal{M}_1^f(L) \cdot \theta_b + \\ & + \theta_2^f(0) \cdot M_a + v_2^f(L) \cdot P_b + \theta_2^f(L) \cdot M_b + f_\theta(0) \end{aligned} \right\} \quad (III.4)$$

donde los términos  $f_v(0)$  y  $f_\theta(0)$  valen:

$$\left. \begin{aligned} f_v(0) = & \int_0^L [q(x) \cdot v_1^f(x) + m(x) \cdot \theta_1^f(x)] dx \\ f_\theta(0) = & \int_0^L [q(x) \cdot v_2^f(x) + m(x) \cdot \theta_2^f(x)] dx \end{aligned} \right\} \quad (III.6)$$

b) En el extremo frontal de la viga:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{2} v_b &= -\mathcal{V}_1^f(L) \cdot v_a + \mathcal{M}_1^f(L) \cdot \theta_a - \mathcal{M}_1^f(0) \cdot \theta_b + \\ &+ v_1^f(L) \cdot P_a - \theta_1^f(L) \cdot M_a + v_1^f(0) \cdot P_b + f_v(L) \\ \frac{1}{2} \theta_b &= \mathcal{V}_2^f(L) \cdot v_a - \mathcal{M}_2^f(L) \cdot \theta_a - \mathcal{V}_2^f(0) \cdot v_b - \\ &- v_2^f(L) \cdot P_a + \theta_2^f(L) \cdot M_a + \theta_2^f(0) \cdot M_b + f_\theta(L) \end{aligned} \right\} \quad \text{(III.7)}$$

donde los términos  $f_v(L)$  y  $f_\theta(L)$  valen:

$$\left. \begin{aligned} f_v(L) &= \int_0^L [q(x) \cdot v_1^f(L-x) - m(x) \cdot \theta_1^f(L-x)] dx \\ f_\theta(L) &= - \int_0^L [q(x) \cdot v_2^f(L-x) - m(x) \cdot \theta_2^f(L-x)] dx \end{aligned} \right\} \quad \text{(III.8)}$$

Se llega así a una formulación general para los desplazamientos verticales y giros en la viga en función de las cargas exteriores. La particularización de la misma para las condiciones en los bordes permite resolver siempre el problema estructural, tal como se expone a continuación.

### 3.2. Planteamiento y solución general del problema de contorno

Reagrupando las ecuaciones (III.5) y (III.7) se obtiene un sistema que, haciendo uso de la notación matricial, puede escribirse abreviadamente en la forma siguiente:

$$[H] \{U\} = [G] \cdot \{P\} + \{B\} \quad \text{(III.9)}$$

donde las matrices columna  $\{U\}$ ,  $\{P\}$  y  $\{B\}$  son (el superíndice "t" designa a la transpuesta):

$$\left. \begin{aligned} \{U\}^t &= [v_a \ \theta_a \ v_b \ \theta_b] \\ \{P\}^t &= [P_a \ M_a \ P_b \ M_b] \\ \{B\}^t &= [f_v(0) \ f_\theta(0) \ f_v(L) \ f_\theta(L)] \end{aligned} \right\} \quad \text{(III.10)}$$

y los coeficientes de las matrices [H] y [G] valen:

$$\begin{aligned}
 h_{11} &= h_{22} = h_{33} = h_{44} = \frac{1}{2} \\
 h_{12} &= -h_{34} = -\frac{1}{4\chi} \\
 h_{13} &= h_{24} = h_{31} = h_{42} = -\frac{1}{2}\varphi(\chi L) \\
 h_{14} &= -h_{32} = \frac{1}{4\chi}[\varphi(\chi L) - \psi(\chi L)] \\
 h_{21} &= -h_{43} = -\frac{\chi}{2} \\
 h_{23} &= -h_{41} = \frac{\chi}{2}[\varphi(\chi L) + \psi(\chi L)]
 \end{aligned}
 \tag{III.11}$$

$$\begin{aligned}
 g_{11} &= g_{33} = \frac{1}{8EI\chi^3} \\
 g_{12} &= g_{21} = g_{34} = g_{43} = 0 \\
 g_{13} &= g_{31} = \frac{1}{8EI\chi^3}[\varphi(\chi L) + \psi(\chi L)] \\
 g_{14} &= -g_{23} = -g_{32} = g_{41} = \frac{1}{4EI\chi^2}\psi(\chi L) \\
 g_{22} &= g_{44} = \frac{1}{4EI\chi} \\
 g_{24} &= g_{42} = \frac{1}{4EI\chi}[\varphi(\chi L) - \psi(\chi L)]
 \end{aligned}
 \tag{III.12}$$

El sistema (III.9) constituye la ecuación general de contorno cuya resolución permite determinar los movimientos y sollicitaciones internas en cualquier sección de la viga. Dicho sistema está siempre determinado, pues, aunque contiene ocho incógnitas ( $v_a, \theta_a, v_b, \theta_b, P_a, M_a, P_b, M_b$ ), existen en cualquier caso cuatro condiciones adicionales que permiten resolver el problema. Estas condiciones adicionales se formulan, bien en términos de los movimientos, bien en términos de las reacciones, bien en forma mixta (caso, por ejemplo, de las coacciones de tipo elástico). Si, en cada caso concreto, se incorporan al primer miembro del sistema (III.9) todas las incógnitas y se traspasan al segundo los términos restantes, se llega a un sistema de ecuaciones que, en general, puede escribirse en la forma siguiente:



$$[A] \cdot \{X\} = \{F\} \quad (\text{III.13})$$

donde  $[A]$  es una matriz cuadrada (de  $4 \times 4$ ) cuyos coeficientes son los que corresponden a las incógnitas del problema particular considerado,  $\{X\}$  es la matriz columna cuyas cuatro componentes son las incógnitas del caso y  $\{F\}$  es otra matriz columna cuyas cuatro componentes son conocidas.

La inversión de la matriz  $[A]$  resuelve en un caso genérico la determinación de las incógnitas del problema de contorno, a partir de las cuales pueden conocerse los movimientos en cualquier sección de la viga (expresiones (III.1) y (III.3)) y las sollicitaciones internas en la misma.

### 3.3. Expresión general de las sollicitaciones internas en la viga en función de las cargas exteriores

Si se sustituye la expresión (III.1) en la fórmula (III.3) se obtiene, tras la derivación, la distribución de momentos flectores en la pieza, que puede escribirse en la forma siguiente:

$$\mathcal{M}(\xi) = [S_1(\xi)] \{U\} + [S_2(\xi)] \{P\} + \mathcal{M}_q(\xi) \quad (\text{III.14})$$

donde las matrices fila  $[S_1(\xi)]$  y  $[S_2(\xi)]$  valen:

$$[S_1(\xi)]^t = \begin{bmatrix} -EI X^2 \cdot \psi(X \xi) \\ -\frac{EI X}{2} [\varphi(X \xi) + \psi(X \xi)] \\ -EI X^2 \cdot \psi(X \cdot \xi') \\ \frac{EI X}{2} [\varphi(X \cdot \xi') + \psi(X \cdot \xi')] \end{bmatrix} \quad (\text{III.15})$$

$$[S_2(\xi)]^t = \begin{bmatrix} \frac{1}{4X} [\varphi(X \xi) - \psi(X \xi)] \\ -\frac{1}{2} \cdot \varphi(X \xi) \\ \frac{1}{4X} [\varphi(X \xi') - \psi(X \xi')] \\ \frac{1}{2} \varphi(X \xi') \end{bmatrix} \quad (\text{III.16})$$

siendo  $\xi' = L - \xi$ .

El término  $\mathcal{M}_q(\xi)$ , que depende directamente de las cargas exteriores, se expresa por:

$$\begin{aligned} \mathcal{M}_q(\xi) = & \int_0^\xi [q(x) \mathcal{M}_1^t(\xi - x) + m(x) \mathcal{M}_2^t(\xi - x)] dx + \\ & + \int_\xi^L [q(x) \mathcal{M}_1^t(x - \xi) - m(x) \mathcal{M}_2^t(x - \xi)] dx \end{aligned} \quad (\text{III.17})$$

Sustituyendo la expresión (III.14) en la segunda de las fórmulas (II.2) se obtiene, tras la derivación, la distribución de los esfuerzos cortantes en la viga, que se escribe en la forma siguiente:

$$\mathcal{V}(\xi) = [S_3(\xi)] \{U\} + [S_4(\xi)] \{P\} + \mathcal{V}_q(\xi) \quad (\text{III.18})$$

donde las matrices fila  $[S_3(\xi)]$  y  $[S_4(\xi)]$  valen:

$$[S_3(\xi)]^t = \begin{bmatrix} -EI \chi^3 [\varphi(x\xi) - \psi(x\xi)] \\ EI \chi^2 \cdot \psi(x\xi) \\ EI \chi^3 [\varphi(x\xi') - \psi(x\xi')] \\ -EI \chi^2 \cdot \psi(x\xi') \end{bmatrix} \quad (\text{III.19})$$

$$[S_4(\xi)]^t = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} \varphi(x\xi) \\ \frac{\chi}{2} [\varphi(x\xi) + \varphi(x\xi')] \\ \frac{1}{2} \varphi(x\xi') \\ \frac{\chi}{2} [\varphi(x\xi') + \psi(x\xi')] \end{bmatrix} \quad (\text{III.20})$$

El término  $\mathcal{V}_q(\xi)$  se expresa en función de las cargas exteriores por:

$$\begin{aligned} \mathcal{V}_q(\xi) = & \int_0^\xi [q(x) \cdot \mathcal{V}_1^f(\xi-x) + m(x) \cdot \mathcal{V}_2^f(\xi-x)] dx + \\ & - \int_\xi^L [q(x) \cdot \mathcal{V}_1^f(x-\xi) - m(x) \cdot \mathcal{V}_2^f(\xi-x)] dx \end{aligned} \quad (\text{III.21})$$

Como muestran las ecuaciones (III.14) y (III.18), las sollicitaciones internas en la viga están totalmente definidas en cualquier sección de la misma en cuanto se haya resuelto el problema de contorno.

## 4. ESTUDIO DE ALGUNOS CASOS SIMPLES

### 4.1. Viga con extremos libres. Método de Hetenyi

Si los extremos de la viga están libres de coacciones ( $P_a = M_a = P_b = M_b = 0$ ) la solución de la ecuación general de contorno (III.9) es inmediata y se escribe en la forma:

$$\{U\} = [H]^{-1} \cdot \{B\} \quad (\text{IV.1})$$

donde la matriz  $[H]^{-1}$  es la inversa de la definida por los valores (III.11).

Por su parte, las solicitaciones internas en la viga se obtienen fácilmente, ya que su expresión es:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{M}(\xi) &= [S_1(\xi)] \{U\} + \mathcal{M}_q(\xi) \\ \mathcal{V}(\xi) &= [S_3(\xi)] \cdot \{U\} + \mathcal{V}_q(\xi) \end{aligned} \right\} \quad (IV.2)$$

Si se sustituye la ecuación (IV.1) en las expresiones (IV.2), se obtiene:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{M}(\xi) &= [S_1(\xi)] \cdot [H]^{-1} \cdot \{B\} + \mathcal{M}_q(\xi) \\ \mathcal{V}(\xi) &= [S_3(\xi)] \cdot [H]^{-1} \cdot \{B\} + \mathcal{V}_q(\xi) \end{aligned} \right\} \quad (IV.3)$$

con lo que se llega a una formulación equivalente a la debida al procedimiento para el cálculo de solicitaciones internas en las "vigas cortas" conocido como "método de Hetenyi" (referencias 1 y 2).

#### 4.2. Viga biempotrada en sus extremos

Cuando ambos extremos de la viga están rígidamente empotrados ( $v_a = \theta_a = v_b = \theta_b = 0$ ), la solución de la ecuación de contorno se obtiene directamente por inversión de la matriz [G]:

$$\{P\} = [G]^{-1} \cdot \{B\} \quad (IV.4)$$

Las solicitaciones internas en la viga se escriben ahora en la forma:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{M}(\xi) &= [S_2(\xi)] \cdot \{P\} + \mathcal{M}_q(\xi) \\ \mathcal{V}(\xi) &= [S_4(\xi)] \cdot \{P\} + \mathcal{V}_q(\xi) \end{aligned} \right\} \quad (IV.5)$$

Sustituyendo la ecuación (IV.4) en las fórmulas (IV.5) se llega a las relaciones matriciales que permiten determinar directamente dichas solicitaciones internas a partir de las cargas exteriores.

#### 4.3. Viga solicitada exclusivamente por movimientos impuestos en los extremos. Matriz de rigidez

Cuando la viga está solicitada exclusivamente por fuerzas y momentos incógnitas actuantes en sus extremos, que originan movimientos impuestos en los mismos, se anulan todas las componentes del vector {B} en la ecuación general de contorno (III.9), cuya solución es:

$$\{P\} = [K] \cdot \{U\} \quad (IV.6)$$

donde la matriz [K], recibe la denominación de "matriz de rigidez" de la viga sobre lecho elástico (referencias 5 y 6) y se expresa por:

$$[K] = [G]^{-1} \cdot [H] \quad (IV.7)$$



En este caso, las solicitaciones internas en la viga pueden obtenerse directamente a partir de los movimientos impuestos en los extremos de la misma, mediante las relaciones:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{M}(\xi) &= ([S_1(\xi)] + [S_2(\xi)][K]) \cdot \{U\} \\ \mathcal{V}(\xi) &= ([S_3(\xi)] + [S_4(\xi)][K]) \cdot \{U\} \end{aligned} \right\} \quad (IV.8)$$

puesto que también se anulan los términos  $\mathcal{M}_q(\xi)$  y  $\mathcal{V}_q(\xi)$ .

#### 4.4. Ejemplos

Como aplicación práctica del método anteriormente expuesto, se presentan a continuación los resultados correspondientes a algunos casos sencillos:

- a) "Viga solicitada por dos fuerzas verticales iguales en sus extremos" (ver Figura IV.1). En este caso, las condiciones de simetría del problema ( $v_a = v_b$ ;  $\theta_a = -\theta_b$ ) permiten resolverlo utilizando sólo dos ecuaciones del sistema (III.9), que, al ser nulas las componentes del vector  $\{B\}$ , se escriben en la forma:

$$\left. \begin{aligned} (h_{11} + h_{13}) \cdot v_a + (h_{12} - h_{14}) \cdot \theta_a &= (g_{11} + g_{13}) \cdot P \\ (h_{21} + h_{23}) \cdot v_a + (h_{22} - h_{24}) \cdot \theta_a &= (g_{21} + g_{23}) \cdot P \end{aligned} \right\} \quad (IV.9)$$

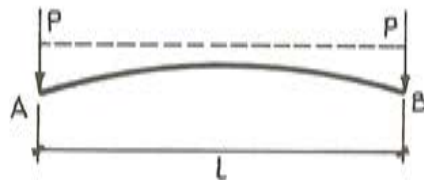


Figura IV.1

Sustituyendo los coeficientes por los valores dados en las fórmulas (III.11) y (III.13) y resolviendo el sistema, se obtiene:

$$\left. \begin{aligned} v_a &= \frac{P}{2EI\chi^3} \frac{\text{Ch } \chi L + \cos \chi L}{\text{Sh } \chi L + \text{sen } \chi L} \\ \theta_a &= \frac{P}{2EI\chi^2} \frac{\text{Sh } \chi L - \text{sen } \chi L}{\text{Sh } \chi L + \text{sen } \chi L} \end{aligned} \right\} \quad (IV.10)$$

Reemplazando estos valores en las fórmulas (III.1) y (III.14) se llega a:

$$\left. \begin{aligned} v(\xi) &= \frac{P}{2EI\chi^3} \frac{\text{Ch}[\chi(L-\xi)] \cdot \cos(\chi\xi) + \text{Ch}(\chi\xi) \cdot \cos[\chi(L-\xi)]}{\text{Sh } \chi L + \text{sen } \chi L} \\ \mathcal{M}(\xi) &= -\frac{P}{\chi} \frac{\text{Sh}[\chi(L-\xi)] \cdot \text{sen}(\chi\xi) + \text{Sh}(\chi\xi) \cdot \text{sen}[\chi(L-\xi)]}{\text{Sh } \chi L + \text{sen } \chi L} \end{aligned} \right\} \quad (IV.11)$$

En el punto medio de la viga ( $\xi = L/2$ ) se tiene:

$$\left. \begin{aligned} v(L/2) &= \frac{P}{EI \chi^3} \frac{\text{Ch}(\chi L/2) \cdot \cos(\chi L/2)}{\text{Sh}(\chi L) + \text{sen}(\chi L)} \\ \mathcal{M}(L/2) &= -\frac{2P}{\chi} \frac{\text{Sh}(\chi L/2) \cdot \text{sen}(\chi L/2)}{\text{Sh}(\chi L) + \text{sen}(\chi L)} \end{aligned} \right\} \text{(IV.12)}$$

- b) "Viga indefinida empotrada rígidamente en un extremo y solicitada por una sobrecarga vertical uniforme" (ver Figura IV.2). En este caso puede resolverse el problema de contorno utilizando sólo las dos primeras ecuaciones del sistema (III.9), que se particularizan en:

$$\left. \begin{aligned} g_{11} \cdot P_a + g_{12} \cdot M_a + f_v(0) &= 0 \\ g_{21} \cdot P_a + g_{22} \cdot M_a + f_\theta(0) &= 0 \end{aligned} \right\} \text{(IV.13)}$$

Los términos debidos a la sobrecarga uniforme se deducen de las integrales (III.6), que en este caso son:

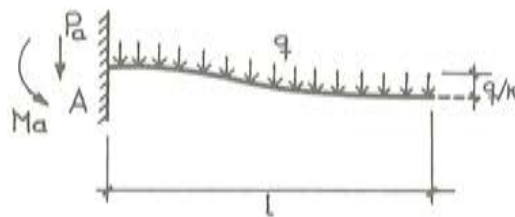


Figura IV.2

$$\left. \begin{aligned} f_v(0) &= \frac{q}{8EI \chi^3} \int_0^\infty e^{-\chi x} (\cos \chi x + \text{sen} \chi x) dx = \frac{q}{8EI \chi^4} \\ f_\theta(0) &= -\frac{q}{4EI \chi^2} \int_0^\infty e^{-\chi x} \cdot \text{sen} \chi x dx = -\frac{q}{8EI \chi^3} \end{aligned} \right\} \text{(IV.14)}$$

Sustituyendo los coeficientes dados por las fórmulas (III.12) en las ecuaciones (IV.13), se obtiene:

$$\left. \begin{aligned} P_a &= -\frac{q}{\chi} \\ M_a &= \frac{q}{2\chi^2} \end{aligned} \right\} \text{(IV.15)}$$

Los movimientos en la viga son:

$$\left. \begin{aligned} v(\xi) &= \frac{q}{k} [1 - e^{-\chi \xi} (\cos \chi \xi + \text{sen} \chi \xi)] \\ \theta(\xi) &= -\frac{2q\chi}{k} e^{-\chi \xi} \cdot \text{sen} \chi \xi \end{aligned} \right\} \text{(IV.16)}$$

y las solicitaciones internas en la misma valen:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{M}(\xi) &= -\frac{q}{2\chi^2} e^{-\chi\xi} (\cos \chi\xi - \operatorname{sen} \chi\xi) \\ \mathcal{V}(\xi) &= \frac{q}{\chi} \cdot e^{-\chi\xi} \cdot \cos \chi\xi \end{aligned} \right\} \quad (\text{IV.17})$$

- c) "Viga biempotrada sometida a un desplazamiento vertical relativo entre sus extremos" (ver Figura IV.3). Las condiciones de antisimetría del problema ( $P_a = -P_b$ ;  $M_a = M_b$ ) permiten formular la ecuación general de contorno en la forma siguiente:

$$\left. \begin{aligned} (h_{13} - h_{11}) \cdot \frac{\delta}{2} &= (g_{11} - g_{13}) P_a + (g_{12} + g_{14}) M_a \\ (h_{23} - h_{21}) \cdot \frac{\delta}{2} &= (g_{21} - g_{23}) P_a + (g_{22} + g_{24}) M_a \end{aligned} \right\} \quad (\text{IV.18})$$

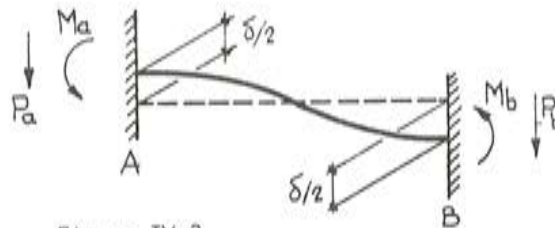


Figura IV.3

Sustituyendo los coeficientes por los valores dados en las fórmulas (III.11) y (III.13) y resolviendo el sistema, se obtiene:

$$\left. \begin{aligned} P_a &= -2 EI \chi^3 \delta \frac{\operatorname{Ch} \chi L + \cos \chi L}{\operatorname{Sh} \chi L - \operatorname{sen} \chi L} \\ M_a &= EI \chi^2 \delta \frac{\operatorname{Sh} \chi L + \operatorname{sen} \chi L}{\operatorname{Sh} \chi L - \operatorname{sen} \chi L} \end{aligned} \right\} \quad (\text{IV.19})$$

Cuando la rigidez del lecho elástico es despreciable, las reacciones anteriores coinciden con las proporcionadas por la teoría elemental de vigas simples ( $P_a = -12 EI \delta/L^3$ ;  $M_a = 6 EI \delta/L^2$ ).

## 5. CONCLUSIONES

De cuanto se ha expuesto con anterioridad puede concluirse que la solución general correspondiente al análisis de "vigas apoyadas sobre lecho elástico con sección constante" se aborda de forma directa y con gran sencillez a partir del METODO DE LOS ELEMENTOS DE CONTORNO. Partiendo de dicha solución general resultan diversas particularizaciones de interés, entre las que cabe destacar:



- a) El procedimiento convencional de Hetenyi para el cálculo de vigas "cortas".
- b) La formulación de la "matriz de rigidez" de la pieza apoyada sobre lecho elástico.

Las expresiones aplicables en ambos casos son lo suficientemente simples como para permitir su particularización numérica directa en los casos habituales en la práctica ingenieril, o inclusive, su posible "programación" para la resolución del cálculo a través del ordenador.

Siguiendo un planteamiento análogo al aquí expuesto puede abordarse el análisis de "losas apoyadas sobre lecho elástico", que resulta claramente ventajoso frente a otros sistemas posibles (emparrillado sobre muelles, por ejemplo) cuando se trata de soleras de sección constante. En este caso, la particularización del METODO DE LOS ELEMENTOS DE CONTORNO al análisis del problema obliga a introducir determinadas "funciones de interpolación" en los bordes, ya que no se obtiene directamente la solución exacta como sucede con la viga simple.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Las referencias bibliográficas citadas en la exposición precedente corresponden a los autores y obras siguientes:

- (1) S. TIMOSHENKO: "Resistencia de Materiales". Segunda Parte. Espasa-Calpe, S.A., 1967.
- (2) J.A. JIMENEZ SALAS Y COL.: "Geotécnica y Cimientos III". Primera Parte. Ed. Rueda, 1980.
- (3) C.A. BREBBIA: "Boundary element techniques in engineering". Newnes-Butterworths, 1980.
- (4) M. MARTINEZ LAFUENTE: "Planteamiento directo del Método de los Elementos de Contorno a partir del Teorema de Reciprocidad". Revista Hormigón y Acero nº 147, 1983.
- (5) R.K. LIVESLEY: "Métodos matriciales para Cálculo de Estructuras". Ed. Blume, 1970.
- (6) BING-YUAN TING: "Finite beams on Elastic Foundation with restraints". Journal of the Structural Division, ASCE, Marzo 1982, PP 611 a 621.

# Dimensionamiento analítico directo de secciones de hormigón armado en estado límite último de agotamiento

Hugo Corres Peiretti  
Dr. Ing. de Caminos  
E.T.S. de Ing. de Caminos  
Oscar Unanue Prudent  
Ing. Civil  
E.T.S. de Ing. de Caminos  
Rafael Fernández Sánchez  
Ing. de Caminos  
Instituto Eduardo Torroja

## 1. INTRODUCCION

El cálculo de secciones de hormigón armado en estado límite último (dimensionamiento y comprobación) debido a tensiones normales (esfuerzos axiales y momentos flectores), constituye un problema frecuente en la práctica diaria del proyecto de estructuras de hormigón armado.

Representa asimismo el problema posiblemente más estudiado y mejor resuelto, en cuanto a generalidad y continuidad, de todos los que se presentan en las estructuras de hormigón armado, en el marco del método semiprobabilístico de los estados límites.

Las bases actuales para el cálculo de secciones en estado límite último se presentaron en forma de hipótesis en la edición 1.970 de las Recomendaciones CEB/FIP (1), después de las contribuciones del Profesor Torroja (2) (3) con el método del momento tope y trabajos del Profesor Rüsçh y sus colaboradores (4) en cuanto al diagrama parábola rectángulo.

Sin embargo, después de la aparición de las Recomendaciones CEB/FIP del 70 la exposición más completa, sistemática y general de los problemas prácticos de dimensionamiento y comprobación de secciones, así como el planteamiento de las propiedades del diagrama de interacción y estudios analíticos sobre estos temas son debidos al Profesor Moran (5) (6).

Desde entonces y debido a que las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos, según las hipótesis de cálculo, son ecuaciones discontinuas, el problema de comprobación y dimensionamiento de secciones de hormigón armado se planteó de forma operativa mediante tres procedimientos:

#### 1 – Dimensionamiento y comprobación gráfica o mediante tablas.

Este quizás sea el procedimiento más extendido que permite resolver el problema para los distintos tipos de esfuerzos; flexión simple, flexión compuesta recta y flexión compuesta esviada, mediante el diagrama universal o escalas funcionales, los diagramas de interacción o rosetas respectivamente.

Este procedimiento, que constituye la mejor solución práctica del cálculo manual de secciones, requiere disponer de gráficos o tablas que se hayan preparado previamente correspondientes al tipo de sección que se quiere estudiar.

#### 2 – Fórmulas simplificadas.

Constituyen fórmulas sencillas simplificadas para uso rápido que han sido desarrolladas para la tipología de secciones y disposición de armaduras más usuales.

#### 3 – Cálculo analítico de secciones (5).

Constituye el procedimiento más general y preciso que existe pero requiere inevitablemente la utilización de ordenadores rápidos ya que comporta procesos iterativos largos. Por otra parte, los algoritmos propuestos no siempre garantizan el proceso de convergencia, pudiendo presentarse problemas sin solución para casos muy particulares.

Con la aparición de las calculadoras programables y en particular de los ordenadores personales, el proyecto de estructuras de hormigón armado ha sufrido un importante vuelco hacia la automatización. Este tipo de equipos, hasta hace pocos años inaccesibles a un proyectista modesto, se ha transformado en una herramienta de uso cotidiano en el proyecto.

En este tipo de equipos existen aún dos limitaciones importantes: capacidad de memoria, especialmente para las calculadoras programables, y rapidez de cálculo especialmente en algoritmos donde es necesaria la utilización de procesos iterativos.

Si se analiza la gama de posibilidades de procedimientos para el cálculo de secciones, descrita antes, parece evidente que el procedimiento gráfico o de tablas que es sin duda el más potente para el cálculo manual, no constituye una solución adecuada para el cálculo con estos ordenadores.

Tampoco representa una solución idónea el cálculo analítico ya que, como se ha indicado, comporta procesos iterativos muy costosos en cuanto a tiempo de cálculo.

Para los casos frecuentes que se presentan en la práctica, las fórmulas simplificadas sí constituyen un procedimiento lógico aunque no parece ser el medio más adecuado ya que han sido pensadas para el cálculo manual rápido de secciones. Dada la potencia de cálculo de estos equipos no se requiere planteamientos con fórmulas tan sencillas sino algoritmos que, aunque comportan formulaciones más complicadas, no exigen procesos iterativos y permiten adaptarse completamente a las hipótesis generales de cálculo de secciones en estado límite último de agotamiento.

Es necesario tener en cuenta que el cálculo de secciones es sólo una parte del proyecto automático de estructuras y requiere una solución rápida y con un nivel de precisión adecuado.



En este sentido, la última publicación del CEB/FIB Manual on bending and compression (7), editado recientemente, no se aparta del tratamiento tradicional del tema, incluyendo sólo los procedimientos ya conocidos.

Este trabajo representa un esfuerzo en la línea del cálculo directo de secciones, especialmente el dimensionamiento, con ordenadores personales o calculadoras programables, el cual ha sido motivado como consecuencia del uso cotidiano de ordenadores personales en el proyecto automático de estructuras.

## **2. HIPOTESIS GENERALES PARA EL CALCULO DE SECCIONES EN ESTADO LIMITE ULTIMO**

El cálculo de secciones en estado límite último de agotamiento debido a solicitaciones normales, se define mediante unas hipótesis generales que permiten abordar el problema con total generalidad:

- a) Las secciones normales a la directriz se mantienen planas y normales a ella durante la deformación.
- b) Bajo la acción de las solicitaciones, las armaduras toman la misma deformación que el hormigón que las rodea.
- c) El estado límite último se caracteriza en términos de deformaciones de fibras características de la sección, según se indica en el diagrama de pivotes (fig. 2.1).
- d) Se admite que la tensión de cada fibra de hormigón corresponde unívocamente al valor de la deformación de dicha fibra de acuerdo con un diagrama tensión-deformación adecuado. En este trabajo se ha adoptado el diagrama parábola rectángulo indicado en la fig. 2.2.
- e) La tensión de cualquier armadura se obtiene a partir de la deformación de la fibra correspondiente de acuerdo con un diagrama tensión-deformación adecuado. En este trabajo se ha adoptado el diagrama bilineal indicado en la fig. 2.3.

Teniendo en cuenta las hipótesis descritas, el cálculo de secciones en estado límite último consiste en el planteamiento de las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos, igualando los resultantes de las tensiones correspondientes al hormigón comprimido y las armaduras, con los componentes de los esfuerzos exteriores solicitantes.

## **3. DIMENSIONAMIENTO DIRECTO. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO**

El procedimiento que se presenta, consiste, tal como se ha anticipado en la Introducción, en la transformación de las ecuaciones generales de equilibrio de fuerzas y momentos que resultan discontinuas, en una serie de ecuaciones continuas que permitan representar los distintos estados límites últimos posibles. Las ecuaciones continuas de la serie están asociadas a intervalos de valores de la posición de la fibra neutra.

A los efectos de cálculo de secciones, el procedimiento propuesto consiste en resolver el sistema de ecuaciones planteado obteniendo la cuantía estricta y la posición del eje neutro en el caso de dimensionamiento y los esfuerzos resistentes en el caso de comprobación.

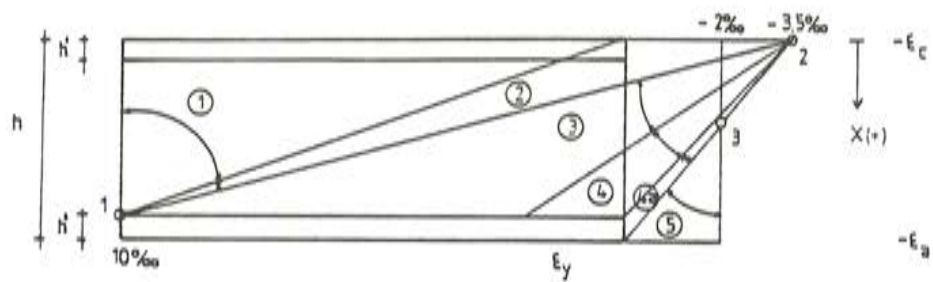


Fig. 2.1. Diagrama de pivotes .

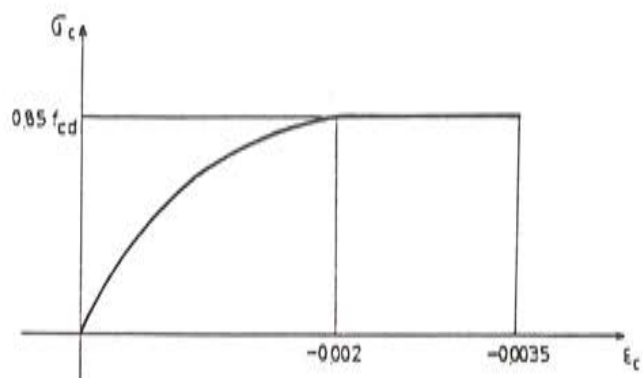


Fig. 2.2. Diagrama tensión deformación del hormigón.

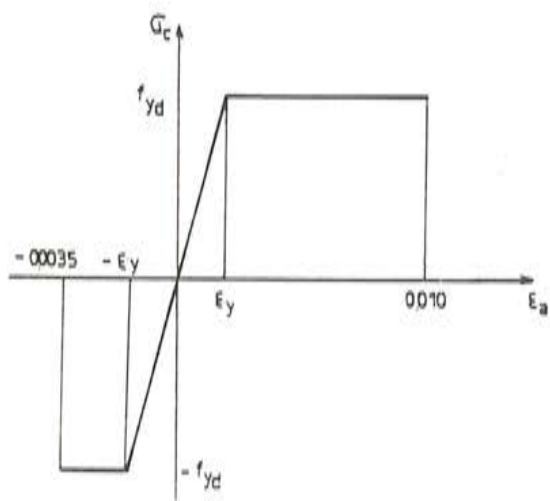


Fig. 2.3. Diagrama tensión deformación del acero dureza natural.

Ya que a priori no se conoce cual es la posición del eje neutro y por lo tanto las ecuaciones continuas a utilizar para la resolución del problema planteado, el procedimiento propuesto se completa indicando, para el caso de flexión simple y flexión compuesta recta, unos criterios para identificar el sistema de ecuaciones a utilizar o lo que es lo mismo el intervalo de valores de posición del eje neutro en el que se encuentra la profundidad de la fibra neutra correspondiente al problema a resolver.

A los efectos de explicar las ideas generales del procedimiento propuesto se analiza el caso de una sección rectangular con armadura simétrica en caras opuestas sometida a flexión compuesta recta. En este caso y según la nomenclatura adoptada en la figura 3.1, las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos pueden escribirse:

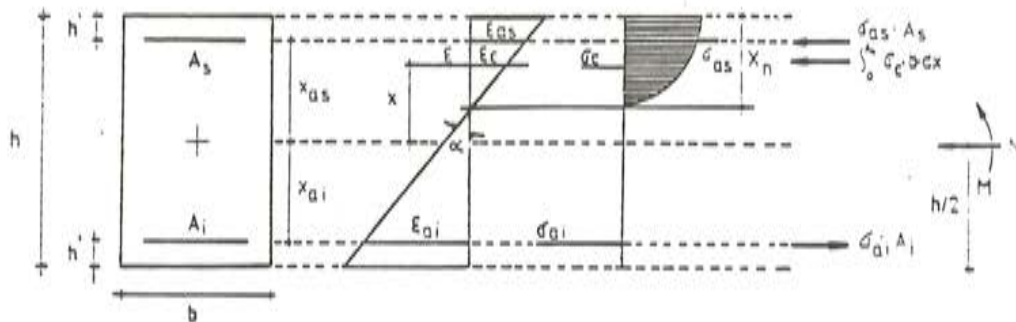


Fig. 3.1. Definición de parámetros: sección rectangular en flexión compuesta.

$$N = \int_0^{X_n} \sigma_c (\epsilon_c) b dx + \sigma_{ai} (\epsilon_{ai}) A_i + \sigma_{as} (\epsilon_{as}) A_s \quad \text{Ec. 3.1}$$

$$M = \int_0^{X_n} \sigma_c (\epsilon_c) b x dx + \sigma_{ai} (\epsilon_{ai}) A_i x_{ai} + \sigma_{as} (\epsilon_{as}) A_s x_{as} \quad \text{Ec. 3.2}$$

Donde:

$b$ : Ancho de la sección.

$h$ : Canto total de la sección.

$h'$ : Recubrimiento de las armaduras.

$A_i, A_s$ : Sección de las armaduras;  $A_i = A_s = A$

$x_{as}, x_{ai}$ : Distancia de las armaduras superior e inferior al centro de la gravedad de la sección.

$x$ : Distancia de una fibra genérica de hormigón al centro de gravedad de la sección.

$X_n$ : Profundidad de la fibra neutra.

$\sigma_{ai}, \sigma_{as}, \sigma_c$ : Tensiones de las armaduras inferior y superior y de una fibra genérica de hormigón respectivamente.

$\epsilon_{ai}, \epsilon_{as}, \epsilon_c$ : Deformaciones de las armaduras inferior y superior y de una fibra genérica de hormigón respectivamente.

$\frac{1}{r}$ : Curvatura de la sección.



El término integral de las dos expresiones representa la contribución del hormigón comprimido a las ecuaciones de axil y momento respectivamente. Los otros dos sumandos representan la contribución de las armaduras: inferior o menos comprimida y superior o más comprimida, respectivamente.

Las tensiones en cualquier fibra de la sección, tanto del hormigón como de las armaduras, son función de las deformaciones de acuerdo con los diagramas tensión-deformación adoptados. Para el caso en estudio, si se adopta el diagrama parábola-rectángulo para el hormigón, las tensiones pueden obtenerse de las expresiones siguientes:

$$\sigma_c(\epsilon_c) = 0 \quad 0 \leq \epsilon_c \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$\sigma_c(\epsilon_c) = 0,85 f_{cd} \left[ 1 - \left( 1 + \frac{\epsilon_c}{2} \right)^2 \right] \quad -2\text{‰} \leq \epsilon_c < 0 \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$\sigma_c(\epsilon_c) = 0,85 f_{cd} \quad -3,5\text{‰} \leq \epsilon_c < -2\text{‰} \quad \text{Ec. 3.5}$$

Donde:

$f_{cd}$ : Resistencia de cálculo del hormigón.

Adoptando un diagrama bilineal para el acero, las tensiones de las armaduras pueden obtenerse a partir de las expresiones siguientes:

$$\sigma_a(\epsilon_a) = f_{yd} \quad \epsilon_y < \epsilon_a \quad \text{Ec. 3.6}$$

$$\sigma_a(\epsilon_a) = E \epsilon_a \quad -\epsilon_y < \epsilon_a \leq \epsilon_y \quad \text{Ec. 3.7}$$

$$\sigma_a(\epsilon_a) = -f_{yd} \quad \epsilon_a \leq -\epsilon_y \quad \text{Ec. 3.8}$$

Donde:

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$E$ : Módulo de elasticidad del acero.

$\epsilon_y$ : Deformación correspondiente al límite elástico del acero.

Las deformaciones en cualquier fibra de la sección, para un diagrama de deformación de agotamiento determinado, pueden obtenerse de la ecuación siguiente:

$$e = \frac{1}{r} \left( \frac{h}{2} - x \right) + \frac{1}{r} Xn \quad \text{Ec. 3.9}$$

Donde:

$e$ : Deformación de una fibra genérica de la sección.

De acuerdo con lo anterior las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos pueden escribirse de forma adimensional:

$$\frac{N}{b h f_{cd}} = \frac{\int_0^{Xn} \sigma_c(\epsilon_c) b dx}{b h f_{cd}} + \frac{A f_{yd}}{b h f_{cd}} \frac{\sigma_{a1}(\epsilon_{a1})}{f_{yd}} + \frac{A f_{yd}}{b h f_{cd}} \frac{\sigma_{a2}(\epsilon_{a2})}{f_{yd}} \quad \text{Ec. 3.10}$$

$$\frac{M}{b h^2 f_{cd}} = \frac{\int_0^{Xn} \sigma_c(\epsilon_c) b x dx}{b h^2 f_{cd}} + \frac{A f_{yd}}{b h f_{cd}} \frac{\sigma_{a1}(\epsilon_{a1})}{f_{yd}} \frac{x_{a1}}{h} + \frac{A f_{yd}}{b h f_{cd}} \frac{\sigma_{a2}(\epsilon_{a2})}{f_{yd}} \frac{x_{a2}}{h} \quad \text{Ec. 3.11}$$

Escritas de forma compacta, las ecuaciones anteriores se pueden expresar:

$$\begin{aligned} \nu &= \nu_c (X_n/h) + \omega [\nu_{a1} (X_n/h) + \nu_{a8} (X_n/h)] \\ \mu &= \mu_c (X_n/h) + \omega [\mu_{a1} (X_n/h) + \mu_{a8} (X_n/h)] \end{aligned} \quad \text{Ec. 3.12}$$

Donde:

- $\nu$ : Axil reducido resistido por la sección.
- $\mu$ : Momento reducido, calculado respecto al centro de gravedad (c. de g.) de la sección, resistido por la sección.
- $\nu_c$ : Axil reducido resistido por el hormigón comprimido.
- $\mu_c$ : Momento reducido respecto al c. de g. de la sección, resistido por el hormigón.
- $\nu_{a1}, \nu_{a8}$ : Relación entre las tensiones de las armaduras (inferior y superior respectivamente) y la resistencia de cálculo del acero.
- $\mu_{a1}, \mu_{a8}$ : Producto entre las relaciones de tensiones  $\nu_{a1}, \nu_{a8}$  y la distancia de las armaduras al c. de g. de la sección.
- $\omega$ : Cuantía mecánica de cada capa de armadura.

