

hormigón

y ACERO

nº150

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

1.º trimestre, 1984

CUOTAS ANUALES

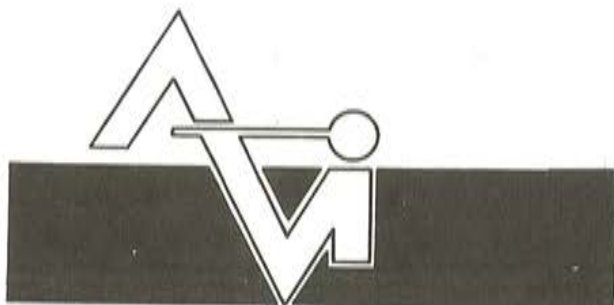
CATEGORIAS	ESPAÑA	EXTRANJERO
Miembros "Personales" (personas naturales)	2.000,— ptas.	40,— dólares
Miembros "Colectivos" (personas jurídicas)	5.000,— ptas.	100,— dólares
Miembros "Protectores" (personas naturales o jurídicas que deseen prestar una ayuda económica especial a la A.T.E.P.)	10.000,— ptas.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

	Pág.
Informe resumido de las actividades desarrolladas por la Asociación Técnica Española del Pretensado durante el año 1983	9
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>	
457-0-88 Dimensionamiento, a esfuerzo cortante, de los nervios de forjados realizados con viguetas semirresistentes de hormigón pretensado.	19
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>	

		Pág.
457-0-89	Análisis de la viga simple sobre lecho elástico a partir del método de los elementos de contorno. 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	Dimensionamiento analítico directo de secciones de hormigón armado en estado límite último de agotamiento. 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	Planteamiento conjunto hormigón armado-hormigón pretensado y tendencias futuras de la normativa. 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	Cálculo de piezas para forjados unidireccionales. Calcul des hourdis pour des planchers nervurés à poutrelles préfabriquées, Design of elements for one-way floors slabs, <i>Jorge Pérez Mañá.</i>	87
	Recomendaciones para la preparación de artículos. 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. (TYP SA).— 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 pretendidas, 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 n° 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 Órgano 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 m³ 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 hormigón 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 teorema 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 Ellices 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, Organo 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 para 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 contruñdos con semiviguetas fabricadas con moldeadora contñua 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 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.

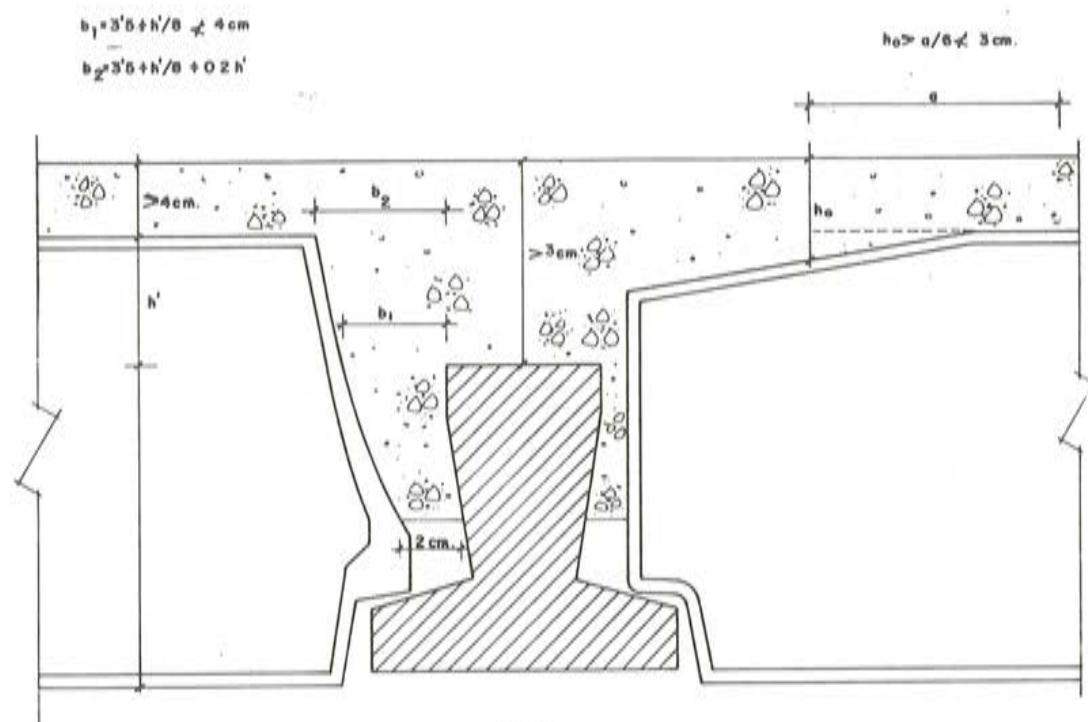


Fig. 1.

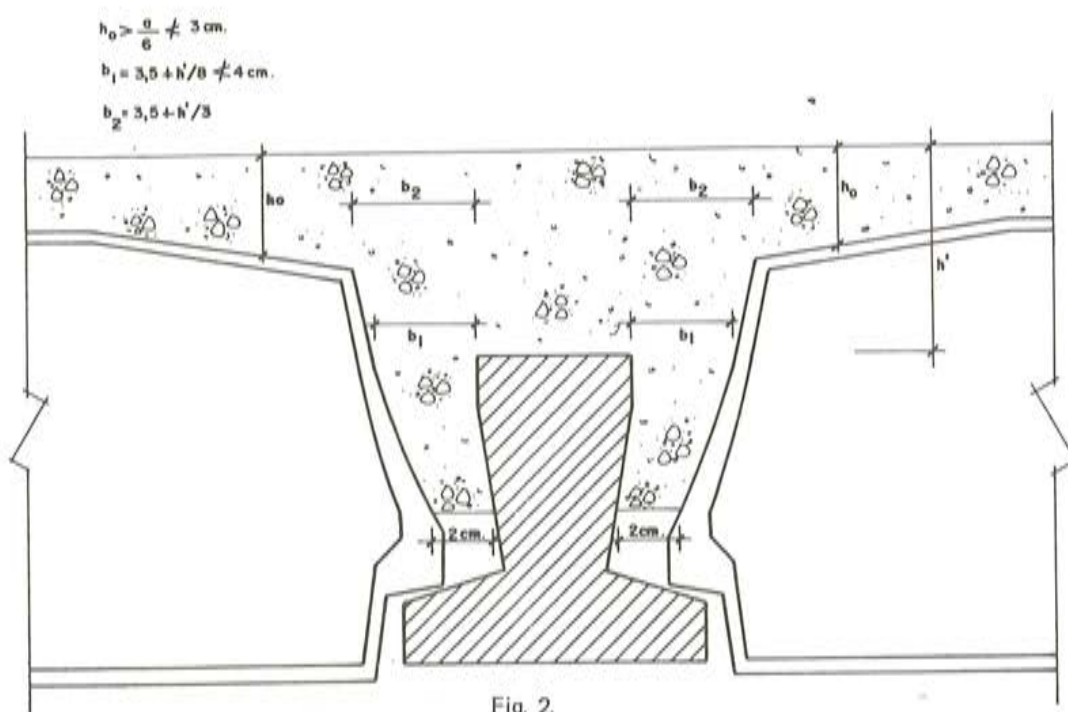


Fig. 2.

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.

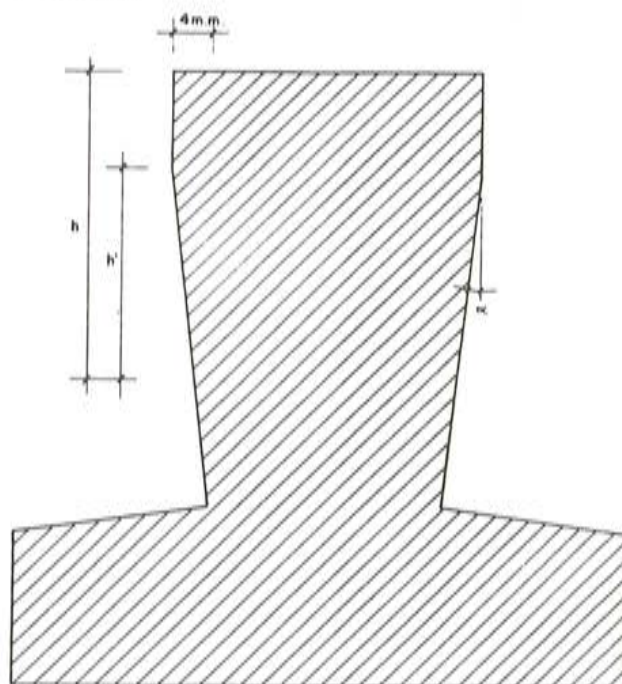


Fig. 3.

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 ≤ 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 $V = V_d/\gamma_f$ (γ_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).

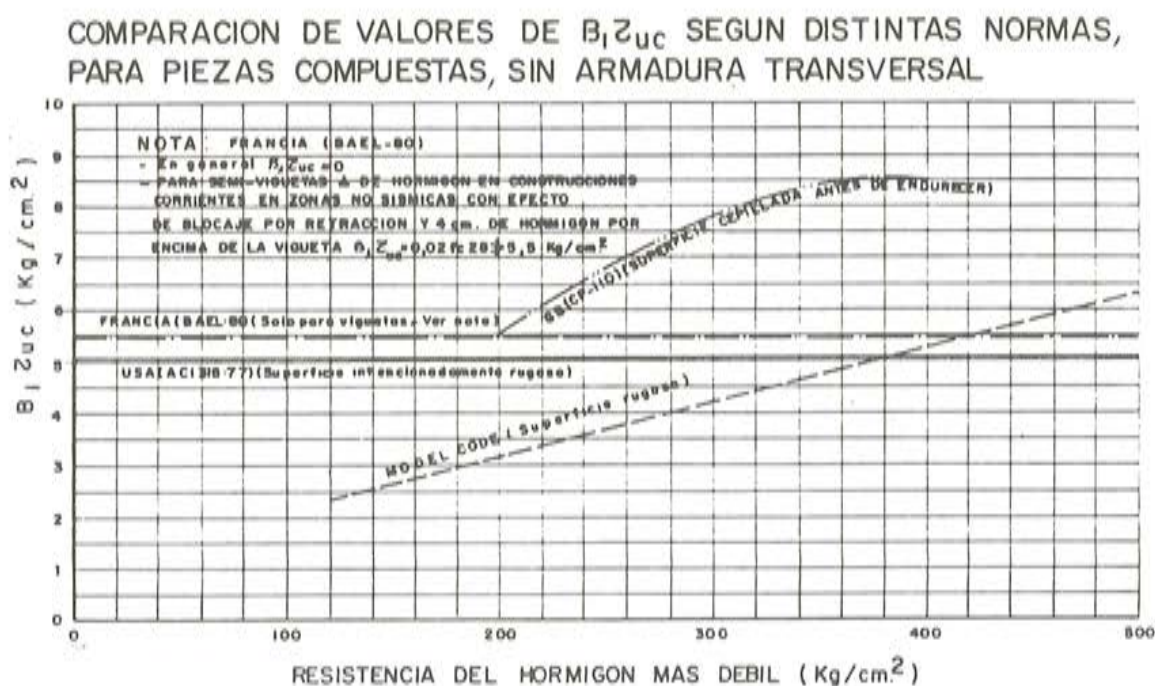


Fig. 4.

Se hace notar, como valor que hay que considerar en el caso que nos ocupa, el de 5,5, Kp/cm², 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 γ_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:

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

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.
- ρ 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 ρ , 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 ρ , debe estar anclada "más allá" de la sección distante un canto útil, d , de la sección que se comprueba.

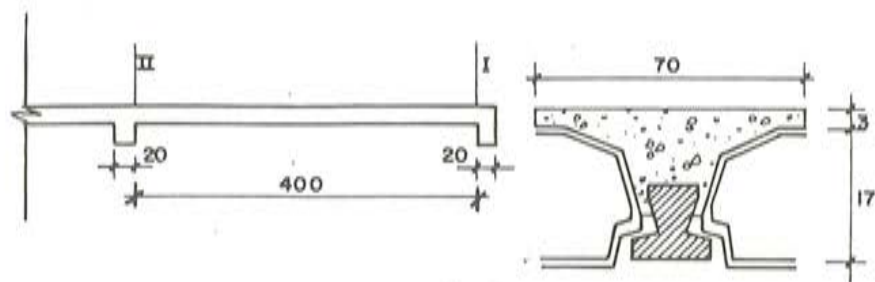


Fig. 5.

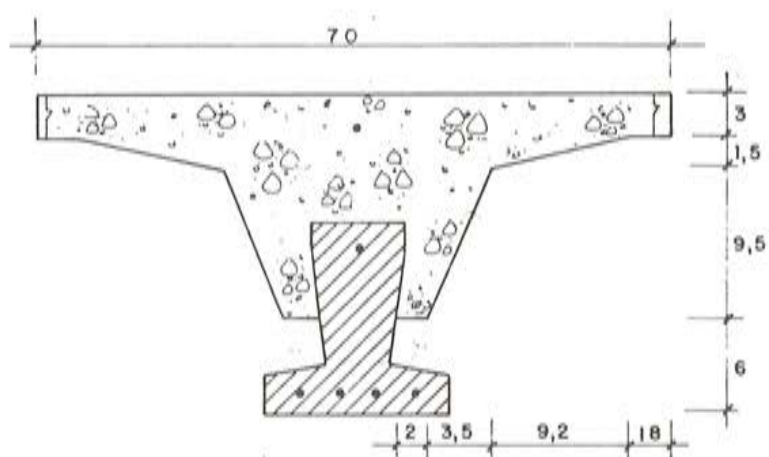


Fig. 6.

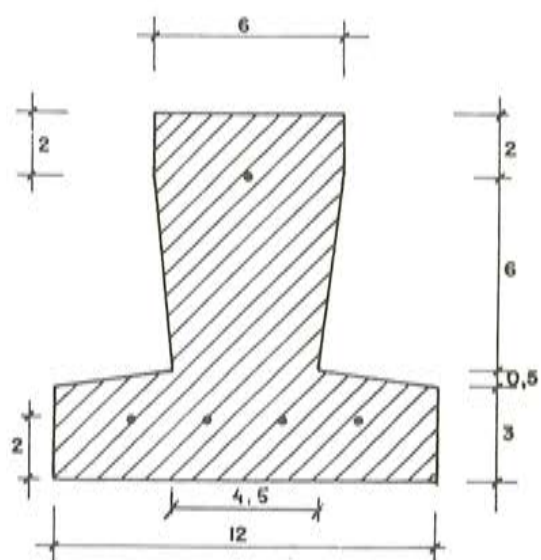


Fig. 7.

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 Kp/cm^2 .

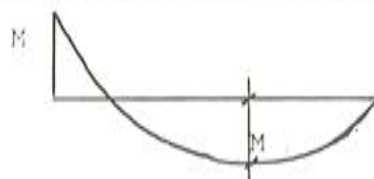
La resistencia del hormigón in situ, $f_c = 200 \text{ Kp/cm}^2$.

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:

$$\gamma_c = 1,4$$

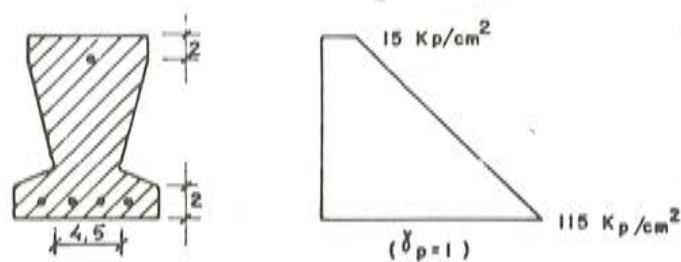


Fig. 8.

2. ESFUERZOS CORTANTES DE AGOTAMIENTO DEL NERVIO

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

a) Por agotamiento del nervio prefabricado:

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

siendo:

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

2056 cm³, 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:

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

c) Por tensiones rasantes admisibles:

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

Siendo $p \sim 18 \text{ cm}$, y S e I los obtenidos para la sección I-I eficaz, que se establece igualando el momento estático de la semivigüeta 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:

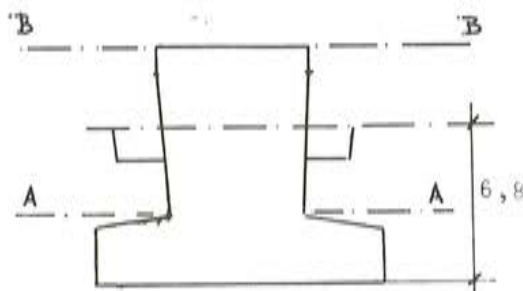


Fig. 9.