Para cada posición del eje neutro, utilizando el diagrama de pivotes expresado en términos de profundidad del eje neutro—curvatura de la sección (8) (figura 3.2.a)— se puede obtener el valor de la curvatura que define el plano de deformación de agotamiento de la sección. Utilizando estos valores se puede obtener la deformación correspondiente a cualquier fibra de la sección. Con estas deformaciones se pueden obtener las tensiones del hormigón y del acero de las armaduras y, por tanto, integrar las ecuaciones de equilibrio.

En definitiva, todos los sumandos de la ecuaciones de equilibrio se definen como una función de la posición del eje neutro. En la figura 3.2 se representan, en función de la posición del eje neutro, el diagrama de pivotes para obtener la curvatura de agotamiento de la sección y las funciones,  $\nu_c, \mu_c, \nu_{a1}, \mu_{a1}, \nu_{a8}, \mu_{a8}$ , antes definidas.

Tal como puede verse en dicha figura, todas estas funciones son discontinuas pero en ellas pueden distinguirse tramos continuos que pueden expresarse analíticamente.

Para el caso de las funciones  $\nu_c$  y  $\mu_c$ , pueden definirse 5 ecuaciones que permiten representar la contribución del hormigón en todo el rango de valores posibles de la posición del eje neutro. A fin de simplificar la forma de las expresiones que se presentan a continuación y facilitar la programación de los distintos algoritmos que se exponen, se establece la nomenclatura siguiente:

- $X = X_n/h$  : Profundidad relativa de la fibra neutra.
- $A = (h/r) 1000$  : Curvatura relativa de la sección por 1000.
- $U = h'/h$  : Recubrimiento relativo de las armaduras.
- $Z = 0.5 - U$  : Brazo interno reducido respecto al c. de g. de la sección.
- $d = 1 - U$  : Canto útil reducido de la sección.
- $N = \nu$  : Axil reducido resistido por la sección.
- $M = \mu$  : Momento reducido resistido por la sección, calculado respecto al c. de g. de la sección.
- $N_c = \nu_c$  : Axil reducido resistido por el hormigón comprimido.
- $M_c = \mu_c$  : Momento reducido resistido por el hormigón comprimido respecto al c. de g. de la sección.

Fig. 3.2 a  
Estados de deformación de agotamiento.

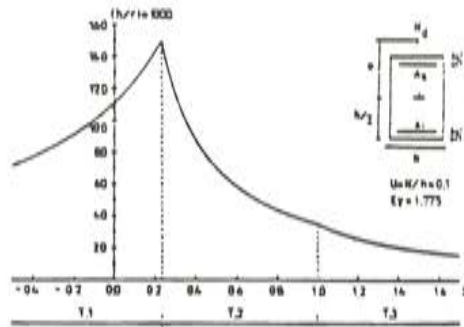


Fig. 3.2 b  
Aporte del hormigón diag. parabola rec-tangulo

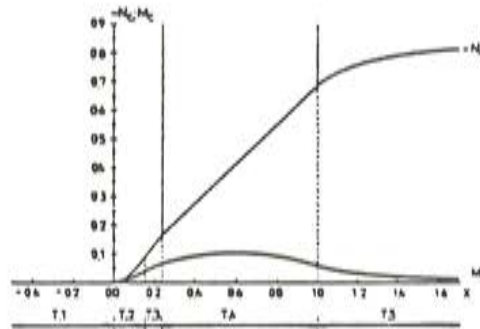


Fig. 3.2 c  
Aporte acero capa inferior.

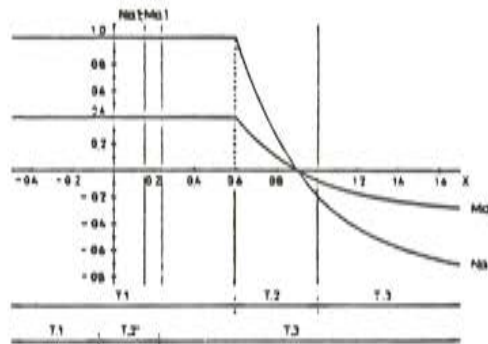


Fig. 3.2 d  
Aporte acero capa superior

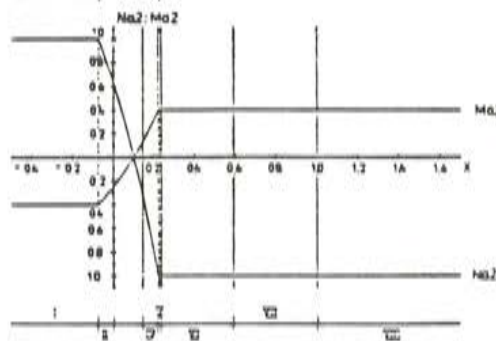


Fig. 3.2. Diagramas de aporte sección rectangular con armadura simétrica.



- $N_{a1} = \nu_{a1}$  : Relación entre la tensión de la capa inferior de armaduras y la resistencia de cálculo del acero.  
 $M_{a1} = \mu_{a1}$  : Producto entre la relación de tensiones:  $N_{a1}$  y la distancia de la armadura al c. de g. de la sección:  $Z$ .  
 $N_{a2} = \nu_{a2}$  : Relación entre la tensión de la capa superior de armaduras y la resistencia de cálculo del acero.  
 $M_{a2} = \mu_{a2}$  : Producto entre la relación de tensiones:  $N_{a2}$  y la distancia de la armadura al c. de g. de la sección:  $Z$ .  
 $W = 2 \omega$  : Cuantía mecánica total de la sección con dos capas de armadura.  
 $E_y = \epsilon_y$  : Deformación del límite elástico del acero.

El primer tramo, TRAMO 1, corresponde a posiciones de la fibra neutra que están fuera de la sección. En este caso todas las fibras de la sección están traccionadas. Este tramo representa el estado de tracción simple y roturas tipo 1, de acuerdo con la denominación adoptada en el diagrama de pivotes de la figura 2.1, y por tanto, la posición del eje neutro varía entre  $-\infty$  y 0.

De acuerdo con la hipótesis adoptada, en sentido de despreciar la contribución del hormigón traccionado, las funciones  $N_c$  y  $M_c$  son, en todo el tramo, iguales a cero.

TRAMO 1:  $-\infty < X \leq 0$

$$N_c = 0 \quad \text{Ec. 3.13}$$

$$M_c = 0 \quad \text{Ec. 3.14}$$

$$A = \frac{10}{d - x} \quad \text{Ec. 3.15}$$

El TRAMO 2, corresponde a posiciones de la fibra neutra que están dentro de la sección, es decir, planos de deformación de agotamiento para los que parte de la sección de hormigón está sometida a deformaciones de compresión. En este tramo el bloque de tensiones del hormigón es parabólico y su validez se extiende hasta que la deformación de la fibra más comprimida alcanza una deformación del  $-2\text{‰}$ . En otras palabras, en la situación límite, el diagrama de compresiones es la parábola completa.

TRAMO 2:  $0 < X \leq 0,167 d$

$$N_c = -0,071 AX^2 (6 - AX) \quad \text{Ec. 3.16}$$

$$M_c = -0,5 N_c - 0,018 AX^3 (8 - AX) \quad \text{Ec. 3.17}$$

$$A = \frac{10}{d - X} \quad \text{Ec. 3.18}$$

El TRAMO 3, corresponde a posiciones de la fibra neutra para las que el bloque de tensiones del hormigón es la parábola completa y una parte de rectángulo. La validez de este tramo se extiende hasta que la deformación de la fibra más comprimida de hormigón alcanza el  $-3,5\text{‰}$ , es decir, situación para la que el bloque de compresión es la parábola rectángulo completa.

TRAMO 3:  $0,167 d < X \leq 0,259 d$

$$N_c = -0,85 \left( X - \frac{2}{3A} \right) \quad \text{Ec. 3.19}$$

$$M_c = -0,5 N_c + 0,425 \left( \frac{4X}{3A} - X^2 - \frac{2}{3A^2} \right) \quad \text{Ec. 3.20}$$

$$A = \frac{10}{d - X} \quad \text{Ec. 3.21}$$

Las ecuaciones correspondientes a los tramos 2 y 3, anteriores, representan las roturas tipo 2. Por otra parte, las ecuaciones presentadas, TRAMOS 1, 2 y 3, representan los estados límites últimos vinculados al pivote 1. Las ecuaciones de estos tramos dependen del recubrimiento de la armadura más traccionada ya que el pivote 1 se define en esta fibra de la sección. Por esta razón el valor de A (curvatura de agotamiento para una posición determinada de la fibra neutra), siempre se define por la misma expresión que corresponde a la rama ascendente de la figura 3.2.a. De la misma forma, los valores límites de dichos tramos se expresan en función de d, el canto útil relativo de la sección.

El TRAMO 4, corresponde a posiciones de la fibra neutra para las que el diagrama de tensiones del hormigón es siempre el parábola-rectángulo completo, ya que la deformación de la fibra más comprimida permanece constante e igual a  $-3,5\text{‰}$ . La validez de este tramo se extiende hasta que la posición de la fibra neutra coincide con el borde inferior de la sección.

Las ecuaciones de este tramo representan los tipos de rotura 3, 4 y 4a, es decir, los estados límites últimos definidos por el pivote 2.

TRAMO 4:  $0,259 d < X \leq 1,00$

$$N_c = -0,688 X \quad \text{Ec. 3.22}$$

$$M_c = -0,5 N_c - 0,286 X^2 \quad \text{Ec. 3.23}$$

$$A = \frac{3,5}{X} \quad \text{Ec. 3.24}$$

El último tramo, TRAMO 5, corresponde a posiciones de la fibra neutra que están fuera de la sección, pero en este caso todas sus fibras están comprimidas. En este tramo, el diagrama de tensiones del hormigón es el rectangular y una parte de parábola ya que las deformaciones pequeñas corresponden a fibras que están fuera de la sección. La validez de este tramo se extiende hasta que la posición del eje neutro es  $+\infty$  y toda la sección tiene deformación constante e igual a  $-2\text{‰}$ . Estas ecuaciones representan los tipos de rotura 5 y el estado de compresión simple, es decir, los estados límites últimos definidos por el pivote 3.

TRAMO 5:  $1,0 < X < +\infty$

$$N_c = -0,121 - 0,567X + 0,425 A (X-1)^2 - 0,071 A^2 (X-1)^3 \quad \text{Ec. 3.25}$$

$$M_c = -0,5 N_c - 0,013 - 0,061 X - 0,213 X^2 + 0,142 A (X^3 - 3X + 2) - 0,018 A^2 (X^4 - 6X^2 + 8X - 3) \quad \text{Ec. 3.26}$$

$$A = \frac{2}{X - 3/7} \quad \text{Ec. 3.27}$$



Tal como puede verse en la figura 3.2. b, la función  $N_c$  es siempre creciente para posiciones del eje neutro mayores que cero y tiende a un valor asintótico igual a 0,85, que en términos adimensionales representa el estado de compresión simple del hormigón. La función  $M_c$ , en cambio, parte con un valor 0 cuando la posición del eje neutro se sitúa en el borde superior de la sección y aumenta hasta alcanzar su valor máximo en el tramo 4, que representa el máximo valor del producto entre  $N_c$  y el brazo interno relativo. Luego el valor de  $M_c$  disminuye tendiendo, para valores grandes de la posición del eje neutro, a 0 ya que en esta situación el centro de gravedad del bloque de compresiones y el centro de gravedad de la sección coinciden generándose, por tanto, un brazo interno relativo igual a cero.

Las ecuaciones presentadas son válidas para una sección rectangular con cualquier disposición de armaduras, sometida a esfuerzos de flexión o flexocompresión recta, utilizando el diagrama parábola-rectángulo.

Las ecuaciones anteriores pueden desarrollarse utilizando otro tipo de diagrama tensión-deformación para el hormigón, obteniéndose ecuaciones más simples y con un menor número de tramos.

Estas mismas ideas son aplicables para secciones poligonales en las que se conoce a priori la ley de variación del ancho de la sección. En realidad la sección rectangular es un caso particular de sección poligonal en la que el ancho es constante.

La solución propuesta no resulta adecuada para secciones sometidas a flexión esviada. En este sentido y para una sección rectangular, la ley de variación del ancho de la sección desde la fibra más comprimida a la fibra neutra, depende de la situación del eje neutro en la sección. Intentar obtener un conjunto de ecuaciones homólogas a las presentadas sería muy complicado y posiblemente desmerecería las ventajas que presenta este procedimiento.

Las funciones  $N_{a1}$ ,  $N_{a2}$ ,  $M_{a1}$ ,  $M_{a2}$ , relativas a las dos capas de armadura existentes en la sección tratada dependen, en general, de su situación en la sección, del diagrama tensión-deformación adoptado para el acero y de la tensión de cálculo correspondiente. En la figura 3.2.c se muestran las funciones  $N_a$  y  $M_a$  correspondientes a la armadura inferior para todo el rango de variación de la posición del eje neutro. En ésta pueden distinguirse cuatro tramos factibles de expresarse analíticamente.

El primer tramo, TRAMO 1, corresponde a posiciones de la fibra neutra para los que la deformación de la armadura es siempre de tracción y mayor o igual a la deformación correspondiente al límite elástico del acero utilizado. Este tramo representa el estado de tracción simple y las roturas tipo 1 y 2 definidas por el pivote 1. En este caso la deformación de esta armadura se mantiene constante e igual a 10‰. Asimismo representa estados límites últimos definidos por el pivote 2, para los que la deformación de este acero es siempre decreciente.

$$\text{TRAMO 1: } -\infty < X \leq \frac{3,5 d}{3,5 + E_y}$$

$$N_{a1} = 1 \quad \text{Ec. 3.28}$$

$$M_{a1} = N_{a1} Z \quad \text{Ec. 3.29}$$

En este tramo tanto  $N_{a1}$  como  $M_{a1}$  tienen valor constante.  $N_{a1}$  es igual a 1 ya que representa la relación entre la tensión de la armadura y la tensión de cálculo del acero y en todo el tramo la deformación del acero es mayor que la correspondiente al límite elástico por lo



que su tensión es igual a la de cálculo.  $M_{a1}$  es constante e igual a  $Z$  ya que  $N_{a1}$  es igual a 1 y  $Z$  es la distancia relativa de la armadura al c. de g. de la sección, la cual es constante.

El TRAMO 2, representa estados límites últimos definidos por el pivote 2. En este tramo la deformación puede ser de tracción o compresión pero siempre menor que la deformación correspondiente al límite elástico del acero utilizado.

$$\text{TRAMO 2: } \frac{3,5 d}{3,5 + E_y} < X \leq 1$$

$$N_{a1} = \frac{A (d - X)}{E_y} \quad \text{Ec. 3.30}$$

$$M_{a1} = N_{a1} Z \quad \text{Ec. 3.31}$$

$$A = \frac{3,5}{X} \quad \text{Ec. 3.32}$$

El TRAMO 3, representa estados límites últimos definidos por el pivote 3, con deformaciones de la armadura inferior siempre de compresión y menores a la correspondiente al límite elástico del acero utilizado.

$$\text{TRAMO 3: } 1 < X \leq \frac{2d - 3 E_y / 7}{2 - E_y}$$

$$N_{a1} = \frac{A (d - x)}{E_y} \quad \text{Ec. 3.33}$$

$$M_{a1} = N_{a1} Z \quad \text{Ec. 3.34}$$

$$A = \frac{2}{X - 3/7} \quad \text{Ec. 3.35}$$

Tal como puede observarse las ecuaciones del tramo 2 y 3 son idénticas excepto en la definición de  $A$  ya que mientras en el tramo 2 los planos de deformación de agotamiento están definidos por el pivote 2 en el tramo 3 están definidos por el pivote 3.

El último tramo, TRAMO 4, representa estados límites últimos definidos también por el pivote 3, con deformaciones de compresión mayores que las correspondientes al límite elástico del acero de la armadura en cuestión. Este tramo sólo se presenta para aceros cuya deformación correspondiente a la tensión del límite elástico es menor que 2‰. Entre los aceros disponibles existentes en el mercado sólo se presentaría para el AEH-400.

$$\text{TRAMO 4: } \frac{2d - 3 E_y / 7}{2 - E_y} < X < + \infty$$

$$N_{a1} = -1 \quad \text{Ec. 3.36}$$

$$M_{a1} = N_{a1} Z \quad \text{Ec. 3.37}$$

Este tramo puede no tenerse en cuenta ya que existe una excentricidad mínima a considerar 2 cm o  $h/20$  que corresponde, en general, a valores de posición del eje neutro menores que las que darían origen a dicho tramo. Tal como se aprecia, estas ecuaciones son idénticas a las del tramo 1 pero con distinto signo.

En la figura 3.2 d se muestran las funciones  $N_{a2}$  y  $M_{a2}$  correspondientes a los aportes de axil y momentos de la armadura superior, en todo el rango de variación de la posición del eje neutro. En este caso, el número de tramos depende de la tensión de cálculo del acero a

utilizar y del recubrimiento dado a la armadura. Para el acero AEH-400 el más frecuente utilizado en soportes, y recubrimientos relativos normales entre 0.05 y 0.15 se presentan tres tramos.

El primer tramo, TRAMO 1, representa estados límites últimos definidos por el pivote 1 en los que la deformación de la armadura es siempre de tracción y mayor o igual que la deformación correspondiente al límite elástico del acero utilizado. Este tramo representa el caso de tracción simple y roturas tipo 1 y las funciones  $N_{a2}$  y  $M_{a2}$  son semejantes a las correspondientes del tramo 1 de la armadura inferior.

$$\text{TRAMO 1: } -\infty < X \leq \frac{10U - E_y d}{10 - E_y}$$

$$N_{a2} = 1 \quad \text{Ec. 3.38}$$

$$M_{a2} = - N_{a2} Z \quad \text{Ec. 3.39}$$

El segundo tramo, TRAMO 2, representa estados límites últimos definidos por el pivote 1, para los que la deformación de la armadura puede ser de tracción o compresión pero siempre menor que la deformación correspondiente al límite elástico del acero utilizado. En este tramo se representan roturas tipo 1 y 2.

$$\text{TRAMO 2: } \frac{10U - E_y d}{10 - E_y} < X \leq \frac{10U + E_y d}{10 + E_y}$$

$$N_{a2} = \frac{A(U - X)}{E_y} \quad \text{Ec. 3.40}$$

$$M_{a2} = - N_{a2} Z \quad \text{Ec. 3.41}$$

$$A = \frac{10}{d - X} \quad \text{Ec. 3.42}$$

Para el caso particular del acero AEH-400 y valores de recubrimiento normales, la posición del eje neutro límite de este tramo corresponde a un plano de deformación definido por el pivote 1 y por lo tanto el valor de A está definido por la misma función a lo largo de todo el tramo. Para aceros de mejor calidad, para los que la deformación correspondiente al límite elástico es mayor, puede suceder que el plano de deformaciones de agotamiento para el cual la deformación de la armadura alcanza este valor esté definido por el pivote 2 siendo necesario, en tal caso, desdoblarse el tramo 2 describiendo dos funciones diferentes de A.

El TRAMO 3, representa los restantes estados límites últimos posibles definidos, en este caso, por los pivotes 1, 2 y 3 sucesivamente. La deformación del acero es siempre de compresión y su valor es mayor que la correspondiente a la tensión del límite elástico del acero empleado. Estas ecuaciones son semejantes a las del tramo 1 pero de distinto signo.

$$\text{TRAMO 3: } \frac{10U + E_y d}{10 + E_y} < d \leq +\infty$$

$$N_{a2} = -1 \quad \text{Ec. 3.43}$$

$$M_{a2} = - N_{a2} Z \quad \text{Ec. 3.44}$$

De esta forma quedan definidos, por tramos, los distintos sumandos que intervienen en las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos.



Ya que cada una de las ecuaciones, relativas al hormigón y a las distintas capas de armadura, tienen sus propios rangos de validez es necesario compatibilizar estos tramos y definir para las ecuaciones de equilibrio sus propios dominios de validez. Debe recordarse que el objetivo de este procedimiento es encontrar expresiones continuas para las ecuaciones generales de equilibrio, definiendo su dominio de validez de forma que se representen los distintos estados límites últimos posibles.

Tal como se muestra en la figura 3.2 las ecuaciones generales de equilibrio pueden definirse mediante ocho conjuntos de ecuaciones. Los valores de posición del eje neutro límites para cada dominio, también mostrados en la figura, corresponden en cada caso a una de las posiciones límites del eje neutro ya indicada en los límites de los tramos de las ecuaciones del hormigón o de las armaduras.

Para el caso estudiado, los primeros 5 dominios (I a V) representan las ecuaciones de equilibrio correspondientes a los estados límites últimos definidos por el pivote 1. Las ecuaciones correspondientes a los dominios VI y VII corresponden a los estado límites últimos definidos por el pivote 2. Finalmente, las ecuaciones del dominio VIII corresponden a los estados límites últimos definidos por el pivote 3.

A partir de las ecuaciones de equilibrio, así expresadas, la determinación del diagrama de interacción de una sección es inmediata. El procedimiento a seguir consiste en valorar las ecuaciones de equilibrio, para distintas posiciones del eje neutro, cubriendo todo su rango de valores posibles.

Para el caso del dimensionamiento estricto, donde se tienen por incógnitas la cuantía y profundidad del eje neutro, la solución consiste en resolver un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas. Para cada sistema de ecuaciones, correspondiente a un dominio de valores de posición del eje neutro, se despeja la posición del eje neutro de una de ellas y su valor se sustituye en la otra obteniendo directamente la cuantía estricta.

Para el caso particular tratado (sección rectangular con armadura simétrica en caras opuestas, utilizando acero AEH-400 y un recubrimiento relativo  $h'/h = 0,1$ ), la resolución del sistema de ecuaciones para los distintos dominios enumerados da lugar a las expresiones siguientes:

DOMINIO I:  $-\infty < X \leq -0,073$

$$O = M \quad \text{Ec. 3.45}$$

$$W = N \quad \text{Ec. 3.46}$$

DOMINIO II:  $-0,073 < X \leq 0,000$

$$O = (5,887 M + (1,645 N) X + 1,299 M - 0,119 N) \quad \text{Ec. 3.47}$$

$$W = \frac{3,55 N}{1,775 + A (0,1 - X)} \quad \text{Ec. 3.48}$$

DOMINIO III:  $0,000 < X \leq 0,150$

$$O = 4,504 X^5 + 6,328 X^4 - (1,413 M + 0,395 N - 3,681) X^3 + (2,855 M + 0,682 N - 0,706) X^2 - (1,706 M + 0,268 N) X + 0,253 M - 0,023 N \quad \text{Ec. 3.49}$$

$$W = \frac{3,55 N + 1,509 A X^2 - 0,251 A^2 X^3}{1,775 + A (0,1 - X)} \quad \text{Ec. 3.50}$$



DOMINIO IV:  $0,150 < X \leq 0,221$

$$O = 8,557 X^3 - 6,411 X^2 + (17,662 M + 4,935 N + 2,549) X - 3,896 M + 0,358 N - 0,127 \quad \text{Ec. 3.51}$$

$$W = \frac{3,55 N + 3,017 X - 2,012/A}{1,775 + A (0,1 - X)} \quad \text{Ec. 3.52}$$

DOMINIO V:  $0,221 < X \leq 0,233$

$$O = 2,56 X + 2,824 N - 0,144 \quad \text{Ec. 3.53}$$

$$W = 1,063 X (X - 1) + 0,708 (1 + A - 2 X A^2)/A^2 + 2,5 M \quad \text{Ec. 3.54}$$

DOMINIO VI:  $0,233 < X \leq 0,597$

$$O = 0,275 X + 0,4 N \quad \text{Ec. 3.55}$$

$$W = 0,716 X^2 - 0,86 X + 2,5 M \quad \text{Ec. 3.56}$$

DOMINIO VII:  $0,597 < X \leq 1$

$$O = 0,754 X^3 - 1,595 X^2 + (2,637 M - 0,345 N + 0,975) X - 1,575 M + 0,630 N \quad \text{Ec. 3.57}$$

$$W = \frac{3,55 N + 2,443 X}{A (0,9 - X) - 1,775} \quad \text{Ec. 3.58}$$

DOMINIO VIII:  $1 < X < + \infty$

$$O = (1,066 M - 0,025 N - 0,022) X^3 - (1,637 M - 0,139 N - 0,118) X^2 + (0,816 M - 0,105 N - 0,108) X - 0,133 M + 0,022 N + 0,026 \quad \text{Ec. 3.59}$$

$$W = \frac{3,55 N + 0,431 + 2,012 X - 1,509 A X^2 + 3,017 A X - 1,509 A}{A (0,9 - X) - 1,775} + \frac{0,251 A^2 X^3 + 0,754 A^2 X (1 - X) - 0,251 A}{A (0,9 - X) - 1,775} \quad \text{Ec. 3.60}$$

Tal como se ha indicado en la Introducción, el usuario debe disponer de algún procedimiento que le permita identificar el grupo de ecuaciones que debe utilizar. En otras palabras, para el dimensionamiento directo se dispone solo del axil y del momento solicitantes y debe poder conocerse a priori entre qué valores de  $X$  se encontrará el que define la posición de la fibra neutra correspondiente al estado límite último que agota la sección para los esfuerzos solicitantes existentes.

En la figura 3.3 se indica el procedimiento propuesto, en flexión compuesta, para identificar el sistema de ecuaciones a aplicar. En dicha figura, se han representado los diagramas de interacción correspondientes a las cuantías:  $W = 0$  y  $W = 1$ , y las rectas representativas de



las posiciones del eje neutro límites para cada uno de los dominios. Conocidas las coordenadas de dos puntos de cada una de estas rectas, como pueden ser las pertenecientes a los diagramas de interacción dibujados, por ejemplo, es posible determinar la ecuación que relaciona  $M$  y  $N$  para distintas posiciones de eje neutro constante. En el caso estudiado, estas ecuaciones son las que se definen a continuación:

$N = 10,870 M$	$X = 0,000$	Ec. 3.61
$N = 1,135 M - 0,128$	$X = 0,150$	Ec. 3.62
$N = - 0,149$	$X = 0,221$	Ec. 3.63
$N = - 0,161$	$X = 0,233$	Ec. 3.64
$N = - 0,411$	$X = 0,597$	Ec. 3.65
$N = - 3,728 M - 0,473$	$X = 1,000$	Ec. 3.66

Para unos valores cualesquiera de  $M$  y  $N$  solicitantes y a partir de las ecuaciones 3.61 a 3.66 anteriores, se pueden determinar los valores de axil correspondientes a las distintas posiciones límite de eje neutro. Luego, comparando el axil solicitante con estos axiles límites, se identifica el sistema de ecuaciones a utilizar en el dimensionamiento.

En el ejemplo mostrado en la figura 3.3, la línea horizontal representativa del momento solicitante interseca a las distintas rectas de profundidad del eje neutro constante en sendos puntos cuyo axil se ha indicado en la figura. Ya que el axil solicitante está comprendido entre los axiles correspondientes a los límites del tramo VII, las ecuaciones a utilizar son justamente las de este tramo.

Lamentablemente, de esta forma sólo se pueden conocer los valores entre los que se encontrará la profundidad de la fibra neutra que define el estado límite último para un caso determinado pero no el valor exacto de ésta, el cual facilitaría aún más el procedimiento. Los autores han estudiado la posibilidad de determinación de la posición del eje neutro dados los valores de esfuerzos solicitantes sin poder obtener conclusiones.

En términos generales, el procedimiento operativo a seguir para el dimensionamiento directo consiste en:

- Obtener los valores de esfuerzos solicitantes, reducidos.
- Con estos valores y las ecuaciones 3.61 a 3.66 se determinan los axiles que identifican los distintos tramos.
- Se compara el axil solicitante con los axiles límites y de esta forma se identifican las ecuaciones a utilizar.
- Con las ecuaciones correspondientes (Ec. 3.45 a 3.60), se calcula la posición del eje neutro y luego el valor de la cuantía estricta de dimensionamiento.

#### 4. CONCLUSIONES

- El procedimiento propuesto constituye una solución efectiva para el dimensionamiento directo de secciones con ordenador.

Respecto al método de dimensionamiento analítico, especialmente idónea para ordenadores, resulta más rápido, ya que plantea un proceso directo sin iteraciones lo que representa una ventaja importante.



Respecto a las fórmulas simplificadas, presenta la ventaja de adaptarse a las hipótesis generales de cálculo de secciones y por tanto representa una solución más ajustada al sentido físico del problema.

- 2) Los algoritmos presentados, según el procedimiento propuesto, constituyen una solución particularmente idónea para el proyecto automático de estructuras con ordenadores en general, y ordenadores personales o calculadoras programables en particular.

En este tipo de programas, el dimensionamiento de secciones es un problema que debe resolverse con precisión, corto tiempo de cálculo y poco consumo de memoria.

- 3) El procedimiento propuesto puede desarrollarse para otros casos —secciones de hormigón pretensado, etc.— utilizando los mismos criterios explicados. Requiere un esfuerzo relativo en la formulación matemática del problema, pero constituye una solución de características adecuadas para el tratamiento con ordenadores.
- 4) El procedimiento propuesto permite, en todo momento, tener un control sobre los parámetros físicos del problema, especialmente la posición del eje neutro. Su uso adecuado permite el dimensionamiento incluyendo criterios de ductilidad para las secciones estudiadas.

## 5. REFERENCIAS

1. CEB/FIP, Recommendations Internationales pour le calcul et l'execution des ouvrages en beton. París (1970).
2. INSTITUTO EDUARDO TORROJA. Instrucción HA-61 especial para estructuras de hormigón armado. Madrid (1961).
3. CEB. Recommandations pratiques unifiées pour le calcul et l'execution des ouvrages en beton armé. París (1964).
4. H. RUSH, E. GRASSER y P. RAO. Principes de calcul du beton armé pour des états de contraintes monoaxiaux. Bulletin d'Information n.36. CEB París (1962).
5. F. MORAN. Cálculo de secciones de hormigón armado sometidas a solicitaciones que producen tensiones normales en estado límite último de rotura o de deformación plástica excesiva. Tesis presentada en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. Madrid (1971).
6. F. MORAN. Cálculo de secciones de hormigón armado sometidas a tensiones normales en estado límite último. Monografía 304. Instituto Eduardo Torroja. Madrid (1972). (Publicada en Inglés en el Bulletin d'Information n. 83 del CEB).
7. CEB/FIP, Manual on bending and compression. Bulletin d'Information n. 141. París (1982).
8. H. CORRES. Dimensionamiento de soportes esbeltos de sección constante de hormigón armado en estado límite último de agotamiento o inestabilidad. Método de las curvaturas de referencia. Tesis presentada a la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. Madrid (1980).

## Planteamiento conjunto hormigón armado-hormigón pretensado y tendencias futuras de la normativa (\*)

Juan Murcia Vela  
Dr. Ing. de Caminos  
Catedrático de Hormigón  
E.T.S.I.C.C.P.—U.P.B

### INTRODUCCION

Antes de entrar en el análisis de la materia que nos ocupa, "Tratamiento conjunto del hormigón armado y el hormigón pretensado", vale la pena realizar alguna reflexión sobre la naturaleza de lo que, comunmente, se entiende por hormigón pretensado.

¿Por qué el *hormigón pretensado*, comunmente entendido, es la técnica del hormigón pretensado mediante armaduras de acero tesas (armaduras activas), si existen otras diversas formas de pretensar hormigón, esto es, de realizar hormigón pretensado?

En realidad, esta técnica confiere una serie de efectos fundamentales, además del *efecto "activo"*, propio del pretensado, el cual, para el caso de las estructuras de hormigón, consiste básicamente en la precompresión de este material (mejorando las *condiciones de utilización o de servicio*). Estos efectos son:

- El *efecto "pasivo"* de las armaduras activas en las zonas críticas traccionadas, similar al de las armaduras (pasivas) de las estructuras de hormigón armado (efecto fundamental en *condiciones cercanas a rotura*).
- El *efecto "duradero"* del pretensado a lo largo del tiempo, si bien con ciertas pérdidas admisibles, si se utilizan calidades adecuadas de acero para las armaduras activas.
- El *efecto de "cosido" (activo)*, tan decisivo en el desarrollo de nuevas técnicas constructivas dentro de las estructuras de hormigón.

Aparte de todo lo anterior, esta técnica de armaduras activas resulta independiente de todo elemento o dispositivo externo a la estructura, una vez realizado convenientemente el pretensado de la misma.

En función de lo que antecede, el hormigón pretensado trasciende con mucho al hormigón armado y, como comentaremos más adelante, lo engloba. Pero volvamos al hilo de nuestro razonamiento.

Siendo el hormigón pretensado, según su acepción común, una técnica estructural cuyos materiales básicos son, al igual que en el hormigón armado, hormigón y armaduras de acero, surge una pregunta que ya entra de lleno en nuestro asunto:

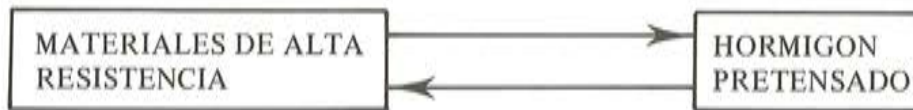
---

(\*) Conferencia pronunciada en Zaragoza, en mayo de 1983, dentro de un curso organizado por el Colegio de Ingenieros de Caminos.



¿Por qué no tratarlo conjuntamente con el hormigón armado?, en la medida de lo posible, se entiende, ya que de entrada se sabe que, aun siendo los mismos los materiales utilizados en ambas técnicas, existen diferencias en sus calidades, especialmente en los aceros.

Así, en efecto, como es bien sabido, puede establecerse el siguiente esquema de implicaciones:

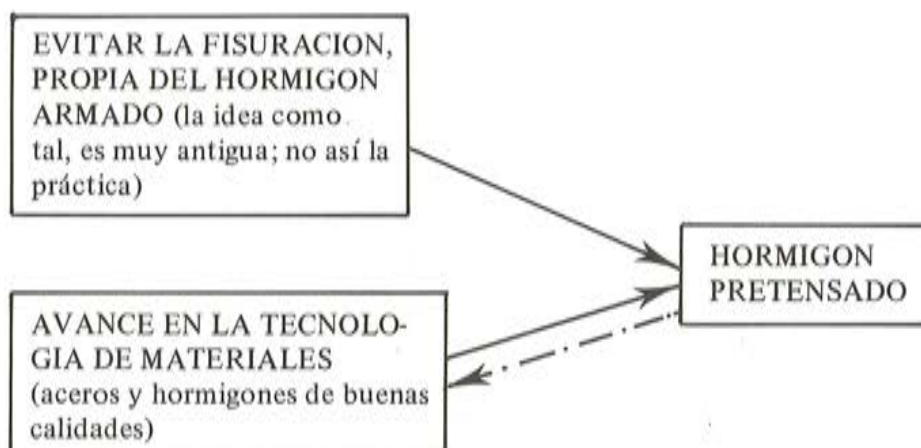


La primera implicación (→) se basa en la inadecuación de los aceros de alta resistencia para ser utilizados en hormigón armado, por la fisuración excesiva que de ello se derivaría. Este problema no se produce en hormigón pretensado, como es bien sabido, adecuándose perfectamente tales aceros a esta técnica, en la que buena parte de la resistencia del acero es empleada, precisamente, para pretensar. Por otra parte, el uso de aceros de alta resistencia comporta, asimismo, el de hormigones de mayor resistencia.

La segunda implicación (←) se basa en que, por causa de las deformaciones diferidas de retracción y de fluencia del hormigón, la predeformación de las armaduras activas (y, en consecuencia, la tensión, al ser el módulo  $E_s$  de los aceros prácticamente constante) debe ser grande, para que el porcentaje de pérdidas por deformación (retracción y fluencia) y, por tanto, de pérdidas de pretensado, se reduzca hasta cotas técnicamente admisibles; lo que exige, por consiguiente, la utilización de aceros de alta resistencia. En cuanto al hormigón, y aparte de lo ya comentado más arriba respecto al paralelismo en cuanto a calidades con el acero, debe tenerse en cuenta la existencia de las precompresiones propias del pretensado; lo que redundará en una exigencia de mayores resistencias.

Volviendo a la anterior pregunta (¿Por qué no tratar conjuntamente al hormigón armado y el hormigón pretensado?), hay que remarcar que ésta nos la hacemos aquí y ahora, cuando ha pasado medio siglo largo desde la aparición del hormigón pretensado como tal; y ésto no es fortuito puesto que, por un lado, hoy sabemos mucho más sobre el hormigón armado y, ni que decir tiene, sobre el hormigón pretensado; de otro lado, no debemos olvidar que el hormigón pretensado nació en contraposición al hormigón armado, para evitar, sobre todo, la fisuración propia del mismo.

En este sentido, la génesis del hormigón pretensado puede esquematizarse de la siguiente forma:



La causa primaria, como se ha dicho, fue el deseo de *evitar la fisuración* propia del hormigón armado. Otra causa, más coyuntural aunque no menos importante en la práctica, fue la aparición paulatina de *aceros y hormigones de más altas resistencias* (impropias, como se



ha visto, para ser utilizadas en hormigón armado y no así en hormigón pretensado). Existe una ligazón entre ambas causas, ya que, precisamente, fue la no utilización de aceros de alta resistencia lo que llevó al fracaso de los primeros intentos para evitar la fisuración tesando las armaduras sobre el hormigón (implicación ← . — del segundo esquema, comentada ya en el primero).

Esta contraposición, *en el origen*, del hormigón armado y del hormigón pretensado, influyó evidentemente en el tratamiento separado, cuando no divergente, de ambas técnicas, reflejándose en todas las vertientes, tales como la literatura, la normativa, la práctica profesional o la enseñanza.

La frase "... nos encontramos ante un nuevo material estructural...", que hoy tomamos como una verdad relativa, susceptible de matización dentro de un marco de referencia histórica y, al menos, necesaria de matizar, se enunciaba en los comienzos del hormigón pretensado con la rotundidad de lo absoluto y definitivo.

Aquí y ahora, sabemos ya bien que el hormigón armado y el hormigón pretensado son técnicas complementarias en la construcción.

## ANTECEDENTES

Pasemos a revisar los antecedentes del tratamiento conjunto del hormigón armado y del hormigón pretensado.

Por lo que se refiere a la *normativa*, en el sexto congreso de la F.I.P. (Fédération Internationale de la Précontrainte), celebrado en Praga en 1970, fueron presentadas las "C.E.B.—F.I.P. International Recommendations for the Design and Construction of Concrete Structures", elaboradas en torno a un Comité Conjunto de la F.I.P. y del C.E.B. (Comité Européen du Béton; hoy día, Comité Euro-International du Béton).

Anteriormente a esto, el C.E.B. había elaborado unas "Recommendations for an International Code of Practice for Reinforced Concrete" (1964) y, por otro lado, fueron presentadas al quinto congreso de la F.I.P. de París (1966) unas "F.I.P.—C.E.B. Recommendations for the Design and Construction of Prestressed Concrete Structures".

Con posterioridad al precedente que constituyen las Recomendaciones del C.E.B.—F.I.P. de 1970, en lo que atañe al tratamiento conjunto hormigón armado-hormigón pretensado, ha aparecido el "Código Modelo C.E.B.—F.I.P. para las estructuras de hormigón" (existe una reciente versión en castellano, editada por el Instituto Eduardo Torroja), presentado y aprobado, por parte del C.E.B., en su Asamblea General de Granada (1977) y, por parte de la F.I.P., en su octavo congreso de Londres (1978). El citado código no sólo continúa y profundiza dicho tratamiento conjunto en lo que afecta a las estructuras de hormigón, sino que incorpora una primera parte, el Volumen I, (el Volumen II es, estrictamente, el Código Modelo), "Reglas unificadas comunes a los diferentes tipos de obras y de materiales", que es el producto de la labor de un Comité Conjunto Inter-Asociaciones para la seguridad de estructuras, coordinado y dirigido por el C.E.B., con la perspectiva de armonizar ya los diferentes reglamentos europeos de la construcción para los distintos materiales estructurales.

Se aprecia así que, en lo que atañe a la normativa, los antecedentes en cuanto a tratamiento conjunto son europeos. En este sentido, el código americano "A.C.I. 318-77-R. Building Code Requirements for Reinforced Concrete", dedicado básicamente a hormigón armado, incluye un capítulo específico de hormigón pretensado; si bien, en algunos temas, apunta un cierto tratamiento conjunto.