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 PLAN-CHERS. 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_i	: 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 solicitaciones internas en la viga.
{U}	: matriz columna cuyos términos son los desplazamientos en el contorno.
v	: desplazamiento vertical.
\mathcal{V}	: esfuerzo cortante.
x	: abscisa genérica.
{X}	: matriz columna cuyos términos son las incógnitas del problema de contorno.
χ	: coeficiente de rigidez relativa.
ξ	: abscisa genérica.
φ y ψ	: 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 isotrópico 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.

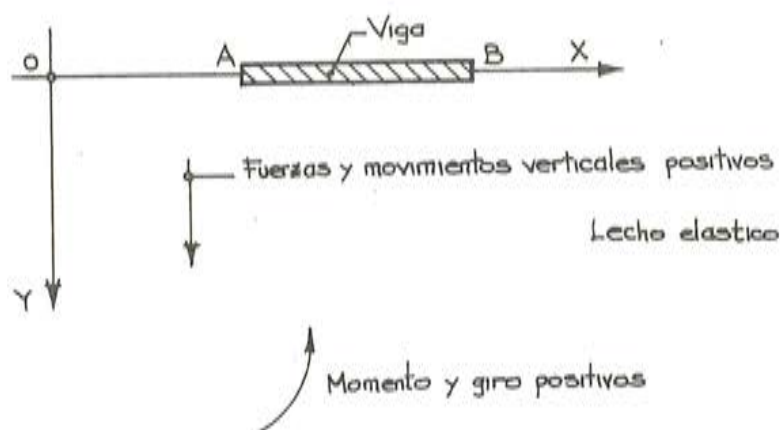


Figura II.1

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.

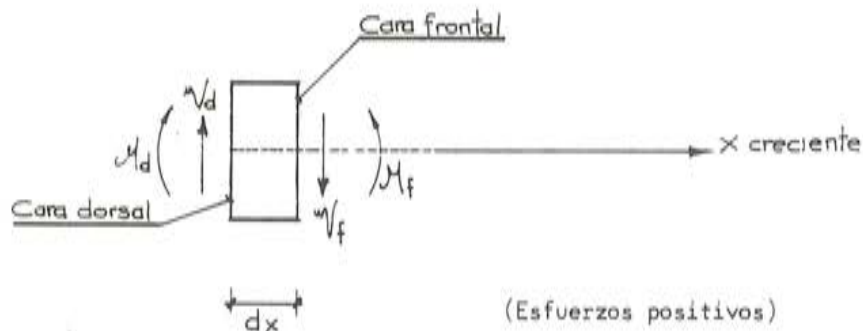


Figura II.2

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:

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

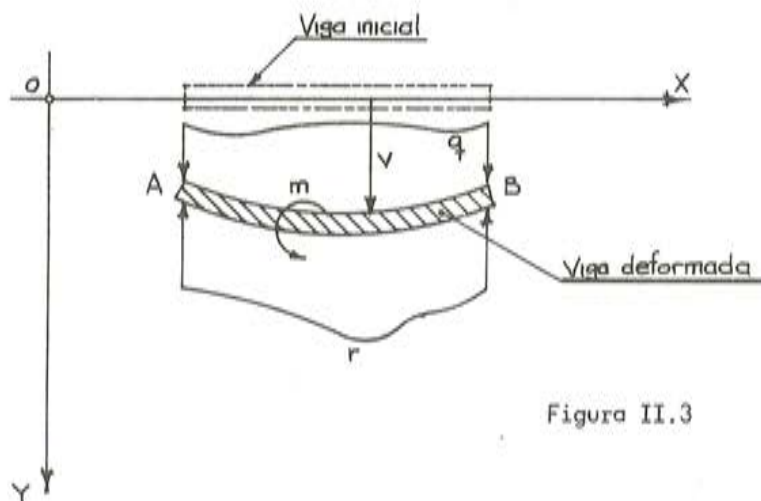
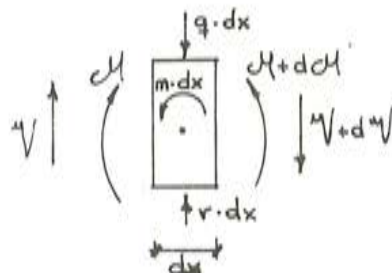


Figura II.3

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):



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

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 " θ " 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 " χ " a la constante de valor:

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

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:

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

puesto que las deformaciones de la viga deben ser prácticamente despreciables en las secciones de aquella 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):

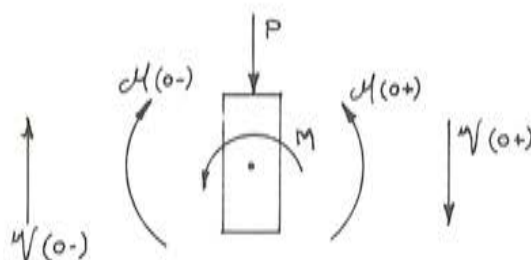


Figura II.5

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

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:

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

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:

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

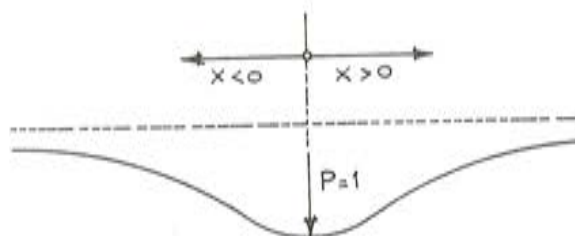


Figura II.6

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

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

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:

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

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.

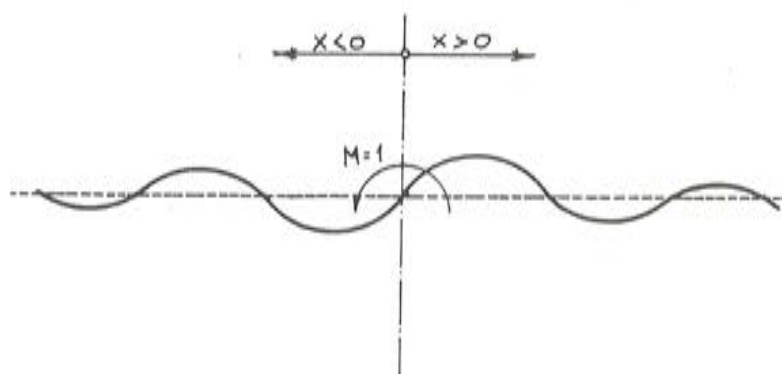


Figura II.7

- 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:

$$v_2^f(x) = -\frac{1}{4EI\chi^2} \cdot \psi(\chi x) \quad (II.16)$$

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).

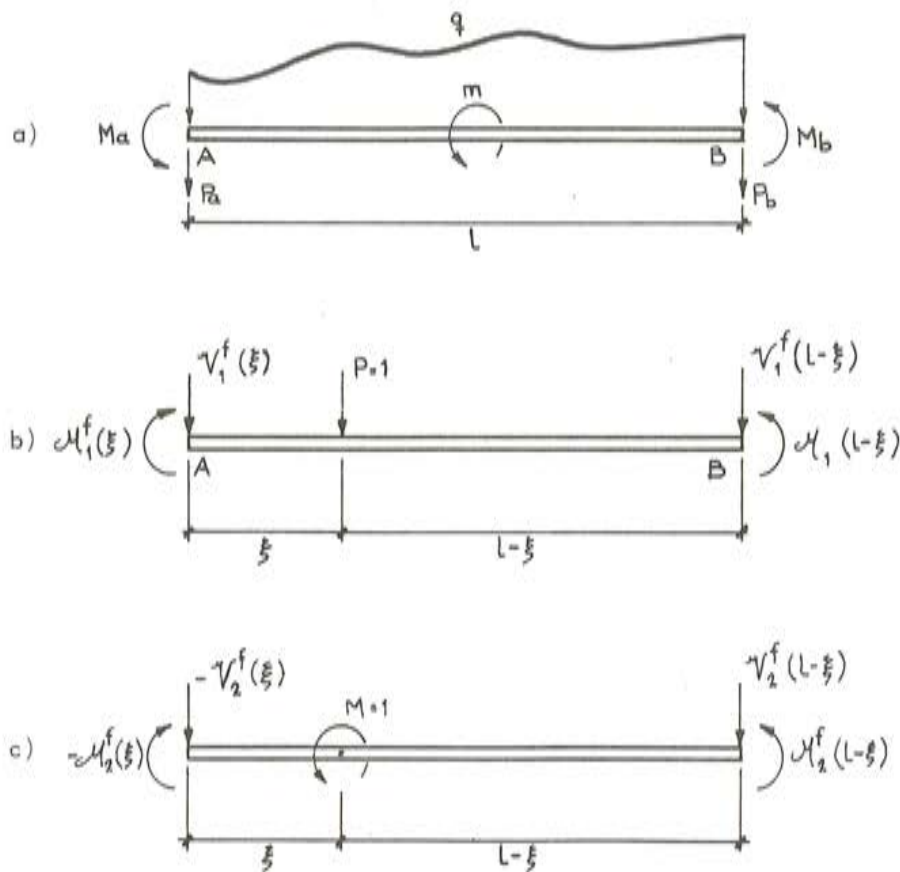


Figura III.1

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

$$\begin{aligned}
 v(\xi) = & -V_1^f(\xi) \cdot v_a + M_1^f(\xi) \cdot \theta_a - V_1^f(L-\xi) \cdot v_b - \\
 & -M_1^f(L-\xi) \cdot \theta_b + v_1^f(\xi) \cdot P_a - \theta_1^f(\xi) \cdot M_a + \\
 & + v_1^f(L-\xi) \cdot P_b + \theta_1^f(L-\xi) \cdot M_b + f_v(\xi)
 \end{aligned} \quad (III.1)$$

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

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

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:

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

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

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

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:

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

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

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

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:

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

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

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 4×4) 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 solicitaciones internas en la misma.

3.3. Expresión general de las solicitaciones 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:

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

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:

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

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

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

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

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:

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

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:

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

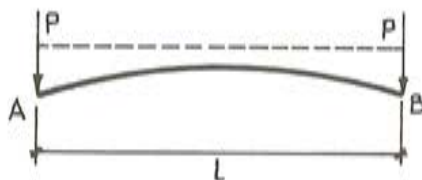


Figura IV.1

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:

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

- 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:

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

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

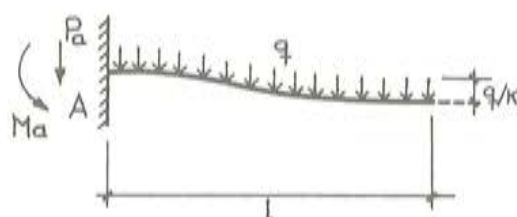


Figura IV.2

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

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

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

Los movimientos en la viga son:

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

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 antimetría del problema ($P_a = -P_b$; $M_a = M_b$) permiten formular la ecuación general de contorno en la forma siguiente:

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

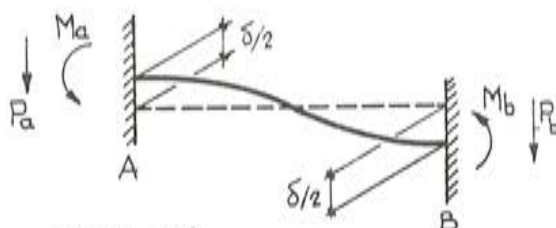


Figura IV.3

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 Rüsch 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.

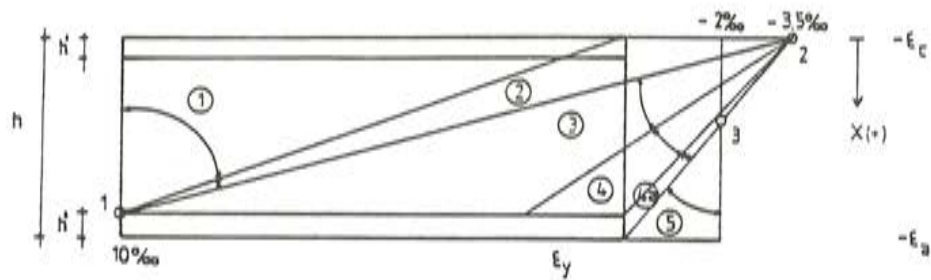


Fig. 2.1. Diagrama de pivotes .

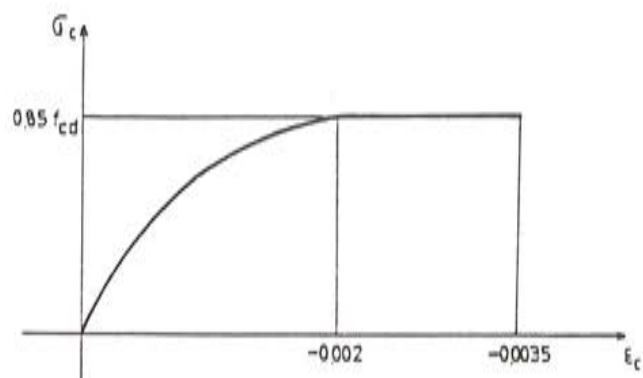


Fig. 2.2. Diagrama tensión deformación del hormigón.

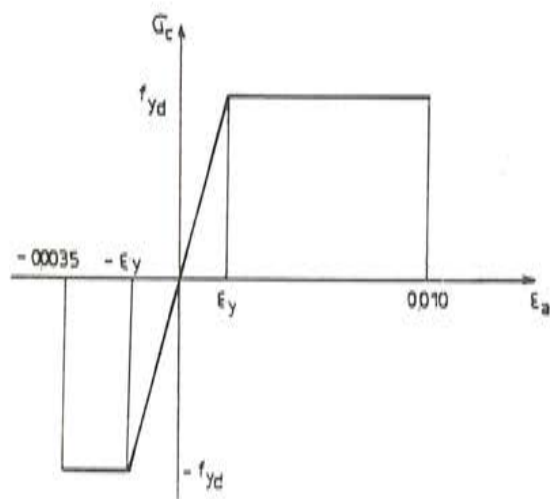


Fig. 2.3. Diagrama tensión deformación del acero dureza natural.

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:

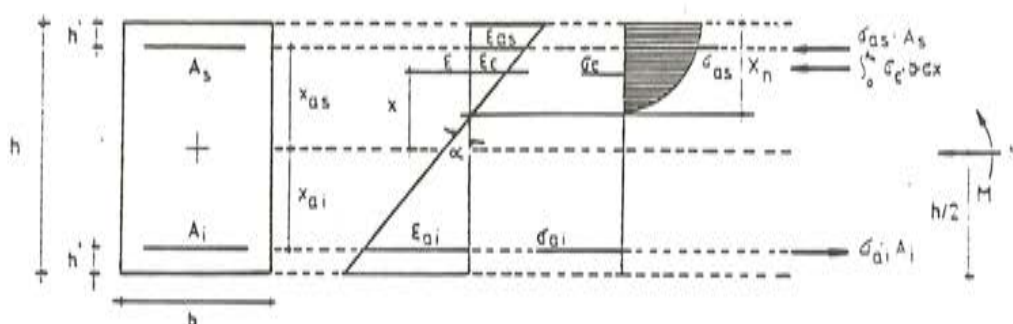


Fig. 3.1. Definición de parámetros: sección rectangular en flexión compuesta.

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

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

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_{a_s}, x_{a_i} : 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.

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

$\epsilon_{a_i}, \epsilon_{a_s}, \epsilon_c$: 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.

ϵ_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:

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

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:

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

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

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

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

Donde:

- ν : Axil reducido resistido por la sección.
- μ : Momento reducido, calculado respecto al centro de gravedad (c. de g.) de la sección, resistido por la sección.
- ν_c : Axil reducido resistido por el hormigón comprimido.
- μ_c : Momento reducido respecto al c. de g. de la sección, resistido por el hormigón.
- ν_{a_i}, ν_{a_s} : Relación entre las tensiones de las armaduras (inferior y superior respectivamente) y la resistencia de cálculo del acero.
- μ_{a_i}, μ_{a_s} : Producto entre las relaciones de tensiones ν_{a_i}, ν_{a_s} y la distancia de las armaduras al c. de g. de la sección.
- ω : 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, $\nu_c, \mu_c, \nu_{a_i}, \mu_{a_i}, \nu_{a_s}, \mu_{a_s}$, 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 ν_c y μ_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 deforma-
ción de agota-
miento.

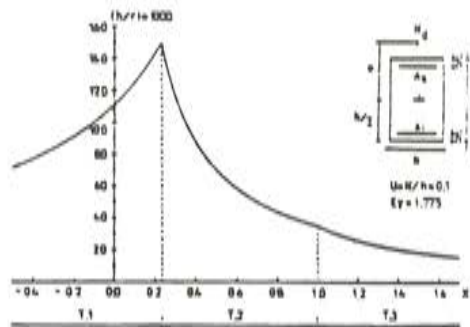


Fig. 3.2 b
Aporte del hormigón
diag. parabola rec-
tángulo

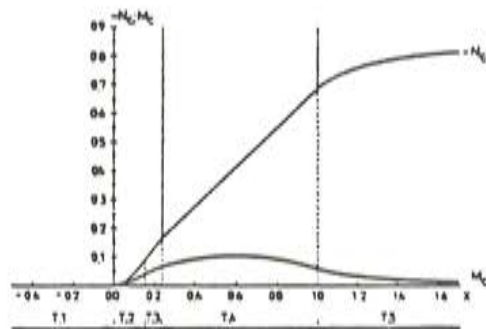


Fig. 3.2 c
Aporte acero capa
inferior.

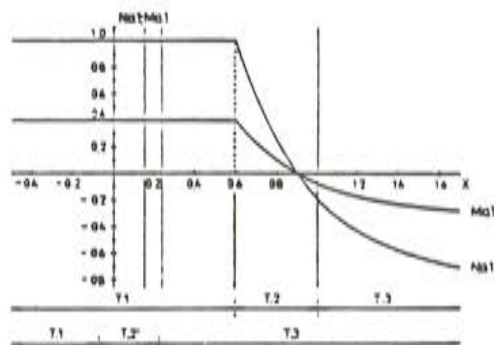


Fig. 3.2 d
Aporte acero capa
superior.

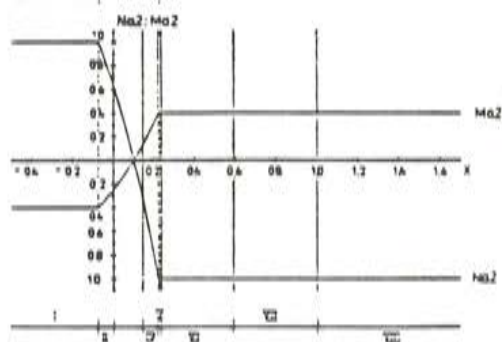


Fig. 3.2. Diagramas de aporte sección rectangular con armadura simétrica.

$N_{a1} = \nu_{a1}$: 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‰ . 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‰ . 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: $1,0 < X < +\infty$

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

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

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

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, desdoblar el tramo 2 descrito definiendo 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 estados 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 intersecta 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'exécution des ouvrages en béton, 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'exécution des ouvrages en béton armé. París (1964).
4. H. RUSH, E. GRASSER y P. RAO. Principes de calcul du béton 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:

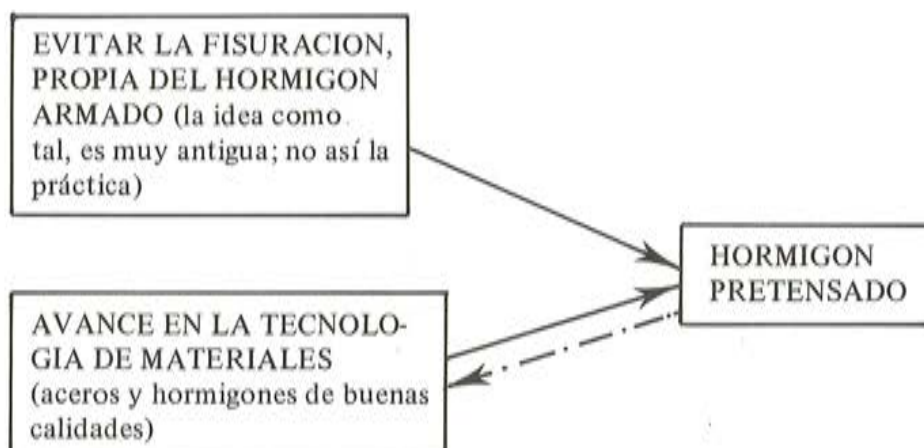


La primera implicación (→) se basa en la inadecuación de los aceros de alta resistencia para ser utilizados en hormigón armado, por la fisuración excesiva que de ello se derivaría. Este problema no se produce en hormigón pretensado, como es bien sabido, adecuándose perfectamente tales aceros a esta técnica, 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 \leftarrow . — 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. Unicamente 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° 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, ν , y de dilatación térmica, α .

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 θ 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, λ .
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, ϕ . 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 γ_r , γ_c y γ_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; cuantías 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 continuos; 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:

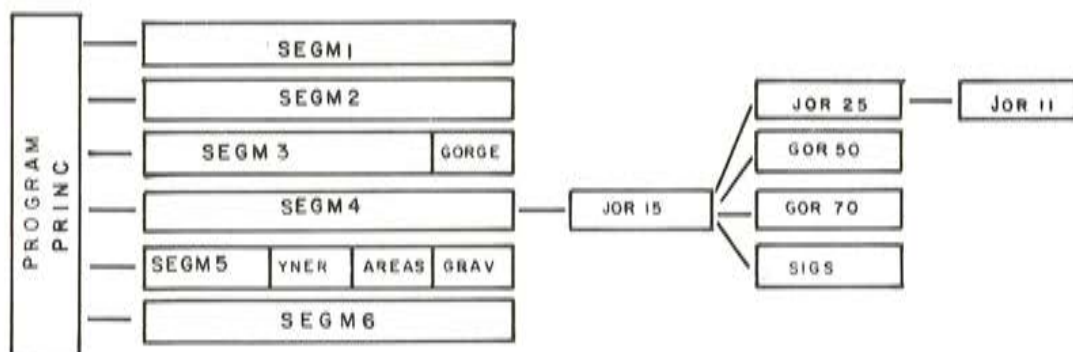
INOM

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

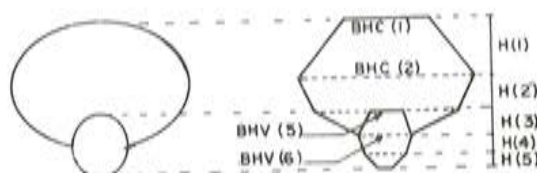
15, 30, 0, 0, 10

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

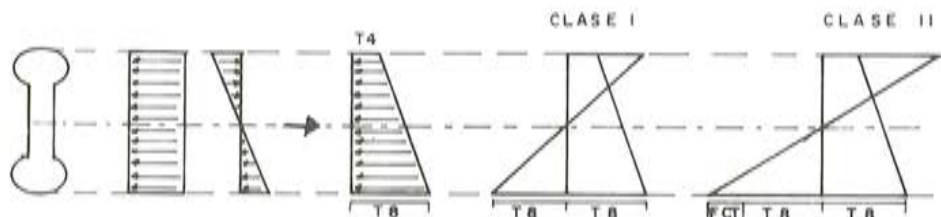
donde se puede prescindir del PO si no se conoce, calculándolo el programa. Los valores de EXT y PROF, si no se consideran las pérdidas de rozamiento, como es habitual, deberán tomarse = 0; y el valor de BANC, si no se indica, el programa lo considera como el correspondiente a una bancada de 70 m.

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 III₀₁ y clase III₀₂ 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.

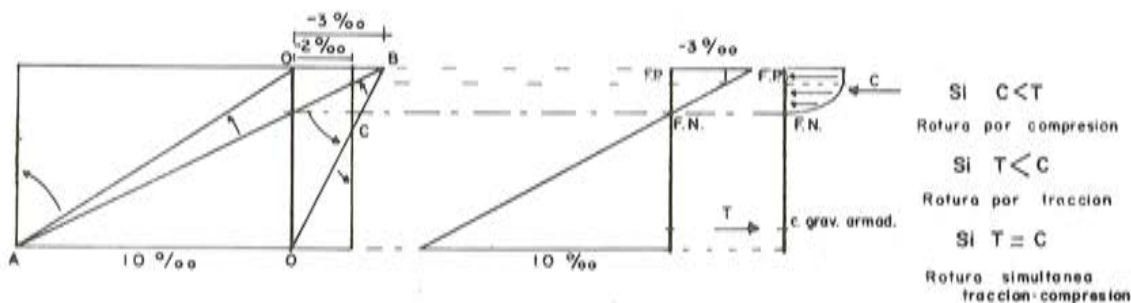


Los casos de fisuración correspondientes a piezas armadas, se establecen directamente desde el programa principal. En este segmento se encuentra la function GORGE, de apoyo para el cálculo de los momentos producidos por la tensión variable en las diferentes capas.

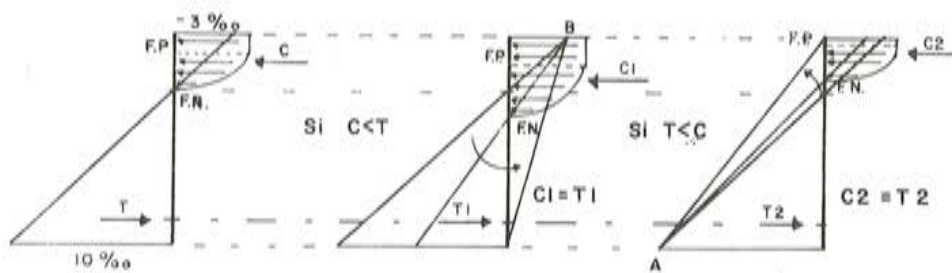
PA 104 segmento 4

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 kilogramo, 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.

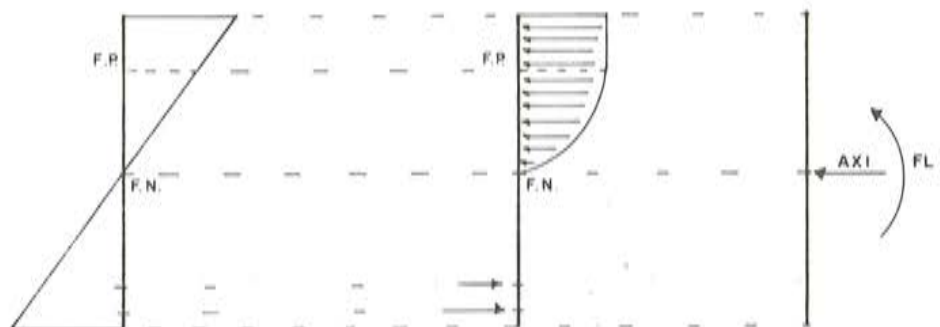
Para la obtención de estos valores, este segmento se apoya en la subroutine JOR 15.

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.

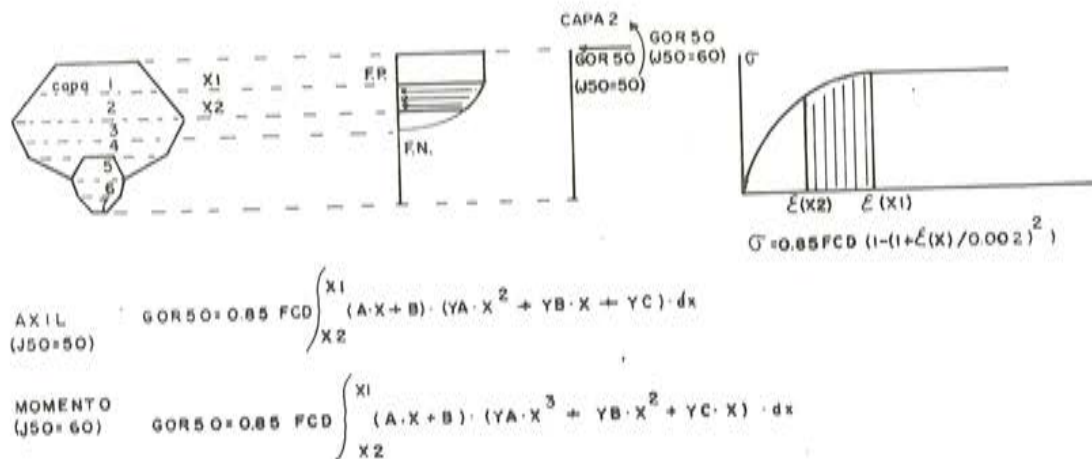


PA 106 function GOR 50

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

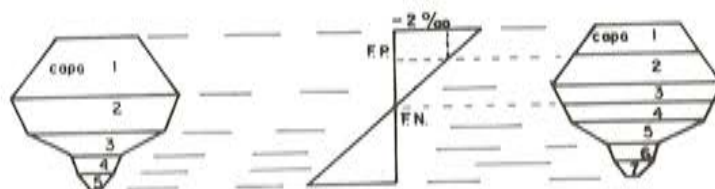
Asimismo, indica el momento, respecto a la fibra superior, que dichas tensiones producen.

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

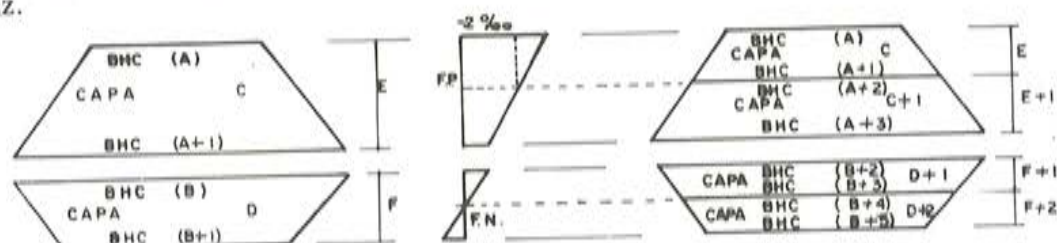
Esta subroutine busca las capas donde se encuentran las fibra neutra y plástica, formando una matriz con las nuevas capas creadas por la partición de las originales según la situación de las citadas fibras; y las señaliza para facilitar el cálculo, separando las capas de las zonas elástica y plástica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

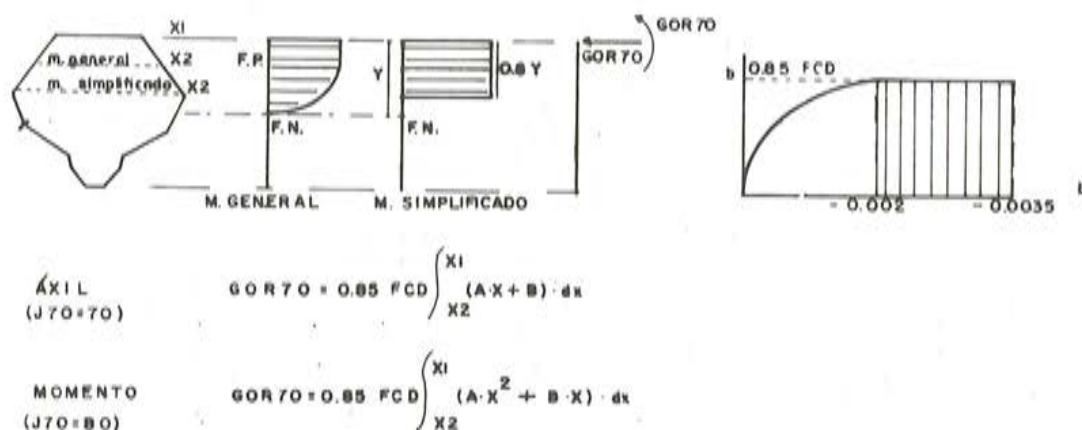
Esta subroutine realiza, una vez halladas las capas que constituyen la fibra neutra y plástica, la partición de las mismas, devolviendo a la JOR 25 dicha partición en una nueva matriz.