En cuanto a la *literatura*, puede decirse que los libros que realizan un cierto tratamiento conjunto hormigón armado-hormigón pretensado están en clara minoría y, aún así, en ellos tal tratamiento suele ser más bien formal que real, limitándose casi a una yuxtaposición, más que a una integración, de lo relativo a hormigón armado y a hormigón pretensado.



Respecto a la *enseñanza*, el tratamiento que se viene dando hasta la fecha es claramente separativo. Se comienza por el hormigón armado, tendiéndose, eso sí, a no repetir en el hormigón pretensado temas claramente comunes.

En lo que atañe a tratamiento conjunto, podemos comentar, de primera mano, nuestra experiencia reciente en la Cátedra de Hormigón de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Barcelona (Universidad Politécnica de Barcelona). La idea de este planteamiento conjunto docente, se remonta más o menos hacia mitad de los años setenta, quedando plasmada, como proyecto aún sin concretar, en nuestra Memoria al concurso-oposición para Profesor agregado de Hormigón (Febrero 1977). Fue más tarde, aprovechando la elaboración de un nuevo Plan de Estudios en la citada Escuela (que reducía, por otro lado, las horas lectivas de las asignaturas de Hormigón respecto al plan entonces vigente), cuando dicho proyecto se hizo realidad, con la intención de que, al empezar a ponerse en marcha el plan nuevo, el tratamiento conjunto hormigón armado-hormigón pretensado que queríamos implantar con él en la Cátedra tuviera ya un cierto rodaje.

Y así, este tratamiento conjunto se comenzó, para la asignatura "Hormigón Armado y Pretensado I" (curso general correspondiente al cuarto año de la carrera), a partir del curso académico 1979-80; y, a partir del siguiente, 1980-81, para la asignatura "Hormigón Armado y Pretensado II" (curso de especialidad correspondiente al quinto o sexto año, según el nuevo plan). (\*)

En un análisis rápido de las ventajas que ésto puede reportar, podrían recogerse las siguientes:

- Evita repeticiones de temas comunes (filosofía de cálculo, seguridad, gran parte de materiales, control, fases comunes de construcción, etc., etc., etc.), lo que conduce a una sintetización en tiempo.
- Resulta más coherente desde un punto de vista docente, en la medida que un enfoque hacia la enseñanza requiere, generalmente, un mayor énfasis en la sistematización y la concatenación lógica, especialmente si se insiste en el carácter formativo además del informativo. En definitiva, permite una sintetización en planteamiento.
- Los planes de estudio, por causa de lo que genéricamente se entiende por avances del conocimiento, cada vez tienden a estar más cargados; por lo que se precisa, aparte de una depuración en la elección y en el desarrollo de los temas, de ese esfuerzo de síntesis.

En contrapartida, las limitaciones que parecen apuntarse, aparte de las que llamaríamos "ambientales", esto es, enmarcadas por la tradición histórica, la mentalidad, la práctica profesional, etc..., son:

- Estado de la literatura y de la normativa (en el caso de España: Instrucciones EH-82 y EP-80).
- Alguna mayor dificultad de asimilación, al principio, respecto al planteamiento por separado, detectada por nosotros en la asignatura "Hormigón Armado y Pretensado, I"; no así una vez cursada buena parte de ella y, posteriormente, en "Hormigón Armado y Pretensado II" (No obstante, esta conclusión puede ser provisional, en la medida que ello sean en buena parte debido al propio rodaje y puesta a punto del nuevo planteamiento).

No ha lugar, ni es ocasión, de entrar aquí en más detalles sobre esta experiencia docente. Únicamente añadiremos que nuestra concepción integradora del hormigón armado y el hormigón pretensado, no se reduce, en la práctica, a la enseñanza, sino que es global, alcanzando también la labor de investigación y, en particular, el planteamiento de la línea de in-

(\*) Como información complementaria, en el Anejo que aparece al final del presente artículo, se incluyen los programas detallados de las asignaturas "Hormigón Armado y Pretensado I" y "Hormigón Armado y Pretensado II", de la E.T.S.I.C.C.P., U.P.B.

vestigación más importante de nuestra Cátedra, hasta la fecha, sobre análisis de estructuras de hormigón. (\*)

### TENDENCIAS FUTURAS DE LA NORMATIVA

Pasando ahora a lo que puede ser el futuro de la normativa española en cuanto a la posibilidad real del planteamiento conjunto que venimos comentando, esto es, acerca de la unificación de las Instrucciones EH y EP, parece claro que, dada su estructuración actual, cabría formalmente tal unificación, puesto que gran parte de los temas cubiertos en dichas Instrucciones, la hacen posible, bien porque prácticamente coinciden o bien por admitir una clara síntesis (que en unos casos pueden ser por integración y en otros por yuxtaposición). Entre estos temas cabe mencionar los siguientes:

- materiales
- ejecución
- control
- concepto y clasificación de estados límites
- seguridad
- acciones
- estados límites últimos:
  - equilibrio
  - rotura por sollicitaciones normales (flexocompresión)
  - rotura por sollicitaciones tangenciales (cortante y torsión)
- estados límites de utilización:
  - fisuración (descompresión, aparición de fisuras y fisuración controlada)
  - deformación.

Como ejemplo concreto de lo anterior, puede tomarse el relativo al estado último de rotura o agotamiento por esfuerzo cortante, cuya posible síntesis es en la actualidad mucho más clara que antes, con la inclusión de la regla de cosido (tanto en la EH-82 como en la EP-80), de la cual se pueden extraer expresiones particulares para el hormigón armado y para el hormigón pretensado. Ello no era así, en la situación de la EH-73 y la EP-77, puesto que no existía ese nexo común.

Lo que queremos plasmar con esto no es que ahora pueda llegarse sin más a una síntesis perfecta, ni siquiera en este tema del cortante, puesto que esta síntesis, unificación, tratamiento conjunto o como quiera llamarse, es un proceso, como insistiremos más adelante; lo importante es destacar que las condiciones para ello van evolucionando positivamente y que, en ciertos temas concretos, es posible ya realizar sin dificultad *una* síntesis (no *la* síntesis).

Sin embargo, existen algunas limitaciones, en la actualidad, para la unificación de la normativa española, entre ellas:

- La propia novedad de la Instrucción de hormigón pretensado EP-80 (que coincide prácticamente con la Instrucción original y primaria, que fue la EP-77).
- El hecho de que el hormigón pretensado ha penetrado desigualmente en los diferentes ámbitos de la construcción en España.

Es difícil hacer augurios y tampoco se trata de ello en estos momentos. En todo caso, el paso hacia la unificación está ligado a la Comisión Permanente del Hormigón, en cuyo seno nos consta que la idea de la unificación, como tal y más o menos en abstracto, se ha planteado.

(\*) Véase: "Análisis de estructuras de hormigón armado y pretensado". J. Murcia y A. Aguado. Informes de la Construcción. N<sup>o</sup> 350. Madrid, 1983.



Lo que sí puede afirmarse es que un mayor rodaje de la norma EP-80 parece medida prudente, máxime si se llega incluso a dar tiempo a que (como ocurrió con la Instrucción de hormigón en masa o armado, en sus versiones EH-68, EH-73 y EH-80) pueda ser revisada.

Lo que también puede afirmarse, en general, es que la integración, la síntesis en definitiva, en el conocimiento (y, por extensión, en la aplicación del mismo), es buena, siempre que se haga en su momento y no prematuramente; por lo demás, resulta necesaria.

En cuanto a la unificación en el tratamiento del hormigón armado y el hormigón pretensado, es evidente que se trata de un proceso dialéctico en el que podrían existir factores de "arranque" y catalizadores. La docencia y por extensión la literatura, bajo dicho planteamiento ¿podría constituir ese factor de arranque en España?. Muy posiblemente, pero sólo en la medida en que esa práctica fuera más bien la regla que la excepción. (En este sentido, resulta evidente que no nos consideramos, en función de nuestra práctica docente antes comentada, ningún factor de arranque ni nada por el estilo; por otro lado, el método concreto de realizar este tratamiento conjunto sería, por supuesto, objeto de discusión). Es presumible que la unificación en la docencia y en una parte de la literatura, sirviera para lograr una mayor difusión del hormigón pretensado, aumentando la permeabilidad hacia esta técnica en todos los ámbitos de la construcción; lo que a su vez facilitaría la unificación de la normativa.

En relación con lo anterior, parece oportuno comentar que, de cara a la docencia, el planteamiento conjunto dado a las enseñanzas de hormigón, puede resultar tanto más interesante en cuanto que éstas se inscriban en asignaturas de estructuras o de construcción en general, junto con otros materiales estructurales. En este supuesto, la síntesis se haría aún más necesaria. A este respecto, conviene recordar que, aparte de las Escuelas de Ingenieros de Caminos, no existen cátedras específicas de hormigón en el resto de las enseñanzas técnicas.

Debido a que, en su caso, sería preciso recorrer un camino hasta la total unificación del hormigón armado y el hormigón pretensado, no importa que para iniciarlo nos encontremos hoy todavía lejos de esa concepción perfectamente lógica sobre la materia (que está en la mente de muchas personas relacionadas profesionalmente con el hormigón) y que, abreviadamente, se enuncia así:

"El hormigón armado es un caso particular del hormigón pretensado; precisamente, el que corresponde a pretensado nulo ( $P \equiv 0$ )".

Y nos encontramos lejos, porque esta concepción es, por el momento, sólo una idea, sin ninguna concreción ni alcance práctico; pero, precisamente por ello, puede tener un papel de adecuado cauce teórico dentro del cual enmarcar el camino concreto (la práctica) hacia la unificación, cuya consecución se completaría en la medida en que aquella concepción fuera un hecho.

Tal vez, entonces, ni siquiera se hable de las estructuras de hormigón pretensado, como englobando al conjunto (y, en particular, al hormigón armado, como se ha dicho) sino que, con una perspectiva más amplia, se hable de las *estructuras de hormigón con armaduras de acero*, con todas sus modalidades posibles. E incluso, yendo más allá, tanto hormigón como acero, se extrapolen hacia una gama de materiales más amplia, que los trascienda, y dentro de la cual se inscriban a su vez como casos particulares.

En 1978, en unos apuntes docentes, escribíamos: "En la actualidad, la tendencia es, por el contrario, a la unidad en la consideración de ambas técnicas (hormigón armado y hormigón pretensado) como partes de una técnica común: el hormigón con armaduras de acero, desde un tesado completo de las mismas hasta un tesado nulo (hormigón armado). Una vez más, el paso del tiempo, y la mejor comprensión de las cosas con él, ha dado lugar a la síntesis". Confiemos que ésto, que reflejaba más bien una esperanza (a la que después se ha añadido una práctica, que constituye una apuesta de futuro), se haga realidad.

## ANEJO

### PROGRAMAS DE LA ASIGNATURA "HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO" EN LA E.T.S.I.C.C.P. DE LA U.P.B.

## Hormigón Armado y Pretensado - I

### INTRODUCCION

1. ¿Qué es el hormigón armado? Origen de su utilización. Disposición cualitativa de las armaduras. Mecanismo de trabajo y condiciones químicas, físicas y mecánicas que lo hacen posible: efectos adherencia y anclaje. Fisuración.
2. ¿Qué es el pretensado? Hormigón pretensado. Origen de su utilización. Tipos de pretensado. Terminología. Breve historia del hormigón armado y del hormigón pretensado.

### PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO (GENERAL)

#### A. – BASES DE CALCULO

##### ESTADOS LIMITES Y SEGURIDAD

3. ESTADOS LIMITES. Definición y clasificación; clases de comprobación respecto a a fisuración. INTRODUCCION A LA SEGURIDAD. Causas de inseguridad. Planteamientos determinista y probabilista de los estados límites.
4. Distribuciones de sollicitación,  $S$ , y resistencia,  $R$ . Probabilidad de colapso,  $P_f$ . Valores medios y características. Coeficientes de seguridad. Perspectiva histórica.
5. Influencia de la probabilidad de colapso,  $P_f$ , y del control, sobre los coeficientes de seguridad, en la EP-80 y en la EH-82. Criterios para la determinación de  $P_f$ .

##### MATERIALES

6. ACEROS. Armaduras activas y pasivas; tipos y presentación. Diagrama tensión-deformación. Límite elástico y módulo de elasticidad,  $E_s$ . Resistencia de cálculo. Relajación de armaduras activas. Corrosión bajo tensión de las mismas.
7. Tipos de aceros por fabricación. Tipificación de calidades. HORMIGONES. Resistencia a compresión; resistencias mínimas; tipificación de calidades. Resistencia a tracción. Diagrama tensión-deformación. Valores de cálculo. Deformación última.
8. Cansancio del hormigón. Módulo de deformación  $E_c$ . Deformaciones atensionales: Retracción; fenomenología, efectos que produce y cálculo de esta deformación.
9. Deformaciones tensionales: Fluencia; fenomenología, efectos y cálculo. Coeficientes de Poisson,  $\nu$ , y de dilatación térmica,  $\alpha$ .



## ANALISIS ESTRUCTURAL Y ESTADO LIMITE DE EQUILIBRIO

10. Introducción al análisis estructural del pretensado. Cargas y esfuerzos de pretensado. Cálculo de esfuerzos isostáticos de pretensado. Relación entre cargas y esfuerzos de pretensado.
11. Pérdidas instantáneas de pretensado: por rozamiento, penetración de cuñas, anclajes, acortamiento elástico del hormigón. Factores que influyen y cálculo de las mismas. Cálculo de los alargamientos de tesado.
12. Pérdidas diferidas de pretensado por retracción, fluencia y relajación. Fenomenología e interdependencia entre ellas. Fórmulas simplificadas. Fórmula de pérdidas por retracción y fluencia, con hipótesis de variación lineal de la fuerza de pretensado.
13. Análisis de secciones con armaduras adherentes, a partir de áreas de secciones netas y homogeneizadas. Estado límite de neutralización; definición y concepto; cálculo de la fuerza de neutralización; significado en los casos de armaduras pretesas y postesas.
14. ACCIONES. Clasificación por su origen y en relación al análisis estructural. Valores característicos para el cálculo. Criterios de combinación de acciones ponderadas. Hipótesis que deben considerarse.
15. ESTADO LIMITE DE EQUILIBRIO. Generalidades. Recapitulación de combinación de acciones ponderadas; criterio más desfavorable y comprobación del estado límite de equilibrio. ANALISIS ESTRUCTURAL. Consideraciones generales respecto a las estructuras de piezas prismáticas; Análisis lineal; luces e inercias de cálculo; comentarios sobre la adecuación y limitaciones del análisis lineal en estructuras de hormigón.

### RECAPITULACION (I)

16. El hormigón armado, el hormigón pretensado y la calidad de los materiales. Ventajas e inconvenientes relativos de ambas técnicas. Nociones sobre sus respectivos campos de aplicación. Descriptiva de las respectivas aplicaciones.

## PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO (GENERAL) (Continuación)

### B. – ESTADOS LIMITES

17. ESTADO LIMITE DE DESCOMPRESION. Clase I o pretensado total. Antecedentes históricos: Teoría clásica de cálculo en hormigón pretensado y situación actual. Dimensionamiento del pretensado: Fuerza de pretensado,  $P$ , en las secciones críticas.
18. Cálculo del núcleo límite de elementos lineales de hormigón pretensado. Disposición del trazado de las armaduras activas. Rendimiento de una sección. Comentarios sobre el cálculo en clase II y estado límite de aparición de fisuras.



## ESTADOS LIMITES ULTIMOS DE AGOTAMIENTO BAJO SOLICITACIONES NORMALES

19. Introducción. Descriptiva del comportamiento hasta rotura de secciones de hormigón armado y pretensado bajo solicitaciones simples o combinadas de flexión, compresión y tracción. Influencia de la cuantía de armaduras: armaduras, supracrítica, crítica e infracrítica. Perspectiva histórica: teoría clásica y cálculo en rotura.
20. Bases de cálculo. Diagramas de cálculo tensión-deformación para acero y hormigón. Dominios de deformación de una sección en rotura. Otras hipótesis básicas. Diferencias entre hormigón armado y hormigón pretensado. Obtención de los diagramas de interacción.
21. Diagramas de interacción en dos y tres dimensiones ( $M_{dx} - M_{dy} - N_d$ ). Propiedades. Diagramas prácticos para dimensionamiento y comprobación de secciones en flexo-compresión-tracción recta y esviada.
22. Cálculo de secciones en flexo-compresión-tracción recta y esviada. Métodos de comprobación. Métodos de dimensionamiento. Diagramas de interacción, programas de ordenador, tablas y fórmulas.
23. Métodos aproximados para flexo-compresión recta: Método del momento tope; hipótesis específicas; profundidades tope y límite; comprobación y dimensionamiento de secciones; fórmulas para secciones rectangulares.
24. Método del diagrama rectangular; hipótesis específicas y campo de aplicación. Crítica general de métodos aproximados. Métodos aproximados para flexo-compresión esviada: Método de la EH-82; justificación y distribución de armaduras que supone. Otros métodos aproximados.
25. Disposiciones de armaduras y armaduras mínimas. Tratamiento de casos prácticos particulares: compresión simple o compuesta. Comportamiento de piezas zunchadas: descriptiva, cálculo y disposición de armaduras.

## ESTADOS LIMITES ULTIMOS DE AGOTAMIENTO BAJO SOLICITACIONES TANGENCIALES

26. ESFUERZO CORTANTE. Introducción. Regla de cosido; hipótesis, desarrollo del cálculo y expresiones. Descriptiva del comportamiento a flexión-cortante de elementos lineales de hormigón armado.
27. Teoría de la celosía de Ritter-Mörsch; hipótesis del modelo, aplicación de la regla de cosido y expresiones. Confrontación con los resultados experimentales y modificaciones de la teoría. Resistencias a cortante, por compresión,  $V_{u1}$ , y por tracción  $V_{u2}$ , (fórmula aditiva) en elementos de hormigón armado; cálculo de las armaduras transversales.
28. Descriptiva del comportamiento a flexión-cortante de elementos lineales de hormigón pretensado; zonas A, B y C. Influencias del pretensado (fuerza P y trazado). Modelo de la celosía y aplicación de la regla de cosido; definición del ángulo  $\theta$  de las bielas a compresión. Resistencias a cortante,  $V_{u1}$  y  $V_{u2}$ , en elementos de hormigón pretensado; cálculo de las armaduras transversales.
29. Interacción flexión-cortante en la armadura longitudinal a tracción. Disposición general de armaduras, armaduras mínimas y limitaciones. Armaduras de cortante en alas de secciones.— Casos especiales de carga—. Elementos de canto variable.

30. **TORSION.** Introducción. Descriptiva del comportamiento a torsión pura de elementos de hormigón sin armar, armado y pretensado. Método de cálculo en rotura: teoría de la celosía tridimensional; justificación, desarrollo y expresiones.
31. Definición de la sección hueca eficaz. Resistencias a torsión por compresión,  $T_{u1}$ , y por tracción,  $T_{u2}$  y  $T_{u3}$ , en elementos de hormigón armado y pretensado; cálculo de las armaduras longitudinales (pasivas y/o activas) y transversales. Disposiciones de armaduras y limitaciones. Interacción cortante-torsión en el agotamiento por compresión de almas.

#### OTROS ESTADOS LIMITES ULTIMOS

32. **ESTADO LIMITE ULTIMO DE PANDEO.** Introducción. Posibilidades de colapso al considerar los efectos de segundo orden. Nociones sobre el planteamiento general de análisis en segundo orden de estructuras de hormigón; efectos de la fluencia y del pretensado. Cálculo de la esbeltez mecánica,  $\lambda$ .
33. Comprobación de soportes aislados. Métodos que reducen el problema a uno de agotamiento por flexocompresión: Método aproximado de la EH-82 para hormigón armado. Campo de aplicación, justificación y excentricidades accidental, de primer orden y ficticia. Comprobación de estructuras intraslacionales y traslacionales, no muy esbeltas, de hormigón armado.
34. **ESTADO LIMITE ULTIMO DE ANCLAJE.** Generalidades. Planteamiento del cálculo general de un anclaje por adherencia-rozamiento. Anclajes de armaduras pasivas; consideraciones generales; anclaje de barras lisas y corrugadas, de grupos de barras y de mallas electrosoldadas.
35. Empalmes de armaduras pasivas. Empalmes por solapo y disposiciones para barras, grupos de barras y mallas electrosoldadas. Empalmes por soldadura. Otros tipos de empalme. **ESTADO LIMITE ULTIMO DE ADHERENCIA.** Condición general de adherencia para armaduras pasivas; tensiones adherentes de cálculo, solicitante y resistente.

#### OTROS ESTADOS LIMITES DE UTILIZACION

36. **ESTADO LIMITE DE FISURACION CONTROLADA.** Generalidades. Breve descriptiva sobre fisuración en hormigón armado. Teoría clásica de la fisura del C.E.B. para elementos lineales de hormigón armado a flexión; abertura y separación de fisuras.
37. Influencia de la cuantía de armadura; fisuración con cuantías muy pequeñas. Condiciones prácticas de fisuración de elementos lineales de hormigón armado a flexión: área cobaricéntrica,  $A_{cr}$ , y diámetro de armadura,  $\phi$ . Comentarios sobre el tratamiento frente a otros tipos de fisuración.
38. **ESTADO LIMITE DE DEFORMACION.** Generalidades. Diagrama momento-curvatura (M-c) de una sección de hormigón armado a flexión; modelo analítico aproximado. Influencia de la cuantía de armaduras. Ductilidad de la sección. Diagrama momento-axil-curvatura (M-N-c) de una sección de hormigón armado; diagramas M-c en función del esfuerzo axil, N.



39. Métodos aproximados de análisis de la deformabilidad. Condiciones prácticas de deformabilidad de la EH-82, para elementos de hormigón armado. Procedimiento general de análisis de la deformabilidad; planteamiento. Nociones sobre redistribución de esfuerzos de estructuras hiperestáticas. Nociones sobre los efectos de la fluencia del hormigón en estructuras isostáticas e hiperestáticas.

### C. – CRITERIOS Y DISPOSICIONES DE PROYECTO

40. Secciones usuales en hormigón armado y hormigón pretensado; justificación. Cálculo de secciones T de hormigón armado. Flexocompresión; anchura eficaz de la cabeza de compresión. Cortante; alma y alas. Disposición de armaduras. Comentarios sobre el cálculo y disposición de armaduras en otras secciones.
41. Criterios para dimensionamiento del canto,  $h$ , de elementos lineales de hormigón armado: óptimo económico a flexión y mínimo por deformabilidad; aplicación a sección rectangular. Correcciones para el hormigón pretensado. Esbeltez a flexión en hormigón armado y hormigón pretensado. Comentarios sobre el dimensionamiento de la anchura del alma,  $b_w$ .
42. Disposición de armaduras, elementos lineales y estructuras reticulares de hormigón armado: Recapitulación general; codos, uniones y nudos. Piezas curvas. Disposición de armaduras en muros de hormigón armado.

### ELEMENTOS ESTRUCTURALES

43. FORJADOS DE EDIFICACION. Forjados unidireccionales. Descriptiva, tipología y clasificación. Elementos resistentes de hormigón armado y hormigón pretensado; características. Elementos de entrevigado; características. Losa superior; características.
44. Análisis estructural de forjados unidireccionales. Comportamiento y cálculo a esfuerzo cortante; limitaciones de flecha. Dimensionamiento del canto. Forjados bidireccionales.
45. ZAPATAS Y ENCEPADOS DE HORMIGON ARMADO. Descriptiva y tipología. Generalidades sobre el cálculo y acciones que deben considerarse. Zapatas y encepados aislados; flexión, cortante y adherencia; dimensionamiento del canto y de las armaduras principales.
46. Disposiciones de armadura y criterios de proyecto. Zapatas y encepados continuos; comentarios sobre análisis estructural; flexión, cortante y adherencia; dimensionamiento, disposiciones de armaduras y criterios de proyecto. Punzonamiento.
47. ELEMENTOS DE HORMIGON EN MASA. Antecedentes y descriptiva. Materiales: cementos y hormigones; propiedades mecánicas del hormigón y valores de cálculo. Bases de cálculo: Compresión, cortante y pandeo. Dimensionamiento y geometría. Zapatas de hormigón en masa.

### CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO Y PRETENSADO (GENERAL)

#### A. – MATERIALES

48. Cementos. Aguas de amasado y de curado. Aridos. Aditivos y adiciones. Armaduras



activas y pasivas; características. Corrosión. Suministro y almacenamiento de armaduras.

49. Vainas y accesorios; presentación, suministro y almacenamiento. Hormigón. Condiciones generales. Características mecánicas; coeficientes de conversión. Docilidad y consistencia. Durabilidad. Diferencia de propiedades entre hormigón armado y hormigón pretensado.

## **B. – EJECUCION**

50. Consideraciones generales de la ejecución de obras de hormigón: hormigón armado y hormigón pretensado. Esquema de las fases constructivas. Fases específicas del hormigón pretensado; armaduras pretesas y postesas. Cimbras y encofrados.
51. Preparación de armaduras pasivas; radios mínimos de doblado. Colocación de armaduras pasivas; distancias y recubrimientos. Preparación y colocación de armaduras activas pretesas y postesas. Tesado de armaduras pretesas.
52. Dosificación y fabricación del hormigón. Puesta en obra del hormigón; transporte y colocación. Compactación. Juntas de hormigonado. Juntas de retracción y dilatación.
53. Hormigonado en tiempos frío y caluroso. Curado; técnicas especiales de curado. Tesado de armaduras postesas; tabla de tesado. Retesado. Destesado de armaduras pretesas.
54. Sistemas de pretensado. Procedimientos de anclaje y empalme de armaduras activas.
55. Inyección de los conductos. Materiales de inyección y sus propiedades. Ejecución de la operación. Acabado de superficies.
56. Descimbramiento, desencofrado y desmoldeo. Uniones de continuidad entre elementos prefabricados. Observaciones generales respecto a la ejecución y recapitulación. Protección y conservación.

## **C. – CONTROL DE CALIDAD**

57. Introducción. Control de los componentes del hormigón. Control del hormigón; control de la consistencia y de la resistencia. Ensayos previos y característicos.
58. Control del hormigón. Ensayos de control; control al 100 por 100 de amasadas, control estadístico del hormigón y decisiones derivadas del control. Ensayos de información; ensayos destructivos y no destructivos. Control del acero. Control de los diferentes dispositivos de pretensado.
59. Control de la ejecución; fases constructivas generales. Control del tesado de armaduras activas y de la ejecución de la inyección. Pruebas de la obra; pruebas de carga.

## **RECAPITULACION (II)**

60. Campos de aplicación del hormigón armado y del hormigón pretensado. Incidencia de la relación resistencia/peso. Incidencia de la construcción: economía, simplicidad, flexibilidad. Influencia de las condiciones socio-económicas. Las estructuras de hormigón y de otros materiales.

# Hormigón Armado y Pretensado - II

## PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO (GENERAL)

### A. – BASES DE CALCULO

1. Estructuras hiperestáticas de hormigón pretensado. Cálculo de los esfuerzos hiperestáticos de pretensado. Influencia de las deformaciones diferidas en estructuras de hormigón: Fluencia; casos elementales: acciones tipo carga y tipo deformación o desplazamiento, estructuras isostáticas e hiperestáticas.
2. Recapitulación sobre el proceso de cálculo en estructuras de hormigón con fases constructivas y de servicio. Evolución de acciones, sección resistente y configuración estructural; fases de pretensado. Esfuerzo rasante en piezas compuestas. Efectos de la fluencia del hormigón.
3. SEGURIDAD. Reconsideración general cualitativa. Niveles de planteamiento de los estados límites en relación con la seguridad: métodos de los valores extremos, extremos funcionales y exacto; comparación y crítica.
4. Consideraciones sobre el tratamiento práctico de la seguridad en las normas EP-80 y EH-82 y en el Código Modelo del C.E.B.-F.I.P., en relación con los niveles de planteamiento teóricos. Significado y cuantificación de los coeficientes de seguridad  $\gamma_r$ ,  $\gamma_c$  y  $\gamma_s$ . Comentarios sobre los niveles 2 y 3 en el planteamiento de la seguridad del C.E.B.-F.I.P.

### B. – ESTADOS LIMITES

5. ESTADO LIMITE DE PANDEO. Comprobación de soportes aislados: Métodos de la columna-modelo y de la deformada senoidal. Comprobación de estructuras esbeltas de hormigón armado y pretensado: Planteamiento general del análisis en segundo orden de estructuras de hormigón; diagrama tensión-deformación del hormigón; condiciones de compatibilidad y de equilibrio (2º orden), en sección y en estructura; formas aproximadas y rigurosas de introducir la fluencia.
6. ESTADO LIMITE ULTIMO DE ANCLAJE. Comportamiento de las zonas de anclaje para armaduras activas; resultados experimentales. Anclajes por placa; funcionamiento mecánico; comprobaciones, cálculo y disposición de armaduras pasivas. Zonas de anclajes y apoyos.
7. Anclajes por adherencia; funcionamiento, comprobaciones, cálculo y disposición de armaduras pasivas. Zonas de anclajes y apoyos. Consideraciones sobre la geometría de las zonas de anclaje de armaduras activas.
8. ESTADO LIMITE ULTIMO DE ADHERENCIA. Funciones que cumple la adherencia y factores sobre los que influye; elementos de hormigón pretensado con armaduras no adherentes. Tensiones en anclajes por adherencia de armaduras activas. Tensiones de adherencia en secciones fisuradas y no fisuradas de hormigón pretensado. Conclusiones.
9. ESTADO LIMITE ULTIMO DE FATIGA. Generalidades y descriptiva. La fatiga en



los materiales: hormigón y armaduras de acero. La fatiga en la adherencia hormigón-acero. La fatiga en los elementos de hormigón armado y pretensado. Incidencia de la fatiga en el campo de utilización de ambas técnicas.

10. ESTADO LIMITE DE APARICION DE FISURAS. Reconsideración general. Aparición de fisuras por tracción y por compresión. Limitaciones. Comprobación en clase II. ESTADO LIMITE DE FISURACION CONTROLADA en elementos de hormigón pretensado. Significado de la expresión de la abertura de fisura en comparación con la de hormigón armado. Cálculo de  $\Delta\sigma_p$ ; cálculo de secciones en teoría clásica a flexión a partir de la neutralización. Limitaciones. Comprobación en clase III.
11. ESTADOS LIMITES DE DEFORMACION. Generalidades. Diagramas momento-curvatura (M-c) en secciones de hormigón pretensado. Análisis de la deformabilidad de estructuras de hormigón pretensado en clase III. Influencia de las deformaciones diferidas.

### C. – CRITERIOS Y DISPOSICIONES DE PROYECTO

12. Dimensionamiento de secciones de elementos de hormigón pretensado: secciones, I, II y cajón. Generalidades y campos de utilización. Dimensionamiento del canto, h; recapitulación e incidencia del pretensado.
13. Dimensionamiento de almas, cabezas y alas. Criterios funcionales, estéticos, constructivos y de cálculo. Disposición de armaduras. Otras secciones en elementos de hormigón pretensado.
14. Dimensionamiento de elementos estructurales lineales de hormigón armado y pretensado. Criterios y disposiciones generales de proyecto. Sección constante y sección variable; factores que inciden. Disposiciones de apoyos y juntas.

### ELEMENTOS ESTRUCTURALES

15. Una introducción al pretensado desde el punto de vista de las técnicas de refuerzos; cuántas necesarias según diferentes técnicas. Conclusiones y aplicación al hormigón: TIRANTES DE HORMIGON PRETENSADO. Condiciones que deben satisfacer y criterios de dimensionamiento.
16. VIGAS DE GRAN CANTO. Generalidades y resultados experimentales. Funcionamiento estructural. Vigas de gran canto, simples, de hormigón armado; armadura principal de tracción, armaduras de alma. Dimensionamiento de la anchura y limitaciones.
17. Apoyos de vigas de gran canto; tipología y disposiciones de armadura correspondientes. Casos especiales de carga; disposiciones de armadura. Vigas de gran canto, continuas, de hormigón armado. Funcionamiento, disposición de armaduras y limitaciones. Vigas de gran canto con diagramas transversales. Disposición de armaduras.
18. MACIZOS SOMETIDOS A CARGAS CONCENTRADAS; Generalidades. Zona de compresiones dobles o triples; limitaciones. Cálculo y disposición de armaduras. APOYOS. Descriptiva, tipología y disposiciones generales.



19. ARTICULACIONES. Antecedentes y descriptiva. Articulación Freyssinet; funcionamiento, cálculo, geometría y disposición de armaduras; limitaciones; ejecución. Otras articulaciones de hormigón. Conclusiones de cara a la práctica.
20. MENSULAS CORTAS. Antecedentes y descriptiva. Funcionamiento, cálculo y disposición de armaduras para cargas apoyadas y para cargas colgadas. Consideraciones respecto a los apoyos sobre ménsulas cortas. Comentarios sobre zapatas y encepados de vuelo relativo corto.
21. PLACAS. Tipología y descriptiva. Bases de cálculo; breves consideraciones sobre el análisis estructural en servicio y en agotamiento: condiciones para aplicación del análisis lineal y de la teoría de líneas de rotura. Comportamiento a flexión y cortante: disposición general de armaduras. Comportamiento en servicio: fisuración y deformabilidad.
22. Placas sobre apoyos contínuos; disposición de armaduras y criterios de proyecto; zonas de apoyo. Placas sobre apoyos aislados; disposición de armaduras y criterios de proyecto. Punzonamiento. Comentarios sobre métodos simplificados de análisis estructural.
23. Criterios de dimensionamiento del canto, h. Placas de hormigón pretensado; disposición de armaduras; dimensionamiento del canto; campo de aplicación. Consideraciones particulares sobre la construcción de placas de hormigón armado y pretensado.
24. LAMINAS. Tipología, descriptiva y consideraciones generales. Bases de cálculo; comentarios sobre análisis estructural. Elementos de borde. Láminas pretensadas; campo de utilización; disposición general y funciones de las armaduras activas; elementos de borde pretensados.
25. Materiales: Tipos y características del hormigón y de las armaduras. Disposiciones de armaduras pasivas y limitaciones. Criterios de dimensionamiento de espesores y limitaciones; otros criterios de proyecto.
26. Construcción de láminas de hormigón; particularidades: comentarios generales, cimbras y encofrados, colocación de armaduras activas y pasivas, puesta en obra y compactación del hormigón, curado, tesado de armaduras activas, desencofrado y descimbrado.
27. ELEMENTOS DE CIMENTACION.—PILOTES. Generalidades y tipología; campo de aplicación de pilotes de hormigón armado y de hormigón pretensado. Acciones a tener en cuenta y comentarios sobre análisis estructural y cálculo. Disposición de armaduras. LOSAS DE CIMENTACION. Generalidades y tipología. Consideraciones sobre análisis estructural y cálculo. Disposición de armaduras.

#### **PROYECTO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE HORMIGON LIGERO (\*)**

28. Introducción y definiciones. Tipología, clasificación y características generales de los hormigones ligeros en relación a los hormigones normales. Aplicaciones de los diferentes tipos. Breve historia de la evolución de los hormigones ligeros. Hormigones de áridos ligeros; obtención y propiedades de los áridos ligeros; dosificación.

---

(\*) En la actualidad este tema se trata dentro de la asignatura optativa "Hormigones especiales".

29. Hormigones de áridos ligeros; propiedades: resistencias a compresión y a tracción, módulos  $E_c$ , retracción y fluencia, docilidad y consistencia, endurecimiento y calor de fraguado, durabilidad. Comentarios sobre comportamiento y cálculo de elementos estructurales de hormigón ligero armado y pretensado, en relación a los de hormigón normal.
30. Construcción de estructuras de hormigón ligero; particularidades respecto a las de hormigón normal. Campo de utilización de los hormigones ligeros estructurales; factores que influyen: resistencia/peso, peso propio y otras cargas, deformabilidad, construcción y otros.

## **Fallado el XII premio García Cobertizo a la invención**

Por primera vez, una mujer, Ana Plaza Montero, de 58 años, Licenciada en Física, en unión de los Drs. en Física Bescós y Santamaría recibe esta distinción destinada al Fomento de la Invención Española.

Tres Físicos comparten el galardón, único existente en España para reconocer el mérito de los Inventores.

El "Refractómetro Binocular" de Santamaría, Bescós y Plaza permite la visualización de la imagen retiniana en Monitor de TV, y con los dos ojos simultáneamente.

Consigue la corrección optométrica de la visión por medios objetivos, el proceso de formación de imágenes por el sistema visual global y estudia los factores dinámicos de la acomodación, las microfluctuaciones de la acomodación y la interacción binocular.

Es de gran utilidad en docencia e investigación de la Oftalmología, Optimetría, Óptica Fisiológica y Visión.

### **Medallas de Honor al Fomento de la Invención**

La Fundación García Cabrerizo ha otorgado asimismo estas Medallas, destinadas a premiar honoríficamente los trabajos o las actividades de personas que han apoyado directa o indirectamente a la Invención e Inventiva españolas. En este año los distinguidos son los siguientes señores:

D. Alfonso Escámez López, Ex-Senador y Ex-Presidente de la Comisión de Investigación Científica y Tecnológica, Presidente del Banco Central y varias sociedades por su ayuda al proceso innovador de la industria española y su apoyo a la exportación de la tecnología española.

D. Julio Rodríguez Villanueva, Catedrático, Ex-Rector de la Universidad de Salamanca, autor de importantes trabajos de investigación e innovación y científico muy renombrado, por su trabajo en la formación de investigadores, algunos de talla universal, y sus constantes desvelos en pro de la investigación científica y técnica.

D. Manuel Losada Villasante, Catedrático de Química Fisiológica, Académico de la



Real Academia de Ciencias de Madrid y de Medicina de Sevilla. Por sus trabajos de investigación desarrollados en Alemania, Dinamarca, Estados Unidos y otros países. Su actividad innovadora se ha dirigido primordialmente al campo de la Bionergética, Fotosíntesis y Metabolismo de Nitrógeno.

*El Jurado Calificador de las distinciones*, presidido por el Profesor Martínez Moreno, está compuesto por 44 personas destacadas en la Ciencia, la Investigación y la Industria. Forman parte del Jurado varios catedráticos y profesores, periodistas científicos, investigadores y expertos en la ingeniería industrial, civil, electrónica, química, etc. Todos los miembros del Jurado *poseen un importante denominador común: su experiencia en la inventiva*, como autores o promotores de patentes españolas.

*Los Premios a la Invención* española, durante los últimos doce años, han sido obtenidos por personas privadas y por Centros de innovación. El I Premio García Cabrerizo fué entregado a D. Alejandro Goicoechea por su "Tren Vertebrado". La mayoría de las invenciones premiadas pasaron a la fase de desarrollo. La cuantía del premio es de 250.000 pesetas y está representado por una Medalla, diseñada por Miguel Fisac, alegoría del trinomio invención-investigación-innovación.

La entrega de los galardones citados a tenido lugar en el mes de Enero, en un acto académico ya tradicional que agrupa a cuantas personas se interesan por el trabajo de los inventores españoles.

## Nuevo libro

### GUIA DE INTRODUCCION AL METODO DE LOS ELEMENTOS DE CONTORNO

Por E. Alarcón y P. Reyero

Los antecedentes del moderno método de cálculo estructural por elementos finitos (MEF) y el más reciente de los elementos de contorno (MEC) son realmente clásicos.

En España, a principios de los años cuarenta, por dificultades diversas y escasez bibliográfica, las aplicaciones de la Teoría de la Elasticidad al cálculo de estructuras eran excepcionales. En los pocos tratados españoles de la época (J.M. Zafra, A. Peña-Boeuf, etc.), se exponían, además de la teoría general, algunas aplicaciones al cálculo de arcos, pórtico, tubos, perfiles triangulares y poco más.

Como, además, las calculadoras tenían una capacidad muy limitada y el cálculo matricial como tal apenas era conocido, tan pronto como el número de grados de libertad aumentaba, el problema era prácticamente inabordable.

Aquella situación es hoy difícilmente justificable tras la aparición y popularización de los ordenadores. Resulta sorprendente, a este respecto, comprobar cómo los nuevos instrumentos han provocado el reanálisis de los conocimientos anejos. Aquellos que quedaron planteados a finales del siglo pasado y en la primera mitad del presente. Los problemas elásticos en dos y tres dimensiones, las ecuaciones armónicas y biarmónicas con sus condiciones de contorno clásicas: Dirichlet, Neumann, Robin, etc (los autores los abordan con acierto a partir de su capítulo IV).