PA 109 function JOR 70

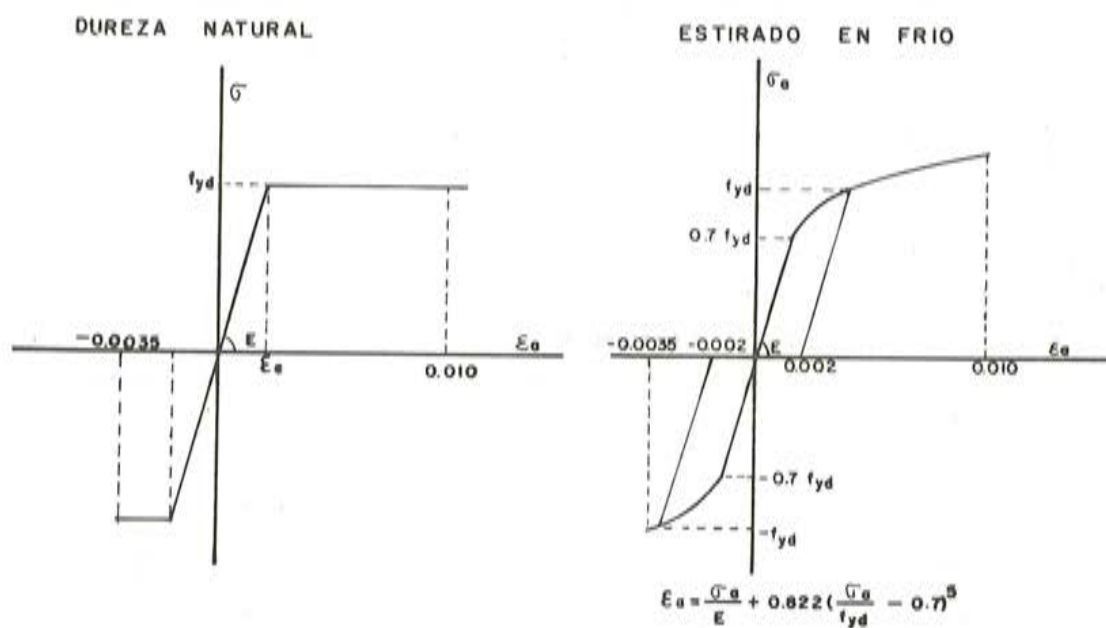
Esta function realiza el cálculo de las tensiones producidas en la zona plastificada del hormigón, y el momento que producen dichas tensiones respecto a la fibra superior de la pieza.

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

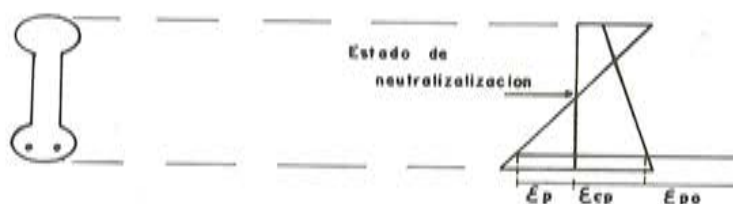


PA 110 function SIGS

Esta function 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:

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

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

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

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

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

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.

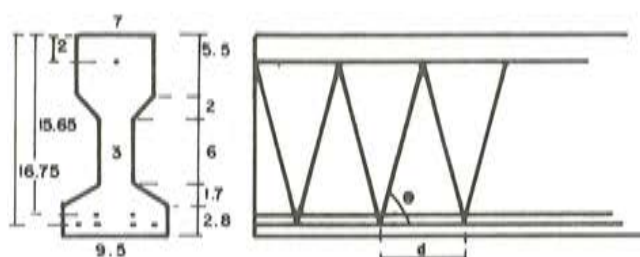
Expuesto el desarrollo del programa y la razón de las reiteraciones introducidas en él, cuyo único objeto es el de estructurar el proceso dejándolo abierto a futuras innovaciones, sólo resta, antes de introducir algunos ejemplos y la transcripción del mismo, indicar la extensa labor desarrollada en todo el trabajo de programación por M^a 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^a 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 solicitaciones 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° 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° 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 Fornies. Hormigón y Acero n° 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° 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 armadura 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.

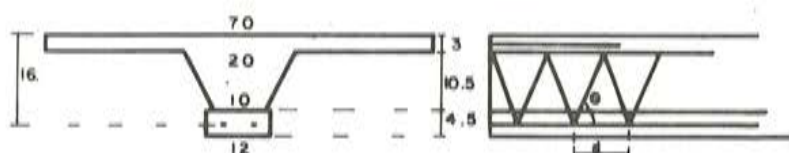
Armadura de cortante: Área 0,07; $d = 15,6$; $Q = 0,757$; Límite elást. = 4,200; $\gamma_s = 1,15$.

C1015 T=00000 IS ON CH00010 USING 00002 BLKS R=0000

```

0001 EJEMPLU 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: Área = 2,16; límite elástico = 4.200; $\gamma_s = 1,15$; dureza natural.

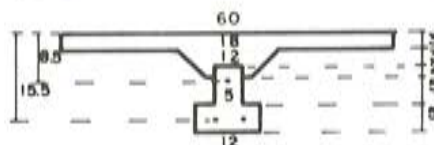
Armadura de cortante: Área = 0,25; $d = 20$; $Q = 0,91$; límite elástico = 4.200; $\gamma_s = 1,15$.

```

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

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 ESP.  MÓDULO
MECANICA  INIC  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 48 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 -2635 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 BASANTE DE CALCULO 8.6 KP
*****
VALOR DE K*E+I PARA DEFORMACIONES 192.8 T*CM2
*****

```

sigue

sigue ejemplo 3.

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	10.000	10.000	0.000	0.000	3.00	3.00			
3	7.000	3.000	5.000	5.000	2.00	8.00			
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 MOO. ELASTIC. COEF. MOMOS.									
FORJADO	175	1.75	204223	204223	1.00				
VIGUETA	350	1.50	306416	306416	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.GRAV. LIM.ELAST. MOD.ELAST. UN=0.0F-1									
1 3.09 1.50 4200 200000 0									
NUMERO DE CAPAS DE ARMADURAS ACTIVAS= 2 COEF. DE SEGUR.= 1.10									
CAPA SUPERF. C.GRAV. B=1-C-2 LIM.EL DN=0.0F-1 MOO. ELAST. COEF. MOM									
1 0.008 8.5000 1 15500 1 280000 9.745									
2 3.326 15.5000 1 15500 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= 16.43									
INERCIAS SIN FISURAS= 13151 FIBRA NEUTRA= 8.47									
INERCIAS EN ROTURA= 892 FIBRA NEUTRA= 2.04									
NEGATIVOS									

MOMENTO SEGUN F.TECNICA= -2635 FIBRA NEUTRA= 9.77									
MOMENTO SEGUN PROGRAMA= -3159 FIBRA NEUTRA= 10.57									
MOMENTO CONSIDERANDO PRETENSADO= -2440 FIBRA NEUTRA= 10.87									
PRETENSADO									

TENSION DE PRETENSADO= 13500 GRAUO= 5 CURADO POR VAPOR= 1									
PERO.POT.= 0 PORCENTAJE= 0.00									
PERO.CUMAS= 19 PORCENTAJE= .30									
PERO.CURADO.= 637 PORCENTAJE= 10.18									

PERD.N.E.MG.=	203	PORCENTAJE=	3.25	
TOTAL PERD. INSTANTANEAS=	840	PORCENTAJE=	13.43	
PERD.RETRACCION=	278	PORCENTAJE=	4.44	
PERD.FUENIA MCON=	268	PORCENTAJE=	4.34	
PERD.RELACION ACERO=	0	PORCENTAJE=	0.00	
TOTAL PERDIDA DIF.=	562	PORCENTAJE=	8.99	
TOTAL PERDIDAS=	1402	PORCENTAJE=	22.42	
TENS.PRET.	INITIAL	PERDIDA	DEFORMACIONES	
FIB.SUPER.	-15.05	-13.85	F.SUP.	0.00000
FIB.CALIGA.	-58.92	-51.07	F.NCALA(1)	-0.00087
FIB.CAPA.	0.00	0.00	F.NCALA(2)	-0.00028
FIB.CANCC.	-65.81	-51.03	F.NCALA(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 PRETENSIO				
			1.4 .81	
ANCHOS DE CALCULO A CORTE DE CABEZA Y VIGUETA				
			12.00	
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 FISURAS Y EN ROTURA=				
			988.80	
ESFUERZO RASANTE SUPUESTO ROTURA=				
			25.54	
DEFORMACIONES				

MODULO DE ELASTICIDAD EN DEFORMACIONES=				
MOMENTO DE INERCIAS EFECTIVO=				
			89711	
			13151	

descargado de www.e-ache.com el 21/02/2026

[illegible]

[illegible]

```

0059 1000000 IS 07 09 13 USING 00012 RUS 00000
0060
0061
0062
0063
0064
0065
0066
0067
0068
0069
0070
0071
0072
0073
0074
0075
0076
0077
0078
0079
0080
0081
0082
0083
0084
0085
0086
0087
0088
0089
0090
0091
0092
0093
0094
0095
0096
0097
0098
0099
0100
0101
0102
0103
0104
0105
0106
0107
0108
0109
0110
0111
0112
0113
0114
0115
0116
0117
0118
0119
0120
0121
0122
0123
0124
0125
0126
0127
0128
0129
0130
0131
0132
0133
0134
0135
0136
0137
0138
0139
0140
0141
0142
0143
0144
0145
0146
0147
0148
0149
0150
0151
0152
0153
0154
0155
0156
0157
0158
0159
0160
0161
0162
0163
0164
0165
0166
0167
0168
0169
0170
0171
0172
0173
0174
0175
0176
0177
0178
0179
0180
0181
0182
0183
0184
0185
0186
0187
0188
0189
0190
0191
0192
0193
0194
0195
0196
0197
0198
0199
0200
0201
0202
0203
0204
0205
0206
0207
0208
0209
0210
0211
0212
0213
0214
0215
0216
0217
0218
0219
0220
0221
0222
0223
0224
0225
0226
0227
0228
0229
0230
0231
0232
0233
0234
0235
0236
0237
0238
0239
0240
0241
0242
0243
0244
0245
0246
0247
0248
0249
0250
0251
0252
0253
0254
0255
0256
0257
0258
0259
0260
0261
0262
0263
0264
0265
0266
0267
0268
0269
0270
0271
0272
0273
0274
0275
0276
0277
0278
0279
0280
0281
0282
0283
0284
0285
0286
0287
0288
0289
0290
0291
0292
0293
0294
0295
0296
0297
0298
0299
0300
0301
0302
0303
0304
0305
0306
0307
0308
0309
0310
0311
0312
0313
0314
0315
0316
0317
0318
0319
0320
0321
0322
0323
0324
0325
0326
0327
0328
0329
0330
0331
0332
0333
0334
0335
0336
0337
0338
0339
0340
0341
0342
0343
0344
0345
0346
0347
0348
0349
0350
0351
0352
0353
0354
0355
0356
0357
0358
0359
0360
0361
0362
0363
0364
0365
0366
0367
0368
0369
0370
0371
0372
0373
0374
0375
0376
0377
0378
0379
0380
0381
0382
0383
0384
0385
0386
0387
0388
0389
0390
0391
0392
0393
0394
0395
0396
0397
0398
0399
0400
0401
0402
0403
0404
0405
0406
0407
0408
0409
0410
0411
0412
0413
0414
0415
0416
0417
0418
0419
0420
0421
0422
0423
0424
0425
0426
0427
0428
0429
0430
0431
0432
0433
0434
0435
0436
0437
0438
0439
0440
0441
0442
0443
0444
0445
0446
0447
0448
0449
0450
0451
0452
0453
0454
0455
0456
0457
0458
0459
0460
0461
0462
0463
0464
0465
0466
0467
0468
0469
0470
0471
0472
0473
0474
0475
0476
0477
0478
0479
0480
0481
0482
0483
0484
0485
0486
0487
0488
0489
0490
0491
0492
0493
0494
0495
0496
0497
0498
0499
0500
0501
0502
0503
0504
0505
0506
0507
0508
0509
0510
0511
0512
0513
0514
0515
0516
0517
0518
0519
0520
0521
0522
0523
0524
0525
0526
0527
0528
0529
0530
0531
0532
0533
0534
0535
0536
0537
0538
0539
0540
0541
0542
0543
0544
0545
0546
0547
0548
0549
0550
0551
0552
0553
0554
0555
0556
0557
0558
0559
0560
0561
0562
0563
0564
0565
0566
0567
0568
0569
0570
0571
0572
0573
0574
0575
0576
0577
0578
0579
0580
0581
0582
0583
0584
0585
0586
0587
0588
0589
0590
0591
0592
0593
0594
0595
0596
0597
0598
0599
0600
0601
0602
0603
0604
0605
0606
0607
0608
0609
0610
0611
0612
0613
0614
0615
0616
0617
0618
0619
0620
0621
0622
0623
0624
0625
0626
0627
0628
0629
0630
0631
0632
0633
0634
0635
0636
0637
0638
0639
0640
0641
0642
0643
0644
0645
0646
0647
0648
0649
0650
0651
0652
0653
0654
0655
0656
0657
0658
0659
0660
0661
0662
0663
0664
0665
0666
0667
0668
0669
0670
0671
0672
0673
0674
0675
0676
0677
0678
0679
0680
0681
0682
0683
0684
0685
0686
0687
0688
0689
0690
0691
0692
0693
0694
0695
0696
0697
0698
0699
0700
0701
0702
0703
0704
0705
0706
0707
0708
0709
0710
0711
0712
0713
0714
0715
0716
0717
0718
0719
0720
0721
0722
0723
0724
0725
0726
0727
0728
0729
0730
0731
0732
0733
0734
0735
0736
0737
0738
0739
0740
0741
0742
0743
0744
0745
0746
0747
0748
0749
0750
0751
0752
0753
0754
0755
0756
0757
0758
0759
0760
0761
0762
0763
0764
0765
0766
0767
0768
0769
0770
0771
0772
0773
0774
0775
0776
0777
0778
0779
0780
0781
0782
0783
0784
0785
0786
0787
0788
0789
0790
0791
0792
0793
0794
0795
0796
0797
0798
0799
0800
0801
0802
0803
0804
0805
0806
0807
0808
0809
0810
0811
0812
0813
0814
0815
0816
0817
0818
0819
0820
0821
0822
0823
0824
0825
0826
0827
0828
0829
0830
0831
0832
0833
0834
0835
0836
0837
0838
0839
0840
0841
0842
0843
0844
0845
0846
0847
0848
0849
0850
0851
0852
0853
0854
0855
0856
0857
0858
0859
0860
0861
0862
0863
0864
0865
0866
0867
0868
0869
0870
0871
0872
0873
0874
0875
0876
0877
0878
0879
0880
0881
0882
0883
0884
0885
0886
0887
0888
0889
0890
0891
0892
0893
0894
0895
0896
0897
0898
0899
0900
0901
0902
0903
0904
0905
0906
0907
0908
0909
0910
0911
0912
0913
0914
0915
0916
0917
0918
0919
0920
0921
0922
0923
0924
0925
0926
0927
0928
0929
0930
0931
0932
0933
0934
0935
0936
0937
0938
0939
0940
0941
0942
0943
0944
0945
0946
0947
0948
0949
0950
0951
0952
0953
0954
0955
0956
0957
0958
0959
0960
0961
0962
0963
0964
0965
0966
0967
0968
0969
0970
0971
0972
0973
0974
0975
0976
0977
0978
0979
0980
0981
0982
0983
0984
0985
0986
0987
0988
0989
0990
0991
0992
0993
0994
0995
0996
0997
0998
0999
1000

```



```

END
RETURN
END

```

LINEA	DESCRIPCION	VALOR	FECHA	ESTADO
0001	FINANCIAL	1000.00	1990-01-01	ACTIVO
0002	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0003	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0004	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0005	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0006	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0007	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0008	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0009	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0010	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0011	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0012	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0013	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0014	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0015	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0016	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0017	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0018	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0019	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0020	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0021	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0022	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0023	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0024	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0025	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0026	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0027	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0028	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0029	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0030	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0031	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0032	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0033	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0034	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0035	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0036	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0037	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0038	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0039	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0040	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0041	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0042	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0043	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0044	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0045	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0046	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0047	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0048	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0049	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0050	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0051	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0052	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0053	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0054	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0055	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0056	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0057	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0058	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0059	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0060	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0061	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0062	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0063	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO
0064	RENTAS	2000.00	1990-01-01	ACTIVO