Según que se opere en sistemas de coordenadas cilíndricas o esféricas, hay que utilizar funciones de primera o segunda especie de Bessel, Legendre, etc. Con el método de las aplicaciones conformes y, sobre todo, con la determinación de la función de Green del problema, éste queda resuelto.



Fueron Boussinesq, Cerruti, Somigliana, Lauricella, Mitchell, Love, Mindlin, Galerkin, Kolossov, Mushkeslishvili, etc., los que trabajaron en problemas de interés para la Técnica.

La utilización de las funciones de variable compleja por parte de la escuela rusa, es, por ejemplo, un antecedente directo de los métodos expuestos en el libro que se comenta.

Sin embargo, el método que más contribuyó a disipar los eternos temores a no encontrar el adecuado modelo matemático utilizable en problemas reales, fue el de las Diferencias Finitas, en cuyo desarrollo tanto colaboró Southwell.

A pesar del impulso recibido con el perfeccionamiento de los ordenadores, el método tenía sus limitaciones. En realidad, atacaba la ecuación diferencial directamente y de forma "local". El MEF, y en general los métodos variacionales, han optado por la recomendación de Hilbert: el enfoque integral "global" basado en el redivivo teorema de los trabajos virtuales, o "planteamiento débil" del operador del problema.

Esta expresión integral se apoya luego con una interpolación mediante funciones locales, que permite introducir el concepto de "discretización" con toda su secuela de "elementos", "nodos" "variables nodales", "funciones de forma", etc. aprovechando la posibilidad de sistematización para el repetitivo trabajo del ordenador.

Por su parte, el MEC utiliza las fórmulas de representación más anejas y a ellas les añade la "filosofía" subyacente en el MEF. No se trata realmente de un método tipo Galerkin como podría pensarse, sino de un método de colocación, con todas sus ventajas e inconvenientes. Por supuesto, su atractivo principal radica en la reducción de la dimensionalidad del problema y la posibilidad de tratar dominios infinitos con sencillez.

Pero el MEC no es la vuelta al pasado: es recoger y aprovechar su esencia, ser "iluminado" por él.

Al resolver los problemas de contorno mediante potenciales monocapa o bicapa, se obtienen ecuaciones integrales tipo Fredholm, generalmente de segunda especie y, por tanto, bien condicionadas para el trabajo numérico.

En este libro se pretende una introducción al método, en forma sencilla, tomando como pretexto motivador los problemas estacionarios regidos por la ecuación de Laplace.

Sin entrar en demasiadas justificaciones matemáticas, se presentan las posibilidades de tratamiento de problemas bidimensionales, tridimensionales y con simetría de revolución, resolviendo ejemplos simples que permitan entrar sin esfuerzo en los detalles de la nueva técnica y proponiendo, al final de cada capítulo ejercicios de autocomprobación.

Aquella información se complementa con un pequeño programa para microordenador en lenguaje Basic, que lo hace especialmente asequible a los no "iniciados" en la nueva religión informática.

Se termina con un capítulo que deja abiertas algunas puertas a la inquietud investigadora o a la curiosidad erudita del lector, y se indican referencias en las que se pueda profundizar en el conocimiento de esta técnica. Entre ellas cabe destacar las correspondientes a los autores del libro y sus colaboradores, que con sus tesis doctorales y artículos en Congresos y Revistas nacionales y extranjeras, han contribuido decisivamente al progreso del método.

Esta interesante obra, de 145 páginas y numerosas figuras, puede ser adquirida al precio de novecientas cincuenta pesetas, en:

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales  
Sección de Publicaciones  
José Gutierrez Abascal, 2  
MADRID-6

## Cálculo de piezas para forjados unidireccionales

Jorge Páez Mañá

El presente artículo explica el proceso seguido por el programa "PRINC" en el cálculo de viguetas y semiviguetas armadas o pretensadas para forjados unidireccionales.

Con el fin de comprender la sistemática del programa, conviene señalar las razones y objeto que lo hicieron posible y que pueden esquematizarse en las siguientes:

- Completar los controles que el Sello de Conformidad CIETAN realiza sobre las piezas que lo poseen, ampliándolo al proceso de cálculo de las mismas, obteniendo datos teóricos que, junto a los ensayos sistemáticos, permitan verificar la bondad de los criterios normativos actualmente aplicados a forjados.
- Facilitar, mediante la crítica al programa que se expone, la homogeneización de los procedimientos de cálculo de estas piezas de los diferentes programas que existen en la actualidad, evitando que se apliquen a los mismos conceptos, interpretaciones diversas que dificultan una equiparación entre los diferentes prototipos en el instante de escoger el más adecuado para una estructura.
- Dotar a los técnicos de un soporte que les facilite el cálculo de la ficha técnica exigido por las actuales disposiciones vigentes, referentes a la fabricación y control de dichas piezas.

Estos objetivos definen y conforman la estructura del programa, así como su seccionamiento en bloques para facilitar las críticas y variaciones sectoriales. La extensa gama de comentarios, y el mantenimiento de puntos de control de los pasos intermedios, ayudan a detectar los posibles errores que, en el futuro, se puedan introducir, al adaptarse el programa a las nuevas especificaciones aplicables al cálculo de las piezas en estudio.

Asimismo, deja en memoria determinadas matrices que permiten el dibujo de los diferentes estados tensionales.

Establecidos los propósitos del programa, conviene, siguiendo la sistemática del mismo, indicar las hipótesis de partida y el proceso de cálculo.



## PA 100 Programa principal

El programa se inicia con este bloque base, desde donde se dirige al resto de los segmentos del mismo.

En la notación incluida al final del artículo se especifica el contenido y significado de las variables utilizadas.

Las unidades utilizadas son  $k_p$  y cm, salvo indicación expresa en contrario.

Inicialmente, indica la pieza que se quiere calcular (mediante el valor ZZ) y el grado de detalle que se desea en los resultados de salida.

Así, ZZ1 = 0 implica la supresión del último segmento con los datos complementarios y ZZ1 = 1 la obtención de los mismos.

El ZZ2 permite obtener como salida los datos solicitados por la ficha técnica (ZZ2 = - 5), pequeñas ampliaciones referentes a la forma de rotura y análisis de momentos negativos (ZZ2 = 0) o un mayor abundamiento de los datos intermedios de control (ZZ2 = 2, 3 ó 5).

Una vez establecidos dichos criterios va recorriendo los diferentes segmentos, que precise el tipo de piezas y el grado de detalle deseado, según el esquema siguiente:

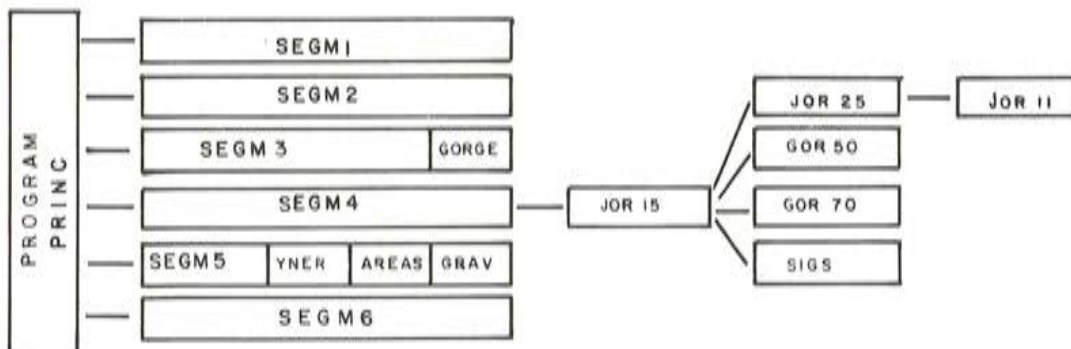
INOM

ZZ, ZZ1, ZZ2

Ejemplo:

Viguetas PAMPOF

2, 1, 0



Finalmente, analiza si existen nuevas piezas, y de haberlas, mediante los parámetros KLUT, se facilita el cálculo de las mismas, saltándose los apartados que no varían respecto a la pieza precedente. De no haber nuevas piezas finaliza el programa.

## PA 101 segmento 1

Este primer segmento de definición, permite obtener la geometría de la pieza, así como las especificaciones relativas a los materiales que la componen, aportando los datos neces-



rios para el cálculo de los diferentes estados que hay que analizar, reseñándolos por medio del segmento 6 de "varios", si se desean conocer con amplitud.

En primer lugar, define las características del hormigón o los hormigones de la vigueta y forjado, así como su distribución por capas, debiendo aportarse los datos necesarios de la siguiente manera:

NCH, RCIC, RCIV, CSHC, CSHU, RCICP, DEJES

(Nch) veces—: BHC (J1), BHC (J2), BHV (J1), BHV (J2), H (I)

Ejemplo:

5, 175, 350, 1.5, 1.4, 0, 60

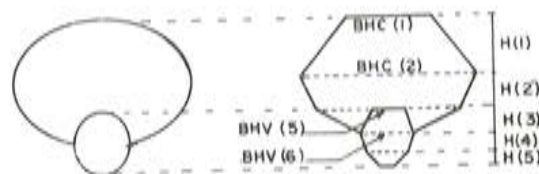
15, 30, 0, 0, 10

30, 25, 0, 0, 6

18, 0, 7, 9, 5

0, 0, 9, 7, 3

0, 0, 7, 3, 3



La Variable RCICP afectaría al Modulo de elasticidad de la pieza, en función de su situación en un clima húmedo o seco, y de la relación entre cargas permanentes y variables, dotando el programa a dicha variable del valor 0,35 caso de no señalarse ninguno.

A continuación deberán aportarse los datos referentes al acero.

Características de la armadura pasiva:

NCAP, CSAP

(Nch) veces — : SAP (I), XGAP (I), RYAP (I), ITIAP (I)

Ejemplo:

2, 1.1

0.50, 15, 5100, 0

0.56, 16, 5100, 0

añadiéndose, si son viguetas o semiviguetas armadas, el diámetro de la barra más gruesa, en mm:

DMAX

Ejemplo: 8.

Características de la armadura adicional de negativos prevista, si se conoce:

NREF, CSREF

(Nref) veces —: SAP (I), XGAP (I), RYAP (I), ITIAP (I)

Ejemplo:

1, 1.15

5.15, 1.5, 4200, 0

Características de la armadura activa:

NCAA, CSAA

(Ncaa) veces —: SAA (I), XGAA (I), IAA (I), RYAA (I), RMAA (I)

Ejemplo:

2, 1.1

0.070, 8.5, 1, 15300, 18000

0.392, 15.5, 1, 15300, 18000

y Características de la armadura de cortante:

IC, QO — (Solo en semiviguetas)

Si (IC = 1) —: ASW, SW, RO, RYAC, CSAC

Ejemplo:

1, 10

0.25, 20, 0.91, 4200, 1.15

Caso de no existir alguna de las reseñadas, se indicará con un 0, en NCAP, NREF, NCAA o IC respectivamente, suprimiéndose el resto de los valores.

### PA 102 segmento 2

Este segmento, que se realiza solo en caso de piezas pretensadas, indica el proceso de tesado, obteniendo las tensiones que se producen durante el mismo, así como las pérdidas y deformaciones instantáneas y diferidas. Para ello, previamente deben señalarse los siguientes datos:

PO, GRADO, CLFCC, BANC, ALF, EXT, PROF

Ejemplo:

0, 5, 1, 70, 0, 0, 0

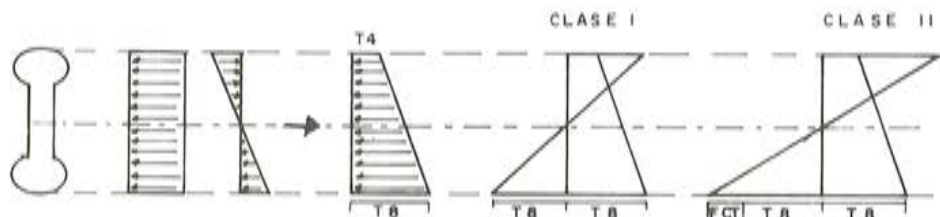
donde se puede prescindir del PO si no se conoce, calculándolo el programa. Los valores de EXT y PROF, si no se consideran las pérdidas de rozamiento, como es habitual, deberán tomarse = 0; y el valor de BANC, si no se indica, el programa lo considera como el correspondiente a una bancada de 70 m.

En el segmento 6 de "varios", se indican con detalle los valores individuales de las pérdidas, así como los estados tensionales y deformaciones que éstas producen.

### PA 103 segmentos 3

Este segmento, como el anterior, es sólo válido para piezas pretensadas, obteniendo los momentos de fisuración de clase I y clase II, no ofreciendo los de clase III<sub>01</sub> y clase III<sub>02</sub> por no adecuarse a la estructura y características de los forjados.

Para ello, se descompone la fuerza de pretensado según las figuras siguientes, obteniendo posteriormente el equilibrio y el momento admitido en las clase I y II.

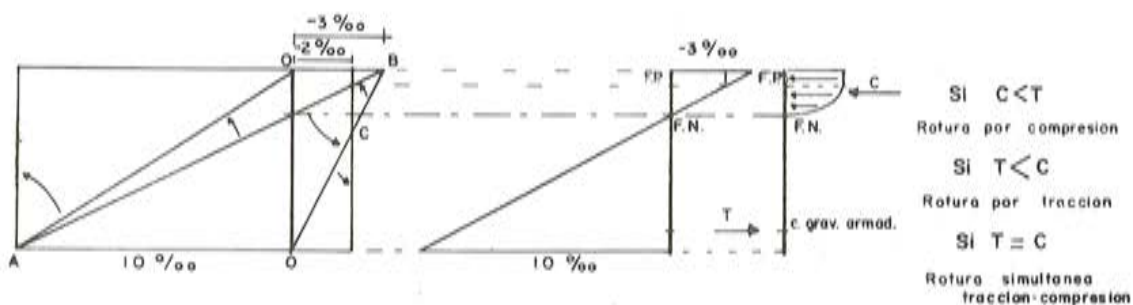


Los casos de fisuración correspondientes a piezas armadas, se establecen directamente desde el programa principal. En este segmento se encuentra la función GORGE, de apoyo para el cálculo de los momentos producidos por la tensión variable en las diferentes capas.

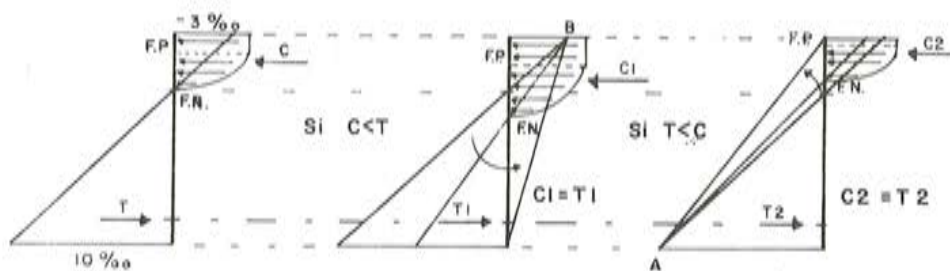
#### PA 104 segmento 4

Este segmento establece, a partir de los dominios de deformaciones límites de las secciones de piezas armadas y pretensadas, los momentos positivos y negativos máximos, para lo cual realiza el siguiente proceso:

- 1.º Establece la simultaneidad de rotura por máxima deformación a compresión del hormigón y tracción del acero, indicando, en base al análisis de las tensiones resultantes, la forma teórica de rotura.



- 2.º De no producirse la rotura de forma simultánea, va adecuando la posición de la fibra neutra hasta conseguir el estado de equilibrio con un error menor de 1 kilopondio, obteniendo los momentos últimos en dicho estado.





En negativos realiza, en primer lugar, el cálculo con los datos reseñados en la ficha técnica y, posteriormente, colocando la fibra neutra en el valor  $0,45 \times D$ , que implica la disposición de secciones dúctiles que admiten el giro plástico necesario y la redistribución de esfuerzos. En el caso de piezas pretensadas, calcula, asimismo, el negativo en la zona de total transmisión de pretensado; obteniendo un tercer valor del momento negativo que hay que aplicar a partir de la longitud de transferencia.

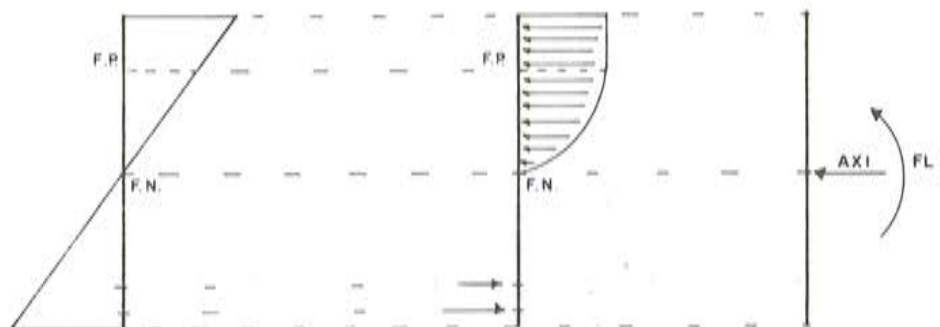
Para la obtención de estos valores, este segmento se apoya en la subroutine JOR 15.

#### PA 105 subroutine JOR 15

Esta subroutine realiza el estudio del estado tensional, partiendo de una situación previa de las fibras neutra y plástica, apoyándose para el mismo: en las subroutines JOR 25, para el posicionamiento de las masas; en las function GOR 50 y GOR 70, para el cálculo de las tensiones del hormigón, y en la function SIGS, para el cálculo de las tensiones del acero.

En esta subroutine se han introducido, asimismo, dos sistemas de control para evitar que variaciones posteriores establezcan un bucle sin salida, permitiendo salir del mismo, a voluntad desde la consola o en forma automática si se repite más de 50 veces el proceso de ajuste de las fibras buscando la situación de equilibrio. (Normalmente, el proceso de ajuste buscando el equilibrio, se realiza entre 7 y 9 iteraciones).

Tras el análisis del estado tensional, indica el axil y el flector producido por la hipótesis de partida.

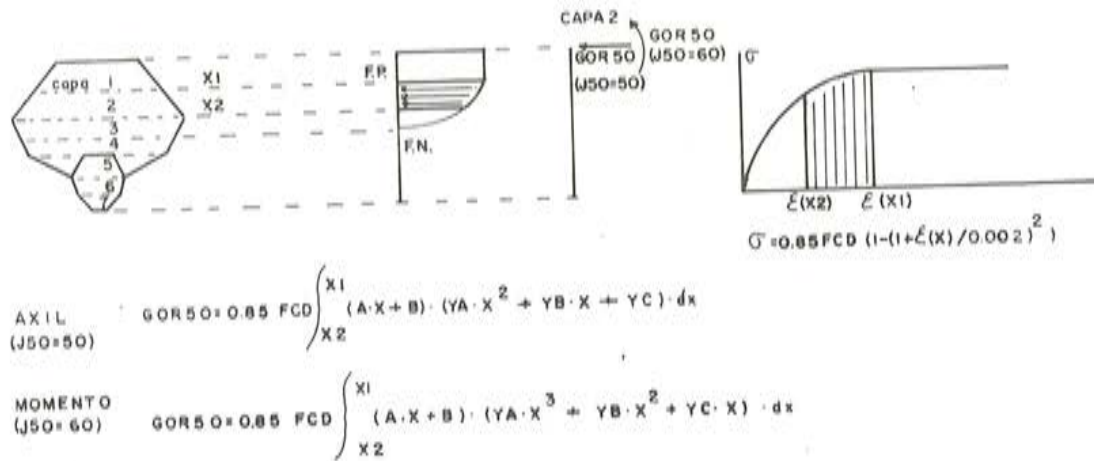


#### PA 106 function GOR 50

Esta function calcula las tensiones producidas en cada capa de hormigón situada en la zona elástica de la curva tensión-deformación del mismo.

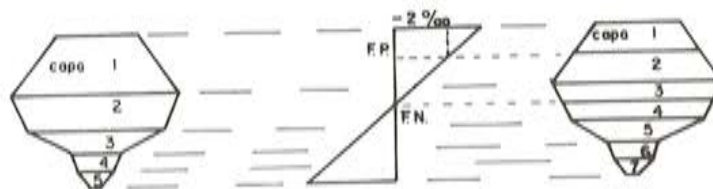
Asimismo, indica el momento, respecto a la fibra superior, que dichas tensiones producen.

Para realizarlo, integra el producto de la ecuación del contorno de la capa por la ecuación de la curva del hormigón que corresponde a la misma.



### PA 107 subroutine JOR 25

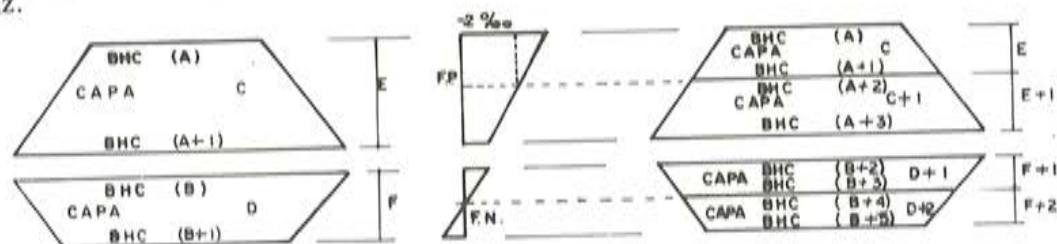
Esta subroutine busca las capas donde se encuentran las fibra neutra y plástica, formando una matriz con las nuevas capas creadas por la partición de las originales según la situación de las citadas fibras; y las señaliza para facilitar el cálculo, separando las capas de las zonas elástica y plástica con ayuda de la JOR 11.



Realiza el mismo proceso para el cálculo negativo, creando una nueva matriz con el conjunto de las capas iniciales más las introducidas por la partición de las capas que contienen a las fibras neutra y plástica.

### PA 108 subroutine JOR 11

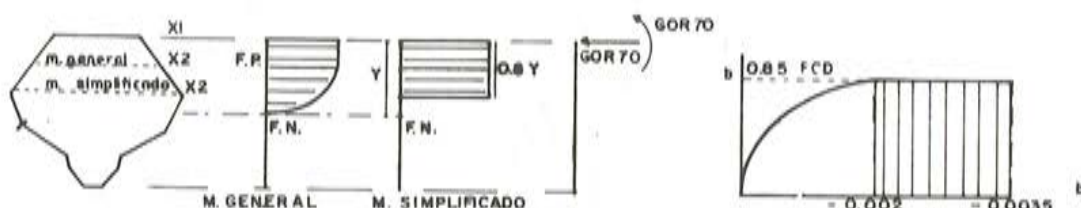
Esta subroutine realiza, una vez halladas las capas que constituyen la fibra neutra y plástica, la partición de las mismas, devolviendo a la JOR 25 dicha partición en una nueva matriz.



### PA 109 function JOR 70

Esta función realiza el cálculo de las tensiones producidas en la zona plastificada del hormigón, y el momento que producen dichas tensiones respecto a la fibra superior de la pieza.

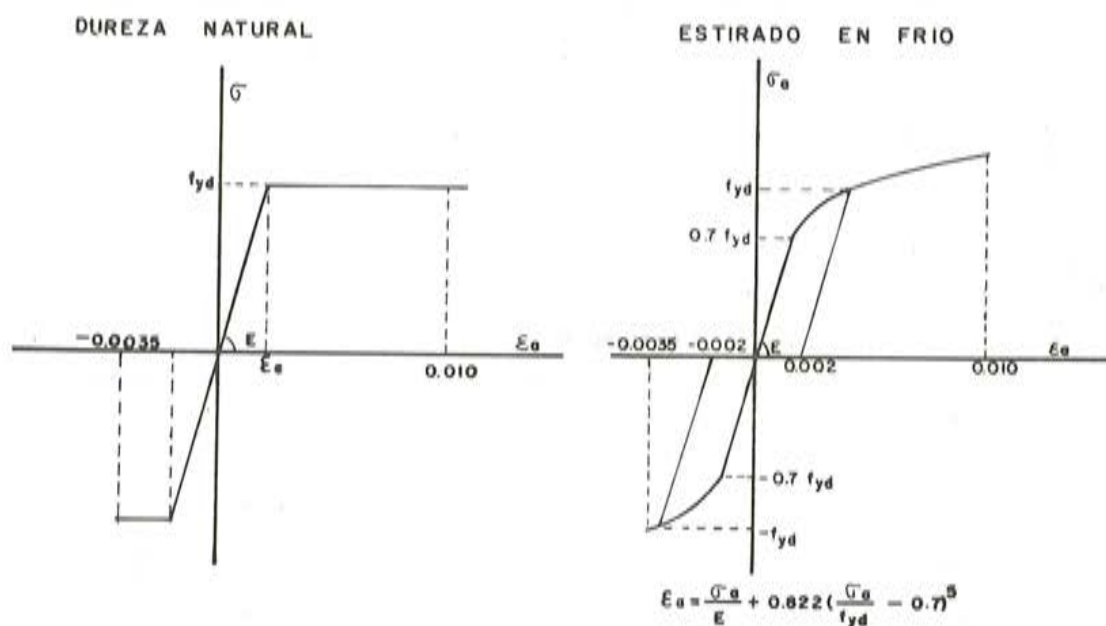
Cuando se utiliza el método de cálculo simplificado, se amplía este cálculo a la zona que cubre el  $y = 0.8 \times Y$ .



$$\begin{aligned} \text{ÁXIL} \quad (J70=70) \quad & \text{GOR70} = 0.85 FCD \int_{X2}^{X1} (A \cdot X + B) \cdot dx \\ \text{MOMENTO} \quad (J70=80) \quad & \text{GOR70} = 0.85 FCD \int_{X2}^{X1} (A \cdot X^2 + B \cdot X) \cdot dx \end{aligned}$$

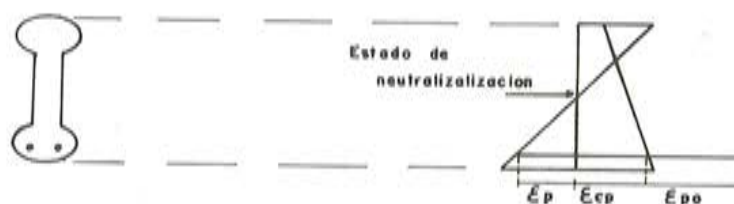
### PA 110 function SIGS

Esta función calcula las tensiones producidas por el acero, partiendo de la deformación del mismo según los diagramas siguientes:





En acero de pretensar se consideran para el cálculo, las tensiones y deformaciones previas introducidas por el tesado así como las pérdidas producidas por efecto del pretensado.



### PA 111 segmento 5

Este segmento calcula los valores de cortante que puede absorber la pieza, para lo cual analiza previamente si existe o no armadura de corte.

Si no existe armadura de corte:

$$VMC = 0,25 \times 0,45 \times \sqrt[3]{f_{ck}^2} \times \left(1,6 - \frac{D}{100}\right) \times B_w \times D \times \left(1 + 50 \frac{ASL}{B_w \times D}\right) / \gamma_c$$

Si hay pretensado:

$$RA = 1 + \frac{MO}{MSD}$$

$$VCM = VMC \times RA$$

Si existe armadura de corte:

$$VMC = 0,3 \times f_{cd} \times B_w \times D$$

$$VWD = 0,9 \times D \times \frac{ASW}{SW} \times \left(1 + \frac{I}{T_g(RO)}\right) \times \text{sen}(RO) \times \frac{RYAC}{CSAC}$$

$$VCD = VCD \times \left(1 - \frac{VWD}{3 VCD}\right)$$

$$VSD = VCD + VWD \times 2/3 \quad \text{Si } VSD > 3 VCD \rightarrow VSD = VWD$$

$$\text{Si } VSD < VMC \rightarrow VMC = VSD$$

Obtiene, asimismo, los momentos estáticos y de inercia necesarios para delimitar el esfuerzo rasante producido en la zona de unión de las piezas semirresistentes, valiéndose de las Function AREA, GRAV, e YNER, que se introducen en este segmento.

Por último, obtiene el módulo de elasticidad y la inercia efectiva hallada según la fórmula de Branson:

$$QCAR = YEF \times RCICP \times 1900 \sqrt{f_{ck}}$$

$$YEF = \left(\frac{WCR}{WK}\right)^3 \times YO + \left(1 - \left(\frac{WCR}{WK}\right)^3\right) \times Y3 \geq YO$$

que permite obtener el valor de  $K = ExI$  necesario para el estudio de las deformaciones.

## PA 112 segmento 6

Este segmento ofrece, cuando  $ZZ1 = 1$ , los valores complementarios obtenidos durante el proceso de cálculo.

Expuesto el desarrollo del programa y la razón de las reiteraciones introducidas en él, cuyo único objeto es el de estructurar el proceso dejándolo abierto a futuras innovaciones, sólo resta, antes de introducir algunos ejemplos y la transcripción del mismo, indicar la extensa labor desarrollada en todo el trabajo de programación por M<sup>a</sup> Carmen Díaz Periañez, introduciendo mejoras, supervisando y aportando innumerables ideas y siendo copartícipe en todo momento del Trabajo realizado. Asimismo reseñar las aportaciones que en determinadas partes del programa realizaron Alfonso López Marín, M<sup>a</sup> Selva Esteva, Hugo Corres, Rafael Piñeiro y Jaime Páez, y los conocimientos que por medio de sus libros "Cálculo, Construcción y Patología de Forjados de Edificación" (INTEMAC) y cursillo de Forjados Unidireccionales (ANDECE) han aportado José Calavera y Jesús Chomón. A todos ellos agradezco sinceramente su colaboración y apoyo.

## BIBLIOGRAFIA

- INSTRUCCION EP-80 "Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón pretensado". Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- INSTRUCCION EH-82 "Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado". Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Código-Modelo CEB-FIP para las estructuras de hormigón (noviembre 1976).
- Cálculo, Construcción y Patología de forjados de edificación. J. Calavera. INTEMAC (febrero 1981).
- Cursillo sobre forjados unidireccionales de hormigón pretensado, celebrado en el IETcc y publicado por ANDECE (junio 1982).
- Curso de hormigón pretensado según la EP-80 aplicado al cálculo de forjados. Luis Felipe Rodríguez Martín (1982).
- Cálculo de secciones de hormigón armado sometidas a sollicitaciones normales en el estado límite último. Francisco Morán Cabré. Monografía 304 del IETcc (septiembre 1972).
- Análisis de la capacidad resistente de secciones de hormigón armado-pretensado por medio de superficies de interacción. Arenas de Pablo. Hormigón y Acero n<sup>o</sup> 114 (1975).
- Comprobación de una sección rectangular de hormigón armado con ayuda de una calculadora programable HP 67. A. Recuero Fornier y J.P. Gutierrez Jiménez. Hormigón y Acero n<sup>o</sup> 133 (1979).
- Comprobación y dimensionamiento de secciones de hormigón armado y pretensado de forma poligonal, utilizando una calculadora programable HP 41C. Hugo Corres Peiretti y Alfonso Recuero Fornier. Hormigón y Acero n<sup>o</sup> 134 (1980).
- Método de cálculo de pérdida de pretensado en piezas pretensas curadas al vapor. V. Sánchez Galvez y M. Elices Calafat. Hormigón y Acero n<sup>o</sup> 122 (1977).
- VP-81 Normativa de viguetas de hormigón pretensado o de cerámica pretensada. Sello de Conformidad CIETAN. IETcc-ANDECE (1981).
- VA-82 Normativa para la fabricación y control de viguetas y losas de hormigón armado y de su maduración básica. Sello de Conformidad CIETAN IETcc-ANDECE (1982).

Entrada de datos

INOM

ZZ ZZ1 ZZ2

NCH RCIC RCIV CSHC CSHV RCICP DEJES

(hormigón)

Nch veces: BHC (J1) BHC (J2) BHV (J1) BHV (J2) H (I)

Si KLUT 1 = 0 no los necesita

NCAP CSAP

(armadura pasiva)

Ncap veces: SAP (I) XGAP (I) RYAP (I) ITIAP (I)

Si KLUT 2 = 0 no los necesita

DMAX → (sólo si son piezas no pretensadas)

NREF CSREF

(refuerzos de negativos)

Nref. veces: SAP (I) XGAP (I) RYAP (I) ITIAP (I)

Si KLUT 4 = 0 no los necesita

NCAA CSAA

(armadura activa)

Ncaa veces: SAA (I) XGAA (I) IAA (I) RYAA (3) RMAA (I)

Si KLUT 3 = 0 no los necesita

IC QO → (sólo piezas semirresistentes)

(armadura de cortante)

ASW SW RO RYAC CSAC

Si KLUT 6 = 0 no los necesita

PO GRADO CLFCC BANC ALF EXT PROF

(tesado) sólo para piezas pretensadas

KLUT 5 → (si = 9999 acaba)

Si KLUT 0 = 0 no los necesita

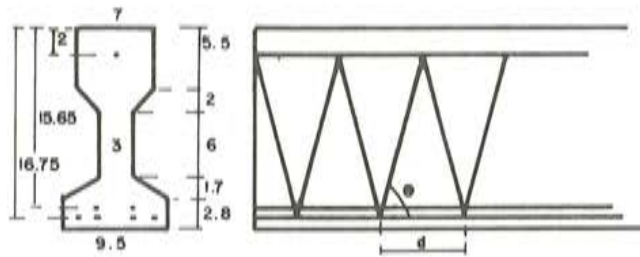
INOM

ZZ ZZ1 ZZ2

KLUTO KLUT 1 KLUT 2 KLUT 3 KLUT 4 KLUT 6



**C1015 EJEMPLO 1 AUTO-PRENSADA**



**DATOS C1015**

Hormigón:  $f_{ck} = 350$ ;  $\gamma_c = 1,4$

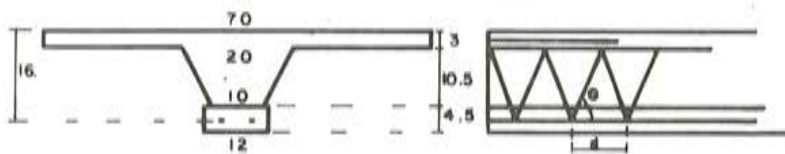
Armadura activa: Límite elástico 15.300; carga máxima 18.000;  $\gamma_s = 1,1$   
 Capas: 1 – (cordón) área 0,14; 2 – (barra) área 0,13; 3 – (cordón) área 0,39; grado R5; vapor; banco 70 m.

Armadura de cortante: Area 0,07;  $d = 15,6$ ;  $Q = 0,757$ ; Límite elást. = 4,200;  $\gamma_s = 1,15$ .

```

C1015 T=00004 IS ON CH00010 USING 00002 BLKS R=0000
0001 EJEMPLO 1 - AUTO-PRENSADA
0002 1 0 -5
0003 5 0 350 0 1,4 0 0
0004 0 0 7 7 5,5
0005 0 0 7 3 2
0006 0 0 3 3 6
0007 0 0 3 9,5 1,7
0008 0 0 9,5 9,5 2,8
0009 0 0
0010 0 0
0011 3 1,1
0012 0,14 2,0 2 15300 18000
0013 0,13 15,65 1 15300 18000
0014 0,39 16,75 2 15300 18000
0015 1
0016 0,07 15,6 0,757 4200 1,15
0017 0 5 1 70 0 0 0
0018 9999
    
```

**C1016 EJEMPLO 2 SEMI-ARMADA**



**DATOS C1016**

Hormigón:  $f_{ck} = 175$  (forjado y vigueta);  $\gamma_c = 1,5$  (forjado y vigueta).

Armadura pasiva: Límite elástico 5.100;  $\gamma_s = 1,1$ ; dureza natural  
 Capas: 1 = área 0,50; 2 - área 0,56; Diámetro máximo =  $\phi = 8$ .

Armadura de negativos: Area = 2,16; límite elástico = 4.200;  $\gamma_s = 1,15$ ; dureza natural.

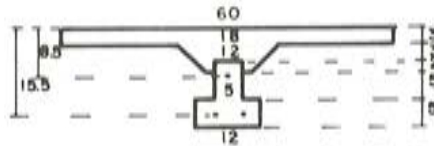
Armadura de cortante: Area = 0,25;  $d = 20$ ;  $Q = 0,91$ ; límite elástico = 4.200;  $\gamma_s = 1,15$ .

```

C1016 T=00004 IS ON CR00011 USING 00002 BLKS R=0000
0001 EJEMPLO 2 - SEMI-ARMADA
0002 4 0 0
0003 3 175 175 1,5 1,5 0 70
0004 70 70 0 0 3
0005 20 10 0 0 10,5
0006 0 0 12 12 4,5
0007 2 1,1
0008 0,50 16 5100 0
0009 0,56 16 5100 0
0010 8,
0011 1 1,15
0012 2,26 1,5 4200 0
0013 0
0014 1 10
0015 0,25 20 0,91 4200 1,15
0016 9999

```

**C1017 EJEMPLO 3 SEMI - PRETENSADA**



### DATOS C1017

Hormigón: Forjado:  $f_{ck} = 175$ ;  $\gamma_c = 1,5$ ; Vigueta:  $f_{ck} = 350$ ;  $\gamma_c = 1,4$

Armadura de negativos: Área = 5,15; límite elástico = 4.200; dureza natural;  $\gamma_s = 1,15$

Armadura activa: Límite elástico = 15.300; carga máxima = 18.000;  $\gamma_s = 1,1$  (barras)

Capas: 1-área 0,0706; 2-área 0,3926

Grado R5; vapor; banco 100 m.

```

C1017 T=00004 IS ON CR00011 USING 00002 BLKS R=0000
0001 EJEMPLO 3 - SEMI-PRETENSADA
0002 2 1 0
0003 5 175 350 1,5 1,4 0 60
0004 60 60 0 0 3
0005 18 12 0 0 3
0006 7 3 5 5 2
0007 0 0 5 5 5
0008 0 0 12 12 5
0009 0 0
0010 1 1,15
0011 5,15 1,5 4200 0
0012 2 1,1
0013 0,0706 8,5 1 15300 18000
0014 0,3926 15,5 1 15300 18000
0015 0 9,
0016 0 5 1 100 0 0 0
0017 9999

```

EJEMPLO 1 - AUTO-PRETENSADA

CAPACID. TENS FISURACION MOMENTOS ESFUERZO ESF. MODULO  
 MECANICA ENIC PERD CLASE I CLASE II POSIT NEGAT CORTANTE RASAN DEFORM  
 0 13500 26 425 522 1003 -307 1074 0.00 47.91

EJEMPLO 2 - SEMI-ARMADA

FISURACION SEGUN ARTICULO 44 EN-80 CASO 1  
 FISURACION COMPROBADA EN ZONA TRACCION CASO 2  
 MOMENTOS ULTIMOS POSITIVOS  
 ESTADO DE AGOTAMIENTO POR TRACCION DEL ACERO  
 MOMENTO FLECTOR MAXIMO ADMISIBLE 1882 KP\*CM  
 MOMENTOS NEGATIVOS  
 ESTADO DE AGOTAMIENTO POR TRACCION DEL ACERO  
 MOMENTO FLECTOR MAXIMO SEGUN F. TECNICA -1223 KP\*CM  
 CAPACIDAD MECANICA 8 TN  
 MOMENTO FLECTOR MAXIMO SEGUN PROGRAMA -2354 KP\*CM  
 CAPACIDAD MECANICA 17 TN  
 VALOR DEL ESFUERZO CORTANTE ULTIMO 2219 KP  
 VALOR DE K\*E\*I PARA DEFORMACIONES 143.7 T\*CM2

EJEMPLO 3 - SEMI-PRETENSADA

TENSION INICIAL 13500 KP/CM2  
 PERDIDAS 22 %

MOMENTO DE FISURACION CLASE I 811 KP\*CM  
 MOMENTO DE FISURACION CLASE II 1129 KP\*CM

MOMENTOS ULTIMOS POSITIVOS  
 ESTADO DE AGOTAMIENTO POR TRACCION DEL ACERO  
 MOMENTO FLECTOR MAXIMO ADMISIBLE 1600 KP\*CM  
 MOMENTOS NEGATIVOS  
 ESTADO DE AGOTAMIENTO POR COMPRESION DEL HORMIGON  
 MOMENTO FLECTOR MAXIMO SEGUN F. TECNICA -2835 KP\*CM  
 CAPACIDAD MECANICA 19 TN  
 MOMENTO FLECTOR MAXIMO SEGUN PROGRAMA -3159 KP\*CM  
 CAPACIDAD MECANICA 23 TN  
 MOMENTO FLECTOR MAXIMO CONSIDERANDO PRET -2440 KP\*CM  
 CAPACIDAD MECANICA 17 TN  
 VALOR DEL ESFUERZO CORTANTE ULTIMO 2731 KP  
 ESFUERZO RASANTE DE CALCULO 8.6 KP  
 VALOR DE K\*E\*I PARA DEFORMACIONES 192.8 T\*CM2

sigue



sigue ejemplo 3.