```

0059 C GRAGA(NC443)
0060 C ENDF
0061 C
0062 C MEDIANTE LOS VALORES X01 Y X02 QUE INDICAN LA FIBRA NEUTRA Y
0063 C PLASTICA DEL HORMIGON EN CASO DE ROTURA BUSCA LA SITUACION
0064 C FINAL DE OCHAS FIBRAS QUE PRODUCEN UN EQUILIBRIO DE TENSIONES
0065 C DE COMPRESION Y TRACCION CON UN ERROR MENOR DE 1 %.
0066 C
0067 C INICIA EL CALCULO CON EL SUPUESTO DE ROTURA SIMULTANEA POR
0068 C TRACCION DE ACERO Y COMPRESION DEL HORMIGON, PUDIENDO DE ESTA
0069 C FORMA PREDECIR SI LA ROTURA ES POR COMPRESION O TRACCION E
0070 C INDICAR COMO LA ZONA DONDE SE ENCUENTRA LA FIBRA NEUTRA
0071 C
0072 C X01=X01*(1+0.002)
0073 C X02=X02*(1+0.002)
0074 C
0075 C SEÑALA LA DEFORMACION DE LA FIBRA SUPERIOR DE LA PIEZA COMO BASE
0076 C PARA EL CALCULO DE TENSIONES
0077 C
0078 C DEFINI=0
0079 C
0080 C TRANSFIERE LOS VALORES DE LAS FIBRAS NEUTRA Y PLASTICA A X1 Y X2.
0081 C
0082 C
0083 C
0084 C
0085 C
0086 C
0087 C
0088 C
0089 C
0090 C
0091 C
0092 C
0093 C
0094 C
0095 C
0096 C
0097 C
0098 C
0099 C
0100 C
0101 C
0102 C
0103 C
0104 C
0105 C
0106 C
0107 C
0108 C
0109 C
0110 C
0111 C
0112 C
0113 C
0114 C
0115 C
0116 C
0117 C
0118 C
0119 C
0120 C
0121 C
0122 C
0123 C
0124 C
0125 C
0126 C
0127 C
0128 C
0129 C
0130 C
0131 C
0132 C
0133 C
0134 C
0135 C
0136 C
0137 C
0138 C
0139 C
0140 C
0141 C
0142 C
0143 C
0144 C
0145 C
0146 C
0147 C
0148 C
0149 C
0150 C
0151 C
0152 C
0153 C
0154 C
0155 C
0156 C
0157 C
0158 C
0159 C
0160 C
0161 C
0162 C
0163 C
0164 C
0165 C
0166 C
0167 C
0168 C
0169 C
0170 C
0171 C
0172 C
0173 C
0174 C
0175 C
0176 C
0177 C
0178 C
0179 C
0180 C
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

```

```

0219 C GUARDA LA ANTIGUA FIBRA NEUTRA Y LA NUEVA EN X2 Y X1, RESPECTIVAMENTE
0220 C PARA EL CALCULO DE FUTURAS ITERACIONES, ASI MISMO GUARDA EL
0221 C ESTADO TENSIONAL EN X1.
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

```



```

0354 *3x,61**-.3,110** KPM *"/,," * CAPACIDAD MECANICA "
0355 *3x,261**-.3,110** Tm *5x**"/,2x**"/,59x**"/
0356 ENDIF
0357 IIT=5
0358 CALL PRINC
0359 END
0360 ENDS

```

```

0354
0355
0356
0357
0358
0359
0360

```

```

0369 C
0370 IF (ABS(CAN2).LE.1.150 TO 265
0371 ENDF
0372 C
0373 C CALCULA LA NUEVA FORA NEUTRA
0374 C
0375 x3=(4*x2+2*x-ANM1*x1N)/(4*x2-ANM1)
0376 IF (ABS(.LE.0.1X5A=0
0377 IF (ABS(.GE.1X5A=0
0378 x20=x1N
0379 x10=x3N
0380 ANM1=ANM2
0381 IF (JOR.GE.1150 TO 249
0382 GO TO 246
0383 CONTINUE
0384 IF (Z2.EQ.2.09.Z2.EQ.4)FLN1=100.*FLN1/DEJES
0385 FLN1=FLN1/100.
0386 CSE1=CS1/100.
0387 IF (Z2.EQ.3)WRITE(6,130)FLN1,CSE1
0388 130 FORMAT(' * MOMENTO FLECTOR MAXIMO SEGUN F. TECNICA ')
0389 *5x,71**-.3,110** KPM *"/,," * CAPACIDAD MECANICA "
0390 *3x,261**-.3,110** Tm *5x**"/,2x**"/,59x**"/
0391 NEG=10
0392 IF (ABS(C11)/2**55*(MP-C11)/2.)
0393 XPM=XPM+.2*(MP-XPM)
0394 XPM=XPM
0395 XPM=XPM
0396 QM=QPM
0397 ENL=-.0035
0398 SEP=112.0027*XPM/1.55*(MP-C11)/2.)
0399 CALL J091ST06,ANM7,FLN7,QM,BM1)
0400 QM=XPM/100.
0401 FLN1=FLN1/100.*QPM/C11/2
0402 IF (Z2.EQ.2.09.Z2.EQ.4)FLN1=100.*DEJES
0403 FLN1=FLN1/100
0404 IF (Z2.EQ.2.09.Z2.EQ.4)QPM=100.*BM1/DEJES
0405 QPM=QPM/100
0406 IF (Z2.EQ.3)WRITE(6,131)QPM,FLN1
0407 131 FORMAT(' * MOMENTO FLECTOR MAXIMO SEGUN PROGRAMA ')
0408 *5x,91**-.3,110** KPM *"/,," * CAPACIDAD MECANICA "
0409 *3x,261**-.3,110** Tm *5x**"/,2x**"/,59x**"/
0410 IF (Z2.EQ.2.09.Z2.EQ.4)
0411 NEG=5
0412 QM=QPM
0413 QM=QPM+.0035*ABS(C11)
0414 SEP=.0027/(.0027+QPM)
0415 XPM=C11/2+.5*(MP-C11)/2.)
0416 XPM=XPM+.2*(MP-XPM)
0417 XPM=XPM
0418 ANM1=ANM2
0419 CALL J091ST06,ANM9,FLN9,QM,BM2)
0420 QM=XPM/100.
0421 FLN1=FLN1/100.*QPM/C11/2
0422 IF (Z2.EQ.2.09.Z2.EQ.4)FLN1=100.*DEJES
0423 FLN1=FLN1/100
0424 QPM=QPM/100.
0425 IF (Z2.EQ.3)WRITE(6,132)QPM,FLN1
0426 132 FORMAT(' * MOMENTO FLECTOR MAXIMO CONSIDERANDO PET ')

```

Documento descargado de www.e-ache.com el 21/02/2026


```

0010  T=0004 IS ON CR SY      USING 00012 BLKS R=0000
0001  FTMAX=L
0002  FUNCTION GRSS(CB,CM,X,Y,X99,M1,M2,M3,M4,C1,C2,FCIC,FCIV,J50,J22)
0003  C
0004  MAKE EL CALCULO DE LAS TENSIONES DE COMPRESION DE LA CAPA DE
0005  C
0006  MOMIUM DE VIGUETA Y FORJADO EN LA ZONA ELASTICA
0007  C
0008  HALLA LA PENDIENTE DEL CONTORNO Y PLANEA EL CALCULO
0009  C
0010  IF C2=J22
0011  IF C2=J22
0012  4100*
0013  4200*
0014  4300*
0015  4400*
0016  ELSE
0017  4110=M1/J1/(C1-C2)
0018  4210=M2/J2/(C1-C2)
0019  4310=M3/J3/(C1-C2)
0020  4410=M4/J4/(C1-C2)
0021  4500*
0022  4600*
0023  4700*
0024  4800*
0025  4900*
0026  5000*
0027  5100*
0028  5200*
0029  5300*
0030  5400*
0031  5500*
0032  5600*
0033  5700*
0034  5800*
0035  5900*
0036  6000*
0037  6100*
0038  6200*
0039  6300*
0040  6400*
0041  6500*
0042  6600*
0043  6700*
0044  6800*
0045  6900*
0046  7000*
0047  7100*
0048  7200*
0049  7300*
0050  7400*
0051  7500*
0052  7600*
0053  7700*
0054  7800*
0055  7900*
0056  8000*
0057  8100*
0058  8200*
0059  8300*
0060  8400*
0061  8500*
0062  8600*
0063  8700*
0064  8800*
0065  8900*
0066  9000*
0067  9100*
0068  9200*
0069  9300*
0070  9400*
0071  9500*
0072  9600*
0073  9700*
0074  9800*
0075  9900*
0076  10000*
0077  10100*
0078  10200*
0079  10300*
0080  10400*
0081  10500*
0082  10600*
0083  10700*
0084  10800*
0085  10900*
0086  11000*
0087  11100*
0088  11200*
0089  11300*
0090  11400*
0091  11500*
0092  11600*
0093  11700*
0094  11800*
0095  11900*
0096  12000*
0097  12100*
0098  12200*
0099  12300*
0100  12400*
0101  12500*
0102  12600*
0103  12700*
0104  12800*
0105  12900*
0106  13000*
0107  13100*
0108  13200*
0109  13300*
0110  13400*
0111  13500*
0112  13600*
0113  13700*
0114  13800*
0115  13900*
0116  14000*
0117  14100*
0118  14200*
0119  14300*
0120  14400*
0121  14500*
0122  14600*
0123  14700*
0124  14800*
0125  14900*
0126  15000*
0127  15100*
0128  15200*
0129  15300*
0130  15400*
0131  15500*
0132  15600*
0133  15700*
0134  15800*
0135  15900*
0136  16000*
0137  16100*
0138  16200*
0139  16300*
0140  16400*
0141  16500*
0142  16600*
0143  16700*
0144  16800*
0145  16900*
0146  17000*
0147  17100*
0148  17200*
0149  17300*
0150  17400*
0151  17500*
0152  17600*
0153  17700*
0154  17800*
0155  17900*
0156  18000*
0157  18100*
0158  18200*
0159  18300*
0160  18400*
0161  18500*
0162  18600*
0163  18700*
0164  18800*
0165  18900*
0166  19000*
0167  19100*
0168  19200*
0169  19300*
0170  19400*
0171  19500*
0172  19600*
0173  19700*
0174  19800*
0175  19900*
0176  20000*
0177  20100*
0178  20200*
0179  20300*
0180  20400*
0181  20500*
0182  20600*
0183  20700*
0184  20800*
0185  20900*
0186  21000*
0187  21100*
0188  21200*
0189  21300*
0190  21400*
0191  21500*
0192  21600*
0193  21700*
0194  21800*
0195  21900*
0196  22000*
0197  22100*
0198  22200*
0199  22300*
0200  22400*
0201  22500*
0202  22600*
0203  22700*
0204  22800*
0205  22900*
0206  23000*
0207  23100*
0208  23200*
0209  23300*
0210  23400*
0211  23500*
0212  23600*
0213  23700*
0214  23800*
0215  23900*
0216  24000*
0217  24100*
0218  24200*
0219  24300*
0220  24400*
0221  24500*
0222  24600*
0223  24700*
0224  24800*
0225  24900*
0226  25000*
0227  25100*
0228  25200*
0229  25300*
0230  25400*
0231  25500*
0232  25600*
0233  25700*
0234  25800*
0235  25900*
0236  26000*
0237  26100*
0238  26200*
0239  26300*
0240  26400*
0241  26500*
0242  26600*
0243  26700*
0244  26800*
0245  26900*
0246  27000*
0247  27100*
0248  27200*
0249  27300*
0250  27400*
0251  27500*
0252  27600*
0253  27700*
0254  27800*
0255  27900*
0256  28000*
0257  28100*
0258  28200*
0259  28300*
0260  28400*
0261  28500*
0262  28600*
0263  28700*
0264  28800*
0265  28900*
0266  29000*
0267  29100*
0268  29200*
0269  29300*
0270  29400*
0271  29500*
0272  29600*
0273  29700*
0274  29800*
0275  29900*
0276  30000*
0277  30100*
0278  30200*
0279  30300*
0280  30400*
0281  30500*
0282  30600*
0283  30700*
0284  30800*
0285  30900*
0286  31000*
0287  31100*
0288  31200*
0289  31300*
0290  31400*
0291  31500*
0292  31600*
0293  31700*
0294  31800*
0295  31900*
0296  32000*
0297  32100*
0298  32200*
0299  32300*
0300  32400*
0301  32500*
0302  32600*
0303  32700*
0304  32800*
0305  32900*
0306  33000*
0307  33100*
0308  33200*
0309  33300*
0310  33400*
0311  33500*
0312  33600*
0313  33700*
0314  33800*
0315  33900*
0316  34000*
0317  34100*
0318  34200*
0319  34300*
0320  34400*
0321  34500*
0322  34600*
0323  34700*
0324  34800*
0325  34900*
0326  35000*
0327  35100*
0328  35200*
0329  35300*
0330  35400*
0331  35500*
0332  35600*
0333  35700*
0334  35800*
0335  35900*
0336  36000*
0337  36100*
0338  36200*
0339  36300*
0340  36400*
0341  36500*
0342  36600*
0343  36700*
0344  36800*
0345  36900*
0346  37000*
0347  37100*
0348  37200*
0349  37300*
0350  37400*
0351  37500*
0352  37600*
0353  37700*
0354  37800*
0355  37900*
0356  38000*
0357  38100*
0358  38200*
0359  38300*
0360  38400*
0361  38500*
0362  38600*
0363  38700*
0364  38800*
0365  38900*
0366  39000*
0367  39100*
0368  39200*
0369  39300*
0370  39400*
0371  39500*
0372  39600*
0373  39700*
0374  39800*
0375  39900*
0376  40000*
0377  40100*
0378  40200*
0379  40300*
0380  40400*
0381  40500*
0382  40600*
0383  40700*
0384  40800*
0385  40900*
0386  41000*
0387  41100*
0388  41200*
0389  41300*
0390  41400*
0391  41500*
0392  41600*
0393  41700*
0394  41800*
0395  41900*
0396  42000*
0397  42100*
0398  42200*
0399  42300*
0400  42400*
0401  42500*
0402  42600*
0403  42700*
0404  42800*
0405  42900*
0406  43000*
0407  43100*
0408  43200*
0409  43300*
0410  43400*
0411  43500*
0412  43600*
0413  43700*
0414  43800*
0415  43900*
0416  44000*
0417  44100*
0418  44200*
0419  44300*
0420  44400*
0421  44500*
0422  44600*
0423  44700*
0424  44800*
0425  44900*
0426  45000*
0427  45100*
0428  45200*
0429  45300*
0430  45400*
0431  45500*
0432  45600*
0433  45700*
0434  45800*
0435  45900*
0436  46000*
0437  46100*
0438  46200*
0439  46300*
0440  46400*
0441  46500*
0442  46600*
0443  46700*
0444  46800*
0445  46900*
0446  47000*
0447  47100*
0448  47200*
0449  47300*
0450  47400*
0451  47500*
0452  47600*
0453  47700*
0454  47800*
0455  47900*
0456  48000*
0457  48100*
0458  48200*
0459  48300*
0460  48400*
0461  48500*
0462  48600*
0463  48700*
0464  48800*
0465  48900*
0466  49000*
0467  49100*
0468  49200*
0469  49300*
0470  49400*
0471  49500*
0472  49600*
0473  49700*
0474  49800*
0475  49900*
0476  50000*
0477  50100*
0478  50200*
0479  50300*
0480  50400*
0481  50500*
0482  50600*
0483  50700*
0484  50800*
0485  50900*
0486  51000*
0487  51100*
0488  51200*
0489  51300*
0490  51400*
0491  51500*
0492  51600*
0493  51700*
0494  51800*
0495  51900*
0496  52000*
0497  52100*
0498  52200*
0499  52300*
0500  52400*
0501  52500*
0502  52600*
0503  52700*
0504  52800*
0505  52900*
0506  53000*
0507  53100*
0508  53200*
0509  53300*
0510  53400*
0511  53500*
0512  53600*
0513  53700*
0514  53800*
0515  53900*
0516  54000*
0517  54100*
0518  54200*
0519  54300*
0520  54400*
0521  54500*
0522  54600*
0523  54700*
0524  54800*
0525  54900*
0526  55000*
0527  55100*
0528  55200*
0529  55300*
0530  55400*
0531  55500*
0532  55600*
0533  55700*
0534  55800*
0535  55900*
0536  56000*
0537  56100*
0538  56200*
0539  56300*
0540  56400*
0541  56500*
0542  56600*
0543  56700*
0544  56800*
0545  56900*
0546  57000*
0547  57100*
0548  57200*
0549  57300*
0550  57400*
0551  57500*
0552  57600*
0553  57700*
0554  57800*
0555  57900*
0556  58000*
0557  58100*
0558  58200*
0559  58300*
0560  58400*
0561  58500*
0562  58600*
0563  58700*
0564  58800*
0565  58900*
0566  59000*
0567  59100*
0568  59200*
0569  59300*
0570  59400*
0571  59500*
0572  59600*
0573  59700*
0574  59800*
0575  59900*
0576  60000*
0577  60100*
0578  60200*
0579  60300*
0580  60400*
0581  60500*
0582  60600*
0583  60700*
0584  60800*
0585  60900*
0586  61000*
0587  61100*
0588  61200*
0589  61300*
0590  61400*
0591  61500*
0592  61600*
0593  61700*
0594  61800*
0595  61900*
0596  62000*
0597  62100*
0598  62200*
0599  62300*
0600  62400*
0601  62500*
0602  62600*
0603  62700*
0604  62800*
0605  62900*
0606  63000*
0607  63100*
0608  63200*
0609  63300*
0610  63400*
0611  63500*
0612  63600*
0613  63700*
0614  63800*
0615  63900*
0616  64000*
0617  64100*
0618  64200*
0619  64300*
0620  64400*
0621  64500*
0622  64600*
0623  64700*
0624  64800*
0625  64900*
0626  65000*
0627  65100*
0628  65200*
0629  65300*
0630  65400*
0631  65500*
0632  65600*
0633  65700*
0634  65800*
0635  65900*
0636  66000*
0637  66100*
0638  66200*
0639  66300*
0640  66400*
0641  66500*
0642  66600*
0643  66700*
0644  66800*
0645  66900*
0646  67000*
0647  67100*
0648  67200*
0649  67300*
0650  67400*
0651  67500*
0652  67600*
0653  67700*
0654  67800*
0655  67900*
0656  68000*
0657  68100*
0658  68200*
0659  68300*
0660  68400*
0661  68500*
0662  68600*
0663  68700*
0664  68800*
0665  68900*
0666  69000*
0667  69100*
0668  69200*
0669  69300*
0670  69400*
0671  69500*
0672  69600*
0673  69700*
0674  69800*
0675  69900*
0676  70000*
0677  70100*
0678  70200*
0679  70300*
0680  70400*
0681  70500*
0682  70600*
0683  70700*
0684  70800*
0685  70900*
0686  71000*
0687  71100*
0688  71200*
0689  71300*
0690  71400*
0691  71500*
0692  71600*
0693  71700*
0694  71800*
0695  71900*
0696  72000*
0697  72100*
0698  72200*
0699  72300*
0700  72400*
0701  72500*
0702  72600*
0703  72700*
0704  72800*
0705  72900*
0706  73000*
0707  73100*
0708  73200*
0709  73300*
0710  73400*
0711  73500*
0712  73600*
0713  73700*
0714  73800*
0715  73900*
0716  74000*
0717  74100*
0718  74200*
0719  74300*
0720  74400*
0721  74500*
0722  74600*
0723  74700*
0724  74800*
0725  74900*
0726  75000*
0727  75100*
0728  75200*
0729  75300*
0730  75400*
0731  75500*
0732  75600*
0733  75700*
0734  75800*
0735  75900*
0736  76000*
0737  76100*
0738  76200*
0739  76300*
0740  76400*
0741  76500*
0742  76600*
0743  76700*
0744  76800*
0745  76900*
0746  77000*
0747  77100*
0748  77200*
0749  77300*
0750  77400*
0751  77500*
0752  77600*
0753  77700*
0754  77800*
0755  77900*
0756  78000*
0757  78100*
0758  78200*
0759  78300*
0760  78400*
0761  78500*
0762  78600*
0763  78700*
0764  78800*
0765  78900*
0766  79000*
0767  79100*
0768  79200*
0769  79300*
0770  79400*
0771  79500*
0772  79600*
0773  79700*
0774  79800*
0775  79900*
0776  80000*
0777  80100*
0778  80200*
0779  80300*
0780  80400*
0781  80500*
0782  80600*
0783  80700*
0784  80800*
0785  80900*
0786  81000*
0787  81100*
0788  81200*
0789  81300*
0790  81400*
0791  81500*
0792  81600*
0793  81700*
0794  81800*
0795  81900*
0796  82000*
0797  82100*
0798  82200*
0799  82300*
0800  82400*
0801  82500*
0802  82600*
0803  82700*
0804  82800*
0805  82900*
0806  83000*
0807  83100*
0808  83200*
0809  83300*
0810  83400*
0811  83500*
0812  83600*
0813  83700*
0814  83800*
0815  83900*
0816  84000*
0817  84100*
0818  84200*
0819  84300*
0820  84400*
0821  84500*
0822  84600*
0823  84700*
0824  84800*
0825  84900*
0826  85000*
0827  85100*
0828  85200*
0829  85300*
0830  85400*
0831  85500*
0832  85600*
0833  85700*
0834  85800*
0835  85900*
0836  86000*
0837  86100*
0838  86200*
0839  86300*
0840  86400*
0841  86500*
0842  86600*
0843  86700*
0844  86800*
0845  86900*
0846  87000*
0847  87100*
0848  87200*
0849  87300*
0850  87400*
0851  87500*
0852  87600*
0853  87700*
0854  87800*
0855  87900*
0856  88000*
0857  88100*
0858  88200*
0859  88300*
0860  88400*
0861  88500*
0862  88600*
0863  88700*
0864  88800*
0865  88900*
0866  89000*
0867  89100*
0868  89200*
0869  89300*
0870  89400*
0871  89500*
0872  89600*
0873  89700*
0874  89800*
0875  89900*
0876  90000*
0877  90100*
0878  90200*
0879  90300*
0880  90400*
0881  90500*
0882  90600*
0883  90700*
0884  90800*
0885  90900*
0886  91000*
0887  91100*
0888  91200*
0889  91300*
0890  91400*
0891  91500*
0892  91600*
0893  91700*
0894  91800*
0895  91900*
0896  92000*
0897  92100*
0898  92200*
0899  92300*
0900  92400*
0901  92500*
0902  92600*
0903  92700*
0904  92800*
0905  92900*
0906  93000*
0907  93100*
0908  93200*
0909  93300*
0910  93400*
0911  93500*
0912  93600*
0913  93700*
0914  93800*
0915  93900*
0916  94000*
0917  94100*
0918  94200*
0919  94300*
0920  94400*
0921  94500*
0922  94600*
0923  94700*
0924  94800*
0925  94900*
0926  95000*
0927  95100*
0928  95200*
0929  95300*
0930  95400*
0931  95500*
0932  95600*
0933  95700*
0934  95800*
0935  95900*
0936  96000*
0937  96100*
0938  96200*
0939  96300*
0940  96400*
0941  96500*
0942  96600*
0943  96700*
0944  96800*
0945  96900*

```


118

descargado de www.e-ache.com el 21/02/2026


```

0059 L022=X5-1
0060 L05=L102+1
0061 L08=L102+2
0062 L105=L102+3
0063 C
0064 C SI ESTA HALLANDO LA FIBRA NEUTRA UTILIZA LA MATRIZ UNCF
0065 C
0066 C IF(MARIA.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 VISQUETA.
0070 C
0071 C IF(ALO.EQ.0)THEN
0072 C   G=SC(L102)
0073 C   W=RW(L102)
0074 C   ELSE
0075 C   G=SC(L102)+(UNC(L103)-SC(L102))*CS/ALO
0076 C   W=RW(L102)+(RW(L103)-RW(L102))*CS/ALO
0077 C   ENDOF
0078 C
0079 C INTRODUCE LOS VALORES EN LAS NUEVAS CAPAS DE FORJADO Y VISQUETA
0080 C
0081 C   UNCF(L102)=SC(L102)
0082 C   UNCF(L103)=SC
0083 C   UNCF(L104)=SC
0084 C   UNCF(L105)=SC(L103)
0085 C   UNWF(L102)=RW(L102)
0086 C   UNWF(L103)=RW
0087 C   UNWF(L104)=RW
0088 C   UNWF(L105)=RW(L103)
0089 C   ELSE
0090 C
0091 C INCLUDE 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   G=UNC(L102)
0096 C   W=UNWF(L102)
0097 C   ELSE
0098 C   G=UNC(L102)+(UNC(L103)-UNC(L102))*CS/ALO
0099 C   W=UNWF(L102)+(UNWF(L103)-UNWF(L102))*CS/ALO
0100 C   ENDOF
0101 C
0102 C INTRODUCE LOS VALORES DE LAS NUEVAS CAPAS DE FORJADO Y VISQUETA.
0103 C
0104 C   B=CF(L102)=UNC(L102)
0105 C   B=CF(L103)=SC
0106 C   B=CF(L104)=SC
0107 C   B=CF(L105)=UNC(L103)
0108 C   B=WF(L102)=UNWF(L102)
0109 C   B=WF(L103)=RW
0110 C   B=WF(L104)=RW
0111 C   B=WF(L105)=UNWF(L103)
0112 C   ENDOF
0113 C   RETURN
0114 C   END
0115 C   ENDS

```

```

P1000 IS ON C40012 USING 0005 BLKS #0000
FIBRA.L
0001 FUNCTION CONTOR(M1,M2,M3,M4,C1,C2,F0C,F0V,J70,ZZ)
0002 INTEGER ZZ
0003 IF(ZZ.EQ.3)WRITE(6,1005)M1,M2,M3,M4,C1,C2,F0C,F0V,J70,ZZ
0004 1005 FORMAT(2X,'VALORES DE M1,M2,M3,M4,C1,C2,F0C,F0V,J70,ZZ',/100)
0005 IF(C2.EQ.0)THEN
0006 ALO=
0007 A20=
0008 A30=
0009 A40=
0010 ELSE
0011 A1=(C2-M1)/(C2-C1)
0012 A2=(M2-M3)/(C2-C1)
0013 A3=(M4-M1)*C1
0014 A4=(M4-M3)*C1
0015 B2=M3-A2*C1
0016 ENDOF
0017 IF(J70.EQ.750)THEN
0018 C
0019 C CALCULA MOMENTOS FLECTORES
0020 C
0021 U70=SS(A1+C**3/3+B**3/3+M3**2/2-(A1+C**3/3+B**2/2**2/2))
0022 U20=SS(A2+C**3/3+B**3/3+M4**2/2-(A2+C**3/3+B**2/2**2/2))
0023 G07=(U70*F0C-B**5/72+U20*F0V**5/4)
0024 ELSE
0025 C
0026 C CALCULA LOS AXILES
0027 C
0028 U00=SS(A1+C**2/2+B**2/2+M3*C1-A1C2**2/2+M**C2))
0029 U20=SS(A2+C**2/2+B**2/2+M4*C1-A2C2**2/2+M**C2))
0030 G07=(U00*F0C-B**5/62+U20*F0V**5/4)
0031 ENDOF
0032 IF(ZZ.EQ.2)WRITE(6,100)G07,J70
0033 1000 FORMAT(2X,'VALOR DE G07=',F20.02X,'XIL=',F20.02X,'ELECTOR=',F20.02X)
0034 RETURN
0035 END
0036 ENDS

```

```

P4110 T=30004 IS ON C00010 USING 00024 BLKS R=0000
0001 FTMAR,L
0002 FUNCTION SIGSSCTIPO,F0,LESSES,DF4,ZZZ)
0003 INTER 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(LESS.EQ.0.)THEN
0011 SIGSS=0.
0012 IF(ZZZ.EQ.2)WRITE(6,1005)SIGSS
0013 RETURN
0014 ENDIF
0015 C
0016 C EN PUNTOS ARMOS NO EXISTE DEFORMADA DEL ACERO POR EFECTO DEL
0017 C PRETENSADO. CALCULA LA TENSION DE ARMADURAS SEGUN SI ES -
0018 C ACERO DE DUREZA NATURAL O DEFORMADO EN FRIO.
0019 C
0020 IF(DFA.EQ.0.)THEN
0021 C
0022 C SI ESTA EN CALCULO DE ACEROS DE DUREZA NATURAL.
0023 C
0024 IF(TIPO.EQ.0)THEN
0025 SIGSS=LES
0026 IF(SIGSS.GT.F0)SIGSS=F0
0027 IF(SIGSS.LT.-F0)SIGSS=-F0
0028 IF(ZZZ.EQ.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=F0*FID/LES
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 SIGN=LESS/ABS(LESS)
0044 IF(ABS(LESS).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=LES
0050 IF(ZZZ.EQ.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 FID=FID*2
0061 F20=FID*0.7
0062 F25=FID*0.25*(0.+F/FID)*5.
0063 IF(ABS(C1).GT.ABS(LESS))THEN
0064 C
0065 C SI LA DEFORMADA ES MAYOR QUE LA PREVISTA LA TENSION BUSCADA ESTA
0066 C ENTRE EL PUNTO MEDIO F Y EL F20, SI ES MENOR ESTA ENTRE EL PUNTO
0067 C INICIAL F10 Y EL MEDIO F20.
0068 C
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 AUMENTE COMO VALOR DE CALCULO AL F.
0078 C
0079 GO TO 253
0080
0081 SIGSS=F
0082 IF(ZZZ.EQ.2)WRITE(6,1005)SIGSS
0083 RETURN
0084 ELSE
0085 C
0086 C CUANDO EXISTE DEFORMACION PREVIA DE ARMADURA DE PRETENSADO
0087 C CALCULA LA TENSION DEL PRETENSADO TENIENDO EN CUENTA.
0088 C
0089 C LA DEFORMADA FINAL DEL ACERO LA OBTIENE MEDIANTE LA SUMA DE LA
0090 C DEFORMADA DE CALCULO DE TENSIONES (COMO INCLUYE LA DEFORMACION
0091 C DEL HORMIGON DEBIDO AL PRETENSADO) EPT, MAS LA DEFORMACION
0092 C PRODUCIDA POR EL PRETENSADO MENOS LAS PERDIDAS (EPD).
0093 C
0094 DF=DF+LESS
0095 EPT=F0*FID/LES
0096 SIGN=DF/ABS(DF)
0097 IF(ABS(DF).LE.EPT)THEN
0098 C
0099 C SI LA DEFORMADA NO SUPERA EL LIMITE ESTABLECIDO POR EPT PARA EL
0100 C PRIMER TRAMO DE LA CURVA, CALCULA DFUS/LES
0101 C
0102 SIGSS=DF/LES
0103 C
0104 C LA TENSION ES=LESS SERA DE COMPRESION SI LA DEFORMADA ES NEGATIVA
0105 C Y DE TRACCION SI ES POSITIVA.
0106 IF(ZZZ.EQ.2)WRITE(6,1005)SIGSS
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, OBTIENIENDO EL VALOR DE SIGS MEDIANTE ITERACIONES
0112 C BUSCANDO EL PUNTO MEDIO HASTA CUMPLIR CON LA DEFORMACION DE DFU.
0113 C
0114 F10=FID*2.
0115 F20=FID*0.7
0116 F25=FID*0.25*(0.+F/FID)*2
0117 C
0118 C CON DICHO VALOR F CALCULA EL VALOR DEL ALARGAMIENTO QUE SE

```