PERD.A.E.MG.# 203 PORCENTAJE= 3.25  
 TOTAL PERD. INSTANTANEAS= 840 PORCENTAJE= 13.43  
 PESO RETRACCION= 278 PORCENTAJE= 4.44  
 PERD.FLUENTIA HGON.# 288 PORCENTAJE= 4.54  
 PERD.RELACION ACERO= 0 PORCENTAJE= 0.00  
 TOTAL PERDIDA DIF.# 562 PORCENTAJE= 8.99  
 TOTAL PERDIDAS= 1402 PORCENTAJE= 22.42

TENS.PRET. INICIAL PERDIDA DEFORMACIONES  
 FIB.SUPER. -15.05 -13.05 F.SUP. 0.000000  
 FIB.CVIGA. -58.92 -51.07 F.NCAL(1) -0.00087  
 FIB.CAPA. 0.00 0.00 F.NCAL(2) -0.00288  
 FIB.CACC. -65.81 -51.03 F.NCAL(3) 0.00000  
 FIB.INFER. -87.27 -75.64 F.INFER. -0.00252

ALARGAMIENTO DEL ACERO POR TENSIO= .00524  
 CORTANTE  
 \*\*\*\*\*  
 COEFICIENTE MULTIPLICADOR POR EFECTO DE PRETENSADO 1.4 .81  
 ANCHOS DE CALCULO A CORTE DE CABEZA Y VIGUETA 12.00 5.00  
 AREA DE ARMADURA TRACCIONADA QUE LLEGA AL APOYO 1.62  
 VALOR DEL CORTE QUE ABSORBE LA FIBRA DE LA CABEZA DE COMPRESION 985.62  
 VALOR DE CORTE QUE ABSORBE LA FIBRA DE LA VIGUETA 913.55  
 VALOR DE CORTE MAS DESFAVORABLE 2730.65

RASANTE  
 \*\*\*\*\*  
 VALOR DE ESTADICO SIN FISURAR Y EN ROTURA= 988.80 125.13  
 ESFUERZO RESANTE SUPUESTO ROTURA= 25.54

DEFORMACIONES  
 \*\*\*\*\*  
 MODULO DE ELASTICIDAD EN DEFORMACIONES= 8971 MP/CM2  
 MOMENTO DE INERCIA EFECTIVO= 13151 CM4

NUMERO DE CAPAS DE HORMIGON= 5  
 CAPA AN.SUP.FORJ. AN.INF.FORJ. AN.SUP. VIG. AN.INF. VIG. CANTO PROF.  
 1 60.000 60.000 0.000 0.000 3.00 3.00  
 2 16.800 16.800 0.000 0.000 2.00 2.00  
 3 7.000 7.000 5.000 5.000 2.00 2.00  
 4 0.000 0.000 5.000 5.000 5.00 13.00  
 5 0.000 0.000 12.000 12.000 5.00 16.00

RES. NORM. COEF.SEGURIDAD MOD. ELASTIC. COEF. MOMOS.  
 FORJADO 175 1.58 205223 1.00  
 VIGUETA 350 1.40 308416 1.46

NUMERO DE CAPAS DE ARMADURA PASIVA= 0 COEF. DE SEGUR.= 0.00  
 NUMERO DE CAPAS DE REFUERZO= 1 COEF. DE SEGUR.= 1.15

CAPA AREA C.GRAY. LIM.ELAST. MOD.ELAST. DN=0.0F=1

1 3.69 1.56 4200 200000 0  
 NUMERO DE CAPAS DE ARMADURAS ACTIVAS= 2 COEF. DE SEGUR.= 1.10

CAPA SUPERF. C.GRAY. B=1+C-2 LIM.EL DN=0.0F=1 MOD. ELAST. COEF. MOM  
 1 0.706 8.5000 1 15300 1 280000 9.745  
 2 3.326 15.5000 1 15300 1 280000 9.745

ARMADURAS DE CORTANTE= 0 COEF. DE SEGUR.= 0.00

SUPERFICIE DE HORMIGON FORJADO= 235.00 CENTRO DE GRAVEDAD= 2.28

SUPERFICIE DE HORMIGON VIGUETA= 95.00 CENTRO DE GRAVEDAD= 13.29

SUPERFICIE DE ARMADURA ACTIVA= .45 CENTRO DE GRAVEDAD= 14.43

INERCIA SIN FISURAS= 13151 FIBRA NEUTRA= 8.47

INERCIA EN ROTURA= 892 FIBRA NEUTRA= 2.84

NEGATIVOS  
 \*\*\*\*\*

MOMENTO SECUN F.TECNICA= -2655 FIBRA NEUTRA= 9.77

MOMENTO SECUN PROGRAMA= -3159 FIBRA NEUTRA= 10.57

MOMENTO CONSIDERANDO PRETENSADO= -2440 FIBRA NEUTRA= 10.87

PRETENSADO  
 \*\*\*\*\*

TENSION DE PRETENSADO= 13500 GRADO= 5 CURSADO POR VAPOR= 1

PERD.POR.# 0 PORCENTAJE= 0.00

PERD.CUMAS= 19 PORCENTAJE= .30

PERD.CURADO.= 637 PORCENTAJE= 10.16







```

0059 C DO 3 I=1,NCH
0060 C J1Z=I-1
0061 C J2Z=I
0062 C 1 READ(CS,*)BMC(J1),BMC(J2),BMC(J3),BMC(J2),M(I)
0063 C 259 CONTINUE
0064 C
0065 C LEE EL NUMERO DE CAPAS DE ARMADURA PASIVA Y SU COEFICIENTE DE
0066 C SEGURIDAD. SI KLUTZ=0 LO SALTA AL NO VARIAR ESTE
0067 C
0068 C IF(KLUTZ.EQ.0)GO TO 51
0069 C REOTS=J1*PCAP*CSAP
0070 C
0071 C DEFINE LAS CAPAS DE ARMADURA PASIVA, SUS AREAS, CENTRO DE GRAVEDAD,
0072 C LIMITE ELASTICO Y SI ES DUREZA NATURAL O DEFORMADO EN FRIED
0073 C
0074 C IF(NCAP.EQ.0)GO TO 51
0075 C DO 2 I=1,NCAP
0076 C READ(CS,*)SAP(I),RGAP(I),RYAP(I),ITIAP(I)
0077 C FYAP(I)=RYAP(I)/CSAP
0078 C IF(ZZ.GE.3)READ(CS,*)JOMAX
0079 C
0080 C 51 CONTINUE
0081 C
0082 C REALIZA EL ANALISIS DE LOS REFUERZOS DE FORMA SIMILAR
0083 C SI KLUTZ=0 LO SALTA AL NO VARIAR ESTOS.
0084 C
0085 C IF(KLUTZ.EQ.0)GO TO 264
0086 C
0087 C PREPARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD MECANICA DE LOS REFUERZOS.
0088 C
0089 C MCR=0
0090 C CMCC=0
0091 C READ(CS,*)JREF,CSREF
0092 C IF(LREF.EQ.0)THEN
0093 C MCR=NCAP
0094 C GO TO 264
0095 C ENDF
0096 C J=NCAP+1
0097 C K=NCAP+REF
0098 C ESAP=210000.
0099 C DO 20 I=1,K
0100 C READ(CS,*)S(I),XSP(I),RYSP(I),ITIAP(I)
0101 C SAP(I)=SAP(I)*CSREF/100.
0102 C FAP(I)=RYSP(I)/CSREF
0103 C CMCC=CMCC+SAP(I)*FYAP(I)
0104 C 20 CONTINUE
0105 C MCR=NCAP+REF
0106 C 264 CONTINUE
0107 C CSPT=CMCC
0108 C IF(ZZ.EQ.2)OR(ZZ.EQ.3)CSPT=CMCC*100./JREFS
0109 C
0110 C LEE EL NUMERO DE CAPAS DE ARMADURA ACTIVA Y SU COEFICIENTE DE
0111 C SEGURIDAD. SI KLUTZ=0 LO SALTA AL NO VARIAR ESTAS.
0112 C
0113 C IF(KLUTZ.EQ.0)GO TO 261
0114 C REOTS=J1*NCAP*CSAA
0115 C IF(NCAA.EQ.0)GO TO 52
0116 C DO 3 I=1,NCAA
0117 C REOTS=J1*SA(I),XSA(I),IYSA(I),RYSA(I),RMXA(I)
0118 C
0119 C HALLA LOS VALORES DE CALCULO DEL ACERO DE PRETENSAR.

```

```

0120 C
0121 C FVARI=RYVARI(I)/CSAA
0122 C 3 FVARI=RYVARI(I)/CSAA
0123 C 261 CONTINUE
0124 C
0125 C PREPARA EL ANALISIS DE LA CAPACIDAD MECANICA DE ARMADURAS
0126 C ACTIVAS Y PASIVAS, SI NO HAY ACTIVAS SALTA A LAS PASIVAS
0127 C
0128 C PCM=0
0129 C IF(NCAA.GT.0) THEN
0130 C DO 20 I=1,NCAA
0131 C 20 PCM=PCM+SA(I)*FYVARI(I)
0132 C ENDF
0133 C 52 CONTINUE
0134 C
0135 C REALIZA EL CALCULO CON LAS PASIVAS SALTANDOLAS SI NO EXISTEN
0136 C
0137 C IF(NCAP.GT.0) THEN
0138 C DO 20 I=1,NCAP
0139 C 20 PC=PC+SP(I)*FYAP(I)
0140 C ENDF
0141 C
0142 C PREPARA EL CALCULO DE CONTANE
0143 C
0144 C SE ESTA EN PIEZAS SEMIPRESISTENTES LEE LA LONGITUD DE
0145 C ADHERENCIA PARA EL CALCULO DE RASANTE
0146 C
0147 C IF(KLUTZ.EQ.0)GO TO 327
0148 C IF(ZZ.EQ.2)OR(ZZ.EQ.3)THEN
0149 C REOTS=J1*JC,08
0150 C ELSE
0151 C REOTS=J1*JC
0152 C ENDF
0153 C F=0.01F
0154 C F=JC*ST.*REOTS*J1*SA,SA,ES,ES,REOT,CSAC
0155 C 327 CONTINUE
0156 C REOT=
0157 C SPC=0
0158 C SVE=0
0159 C SAT=0
0160 C SAT=0
0161 C MCR=0
0162 C MCR=0
0163 C MCR=0
0164 C MCR=0
0165 C
0166 C INVOKA POD MEDIO DE REF QUE NO PREPARO AUN EL CALCULO DE NEGRO-
0167 C TINGO YA QUE ESTE LO REALIZARA CUANDO NECES
0168 C
0169 C HALLA LAS AREAS Y MOMENTOS DE LAS CAPAS DE HORMIGON DEL FORJADO
0170 C Y LA VIGUETA MEDIANTE LA PENDIENTE DE LA RECTA DE LA CAPA INTEGRADA
0171 C DESDE LA ALTURA INFERIOR A LA SUPERIOR.
0172 C INTRODUCO LAS AREAS EN DI Y DZ, LOS MOMENTOS RESPECTO A LA BASE
0173 C EN O3 Y O4 Y LOS TOTALES EN SMC, SMV, RMC Y RMV.
0174 C
0175 C DO 4 I=1,NCH
0176 C MIP(I)=MIP
0177 C M2P(I)=M2P+M(I)
0178 C

```

```

0179 C J1=2+I=1
0180 C 22=2+I
0181 C 44=(MC(J1)+MC(J2))/(M+M2P(I))
0182 C 66=(C(J1)+C(J2))/(M+M2P(I))
0183 C 88=(L+L2)/(M2P(I)+3*M+M3)+(B/2.)*M2P(I)+M2P(I)*M2P(I)
0184 C 01=147.)*(M2P(I)+3*M+M3)+(B/2.)*M2P(I)+M2P(I)*M2P(I)
0185 C SHC=01*SHC
0186 C MC=03*MC
0187 C 44=(HV(J1)+HV(J2))/(M+M2P(I))
0188 C 66=(C(J1)+C(J2))/(M+M2P(I))
0189 C 88=(L+L2)/(M2P(I)+3*M+M3)+(B/2.)*M2P(I)+M2P(I)*M2P(I)
0190 C 01=147.)*(M2P(I)+3*M+M3)+(B/2.)*M2P(I)+M2P(I)*M2P(I)
0191 C SHV=03*SHV
0192 C MCV=03*MCV
0193 C 44=(M+M2P(I))
0194 C 66=Contiue
0195 C
0196 C
0197 C CALCULA AREA TOTAL Y COEFICIENTE DE HOMOGENEIZACION ENTRE
0198 C FORMAS RESPECTO AL DEL FORJADO SI HAY MAS DE UNO.
0199 C
0200 C 4=H*E*S*C+S*H
0201 C 6=SH*E*F*V/S*O*F*E*F*V
0202 C
0203 C HOMOGENEIZA AREAS Y MOMENTOS
0204 C
0205 C 55 SHT=SHC+S*H*W
0206 C MHT=M*CV+S*H*W
0207 C
0208 C PIERRA AREAS Y MOMENTOS REALES Y HOMOGENEIZADAS DE ARMADURAS
0209 C ACTIVAS Y PASIVAS.
0210 C
0211 C STAB=0.
0212 C STAB=0.
0213 C MHT=0.
0214 C SHTAB=0.
0215 C SHTAB=0.
0216 C SHTAB=0.
0217 C MHTAB=0.
0218 C MHTAB=0.
0219 C
0220 C CALCULA EL MODULO DE ELASTICIDAD DE LOS HORMIGONES DEL FORJADO
0221 C Y VIGUETA
0222 C
0223 C EMB=1000*SORTIFICI
0224 C EMB=1000*SORTIFICIV
0225 C
0226 C
0227 C REALIZA EL ANALISIS DE ARMADURAS PASIVAS.
0228 C SI NO EXISTEN LO SUSTA
0229 C
0230 C IF(LCAP.EQ.0)GO TO 54
0231 C DO 5 I=1,NCAP
0232 C MHTAB=AP*SHAP(I)+EGAP(I)
0233 C EMB=2*10000.
0234 C MHTES=SH*E*CH
0235 C SHTAB=STAB*MHT
0236 C MHTAB=STAB*MHTAB
0237 C SH CONTINUE
0238 C
0239 C
0240 C REALIZA EL ANALISIS DE LA ARMADURA ACTIVAS.
0241 C SI NO EXISTEN LO SUSTA
0242 C
0243 C IF(NCAP.EQ.0)GO TO 55
0244 C DO 6 I=1,NCAA
0245 C STAB=STAB+SHAB(I)
0246 C MHTAB=STAB*(SHAB(I)+SHAB(I))
0247 C IF(LIAB(I).EQ.0)ESAB(I)=2000000.
0248 C IF(LIAB(I).EQ.2)ESAB(I)=180000.
0249 C MHTAB=ESAB(I)*E*CH
0250 C SHTAB=STAB+SHAB(I)+SHAB(I)
0251 C 6 MHTAB=STAB+SHAB(I)+SHAB(I)+SHAB(I)
0252 C
0253 C CALCULA SUPERFICIES, MOMENTOS TOTALES Y NETOS SIN
0254 C HOMOGENEIZAR Y HOMOGENEIZADOS.
0255 C
0256 C 55 STAB=STAB+STAB
0257 C SHTAB=STAB+SHTAB
0258 C MHTAB=STAB+MHTAB
0259 C MHTOT=MHTAB+MHTA
0260 C SHTAB=SHTAB+SHTAB
0261 C MHTES=SHTAB+MHTES
0262 C
0263 C HALLA LA ALTURA DE LA SEMI-VIGUETA
0264 C
0265 C L=0
0266 C DO 22 I=1,NCH
0267 C J2=2*I
0268 C IF(L.EQ.0)MHT=I
0269 C IF(MHT(J2).LT.0.001)GO TO 22
0270 C L=L+10
0271 C 22 CONTINUE
0272 C MHT=I*(MHT)
0273 C
0274 C CALCULA AREA Y MOMENTO DE LA ARMADURA PASIVA DE LA VIGUETA Y LOS
0275 C HOMOGENEIZA RESPECTO AL HORMIGON DE LA PISMA.
0276 C
0277 C STAB=0.
0278 C MHTAB=0.
0279 C IF(LCAP.EQ.0)GO TO 303
0280 C DO 25 I=1,NCAP
0281 C IF(XCAP(I).LE.MV)GO TO 23
0282 C STAB=SHAP+SHAP(I)
0283 C MHTAB=SHAP+SHAP(I)+EGAP(I)
0284 C 23 CONTINUE
0285 C
0286 C HALLA EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA ARMADURA ACTIVA, DE LA ARMADURA
0287 C PASIVA Y DE LA VIGUETA + ARMADURA PASIVA, ASI COMO EL CENTRO DE
0288 C GRAVEDAD DE ARMADURAS ACTIVAS.
0289 C
0290 C 303 INCS=SH/CHV
0291 C IF(SVAP.GT.0)XVAP=MHTAB/SHAP
0292 C IF(SVAP.LE.0)XVAP=0.
0293 C IF(SH.VG.0)XSH=(SHV+SHV*STAB)/SH
0294 C XG=(INCV+MHTAB*STAB)/SH
0295 C SHTAB=STAB*MHTAB
0296 C IF(STAB.LE.0)XGAP=0.
0297 C IF(STAB.GT.0)XGAP=STAB
0298 C

```

```

0299 C
0300 C
0301 C
0302 C
0303 C
0304 C
0305 C
0306 C
0307 C
0308 C
0309 C
0310 C
0311 C
0312 C
0313 C
0314 C
0315 C

```

IFESTAR.LE.8.JARABE.

CALCULA EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS SECCIONES TOTALES HOMOGENEI-  
ZADAS Y LOS METOS HOMOGENEIZADOS LTOTALES = 4.ACTIVAS).

KGSF\*MMTUT/SMTUT  
KNE\*MMET/ASMET

ANTES DE DEVOLVER A PROGRAMA PRINCIPAL COLOC A ENTREE2 PARA QUE NO  
RETRASCA ESTE SEGUNTO, LUEGO DEVUELVE AL PRINCIPAL.

ENT2  
CALL PRINC  
END  
ENDS

```

PAR2 T=0000 IS ON CERR011 USING 0038 SLS R=0000
0001 FTNXL
PROGRAM SEGUNTO)
INTEGR CLCC,MA, ZL,ZL1,ZL2
REL,VA,VA2,VA3,ZO,SO,MA,WP,MC,MHT,MHTA,MHTIP,
MHT,MT,WA,WA2,WA3,MTP
COMO A1,A2,A3,A4,AB,AB2,AB3,AD,AD2,AD3,AE,AE2,AE3,AS,AS2,AS3,
AKC,KC,KC2,KC3,KC4,KC5,KC6,KC7,KC8,KC9,KC10,KC11,KC12,KC13,KC14,KC15,
K12,K13,K14,K15,K16,K17,K18,K19,K20,K21,K22,K23,K24,K25,K26,K27,
K28,K29,K30,K31,K32,K33,K34,K35,K36,K37,K38,K39,K40,K41,K42,
K43,K44,K45,K46,K47,K48,K49,K50,K51,K52,K53,K54,K55,K56,K57,
K58,K59,K60,K61,K62,K63,K64,K65,K66,K67,K68,K69,K70,K71,K72,
K73,K74,K75,K76,K77,K78,K79,K80,K81,K82,K83,K84,K85,K86,K87,
K88,K89,K90,K91,K92,K93,K94,K95,K96,K97,K98,K99,K100,K101,
K102,K103,K104,K105,K106,K107,K108,K109,K110,K111,K112,K113,
K114,K115,K116,K117,K118,K119,K120,K121,K122,K123,K124,K125,
K126,K127,K128,K129,K130,K131,K132,K133,K134,K135,K136,K137,
K138,K139,K140,K141,K142,K143,K144,K145,K146,K147,K148,K149,
K150,K151,K152,K153,K154,K155,K156,K157,K158,K159,K160,K161,
K162,K163,K164,K165,K166,K167,K168,K169,K170,K171,K172,K173,
K174,K175,K176,K177,K178,K179,K180,K181,K182,K183,K184,K185,
K186,K187,K188,K189,K190,K191,K192,K193,K194,K195,K196,K197,
K198,K199,K200,K201,K202,K203,K204,K205,K206,K207,K208,K209,
K210,K211,K212,K213,K214,K215,K216,K217,K218,K219,K220,K221,
K222,K223,K224,K225,K226,K227,K228,K229,K230,K231,K232,K233,
K234,K235,K236,K237,K238,K239,K240,K241,K242,K243,K244,K245,
K246,K247,K248,K249,K250,K251,K252,K253,K254,K255,K256,K257,
K258,K259,K260,K261,K262,K263,K264,K265,K266,K267,K268,K269,
K270,K271,K272,K273,K274,K275,K276,K277,K278,K279,K280,K281,
K282,K283,K284,K285,K286,K287,K288,K289,K290,K291,K292,K293,
K294,K295,K296,K297,K298,K299,K300,K301,K302,K303,K304,K305,
K306,K307,K308,K309,K310,K311,K312,K313,K314,K315,K316,K317,
K318,K319,K320,K321,K322,K323,K324,K325,K326,K327,K328,K329,
K330,K331,K332,K333,K334,K335,K336,K337,K338,K339,K340,K341,
K342,K343,K344,K345,K346,K347,K348,K349,K350,K351,K352,K353,
K354,K355,K356,K357,K358,K359,K360,K361,K362,K363,K364,K365,
K366,K367,K368,K369,K370,K371,K372,K373,K374,K375,K376,K377,
K378,K379,K380,K381,K382,K383,K384,K385,K386,K387,K388,K389,
K390,K391,K392,K393,K394,K395,K396,K397,K398,K399,K400,K401,
K402,K403,K404,K405,K406,K407,K408,K409,K410,K411,K412,K413,
K414,K415,K416,K417,K418,K419,K420,K421,K422,K423,K424,K425,
K426,K427,K428,K429,K430,K431,K432,K433,K434,K435,K436,K437,
K438,K439,K440,K441,K442,K443,K444,K445,K446,K447,K448,K449,
K450,K451,K452,K453,K454,K455,K456,K457,K458,K459,K460,K461,
K462,K463,K464,K465,K466,K467,K468,K469,K470,K471,K472,K473,
K474,K475,K476,K477,K478,K479,K480,K481,K482,K483,K484,K485,
K486,K487,K488,K489,K490,K491,K492,K493,K494,K495,K496,K497,
K498,K499,K500,K501,K502,K503,K504,K505,K506,K507,K508,K509,
K510,K511,K512,K513,K514,K515,K516,K517,K518,K519,K520,K521,
K522,K523,K524,K525,K526,K527,K528,K529,K530,K531,K532,K533,
K534,K535,K536,K537,K538,K539,K540,K541,K542,K543,K544,K545,
K546,K547,K548,K549,K550,K551,K552,K553,K554,K555,K556,K557,
K558,K559,K560,K561,K562,K563,K564,K565,K566,K567,K568,K569,
K570,K571,K572,K573,K574,K575,K576,K577,K578,K579,K580,K581,
K582,K583,K584,K585,K586,K587,K588,K589,K590,K591,K592,K593,
K594,K595,K596,K597,K598,K599,K600,K601,K602,K603,K604,K605,
K606,K607,K608,K609,K610,K611,K612,K613,K614,K615,K616,K617,
K618,K619,K620,K621,K622,K623,K624,K625,K626,K627,K628,K629,
K630,K631,K632,K633,K634,K635,K636,K637,K638,K639,K640,K641,
K642,K643,K644,K645,K646,K647,K648,K649,K650,K651,K652,K653,
K654,K655,K656,K657,K658,K659,K660,K661,K662,K663,K664,K665,
K666,K667,K668,K669,K670,K671,K672,K673,K674,K675,K676,K677,
K678,K679,K680,K681,K682,K683,K684,K685,K686,K687,K688,K689,
K690,K691,K692,K693,K694,K695,K696,K697,K698,K699,K700,K701,
K702,K703,K704,K705,K706,K707,K708,K709,K710,K711,K712,K713,
K714,K715,K716,K717,K718,K719,K720,K721,K722,K723,K724,K725,
K726,K727,K728,K729,K730,K731,K732,K733,K734,K735,K736,K737,
K738,K739,K740,K741,K742,K743,K744,K745,K746,K747,K748,K749,
K750,K751,K752,K753,K754,K755,K756,K757,K758,K759,K760,K761,
K762,K763,K764,K765,K766,K767,K768,K769,K770,K771,K772,K773,
K774,K775,K776,K777,K778,K779,K780,K781,K782,K783,K784,K785,
K786,K787,K788,K789,K790,K791,K792,K793,K794,K795,K796,K797,
K798,K799,K800,K801,K802,K803,K804,K805,K806,K807,K808,K809,
K810,K811,K812,K813,K814,K815,K816,K817,K818,K819,K820,K821,
K822,K823,K824,K825,K826,K827,K828,K829,K830,K831,K832,K833,
K834,K835,K836,K837,K838,K839,K840,K841,K842,K843,K844,K845,
K846,K847,K848,K849,K850,K851,K852,K853,K854,K855,K856,K857,
K858,K859,K860,K861,K862,K863,K864,K865,K866,K867,K868,K869,
K870,K871,K872,K873,K874,K875,K876,K877,K878,K879,K880,K881,
K882,K883,K884,K885,K886,K887,K888,K889,K890,K891,K892,K893,
K894,K895,K896,K897,K898,K899,K900,K901,K902,K903,K904,K905,
K906,K907,K908,K909,K910,K911,K912,K913,K914,K915,K916,K917,
K918,K919,K920,K921,K922,K923,K924,K925,K926,K927,K928,K929,
K930,K931,K932,K933,K934,K935,K936,K937,K938,K939,K940,K941,
K942,K943,K944,K945,K946,K947,K948,K949,K950,K951,K952,K953,
K954,K955,K956,K957,K958,K959,K960,K961,K962,K963,K964,K965,
K966,K967,K968,K969,K970,K971,K972,K973,K974,K975,K976,K977,
K978,K979,K980,K981,K982,K983,K984,K985,K986,K987,K988,K989,
K990,K991,K992,K993,K994,K995,K996,K997,K998,K999,1000

```

ESTE SEGUNTO CALCULA LAS PERIDAS LAS PERIDAS LAS CUANTIFICA Y LAS DEJA  
LISTAS PARA USARLAS, SI SON VIGAS ARMADAS LO SALTA EL PRO-  
GRAMA PRINCIPAL.

WUTRO LO SALTA AL NO VARIAR RESPECTO A LA VIGA ENTERIORMENTE  
CALCULADA.

IF (MLUT0.EQ.0)GO TO 262

SI VARIA LEE LA FUERA DE PRETENSADO, SI NO SE CONCE  
EL PROGRAMA CALCULA EL GRADO DE LA ARMADURA  
ACTIVA, SI MUY CUIDADO POR VAPOR LA LONGITUD DEL BANCO,  
SI CALCULA ROZAMIENTO Y EN CASO DE CALCULARLO LEE LA LONGITUD  
ENTRE SECCIONES Y FLECHA.

HEAD(1)\*100\*GRADO\*CLCC\*BAR\*ALF\*EXT\*PROF  
IF (POLE.EQ.1) THEN  
P1=GR\*MM\*MM\*MM\*MM\*STRA  
P2=75\*MM\*MM\*MM\*MM\*STRA  
IF (P1.GT.2)GO 2  
ELSE  
P1=MM\*MM\*MM\*MM\*MM\*STRA  
P2=MM\*MM\*MM\*MM\*STRA  
ENDIF  
IF (BARC.LE.0)BARC=70  
IF (ALF.GT.0)AND (EXT.LE.0)OP.PROF\*(E.E.) THEN





```

0179 C AP35P*STAA*ESAA(NCAA)/(1900*SQRT(FCIV)*(-1))
0180 C CALCULA LAS PERDIDAS INSTANTANEAS
0181 C
0182 C
0183 C
0184 C
0185 C
0186 C
0187 C
0188 C
0189 C
0190 C
0191 C
0192 C
0193 C
0194 C
0195 C
0196 C
0197 C
0198 C
0199 C
0200 C
0201 C
0202 C
0203 C
0204 C
0205 C
0206 C
0207 C
0208 C
0209 C
0210 C
0211 C
0212 C
0213 C
0214 C
0215 C
0216 C
0217 C
0218 C
0219 C
0220 C
0221 C
0222 C
0223 C
0224 C
0225 C
0226 C
0227 C
0228 C
0229 C
0230 C
0231 C
0232 C
0233 C
0234 C
0235 C
0236 C
0237 C
0238 C
0239 C
0240 C
0241 C
0242 C
0243 C
0244 C
0245 C
0246 C
0247 C
0248 C
0249 C
0250 C
0251 C
0252 C
0253 C
0254 C
0255 C
0256 C
0257 C
0258 C
0259 C
0260 C
0261 C
0262 C
0263 C
0264 C
0265 C
0266 C
0267 C
0268 C
0269 C
0270 C
0271 C
0272 C
0273 C
0274 C
0275 C
0276 C
0277 C
0278 C
0279 C
0280 C
0281 C
0282 C
0283 C
0284 C
0285 C
0286 C
0287 C
0288 C
0289 C
0290 C
0291 C
0292 C
0293 C
0294 C
0295 C
0296 C
0297 C
0298 C
0299 C
0300 C
0301 C
0302 C
0303 C
0304 C
0305 C
0306 C
0307 C
0308 C
0309 C
0310 C
0311 C
0312 C
0313 C
0314 C
0315 C
0316 C
0317 C
0318 C
0319 C
0320 C
0321 C
0322 C
0323 C
0324 C
0325 C
0326 C
0327 C
0328 C
0329 C
0330 C
0331 C
0332 C
0333 C
0334 C
0335 C
0336 C
0337 C
0338 C
0339 C
0340 C
0341 C
0342 C
0343 C
0344 C
0345 C
0346 C
0347 C
0348 C
0349 C
0350 C
0351 C
0352 C
0353 C
0354 C
0355 C
0356 C
0357 C
0358 C
0359 C
0360 C
0361 C
0362 C
0363 C
0364 C
0365 C
0366 C
0367 C
0368 C
0369 C
0370 C
0371 C
0372 C
0373 C
0374 C
0375 C
0376 C
0377 C
0378 C
0379 C
0380 C
0381 C
0382 C
0383 C
0384 C
0385 C
0386 C
0387 C
0388 C
0389 C
0390 C
0391 C
0392 C
0393 C
0394 C
0395 C
0396 C
0397 C
0398 C
0399 C
0400 C
0401 C
0402 C
0403 C
0404 C
0405 C
0406 C
0407 C
0408 C
0409 C
0410 C
0411 C
0412 C
0413 C
0414 C
0415 C
0416 C
0417 C
0418 C
0419 C
0420 C
0421 C
0422 C
0423 C
0424 C
0425 C
0426 C
0427 C
0428 C
0429 C
0430 C
0431 C
0432 C
0433 C
0434 C
0435 C
0436 C
0437 C
0438 C
0439 C
0440 C
0441 C
0442 C
0443 C
0444 C
0445 C
0446 C
0447 C
0448 C
0449 C
0450 C
0451 C
0452 C
0453 C
0454 C
0455 C
0456 C
0457 C
0458 C
0459 C
0460 C
0461 C
0462 C
0463 C
0464 C
0465 C
0466 C
0467 C
0468 C
0469 C
0470 C
0471 C
0472 C
0473 C
0474 C
0475 C
0476 C
0477 C
0478 C
0479 C
0480 C
0481 C
0482 C
0483 C
0484 C
0485 C
0486 C
0487 C
0488 C
0489 C
0490 C
0491 C
0492 C
0493 C
0494 C
0495 C
0496 C
0497 C
0498 C
0499 C
0500 C
0501 C
0502 C
0503 C
0504 C
0505 C
0506 C
0507 C
0508 C
0509 C
0510 C
0511 C
0512 C
0513 C
0514 C
0515 C
0516 C
0517 C
0518 C
0519 C
0520 C
0521 C
0522 C
0523 C
0524 C
0525 C
0526 C
0527 C
0528 C
0529 C
0530 C
0531 C
0532 C
0533 C
0534 C
0535 C
0536 C
0537 C
0538 C
0539 C
0540 C
0541 C
0542 C
0543 C
0544 C
0545 C
0546 C
0547 C
0548 C
0549 C
0550 C
0551 C
0552 C
0553 C
0554 C
0555 C
0556 C
0557 C
0558 C
0559 C
0560 C
0561 C
0562 C
0563 C
0564 C
0565 C
0566 C
0567 C
0568 C
0569 C
0570 C
0571 C
0572 C
0573 C
0574 C
0575 C
0576 C
0577 C
0578 C
0579 C
0580 C
0581 C
0582 C
0583 C
0584 C
0585 C
0586 C
0587 C
0588 C
0589 C
0590 C
0591 C
0592 C
0593 C
0594 C
0595 C
0596 C
0597 C
0598 C
0599 C
0600 C
0601 C
0602 C
0603 C
0604 C
0605 C
0606 C
0607 C
0608 C
0609 C
0610 C
0611 C
0612 C
0613 C
0614 C
0615 C
0616 C
0617 C
0618 C
0619 C
0620 C
0621 C
0622 C
0623 C
0624 C
0625 C
0626 C
0627 C
0628 C
0629 C
0630 C
0631 C
0632 C
0633 C
0634 C
0635 C
0636 C
0637 C
0638 C
0639 C
0640 C
0641 C
0642 C
0643 C
0644 C
0645 C
0646 C
0647 C
0648 C
0649 C
0650 C
0651 C
0652 C
0653 C
0654 C
0655 C
0656 C
0657 C
0658 C
0659 C
0660 C
0661 C
0662 C
0663 C
0664 C
0665 C
0666 C
0667 C
0668 C
0669 C
0670 C
0671 C
0672 C
0673 C
0674 C
0675 C
0676 C
0677 C
0678 C
0679 C
0680 C
0681 C
0682 C
0683 C
0684 C
0685 C
0686 C
0687 C
0688 C
0689 C
0690 C
0691 C
0692 C
0693 C
0694 C
0695 C
0696 C
0697 C
0698 C
0699 C
0700 C
0701 C
0702 C
0703 C
0704 C
0705 C
0706 C
0707 C
0708 C
0709 C
0710 C
0711 C
0712 C
0713 C
0714 C
0715 C
0716 C
0717 C
0718 C
0719 C
0720 C
0721 C
0722 C
0723 C
0724 C
0725 C
0726 C
0727 C
0728 C
0729 C
0730 C
0731 C
0732 C
0733 C
0734 C
0735 C
0736 C
0737 C
0738 C
0739 C
0740 C
0741 C
0742 C
0743 C
0744 C
0745 C
0746 C
0747 C
0748 C
0749 C
0750 C
0751 C
0752 C
0753 C
0754 C
0755 C
0756 C
0757 C
0758 C
0759 C
0760 C
0761 C
0762 C
0763 C
0764 C
0765 C
0766 C
0767 C
0768 C
0769 C
0770 C
0771 C
0772 C
0773 C
0774 C
0775 C
0776 C
0777 C
0778 C
0779 C
0780 C
0781 C
0782 C
0783 C
0784 C
0785 C
0786 C
0787 C
0788 C
0789 C
0790 C
0791 C
0792 C
0793 C
0794 C
0795 C
0796 C
0797 C
0798 C
0799 C
0800 C
0801 C
0802 C
0803 C
0804 C
0805 C
0806 C
0807 C
0808 C
0809 C
0810 C
0811 C
0812 C
0813 C
0814 C
0815 C
0816 C
0817 C
0818 C
0819 C
0820 C
0821 C
0822 C
0823 C
0824 C
0825 C
0826 C
0827 C
0828 C
0829 C
0830 C
0831 C
0832 C
0833 C
0834 C
0835 C
0836 C
0837 C
0838 C
0839 C
0840 C
0841 C
0842 C
0843 C
0844 C
0845 C
0846 C
0847 C
0848 C
0849 C
0850 C
0851 C
0852 C
0853 C
0854 C
0855 C
0856 C
0857 C
0858 C
0859 C
0860 C
0861 C
0862 C
0863 C
0864 C
0865 C
0866 C
0867 C
0868 C
0869 C
0870 C
0871 C
0872 C
0873 C
0874 C
0875 C
0876 C
0877 C
0878 C
0879 C
0880 C
0881 C
0882 C
0883 C
0884 C
0885 C
0886 C
0887 C
0888 C
0889 C
0890 C
0891 C
0892 C
0893 C
0894 C
0895 C
0896 C
0897 C
0898 C
0899 C
0900 C
0901 C
0902 C
0903 C
0904 C
0905 C
0906 C
0907 C
0908 C
0909 C
0910 C
0911 C
0912 C
0913 C
0914 C
0915 C
0916 C
0917 C
0918 C
0919 C
0920 C
0921 C
0922 C
0923 C
0924 C
0925 C
0926 C
0927 C
0928 C
0929 C
0930 C
0931 C
0932 C
0933 C
0934 C
0935 C
0936 C
0937 C
0938 C
0939 C
0940 C
0941 C
0942 C
0943 C
0944 C
0945 C
0946 C
0947 C
0948 C
0949 C
0950 C
0951 C
0952 C
0953 C
0954 C
0955 C
0956 C
0957 C
0958 C
0959 C
0960 C
0961 C
0962 C
0963 C
0964 C
0965 C
0966 C
0967 C
0968 C
0969 C
0970 C
0971 C
0972 C
0973 C
0974 C
0975 C
0976 C
0977 C
0978 C
0979 C
0980 C
0981 C
0982 C
0983 C
0984 C
0985 C
0986 C
0987 C
0988 C
0989 C
0990 C
0991 C
0992 C
0993 C
0994 C
0995 C
0996 C
0997 C
0998 C
0999 C
1000 C