```

0010 PRODUCIRIA EN EL ACERO
0011
0012
0013
0014
0015
0016
0017
0018
0019
0020
0021
0022
0023
0024
0025
0026
0027
0028
0029
0030
0031
0032
0033
0034
0035
0036
0037
0038
0039
0040
0041
0042
0043
0044
0045
0046
0047
0048
0049
0050
0051
0052
0053
0054
0055
0056
0057
0058
0059
0060
0061
0062
0063
0064
0065
0066
0067
0068
0069
0070
0071
0072
0073
0074
0075
0076
0077
0078
0079
0080
0081
0082
0083
0084
0085
0086
0087
0088
0089
0090
0091
0092
0093
0094
0095
0096
0097
0098
0099
0100
0101
0102
0103
0104
0105
0106
0107
0108
0109
0110
0111
0112
0113
0114
0115
0116
0117
0118
0119
0120
0121
0122
0123
0124
0125
0126
0127
0128
0129
0130
0131
0132
0133
0134
0135
0136
0137
0138
0139
0140
0141
0142
0143
0144
0145
0146
0147
0148
0149
0150
0151
0152
0153
0154
0155
0156
0157
0158
0159
0160
0161
0162
0163
0164
0165
0166
0167
0168
0169
0170
0171
0172
0173
0174
0175
0176
0177
0178
0179
0180
0181
0182
0183
0184
0185
0186
0187
0188
0189
0190
0191
0192
0193
0194
0195
0196
0197
0198
0199
0200
0201
0202
0203
0204
0205
0206
0207
0208
0209
0210
0211
0212
0213
0214
0215
0216
0217
0218
0219
0220
0221
0222
0223
0224
0225
0226
0227
0228
0229
0230
0231
0232
0233
0234
0235
0236
0237
0238
0239
0240
0241
0242
0243
0244
0245
0246
0247
0248
0249
0250
0251
0252
0253
0254
0255
0256
0257
0258
0259
0260
0261
0262
0263
0264
0265
0266
0267
0268
0269
0270
0271
0272
0273
0274
0275
0276
0277
0278
0279
0280
0281
0282
0283
0284
0285
0286
0287
0288
0289
0290
0291
0292
0293
0294
0295
0296
0297
0298
0299
0300
0301
0302
0303
0304
0305
0306
0307
0308
0309
0310
0311
0312
0313
0314
0315
0316
0317
0318
0319
0320
0321
0322
0323
0324
0325
0326
0327
0328
0329
0330
0331
0332
0333
0334
0335
0336
0337
0338
0339
0340
0341
0342
0343
0344
0345
0346
0347
0348
0349
0350
0351
0352
0353
0354
0355
0356
0357
0358
0359
0360
0361
0362
0363
0364
0365
0366
0367
0368
0369
0370
0371
0372
0373
0374
0375
0376
0377
0378
0379
0380
0381
0382
0383
0384
0385
0386
0387
0388
0389
0390
0391
0392
0393
0394
0395
0396
0397
0398
0399
0400
0401
0402
0403
0404
0405
0406
0407
0408
0409
0410
0411
0412
0413
0414
0415
0416
0417
0418
0419
0420
0421
0422
0423
0424
0425
0426
0427
0428
0429
0430
0431
0432
0433
0434
0435
0436
0437
0438
0439
0440
0441
0442
0443
0444
0445
0446
0447
0448
0449
0450
0451
0452
0453
0454
0455
0456
0457
0458
0459
0460
0461
0462
0463
0464
0465
0466
0467
0468
0469
0470
0471
0472
0473
0474
0475
0476
0477
0478
0479
0480
0481
0482
0483
0484
0485
0486
0487
0488
0489
0490
0491
0492
0493
0494
0495
0496
0497
0498
0499
0500
0501
0502
0503
0504
0505
0506
0507
0508
0509
0510
0511
0512
0513
0514
0515
0516
0517
0518
0519
0520
0521
0522
0523
0524
0525
0526
0527
0528
0529
0530
0531
0532
0533
0534
0535
0536
0537
0538
0539
0540
0541
0542
0543
0544
0545
0546
0547
0548
0549
0550
0551
0552
0553
0554
0555
0556
0557
0558
0559
0560
0561
0562
0563
0564
0565
0566
0567
0568
0569
0570
0571
0572
0573
0574
0575
0576
0577
0578
0579
0580
0581
0582
0583
0584
0585
0586
0587
0588
0589
0590
0591
0592
0593
0594
0595
0596
0597
0598
0599
0600
0601
0602
0603
0604
0605
0606
0607
0608
0609
0610
0611
0612
0613
0614
0615
0616
0617
0618
0619
0620
0621
0622
0623
0624
0625
0626
0627
0628
0629
0630
0631
0632
0633
0634
0635
0636
0637
0638
0639
0640
0641
0642
0643
0644
0645
0646
0647
0648
0649
0650
0651
0652
0653
0654
0655
0656
0657
0658
0659
0660
0661
0662
0663
0664
0665
0666
0667
0668
0669
0670
0671
0672
0673
0674
0675
0676
0677
0678
0679
0680
0681
0682
0683
0684
0685
0686
0687
0688
0689
0690
0691
0692
0693
0694
0695
0696
0697
0698
0699
0700
0701
0702
0703
0704
0705
0706
0707
0708
0709
0710
0711
0712
0713
0714
0715
0716
0717
0718
0719
0720
0721
0722
0723
0724
0725
0726
0727
0728
0729
0730
0731
0732
0733
0734
0735
0736
0737
0738
0739
0740
0741
0742
0743
0744
0745
0746
0747
0748
0749
0750
0751
0752
0753
0754
0755
0756
0757
0758
0759
0760
0761
0762
0763
0764
0765
0766
0767
0768
0769
0770
0771
0772
0773
0774
0775
0776
0777
0778
0779
0780
0781
0782
0783
0784
0785
0786
0787
0788
0789
0790
0791
0792
0793
0794
0795
0796
0797
0798
0799
0800
0801
0802
0803
0804
0805
0806
0807
0808
0809
0810
0811
0812
0813
0814
0815
0816
0817
0818
0819
0820
0821
0822
0823
0824
0825
0826

```


[illegible]

[illegible]

0179	FL3	- Momentos producidos por G0550 y G0879, debidos a la coacción del horneigón en cada capa	0239	1ET	- Parámetro que utiliza para facilitar el posicionamiento tras la devolución de los segmentos al programa principal
0180	FL30	- Momento debido a la tensión en cada capa	0240	IFIS	- Indica la capa anterior a la que tiene la fibra neutra en rotura.
0181	FL31	- Momento que producen las tensiones del acero en J0815.	0241	1N3M	- Número de fibra, vigueta, forjado, ..., hasta 72 letras.
0182	FLN1	- Momento de rotura último negativo.	0242	1SF	- Indica la capa anterior a la que tiene la fibra neutra sin fisurar
0183	FLN7	- Momento último negativo supuesto la pieza como pretensada.	0243	1T1M4	- Indica la capa anterior a la que tiene la fibra neutra sin fisurar
0184	FLN8	- Carga unitaria de rotura del acero pasiva de proyecto	0244	1T1M8	- Definición de tipo de acero de armadura pasiva.
0185	FMA	- Límite elástico de proyecto de armadura activa.	0245	IT1F0	- Definición de tipo de acero de armadura pasiva.
0187	FMA8	- Límite elástico de proyecto de armadura pasiva.	0246	IT1F8	- Definición de tipo de acero de armadura pasiva.
0188	FMA9	- Límite elástico de armadura en SICS.	0247	IT1F0	- Definición del tipo de acero.
0189	F70	- Centro de gravedad de la capa de horneigón del forjado.	0248	IT1	- Parámetro que indica si se ha calculado la fibra neutra en servicio.
0190	G1	- Centro de gravedad de la capa de horneigón del forjado.	0249	IV1	- Indica la capa anterior a la que tiene la fibra neutra en servicio
0191	G2	- Centro de gravedad de la subcapa de horneigón del forjado.	0250	J1	- Parámetro que indica el valor donde se archiva el ancho de las fibras superiores de las capas del forjado.
0192	G3	- Centro de gravedad de la subcapa de horneigón del forjado.	0251	J2	- Parámetro que indica el valor donde se archiva el ancho de las fibras inferiores de las capas del forjado.
0193	G4	- Deformación tras el tesado de cada capa de armadura activa.	0252	J3	- Parámetro que indica si se ha calculado la fibra neutra en servicio.
0194	GAP	- Deformación tras el tesado de cada capa de armadura pasiva.	0253	J4	- Dada la forma de rotura a fin de distribuir la iteración.
0195	GAP	- Área de horneigón situada sobre la fibra neutra en servicio en viguetas armadas.	0254	J5	- Parámetro (a1) si estuvo en SICS calculando la tensión de pretensado en armadura activa.
0196	GAR	- Momento del área de horneigón situada sobre la fibra neutra en servicio.	0255	J6	- (a2) si la tensión final en armadura activa.
0197	GMD	- Function que calcula la tensión y el momento en cada capa de horneigón para valores últimos en régimen elástico.	0256	J7	- (a3) Parámetro que indica que está en cálculo de axiles y (a4) que está en cálculo de momentos.
0198	G0550	- Function que calcula la tensión y el momento en cada capa de horneigón para valores últimos en régimen plástico.	0257	J8	- (a5) Parámetro que indica que está en cálculo de momentos.
0200	G0879	- Function que obtiene el momento que producen las tensiones de las capas de horneigón respecto al centro de gravedad de la pieza completa.	0258	K	- Parámetro que indica la suma de capas de armadura pasiva y refuerzo en J0811.
0201	G0879	- Cado del acero de pretensar.	0259	K0	- Valor de la capa donde se encuentran las fibras neutras o plásticas.
0202	CSAV	- Function que calcula el centro de gravedad de las capas de horneigón	0260	K1	- Capa en la que se encuentra la fibra neutra.
0203	CSAV	- Deformación en la fibra superior de la pieza tras el tesado.	0261	K2	- Capa en la que se encuentra la fibra plástica.
0204	CINF	- Deformación en la fibra inferior de la pieza tras el tesado.	0262	K3	- Capa final del cálculo de tensiones elásticas en el horneigón.
0205	CX81	- Fibra neutra para la J0825.	0263	K4	- Capa inicial del cálculo de tensiones elásticas en el horneigón.
0206	CX82	- Fibra plástica para la J0825.	0264	K5	- Capa inicial con tensiones plásticas en el horneigón.
0207	H	- Centro de cada os horneigón	0265	K1	- Número total de capas introducidas la subcapa que contiene la fibra neutra.
0208	HC	- Parámetro que indica la capa que tiene la fibra mas estrecha de la vigueta.	0266	K11	- Capa a añadir tras colocar la fibra neutra.
0209	HH	- Parámetro que indica la capa de horneigón donde se inicia la vigueta.	0267	K2	- Capa de la nueva matriz que contiene la fibra plástica.
0210	HP	- Canto total de la pieza.	0268	K3	- Capa a añadir tras colocar la fibra plástica.
0211	HS	- Parámetro donde se guarda el valor que indica la capa donde se inicia la vigueta o sea vigueta.	0269	K5	- Capa que tiene la fibra neutra.
0212	HV	- Altura de las fibras superiores de cada capa de horneigón.	0270	KLUT0	- Parámetro que indica: (a1) variación en el tesado (fuerza, pretensado, curado, longitud del banco, grado).
0213	K2P	- Altura de las fibras inferiores de cada capa de horneigón.	0271	KLUT1	- Parámetro que indica: (a1) variación en el horneigón (capas, resistencias, coeficiente de seguridad), (a2) que no varia.
0214	K3P	- Altura de las fibras superiores de cada capa de horneigón.	0272	KLUT2	- Parámetro que indica: (a1) variación en la armadura pasiva (a2) que no varia.
0215	K4P	- Altura de la fibra superior de la subcapa de horneigón a dividir.	0273	KLUT3	- Parámetro que indica: (a1) variación en la armadura activa (capas, coeficiente de seguridad, límite elástico)
0216	K5P	- Altura de la fibra superior de la subcapa siguiente a la dividida en J0811.	0274	KLUT4	- Parámetro que indica: (a1) variación de los refuerzos de negativos (numero de refuerzos, límite elástico, ...), (a2) que no varia.
0217	K6P	- Altura de la fibra inferior de la capa de horneigón a dividir.	0275	KLUT5	- Parámetro que indica: (a1) que sigue el programa con otra pieza.
0218	K7P	- Altura de la fibra inferior de la capa siguiente a la dividida en J0811.	0276	KLUT6	- Parámetro que indica: (a1) variación de la armadura de contante.
0219	K8P	- Altura de la fibra superior de cada capa de horneigón.	0277	L102	- Valor que situa la fibra neutra o plástica en J0811.
0220	K9P	- Altura de la fibra inferior de cada capa de horneigón.	0278	L103	- Valor que situa la fibra neutra o plástica en J0811.
0221	K10P	- Indica si la armadura de pretensado es de barra o cordón (1 o 2)			
0222	K11P	- Indica si existe armadura de contante (a1) o no (a2).			

0259	L104	- Valor que situa a la capa siguiente a la fibra	0359	PER3	- Porcentaje de perdidas debido al acortamiento elastico.
0260		neutra o plastica en J0R11.	0360	PER4	- Porcentaje de perdidas debido a la retraccion del horneigón.
0261	L105	- Valor que situa la capa siguiente a la fibra	0361	PER5	- Porcentaje de perdidas debido a la relajación del horneigón.
0262		neutra o plastica en J0R11.	0362	PER6	- Porcentaje de perdidas debido al proceso de curado.
0263	LA	- Parametro que indica si se ha hallado o no las fibras neutra	0363	PER7	- Porcentaje de perdidas debido a las perdidas instantaneas.
0264		y plastica.	0364	PER8	- Porcentaje de perdidas debido a las perdidas instantaneas.
0265	N	- Coeficiente de homogeneización entre horneaciones respecto	0365	PER9	- Tension de pretensado que sirve de comparacion con el valor
0266		al del forjado.	0366	PK	de 0.6 * FMSA.
0267	M1	- Momento trasladado considerado solo la tension uniforme de	0367	P0	- Fuerza de pretensado.
0268		pretensado al destesar.	0368	P1	- Tension inicial de pretensado.
0269	M2	- Momento acumulado que produce al destesar una tension de	0369	PR	- Profundidad de la curva de la araadura activa entre secciones
0270		1 kp. en la fibra inferior de la pieza.	0370	PR0F	- cuando calcula perdidas por rozamiento.
0271	M3	- Momento producido en cada capa de horneigón de la vigueta	0371	Q	- Canto de calculo de la pieza a efectos del diagrama de
0272		por la distribución de tensiones variables al destesar.	0372		deformaciones.
0273	M20	- Momento que producen las capas de horneigón y la araadura	0373	Q0	- Longitud de contacto en calculo del esfuerzo rasante.
0274		supuesta una tension inferior de 1 kp. en la pieza.	0374	Q0	- Anchura de la capa que contiene a fibra neutra o fibra plastica.
0275	M30	- Momento que producen las capas de horneigón supuesta una tension	0375	Q0	- Modulo de deformacion.
0276		inferioral 1kp.	0376	Q0	- Momento flector asaxio negativo segun calculo de arado.
0277	M4	- Parametro para obtener el calculo de capas segun la situacion	0377	Q0A8	- Momento flector asaxio negativo considerando pretensado.
0278		de las fibras neutra y plastica en J0R15.	0378	Q0A1	- Coeficiente utilizado para hallar perdidas por rozamiento.
0279	M4a	- Coeficiente de homogeneización de araaduras activas respecto	0379	Q0A2	- Canto de la pieza a efecto de diagrama de deformaciones.
0280		al horneigón del forjado.	0380	QK	- Capacidad mecanica de araadura de negativos en saivigueta
0281	M4p	- Coeficiente de homogeneización de araaduras pasivas respecto	0381	QK	pretensada.
0282		al horneigón del forjado.	0382	QK1	- Capacidad mecanica de araadura de negativos en saivigueta
0283	M4R1A	- Si (-1) indica que esta en calculo de fibra neutra.	0383	QK2	arada.
0284		si (-3) indica que esta en calculo de fibra plastica.	0384	QK2	- Canto de calculo de los estados tensionales en momentos negativos
0285	ME	- Ultimas capa plastica.	0385	QK	- Anchuras de las fibras neutra o plastica segun la J0R11.
0286	MEC	- Momento del horneigón del forjado respecto a la base.	0386	QV	- Coeficiente de mayonacion de absorcion de cortante debido al
0287	MENET	- Momento homogeneizado de seccion neta.	0387	QV	pretensado.
0288	MET1A	- Momentos homogeneizados totales de araadura.	0388	RA	- Esfuerzo rasante supuesto en seccion de rotura
0289	MET1P	- Momentos homogeneizados de la araadura activa.	0389	RA	- Esfuerzo rasante de calculo en viguetas pretensadas.
0290	MET1P	- Momentos homogeneizados de la araadura pasiva.	0390	RA1	- Esfuerzo rasante de calculo en viguetas aradas.
0291	MET1P	- Momento del horneigón total homogeneizado respecto al del forjado.	0391	RA2	- Resistencia caracteristica del horneigón del forjado.
0292	MET1T	- Momento total homogeneizado.	0392	RA2	- Coeficiente a aplicar al modulo de elasticidad segun la
0293	MET1T	- Parametro que sirve para archivar el ancho de la fibra inferior	0393	RA2P	relacion de cargas instantaneas, permanentes y cima