```









```

0279 C GUARDA LA ANTIGUA FIBRA NEUTRA Y LA NUEVA EN X2 Y X3, RESPECTIVAMENTE
0280 C PARA EL CALCULO DE FUTURAS ITERACIONES, ASI MISMO GUARDA EL
0281 C ESTADO TENSIONAL EN ANI.
0282 C
0283 C
0284 C
0285 C
0286 C
0287 C
0288 C
0289 C
0290 C
0291 C
0292 C
0293 C
0294 C
0295 C
0296 C
0297 C
0298 C
0299 C
0300 C
0301 C
0302 C
0303 C
0304 C
0305 C
0306 C
0307 C
0308 C
0309 C
0310 C
0311 C
0312 C
0313 C
0314 C
0315 C
0316 C
0317 C
0318 C
0319 C
0320 C
0321 C
0322 C
0323 C
0324 C
0325 C
0326 C
0327 C
0328 C
0329 C
0330 C
0331 C
0332 C
0333 C
0334 C
0335 C
0336 C
0337 C
0338 C
0339 C
0340 C
0341 C
0342 C
0343 C
0344 C
0345 C
0346 C
0347 C
0348 C
0349 C
0350 C
0351 C
0352 C
0353 C
0354 C
0355 C
0356 C
0357 C
0358 C
0359 C
0360 C
0361 C
0362 C
0363 C
0364 C
0365 C
0366 C
0367 C
0368 C
0369 C
0370 C
0371 C
0372 C
0373 C
0374 C
0375 C
0376 C
0377 C
0378 C
0379 C
0380 C
0381 C
0382 C
0383 C
0384 C
0385 C
0386 C
0387 C
0388 C
0389 C
0390 C
0391 C
0392 C
0393 C
0394 C
0395 C
0396 C
0397 C
0398 C
0399 C
0400 C
0401 C
0402 C
0403 C
0404 C
0405 C
0406 C
0407 C
0408 C
0409 C
0410 C
0411 C
0412 C
0413 C
0414 C
0415 C
0416 C
0417 C
0418 C
0419 C
0420 C
0421 C
0422 C
0423 C
0424 C
0425 C
0426 C
0427 C
0428 C
0429 C
0430 C
0431 C
0432 C
0433 C
0434 C
0435 C
0436 C
0437 C
0438 C
0439 C
0440 C
0441 C
0442 C
0443 C
0444 C
0445 C
0446 C
0447 C
0448 C
0449 C
0450 C
0451 C
0452 C
0453 C
0454 C
0455 C
0456 C
0457 C
0458 C
0459 C
0460 C
0461 C
0462 C
0463 C
0464 C
0465 C
0466 C
0467 C
0468 C
0469 C
0470 C
0471 C
0472 C
0473 C
0474 C
0475 C
0476 C
0477 C
0478 C
0479 C
0480 C
0481 C
0482 C
0483 C
0484 C
0485 C
0486 C
0487 C
0488 C
0489 C
0490 C
0491 C
0492 C
0493 C
0494 C
0495 C
0496 C
0497 C
0498 C
0499 C
0500 C
0501 C
0502 C
0503 C
0504 C
0505 C
0506 C
0507 C
0508 C
0509 C
0510 C
0511 C
0512 C
0513 C
0514 C
0515 C
0516 C
0517 C
0518 C
0519 C
0520 C
0521 C
0522 C
0523 C
0524 C
0525 C
0526 C
0527 C
0528 C
0529 C
0530 C
0531 C
0532 C
0533 C
0534 C
0535 C
0536 C
0537 C
0538 C
0539 C
0540 C
0541 C
0542 C
0543 C
0544 C
0545 C
0546 C
0547 C
0548 C
0549 C
0550 C
0551 C
0552 C
0553 C
0554 C
0555 C
0556 C
0557 C
0558 C
0559 C
0560 C
0561 C
0562 C
0563 C
0564 C
0565 C
0566 C
0567 C
0568 C
0569 C
0570 C
0571 C
0572 C
0573 C
0574 C
0575 C
0576 C
0577 C
0578 C
0579 C
0580 C
0581 C
0582 C
0583 C
0584 C
0585 C
0586 C
0587 C
0588 C
0589 C
0590 C
0591 C
0592 C
0593 C
0594 C
0595 C
0596 C
0597 C
0598 C
0599 C
0600 C
0601 C
0602 C
0603 C
0604 C
0605 C
0606 C
0607 C
0608 C
0609 C
0610 C
0611 C
0612 C
0613 C
0614 C
0615 C
0616 C
0617 C
0618 C
0619 C
0620 C
0621 C
0622 C
0623 C
0624 C
0625 C
0626 C
0627 C
0628 C
0629 C
0630 C
0631 C
0632 C
0633 C
0634 C
0635 C
0636 C
0637 C
0638 C
0639 C
0640 C
0641 C
0642 C
0643 C
0644 C
0645 C
0646 C
0647 C
0648 C
0649 C
0650 C
0651 C
0652 C
0653 C
0654 C
0655 C
0656 C
0657 C
0658 C
0659 C
0660 C
0661 C
0662 C
0663 C
0664 C
0665 C
0666 C
0667 C
0668 C
0669 C
0670 C
0671 C
0672 C
0673 C
0674 C
0675 C
0676 C
0677 C
0678 C
0679 C
0680 C
0681 C
0682 C
0683 C
0684 C
0685 C
0686 C
0687 C
0688 C
0689 C
0690 C
0691 C
0692 C
0693 C
0694 C
0695 C
0696 C
0697 C
0698 C
0699 C
0700 C
0701 C
0702 C
0703 C
0704 C
0705 C
0706 C
0707 C
0708 C
0709 C
0710 C
0711 C
0712 C
0713 C
0714 C
0715 C
0716 C
0717 C
0718 C
0719 C
0720 C
0721 C
0722 C
0723 C
0724 C
0725 C
0726 C
0727 C
0728 C
0729 C
0730 C
0731 C
0732 C
0733 C
0734 C
0735 C
0736 C
0737 C
0738 C
0739 C
0740 C
0741 C
0742 C
0743 C
0744 C
0745 C
0746 C
0747 C
0748 C
0749 C
0750 C
0751 C
0752 C
0753 C
0754 C
0755 C
0756 C
0757 C
0758 C
0759 C
0760 C
0761 C
0762 C
0763 C
0764 C
0765 C
0766 C
0767 C
0768 C
0769 C
0770 C
0771 C
0772 C
0773 C
0774 C
0775 C
0776 C
0777 C
0778 C
0779 C
0780 C
0781 C
0782 C
0783 C
0784 C
0785 C
0786 C
0787 C
0788 C
0789 C
0790 C
0791 C
0792 C
0793 C
0794 C
0795 C
0796 C
0797 C
0798 C
0799 C
0800 C
0801 C
0802 C
0803 C
0804 C
0805 C
0806 C
0807 C
0808 C
0809 C
0810 C
0811 C
0812 C
0813 C
0814 C
0815 C
0816 C
0817 C
0818 C
0819 C
0820 C
0821 C
0822 C
0823 C
0824 C
0825 C
0826 C
0827 C
0828 C
0829 C
0830 C
0831 C
0832 C
0833 C
0834 C
0835 C
0836 C
0837 C
0838 C
0839 C
0840 C
0841 C
0842 C
0843 C
0844 C
0845 C
0846 C
0847 C
0848 C
0849 C
0850 C
0851 C
0852 C
0853 C
0854 C
0855 C
0856 C
0857 C
0858 C
0859 C
0860 C
0861 C
0862 C
0863 C
0864 C
0865 C
0866 C
0867 C
0868 C
0869 C
0870 C
0871 C
0872 C
0873 C
0874 C
0875 C
0876 C
0877 C
0878 C
0879 C
0880 C
0881 C
0882 C
0883 C
0884 C
0885 C
0886 C
0887 C
0888 C
0889 C
0890 C
0891 C
0892 C
0893 C
0894 C
0895 C
0896 C
0897 C
0898 C
0899 C
0900 C
0901 C
0902 C
0903 C
0904 C
0905 C
0906 C
0907 C
0908 C
0909 C
0910 C
0911 C
0912 C
0913 C
0914 C
0915 C
0916 C
0917 C
0918 C
0919 C
0920 C
0921 C
0922 C
0923 C
0924 C
0925 C
0926 C
0927 C
0928 C
0929 C
0930 C
0931 C
0932 C
0933 C
0934 C
0935 C
0936 C
0937 C
0938 C
0939 C
0940 C
0941 C
0942 C
0943 C
0944 C
0945 C
0946 C
0947 C
0948 C
0949 C
0950 C
0951 C
0952 C
0953 C
0954 C
0955 C
0956 C
0957 C
0958 C
0959 C
0960 C
0961 C
0962 C
0963 C
0964 C
0965 C
0966 C
0967 C
0968 C
0969 C
0970 C
0971 C
0972 C
0973 C
0974 C
0975 C
0976 C
0977 C
0978 C
0979 C
0980 C
0981 C
0982 C
0983 C
0984 C
0985 C
0986 C
0987 C
0988 C
0989 C
0990 C
0991 C
0992 C
0993 C
0994 C
0995 C
0996 C
0997 C
0998 C
0999 C
1000 C

```



```

0354 *3x,61("),,110," KPM *",,," = CAPACIDAD MECANICA "
0360 *3x,26("),,110," Tn",5x,"",,1,2x,"",,59x,"")
0361 ENDIF
0362 IIT=5
0363 CALL PRINC
0364 END
0365

```

```

0354
0360
0361
0362
0363
0364
0365

```

```

0309 C IF(ABS(CAN2).LE.1.160 TO 265
0310 ENDIF
0311
0312 C
0313 C CALCULA LA NUEVA FIBRA NEUTRA
0314 C
0315 x3=(aax2+ax2n-axn1+1n)/(4ax2-axn1)
0316 IF(ABS(.LE.0.1X3)=0
0317 IF(ABS(.GE.0.1X3)=0
0318 x2n=a1n
0319 x1n=x3n
0320 axn1=axn2
0321 IF(JOR,.GE.1160 TO 249
0322 GO TO 246
0323
0324 265 CONTINUE
0325 IF(IZZ.EQ.2.OH.ZZ.EQ.4)FLN1=100.*FLN1/DEJES
0326 FLN1=FLN1/100.
0327 C
0328 C
0329 C
0330 C
0331 IF(IZZ.EQ.2.OH.ZZ.EQ.4)WRITE(6,130)FLN1,CPT
0332 130 FORMAT(," MOMENTO FLECTOR MAXIMO SEGUN F. TECNICA "
0333 *3x,71("),,110," KPM *",,," = CAPACIDAD MECANICA "
0334 *3x,26("),,110," Tn",5x,"",,1,2x,"",,59x,"")
0335 NEG=10
0336 IF(ABS(C11)/2.*.55*(MP+CF1)/2.)
0337 XFP=CFN+Z*(MP+CFN)
0338 XXN1=CFN
0339 XN2=CFP
0340 ON=MP
0341 EN1=-.0035
0342 SEP(1)=0.027XFN/1.55*(MP+C11)/2.)
0343 CALL JOR15(CN,AXN7,FLN7,CN,RM1)
0344 Q1=AXN7/100.
0345 Q11=FN7/100.*Q1+C11/2.
0346 IF(IZZ.EQ.2.OH.ZZ.EQ.4)QPL1=QPL1+100./DEJES
0347 QPL1=QPL1/100
0348 IF(IZZ.EQ.2.OH.ZZ.EQ.4)QW1=100.*QW1/DEJES
0349 Q1=ABS(QW1)
0350 IF(IZZ.EQ.2.OH.ZZ.EQ.4)WRITE(6,131)QPL1,QW1
0351 131 FORMAT(," MOMENTO FLECTOR MAXIMO SEGUN PROGRAMA "
0352 *3x,91("),,110," KPM *",,," = CAPACIDAD MECANICA "
0353 *3x,26("),,110," Tn",5x,"",,1,2x,"",,59x,"")
0354 IF(IZZ.LE.2)IT=6N
0355 N5=C15
0356 ON=MP
0357 C
0358 C
0359 C
0360 C
0361 C
0362 C
0363 C
0364 C
0365 C
0366 C
0367 C
0368 C
0369 C
0370 C
0371 C
0372 C
0373 C
0374 C
0375 C
0376 C
0377 C
0378 C
0379 C
0380 C
0381 C
0382 C
0383 C
0384 C
0385 C
0386 C
0387 C
0388 C
0389 C
0390 C
0391 C
0392 C
0393 C
0394 C
0395 C
0396 C
0397 C
0398 C
0399 C
0400 C
0401 C
0402 C
0403 C
0404 C
0405 C
0406 C
0407 C
0408 C
0409 C
0410 C
0411 C
0412 C
0413 C
0414 C
0415 C
0416 C
0417 C
0418 C
0419 C
0420 C
0421 C
0422 C
0423 C
0424 C
0425 C
0426 C
0427 C
0428 C
0429 C
0430 C
0431 C
0432 C
0433 C
0434 C
0435 C
0436 C
0437 C
0438 C
0439 C
0440 C
0441 C
0442 C
0443 C
0444 C
0445 C
0446 C
0447 C
0448 C
0449 C
0450 C
0451 C
0452 C
0453 C
0454 C
0455 C
0456 C
0457 C
0458 C
0459 C
0460 C
0461 C
0462 C
0463 C
0464 C
0465 C
0466 C
0467 C
0468 C
0469 C
0470 C
0471 C
0472 C
0473 C
0474 C
0475 C
0476 C
0477 C
0478 C
0479 C
0480 C
0481 C
0482 C
0483 C
0484 C
0485 C
0486 C
0487 C
0488 C
0489 C
0490 C
0491 C
0492 C
0493 C
0494 C
0495 C
0496 C
0497 C
0498 C
0499 C
0500 C
0501 C
0502 C
0503 C
0504 C
0505 C
0506 C
0507 C
0508 C
0509 C
0510 C
0511 C
0512 C
0513 C
0514 C
0515 C
0516 C
0517 C
0518 C
0519 C
0520 C
0521 C
0522 C
0523 C
0524 C
0525 C
0526 C
0527 C
0528 C
0529 C
0530 C
0531 C
0532 C
0533 C
0534 C
0535 C
0536 C
0537 C
0538 C
0539 C
0540 C
0541 C
0542 C
0543 C
0544 C
0545 C
0546 C
0547 C
0548 C
0549 C
0550 C
0551 C
0552 C
0553 C
0554 C
0555 C
0556 C
0557 C
0558 C
0559 C
0560 C
0561 C
0562 C
0563 C
0564 C
0565 C
0566 C
0567 C
0568 C
0569 C
0570 C
0571 C
0572 C
0573 C
0574 C
0575 C
0576 C
0577 C
0578 C
0579 C
0580 C
0581 C
0582 C
0583 C
0584 C
0585 C
0586 C
0587 C
0588 C
0589 C
0590 C
0591 C
0592 C
0593 C
0594 C
0595 C
0596 C
0597 C
0598 C
0599 C
0600 C
0601 C
0602 C
0603 C
0604 C
0605 C
0606 C
0607 C
0608 C
0609 C
0610 C
0611 C
0612 C
0613 C
0614 C
0615 C
0616 C
0617 C
0618 C
0619 C
0620 C
0621 C
0622 C
0623 C
0624 C
0625 C
0626 C
0627 C
0628 C
0629 C
0630 C
0631 C
0632 C
0633 C
0634 C
0635 C
0636 C
0637 C
0638 C
0639 C
0640 C
0641 C
0642 C
0643 C
0644 C
0645 C
0646 C
0647 C
0648 C
0649 C
0650 C
0651 C
0652 C
0653 C
0654 C
0655 C
0656 C
0657 C
0658 C
0659 C
0660 C
0661 C
0662 C
0663 C
0664 C
0665 C
0666 C
0667 C
0668 C
0669 C
0670 C
0671 C
0672 C
0673 C
0674 C
0675 C
0676 C
0677 C
0678 C
0679 C
0680 C
0681 C
0682 C
0683 C
0684 C
0685 C
0686 C
0687 C
0688 C
0689 C
0690 C
0691 C
0692 C
0693 C
0694 C
0695 C
0696 C
0697 C
0698 C
0699 C
0700 C
0701 C
0702 C
0703 C
0704 C
0705 C
0706 C
0707 C
0708 C
0709 C
0710 C
0711 C
0712 C
0713 C
0714 C
0715 C
0716 C
0717 C
0718 C
0719 C
0720 C
0721 C
0722 C
0723 C
0724 C
0725 C
0726 C
0727 C
0728 C
0729 C
0730 C
0731 C
0732 C
0733 C
0734 C
0735 C
0736 C
0737 C
0738 C
0739 C
0740 C
0741 C
0742 C
0743 C
0744 C
0745 C
0746 C
0747 C
0748 C
0749 C
0750 C
0751 C
0752 C
0753 C
0754 C
0755 C
0756 C
0757 C
0758 C
0759 C
0760 C
0761 C
0762 C
0763 C
0764 C
0765 C
0766 C
0767 C
0768 C
0769 C
0770 C
0771 C
0772 C
0773 C
0774 C
0775 C
0776 C
0777 C
0778 C
0779 C
0780 C
0781 C
0782 C
0783 C
0784 C
0785 C
0786 C
0787 C
0788 C
0789 C
0790 C
0791 C
0792 C
0793 C
0794 C
0795 C
0796 C
0797 C
0798 C
0799 C
0800 C
0801 C
0802 C
0803 C
0804 C
0805 C
0806 C
0807 C
0808 C
0809 C
0810 C
0811 C
0812 C
0813 C
0814 C
0815 C
0816 C
0817 C
0818 C
0819 C
0820 C
0821 C
0822 C
0823 C
0824 C
0825 C
0826 C
0827 C
0828 C
0829 C
0830 C
0831 C
0832 C
0833 C
0834 C
0835 C
0836 C
0837 C
0838 C
0839 C
0840 C
0841 C
0842 C
0843 C
0844 C
0845 C
0846 C
0847 C
0848 C
0849 C
0850 C
0851 C
0852 C
0853 C
0854 C
0855 C
0856 C
0857 C
0858 C
0859 C
0860 C
0861 C
0862 C
0863 C
0864 C
0865 C
0866 C
0867 C
0868 C
0869 C
0870 C
0871 C
0872 C
0873 C
0874 C
0875 C
0876 C
0877 C
0878 C
0879 C
0880 C
0881 C
0882 C
0883 C
0884 C
0885 C
0886 C
0887 C
0888 C
0889 C
0890 C
0891 C
0892 C
0893 C
0894 C
0895 C
0896 C
0897 C
0898 C
0899 C
0900 C
0901 C
0902 C
0903 C
0904 C
0905 C
0906 C
0907 C
0908 C
0909 C
0910 C
0911 C
0912 C
0913 C
0914 C
0915 C
0916 C
0917 C
0918 C
0919 C
0920 C
0921 C
0922 C
0923 C
0924 C
0925 C
0926 C
0927 C
0928 C
0929 C
0930 C
0931 C
0932 C
0933 C
0934 C
0935 C
0936 C
0937 C
0938 C
0939 C
0940 C
0941 C
0942 C
0943 C
0944 C
0945 C
0946 C
0947 C
0948 C
0949 C
0950 C
0951 C
0952 C
0953 C
0954 C
0955 C
0956 C
0957 C
0958 C
0959 C
0960 C
0961 C
0962 C
0963 C
0964 C
0965 C
0966 C
0967 C
0968 C
0969 C
0970 C
0971 C
0972 C
0973 C
0974 C
0975 C
0976 C
0977 C
0978 C
0979 C
0980 C
0981 C
0982 C
0983 C
0984 C
0985 C
0986 C
0987 C
0988 C
0989 C
0990 C
0991 C
0992 C
0993 C
0994 C
0995 C
0996 C
0997 C
0998 C
0999 C
1000 C

```



```

0119 C
0120 C HAZ EL CALCULO DE VOLUMEN DE AXILES Y MOMENTOS EN LA ZONA
0121 C PLASTIFICADA SI LA MAY.
0122 C
0123 IF (NEG.LE.3.AND.X10.LE.0.160 TO 80
0124 IF (NEG.LE.3.AND.X10.LE.0.160 TO 80
0125 DO 13 3*05*ME,MA
0126 I12=1
0127 I12=1
0128 J7=70
0129 AX=6070*(B*CF(J1)*SMCF(J2)+BMVF(J2)+BMVF(J2)*KSP(I1),
0130 *MVF(I1),FIC,FICW,J70,222)
0131 AX=AX+X*E
0132 J7=80
0133 FL=6070*(B*CF(J1)*SMCF(J2)+BMVF(J1)+BMVF(J2)*KSP(I1),
0134 *MVF(I1),FIC,FICW,J70,222)
0135 IF (Z22.LE.3)*MITE(6,8111),484,FL3
0136 808 FORMAT(2,/,2,*,NEG,PLASTICO CAPAS*,I4,*, AXIL*,I12,*, MOMENTO*,
0137 *,I12,/)
0138 I12=1
0139 30 CONTINUE
0140 C
0141 C PREPARA EL CALCULO DE TENSIONES PRODUCCIDAS POR EL ACERO
0142 C
0143 C FL3=0.
0144 C AR3=0.
0145 C
0146 C SI NO HAY ARMADURA ACTIVA SALTA EL CALCULO, EN CASO CONTRARIO
0147 C CON SISS HALLA EL AXIL Y EL MOMENTO PRODUCIDO EN LAS DIFEREN-
0148 C TES CAPAS.
0149 C
0150 IF (NCAR.LE.0)GO TO 308
0151 IF (NCAR.GT.0.AND.NC.EQ.10)GO TO 308
0152 DO 21 1=1,NCAR
0153 OF=0.001
0154 IF (NOT 0)ESS=OF*(9+NCAR(I))/9
0155 IF (X10.LE.0)ESS=AR3(I)*OF/9
0156 AX3=SISS*(I+AR3)*ESS(I),ESS(OF,222)
0157 FL3=AX3+FL3
0158 AX3=AX3+AR3
0159 AX3=AX3+AR3
0160 IF (Z22.LE.3)*MITE(6,850)1,4X30,FL31
0161 850 FORMAT(2,/,2,*,CAPA ARMAD,ACTIVA*,I4,*, AXIL*,I12,*, MOMENTO*,
0162 *,I12,/)
0163 21 FL3=FL3+FL31
0164 308 CONTINUE
0165 C
0166 C SI ESTA EN CALCULO DE POSITIVOS REALIZA LO MISMO CON LAS
0167 C ARMADURAS PASIVAS, SI ESTA EN NEGATIVOS IGUAL INCLUYENDO
0168 C LOS REPUESTOS.
0169 C
0170 IF (Z22.LE.2)*MITE(6,500)MAP
0171 FORMAT(2,/,2,*,VALOR DE MAP*,I5,/)
0172 IF (MAP.LE.0)GO TO 305
0173 IF (NEG.LE.5)*MTEW
0174 DO 20 1=1,MAP
0175 OF=0.
0176 IF (NOT 0)ESS=OF*(9+NCAR(I))/9
0177 IF (X10.LE.0)ESS=AR3(I)*OF/9
0178 IF (Z22.LE.2)*MITE(6,501)IAP(I),FMAP(I),ESS,OF,222,OF,

```

```

*AG,XGSP(I1),BM,GM,SAP(I1)
501 FORMAT(2,/,2,*,VALORES DE IITAP(I1),FMAP(I1),ESS,ESS*,/,
*,I12,*,OF,222,OF,22,/,I12,*,XGSP(I1),BM,GM,SAP(I1)*,/,
*,I12,*)
20 FL3=FL3+FL31
ELSE
IF (MAP.LE.0)GO TO 305
DO 25 1=1,NCAR
OF=0.
ESS=OF*(9+XGSP(I1))/9
AX3=SISS*(I+XGSP(I1))*ESS(I),ESS(OF,222)
FL3=AX3+FL3
AX3=AX3+AR3
AX3=AX3+AR3
IF (Z22.LE.2)*MITE(6,851)1,4X31,FL31
851 FORMAT(2,/,2,*,CAPA ARMAD,PASIVA*,I4,*, AXIL*,I12,*, MOMENTO*,
*,I12,/)
25 FL3=FL3+FL31
250 CONTINUE
ENDIF
250 CONTINUE
C
C CALCULA EL AXIL Y EL MOMENTO FINAL
C
4X3=AX3+X30
FL2=FL2+FL3
C
C INDICA EL NUMERO DE VECES QUE HACE LA ITERACION
C
MTEC=NEC+1
IF (Z22.GE.1)*MITE(6,110)MTEC,X9,X10,4X3,FL2,X01,X02
I12=I12+1,1,01C,MTEC(6,852)MTEC
I12=I12+1,1,01C,MTEC(6,852)MTEC
116 FORMAT(2,/,2,/,I5,I5,I5,I5,I5,I5,/,3,F16.3,225,/)
END
ENDS

```







```

0119 IF(NEG.LE.3)K01=K01+1
0120 IF(NEG.GT.3.AND.K02.EQ.K01)K02=K02+1
0121 ELSE
0122 C
0123 C
0124 C
0125 C
0126 BNC(FM11)BUNCF(J1)
0127 BNC(FM21)BUNCF(J2)
0128 BNV(FM11)BUNVF(J1)
0129 BNV(FM21)BUNVF(J2)
0130 ENDF
0131 15 CONTINUE
0132 C
0133 C
0134 C
0135 DO 16 I=1,K2
0136 HPI(I)=HP(I)
0137 C(I)=C(I)
0138 16 CONTINUE
0139 RETURN
0140 END
0141 ENDS

```

P4186 T80004 IS ON CR SY USING 00012 BLKS R=0000

```

0001 FTMAX=L
0002 SUBROUTINE J0811(KS,MPS,MAPS,CS,X05,MSP6,MSP6,C6,K00)
0003 INTERSE CLCC,MH,ZZ,Z1,Z2
0004 REAL M,M1,M2,M3,M20,M30,M31,M32,M33,M34,M35,M36,M37,M38,M39,M40,M41,M42,M43,M44,M45,M46,M47,M48,M49,M50,M51,M52,M53,M54,M55,M56,M57,M58,M59,M60,M61,M62,M63,M64,M65,M66,M67,M68,M69,M70,M71,M72,M73,M74,M75,M76,M77,M78,M79,M80,M81,M82,M83,M84,M85,M86,M87,M88,M89,M90,M91,M92,M93,M94,M95,M96,M97,M98,M99,M100,M101,M102,M103,M104,M105,M106,M107,M108,M109,M110,M111,M112,M113,M114,M115,M116,M117,M118,M119,M120,M121,M122,M123,M124,M125,M126,M127,M128,M129,M130,M131,M132,M133,M134,M135,M136,M137,M138,M139,M140,M141,M142,M143,M144,M145,M146,M147,M148,M149,M150,M151,M152,M153,M154,M155,M156,M157,M158,M159,M160,M161,M162,M163,M164,M165,M166,M167,M168,M169,M170,M171,M172,M173,M174,M175,M176,M177,M178,M179,M180,M181,M182,M183,M184,M185,M186,M187,M188,M189,M190,M191,M192,M193,M194,M195,M196,M197,M198,M199,M200,M201,M202,M203,M204,M205,M206,M207,M208,M209,M210,M211,M212,M213,M214,M215,M216,M217,M218,M219,M220,M221,M222,M223,M224,M225,M226,M227,M228,M229,M230,M231,M232,M233,M234,M235,M236,M237,M238,M239,M240,M241,M242,M243,M244,M245,M246,M247,M248,M249,M250,M251,M252,M253,M254,M255,M256,M257,M258,M259,M260,M261,M262,M263,M264,M265,M266,M267,M268,M269,M270,M271,M272,M273,M274,M275,M276,M277,M278,M279,M280,M281,M282,M283,M284,M285,M286,M287,M288,M289,M290,M291,M292,M293,M294,M295,M296,M297,M298,M299,M300,M301,M302,M303,M304,M305,M306,M307,M308,M309,M310,M311,M312,M313,M314,M315,M316,M317,M318,M319,M320,M321,M322,M323,M324,M325,M326,M327,M328,M329,M330,M331,M332,M333,M334,M335,M336,M337,M338,M339,M340,M341,M342,M343,M344,M345,M346,M347,M348,M349,M350,M351,M352,M353,M354,M355,M356,M357,M358,M359,M360,M361,M362,M363,M364,M365,M366,M367,M368,M369,M370,M371,M372,M373,M374,M375,M376,M377,M378,M379,M380,M381,M382,M383,M384,M385,M386,M387,M388,M389,M390,M391,M392,M393,M394,M395,M396,M397,M398,M399,M400,M401,M402,M403,M404,M405,M406,M407,M408,M409,M410,M411,M412,M413,M414,M415,M416,M417,M418,M419,M420,M421,M422,M423,M424,M425,M426,M427,M428,M429,M430,M431,M432,M433,M434,M435,M436,M437,M438,M439,M440,M441,M442,M443,M444,M445,M446,M447,M448,M449,M450,M451,M452,M453,M454,M455,M456,M457,M458,M459,M460,M461,M462,M463,M464,M465,M466,M467,M468,M469,M470,M471,M472,M473,M474,M475,M476,M477,M478,M479,M480,M481,M482,M483,M484,M485,M486,M487,M488,M489,M490,M491,M492,M493,M494,M495,M496,M497,M498,M499,M500,M501,M502,M503,M504,M505,M506,M507,M508,M509,M510,M511,M512,M513,M514,M515,M516,M517,M518,M519,M520,M521,M522,M523,M524,M525,M526,M527,M528,M529,M530,M531,M532,M533,M534,M535,M536,M537,M538,M539,M540,M541,M542,M543,M544,M545,M546,M547,M548,M549,M550,M551,M552,M553,M554,M555,M556,M557,M558,M559,M560,M561,M562,M563,M564,M565,M566,M567,M568,M569,M570,M571,M572,M573,M574,M575,M576,M577,M578,M579,M580,M581,M582,M583,M584,M585,M586,M587,M588,M589,M590,M591,M592,M593,M594,M595,M596,M597,M598,M599,M600,M601,M602,M603,M604,M605,M606,M607,M608,M609,M610,M611,M612,M613,M614,M615,M616,M617,M618,M619,M620,M621,M622,M623,M624,M625,M626,M627,M628,M629,M630,M631,M632,M633,M634,M635,M636,M637,M638,M639,M640,M641,M642,M643,M644,M645,M646,M647,M648,M649,M650,M651,M652,M653,M654,M655,M656,M657,M658,M659,M660,M661,M662,M663,M664,M665,M666,M667,M668,M669,M670,M671,M672,M673,M674,M675,M676,M677,M678,M679,M680,M681,M682,M683,M684,M685,M686,M687,M688,M689,M690,M691,M692,M693,M694,M695,M696,M697,M698,M699,M700,M701,M702,M703,M704,M705,M706,M707,M708,M709,M710,M711,M712,M713,M714,M715,M716,M717,M718,M719,M720,M721,M722,M723,M724,M725,M726,M727,M728,M729,M730,M731,M732,M733,M734,M735,M736,M737,M738,M739,M740,M741,M742,M743,M744,M745,M746,M747,M748,M749,M750,M751,M752,M753,M754,M755,M756,M757,M758,M759,M760,M761,M762,M763,M764,M765,M766,M767,M768,M769,M770,M771,M772,M773,M774,M775,M776,M777,M778,M779,M780,M781,M782,M783,M784,M785,M786,M787,M788,M789,M790,M791,M792,M793,M794,M795,M796,M797,M798,M799,M800,M801,M802,M803,M804,M805,M806,M807,M808,M809,M810,M811,M812,M813,M814,M815,M816,M817,M818,M819,M820,M821,M822,M823,M824,M825,M826,M827,M828,M829,M830,M831,M832,M833,M834,M835,M836,M837,M838,M839,M840,M841,M842,M843,M844,M845,M846,M847,M848,M849,M850,M851,M852,M853,M854,M855,M856,M857,M858,M859,M860,M861,M862,M863,M864,M865,M866,M867,M868,M869,M870,M871,M872,M873,M874,M875,M876,M877,M878,M879,M880,M881,M882,M883,M884,M885,M886,M887,M888,M889,M890,M891,M892,M893,M894,M895,M896,M897,M898,M899,M900,M901,M902,M903,M904,M905,M906,M907,M908,M909,M910,M911,M912,M913,M914,M915,M916,M917,M918,M919,M920,M921,M922,M923,M924,M925,M926,M927,M928,M929,M930,M931,M932,M933,M934,M935,M936,M937,M938,M939,M940,M941,M942,M943,M944,M945,M946,M947,M948,M949,M950,M951,M952,M953,M954,M955,M956,M957,M958,M959,M960,M961,M962,M963,M964,M965,M966,M967,M968,M969,M970,M971,M972,M973,M974,M975,M976,M977,M978,M979,M980,M981,M982,M983,M984,M985,M986,M987,M988,M989,M990,M991,M992,M993,M994,M995,M996,M997,M998,M999,

```

ESTA SUBROUTINE INTRODUCE LA NUEVA CAPA FORMADA POR LA FIBRA NEUTRA O LA FIBRA PLASTICA

CALCULA LA ALTURA SUPERIOR DE LAS CAPAS FORMADAS POR LA PARTITION QUINTO A LA FIBRA NEUTRA O PLASTICA, LAS ALTURAS INFERIORES DE LA CAPA DE FIBRA NEUTRA O PLASTICA Y SUPERIOR DE LA SIGUIENTE SON LAS ORIGINALES DE LAS CAPAS A DIVIDIR Y LA INTERMEDIA SON LAS DEFINIDAS POR ESTA SUBROUTINA

HPP=HPPS  
HPS=XOS  
HSP=XOS  
ALOC=5

CALCULA LOS CANTOS DE LA CAPA DIVIDIDA EN BASE A LA ALTURA DE LA FIBRA NEUTRA O PLASTICA Y LAS ALTURAS DE LAS FIBRAS SUPERIOR E INFERIOR DE LA CAPA

CS=XOS+HSPS  
CS=HPP+XOS

INDICA LA CAPA EN QUE ESTA LA FIBRA NEUTRA O PLASTICA

K00=KS

PREPARA LAS NUEVAS CAPAS A INTRODUCIR EN LA MATRIZ



```

0059 L1022=K5-1
0060 L103=L102+1
0061 L104=L102+2
0062 L105=L102+3
0063 C
0064 C SI ESTA HALLANDO LA FIBRA NEUTRA UTILIZA LA MATRIZ UMCF
0065 C IF (UMARIA.LE.2) THEN
0066 C   IF (UMARIA.LE.2) THEN
0067 C
0068 C CALCULA EL VALOR DE LA ANCHURA DE LA FIBRA NEUTRA QUE DIVIDE LA
0069 C CAPA EN EL FORJADO Y LA VIGUETA.
0070 C
0071 C IF (ALO.EQ.0) THEN
0072 C   GC=BC(L102)
0073 C   SW=RW(L102)
0074 C   ELSE
0075 C   GC=BC(L102)+(CMCF(L103)-BMC(L102))*CS/ALO
0076 C   SW=RW(L102)+(CMWF(L103)-BWF(L102))*CS/ALO
0077 C   ENDDIF
0078 C
0079 C INTRODUCE LOS VALORES EN LAS NUEVAS CAPAS DE FORJADO Y VIGUETA
0080 C
0081 C   UMCF(L103)=BMC(L102)
0082 C   UMWF(L103)=GC
0083 C   UMCF(L104)=GC
0084 C   UMWF(L104)=BWF(L102)
0085 C   UMWF(L105)=BWF(L102)
0086 C   UMWF(L105)=SW
0087 C   UMWF(L105)=BWF(L103)
0088 C   ELSE
0089 C
0090 C
0091 C INCLUYE LAS CAPAS EN UNA NUEVA MATRIZ CON FIBRA NEUTRA Y FIBRA
0092 C PLASTICA.
0093 C
0094 C IF (ALO.EQ.0) THEN
0095 C   GC=UMCF(L102)
0096 C   SW=UMWF(L102)
0097 C   ELSE
0098 C   GC=UMCF(L102)+(CMCF(L103)-UMCF(L102))*CS/ALO
0099 C   SW=UMWF(L102)+(CMWF(L103)-UMWF(L102))*CS/ALO
0100 C   ENDDIF
0101 C
0102 C INTRODUCE LOS VALORES DE LAS NUEVAS CAPAS DE FORJADO Y VIGUETA.
0103 C
0104 C   BMC(L102)=UMCF(L102)
0105 C   BWC(L102)=GC
0106 C   BMC(L103)=UMCF(L103)
0107 C   BWF(L102)=UMWF(L102)
0108 C   BWF(L103)=SW
0109 C   BWF(L104)=SW
0110 C   BWF(L105)=UMWF(L103)
0111 C   ENDDIF
0112 C   RETURN
0113 C   END
0114 C   ENDS
0115 C

```

```

P4109 T=0004 IS ON C400012 USING 0005 BLKS #=0000
0001 FINN,L
0002 FUNCTION SORTO(M1,M2,M3,M4,C1,C2,FCIC,FCIV,J70,ZZ2)
0003 INTEGER ZZ2
0004 IF (ZZ2.GE.3) WRITE(6,1005) M1,M2,M3,M4,C1,C2,FCIC,FCIV,J70,ZZ2
0005 1005 FORMAT(2X,'VALORES DE M1,M2,M3,M4,C1,C2,FCIC,FCIV,J70,ZZ2',/10I6)
0006 IF (C2.EQ.C1) THEN
0007   A1=0.
0008   A2=0.
0009   B1=0.
0010   B2=0.
0011   ELSE
0012   A1=(M2-M1)/(C2-C1)
0013   A2=(M3-M2)/(C2-C1)
0014   B1=M1-M1*C1
0015   B2=M2-M2*C1
0016   ENDDIF
0017   IF (J70.SE.75) THEN
0018     C
0019     C CALCULA MOMENTOS FLECTORES
0020     C
0021     U70=AS1*(A1+C1**3)+B1*C1**2/2.-(A1+C2**3)+B1*C2**2/2.
0022     U72=AS1*(A2+C1**3)+B2*C1**2/2.-(A2+C2**3)+B2*C2**2/2.
0023     G071=(U70+FCIC*0.85+U72+FCIV*0.85)/(1.)
0024     ELSE
0025     C
0026     C CALCULA LOS RAILES
0027     C
0028     U60=AS1*(A1+C1**2/2)+B1*C1-(A1*C2**2/2+B1*C2)
0029     U62=AS1*(A2+C1**2/2)+B2*C1-(A2*C2**2/2+B2*C2)
0030     G071=(U60+FCIC*0.85+U62+FCIV*0.85)/(1.)
0031     ENDDIF
0032     IF (ZZ2.GE.2) WRITE(6,1004) SORTO,J70
0033     1004 FORMAT(2X,'VALOR DE SORTO',F20.0,ZX,'RAIL=70. FLECTOR=80',/10)
0034     RETURN
0035     END
0036     ENDS

```

```

P4110 T=30004 IS ON C80010 USINE 00024 BLKS R#0000
0001 FTMAX,A
0002 FUNCTION SIGSS(TIPO,F10,ES,ESS,DF,ZZZ)
0003 INTEGER ZZZ
0004 C
0005 C HACE EL CALCULO DE LAS TENSIONES PRODUCIDAS POR EL ACERO EN BASE A
0006 C LAS DEFORMACIONES
0007 C
0008 C SI NO HAY ALARGAMIENTOS NI ACORTAMIENTOS LO SALTA
0009 C
0010 IF(ESS+.E9+.0.)THEN
0011 SIGSS=0.
0012 IF(ZZZ.EE.2)WRITE(6,1005)SIGSS
0013 RETURN
0014 ENDIF
0015 C
0016 C EN REGISTAS ARMADAS NO EXISTE DEFORMADA DEL ACERO POR EFECTO DEL
0017 C PRETENSADO. CALCULA LA TENSION DE ARMADURAS SEGUN SI ES
0018 C ALERO DE DUREZA NATURAL O DEFORMADO EN FRIO.
0019 C
0020 IF(DFA.LE.0.)THEN
0021 C
0022 C SI ESTA EN CALCULO DE ACEROS DE DUREZA NATURAL.
0023 C
0024 IF(TIPO.LE.0.)THEN
0025 SIGSS=ESS
0026 IF(SIGSS.GT.F10)SIGSS=F10
0027 IF(SIGSS.LT.-F10)SIGSS=-F10
0028 IF(ZZZ.EE.2)WRITE(6,1005)SIGSS
0029 RETURN
0030 ELSE
0031 C
0032 C REALIZA EL CALCULO SI ES DEFORMADO EN FRIO.
0033 C
0034 EPT=F10*F10/YES
0035 C
0036 C EL VALOR DE EPT INDICA SI ESTA EN LA PARTE INICIAL DE LA
0037 C CURVA TENSIONAL DE LOS ACEROS O EN LA FINAL SEGUN EL
0038 C DIAGRAMA DE CALCULO.
0039 C
0040 C EL SIGNO INDICA SI ESTA TRACCIONANDOSE EL ACERO (POSITIVO)
0041 C O COMPRIENDOSE (NEGATIVO)
0042 C
0043 SIGM=ESS/ABS(ESS)
0044 IF(ABS(ESS).GT.EPT)GO TO 251
0045 C
0046 C SI ESTA EN LA PARTE FINAL DE LA CURVA REALIZA EL CALCULO MEDIANTE
0047 C LAS ITERACIONES QUE SE INICIAN CON EL GO TO 251.
0048 C
0049 SIGSS=ESS
0050 IF(ZZZ.EE.2)WRITE(6,1005)SIGSS
0051 FORMAT(2X,"VALOR DE SIGSS",F21.4)
0052 RETURN
0053 ENDIF
0054 C
0055 C CALCULA EL VALOR INICIAL DEL TRAMO POSTERIOR DE LA CURVA DE ACEROS
0056 C DEFORMADOS EN FRIO Y EL VALOR DOBLE A FIN DE MEDIANTE EL CALCULO
0057 C DEL PUNTO MEDIO IR DELIMITANDO EL VALOR F QUE PRODUCIRIA UNA
0058 C DEFORMACION IGUAL A LA DESEADA
0059 C
0060 251 F10=F10*2
0061 F20=F10*0.7
0062 253 F=10*(F20)/2
0063 IF(ABS(ESS).GT.F)F=F10**5.
0064 IF(ABS(ESS).GT.4*ABS(ESS))THEN
0065 C
0066 C SI LA DEFORMADA ES MAYOR QUE LA PREVISTA LA TENSION BUSCADA ESTA
0067 C ENTRE EL PUNTO MEDIO F Y EL F20, SI ES MENOR ESTA ENTRE EL PUNTO
0068 C INICIAL F10 Y EL MEDIO F20.
0069 C
0070 F10=F
0071 ELSE
0072 F20=F
0073 ENDIF
0074 IF(ABS(F10-F20).LE.1.)GO TO 252
0075 C
0076 C CUANDO LA DIFERENCIA ENTRE LOS DOS PUNTOS SEA MENOR DE 1 MP.
0077 C ADWITE COMO VALOR DE CALCULO AL F.
0078 C
0079 GO TO 253
0080 252 SIGSF=
0081 IF(ZZZ.EE.2)WRITE(6,1005)SIGSF
0082 RETURN
0083 ELSE
0084 C
0085 C CUANDO EXISTE DEFORMACION PREVIA DE ARMADURA DE PRETENSADO
0086 C CALCULA LA TENSION DEL PRETENSADO TENIENDO EN CUENTA.
0087 C
0088 C LA DEFORMADA FINAL DEL ACERO LA OBTIENE MEDIANTE LA SUMA DE LA
0089 C DEFORMADA DE CALCULO DE TENSIONES (COMO SE INCLUIE LA DEFORMACION
0090 C DEL HORMIGON DEBIDO AL PRETENSADO) EPTER, MAS LA DEFORMACION
0091 C PRODUCIDA POR EL PRETENSADO MENOS LAS PERDIDAS (EPD).
0092 C
0093 DF=DF*ESS
0094 EPT=0.7*F10/YES
0095 SIGM=EPD/ABS(DF)
0096 IF(ABS(DF).LE.EPT)THEN
0097 C
0098 C SI LA DEFORMADA NO SUPERA EL LIMITE ESTABLECIDO POR EPT PARA EL
0099 C PRIMER TRAMO DE LA CURVA, CALCULA DFU=DF*YES
0100 C
0101 SIGS=DFU*YES
0102 C
0103 C LA TENSION ES=ESS SERA DE COMPRESION SI LA DEFORMADA ES NEGATIVA
0104 C Y DE TRACCION SI ES POSITIVA.
0105 C
0106 IF(ZZZ.EE.2)WRITE(6,1005)SIGS
0107 RETURN
0108 ELSE
0109 C
0110 C SI SE SUPERA EL LIMITE EPT TOMA EN F20 DICHO LIMITE Y EN
0111 C F10 EL DOBLE, OBTIENDO EL VALOR DE SIGS MEDIANTE ITERACIONES
0112 C BUSCANDO EL PUNTO MEDIO HASTA CUMPLIR CON LA DEFORMACION DE DFU.
0113 C
0114 F10=F10*2
0115 F20=F10*0.7
0116 253 F=(F10+F20)/2
0117 C
0118 C CON DICHO VALOR F CALCULA EL VALOR DEL ALARGAMIENTO QUE SE

```

```

0119 C      PRODUCCION EN EL ACERO
0120 C
0121 C      EI=(VES+0.023*(F/D-0.7))*S.
0122 C
0123 C      SI EI < ESS EXISTE MAYOR DEFORMACION, LUEGO F SE ENCUENTRA
0124 C      ENTRE LA CALCULADA Y LA F10. SI EI > ESS EXISTE MENOR DE-
0125 C      FORMACION, LUEGO F SE ENCUENTRA ENTRE LA CALCULADA Y F20.
0126 C
0127 C      IF(ABS(EI).GT.485*(DFU))THEN
0128 C          F0=F
0129 C          F0=F
0130 C          F0=F
0131 C          ENDF
0132 C      IF(ABS(F10-F20).LE.1.160 TO 852
0133 C          GO TO 853
0134 C      852 SIG=FF
0135 C      IF(22.6E-23*WRITE(C,1605)ISIGS
0136 C          RETURN
0137 C      ENDF
0138 C      END
0139 C
0140 C
0001 FTMAX,1
0002 PROGRAM SEC5(S)
0003 INTRER CLCCRM,ZZ,ZL,ZZ2
0004 REEL M,PI,Z2,M2,M3,M4,M5,M6,M7,M8,M9,M10,M11,M12,M13,M14,M15,M16,M17,M18,M19,M20,M21,M22,M23,M24,M25,M26,M27,M28,M29,M30,M31,M32,M33,M34,M35,M36,M37,M38,M39,M40,M41,M42,M43,M44,M45,M46,M47,M48,M49,M50,M51,M52,M53,M54,M55,M56,M57,M58,M59,M60,M61,M62,M63,M64,M65,M66,M67,M68,M69,M70,M71,M72,M73,M74,M75,M76,M77,M78,M79,M80,M81,M82,M83,M84,M85,M86,M87,M88,M89,M90,M91,M92,M93,M94,M95,M96,M97,M98,M99,M100,M101,M102,M103,M104,M105,M106,M107,M108,M109,M110,M111,M112,M113,M114,M115,M116,M117,M118,M119,M120,M121,M122,M123,M124,M125,M126,M127,M128,M129,M130,M131,M132,M133,M134,M135,M136,M137,M138,M139,M140,M141,M142,M143,M144,M145,M146,M147,M148,M149,M150,M151,M152,M153,M154,M155,M156,M157,M158,M159,M160,M161,M162,M163,M164,M165,M166,M167,M168,M169,M170,M171,M172,M173,M174,M175,M176,M177,M178,M179,M180,M181,M182,M183,M184,M185,M186,M187,M188,M189,M190,M191,M192,M193,M194,M195,M196,M197,M198,M199,M200,M201,M202,M203,M204,M205,M206,M207,M208,M209,M210,M211,M212,M213,M214,M215,M216,M217,M218,M219,M220,M221,M222,M223,M224,M225,M226,M227,M228,M229,M230,M231,M232,M233,M234,M235,M236,M237,M238,M239,M240,M241,M242,M243,M244,M245,M246,M247,M248,M249,M250,M251,M252,M253,M254,M255,M256,M257,M258,M259,M260,M261,M262,M263,M264,M265,M266,M267,M268,M269,M270,M271,M272,M273,M274,M275,M276,M277,M278,M279,M280,M281,M282,M283,M284,M285,M286,M287,M288,M289,M290,M291,M292,M293,M294,M295,M296,M297,M298,M299,M300,M301,M302,M303,M304,M305,M306,M307,M308,M309,M310,M311,M312,M313,M314,M315,M316,M317,M318,M319,M320,M321,M322,M323,M324,M325,M326,M327,M328,M329,M330,M331,M332,M333,M334,M335,M336,M337,M338,M339,M340,M341,M342,M343,M344,M345,M346,M347,M348,M349,M350,M351,M352,M353,M354,M355,M356,M357,M358,M359,M360,M361,M362,M363,M364,M365,M366,M367,M368,M369,M370,M371,M372,M373,M374,M375,M376,M377,M378,M379,M380,M381,M382,M383,M384,M385,M386,M387,M388,M389,M390,M391,M392,M393,M394,M395,M396,M397,M398,M399,M400,M401,M402,M403,M404,M405,M406,M407,M408,M409,M410,M411,M412,M413,M414,M415,M416,M417,M418,M419,M420,M421,M422,M423,M424,M425,M426,M427,M428,M429,M430,M431,M432,M433,M434,M435,M436,M437,M438,M439,M440,M441,M442,M443,M444,M445,M446,M447,M448,M449,M450,M451,M452,M453,M454,M455,M456,M457,M458,M459,M460,M461,M462,M463,M464,M465,M466,M467,M468,M469,M470,M471,M472,M473,M474,M475,M476,M477,M478,M479,M480,M481,M482,M483,M484,M485,M486,M487,M488,M489,M490,M491,M492,M493,M494,M495,M496,M497,M498,M499,M500,M501,M502,M503,M504,M505,M506,M507,M508,M509,M510,M511,M512,M513,M514,M515,M516,M517,M518,M519,M520,M521,M522,M523,M524,M525,M526,M527,M528,M529,M530,M531,M532,M533,M534,M535,M536,M537,M538,M539,M540,M541,M542,M543,M544,M545,M546,M547,M548,M549,M550,M551,M552,M553,M554,M555,M556,M557,M558,M559,M560,M561,M562,M563,M564,M565,M566,M567,M568,M569,M570,M571,M572,M573,M574,M575,M576,M577,M578,M579,M580,M581,M582,M583,M584,M585,M586,M587,M588,M589,M590,M591,M592,M593,M594,M595,M596,M597,M598,M599,M600,M601,M602,M603,M604,M605,M606,M607,M608,M609,M610,M611,M612,M613,M614,M615,M616,M617,M618,M619,M620,M621,M622,M623,M624,M625,M626,M627,M628,M629,M630,M631,M632,M633,M634,M635,M636,M637,M638,M639,M640,M641,M642,M643,M644,M645,M646,M647,M648,M649,M650,M651,M652,M653,M654,M655,M656,M657,M658,M659,M660,M661,M662,M663,M664,M665,M666,M667,M668,M669,M670,M671,M672,M673,M674,M675,M676,M677,M678,M679,M680,M681,M682,M683,M684,M685,M686,M687,M688,M689,M690,M691,M692,M693,M694,M695,M696,M697,M698,M699,M700,M701,M702,M703,M704,M705,M706,M707,M708,M709,M710,M711,M712,M713,M714,M715,M716,M717,M718,M719,M720,M721,M722,M723,M724,M725,M726,M727,M728,M729,M730,M731,M732,M733,M734,M735,M736,M737,M738,M739,M740,M741,M742,M743,M744,M745,M746,M747,M748,M749,M750,M751,M752,M753,M754,M755,M756,M757,M758,M759,M760,M761,M762,M763,M764,M765,M766,M767,M768,M769,M770,M771,M772,M773,M774,M775,M776,M777,M778,M779,M780,M781,M782,M783,M784,M785,M786,M787,M788,M789,M790,M791,M792,M793,M794,M795,M796,M797,M798,M799,M800,M801,M802,M803,M804,M805,M806,M807,M808,M809,M810,M811,M812,M813,M814,M815,M816,M817,M818,M819,M820,M821,M822,M823,M824,M825,M826,M827,M828,M829,M830,M831,M832,M833,M834,M835,M836,M837,M838,M839,M840,M841,M842,M843,M844,M845,M846,M847,M848,M849,M850,M851,M852,M853,M854,M855,M856,M857,M858,M859,M860,M861,M862,M863,M864,M865,M866,M867,M868,M869,M870,M871,M872,M873,M874,M875,M876,M877,M878,M879,M880,M881,M882,M883,M884,M885,M886,M887,M888,M889,M890,M891,M892,M893,M894,M895,M896,M897,M898,M899,M900,M901,M902,M903,M904,M905,M906,M907,M908,M909,M910,M911,M912,M913,M914,M915,M916,M917,M918,M919,M920,M921,M922,M923,M924,M925,M926,M927,M928,M929,M930,M931,M932,M933,M934,M935,M936,M937,M938,M939,M940,M941,M942,M943,M944,M945,M946,M947,M948,M949,M950,M951,M952,M953,M954,M955,M956,M957,M958,M959,M960,M961,M962,M963,M964,M965,M966,M967,M968,M969,M970,M971,M972,M973,M974,M975,M976,M977,M978,M979,M980,M981,M982,M983,M984,M985,M986,M987,M988,M989,M990,M991,M992,M993,M994,M995,M996,M997,M998,M999,1000
0005 C
0006 C      ESTE SEGMENTO CALCULA LOS ESFUERZOS CONTANTES Y RESANTES
0007 C
0008 C      MRO,
0009 C      IF(ZZ.LE.Z2)THEN
0010 C          VALOR DEL CENTRO DE CALCULO D
0011 C          D=2544*(MCA4)
0012 C          ELSE
0013 C          D=XGAP*(MCP)
0014 C          ENDF
0015 C          M1=0.
0016 C          M2=2*M1(1)
0017 C          IF(ZZ.EQ.2.08*ZZ.EQ.4)THEN
0018 C              M1=2*M1(1)
0019 C              M2=2*M1(1)
0020 C          ENDF
0021 C          LOS VALORES DE M1 Y M2 INDICAN LAS ANCHURAS MINIMAS
0022 C          DE LAS CAPAS DE HORMIGON DEL FORJADO Y LA DE LA VIGUETA.
0023 C          MEDIANTE ESTA ITERACION CALCULA LA FIBRA MAS ESTRECHA DE LA
0024 C          VIGUETA.
0025 C          M5=1
0026 C          IF(ZZ.EQ.2.08*ZZ.EQ.4)M5=M5
0027 C          MCR=

```



```

0059 C DO 3 I=1,NM,NCH
0060 C P1=BMV(2,I)
0061 C IF(SA5.LE.0M2)THEN
0062 C M2=BM5
0063 C MCE1
0064 C ENDIF
0065 C CONTINUE
0066 C RAB1
0067 C IF(CIC.GT.0)THEN
0068 C
0069 C VALORES DE CALCULO RESPECTO A LA COMPRESION DEL ALMA EN
0070 C ELEMENTOS CON ARMADURA A ESFUERZO CORTANTE
0071 C
0072 C VMC1=3.*FIC*BM1*D
0073 C VMC2=3.*FIC1*BM2*D
0074 C
0075 C IF(VMC1.LE.VMC2.AND.(ZZ.EQ.2.OR.ZZ.EQ.4))VMC=VMC1
0076 C
0077 C VDR2=5*0.25*0.45*VIC*(2./3.)+0*BM/CSM
0078 C VDR2=5*0.25*0.45*VIC*(2./3.)+0*BM/CSM
0079 C VDR=VDR2
0080 C IF(VDR1.LE.VDR2.AND.(ZZ.EQ.2.OR.ZZ.EQ.4))VDR=VDR1
0081 C
0082 C CALCULO DEL COEFICIENTE DE MAYORACION DEBIDO AL EFECTO DEL
0083 C PRETENSADO
0084 C
0085 C RAB1
0086 C
0087 C IF(FL1(1,6).GT.FIS1)RABFIS1/(FL1/1.6)
0088 C FDR=VDR*(1.+RAB)
0089 C ENDIF
0090 C
0091 C OBTENCION DE LA ARMADURA DE TRACCION QUE LLESA AL APOYO
0092 C
0093 C ASL=0.
0094 C IF(ZZ.EQ.2)ASL=SAP(WCAP)
0095 C IF(ZZ.LE.2)THEN
0096 C DO 3 I=1,NCA
0097 C IF(MGAR(I).GT.X1)ASL=ASL+SAB(I)*(PO-APT)/STRA+4200./4200.
0098 C CONTINUE
0099 C ENDIF
0100 C
0101 C IF(CIC.LE.0)THEN
0102 C
0103 C SI NO EXISTE ARMADURA A CORTANTE
0104 C
0105 C CALCULA LAS PIEZAS COMO ARMADAS
0106 C
0107 C VDR1=0.25*0.45*VIC*(2./3.)*(1.+0.5/D/100.)+BM1*D
0108 C *11.+50*ASL/(BM1*D))/CSM
0109 C VDR2=0.25*0.45*VIC*(2./3.)*(1.+0.5/D/100.)+BM2*D
0110 C *11.+50*ASL/(BM2*D))/CSM
0111 C IF(VDR1.LE.VDR2.AND.(ZZ.EQ.2.OR.ZZ.EQ.4))VMC=VDR1
0112 C
0113 C CALCULA LAS PIEZAS COMO PRETENSADAS MAYORANDO LA RESISTENCIA
0114 C VMC=VMC*(1.+RA)
0115 C
0116 C CALCULA LAS QUE TIENEN ARMADURA DE CORTE
0117 C
0118 C

```

```

0119 C ELSE
0120 C RESISTENCIA DE LA ARMADURA DE CORTE
0121 C
0122 C VMD=0.9*D*SM*(1.+(1./TAN(RO)))*SIN(RO)+RYMC/(SM+ESAC)
0123 C
0124 C RESISTENCIA TOTAL A CORTE DE ARMADURA DE CORTE Y HORNISON
0125 C
0126 C IF(VMD.GE.(3.*VCD))THEN
0127 C VMC3=VMD
0128 C ELSE
0129 C VMC3=VCD*VMD*2./3.
0130 C
0131 C ENDIF
0132 C IF(VMC3.LE.VMC)VMC=VMC3
0133 C ENDIF
0134 C IF(ZZ.EQ.2.OR.ZZ.EQ.4)VMC=100.*VMC/DEJES
0135 C IF(ZZ.EQ.3)VMC=100*VMC
0136 C FORMATEO DE RESULTADOS
0137 C * * * VALOR DEL ESFUERZO CORTANTE ULTIMO *3X,
0138 C *31***)111,*,AP,3X,*,ZC(/,2X,*,*,699,*,**))
0139 C
0140 C IF(SB
0141 C
0142 C VED
0143 C VES
0144 C VFE
0145 C VFS
0146 C VFR
0147 C VJ
0148 C VJZ
0149 C VSP
0150 C VAP
0151 C VAB
0152 C VCB
0153 C VED
0154 C VES
0155 C VFE
0156 C VFS
0157 C VFR
0158 C VJ
0159 C VJZ
0160 C
0161 C RECORRE TODAS LAS CAPAS.
0162 C
0163 C JI=2*I-1
0164 C JI=2*I
0165 C SI=SC(JI)
0166 C SI=SC(JI)
0167 C SI=SC(JI)
0168 C SI=SC(JI)
0169 C C=MI
0170 C
0171 C OBTIENE LAS ASES,CENTRO DE GRAVEDAD E INERCIA RESPECTO A SU
0172 C CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS CAPAS.
0173 C
0174 C AS1=AS2*SI81.82.C1)
0175 C AS2=AS2*SI83.84.C1)*M
0176 C SI=SI81*(81.82.C1)
0177 C SI=SI81*(81.84.C1)
0178 C IF(JOJ.LI.3)IEM
0179 C SI=SI81+AS1+AR2
0180 C SI=SI81+SI*(I+SI)+AR2*(MI*(I+SI)+
0181 C STE=CMT+CO)/(SHT+GAR)
0182 C

```



```

0359 YAPVIVD.
0360 IF (NCAP.GT.0.) THEN
0361 C
0362 C
0363 C
0364 C
0365 C
0366 C
0367 C
0368 C
0369 C
0370 C
0371 C
0372 C
0373 C
0374 C
0375 C
0376 C
0377 C
0378 C
0379 C
0380 C
0381 C
0382 C
0383 C
0384 C
0385 C
0386 C
0387 C
0388 C
0389 C
0390 C
0391 C
0392 C
0393 C
0394 C
0395 C
0396 C
0397 C
0398 C
0399 C
0400 C
0401 C
0402 C
0403 C
0404 C
0405 C
0406 C
0407 C
0408 C
0409 C
0410 C
0411 C
0412 C
0413 C
0414 C
0415 C
0416 C
0417 C
0418 C
0419 C
0420 C
0421 C
0422 C
0423 C
0424 C
0425 C
0426 C
0427 C
0428 C
0429 C
0430 C
0431 C
0432 C
0433 C
0434 C
0435 C
0436 C
0437 C
0438 C
0439 C
0440 C
0441 C
0442 C
0443 C
0444 C
0445 C
0446 C
0447 C
0448 C
0449 C
0450 C
0451 C
0452 C
0453 C
0454 C
0455 C
0456 C
0457 C
0458 C
0459 C
0460 C
0461 C
0462 C
0463 C
0464 C
0465 C
0466 C
0467 C
0468 C
0469 C
0470 C
0471 C
0472 C
0473 C
0474 C
0475 C
0476 C
0477 C
0478 C
0479 C
0480 C
0481 C
0482 C
0483 C
0484 C
0485 C
0486 C
0487 C
0488 C
0489 C
0490 C
0491 C
0492 C
0493 C
0494 C
0495 C
0496 C
0497 C
0498 C
0499 C
0500 C
0501 C
0502 C
0503 C
0504 C
0505 C
0506 C
0507 C
0508 C
0509 C
0510 C
0511 C
0512 C
0513 C
0514 C
0515 C
0516 C
0517 C
0518 C
0519 C
0520 C
0521 C
0522 C
0523 C
0524 C
0525 C
0526 C
0527 C
0528 C
0529 C
0530 C
0531 C
0532 C
0533 C
0534 C
0535 C
0536 C
0537 C
0538 C
0539 C
0540 C
0541 C
0542 C
0543 C
0544 C
0545 C
0546 C
0547 C
0548 C
0549 C
0550 C
0551 C
0552 C
0553 C
0554 C
0555 C
0556 C
0557 C
0558 C
0559 C
0560 C
0561 C
0562 C
0563 C
0564 C
0565 C
0566 C
0567 C
0568 C
0569 C
0570 C
0571 C
0572 C
0573 C
0574 C
0575 C
0576 C
0577 C
0578 C
0579 C
0580 C
0581 C
0582 C
0583 C
0584 C
0585 C
0586 C
0587 C
0588 C
0589 C
0590 C
0591 C
0592 C
0593 C
0594 C
0595 C
0596 C
0597 C
0598 C
0599 C
0600 C
0601 C
0602 C
0603 C
0604 C
0605 C
0606 C
0607 C
0608 C
0609 C
0610 C
0611 C
0612 C
0613 C
0614 C
0615 C
0616 C
0617 C
0618 C
0619 C
0620 C
0621 C
0622 C
0623 C
0624 C
0625 C
0626 C
0627 C
0628 C
0629 C
0630 C
0631 C
0632 C
0633 C
0634 C
0635 C
0636 C
0637 C
0638 C
0639 C
0640 C
0641 C
0642 C
0643 C
0644 C
0645 C
0646 C
0647 C
0648 C
0649 C
0650 C
0651 C
0652 C
0653 C
0654 C
0655 C
0656 C
0657 C
0658 C
0659 C
0660 C
0661 C
0662 C
0663 C
0664 C
0665 C
0666 C
0667 C
0668 C
0669 C
0670 C
0671 C
0672 C
0673 C
0674 C
0675 C
0676 C
0677 C
0678 C
0679 C
0680 C
0681 C
0682 C
0683 C
0684 C
0685 C
0686 C
0687 C
0688 C
0689 C
0690 C
0691 C
0692 C
0693 C
0694 C
0695 C
0696 C
0697 C
0698 C
0699 C
0700 C
0701 C
0702 C
0703 C
0704 C
0705 C
0706 C
0707 C
0708 C
0709 C
0710 C
0711 C
0712 C
0713 C
0714 C
0715 C
0716 C
0717 C
0718 C
0719 C
0720 C
0721 C
0722 C
0723 C
0724 C
0725 C
0726 C
0727 C
0728 C
0729 C
0730 C
0731 C
0732 C
0733 C
0734 C
0735 C
0736 C
0737 C
0738 C
0739 C
0740 C
0741 C
0742 C
0743 C
0744 C
0745 C
0746 C
0747 C
0748 C
0749 C
0750 C
0751 C
0752 C
0753 C
0754 C
0755 C
0756 C
0757 C
0758 C
0759 C
0760 C
0761 C
0762 C
0763 C
0764 C
0765 C
0766 C
0767 C
0768 C
0769 C
0770 C
0771 C
0772 C
0773 C
0774 C
0775 C
0776 C
0777 C
0778 C
0779 C
0780 C
0781 C
0782 C
0783 C
0784 C
0785 C
0786 C
0787 C
0788 C
0789 C
0790 C
0791 C
0792 C
0793 C
0794 C
0795 C
0796 C
0797 C
0798 C
0799 C
0800 C
0801 C
0802 C
0803 C
0804 C
0805 C
0806 C
0807 C
0808 C
0809 C
0810 C
0811 C
0812 C
0813 C
0814 C
0815 C
0816 C
0817 C
0818 C
0819 C
0820 C
0821 C
0822 C
0823 C
0824 C
0825 C
0826 C
0827 C
0828 C
0829 C
0830 C
0831 C
0832 C
0833 C
0834 C
0835 C
0836 C
0837 C
0838 C
0839 C
0840 C
0841 C
0842 C
0843 C
0844 C
0845 C
0846 C
0847 C
0848 C
0849 C
0850 C
0851 C
0852 C
0853 C
0854 C
0855 C
0856 C
0857 C
0858 C
0859 C
0860 C
0861 C
0862 C
0863 C
0864 C
0865 C
0866 C
0867 C
0868 C
0869 C
0870 C
0871 C
0872 C
0873 C
0874 C
0875 C
0876 C
0877 C
0878 C
0879 C
0880 C
0881 C
0882 C
0883 C
0884 C
0885 C
0886 C
0887 C
0888 C
0889 C
0890 C
0891 C
0892 C
0893 C
0894 C
0895 C
0896 C
0897 C
0898 C
0899 C
0900 C
0901 C
0902 C
0903 C
0904 C
0905 C
0906 C
0907 C
0908 C
0909 C
0910 C
0911 C
0912 C
0913 C
0914 C
0915 C
0916 C
0917 C
0918 C
0919 C
0920 C
0921 C
0922 C
0923 C
0924 C
0925 C
0926 C
0927 C
0928 C
0929 C
0930 C
0931 C
0932 C
0933 C
0934 C
0935 C
0936 C
0937 C
0938 C
0939 C
0940 C
0941 C
0942 C
0943 C
0944 C
0945 C
0946 C
0947 C
0948 C
0949 C
0950 C
0951 C
0952 C
0953 C
0954 C
0955 C
0956 C
0957 C
0958 C
0959 C
0960 C
0961 C
0962 C
0963 C
0964 C
0965 C
0966 C
0967 C
0968 C
0969 C
0970 C
0971 C
0972 C
0973 C
0974 C
0975 C
0976 C
0977 C
0978 C
0979 C
0980 C
0981 C
0982 C
0983 C
0984 C
0985 C
0986 C
0987 C
0988 C
0989 C
0990 C
0991 C
0992 C
0993 C
0994 C
0995 C
0996 C
0997 C
0998 C
0999 C
1000 C

```





```

0059 108 FORMAT(2X,"MAYOR DIAMETRO DE ARMADURA PASIVA",I6,
0060 *,"MM",/)
0061 ENDF
0062 WRITE(6,5)NREF,CSEF
0063 IF(NREF.EQ.0)THEN
0064 WRITE(6,55)
0065 54 FORMAT(2X,"NUMERO DE CAPAS DE REFUERZO",I13,3X,
0066 *,"DE SEGUR.",F10,2,/)
0067 55 FORMAT(2X,"AREA C.GRAV. LIN.ELAST. MOD.ELAST.",
0068 *,"CM2KG-1",/)
0069 J85=ACAP*REF
0070 J86=ACAP1
0071 DO 85 I=J86,J85
0072 85 WRITE(6,105),SAP(I),RCAP(I),RYAP(I),ESAP,I,RYAP(I)
0073 105 FORMAT(5X,F8.2,F12.3,F12.3,F12.3,F11,/)
0074 ENDF
0075 WRITE(6,5)NREF,ACASA
0076 56 FORMAT(2X,"NUMERO DE CAPAS DE ARMADURAS ACTIVAS",I6,3X,
0077 *,"DE SEGUR.",F10,2,/)
0078 IF(NREF.EQ.0)THEN
0079 WRITE(6,106)
0080 106 FORMAT(2X,/) * CAPA SUPERF. C.GRAV. S.I.C-2 LIM.EL.
0081 DO 9 I=J86,9
0082 9 I=I,ACAA
0083 WRITE(6,107),SAA(I),XCAA(I),IAR(I),RYAR(I),I,ESAA(I),WAR(I)
0084 107 FORMAT(2X,I6,2F10.4,17,112,18,117,F11,3)
0085 ENDF
0086 WRITE(6,109),CSAC
0087 109 FORMAT(2X,"ARMADURAS DE CORTANTE",I20,3X,
0088 *,"COEF. DE SEGUR.",F10,2,/)
0089 IF(NREF.EQ.0)THEN
0090 WRITE(6,110),SWORD,ORAC
0091 110 FORMAT(2X,"AREA",8F,10,2,/) * BARRAS ABSOL
0092 *,"LIM. ELAST.",4X,/,F6.2,F13.2,F10.4,/,115,/)
0093 ENDF
0094 111=CSAC
0095 112=CSAC
0096 113=CSAC
0097 114 FORMAT(2X,"SUPERFICIE DE HORMIGON FORJADO",F10,2,
0098 *,"CM2",/)
0099 WRITE(6,115)SVM,XY
0100 115 FORMAT(2X,"SUPERFICIE DE HORMIGON VIGETA",F10,2,
0101 *,"CM2",/)
0102 116=CSAC
0103 IF(CAP.GT.0)WRITE(6,116),XAP
0104 116 FORMAT(2X,"SUPERFICIE DE ARMADURA PASIVA",F11,2,
0105 *,"CM2",/)
0106 117=CSAC
0107 117 FORMAT(2X,"SUPERFICIE DE ARMADURA ACTIVAS",F11,2,
0108 *,"CM2",/)
0109 WRITE(6,118)YS,XSEF
0110 IF(22.GT.2)WRITE(6,119)YV1,XV1
0111 118 FORMAT(2X,"INERCIA SIM FISURAS",I21,3X,"FIBRA NEUTRA",F13,2,/)
0112 119 FORMAT(2X,"INERCIA EN SERVICIO",I21,3X,"FIBRA NEUTRA",F13,2,/)
0113 120 FORMAT(2X,"INERCIA EN ROTURA",I21,3X,"FIBRA NEUTRA",F13,2,/)
0114 WRITE(6,120)
0115 180 FORMAT(2X,"RESISTION",F12,9(=),/)
0116 WRITE(6,11)F81,SIN
0117 WRITE(6,12)F81,XNI
0118 IF(12.EQ.0)WRITE(6,123)F82,XN2

```

```

0119 181 FORMAT(2X,"MOMENTO SEGUN F.TECNICA",I17,3X,"FIBRA NEUTRA",
0120 *,"F13,2,/)
0121 182 FORMAT(2X,"MOMENTO SEGUN PROGRAMAS",I18,3X,"FIBRA NEUTRA",
0122 *,"F13,2,/)
0123 183 FORMAT(2X,"MOMENTO CONSIDERANDO PRETENSADO",I19,3X,
0124 *,"FIBRA NEUTRA",F13,2,/)
0125 184=CSAC
0126 185=CSAC
0127 186=CSAC
0128 PREPOSTRA
0129 187 FORMAT(2X,"PRETENSADO",F12,10(=),/)
0130 188=CSAC
0131 189=CSAC
0132 190=CSAC
0133 191=CSAC
0134 192=CSAC
0135 193=CSAC
0136 194=CSAC
0137 195=CSAC
0138 196=CSAC
0139 197=CSAC
0140 198=CSAC
0141 199=CSAC
0142 200=CSAC
0143 201=CSAC
0144 202=CSAC
0145 203=CSAC
0146 204=CSAC
0147 205=CSAC
0148 206=CSAC
0149 207=CSAC
0150 208=CSAC
0151 209=CSAC
0152 210=CSAC
0153 211=CSAC
0154 212=CSAC
0155 213=CSAC
0156 214=CSAC
0157 215=CSAC
0158 216=CSAC
0159 217=CSAC
0160 218=CSAC
0161 219=CSAC
0162 220=CSAC
0163 221=CSAC
0164 222=CSAC
0165 223=CSAC
0166 224=CSAC
0167 225=CSAC
0168 226=CSAC
0169 227=CSAC
0170 228=CSAC
0171 229=CSAC
0172 230=CSAC
0173 231=CSAC
0174 232=CSAC
0175 233=CSAC
0176 234=CSAC
0177 235=CSAC
0178 236=CSAC

```

```

0179 WRITE(6,12)A5L,V0L1,V02,WYC
0180 129 FORMAT(2X,"AREA DE ARMADURA TRACCIONADA QUE LLEGA AL APOYO",
0181 *F20.2,/,2X,"VALOR DEL CORTE QUE ABSORBE LA FIBRA DE LA CABEZA",
0182 *DE COMPRESION",F10.2,/,2X,"VALOR DE CORTE QUE ABSORBE LA FIBRA",
0183 *DE LA VISUETA",F20.2,/,2X,"VALOR DE CORTE MAS DESFAVORABLE",
0184 *F20.2,/)
0185 ENDF
0186 IF(12.50.2.09.77.50.4) THEN
0187 WRITE(6,130)
0188 130 FORMAT(2X,"RESANTE",/,2X,7(" ")/)
0189 WRITE(6,131)E,F,I,S
0190 IF(12.07)WRITE(6,131EVI
0191 WRITE(6,131)EVI
0192 WRITE(6,131)EVI
0193 131 FORMAT(2X,"VALOR DE ESTATICO SIN FISURAR Y EN ROTURA",
0194 *F19.2,F12.2,/)
0195 132 FORMAT(2X,"VALOR DE ESTATICO FISURADO EN SERVICIO",F24.2,/)
0196 133 FORMAT(2X,"ESFUERZO PASANTE EN SERVICIO",F40.2,/)
0197 134 FORMAT(2X,"ESFUERZO PASANTE SUPUESTO ROTURA",F40.2,/)
0198 ENDF
0199 WRITE(6,134)
0200 134 FORMAT(2X,"REFORMACIONES",/,2X,13(" ")/)
0201 EF=1900*(SORT(CI)*C/ICP
0202 WRITE(6,131)E,F,I,S
0203 135 FORMAT(2X,"MOMENTO DE ELASTICIDAD EN DEFORMACIONES",F13.1,/,2X,"MOMENTO DE ELASTICIDAD EN DEFORMACIONES",F15.1,/,2X,"CM4,/)
0204 END
0205 STOP
0206 END
0207
0208
0209

```

PA099 T=0004 IS ON CR00036 USING 00859 BLKS R=0000

NOTACION

-----

0301 A - Pendiente de la recta de contorno de la capa de horraigon.

0302 A1 - Maxima deforacion del horraigon a compresion.

0303 A2 - Pendiente de la capa de horraigon del forjado en COR50.

0304 A3 - Coeficiente de trabajo para calculo del momento producido por la tension no uniforme al destazar.

0305 A4 - Tensiones en la fibra superior de la vigueta al destazar.

0306 A5 - Pendiente de la recta de contorno de la capa de horraigon.

0307 A6 - Maxima deforacion del horraigon a compresion.

0308 A7 - Indica si calcula perdidas por rozamiento de pretensado (=1) o no (=0)

0309 A8 - Valor del canto de la capa dividida en la J0811.

0310 A9 - Maxima deforacion del acero en calculo de negativos.

0311 A10 - Perdida por rozamiento.

0312 A11 - Perdida por destrozamiento de Conas.

0313 A12 - Perdida por acortamiento elastico.

0314 A13 - Perdida por retraccion del horraigon.

0315 A14 - Perdida por relajacion del horraigon.

0316 A15 - Perdida por curado si hay o por temperatura si no hay.

0317 A16 - Perdidas instantaneas.

0318 A17 - Perdidas totales.

0319 A18 - Area de la capa de horraigon del forjado.

0320 A19 - Area de la capa del horraigon de la seavigueta.

0321 A20 - Superficie total de horraigon de vigueta y forjado.

0322 A21 - Funcion que calcula el area de la capa de horraigon.

0323 A22 - Area de armadura pasiva que se encuentra en la ultima seccion cobaricentrica para el calculo de los casos de fisuracion.

0324 A23 - Armadura de traccion que llega al apoyo.

0325 A24 - Area de la armadura de cortante.

0326 A25 - Axil que producen los estados tensionales aun no equilibrados.

0327 A26 - Axil que producen los estados tensionales a analizar.

0328 A27 - Axil que devuelve la J0815 transformado en AX1.

0329 A28 - Valores de compresion obtenidos en COR50.

0330 A29 - Valor de compresion obtenido en la COR50 y COR70 en el horraigon.

0331 A30 - Tension producida por el acero.

0332 A31 - Tension del acero obtenida en SIGS.

0333 A32 - Axil que producen los estados tensionales.

0334 A33 - Axil que producen los estados tensionales.

0335 A34 - Axil que se produce en el calculo de negativos.

0336 A35 - Capacidad mecanica de los refuerzos.

0337 A36 - Axil que se produce en el calculo de negativos teniendo en cuenta el pretensado. Capacidad mecanica de los refuerzos de negativos.

0338 A37 - Perdida de pretensado producida por la condicion 0,6 F. max.

0339 A38 - Valor de linea de contorno de la capa de horraigon. Fibra neutra en calculo de negativos en piezas pretensadas.

0340 A39 - Coeficiente a aplicar para obtener la tension real en la fibra inferior producida por el pretensado.

0341 A40 - Valor de la linea del contorno del forjado en COR50. anchura superior de las capas del forjado.

0342 A41

0343 A42

0344 A43

0345 A44

0346 A45

0347 A46

0348 A47

0349 A48

0350 A49

0351 A50

0352 A51

0353 A52

0354 A53

0355 A54

0356 A55

0357 A56

0358 A57

0359 A58



- 0059 B2 - Valor de la línea de contorno de la vigueta en GOR55.  
0060 B3 - Anchura inferior de las capas del forjado.  
0061 B2B - Coeficiente de trabajo para cálculo de momento producido al destasar.  
0062 B3 - Anchura superior de la capa de la vigueta.  
0063 B4 - Anchura inferior de la capa de la vigueta.  
0064 B7 - Coeficiente a aplicar para calcular el efecto pretensado en armadura pasiva.  
0065 SHC - Longitud de la bancada  
0066 SB - Valor de línea de contorno de capa de horraigon.  
0067 SB1 - Anchura superior de la subcapa de horraigon del forjado.  
0068 SB2 - Anchura superior de la subcapa de horraigon del forjado.  
0069 SB3 - Anchura superior de la capa de horraigon de la vigueta.  
0070 SB4 - Anchura superior de la subcapa de horraigon de la vigueta.  
0071 SB5 - Alargamiento del acero por efecto del pretensado considerando las pérdidas.  
0072 SB6 - Máximo alargamiento del acero a traccion.  
0073 SHC - Anchura de capa de horraigon (J1-Sup.XJ2-Infer) del forjado.  
0074 SHV - Anchura de capa de horraigon del forjado.  
0075 SHV - Anchura de capas de horraigon (J1-Sup.XJ2-Inf) de la vigueta.  
0076 SHV - Traslape la BC o la SH en positivo o negativo en la JOR15 y la traslate a SIGS. En GOR59, máximo alargamiento del acero a traccion.  
0077 SH - Máxima deformación del horraigon en calculo de asentos negativos.  
0078 SH2 - Deformación máxima admisible de la fibra inferior en calculo de negativos.  
0079 SW1 - Anchura mínima de la capa de horraigon del forjado.  
0080 SW2 - Anchura mínima de la capa de horraigon de la vigueta.  
0081 SW3 - Anchura de cada capa de horraigon.  
0082 C - Canto de cada capa de horraigon.  
0083 C1 - Altura de la fibra superior de la capa de horraigon43P(1) en GOR58  
0084 C2 - Altura de la fibra inferior de la capa de horraigon44P(1) en GOR58  
0085 C5 - Canto total de la capa antes de dividirla en la JOR11.  
0086 C6 - Canto de la capa siguiente a la fibra neutra o plastica en JOR11.  
0087 C7 - Parámetro para el cálculo de la tensión al destasar en el centro de gravedad de la armadura activa.  
0088 CLCC - Canto de cada capa de horraigon.  
0089 CLEC - Indica si hay curado con vapor (≠1) o no (=0)  
0090 CSEA - Capacidad mecánica de los refuerzos.  
0091 CSAA - Coeficiente de seguridad de la armadura activa.  
0092 CSAP - Coeficiente de seguridad de la armadura pasiva.  
0093 CSAC - Coeficiente de seguridad del horraigon del forjado.  
0094 CSAY - Coeficiente de seguridad de la armadura de vigueta.  
0095 CSPT - Capacidad mecánica de la armadura de negativos.  
0096 CSSEF - Coeficiente de seguridad de la armadura de refuerzos.  
0097 D - Canto de cálculo a cortante.  
0098 O1 - Área de la capa de horraigon del forjado.  
0099 O2 - Área de la capa de horraigon de la vigueta.  
0100 O3 - Momento respecto a la base del área de cada capa de horraigon del forjado.  
0101 O4 - Momento respecto a la base del área de cada capa de horraigon de la vigueta.  
0102 SF - Deformación de la capa superior.  
0103 SF4 - Deformación del acero para usar en JOR15.  
0104 DEPH - Deformación de la capa de horraigon, (1) de la fibra superior.  
0105 DEFN - Deformación de la capa de horraigon en calculo de negativos, (1) fibra superior.
- 0109 DFU - Deformacion del acero en SIGS.  
0110 DFV - Valor de la deformada en SIGS de la armadura activa  
0111 DEJES - Distancia entre ejes de viguetas.  
0112 DEMAX - Diámetro de la barra mayor en vigueta armada en aa.  
0113 E1 - Deformada de la armadura en SIGS  
0114 E2 - Parámetro para cálculo de deformada de armadura en SIGS.  
0115 EMA1 - Momento estático de armadura activa respecto al centro de gravedad de la seccion sin fisurar.  
0116 EMA2 - Momento estático de armadura activa respecto a la fibra neutra de seccion de rotura.  
0117 EMAFI - Momento estático de armadura activa situada sobre la fibra neutra en rotura.  
0118 EMASF - Momento estático de armadura activa situada sobre el centro de gravedad de la seccion sin fisurar.  
0119 EMP1 - Momento estático de armadura pasiva respecto al centro de gravedad de la seccion sin fisurar.  
0120 EMP2 - Momento estático de armadura pasiva respecto a la fibra neutra en rotura.  
0121 EMP3 - Momento estático de armadura pasiva respecto a la fibra neutra en servicio.  
0122 EMPFI - Momento estático de armadura pasiva situada sobre la fibra neutra en rotura.  
0123 EMPSF - Momento estático de armadura pasiva situada sobre el centro de gravedad de seccion sin fisurar.  
0124 EPAV1 - Momento estático de armadura pasiva situada sobre la fibra neutra en servicio.  
0125 EHC - Modulo de elasticidad del horraigon del forjado teniendo en cuenta el ambiente y las cargas diferidas.  
0126 ECHV - Modulo de elasticidad del horraigon de la vigueta teniendo en cuenta el ambiente y las cargas diferidas.  
0127 EFIS - Momento estático de la seccion fisurada.  
0128 EP7 - Valor de calculo en SIGS para hallar tension del acero deformado en frío.  
0129 ES - Modulo de elasticidad de armadura en SIGS.  
0130 ES64 - Modulo de elasticidad de armadura activa.  
0131 ESP - Modulo de elasticidad de la armadura pasiva.  
0132 ESP - Momento estático de la seccion sin fisurar.  
0133 ESS - Deformada de armadura en SIGS.  
0134 ESTE - Fibra neutra ficticia en viguetas armadas, para la obtencion de la fibra neutra en servicio.  
0135 EV1 - Momento estático de la seccion en servicio en vigueta armada.  
0136 EXT - Longitud entre secciones para calculo de pérdidas por rozamiento.  
0137 F - Valor de la tension de la armadura activa en SIGS.  
0138 F1 - Parámetro para cálculo del asentado producido en las capas de la vigueta.  
0139 F2 - Parámetro para cálculo del asentado producido en las capas de la vigueta.  
0140 F3 - Parámetro para cálculo del asentado producido en las capas de la vigueta.  
0141 F10 - Tension de armadura activa en SIGS.  
0142 F20 - Tension de armadura activa en SIGS.  
0143 FCIC - Resistencia de calculo del horraigon del forjado.  
0144 FCIV - Resistencia de calculo del horraigon de la vigueta.  
0145 FCI - Resistencia a flexotraccion del horraigon.  
0146 FIS1 - Momento de fisuración clase 1. Caso de fisuración que admite la pieza.  
0147 FIS2 - Momento de fisuración clase 2. Caso de fisuración que admite la pieza.  
0148 FL1 - Momento de rotura a flexion ultimo  
0149 FL2 - Momento total producido.