0294	MET1T	de horneigón de la capa.	0394	RA2P	para calculo de flechas y diferido.
0295	MET1T	- Parametro que sirve para archivar el ancho de la fibra superior	0395	RA2P	- Resistencia caracteristica del horneigón de la vigueta
0296	MET1T	de horneigón de la capa.	0396	RA2P	- Coeficiente multiplicador para hallar las tensiones que en la
0297	MET1T	- Momento producido por el pretensado al destesar.	0397	RA2P	viguetas produce el pretensado a tiempo infinito.
0298	MET1T	- Momento total de la araadura activa.	0398	RA2P	- Carga unitaria asaxia de rotura.
0299	MET1T	- Momento total de la araadura pasiva.	0399	RA2P	- Angulo en radianes que forma la araadura de corte.
0300	MET1T	- Numero de capas de araaduras pasivas incluyendo refuerzo de	0400	RA2P	- Laitte elastico del acero de la araadura activa.
0301		negativos.	0401	RA2P	- Laitte elastico del acero de la araadura pasiva.
0302	MET1T	- Numero de capas de la araadura activa.	0402	RA2P	- Tension supuesta uniforme trasladada por el pretensado al destesar
0303	MET1T	- Numero de capas de la araadura pasiva.	0403	RA2P	para calculo de flechas y diferido.
0304	MET1T	- Numero de capas en que dividido al horneigón.	0404	RA2P	- Tension inferior de 1 kp/2 para equilibrar el pretensado.
0305	MET1T	- Parametro que indica si (-5) que esta en calculo de momentos	0405	RA2P	- Tension que produce el pretensado en la fibra superior de la
0306	MET1T	negativos. Si (-0) que esta en calculo de momentos positivos.	0406	RA2P	viguetas al destesar.
0307	MET1T	- Numero de capas de refuerzo en zona de negativos.	0407	RA2P	- Tension que produce el pretensado en el centro de gravedad de la
0308	MET1T	- Fuerza de pretensado tras la iteración de valores ultimas.	0408	RA2P	araadura pasiva al destesar.
0309	P1	- Tension de pretensado en funcion del laitte elastico.	0409	RA2P	- Tension que produce el pretensado en el centro de gravedad de la
0310	P2	- Capacidad mecanica de araaduras activas y pasivas.	0410	RA2P	araadura activa al destesar.
0311	P2	- Porcentaje de perdidas debido al rozamiento.	0411	RA2P	- Tension que produce el pretensado en la fibra inferior de la
0312	PER1	- Porcentaje de perdidas debido a las conas.	0412	RA2P	viguetas al destesar.
0313	PER2		0413	RA2P	- Area de cada capa de araadura activa.

0419	SAP	- Área de cada capa de armadura pasiva.	4479	VC01	- Esfuerzo cortante absorbido por el horneigón del forjado si
0420	SH	- Área homogéneizada del horneigón de la viga y de	4480		- existe armadura de corte.
0421	SHC	- Armadura pasiva respecto al horneigón de la viga.	4481	VC02	- Esfuerzo cortante absorbido por el horneigón de la viga.
0422	SHNEI	- Área del horneigón del forjado.	4482		- si existe armadura de corte.
0423	SHNEI	- Superficie homogéneizada meta.	4483	VMC	- Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
0424	SH	- Área total de horneigón.	4484	VMC1	- Esfuerzo cortante resistente de cálculo respecto a la compresión
0425	SH	- Superficie homogéneizada total de armadura.	4485		- en el ala del forjado.
0426	SHMA	- Superficie homogéneizada respecto horneigón del forjado de la	4486	VMC2	- Esfuerzo cortante resistente de cálculo respecto a la compresión
0427	SHMA	- Armadura activa.	4487		- en el ala de la viga.
0428	SHMA	- Superficie homogéneizada respecto horneigón del forjado de la	4488	VMC3	- Resistencia a esfuerzo cortante en piezas con armadura de corte.
0429	SHMA	- Armadura pasiva.	4489	VMC3	- Esfuerzo cortante absorbido por el horneigón del forjado si no
0430	SHMA	- Área de horneigón total homogéneizado.	4490	VMC3	- existe armadura de corte.
0431	SHMA	- Superficie homogéneizada total.	4491	VMC3	- Esfuerzo cortante absorbido por el horneigón de la viga
0432	SHV	- Área de horneigón de la viga.	4492	VMC3	- si no existe armadura de corte.
0433	SHV	- Signo en SICS de la deformación del acero.	4493	VMC3	- Resistencia a esfuerzo cortante de la armadura de corte.
0434	SHV	- ("1" tracción, "-1" compresión).	4494	VMC3	- Anchura de la fibra superior de la caja de horneigón del
0435	SICS	- Tensión de la capa de acero obtenida en la FUNCIÓN SICS.	4495	VMC3	- forjado.
0436	SICS	- Valor del esfuerzo resistente.	4496	VMC3	- Anchura de la fibra inferior de la caja de horneigón del
0437	SICS	- Superficie total de armadura.	4497	VMC3	- forjado.
0438	SICS	- Superficie de armadura activa.	4498	VMC3	- Anchura de la fibra superior de la caja de horneigón de la
0439	SICS	- Superficie de armadura pasiva.	4499	VMC3	- viga.
0440	SICS	- Longitud que separa las barras de armadura de la	4500	VMC3	- viga.
0441	SICS	- Longitud que separa las barras de armadura de la	4501	VMC3	- viga.
0442	SICS	- Tensión que produce en la fibra superior de la viga el	4502	VMC3	- momento flexor de fisuración.
0443	SICS	- pretensado a tiempo infinito.	4503	VMC3	- Momento característico.
0444	SICS	- Tensión que se produce en el centro de gravedad debido al pretensado	4504	VMC3	- Fibra neutra en momentos positivos que produce rotura
0445	SICS	- Tensión que se produce en la armadura pasiva debido al pretensado.	4505	VMC3	- simultánea tracción-compresión.
0446	SICS	- Tensión que se produce en la armadura activa debido al pretensado.	4506	VMC3	- Fibra plástica en momentos positivos que produce rotura
0447	SICS	- Tensión que se produce en la fibra inferior de la viga	4507	VMC3	- simultánea tracción-compresión.
0448	SICS	- debido al pretensado a tiempo infinito.	4508	VMC3	- Profundidad de la fibra neutra.
0449	SICS	- Tangente del ángulo de tensiones producido al destiñar.	4509	VMC3	- Profundidad de la iteración.
0450	SICS	- Momento producido por la armadura activa respecto a la fibra	4510	VMC3	- Fibra neutra de la iteración en cálculos de negativos.
0451	SICS	- superior.	4511	VMC3	- Fibra neutra de la iteración anterior.
0452	SICS	- Momento producido por la armadura pasiva respecto a la fibra	4512	VMC3	- Fibra neutra de la iteración anterior en cálculo de negativos
0453	SICS	- superior.	4513	VMC3	- Fibra neutra de la iteración para una nueva iteración.
0454	SICS	- Coeficiente de homogéneización de armadura pasiva respecto al	4514	VMC3	- Fibra neutra en cálculo de negativos para una nueva iteración.
0455	SICS	- horneigón de la viga.	4515	VMC3	- Fibra plástica de la iteración.
0456	SICS	- Valor de la subcapa que contiene la fibra neutra en servicio	4516	VMC3	- Fibra plástica de la iteración en cálculo de negativos.
0457	SICS	- Parámetro para calcular las tensiones de compresión de las	4517	VMC3	- Fibra plástica de la iteración.
0458	SICS	- capas del horneigón del forjado, en régimen elástico en G0850.	4518	VMC3	- Fibra plástica de la iteración en cálculo de negativos.
0459	SICS	- Parámetro para calcular las tensiones de compresión de las	4519	VMC3	- Fibra plástica a utilizar en J0815.
0460	SICS	- capas del horneigón de la viga, en régimen elástico en G0850.	4520	VMC3	- Fibra plástica obtenida con anterioridad
0461	SICS	- Parámetro para calcular los momentos de las capas del horneigón	4521	VMC3	- para utilizar en el J0815 y J0825.
0462	SICS	- del forjado, en régimen elástico en G0850.	4522	VMC3	- Deformación de la capa extrema.
0463	SICS	- Parámetro para calcular los momentos de las capas del horneigón de	4523	VMC3	- Centro de gravedad de armadura activa.
0464	SICS	- la viga, en régimen elástico en G0850.	4524	VMC3	- Centro de gravedad de armadura pasiva.
0465	SICS	- Parámetro para calcular las tensiones de compresión de las capas	4525	VMC3	- Fibra neutra en el diagrama de momentos negativos.
0466	SICS	- de horneigón del forjado, en régimen plástico en G0870.	4526	VMC3	- Fibra plástica en momentos negativos.
0467	SICS	- Parámetro para calcular las tensiones de compresión de las capas	4527	VMC3	- Centro de gravedad de cada capa de armadura activa.
0468	SICS	- de horneigón del forjado, en régimen plástico en G0870.	4528	VMC3	- Centro de gravedad de cada capa de armadura pasiva.
0469	SICS	- Parámetro para calcular las tensiones de compresión de las capas	4529	VMC3	- Centro de gravedad de la sección total homogéneizada sin fisurar.
0470	SICS	- de horneigón del forjado, en régimen plástico en G0870.	4530	VMC3	- Centro de gravedad del horneigón de la viga y armadura pasiva
0471	SICS	- Parámetro para calcular las tensiones de compresión de las capas	4531	VMC3	- homogéneizada.
0472	SICS	- de horneigón en régimen plástico en G0870.	4532	VMC3	- Centro de gravedad de la sección neta.
0473	SICS	- Anchuras de las capas de horneigón del forjado que contiene	4533	VMC3	- Centro de gravedad de la armadura pasiva de la viga.
0474	SICS	- la fibra neutra.	4534	VMC3	- Fibra neutra en servicio en viga armada.
0475	SICS	- Anchuras de las capas de horneigón de la viga que contiene	4535	VMC3	- Fibra plástica en cálculo de negativos.
0476	SICS	- la fibra neutra.	4536	VMC3	- Fibra neutra en rotura de momentos negativos.
0477	SICS	- Fuerza de pretensado tras el curado.	4537	VMC3	- Fibra neutra de momentos negativos en rotura en cálculo de
0478	SICS	- Esfuerzo cortante absorbido en el horneigón si existe armadura	4538	VMC3	

0529	piezas pretensadas considerando el efecto de pretensado.
0530	- Momento de inercia de la sección de horcón solo.
0531	- Momento de inercia de la sección fisurada en rotura.
0532	- Momento de inercia de la sección en servicio.
0533	- $25.00 \cdot DEH \cdot I / V \cdot neutra \cdot e^2$
0534	- Inercia de la capa de armadura activa respecto al centro de gravedad de la sección sin fisurar.
0535	- Inercia de la capa de armadura pasiva respecto a la fibra neutra en rotura.
0536	- Inercia de armadura activa respecto a fibra neutra en rotura.
0537	- Inercia de armadura pasiva respecto al centro de gravedad de la sección sin fisurar.
0538	- Inercia de la capa de armadura pasiva respecto a la fibra neutra en rotura.
0539	- Inercia de la armadura pasiva respecto al centro de gravedad de la sección sin fisurar.
0540	- Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en servicio.
0541	- Inercia de la armadura pasiva respecto a la fibra neutra en servicio.
0542	- $500.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0543	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0544	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0545	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0546	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0547	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0548	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0549	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0550	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0551	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0552	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0553	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0554	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0555	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0556	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0557	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0558	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0559	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0560	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0561	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0562	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0563	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0564	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0565	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0566	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0567	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0568	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0569	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0570	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0571	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0572	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0573	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0574	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0575	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0576	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0577	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0578	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0579	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0580	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0581	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0582	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0583	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0584	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0585	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0586	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0587	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0588	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0589	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0590	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0591	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0592	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0593	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0594	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0595	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0596	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0597	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$
0598	- $258.00 \cdot DEH \cdot I \cdot e^2 / f \cdot neutra$

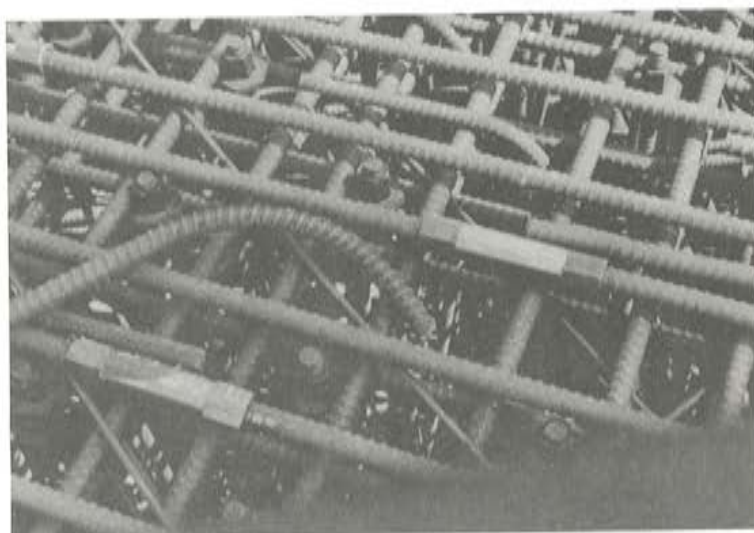
4 - Sali-pretensada
5 - Otras

0599 - Si (-1) hace el segmento de varios.
0600 - Si (-2) no hace el segmento de varios.
0601 - Si (-3) hace los pasos intermedios y los escribe.
0602 - Si (-4) no los escribe.
0603 - Si (-5) escribe solo los pasos solicitados en la ficha técnica.

ACEROS Y TECNOLOGIA PARA LA CONSTRUCCION, S.A.

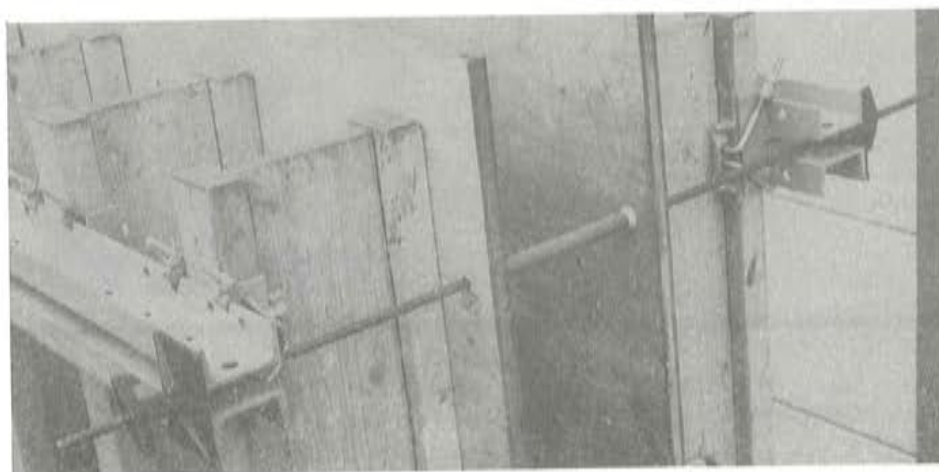


Paseo de la Habana, 14, Madrid-16.
Teléfono 261 29 85 – Telex: 23533.



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 ϕ 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
centrada

MADRID

Oficinas:
Monte Esquinza, 30 - 4º D
MADRID-4
Tels. (91) 410 51 58/62/66

Laboratorio:
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° ...".

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 manusciben 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 pretesas 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.



**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 ATEMCOP 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**