0179 FL3 - Momentos producidos por G0650 Y G0670, debidos a la compresi3n del horraigon en cada capa.

0180 FL30 - Momento debido a la tensi3n del acero en J0R15.

0181 FL31 - Momento que producen las tensiones del acero en cada capa.

0182 FLN1 - Momento de rotura ultimo negativo.

0183 FLN2 - Momento ultimo negativo supuesto la pieza como arnadada.

0184 FLN3 - Momento ultimo negativo considerando la pieza como pretensada.

0185 FLN4 - Carga unitaria de rotura del acero maxiaa de proyecto

0186 FLN5 - Llaite elastico de proyecto de arnadura activa.

0187 FLN6 - Llaite elastico de proyecto de arnadura pasiva.

0188 FLN7 - Llaite elastico de arnadura en SICS.

0189 F70 - Centro de gravedad de la capa de horraigon del forjado.

0190 G1 - Centro de gravedad de la capa de horraigon del forjado.

0191 G2 - Centro de gravedad de la subcapa de horraigon del forjado.

0192 G3 - Centro de gravedad de la subcapa de horraigon de la vigueta.

0193 G4 - Centro de gravedad de la subcapa de horraigon de la vigueta.

0194 G04 - Deforacion tras el tesado de cada capa de arnadura activa.

0195 G0P - Deforacion tras el tesado de cada capa de arnadura pasiva.

0196 G0E - Area de horraigon situada sobre la fibra neutra en servicio en viguetas arnadadas.

0197 GMD - Momento del area de horraigon situada sobre la fibra neutra en servicio.

0198 G0E50 - Function que calcula la tension y el momento en cada capa de horraigon para valores ultimos en regimen elastico.

0200 G0R70 - Function que calcula la tension y el momento en cada capa de horraigon para valores ultimos en regimen plastico.

0201 G0R7E - Function que obtiene el momento que producen las tensiones de las capas de horraigon respecto al centro de gravedad de la pieza completa.

0202 G0R0 - Cado del acero de pretensar.

0203 G0AV - Function que calcula el centro de gravedad de las capas de horraigon en la fibra superior de la pieza tras el tesado.

0204 G0NF - Deforacion en la fibra inferior de la pieza tras el tesado.

0210 G0R1 - Fibra neutra para la J0E225.

0211 G0R2 - Punto de capa de horraigon.

0212 H - Parametro que indica la capa que tiene la fibra mas estrecha de la vigueta.

0213 H - Parametro que indica la capa de horraigon donde se inicia la vigueta.

0214 HH - Parametro que indica la capa de horraigon donde se inicia la vigueta.

0215 HP - Canto total de la pieza.

0216 HS - Parametro donde se guarda el valor que indica la capa donde se inicia la vigueta o sea vigueta.

0217 HW - Altura de la vigueta o sea vigueta.

0218 H2P - Altura de las fibras superiores de cada capa de horraigon.

0219 H3P - Altura de las fibras inferiores de cada capa de horraigon.

0220 H4P - Altura de las fibras superiores de cada capa de horraigon.

0221 H5P - Altura de las fibras inferiores de cada capa de horraigon.

0222 H6P - Altura de la fibra superior de la capa de horraigon a dividir.

0223 H7P - Altura de la fibra superior de la subcapa en J0R11.

0224 H8P - Altura de la fibra superior de la subcapa siguiente a la dividida en J0R11.

0225 H9P - Altura de la fibra inferior de la capa de horraigon a dividir.

0226 H0P - Altura de la fibra inferior de la capa siguiente a la dividida en J0R11.

0227 H1P - Altura de la fibra inferior de la capa siguiente a la dividida en J0R11.

0228 H2P - Altura de la fibra inferior de la capa siguiente a la dividida en J0R11.

0229 H3P - Altura de fibra superior de cada capa de horraigon.

0230 H4P - Altura de fibra inferior de cada capa de horraigon.

0231 I04 - Indica si la arnadura de pretensado es de barra o cord3n (1 o 2).

0232 IC - Indica si existe arnadura de contante (<=1) o no (<=0).

0239 IET - Parametro que utiliza para facilitar el posicionamiento tras la devolucion de los segmentos al programa principal

0240 IFIS - Indica la capa anterior a la que tiene la fibra neutra en rotura.

0241 INCM - Numero de fabrica, vigueta, forjado, ..., hasta 72 letras.

0242 ISF - Indica la capa anterior a la que tiene la fibra neutra sin fissurar

0243 ITI04 - Indica que es deformado en frio.

0244 ITI08 - Definicion de tipo de acero de arnadura pasiva.

0245 ITI10 - Definicion de tipo de acero de arnadura pasiva.

0246 ITI12 - Definicion de tipo de acero de arnadura pasiva.

0247 ITI14 - Definicion de tipo de acero de arnadura pasiva.

0248 ITI16 - Definicion de tipo de acero de arnadura pasiva.

0249 ITI18 - Definicion de tipo de acero de arnadura pasiva.

0250 IV1 - Indica la capa anterior a la que tiene la fibra neutra en servicio desde el programa principal

0251 J - Parametro que indica el primer capa de refuerzo.

0252 J1 - Parametro que indica el valor donde se archiva el ancho de las fibras superiores de las capas del forjado.

0253 J2 - Parametro que indica el valor donde se archiva el ancho de las fibras inferiores de las capas del forjado.

0254 J040 - Parametro que indica si se ha calculado la fibra neutra en servicio.

0255 J0E - Durada la forma de rotura a fin de distribuir la iteracion.

0256 J0E1 - Parametro (<=1) si estuvo en SICS calculando la tension de pretensado en arnadura activa.

0257 J0E2 - Parametro que indica que esta en calculo de axiles y (<=0) que esta en calculo de momentos.

0258 J0E3 - Parametro que indica que esta en calculo de axiles.

0259 J0E4 - Parametro que indica la suma de capas de arnadura pasiva y refuerzo en J0R11.

0260 K - Valor de la capa donde se encuentran las fibras neutra o plastica.

0261 K01 - Capa en la que se encuentra la fibra neutra.

0262 K02 - Capa en la que se encuentra la fibra plastica.

0263 K03 - Capa final del calculo de tensiones elasticas en el horraigon.

0264 K04 - Capa inicial del calculo de tensiones elasticas en el horraigon.

0265 K05 - Capa inicial con tensiones plasticas en el horraigon.

0266 K1 - Numero total de capas introducidas la subcapa que contiene la fibra neutra.

0267 K11 - Capa a anadir tras colocar la fibra neutra.

0268 K2 - Capa de la nueva matriz que contiene la fibra plastica.

0269 K21 - Capa a anadir tras colocar la fibra plastica.

0270 K5 - Capa que tiene la fibra neutra.

0281 KL0T0 - Parametro que indica: (<=1) variacion en el tesado (fuerza, pretensado, curado, longitud del banco, grado), (<=0) que no varia.

0282 KL0T1 - Parametro que indica: (<=1) variacion en el horraigon (capas, resistencias, coeficiente de seguridad), (<=0) que no varia.

0283 KL0T2 - Parametro que indica: (<=1) variacion en la arnadura pasiva (<=0) que no varia.

0284 KL0T3 - Parametro que indica: (<=1) variacion en la arnadura activa (capas, coeficiente de seguridad, llaite elastico) (<=0) que no varia.

0285 KL0T4 - Parametro que indica: (<=1) variacion de los refuerzos de negativos (numero de refuerzos, llaite elastico, ...), (<=0) que no varia.

0286 KL0T5 - Parametro que indica: (<=1) que sigue el programa con otra pieza. (<=9999) que finaliza el programa.

0287 KL0T6 - Parametro que indica: (<=1) variacion de la arnadura de contante. (<=0) que no varia.

0288 L102 - Valor que situa la fibra neutra o plastica en J0R11.

0289 L103 - Valor que situa la fibra neutra o plastica en J0R11.



0599	L104	- Valor que situa a la capa siguiente a la fibra	0359	PER3	- Porcentaje de perdidas debido al acortamiento elastico.
0280		neutra o plastica en JOR11.	0360	PER4	- Porcentaje de perdidas debido a la retraccion del horneigo.
0281	L105	- Valor que situa la capa siguiente a la fibra	0361	PER5	- Porcentaje de perdidas debido a la relajacion del horneigo.
0282		neutra o plastica en JOR11.	0362	PER6	- Porcentaje de perdidas debido al proceso de curado.
0283	LA	- Parametro que indica si se ha hallado o no las fibras neutra	0363	PER7	- Porcentaje de perdidas debido a las perdidas instantaneas.
0284		y plastica.	0364	PER8	- Porcentaje de perdidas debido a las perdidas instantaneas.
0285	N	- Coeficiente de homogeneizacion entre horneigos respecto	0365	PER1	- Tension de pretensado que sirve de comparacion con el valor
0286		al del forjado.	0366	PK	de $0.6 \cdot F_{max}$ .
0287	M1	- Momento trasladado considerado solo la tension uniforme de	0367	P0	- Fuerza de pretensado.
0288		pretensado al destesar.	0368	P0	- Tension inicial de pretensado.
0289	M2	- Momento acumulado que produce al destesar una tension de	0369	PR	- Profundidad de la curva de la armadura activa entre secciones
0290		1 kp. en la fibra inferior de la pieza.	0370	PROF	- cuando calcula perdidas por rozamiento.
0291	M3	- Momento producido en cada capa de horneigo de la vigueta	0371	Q	- Canto de calculo de la pieza a efectos del diagrama de
0292		por la distribucion de tensiones variables al destesar.	0372		deformaciones.
0293	M20	- Momento que producen las capas de horneigo y la armadura	0373	Q	- Longitud de contacto en calculo del esfuerzo rasante.
0294		supuesta una tension inferior de 1 kp. en la pieza.	0374	Q0	- Modulo de la capa que contiene a fibra neutra o fibra plastica.
0295	M30	- Momento que producen las capas de horneigo supuesta una tension	0375	Q0	- Modulo de deformacion.
0296		inferior 1 kp.	0376	QC08	- Momento factor maximo negativo segun calculo de armado.
0297	M4	- Parametro para obtener el calculo de capas segun la situacion	0377	QF11	- Momento factor maximo negativo considerando pretensado.
0298		de las fibras neutra y plastica en JOR15.	0378	QF11	- Coeficiente utilizado para hallar perdidas por rozamiento.
0299	M4a	- Coeficiente de homogeneizacion de armaduras activas respecto	0379	QF12	- Canto de la pieza a efecto de diagrama de deformaciones.
0300		al horneigo del forjado.	0380	OK	- Capacidad mecanica de armadura de negativos en saaviagueta
0301	M4P	- Coeficiente de homogeneizacion de armaduras pasivas respecto	0381	OM	pretensada.
0302		al horneigo del forjado.	0382	OM1	- Capacidad mecanica de armadura de negativos en saaviagueta
0303	M4RIA	- Si (-1) indica que esta en calculo de fibra neutra.	0383	OM2	armada.
0304		si (-3) indica que esta en calculo de fibra plastica.	0384	ON	- Canto de calculo de los estados tensionales en momentos negativos.
0305	ME	- Ultima capa plastica.	0385	ON	- Anchuras de las fibras neutra o plastica segun la JOR11.
0306	M6C	- Momento del horneigo del forjado respecto a la base.	0386	OV	- Coeficiente de absorcion de absorcion de cortante debido al
0307	M6ET	- Momento homogeneizado de seccion neta.	0387	OV	pretensado.
0308	M6TA	- Momentos homogeneizados totales de armadura.	0388	RA	- Esfuerzo rasante supuesto en seccion de rotura.
0309	M6TAA	- Momentos homogeneizados de la armadura activa.	0389	RAF	- Esfuerzo rasante de calculo en viguetas pretensadas.
0310	M6TAP	- Momento homogeneizado de armadura pasiva.	0390	RAF	- Resistencia caracteristica del horneigo del forjado.
0311	M6TMA	- Momento total homogeneizado.	0391	RAF	- Coeficiente a aplicar al modulo de elasticidad segun la
0312	M6TOT	- Parametro que sirve para archivar el ancho de la fibra inferior	0392	RAF	relacion de cargas instantaneas, permanentes y citas
0313	M6T	- Parametro que sirve para archivar el ancho de la fibra superior	0393	RAF	para calculo de flechas y diferido.
0314	M62	- Parametro que sirve para archivar el ancho de la fibra superior	0394	RAIV	- Resistencia caracteristica del horneigo de la vigueta
0315	MP	- Momento producido por el pretensado al destesar.	0395	RAIV	- Resistencia multiplicador para hallar las tensiones que en la
0316	MT4a	- Momento total de la armadura activa.	0396	RED	viguetas produce el pretensado a tiempo infinito.
0317	MT4P	- Momento de la armadura pasiva de la saaviagueta.	0397	REDA	- Carga unitaria maxima de rotura.
0318	MVP	- Numero de capas de armaduras pasivas incluyendo refuerzo de	0398	R0	- Angulo en radianes que forma la armadura de corte.
0319		negativos.	0399	R0	- Lmite elastico del acero de la armadura activa.
0320	M4A	- Numero de capas de la armadura activa.	0400	R0A	- Lmite elastico del acero de la armadura pasiva.
0321	M4P	- Numero de capas de la armadura pasiva.	0401	R0A	- Valor a aplicar al esmento que produce el pretensado, al destesar
0322	M4PR	- Numero de capas de armadura pasiva + refuerzos de negativos.	0402	S1	- Tension que produce el pretensado en la fibra superior de la
0323	M4R	- Parametro que indica si (-5) que esta en calculo de momentos	0403	S1	viguetas al destesar.
0324		negativos. Si (-0) que esta en calculo de momentos positivos.	0404	S2	- Tension que produce el pretensado en el centro de gravedad de la
0325	MREF	- Numero de capas de refuerzo en zona de negativos.	0405	S2	armadura pasiva al destesar.
0326	MVEC	- Numero de veces que hace la iteracion de valores ultimos.	0406	S3	- Tension que produce el pretensado en el centro de gravedad de la
0327		Fuerza de pretensado tras la iteracion de valores ultimos.	0407	S4	armadura activa al destesar.
0328	P1	- Tension de pretensado en funcion del lmite elastico.	0408	S4	- Tension que produce el pretensado en la fibra inferior de la
0329	P2	- Capacidad mecanica de armaduras activas y pasivas.	0409	S5	viguetas al destesar.
0330	PCM	- Porcentaje de perdidas debido al rozamiento.	0410	S5	- Tension que produce el pretensado en la fibra superior de la
0331	PER1	- Porcentaje de perdidas debido a las curvas.	0411	S6	viguetas al destesar.
0332	PER2	- Porcentaje de perdidas debido a las curvas.	0412	S6	- Tension que produce el pretensado en el centro de gravedad de la
0333			0413	S7	armadura pasiva al destesar.
0334			0414	S7	- Tension que produce el pretensado en el centro de gravedad de la
0335			0415	S8	armadura activa al destesar.
0336			0416	S8	- Tension que produce el pretensado en la fibra inferior de la
0337			0417	S8	viguetas al destesar.
0338			0418	S8a	- Area de cada capa de armadura activa.





0539	Y0	-	Piezas pretensadas considerado el efecto de pretensado.
0540	Y1	-	Momento de inercia de la seccion de horneado solo.
0541	Y2	-	Momento de inercia de la seccion fisurada en rotura.
0542	Y3	-	Momento de inercia de la seccion en servicio.
0543	Y4	-	$-25.00 * DEPH(I)/f.neutra * 2$
0544	Y401	-	Inercia de la capa de armadura activa respecto al centro de gravedad de la seccion sin fisurar.
0545	Y402	-	Inercia de la capa de armadura pasiva respecto a la fibra neutra en rotura.
0546	Y403	-	Inercia de armadura activa respecto a fibra neutra en rotura.
0547	Y404	-	Inercia de armadura pasiva respecto al centro de gravedad de la seccion sin fisurar.
0548	Y405	-	Inercia de la capa de armadura pasiva respecto al centro de gravedad de la seccion sin fisurar.
0549	Y406	-	Inercia de la capa de armadura pasiva respecto a la fibra neutra de la seccion de rotura.
0550	Y407	-	Inercia de la capa de armadura pasiva respecto a la fibra neutra de la seccion en servicio.
0551	Y408	-	Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en rotura.
0552	Y409	-	Inercia de la armadura pasiva respecto al centro de gravedad de la seccion sin fisurar.
0553	Y410	-	Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en servicio.
0554	Y411	-	Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en rotura.
0555	Y412	-	Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en servicio.
0556	Y413	-	Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en rotura.
0557	Y414	-	Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en servicio.
0558	Y415	-	Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en rotura.
0559	Y416	-	Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en servicio.
0560	Y417	-	Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en rotura.
0561	Y418	-	Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en servicio.
0562	Y419	-	Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en rotura.
0563	Y420	-	$500.00 * DEPH(I) * 2 / f.neutra - 1000 * DEPH(I) / f.neutra$
0564	Y421	-	$-25.00 * DEPH(I) * 2 - 1000 * DEPH(I)$
0565	Y422	-	Momento de inercia de la fibra inferior de la cabeza.
0566	Y423	-	Momento de inercia de la fibra superior de la cabeza.
0567	Y424	-	Momento de inercia de la fibra inferior de la viga.
0568	Y425	-	Momento de inercia de la fibra superior de la viga.
0569	Y426	-	Parasetro para obtener la inercia de las capas del forjado respecto a la fibra neutra.
0570	Y427	-	Parasetro para obtener la inercia de las capas de la viga respecto a la fibra neutra.
0571	Y428	-	Momento de inercia de la fibra inferior de la cabeza.
0572	Y429	-	Momento de inercia de la fibra superior de la cabeza.
0573	Y430	-	Momento de inercia de la fibra inferior de la viga.
0574	Y431	-	Momento de inercia de la fibra superior de la viga.
0575	Y432	-	Momento de inercia de la fibra inferior de la viga.
0576	Y433	-	Momento de inercia de la fibra superior de la viga.
0577	Y434	-	Momento de inercia de la fibra inferior de la viga.
0578	Y435	-	Momento de inercia de la fibra superior de la viga.
0579	Y436	-	Momento de inercia de la fibra inferior de la viga.
0580	Y437	-	Momento de inercia de la fibra superior de la viga.
0581	Y438	-	Momento de inercia de la fibra inferior de la viga.
0582	Y439	-	Momento de inercia de la fibra superior de la viga.
0583	Y440	-	Momento de inercia de la fibra inferior de la viga.
0584	Y441	-	Momento de inercia de la fibra superior de la viga.
0585	Y442	-	Momento de inercia de la fibra inferior de la viga.
0586	Y443	-	Momento de inercia de la fibra superior de la viga.
0587	Y444	-	Parasetro para obtener la inercia del forjado respecto a su centro de gravedad.
0588	Y445	-	Parasetro para obtener la inercia de la viga respecto a su centro de gravedad.
0589	Y446	-	Parasetro para obtener la inercia de la viga respecto a su centro de gravedad.
0590	Y447	-	Parasetro para obtener la inercia de la viga respecto a su centro de gravedad.
0591	Y448	-	Parasetro para obtener la inercia de la viga respecto a su centro de gravedad.
0592	Y449	-	Parasetro para obtener la inercia de la viga respecto a su centro de gravedad.
0593	Y450	-	Parasetro para obtener la inercia de la viga respecto a su centro de gravedad.
0594	Y451	-	Parasetro para obtener la inercia de la viga respecto a su centro de gravedad.
0595	Y452	-	Parasetro para obtener la inercia de la viga respecto a su centro de gravedad.
0596	Y453	-	Parasetro para obtener la inercia de la viga respecto a su centro de gravedad.
0597	Y454	-	Parasetro para obtener la inercia de la viga respecto a su centro de gravedad.
0598	Y455	-	Parasetro para obtener la inercia de la viga respecto a su centro de gravedad.

4 - Seal-armada

5 - Otras

221 - Si (-1) hace el segmento de varios.

222 - Si (-2) no hace el segmento de varios.

223 - Si (-3) hace los pasos intermedios y los escribe.

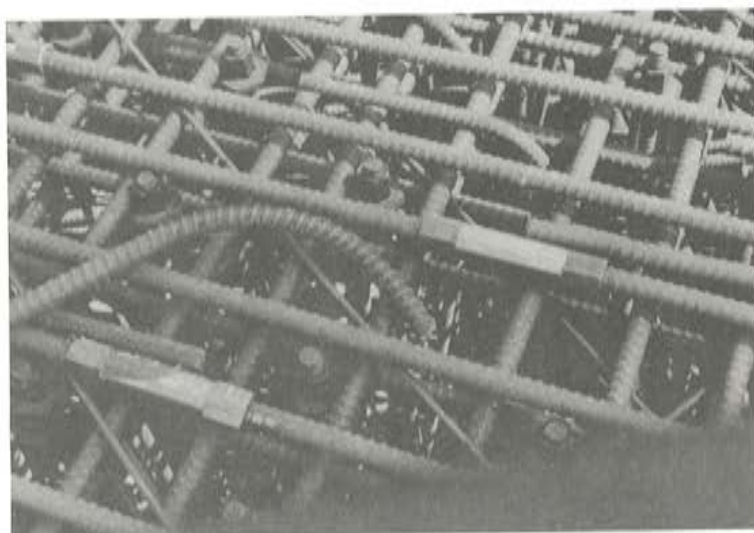
224 - Si (-4) no los escribe.

225 - Si (-5) escribe solo los pasos solicitados en la ficha tecnica.

# ACEROS Y TECNOLOGIA PARA LA CONSTRUCCION, S.A.

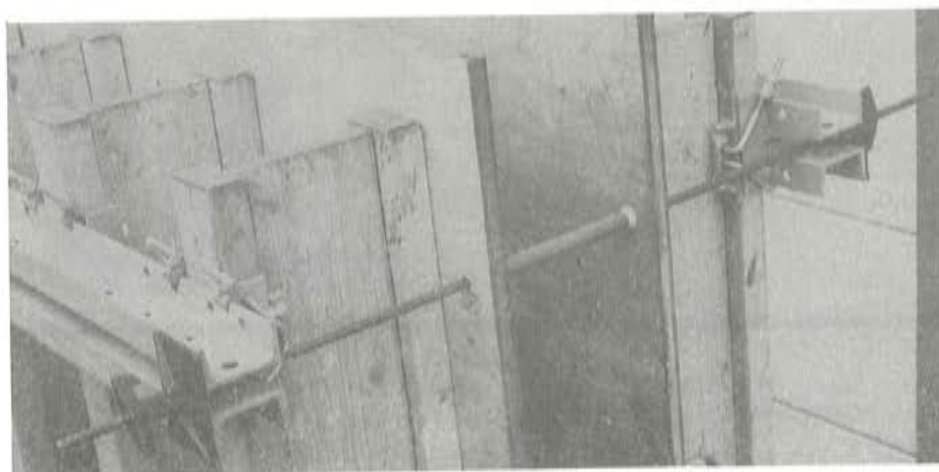


Paseo de la Habana, 14, Madrid-16.  
Teléfono 261 29 85 – Telex: 23533.



Barras roscadas sistema  
GEWI para armaduras,  
fabricadas por AZMA, S.A.  
Accesorios para uniones  
y anclajes.

Sistemas DYWIDAG con aceros de alto límite elástico.  
Barra  $\phi$  15 mm. Calidad 90/110, fabricada por AZMA, S.A.,  
para sujeción de  
encofrados.





# INTEMAC



INSTITUTO TECNICO DE MATERIALES Y CONSTRUCCIONES



Ensayo de pilares a compresión  
contrada

**Oficinas:**  
MADRID  
Monte Esquinza, 30 - 4º D  
MADRID-4  
Tels. (91) 410 51 58/62/66

**Laboratorio:**  
MADRID  
Carretera de Loeches, 7  
TORREJON DE ARDOZ  
Tels. (91) 675 31 00/04/08

**BARCELONA**  
Pasaje Busquets, 37  
CORNELLA DE LLOBREGAT  
Tels. (93) 377 43 58/62

# Recomendaciones para la Preparación de Artículos

Por: R. Piñeiro

Por considerarlo de interés para los que nos favorecen con sus colaboraciones, a continuación se incluyen unas recomendaciones que creemos pueden servirles de guía en la preparación de sus artículos.

## 1. BENEFICIOS QUE REPORTA LA PUBLICACION DE ARTICULOS

La publicación de un artículo beneficia a la empresa del autor e incluso al país; pero al que más beneficia es al propio autor ya que, un buen artículo, puede proporcionarle las siguientes ventajas:

- Un aumento de su prestigio personal que, en algunos casos, puede resultar decisivo para su promoción profesional.
- Un enriquecimiento de su "curriculum vitae".
- La posibilidad de contactar con otras personas interesadas en el mismo tema. Además, al tener que expresar las ideas de forma ordenada, se suele alcanzar un mejor entendimiento del problema.

## 2. PIENSE EN LOS LECTORES

Al preparar un artículo, o cualquier otro trabajo escrito, es necesario pararse a pensar en la mentalidad de los lectores a los cuales va dirigido, para tratar de adecuar a ella su contenido.

Salvo que el tema lo requiera, conviene evitar los desarrollos matemáticos complejos, difíciles de seguir. Sin embargo, los razonamientos u operaciones matemáticas simples no deben desarrollarse con el estilo detallado y paso a paso, propio de los libros de texto, por ir dirigidos a personas que, en general, están más interesadas en las conclusiones que en los métodos de desarrollo.

## 3. COMO HACER PARA QUE LEAN SU ARTICULO

No debe olvidarse que el lector recibe diariamente una verdadera avalancha de papel: Revistas, Informes, Periódicos, Folletos, etc. Como carece de tiempo para digerir toda esta información, tiene que ser selectivo. De aquí que el autor de un artículo se tenga que plantear el problema de *cómo convencer a los lectores para que lean su artículo*.

Hay tres procedimientos para conseguir muchos lectores:

- 1.- Utilizar un título que atraiga la atención del lector.
- 2.- Empezar el artículo con una introducción que resuma el contenido y consiga interesar al lector.
- 3.- Hacer que el artículo sea de fácil y agradable lectura, ilustrándolo con gráficos y tablas que mejoren su aspecto.



### 3.1. El título

*El título debe ser corto y atrayente.* Cuando no sea posible reducirlo a solo unas cuantas palabras, se puede utilizar un título y un subtítulo.

*El título debe ser afirmativo.* Por ejemplo, un artículo que trate de la forma de eliminar defectos en la inyección de las vainas de los tendones de pretensado, no se debe titular "Defectos en la inyección de vainas". Tendrá doble número de lectores si se titula "Cómo evitar los defectos en la inyección de vainas".

### 3.2. La introducción es parte fundamental del artículo

Por muy acertado que sea el título siempre habrá lectores que no sabrán si merece la pena emplear media hora en leerlo.

Hace falta un resumen o introducción en el que se explique al lector qué es lo que va a encontrar si continúa leyendo. *En este resumen se deben citar las conclusiones a que se llega.*

No debe ser demasiado breve, pero tampoco conviene que pase de 150 palabras. Lo ideal son unas 80 ó 100 palabras.

### 3.3. La presentación

Si el título ha conseguido llamar la atención del lector y el resumen le ha parecido interesante, lo más probable es que el lector hojee el artículo antes de ponerse a leerlo. Por eso es esencial que su contenido "entre por los ojos".

Los párrafos no deben ser demasiado largos y en el artículo deben incluirse cuadros y figuras que, además de facilitar su comprensión, ayuden a romper la monotonía del texto.

## 4. TEXTO DEL ARTICULO

No se puede hacer una relación de las partes que debe tener un artículo ni marcar el orden que deben seguir; eso depende del tipo de artículo. Pero sí conviene destacar un defecto muy corriente que consiste en exponer las conclusiones y resultados únicamente al final.

Esta técnica es muy lógica en otros tipos de escritos, como pueden ser las novelas policíacas, pero es desaconsejada por todos los pedagogos y especialistas en técnicas de comunicación y lectura. El lector debe saber a donde le conduce el autor.

Las conclusiones se deben mencionar en el resumen y, si éste no bastase para ello, en el primer capítulo, que puede ser una ampliación o complemento del resumen.

Es muy recomendable que el autor, antes de iniciar el trabajo, se prepare un índice de los puntos principales que pretende tratar y compruebe que siguen una línea lógica en la presentación del problema y sus soluciones. Debe verificar que no se omite nada importante y que no hay reiteraciones o se incluyen consideraciones que no tienen relación directa con el asunto tratado.

### 4.1. Una figura vale por mil palabras

Las figuras no solo facilitan las descripciones, sino que se quedan mucho mejor grabadas en la memoria de los lectores. Conviene utilizarlas al máximo.



Se deben numerar todas las ilustraciones y al referirse a ellas en el texto no se debe hacer diciendo "como se ve en la figura siguiente", porque al componer el artículo puede que resulte imposible colocarla a continuación. En vez de ello debe decirse "como se vé en la figura n<sup>o</sup> ...".

Es muy conveniente que cada ilustración vaya acompañada de una leyenda descriptiva.

Por otra parte, para ayuda de la Redacción de la Revista, conviene que se prepare una lista de figuras con sus leyendas.

#### 4.2. ¿Qué hacer con las fórmulas?

Es muy difícil evitar las erratas de imprenta en las fórmulas complicadas. Si hay que utilizarlas deben seguirse las instrucciones del cuadro I.

Por lo general, las formulaciones complicadas resultan más claras si se manuscriben cuidadosamente que si se mecanografían.

Debe pensarse también que la anchura de la línea de la Revista es de 15 cm. Ya se comprende la complicación que crean las fórmulas de longitud superior.

#### 4.3. Sea claro, preciso y breve

A la hora de escribir un artículo técnico, no hay que preocuparse demasiado por el estilo literario. Lo esencial es *comunicarse* con los lectores, no lucirse ante ellos.

Sobre todo conviene evitar el estilo excesivamente florido y las frases excesivamente largas. Al lector le resultan más fáciles las frases cortas y sin demasiados adjetivos.

Un defecto corriente es el de la cacofonía. Por ejemplo, frases como: "sustituir la descripción por una ilustración" se deben evitar. Suena mucho mejor: "sustituir la descripción por una figura".

También se debe procurar no repetir la misma palabra varias veces en una sola frase.

Cuando existan dos palabras sinónimas y no se sepa cuál utilizar, sin dudarlo debe recurrirse a la más corta. Esto también se aplica a las frases.

#### 4.4. La extensión

Los artículos excesivamente largos suelen cansar al lector. No obstante, algunos temas los requieren y, por consiguiente, no se puede a priori poner límites a su extensión.

Cuando por su excesiva longitud hayan de dividirse, para su publicación, en varios números sucesivos de la Revista, nadie mejor que el autor sabe dónde debe hacerse esta división. Por ello, debe ser él quien lo mande ya dividido.

Para poder calcular lo que va a ocupar un artículo debe saberse que, aproximadamente, tres hojas UNE A4, a doble espacio, ocupan una página de la Revista, siempre que no haya que incluir cuadros, figuras, etc.

### 5. SEPARATAS

Al autor se le entregan siempre, gratuitamente, un cierto número de separatas de su artículo; alrededor de 25. Si desea mayor cantidad para fines particulares, se le pueden facilitar a precio reducido tantas como desee, si las pide *antes de que el artículo haya sido publicado*. Después de tirada la Revista el precio de las separatas sube considerablemente por requerir una nueva impresión.

## CUADRO I

### Reglas para la Preparación de Originales

Mecanografía:	En hojas tamaño UNE A4, a doble espacio por una sola cara.
Dibujos:	Originales a tinta en papel opaco o vegetal. Copias sólo si son perfectamente nítidas. En general las figuras se reducen al menor tamaño compatible con la claridad. Las letras deben ser suficientemente grandes para que no pierdan legibilidad al reducir. Rotulación con plantilla. No utilizar figuras con textos en otros idiomas, a ser posible.
Fotografías:	Preferible en papel opaco y en blanco y negro.
Ilustraciones de libros o catálogos:	Solo se pueden utilizar si son de gran calidad y con texto en castellano. Las fotografías son, generalmente, irreproducibles.
Unidades:	Sistema S. I.
Letras griegas:	Procurar evitarlas. Si son necesarias adjuntar "lista de letras griegas utilizadas en el texto" para facilitar su identificación.
Subíndices y exponentes:	Procurar evitar los exponentes complicados y letras afectadas simultáneamente de subíndices y exponentes. Si son inevitables utilizar, por ejemplo, $(A_b)^{2/3}$ y no $A_b^{2/3}$ .
Identificación de fórmulas:	Utilizar para ello un número entre paréntesis a la derecha de la fórmula. Pero hacerlo sólo en casos necesarios.
Salida impresa de ordenador:	Deben ser evitadas. Sólo en casos excepcionales pueden ser reproducidas con un mínimo de calidad.

### SOMETA SU ARTICULO A ESTE EXAMEN

Una vez que haya terminado la preparación del manuscrito, compruebe los siguientes puntos:

- ¿Se puede acortar el título?
- ¿Es el título suficientemente llamativo?
- ¿Ha preparado un resumen de 80 a 100 palabras?
- ¿Da el resumen una idea clara del contenido del artículo?
- ¿Tiene las suficientes ilustraciones para que resulte fácil de leer?
- ¿Está Vd. seguro de que el lector no tiene que leerse el trabajo hasta el final para enterarse de las conclusiones?
- En caso de duda mejore el resumen o mencione las soluciones en el primer capítulo.
- ¿Guardan las distintas partes una proporción lógica?
- ¿Hay un enlace razonado entre las distintas partes del artículo?
- ¿Hay alguna descripción que se pueda sustituir por una tabla o, aún mejor, por una figura?
- ¿Se podría poner una leyenda debajo de las figuras que permita al lector entenderlas sin necesidad de leerse todo el artículo?
- ¿No quedaría mucho más claro con un ejemplo?
- ¿No convendría incluir un sumario de símbolos?
- ¿Está seguro que una persona no acostumbrada a su letra interpretará correctamente las fórmulas sobre todo si hay exponentes, subíndices y letras griegas?
- ¿Se podría añadir una especie de tabla extractando las principales conclusiones, fórmulas, etc.?
- ¿Ha dado una lista de bibliografía para facilitar al lector la búsqueda de más información?



## PUBLICACION ESPECIAL DE LA A. T. E. P.

### **Manual H.P. 5-79 "Recomendaciones para la disposición y colocación de Armaduras"**

Como continuación de la serie de Manuales que, desde hace años, viene editando la Asociación Técnica Española del Pretensado, y en los que se recogen las recomendaciones relativas a las diferentes etapas del proceso general de ejecución de las construcciones pretensadas, se publica ahora el Manual H.P. 5-79 en el que, bajo el título "Recomendaciones para la disposición y colocación de armaduras", se han recopilado todas aquellas normas que la práctica ha demostrado deben tenerse en cuenta para obtener una adecuada disposición de las armaduras en los elementos pretensados, tanto si se trata de armaduras pretensas como postesas, incluyéndose así mismo las armaduras pasivas que suelen acompañar a las activas.

Por la íntima relación existente entre tales armaduras y otra serie de dispositivos y piezas tales como los anclajes, empalmes, vainas, separadores, etc., se recogen también en este Manual las recomendaciones correspondientes a su colocación.

En todos los casos, se tratan por separado las fases de proyecto, ejecución y control.

El interés del tema elegido resulta evidente si se tiene en cuenta que el estado tensional creado por las armaduras activas en todo elemento pretensado, debe ser tal que permita a éste cumplir, con las necesarias garantías de seguridad y durabilidad, la función a que va destinado. Y como dicho estado tensional depende, no sólo de la magnitud sino también del punto de aplicación de la resultante de las fuerzas de pretensado introducidas, se comprende que la disposición de las armaduras en este tipo de piezas adquiere una importancia primordial; por lo que su colocación debe ser cuidadosamente realizada en obra.

A la consecución de este objetivo se estima que habrán de contribuir, de modo importante, las recomendaciones del Manual que ahora se ofrece y que se espera tendrá la misma favorable acogida que los anteriores de la serie, no sólo entre los Miembros de nuestra Asociación, sino también entre cuantos profesionales desarrollan sus actividades en el campo de la técnica del pretensado.

Este Manual H.P. 5-79, con 87 páginas y varias figuras, se ha puesto a la venta al precio de 300,- ptas. el ejemplar (6,- dólares USA para el extranjero). Para los Miembros de la A.T.E.P. se ha establecido el precio especial de 200,- pesetas (4,- dólares USA para el extranjero).

Los interesados en su adquisición deberán dirigir sus pedidos a la Secretaría de la Asociación Técnica Española del Pretensado, Apartado 19.002, Madrid-33, Tfno: 202 04 40.



# OP SMOPYC/84

**24-28 FEBRERO 1984  
ZARAGOZA**

### **3. SALON INTERNACIONAL DE MAQUINARIA PARA OBRAS PUBLICAS Y CONSTRUCCION**

Dirección y Oficinas: PALACIO FERIAL  
Teléfono 35 81 50 ● Dirección Telegráfica SMOPYC  
Télex 58 185 FEMU E ● Apartado de Correos, 108  
ZARAGOZA-9 (España)



Del 24 al 28 del próximo mes de febrero tendrá lugar en Zaragoza el Tercer Salón Internacional de Maquinaria para Obras Públicas y Construcción SMOPYC/84.

Un salón que va a contar con una nutrida presencia de expositores tanto nacionales como extranjeros, superando ampliamente la edición de 1982.

En el aspecto de las visitas hay que señalar la participación de misiones comerciales extranjeras procedentes de los países que están interesados en la producción nacional y que pueden llegar a ser compradores de los fabricados españoles. También hay que destacar la visita que realizarán a SMOPYC/84, técnicos de ATEM COP y SEOPAN.

Por cuarta vez consecutiva se celebrará un concurso sobre diseño industrial aplicado a la Maquinaria de Obras Públicas y Construcción y asimismo tendrá lugar la ya tradicional jornada de la Prensa Técnica en la que se mantiene un contacto directo con las publicaciones especializadas en la temática del certamen.

En el aspecto científico hay que señalar la celebración de un ciclo de conferencias técnicas que se desarrollará a lo largo de los días 24 y 25. El programa es el siguiente:



#### **CICLO DE CONFERENCIAS TECNICAS 24 y 25 de febrero de 1984**

Temas:

**FABRICACION Y PUESTA EN OBRA DE MEZCLAS ASFALTICAS**

**RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS**

**FIRMES DE HORMIGON**

Conferencia Magistral:

**LAS OBRAS PUBLICAS Y SU INFLUENCIA EN LA GENERACION DE EMPLEO**

Para mayor información, dirigirse a la dirección o teléfono arriba indicados.

CATALOGO OFICIAL (España: 600 Ptas.).



**asociación técnica  
española del pretensado**